

# Zeitschrift

für den

# Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLII. Jahrgang.

1929.

Erstes Heft.

## Technische Anwendungen der Geometrie der Lage.

Von Dr. ing. Otto Holm in Hamburg.

Die Geometrie der Lage oder sogenannte reine Geometrie wird in vielen höheren Schulen gelehrt wegen ihres zweifellos hohen didaktischen und pädagogischen Wertes. Durch sie lernt der Schüler auch bei der Behandlung rein mathematischer Aufgaben den Wert der Anschauung schätzen. Zahlenmäßige Zusammenhänge erfaßt man bei einiger Übung mit einem Blick; nur mit Bleistift und Lineal lassen sich alle bekannten geometrischen Aufgaben ohne Zuhilfenahme des Zirkels lösen. Dagegen sieht es mit den praktischen Beispielen, auf die man die gewonnenen Erkenntnisse anwenden könnte, meistens recht spärlich aus. Allenfalls wird die Optik als Beispiel herangezogen. Unter gewissen vereinfachenden Voraussetzungen sind bei Linsen- und Hohlspiegelsystemen die Licht- und Bildpunkte entsprechende Punkte projektiver Punktreihen. Die in die optische Achse fallenden Punktreihen bilden Projektivitäten bzw. Involutionen mit den sogenannten optischen Mittelpunkten als Ordnungspunkten. Bei Linsensystemen mit endlicher Linsendicke, wie sie in der Praxis allein vorkommen, sind die Beziehungen der reinen Geometrie dagegen schon nicht mehr anwendbar. Es lassen sich mit ihnen nur die grundsätzlichen, ungefähren Verhältnisse ableiten und erkennen. Die Zahl der Aufgaben, bei denen man in der Praxis tatsächlich die Linsendicke als sehr klein im Verhältnis zu den im optischen System von den Lichtstrahlen zurückgelegten Wegen ansehen kann, ist gering gegenüber der Zahl der Fälle, bei denen sie berücksichtigt werden muß. Es sei nur erinnert an die photographischen Linsensysteme, die Aplanate, Anastigmat, Doppelanastigmat usw. Alle praktischen Aufgaben, an deren Lösung die optische Industrie hier arbeitet, entspringen erst aus der Tatsache, daß die Linsendicken eben nicht vernachlässigt werden können; sie haben im Gegenteil einen sehr erheblichen Einfluß auf die Bildschärfe, Verzerrungsfreiheit, Farbenzerstreuung, Lichtstärke usw. Was hier über die photographischen Objektive gesagt ist, gilt sinngemäß auch für Mikroskope, Fernrohre und andere optische Instrumente, die mit Linsensystemen versehen sind. Während also im ersten Augenblick die optischen Instrumente als wunderbares Anwendungsgebiet der Geometrie der Lage bestechen, erkennt man bei näherem Hinsehen, daß man hier mit ihr in der Praxis tatsächlich recht wenig anfangen könnte. Die wirklichen Aufgaben durch unzulässige Vereinfachungen ihr gewaltsam zu erschließen, erscheint mir deshalb nicht zweckmäßig, umsomehr, als es andere Anwendungsgebiete gibt, wo die reine Geometrie tatsächlich das Gegebene und am Platze ist.

An sich bekannt ist die perspektive Kollineation zur bildhaften Darstellung von Gegenständen, deren Grund- und Aufriß gegeben sind. Ein interessantes praktisches Anwendungsbeispiel ist weiterhin die Entzerrung von Geländeaufnahmen mit der Kamera aus dem Flugzeug zur Herstellung von genauen Karten. Bekanntlich ist es im Fluge nicht möglich, mit absoluter Sicherheit und Genauigkeit die photographische Platte der Kamera in die Horizontale zu bringen. Man erhält deshalb statt der gewünschten Vertikalaufnahmen stets Schrägaufnahmen mit mehr oder weniger großem Neigungswinkel der Kameraachse gegenüber der Senkrechten. Wenn

man die Aufnahme entzerren will, muß die gegenseitige Lage dreier Punkte zueinander, das heißt ihre wahren Abstände, bekannt sein. Außerdem muß das Lichtbild der Himmelsrichtung nach zu orientieren sein, was an Hand einer besonders auffälligen Chaussee, eines Flußlaufes oder noch besser 2 der gewählten 3 markanten Punkte leicht möglich ist. Einen der 3 Bildpunkte hält man zweckmäßig fest und

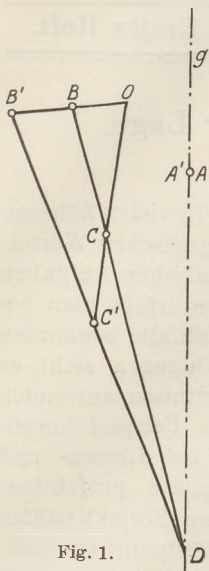


Fig. 1.

trägt von ihm aus nach Größe und Richtung die wahren Entfernungen bis zu den anderen beiden gewählten Kartenpunkten im gewünschten Kartenmaßstab ab.  $A$ ,  $B$  und  $C$  seien in Fig. 1 drei Lichtbildpunkte,  $A'$  (zusammenfallend mit  $A$ ),  $B'$  und  $C'$  die zugehörigen Kartenpunkte. Das Kollineationszentrum  $O$  erhält man dann als Schnittpunkt von  $\overline{BB'}$  und  $\overline{CC'}$ . Die Kollineationsachse  $g$  ist die Verbindungslinie der Punkte  $A$  ( $A'$ ) und  $D$ , wobei  $D$  als Schnittpunkt von  $\overline{BC}$  und  $\overline{B'C'}$  erhalten wird. Die Konstruktion des einem beliebigen Bildpunkt  $P$  zugeordneten Kartenpunktes  $P'$  ist bekannt und ergibt sich aus dem Prinzip der perspektiven Kollineation, wonach die Verbindungslinien zugeordneter Punkte durch das Kollineationszentrum gehen und die Schnittpunkte zugeordneter Geraden auf der Kollineationsachse liegen. Interessant machen und beleben läßt sich die an sich bekannte Grundaufgabe der Geländeaufnahme, wenn man der Praxis entsprechend nicht drei Punkte des aufgenommenen Geländes als bekannt voraussetzt, sondern den Anschluß an das schon entzerrte Lichtbild eines benachbarten Geländeabschnittes herstellt, den Neigungswinkel der Kameraachse zeichnerisch bestimmt und schließlich die Entzerrungsaufgabe für eine Reihe verzerrter Lichtbildaufnahmen durchführt,

wo die Orientierungspunkte nicht im aufgenommenen Gelände liegen (Reihenbilder bei Fernaufklärungsflügen der Kriegsflugzeuge!).

Bei Festigkeitsaufgaben in der Mechanik, speziell wenn es sich um Biegebelaugung von Trägern handelt, muß man zur Ermittlung der auftretenden Spannungen das Widerstandsmoment des gefährdeten Querschnitts kennen, das seinerseits wieder aus dem Flächenträgheitsmoment erhalten wird, indem man dieses durch den Abstand der äußersten Faser von der neutralen Faser dividiert. Aus dem Trägheitsmoment

leitet man analog zum Massenträgheitsmoment beziehungsweise zur sogenannten reduzierten Pendellänge den Begriff des Trägheitsradius ab durch die

Beziehung:  $\rho = \sqrt{\frac{J}{F}}$ .  $\rho$  ist der Trägheitsradius,

$J$  das Flächenträgheitsmoment des betrachteten Querschnitts in Bezug auf seine Schwerachse senkrecht zur Momentenebene,  $F$  die Querschnittfläche. Die Größe des Trägheitsmoment und des zugehörigen Trägheitsradius eines Trägerquerschnitts hängt außer von diesem selbst natürlich von der

Lage der gewählten Schwerachse beziehungsweise der Momentenebene ab. Man erhält bei jedem beliebigen Querschnitt für eine bestimmte Achse einen Größtwert, für eine andere einen Kleinstwert des Trägheitsradius. Die beiden Achsen stehen stets senkrecht aufeinander. Den Trägheitsradius in Bezug auf eine beliebige Schwerachse findet man als Abstand der zu ihr parallelen Tangenten von ihr an eine Ellipse mit den Hauptachsen als Hauptdurchmesserrichtungen und den Trägheitsradien in Bezug auf die Hauptachsen als Halbachsen. In Fig. 2 sind  $a$  und  $b$  die Trägheitsradien und gleichzeitig die Halbachsen der Ellipse (Zentralellipse), die den Hauptachsen  $g_1$  und  $g_2$  zugeordnet sind.  $\rho$  ist der Trägheitsradius in Bezug auf die beliebige Achse  $g$ . An sich läßt sich der einer beliebigen Achse  $g$ , die gegen  $g_1$  um den Winkel  $\varphi$  geneigt

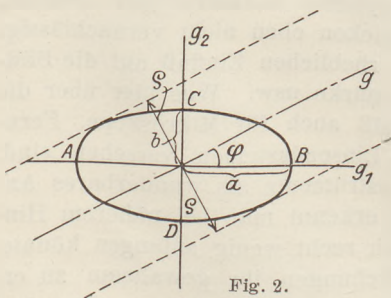


Fig. 2.

ist, zugeordnete Trägheitsradius  $\rho$  natürlich mit Hilfe der polaren Ellipsengleichung auch analytisch berechnen. Mit geringerer Mühe und viel eleganter kommt man jedoch rein geometrisch ohne Rechnung nur mit Lineal und Bleistift zum Ziel, wenn der Hauptkreis gegeben ist. Die an sich bekannte Konstruktion zeigt Fig. 3.  $s$  ist die gesuchte Ellipsentangente,  $\rho$  der Trägheitsradius in Bezug auf die beliebige Achse  $g$ .  $s$  ist natürlich  $g$  parallel.  $\rho$  ist der Abstand zwischen  $g$  und  $s$ . Der Deutlichkeit halber ist die Trägheitsellipse gestrichelt mit eingezeichnet. Für die Konstruktion braucht man sie nicht.

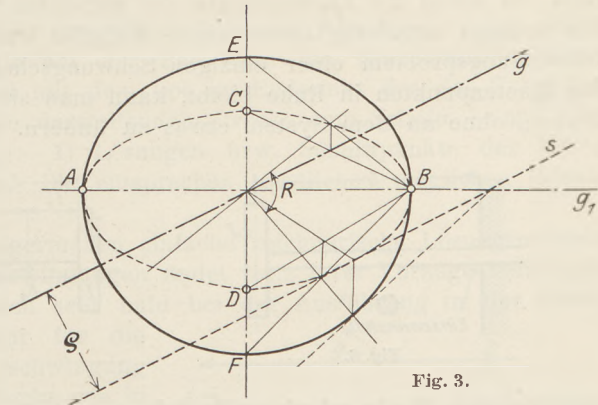


Fig. 3.

Vorstehende geometrische Aufgabe wäre zum Beispiel zu lösen, wenn die Durchbiegung eines irgendwie auf Biegung beanspruchten gleichschenkligen Winkelprofils ermittelt werden sollte, bei dem das Biegemoment parallel zu einem Schenkel des Winkels wirkt. Einen solchen Belastungsfall zeigt etwa Fig. 4.

Der Winkel ist bei  $A$  eingespannt (eingemauert z. B.) und bei  $B$  durch eine Einzellast  $P$  belastet. In diesem Fall müßte man den Trägheitsradius in Bezug auf die horizontale Schwerachse  $g$  bestimmen (siehe Fig. 5).

Die durch den Schwerpunkt  $S$  des Profils gehenden Hauptachsen sind die Symmetrielinie und die zu ihr Senkrechte, da jede Symmetrielinie ganz allgemein mit einer Hauptachse zusammenfällt. Die Trägheitsmomente bzw. die Trägheitsradien in Bezug auf die Hauptachsen kann man aus einem Handbuch entnehmen. Umgekehrt könnte man das Trägheitsmoment und den Trägheitsradius in Bezug auf die Achse  $g$  und die zu ihr senkrechte berechnen (einfache Integralaufgabe) und rein geometrisch die Trägheitsmomente in Bezug auf die Hauptachsen bestimmen.

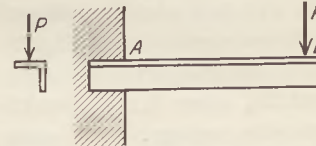


Fig. 4.

Ähnliche Aufgaben und Beispiele wie das hier aus der Festigkeitslehre genannte lassen sich für die Untersuchung von physischen Pendeln angeben.

Soweit im mathematischen Unterricht die Polarentheorie behandelt wird, erschließt sich ein weiteres Anwendungsgebiet rein geometrischer Aufgaben in der sogenannten Kerntheorie bei der Berechnung von Stützpfählern. Mauer- und Betonpfeiler sind imstande, große Druckkräfte aufzunehmen; dagegen halten sie nur sehr geringe Zugbeanspruchungen aus. Diese werden vermieden, wenn die Resultierende der Stützkräfte im sogenannten Kern des Querschnittsprofils angreift. Der Kern wird umhüllt von den Polaren der einzelnen Punkte der Umhüllungskurve des Querschnitts in Bezug auf die Trägheitsellipse. Das Zeichnen des Kerns für ein gegebenes Pfeilerprofil ist also eine Aufgabe, die sich mit den Mitteln der Geometrie der Lage durchführen läßt und sehr instruktiv wirkt. Ich glaube, die Tatsache, daß den Schülern die Voraussetzungen zum Teil fehlen, die die vollständige Erfassung der Festigkeitsaufgabe bedingen, tut der Brauchbarkeit und Anschaulichkeit des Beispiels keinen Abbruch. Es genügt, den Begriff des Kerns kurz zu erläutern und seine Eigenschaften als Tatsache nur mitzuteilen. Schon die durch das Anwendungsbeispiel vermittelte Überzeugung, daß das Gelernte eine praktische Nutzenanwendung hat, dürfte das Interesse der Schüler wesentlich beleben.

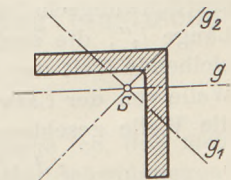


Fig. 5.

Eine andere, rein geometrisch zu behandelnde Aufgabe ist die Ermittlung der

Eigenschwingungsform eines durch elastische Zwischenglieder verbundenen schwingfähigen Systems von Massen. Ein solches System ist zum Beispiel eine Transmissionswelle, auf der in beliebigen Abständen eine Anzahl von Schwungscheiben befestigt sind. Es sollen die Knotenpunkte der stehenden Eigenschwingung bestimmt werden. Die anfangs schwierig erscheinende Aufgabe wird einfach, wenn man sie auf das Schwingungsproblem einer einzigen Schwungscheibe zurückführt. Da die Welle in den Knotenpunkten in Ruhe bleibt, kann man sie sich an diesen Stellen eingespannt denken, ohne an dem System etwas zu ändern. Für eine am Ende einer einseitig

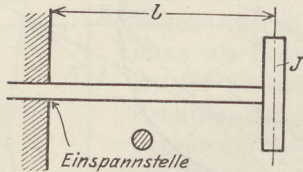


Fig. 6.

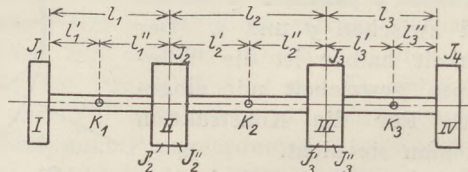


Fig. 7.

eingespannten Welle schwingende Schwungscheibe (Fig. 6) mit dem polaren Massen-Trägheitsmoment  $J$  ist die Eigenschwingungsdauer

$$T = C \cdot \sqrt{J \cdot l} \dots \dots \dots (1)$$

$l$  ist die Länge der Welle bis zur Schwungscheibe,  $C$  ist ein Proportionalitätsfaktor, der durch die Verdrehungselastizität der Längeneinheit der Welle bedingt ist. Man erkennt aus der Formel, daß alle Systeme gleiche Schwingungsdauer haben, für die  $s \cdot l$  den gleichen Wert hat. Wir betrachten jetzt eine Welle mit beispielsweise 4 Schwungscheiben (Fig. 7).

Die Lagerstellen sind der Übersichtlichkeit halber nicht mitgezeichnet.  $K_1, K_2$  und  $K_3$  seien Knotenpunkte. Wir denken uns das Viermassensystem in 6 Einmassensysteme zerlegt. Das erste System bildet die Schwungscheibe  $I$  am Ende der Welle von der Länge  $l_1'$ , die bei  $K_1$  eingespannt zu denken ist, das zweite System ein Teil

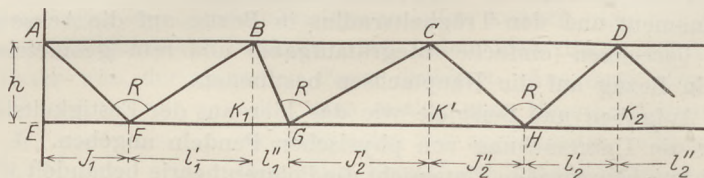


Fig. 8.

der Schwungscheibe  $II$  mit dem Trägheitsmoment  $J_2'$ , am Ende der Welle von der Länge  $l_1''$ , die auch bei  $K_1$  eingespannt zu denken ist, das dritte System der verbleibende Teil der Schwungscheibe  $II$  mit dem Trägheitsmoment  $J_2''$  am Ende der Welle von der Länge  $l_2'$ , die bei  $K_2$  eingespannt zu denken ist, und so weiter. Wenn die Welle geschlossen schwingt, muß die Beziehung gelten:

$$J_1 \cdot l_1' = J_2' \cdot l_1'' = J_2'' \cdot l_2' = J_3' \cdot l_2'' = J_3'' \cdot l_3' = J_4 \cdot l_3'', \dots \dots (2)$$

das heißt, die gedachten Teilsysteme müssen natürlich alle die gleiche Schwingungsdauer haben, wenn sich die Teile des Gesamtsystems während der Bewegung an keiner Stelle trennen sollen. Die Beziehung der Gleichung (2) kann man in einfacher Weise geometrisch darstellen (Fig. 8). Man trägt in der gegebenen Reihenfolge in irgend einem Maßstab abwechselnd die Trägheitsmomente und Wellenlängen ab und zeichnet den Linienzug  $A F B G C H D \dots$  derart, daß in den Punkten  $F, G$  und  $H$  rechte Winkel gebildet werden und die Punkte  $A, B, C, D$  usw. auf der Parallelen im Abstände  $h$  zur Abszissenachse liegen. Bei richtiger Wahl von  $h$  kommt der letzte Punkt auf der Parallelen senkrecht über dem Endpunkt der letzten Masse zu liegen. Es wird dann

$$h^2 = J_1 l', = J_2' l_1'' = J_2'' l_2' = \text{usw.} \dots \dots \dots (3)$$

und die Schwingungsdauer

$$T = C \cdot h \dots \dots \dots (4)$$

Die richtigen Werte von  $h$  erhält man durch Probieren rein zeichnerisch, indem man die Kurve der letzten Punkte auf der Parallelen aus Einzelpunkten durch Verschieben derselben zeichnet und mit dem Lot im Endpunkt der das Trägheitsmoment der letzten Schwungscheibe darstellenden Strecke zum Schnitt bringt. Bei  $n$  Schwungscheiben erhält man  $(n - 1)$  Lösungen bzw. Schnittpunkte der Kurve  $[(n - 1)\text{-ten Grades!}]$  mit dem Lot. Sie entsprechen sämtlichen möglichen Grund- und Oberschwingungen.

Diese sehr bekannte und einigermaßen einfache zeichnerische Lösungsmethode für die Untersuchung von Koppelschwingungen findet trotz ihrer Vorzüge verhältnismäßig wenig Anwendung, weil sich sehr bald bei der Ausführung in der Praxis herausstellt, daß sie eigentlich nur für die Bestimmung der höchsten Oberschwingung (zwischen je 2 Massen ein Knotenpunkt wie in Fig. 8) bequem ist, da sich fast in allen anderen Fällen die Strahlen nicht auf dem Zeichenblatt, sondern weit außerhalb schneiden. Mit Benutzung der rein geometrischen Beziehungen eines Vierecks ist es nun aber möglich, die Aufgabe zu lösen, von einem Punkt aus die Verbindungslinie nach dem Schnittpunkt zweier Geraden zu ziehen, wenn dieser Schnittpunkt nicht auf dem Zeichenblatt liegt. Die sich bei der Anwendung des graphischen Verfahrens zur Bestimmung der Knotenpunkte und der Eigenschwingungszahl eines Mehrmassensystems stets wiederholende Aufgabe zeigt Fig. 9.  $g_2$  ist der zuletzt erhaltene Strahl des Zickzackklinienzuges, dessen Schnittpunkt  $B$  mit der im Abstand  $h$  zur Abszissenachse gezogenen Parallelen  $g_1$  nicht auf den Zeigenbogen fällt. Gesucht ist der nächste Strahl  $g_3$  als Verbindungslinie von  $B$  und  $C$ .

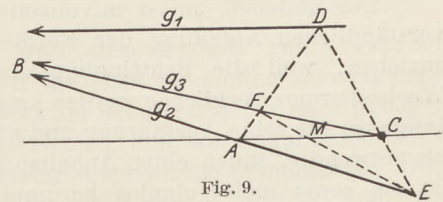


Fig. 9.

Man legt einen beliebigen Strahl durch  $C$ , der  $g_1$  in  $D$  und  $g_2$  in  $E$  schneidet. Die Verbindungslinie des Mittelpunktes  $M$  der Strecke  $AC$  mit  $E$  schneidet die Gerade  $AD$  in  $F$ . Die Verbindungslinie  $CF$  geht durch  $B$  und ist der gesuchte Strahl  $g_2$ . Die gestellte Aufgabe ist also nur mit Hilfe des Lineals durch Ziehen von drei Hilfsgeraden lösbar. Die Anwendungsmöglichkeiten der angegebenen Methode sind sehr vielseitige.

## Die Verwendung von Wechselstrom zur Erzeugung elastischer Schwingungen. Weitere Beiträge.

Von P. Hanck in Pasewalk.

Aus einer Reihe von Zuschriften, auch aus dem Auslande, ersehe ich, daß mein Aufsatz „Die Verwendung von Wechselstrom zur Erzeugung elastischer Schwingungen“ (diese Zeitschr. 38, 241; 1925) bei den Fachgenossen günstige Aufnahme gefunden hat. Es sei mir daher gestattet, einige weitere Versuche mitzuteilen, die ich kürzlich mit gleichen oder ähnlichen Hilfsmitteln im Unterricht ausgeführt habe.

I. Die Bestätigung der Taylorschen Formel  $n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{P}{m}}$ .

Die beschriebene Versuchsanordnung zur Erzeugung stehender Seilwellen ist auch zur experimentellen Bestätigung der Formel  $n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{P}{m}}$  für die Schwingungszahl einer Saite geeignet. Die Länge  $l$  der stehenden Welle, die Fadenspannung  $P$  und

die Masse  $m$  der Längeneinheit des Fadens kann man leicht ermitteln und daraus die Schwingungszahl berechnen. Für einen dünnen Faden, der senkrecht zu den Stimmgabelzinken ausgespannt und in Schwingungen versetzt wurde, ergaben sich die Werte  $l = 35,5$  cm und  $P = 102$  g; die Masse  $m$  der Längeneinheit wurde durch Wägung des ganzen Fadens bestimmt, sie betrug 0,00782 g. Für die Schwingungszahl erhält man also den Wert

$$n = \frac{1}{71} \sqrt{\frac{102 \cdot 981}{0,00782}} = 50,5,$$

der mit der Periode des Wechselstroms angenähert übereinstimmt.

Bei Einzelbeobachtungen kann man statt des Fadens auch einen dünnen Draht benutzen, für den man  $m$  aus seinem Durchmesser  $d$  und dem bekannten spezifischen Gewicht  $s$  berechnet. Für einen Eisendraht war  $d = 0,210$  mm,  $s = 7,7$ ,  $l = 62$  cm und  $P = 102$  g, also  $n = 49,4$ .

Der üblichen, meist unvollständigen und außerdem nur musikalischen Schülern verständlichen Ableitung der Formel durch das Monochord ist dieser Versuch vorzuziehen, weil die Schwingungszahl unmittelbar mit der bekannten Periode des Wechselstroms verglichen werden kann. In den Übungen zeigten die Schüler besonderes Interesse für seine Ausführung und erzielten gute Ergebnisse. Es erwies sich allerdings als notwendig, ihnen einen Anhaltspunkt für die Einstellung der Stimmgabel zu geben, da sie sonst meist planlos herumprobieren und entmutigt von der Erreichung des Zieles absehen, oder die Resonanz nur unter Opferung kostbarer Zeit finden. Viel leichter ist die Abgleichung der Fadenlänge; nach meinen Erfahrungen kann man die Schüler hierbei sich selbst überlassen.

Die benutzten Apparate sowie auch die in den folgenden Abschnitten aufgeführten Teile können von der Firma Meiser und Mertig, Dresden, Kurfürstenstr., bezogen werden. Sie liefert eine Schreibstimmgabel mit passenden Stimmgewichten zu 15 RM, eine kleine als Elektromagnet dienende Spule mit festzuklebbendem Eisenkern zu 4,25 RM und als Ergänzung zur Erzeugung von Longitudinalwellen eine Stahlschleife mit 50 Windungen von 2 cm Windungsdurchmesser und 0,6 mm Drahtstärke zu 1 RM, eine gleiche von 1 mm Stärke zu 1,25 RM. Alle Teile lassen sich auch für andere Zwecke verwenden. Die Stimmgabel dient außer zu dem oft ausgeführten Versuche, der die Bestimmung ihrer Schwingungszahl lehrt, noch zur Bestimmung der Periodenzahl von Wechselstrom, über die ich in Nr. 113 der zweiten Auflage meiner „Physikalischen Schülerübungen“ (Verlag Quelle & Meyer, Leipzig) weitere Angaben gemacht habe. Mit der Spule werden Induktionsversuche ausgeführt, desgleichen liefert sie uns in Verbindung mit einem Summer den für manche Messungen, wie z. B. für die Bestimmung der Kapazität eines Kondensators, notwendigen Wechselstrom höherer Frequenz (Aufgaben 109 bis 116 und 121 meiner Übungen). Die Verwendung der Spiralen ist bekannt.

## II. Die Zusammensetzung von Schwingungen.

Die objektive Darstellung zusammengesetzter Sinusschwingungen, die sonst nur mit beträchtlichen Mitteln, elektromagnetischen Stimmgabeln verschiedener Schwingungszahl, erfolgen kann, gestaltet sich mit den von mir in dem genannten Aufsatz beschriebenen schwingenden Federn sehr einfach. Ich verwendete zwei Federn mit den Schwingungszahlen  $n_1 = 50$  und  $n_2 = 100$ . Sie sind in der angegebenen Weise auf kleinen Holzklötzchen befestigt und tragen an ihrem Ende  $1,5 \times 1,5$  cm<sup>2</sup> große Spiegel. Um sie bequem auf Resonanz einstellen zu können, verfertigte ich kleine, 1 g schwere Laufgewichte, die auf den Federn verschoben werden können. Als vollwertiger Ersatz können Skripturenklammern dienen. Außerdem vereinfachte ich den Bau der zweiten Feder. Die Schwingungszahl 50 erhält man, wenn man eine Phase des Wechselstroms unwirksam macht. Dies erreichte ich bisher durch einen unter der

Feder angebrachten permanenten Magneten. Ich überzeugte mich aber davon, daß der Magnet fast immer entbehrlich ist, wenn man die Federn magnetisiert; es ist dann nur eine etwas höhere Stromstärke (etwa 1 Ampere) zur Erregung nötig. Etwas kräftiger werden die Schwingungen noch, wenn man zwei je 4 cm lange, magnetisierte Stricknadelstücke, gleichpolig nebeneinander liegend, auf die Feder lötet. Ein Bild dieses kleinen Hilfsapparates gibt Fig. 1. Es bedeutet  $L$  das Laufgewicht,  $S$  den Spiegel und  $K_1$  und  $K_2$  die zur Stromzuführung dienenden Klemmen des Elektromagneten.

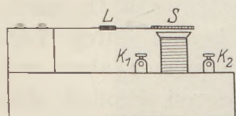


Fig. 1.

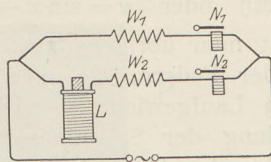


Fig. 2.

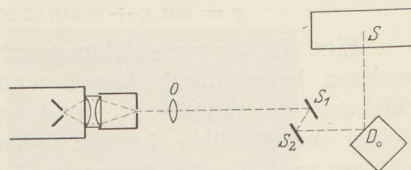


Fig. 3.

Zur Zusammensetzung von Schwingungen sind diese Federn nun vorzüglich geeignet. Man muß sich zwar im allgemeinen auf die oben genannten Schwingungszahlen mit dem Verhältnis 1 : 2, die meines Erachtens im Schulunterricht auch genügen dürften, beschränken, kann aber den Phasenunterschied und die Amplituden weitgehend verändern, ein Vorteil, den gewöhnliche elektromagnetische Stimmgabeln nicht bieten. Man stellt eine Stromverzweigung aus je einer Feder  $N_1$  und  $N_2$  und zwei Widerständen  $W_1$  und  $W_2$  her (Fig. 2) und leitet ein Lichtbündel durch das Objektiv  $O$  des Projektionsapparates auf den Spiegel  $S_1$ , von hier wird es nach  $S_2$  und dann

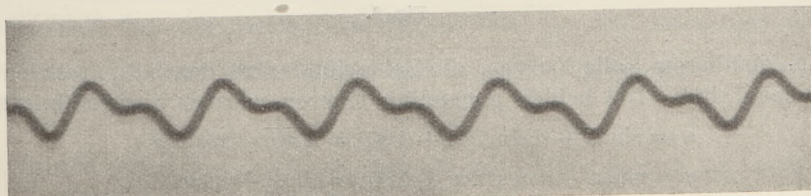


Fig. 4.

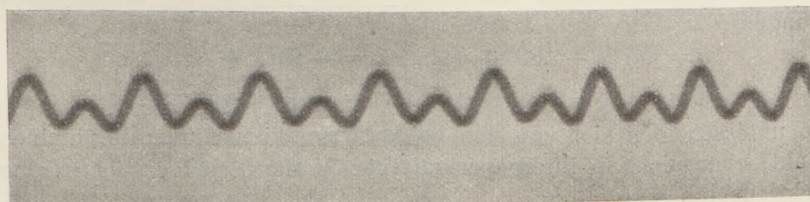


Fig. 5.

über den Drehspiegel  $D$  nach dem Auffangschirm geworfen (Fig. 3). Nähere Angaben über die Art der Projektion habe ich in meinem Aufsatz „Ein Apparat zur Untersuchung der Klangfarbe“ (diese Zeitschr. **36**, 16; 1923) gemacht.

Nach diesen Vorbereitungen geht die Ausführung des Versuchs schnell vonstatten. Man führt der Verzweigung Wechselstrom, der auf etwa 10 Volt herabtransformiert wird, zu, beobachtet auf dem Schirm ein Auf- und Niedergehen des projizierten Lichtfleckes und löst die Schwingungen durch den Drehspiegel auf. Sie haben keinen Phasenunterschied, man muß also, wie eine Zeichnung bestätigt, die in Fig. 4 wiedergegebene Kurve von der Form

$$y = \sin x + a \sin 2x$$

mit einer Einbuchtung auf dem absteigenden Ast erhalten. Durch Veränderung der Vorschaltwiderstände kann man die Amplituden, d. h. die Konstante  $a$  und damit die

Einschnürung, vergrößern. Schaltet man jetzt in einem Zweig eine Eisenkern enthaltende Selbstinduktion  $L$  von etwa 0,01 Henry ein, so bleibt die eine Schwingung gegen die andere in der Phase zurück, und man erhält die durch Fig. 5 dargestellte Kurvenform, die man durch allmähliches Herausziehen des Eisenkerns verändern kann. Bei meinen Versuchen betrug die Phasenverschiebung  $\frac{\pi}{2}$ , die neue Kurve hat also die Gleichung

$$y = \sin x + a \sin(2x - 90) \quad \text{oder} \quad y = \sin x - a \cos 2x.$$

Eine Phasenverschiebung erreicht man übrigens auch, wie ich a. a. O. nachgewiesen habe, durch Verstimmung der Federn, die man am besten durch Verschiebung der an ihnen angebrachten Laufgewichte bewirkt; bequemer aber und leichter verständlich ist die Verwendung der Selbstinduktion, deren Einfluß den Schülern nach den Ausführungen des folgenden Abschnittes direkt gezeigt werden kann.

Jede auf einem dieser Wege erzielte Phasenverschiebung kann noch um  $180^\circ$  vergrößert werden, wenn man die beiden Spiegel antiparallel gegenüberstellt, so daß die eine Feder nach unten zeigt, während die andere nach oben gerichtet ist. Es

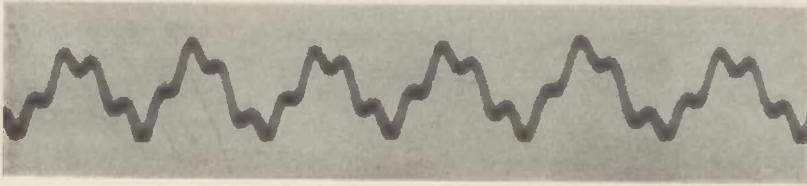


Fig. 6.

ergeben sich in diesem Falle Kurven, die Spiegelbilder zu den bei parallelen Spiegeln aufgenommenen sind. Die beiden genannten Kurven wurden übergeführt in

$$y = \sin x + a \sin(2x + 180) = \sin x - a \sin 2x$$

und

$$y = \sin x - a \cos(2x + 180) = \sin x + a \cos 2x.$$

Vorausgesetzt ist hierbei jedoch, daß die Stellung der Feder mit höherer Schwingungszahl geändert wird. Im andern Falle würden die entstehenden Kurven die Gleichungen

$$y = \sin(x + 180) + a \sin 2x = -\sin x + a \sin 2x$$

und

$$y = \sin(x + 180) - a \cos 2x = -\sin x - a \cos 2x$$

haben. Sie unterscheiden sich von den beiden Grundkurven nur durch einen anderen Anfangspunkt, aber nicht in ihrem periodischen Verlauf, und ergeben demnach dasselbe Projektionsbild.

Sollen weitergehende Versuche ausgeführt werden, so kann man auch noch eine Feder mit der Schwingungszahl 25 herstellen. Man spannt eine etwas längere, mit magnetisierten Stricknadeln versehene Feder ein und zieht sie so weit heraus, bis sie unter dem Einfluß des Elektromagneten in Schwingungen gerät. Die Abstimmung ist hier jedoch nicht ganz leicht, da der Wechselstrom entsprechend seiner Periode bestrebt ist, der Feder 50 Schwingungen zu erteilen, sie gelingt aber bei einiger Sorgfalt, besonders wenn man die Feder in der entscheidenden Stellung ein wenig anstößt. Die Schwingungen werden dann weiter unterhalten, indem die sich dem Elektromagneten nähernde Feder durch eine Reihe von Polen, etwa die in ungerader Folge erregten Nordpole angezogen wird, aber beim Zurückschwingen durch die in gerader Folge entstehenden Nordpole nicht mehr so stark beeinflußt wird, daß sie wieder zur Ruhe kommt. Durch Vergrößerung der Stromstärke werden jedoch die Schwingungen in diesem Falle nicht immer kräftiger, sondern hören häufig ganz auf. Es folgt daraus, daß die einmal einregulierte Feder immer durch annähernd gleichen



Strom zu erregen ist. Diese Schwingungen setzte ich mit denen einer Feder von 100 Schwingungen, also mit der dritten Oberschwingung, zusammen. Das entstehende Bild ist durch Fig. 6 wiedergegeben. Bei diesem Versuch ist es mehr als sonst nötig, daß die mit der Feder schwingenden Stricknadeln kräftig magnetisiert sind, sonst bleiben die Schwingungen meist aus.

Stellt man die beiden Federn gekreuzt auf, so beschreibt der Lichtfleck schöne Lissajoussche Kurven, wie sie Fig. 7 und 8 zeigen. Diese habe ich durch die Federn

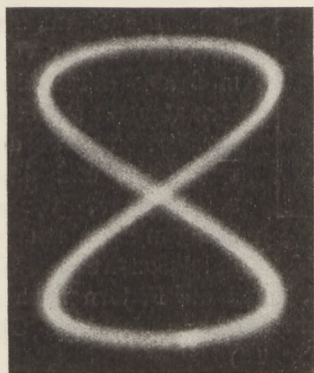


Fig. 7.



Fig. 8.

von 50 und 100 Schwingungen erhalten, sie zeigen bei der ersten Aufnahme keinen Phasenunterschied, bei der zweiten beträgt er fast  $\frac{\pi}{2}$ . Die bekannten einfacheren Figuren Gerade, Ellipse, Kreis erhält man natürlich durch zwei Federn gleicher Schwingungszahl.

### III. Die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bei Wechselströmen.

Mit Hilfe einer ähnlichen Versuchsanordnung kann man die Phasenverschiebung bei Wechselströmen untersuchen. Man schaltet zwei Federn gleicher Schwingungszahl nach Fig. 2 in die Stromverzweigung, setzt vor die Kondensorlinse des Projektionsapparates eine Blende mit zwei im Abstände 2,5 cm nebeneinander liegenden Öffnungen (Fig. 9), stellt die Spiegel so auf, daß sie von je einem Lichtbündel getroffen werden, entwirft über dem Drehspiegel ein scharfes Bild der Blendenöffnungen auf den Schirm und dreht die Federn mit dem Spiegel so, daß die beiden Lichtflecke zusammenfallen. Nun führt man der Verzweigung zunächst ohne die Selbstinduktion  $L$  Strom zu, stellt die Widerstände auf gleiche Schwingungswerte der Federn, also auf gleiche Ablenkung der Lichtflecke ein und zeigt die durch den Drehspiegel entstehende Sinus-Kurve. Sollte sich trotz Zusammenfallens der Lichtflecke eine Doppelkurve bilden, so muß man die Einstellung der Federn verbessern, da sie nicht richtig abgestimmt sind und deshalb von vornherein einen Phasenunterschied zeigen. Schaltet man dann die Selbstinduktion ein, so schwingt die in dem entsprechenden Zweigleiter liegende Feder infolge Vergrößerung des Widerstandes mit geringerer Amplitude, die andere daher mit größerer Amplitude, aber man erkennt schon nach Auflösen der Schwingungen die entstehende Phasenverschiebung. Deutlicher kommt sie zum Ausdruck, wenn man die Zweigleiter wieder auf gleiche Stromstärken bringt (Fig. 10). Um zu zeigen, daß der Strom gegen die Spannung zurückbleibt, wählt man ungleiche

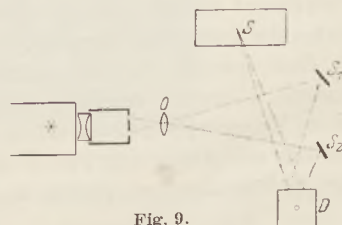


Fig. 9.

Blendenöffnungen oder läßt das eine Lichtbündel nicht voll auf den Spiegel fallen. Die Kurven sind dann leicht zu unterscheiden.

Die Größe der Phasenverschiebung wird durch die Gleichung  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{w}$  bestimmt, in der  $\omega = 2\pi n$  das Produkt aus  $2\pi$  und der Periodenzahl des Wechselstroms,  $L$  die Selbstinduktion und  $w$  den OHMSchen Widerstand des Zweigleiters bedeuten. Es folgt hieraus, daß man  $w$  nicht zu groß wählen darf, wenn man eine auffällige

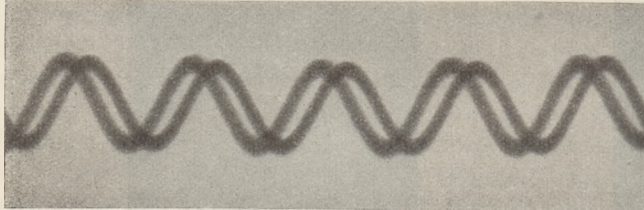


Fig. 10.

Phasenverschiebung erhalten will. Die Spannung an den Endpunkten der Verzweigung muß also durch einen Transformator bis auf etwa 10 Volt herabgesetzt werden, oder man muß, und das ist weit unbequemer, vor die Verzweigung einen größeren induktionsfreien Widerstand

legen, der aber 200 Ohm nicht überschreiten darf, wenn die Federn noch genügend erregt werden sollen. Geeignet wären zwei nebeneinander geschaltete Glühlampen von je 150 Watt, deren Licht abgeblendet wird (Fig. 14).

Die photographische Wiedergabe zeigt einen Phasenunterschied von fast  $90^\circ$ . Eine genauere Auswertung der relativ kleinen Abbildung ergibt einen Winkel von  $75^\circ$  bis  $80^\circ$ . Da die Aufnahme jedoch mit Federn von 100 ganzen Schwingungen erfolgte und diese während einer Wechselstromperiode zwei volle Schwingungen ausführen, so beträgt die eigentliche, der Periode des Wechselstroms entsprechende Verschiebung nur die Hälfte, also  $37^\circ$  bis  $40^\circ$ . Dieser Wert kann durch Rechnung bestätigt werden. Der OHMSche Widerstand des Zweigleiters war  $w = 5,3$  Ohm. Die Selbstinduktion ermittelte ich nach der in Fig. 11 gezeichneten Anordnung.

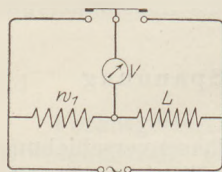


Fig. 11.

Man schaltet einen induktionsfreien Widerstand  $w_1$  und die Selbstinduktion  $L$  hintereinander in den Wechselstromkreis, verbindet mit den Endklemmen von  $L$  ein Hitzdrahtvoltmeter  $V$  oder ein Hitzdrahtamperemeter mit größerem Vorschaltwiderstand und liest den Ausschlag ab. Dann verbindet man das Meß-

instrument mit den Endklemmen von  $w_1$  und regelt den Widerstand so, daß der entstehende Ausschlag ebenso groß ist wie zuvor. Hierdurch wird aber die Stromstärke in dem ganzen Kreise geändert, eine erneute Verbindung mit  $L$  würde also eine andere Ablesung ergeben. Durch wiederholtes Umschalten, das sehr bequem durch einen Telegraphentaster erfolgen kann, sucht man nun eine Stellung von  $w_1$  zu erhalten, bei der der Ausschlag von  $V$  unverändert bleibt, dann ist der Wechselstromwiderstand der Selbstinduktion gleich  $w_1$ . Die Selbstinduktion berechnet man aus der Gleichung

$$w_1 = \sqrt{w_2^2 + \omega^2 L^2},$$

in der  $w_2$  der anderweitig gemessene OHMSche Widerstand oder der Gleichstromwiderstand von  $L$  ist.

Ich erhielt bei meinen Versuchen  $w_1 = 4,1$  und  $w_2 = 0,8$  Ohm und daraus

$$L = \sqrt{\frac{4,1^2 - 0,8^2}{341}} = 0,0128 \text{ Henry,}$$

so daß also

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{w} = 0,76$$

ist. Der hieraus zu berechnende Wert  $\varphi = 37^\circ$  stimmt mit dem Versuchsergebnis überein. Bei kleinerem  $w$  sind natürlich noch größere Verschiebungen zu erreichen.

Umgekehrt kann man auch zu einer verlangten Verschiebung bei gegebenem  $L$  den OHMSchen Widerstand  $w$  im voraus berechnen. So ergibt die in Abschnitt II für die Zusammensetzung von Schwingungen (Fig. 5) benutzte Phasenverschiebung  $\frac{\pi}{2}$ , wenn man für  $\varphi$  den auf die Periode des Wechselstroms zurückgeführten Wert  $\frac{\pi}{4}$  einsetzt, einen Widerstand  $w = \omega L = 4$  Ohm.

Ersetzt man in Fig. 2 die Selbstinduktion  $L$  durch die Primärspule eines geeigneten Transformators oder eines Funkeninduktors, so kann man beobachten, wie die durch die Primärspule hervorgerufene Phasenverschiebung zurückgeht, wenn man die Sekundärspule kurz schließt. Diese übt auf jene eine Rückwirkung aus, die Folge ist eine Verringerung der Selbstinduktion der Primärspule.

Um die Phasenverschiebung in der Sekundärspule eines Transformators zu zeigen, stellte ich einen Stromkreis her aus der Selbstinduktion  $L$ , einem Widerstande und einer Feder (Fig. 12) und setzte dann über den hervorragenden Eisenkern der Selbstinduktion eine aus 80 Windungen 0,8 mm starken Kupferdrahtes bestehende Spule, die mit einer zweiten Feder verbunden war. Die in der Sekundärspule induzierte Spannung  $e_2$  bleibt um  $90^\circ$  in der Phase gegen den Primärstrom  $i_1$  zurück, der Sekundärstrom  $i_2$  hat gegen  $e_2$  eine von der Belastung abhängige, zwischen  $0$  und  $90^\circ$  liegende Phasendifferenz, so daß  $i_2$  gegen  $i_1$  um  $90^\circ$  bis  $180^\circ$  verschoben ist. Der Versuch ergab eine Verzögerung von etwa  $110^\circ$ , die bei Verwendung einer Feder mit 100 Schwingungen besonders gut zu erkennen ist, da sie durch diese verdoppelt wird, so daß die Wellenberge der einen Kurve fast in die Wellentäler der andern fallen (Fig. 13).

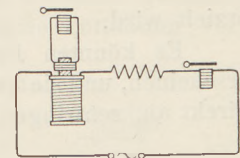


Fig. 12.

Will man auch auf die durch eine Kapazität bewirkte Phasenverschiebung eingehen, so genügt ein Wechselstrom von geringerer Spannung nur, wenn eine große Kapazität zur Verfügung steht, da sonst die Stärke des durch sie hindurchgelassenen Stromes nicht mehr zur Erregung der Federn ausreicht. Um sie etwas

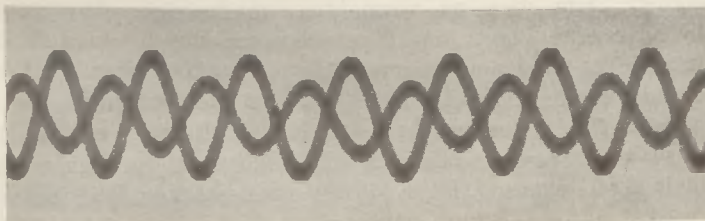


Fig. 13.

leichter ansprechen zu lassen, unwickelte ich die 7 mm starken Schrauben, die als Elektromagnete dienen sollen, neuerdings nicht wie a. a. O. angegeben mit 4, sondern mit 6 Lagen 0,5 mm starken Drahtes. Sie benötigen so auch noch einen Strom von mindestens  $\frac{1}{2}$  Ampere, der bei der Spannung  $e = 220$  Volt durch einen Kondensator  $C$  von etwa 10 Mikrofarad, wie ich ihn benutzte, geliefert wird. Die Theorie ergibt für die Stromstärke den Wert  $i = e \cdot C \cdot \omega$ , also  $i = \frac{220 \cdot 314}{10^5} = 0,69$  Ampere, der durch ein Hitzdrahtinstrument bestätigt werden kann.

Die Ausführung erfolgt nach Fig. 14, in der zunächst die Selbstinduktion eingeschaltet ist. Bringt man dann den Schalter aus der Stellung  $AB$  in die Stellung  $AC$ , so ist die Kapazität eingeschaltet, und der Strom eilt vor. Bequem ist für die Umschaltung wieder ein Telegraphentaster, er zeigt die lichtschwächere Kurve abwechselnd

mit einer Phasenverzögerung oder einer Phasenvoreilung. Annähernd gleiche Amplitude erreicht man durch Ausschalten einer Glühlampe aus dem vorgelegten Lampenwiderstand  $R$ .

Die Schüler fassen diese Vorgänge vielfach falsch auf, sie halten die voreilende Kurve für verzögert und umgekehrt. Am einfachsten zerstreut man etwaige Zweifel, indem man sie zwei Funktionen, etwa  $\eta = \sin x$  und  $\eta = \sin(x + 60)$ , darstellen läßt.

Zu beachten ist in der Fig. 14 noch der neben dem Kondensator liegende Widerstand  $w$ . Ohne ihn würde die Phasenverschiebung nach der Gleichung

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{C \cdot \omega \cdot w}$$

bei kleinerem  $w$  fast  $90^\circ$ , also für die Federn  $180^\circ$  betragen, und man könnte nicht erkennen, ob die Kurve um diesen Betrag voreilt oder zurückbleibt. Ich schaltete daher noch einen aus Konstantendraht bifilar gewickelten Widerstand von 100 Ohm ein, durch den eine Verschiebung von  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{10^5}{314 \cdot 100} = 3,2$  oder von  $\varphi = 72^\circ$  [ $144^\circ$ ] erzielt wird.

Es könnten Federn mit 50 Schwingungen für diese Versuche zweckmäßiger erscheinen, und sie haben in der Tat manche Vorzüge: sie geben die Phasenverschiebung direkt an, schwingen bei gleicher Stromstärke im allgemeinen mit größerer Amplitude als die kürzeren Federn mit 100 Schwingungen und erfordern bei dem letzten Versuche für den Kondensatorzweig keinen Vorschaltwiderstand. Sie erwiesen sich jedoch als sehr unsicher, namentlich bei geringerer Stromstärke. Sie wurden dann gelegentlich ohne erkennbaren Grund sehr schwach oder gar nicht erregt oder führten plötzlich nach erneutem Umschalten des Stromes Schwingungen mit entgegengesetzter Phase aus, so daß ich sie zunächst für die Untersuchung der Phasenverschiebung verwarf.

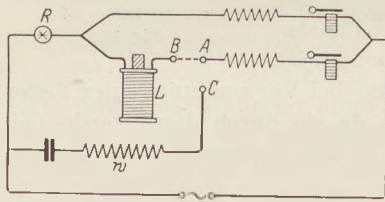


Fig. 14.

Durch weitere Prüfungen stellte ich später fest, daß die vor dem Wechselstrom-Elektromagneten schwingenden magnetisierten Federn geschwächt oder auch unmagnetisiert werden. Um dies zu vermeiden, mußte ich also zu der früheren Konstruktion, bei der eine Phase des Wechselstroms durch einen in der Nähe des Elektromagneten angebrachten permanenten Magneten aufgehoben wird, zurückgreifen oder dem Übelstande auf ähnliche Art abhelfen. Da die Federn in der vereinfachten Form für die meisten Zwecke ausreichen und eigentlich nur bei dem durch Fig. 14 dargestellten Versuch versagen, wollte ich eine Änderung im Bau nicht vornehmen. Ich erreichte mein Ziel ebenso sicher durch einen starken Hufeisenmagneten, der zwischen die vertikal in ein Stativ geklemmten Federn so aufgestellt wurde, daß die Schenkelenden etwa in halber Höhe der Federn liegen. Durch Versuche wird man leicht die günstigste Stellung finden; die Federn schwingen dann sofort mit größerer Amplitude. Man hat hierbei jedoch die Polarität des Magneten zu beachten. Da die Federn durch ihn entgegengesetzt beeinflusst werden, ist es zweckmäßig, sie von vornherein entgegengesetzt zu magnetisieren. Ebenso muß die Stromzuführung bei einer Feder umgepolt werden, damit auch die beiden Elektromagnete in ungleichem Sinne vom Strome durchflossen werden, der Endeffekt also für beide Federn derselbe ist. Nach dieser Verbesserung sind mir die Versuche sicher und zufriedenstellend gelungen. Man kann sie natürlich noch mannigfach erweitern. Insbesondere kann man, wenn Drehstrom zur Verfügung steht, mit drei Federn die Verschiebung der einzelnen Phasen zeigen.

Man könnte den Einwand machen, daß bei dem von mir gewählten Verfahren die zur Erregung der Federn dienenden Elektromagnete schon eine Selbstinduktion besitzen; allein diese ist so gering, daß sie gegenüber der Selbstinduktion der Spule

vernachlässigt werden kann. Auch kleine Vorschaltwiderstände mit Selbstinduktion sind nicht von wesentlichem Einfluß. Schwerer wiegt ein anderes Bedenken. Die Federn werden, auch wenn sie richtig abgestimmt sind, in ihrer Schwingungsphase durch die Stromstärke beeinflusst, so daß man ohne Selbstinduktion und Kapazität durch erhebliche Änderung der Stromstärke eine Phasenverschiebung nachweisen kann. Es ist also nötig, daß man bei diesen Versuchen immer mit annähernd gleicher Stromstärke arbeitet. Dies läßt sich wohl stets ermöglichen. Die Verschiebungen erfolgen dann derart, daß sogar quantitative Bestimmungen, wie an Fig. 10, ausgeführt werden können.

#### IV. Die oszillierende Entladung eines Kondensators.

Über die oszillierende Entladung eines Kondensators ist viel geschrieben worden. Auch in dieser Zeitschrift befassen sich zahlreiche Aufsätze mit diesem Versuch, ein Zeichen für die Bedeutung, die man ihm beimißt. Meist benutzt man eine Leidener Flasche, die durch einen Funkeninduktor aufgeladen wird. Die Versuche gestalten sich so sehr einfach, täuschen allerdings häufig die oszillatorische Entladung vor, während in Wirklichkeit nur die auf die jedesmaligen Unterbrechungen des Funkeninduktors folgenden Entladungen gezeigt werden. Aber auch bei einwandfreier Schaltung scheint mir die Verwendung eines Induktors nicht zweckmäßig, da der durch die Unterbrechung erzeugte Induktionsstrom, wie A. SCHNEIDER (diese Zeitschrift **36**, 103; 1923) näher ausgeführt hat, die Leidener Flasche mehrmals auflädt, so daß jeder Unterbrechung eine Reihe von Entladungen folgen, die genügend aufgelöst dann allerdings oszillatorischen Charakter zeigen. Das Verständnis für den Vorgang wird durch diese Versuchsanordnungen unnötig erschwert; sie haben ferner den Nachteil, daß sie den Einfluß der Selbstinduktion auf die Schwingungsdauer nicht erkennen lassen, so daß eine auch nur qualitative Bestätigung der wichtigen grundlegenden Formel  $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$  ausgeschlossen ist.

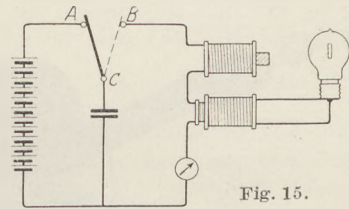


Fig. 15.

Viel dankbarer, wenn auch umständlicher sind die Versuche von RUHMER (diese Zeitschr. **19**, 141; 1906), REGNER (**26**, 295; 1913) und SCHÜTT (**38**, 14; 1925), bei denen sich ein Kondensator großer Kapazität über eine veränderliche Selbstinduktion durch die Primärspule oszillatorisch entlädt und in der Sekundärspule Induktionsströme erzeugt, die durch eine Leuchtröhre näher untersucht werden. Solche Versuche lassen sich heute ermöglichen, da größere Kondensatoren (10 Mikrofarad) in Geschäften für Rundfunkgerät billig zu beziehen sind und passende Selbstinduktionen (0,01 Henry), wenn nötig, leicht selbst hergestellt werden können. Schwieriger ist die Beschaffung eines Kontaktes zur wechselnden Ladung und Entladung des Kondensators. Ich benutze hierfür den in meinem Aufsatz „Die Eichung eines Wellenmessers“ (diese Zeitschr. **39**, 31; 1926) beschriebenen oszillierenden Doppelkontakt, der in dieser Form für den Versuch ohne weiteres brauchbar ist. Anstatt einer Feder mit 100 Schwingungen setzte ich allerdings eine mit 50 Schwingungen ein.

Die Schaltung der Versuchsanordnung zeigt Fig. 15. Durch den Kontakt wird in der Stellung *AC* der an ein Gleichstromnetz oder an eine Akkumulatoren-Anodenbatterie von 60 bis 100 Volt Spannung angeschlossene Kondensator aufgeladen und dann in der Stellung *BC* durch ein Amperemeter, eine Selbstinduktion und die Primärspule eines Funkeninduktors von 8 cm Funkenlänge entladen. Eine mit der Sekundärspule verbundene Osram-Glimmlampe mit kappenförmigen Elektroden leuchtet kräftig in schönem rotem Lichte, und die Schwingungen können, wenn man einen Spalt vor die Lampe setzt, in einem Drehspiegel gezeigt werden. Vorzuziehen ist jedoch entschieden eine objektive Beobachtung.

Ich setzte auf die Achse eines Motors, der auf 5 bis 10 Touren in der Sekunde gebracht werden konnte, die in Fig. 16 skizzierte Vorrichtung. Sie besteht im wesentlichen aus einem 2,5 cm starken, mit einem Schleifring  $R$  versehenen Holzzylinder, auf den eine dünne Leiste von 3 cm Breite und 50 cm Länge geschraubt ist. Der Holzzylinder ist längs der Achse durchbohrt und auf ein Messingrohr  $M$  getrieben, das mit starker Reibung auf die Achse des Motors geschoben werden kann. Bei feinmechanischer Ausführung würde man dem Rohr natürlich durch eine Preßschraube besseren Halt auf der Motorachse geben. Auf dem einen Ende der Leiste ist ein kleiner Holzklötzchen mit Fassungsring für die Glühlampe angebracht.

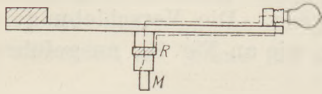


Fig. 16.

Von hier gehen zwei Drähte aus, die zu dem Schleifring  $R$ , bezw. zu dem Messingrohr und damit zu der Achse des Motors führen. Das andere Ende der Leiste trägt zum Ausgleich als Gegengewicht einen passenden Holzklötzchen. Zur weiteren Veranschaulichung diene die Fig. 17. Über die Glimmlampe wird eine in der Figur nicht wiedergegebene zylindrische Kappe gesetzt, die durch eine Feder gehalten wird. Sie

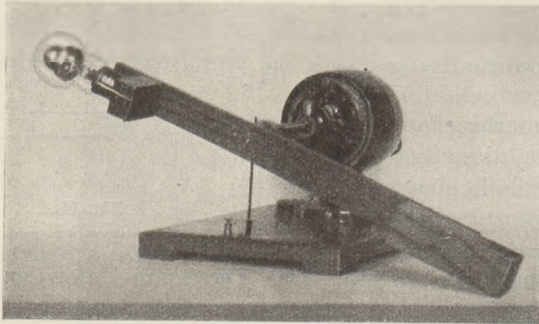


Fig. 17.

besitzt in der Höhe der Elektroden der Glimmlampe zwei Spalte von 3 mm Breite, so daß Lehrer und Schüler gleichzeitig das Leuchten durch je einen Spalt beobachten können. Die Zündung erfolgt, sobald man die Sekundärspule des Induktors einerseits mit einer auf dem Grundbrett des Motors angebrachten, gegen den Ring  $R$  schleifenden Feder, andererseits mit dem Metallgehäuse des Motors verbindet. Läßt man dann den Motor schnell rotieren, so beobachtet man in gleichmäßigen Abständen die

den Schwingungen des Doppelkontaktes folgenden oszillatorischen Kondensator-entladungen, es leuchtet bei jeder einzelnen Entladung die obere und die untere Elektrode der Glimmlampe in regelmäßigem Wechsel mehrmals auf. Bei normalen Umdrehungszahlen würden sich die breiten Bilder der Elektroden gegenseitig überlagern; schneidet man aber durch den Spalt schmale Streifen aus, so erscheinen diese getrennt.

Eine photographische Wiedergabe der schönen Erscheinung war nicht möglich, da die Glimmlampe wenig photographisch wirksame Strahlen aussendet und die Touren-

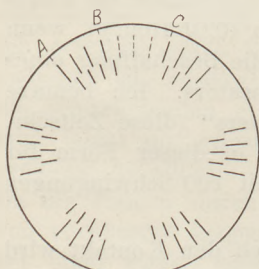


Fig. 18.

zahl des Motors während der notwendigen langen Belichtungsdauer nicht völlig konstant gehalten werden konnte. Eine schematische Darstellung gibt Fig. 18, sie zeigt 6 Entladungen mit je 4 vollen Schwingungen. Ändert man die Kapazität des unterteilten Kondensators oder durch Herausziehen des Eisenkerns die Selbstinduktion, so beobachtet man nach wie vor 6 Entladungen, die durch die Periode des Wechselstroms und die Tourenzahl des Motors bestimmt werden, aber die Schwingungen erfolgen, wie man an dem geringeren Abstand der ihnen entsprechenden Spaltbilder erkennt, viel schneller.

Schaltet man zu dem Widerstand von Spule und Funkeninduktor im Betrage von 1,6 Ohm noch etwa 5 Ohm in den primären Entladungskreis, so sieht man nur 2 volle Schwingungen, bis bei weiterem Zuschalten von Widerstand die Schwingungen schließlich aperiodisch werden.

Da sich der Kondensator entsprechend der Periodenzahl des Wechselstroms in einer Sekunde 50mal entlädt, kann man die Schwingungsdauer den Entladungsbildern auch ohne besondere Messung fast ohne Rechnung entnehmen, und darin erblicke ich

einen großen Vorzug dieser Schaltung. Die Entladungen erfolgen in Abständen von  $\frac{1}{50}$  Sekunde. Während dieser Zeit dreht sich der Spalt um den Bogen  $AC$  (Fig. 18), die Dauer  $T$  einer Schwingung wird dagegen durch den Bogen  $\frac{AB}{3}$  bestimmt. Es verhält sich, wie man ohne weiteres schätzen, aber bei konstanter Tourenzahl des Motors auch durch Messungen bestätigen kann,  $AB:BC = 3:4$  also  $AB:AC = 3:7$  oder  $3T:\frac{1}{50} = 3:7$ , so daß man für  $T$  den Wert  $\frac{1}{350}$  oder 0,00286 Sekunden erhält. Die Schüler fanden bei den drei bisher vorgeführten Versuchen für  $T$  den Wert 0,0025. Sie füllten den Raum  $AC$  in Gedanken durch Spaltbilder aus und zählten deren 8, ohne zu berücksichtigen, daß durch 8 Bilder 7 volle Schwingungen bestimmt werden. Ist die Schwingungsdauer erst einmal gefunden, so haben die Schüler bei weiterem Rotieren der Lampe die Zahl  $\frac{1}{50}:8$  bzw.  $\frac{1}{50}:7$  immer deutlich vor Augen, und gerade wegen dieser Sinnfälligkeit der Erscheinung dürfte der Versuch im Unterricht besonders geeignet sein.

Es ist nun noch nachzuweisen, daß die experimentell bestimmte Schwingungsdauer der aus der Formel  $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$  zu berechnenden entspricht. Das in den Stromkreis eingeschaltete Amperemeter zeigte eine Stromstärke von  $i = 0,052$  Ampere an, sie wurde durch die 50malige Entladung des auf die Spannung  $e = 100$  Volt geladenen Kondensators mit der Kapazität  $C$  erzeugt. Es ist also  $i = C \cdot e \cdot 50$  oder  $C = \frac{i}{50e} = \frac{0,052}{5000} = 10,4 \cdot 10^{-6}$  Farad oder 10,4 Mikروفarad. Unsicher ist die Größe der Selbstinduktion. Sie hängt bei Verwendung von Spulen mit Eisenkern, wie ihn hier die Selbstinduktion und die Primärspule des Funkeninduktors besitzen, von der Permeabilität des Eisens, d. h. also auch von der Stromstärke ab und muß daher von Fall zu Fall bestimmt werden. Eine genaue Angabe ist aber bei dem Versuch überhaupt nicht möglich, da die Schwingungen bei abnehmender Amplitude mit geringerer Stromstärke erfolgen. Als Mittelwert erhielt ich für beide Spulen zusammen nach dem im vorigen Kapitel mitgeteilten Verfahren 0,0177 Henry, und somit war

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{10,4 \cdot 0,0177}{10^6}} = 0,00270 \text{ sec.}$$

Der Versuch gelingt recht gut, wenn man den Doppelkontakt richtig eingestellt hat. Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß die schwingende Feder, wenn sie die Kontaktschraube berührt, nicht auch gleichzeitig in das Quecksilber taucht, weil dann die Stromquelle durch den geringen Widerstand der Selbstinduktionsspule und der Primärspule des Funkeninduktors geschlossen ist. Es ist auch zweckmäßig, die schwingende Feder nicht direkt in das Quecksilber tauchen zu lassen, sondern einen etwa 0,3 mm starken, an die Feder gelöteten Eisendraht von 1 cm Länge. Dieser Draht wirkt als Sicherung, da er bei falscher Einstellung durchschmilzt. Hierdurch würde allerdings die Ausführung des Versuches eine unliebsame Unterbrechung erfahren, es möchte also ein kurzer dünner Draht als Sicherung an einer Stelle der Strombahn, wo er leicht ausgewechselt werden kann, noch mehr zu empfehlen sein. Kurzschluß würde auch erfolgen können, wenn die Feder zu geringen Abstand von der Quecksilberkuppe hat, denn schwingend nimmt sie nach dem Eintauchen leicht kleine Tröpfchen mit in die Höhe, die dann eine leitende Verbindung herstellen.

Nach einigen Vorversuchen, die man bei Beachtung der angegebenen Vorsichtsmaßregeln ohne Bedenken ausführen kann, wird man den Kontakt einstellen können, und er arbeitet dann sehr zuverlässig. Seine Anfertigung ist um so mehr zu empfehlen, als er auch für andere Zwecke benutzbar ist, wie ich schon in meinem Aufsatz „Die Eichung eines Wellenmessers“ betonte.

Mehr Mühe verursacht vielleicht der rotierende Träger für die Glimmlampe. Man wird ihn aber zum großen Teile selbst herstellen können und nur den schwierigsten Teil, die Verbindung mit der Motorachse, durch einen Mechaniker anfertigen lassen.

Zur Vorführung der Entladungserscheinungen benutzte ich eine Glimmlampe von 220 Volt. Besser geeignet wäre wahrscheinlich eine Lampe von 110 Volt, die noch bei geringerer Stromstärke im Primärkreis anspricht. Leider konnte ich diese nicht erhalten. Auf Anfrage teilte die Osramgesellschaft mit, daß sie für 110 Volt z. Z. nur Lampen mit Spiraldraht Elektroden, die für vorliegenden Zweck unbrauchbar sind, herstellt<sup>1</sup>. Durch eine Gleichstromspannung von 220 Volt, die mir nicht zur Verfügung stand, würde die Zahl der Schwingungen jedenfalls auch noch erhöht werden können.

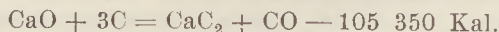
Hervorheben will ich noch, daß man bei diesem Versuch eine Kapazität und Selbstinduktion benutzen muß, deren Größe ungefähr der von mir angegebenen entspricht. Wird das Produkt  $L \cdot C$  zu groß, so erfolgen die Schwingungen so langsam, daß sie bei Verwendung meines Kontaktes mit der Schwingungszahl 50 nicht mehr recht in Erscheinung treten können. Der Stromkreis wird vielleicht schon geöffnet, bevor eine neue Schwingung einsetzen kann. Ist  $L \cdot C$  sehr klein, so müßte man, um die Schwingungen noch gut auflösen zu können, auch den Motor sehr schnell rotieren lassen, und das halte ich wenigstens bei Selbstkonstruktion des Glimmlampenträgers wegen der zu wenig ausgeglichenen zentrifugalen Trägheitswiderstände für bedenklich. Allzustreng braucht man sich natürlich nicht an die mitgeteilten Zahlen zu halten; da ja die Schwingungsdauer von der Quadratwurzel aus  $L \cdot C$  abhängig ist, würde man auch bei kleineren Werten für  $L$  und  $C$  noch ein brauchbares Ergebnis erzielen können. Man würde in diesem Falle allerdings unter Umständen besser eine Kontaktfeder mit der Schwingungszahl 100 einsetzen, die bei schnelleren Schwingungen leichter einen Vergleich der Schwingungsdauer mit der Periode des Wechselstroms gestattet.

## Schulversuche zur Ammoniaksynthese über Kalkstickstoff.

Von Hans Zeitler in Berlin (Kirschnerschule).

Das Kalkstickstoffverfahren ist trotz mancher Unvollkommenheiten eines unserer wichtigen Verfahren zur Ammoniaksynthese. Der Chemieunterricht, der die Gewinnung der Düngestoffe durch die chemische Technik heute überall in den Bereich seiner Betrachtungen gezogen hat, kann auch an der Fabrikation des Kalkstickstoffs nicht mehr vorübergehen. Wurden doch von der deutschen Landwirtschaft im Düngerjahr 1926—27 fast 400 000 t verbraucht, ungerechnet den Anteil an der Produktion, der zu Ammonsalzen bzw. Nitraten weiterverarbeitet wurde.

Ausgangsstoffe sind außer Luft Kohle und Kalkstein. Erstere wird zu Koks, letzterer in CaO umgewandelt. Dann läßt man beide in bekannter Weise im elektrischen Ofen reagieren:



Die Vorführung dieses Prozesses macht einige Schwierigkeiten. Den nötigen Strom hat man heute fast überall, aber der elektrische Ofen ist sehr kostspielig. Hier kann man sich in einfacher Weise helfen. Ich benutze als Reaktionsgefäß einen Graphittiegel von etwa 90 mm Höhe (Preis 1 RM), der in den Eisenring eines gewöhnlichen Bunsenstativs paßt. Dieser Eisenring dient zur Stromzufuhr für den Tiegel. Man feilt die auf der Innenseite sitzenden Nasen etwas ab, um den Kontakt zu verbessern, feilt auch die Muffe innen etwas aus und kann nun den einen Zuleitungsdraht direkt zwischen Muffe und Stativstab klemmen (Fig. 1). Als Elektrode ragt in den Tiegel eine große Bogenlampenkohle von etwa 20 mm Durchmesser hinein, die an einer gewöhnlichen Stativklemme befestigt ist. Zur Isolation wird die Kohle an der

<sup>1</sup> Neuerdings werden auch die Lampen für 220 Volt nur noch mit Spiral-Elektroden angefertigt. Man kann aber geeignete Lampen sowohl für 110 als auch für 220 Volt von der Firma Meiser & Mertig in Dresden beziehen, die für diesen und ähnliche Versuche eine größere Anzahl besonders hat herstellen lassen.



Berührungsstelle mit dem Metall mit Asbestpappe und hierauf mit Mikanit (oder Glimmer) umwickelt. Die Einstellung erfolgt durch Senken der ganzen Befestigungsvorrichtung, ein etwas grobes Verfahren, das aber bei den üblichen Spannungen von 110 oder gar 220 V ausreicht, um einen sicheren Betrieb zu ermöglichen. Die Isolation gegen die Erde ist ausreichend, wenn das Stativ auf einem Holztisch steht. Elektrische Schläge habe ich bei Berührungen nie erhalten, doch wäre dies immerhin möglich. Will man ganz sicher gehen, so kann man die Stativklemme mit Asbest oder Mikanit verkleiden und über den Schraubengriff ein Stückchen Gummischlauch schieben.

Bei der Inbetriebnahme wird die Kohle bis zur Berührung mit dem Tiegelboden gesenkt und nach Entzündung des Lichtbogens wieder etwas gehoben. Dann wirft man mittels eines Porzellanlöffels das stöchiometrische Gemisch von Kokspulver und CaO allmählich oben ein. Bei einer Stromstärke von 20 bis 30 Amp.<sup>1</sup> erhalte ich in kurzer Zeit so viel Karbid, daß ich die Bildung von Azetylen mit Wasser gut zeigen kann. Ich habe einen derartig primitiven Apparat seit langem in Betrieb und keine schlechten Erfahrungen damit gemacht. Man muß nur von Zeit zu Zeit die Kontaktstellen durch Nachfeilen wieder blank machen. Der Lichtbogen greift den Tiegelboden an und brennt ihn schließlich nach oftmaligem Gebrauch durch. Es lohnt sich nicht, alles für den folgenden Versuch benötigte CaC<sub>2</sub> mit dem beschriebenen Apparat selbst herzustellen. Man wird, wenn erst die Möglichkeit dieser Darstellung grundsätzlich gezeigt ist, mit der käuflichen Ware arbeiten.

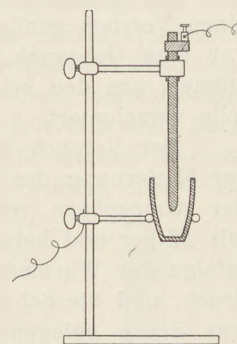
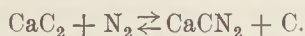


Fig. 1.

Es folgt nun der zweite Teil des technischen Verfahrens, die Azotierung des Karbids. Man muß zu diesem Zweck Stickstoff bei 1000° bis 1100° auf CaC<sub>2</sub> einwirken lassen.



Ich arbeite mit dem in Fig. 2 abgebildeten Apparat. *O* ist ein kleiner Verbrennungsofen, *Q* eine Röhre aus Quarzglas, *G* ein mit Stickstoff gefüllter Gasometer. Das Gas geht zwecks Trocknung und zur Beobachtung der Stärke des Gasstroms durch die mit konz. Schwefelsäure

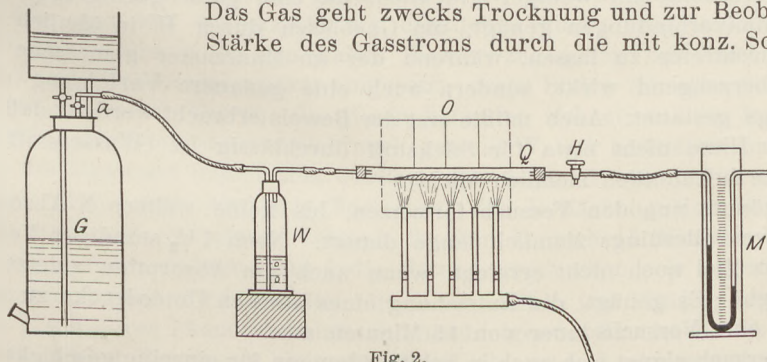


Fig. 2.

beschickte Waschflasche *W*. Der Zweiweghahn *H* gestattet die Apparatur entweder mit dem Quecksilbermanometer *M* oder mit der freien Luft in Verbindung zu setzen. Bei meinen ersten Versuchen ergab sich, daß mit den üblichen gasgeheizten Laboratoriumsofen die angegebene Reaktionstemperatur nicht zu erreichen ist. Ich setzte daher in Anlehnung an das Polzeniusverfahren 10% wasserfreies Chloralkalium als Katalysator zu. Karbid wie Chlorid waren der größeren Oberflächenentwicklung halber gepulvert. Jetzt erzielte ich mit demselben Ofen recht brauchbare Ergebnisse.

Den Stickstoff entnimmt man am besten einer Stahlflasche, deren Anschaffung sich für große Schulen mit viel Chemiematerial verlohnt, da Stickstoff ja auch sonst

<sup>1</sup> Man kommt allenfalls auch mit geringeren Stromstärken aus.

gebraucht wird und die Füllung billig ist. Aus der Stahlflasche muß man für den vorliegenden Versuch erst in einen Gasometer umfüllen. Hat man keine Stahlflasche mit Stickstoff, so erzeugt man diesen am besten aus Natriumnitrit und Ammonchlorid, wie dies z. B. in dieser Zeitschrift 29, 206; 1916 beschrieben ist. Durch Zersetzung von 50 ccm kalt gesättigter Nitritlösung (die noch mit demselben Volumen Wasser zu verdünnen ist) kann ein Gasometer von 12 Liter Inhalt gefüllt werden.

Als Karbid dient die Handelsware, die man vorher im Mörser pulverisiert. Für einen Versuch genügen 10 g  $\text{CaC}_2$  und 2 g  $\text{CaCl}_2$ . Man versäume nicht, das Karbid vor dem Gebrauch in einem eisernen Tiegel zu glühen. Unterläßt man dies, so entsteht aus den beigemengten Staubteilchen ein teeriges Produkt, das die Apparateile verschmiert.

Der Versuch wird in folgender Weise in Gang gesetzt. Zunächst läßt man zur Entfernung des Sauerstoffs Stickstoff durch  $W$  und  $Q$  strömen, während  $H$  mit der Atmosphäre verbunden ist; nach einigen Minuten stellt man die Verbindung mit  $M$  her und heizt. Hahn  $a$  ist jetzt geschlossen. Zunächst zeigt der Druckmesser infolge der Wärmeausdehnung des in  $Q$  eingeschlossenen Gases einen großen Überdruck, und die Schwefelsäure in  $W$  droht bis in den Gummischlauch hineinzusteigen, was durch gelegentliches Öffnen von  $H$  zur Außenluft vermieden wird. Ist die Reaktionstemperatur erreicht, so wird der Überdruck in  $M$  immer geringer, und schließlich wird er stark negativ, weil jetzt Stickstoff verbraucht wird. Das Manometer gestattet die genaue Verfolgung der Vorgänge in  $Q$ . Ist der Druck stark gesunken, so öffnet man für kurze Zeit  $a$ , das Manometer zeigt wieder Überdruck (nämlich den Gasometerdruck), und das Spiel wiederholt sich. Beispiel einer Messung:

Zeit in Min. seit Beginn der Messung	0	5	7	9	11	13
Druck in mm Quecksilber . . . . .	+ 45	— 39	— 68	— 84	— 99	— 108.

Infolge des negativen Drucks gehen Gasblasen durch die Flasche  $W$  auch dann, wenn  $a$  geschlossen ist. Bei geöffnetem Hahn  $a$  in der Minute etwa 10 bis 12. Der Vorschlag, die Stickstoffabsorption durch die Gasblasen zu demonstrieren, die  $W$  passieren<sup>1</sup>, erscheint mir weniger glücklich, da eine ganz geringfügige Undichtheit an den Gummiverbindungen genügt, um Gasblasen durch  $W$  in ähnlich langsamem Strom hindurchtreten zu lassen, während der im Manometer gemessene Unterdruck nicht nur überzeugend wirkt, sondern auch eine genauere Verfolgung des Absorptionsvorgangs gestattet. Auch müßte erst der Beweis erbracht werden, daß das Quarzrohr in der Hitze nicht etwa für Stickstoff durchlässig ist (Wasserstoff diffundiert bei Glühhitze bekanntlich ziemlich leicht).

Man könnte nun den Versuch fortsetzen, bis keine weitere N-Absorption mehr stattfindet, was allerdings ziemlich lange dauert. Nach  $1\frac{1}{2}$  stündiger Versuchsdauer wurde dieses Ziel noch nicht erreicht, wenn auch die Absorption zuletzt viel langsamer erfolgte. Es genügt, die Entstehung eines starken Unterdrucks zu zeigen, und dazu reicht eine Versuchsdauer von 15 Minuten aus.

Der Versuch eignet sich auch in Schülerübungen für einzelne geschickte Primaner, besonders da es möglich ist, die Vorgänge ohne analytische Kenntnisse quantitativ zu verfolgen. Zu diesem Zweck ermittelt man die Azetylenmenge, die das Ausgangsmaterial mit Wasser liefert, und bestimmt die Gasmenge, die nach dem Azotieren von einer ebenso großen Substanzmenge erhalten wird. Beispiel:

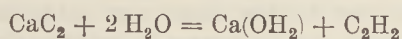
2 g des Ausgangsmaterials lieferten	500 ccm Gas
2 g azotiertes Karbid gaben . . . . .	233 ccm „
	Verlust 267 ccm Gas.

Das Karbid war also zu  $\frac{500}{267 \cdot 100} = 53,4\%$  in Kalkstickstoff umgewandelt.

<sup>1</sup> Unterrichtsblätter 1926, 14.

Die Messung der gebildeten Gasmenge läßt sich z. B. mit dem Gasmeßzylinder nach REBENSTORFF bequem ausführen. Man nimmt als Absperrflüssigkeit starkes Salzwasser, um die Löslichkeit des Azetylens und die Heftigkeit der Reaktion zu verringern<sup>1</sup>. Desgleichen läßt man zum Karbid statt Wasser Salzlösung zutropfen. Man binde den Stopfen des Gasentwicklers fest und lasse zuerst nur einzelne Tropfen einfließen, da die Gasentwicklung sonst leicht allzu stürmisch wird.

Um zu zeigen, daß wirklich eine Stickstoffbindung vorliegt, wird man aus dem erhaltenen Produkt Ammoniak in Freiheit setzen und durch seine charakteristischen Reaktionen nachweisen. Hier ergeben sich jedoch einige Schwierigkeiten. Das einfachste Mittel, die Stickstoffbindung im Unterricht schnell nachzuweisen, besteht darin, daß man in einem Kolben etwas Wasser zugießt; nach einiger Zeit läßt sich dann die alkalische Reaktion des entstandenen Gases zeigen. Allein die meisten Karbidsorten des Handels geben diese Reaktion schon, bevor sie azotiert worden sind<sup>2</sup>. Da außerdem das Versuchsprodukt stets noch unzersetztes Karbid enthält, entweicht anfangs stürmisch Azetylen, so daß das als Nebenprodukt nach der Gleichung



gebildete Kalziumhydroxyd umhergespritzt wird und auch dann eine alkalische Reaktion vortäuschen kann, wenn gar kein Ammoniak gebildet wurde. Die erste Schwierigkeit läßt sich dadurch beheben, daß man zwei vergleichende Versuche nebeneinander ausführt, einen mit dem ursprünglichem, den andern mit dem azotierten Karbid. Um die Berührung des Reagenzpapiers mit Kalkteilchen zu verhindern, schützt man es mit einer Glashülle.

Ich habe mit der folgenden Anordnung befriedigende Ergebnisse erzielt, die ich genauer beschreiben möchte, damit Mißerfolge möglichst ausgeschlossen sind. Als Gefäße wurden 2 Stehkolben von 1/2 Liter Fassungsvermögen angewandt (die Kolben seien mit I und II bezeichnet). In I wurden etwa 2 g des vorher geglühten (s. o.) Karbids gegeben, in II wurde ebensoviel von dem bei der Azotierung erhaltenen zusammengebackenen Produkt gebracht. Dann wurden je 10 ccm kaltes Wasser zugegeben und nach Ablauf der stürmischen Umsetzung Reagenzgläser eingesetzt, deren Boden mit etwa 6 qmm großen Löchern versehen waren (Fig. 3). In diesen befanden sich etwa 8 cm lange Streifen von Phenolphthaleinpapier, die vor Gebrauch gut mit Wasser befeuchtet und mit einem Glasstab an die Glaswand angedrückt wurden. Der Abstand von der unteren Öffnung betrug 3 cm. Beobachtet wird der Fortschritt der Rotfärbung der beiden Papierstreifen. So war z. B. bei einem Versuch Streifen II nach 15 Minuten bis über die Hälfte intensiv gerötet, während bei I die Rötung unten eben erst begann.

Das Reagenzpapier wurde erhalten durch Eintauchen von Filtrierpapier in 1%ige alkoholische Lösung von Phenolphthalein und nachfolgendes Trocknen. Es erwies sich für den vorliegenden Zweck als weit geeigneter als rotes Lackmuspapier, nicht nur durch die bessere Sichtbarkeit der Rotfärbung aus einiger Entfernung, sondern auch dadurch, daß sich der Unterschied der Färbung besser ausprägte. Ein Korkstück oder Wattebausch *K* hält das Reagenzglas fest. Der Unterschied zwischen I und II war in allen Fällen sehr deutlich, wenn die angegebenen Versuchsbedingungen eingehalten wurden. Technischer Kalkstickstoff rötete das Phenolphthaleinpapier nur beim Kochen des Kolbeninhalts und auch dann nur sehr schwach. Will man die Ammoniakbildung aus dem technischen Produkt zeigen, so verfährt man nach ARENDT-DOERMER, Technik der Experimentalchemie 1927, 517. Nach einem ähnlichen Verfahren wird Ammoniak aus Kalkstickstoff auch im großen gewonnen.

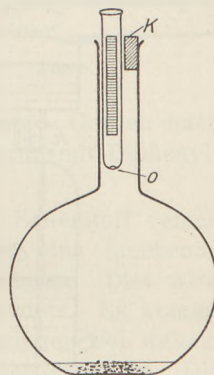


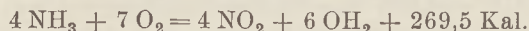
Fig. 3.

<sup>1</sup> Wasser löst bei gewöhnlicher Temperatur etwa das gleiche Volumen Azetylen.

<sup>2</sup> ARENDT-DOERMER, Technik 1927, 518.

Das gewonnene Ammoniak wird in der Technik entweder in Wasser gelöst und liefert Salmiakgeist, oder es wird in Ammonsalze übergeführt oder schließlich zu Salpetersäure verbrannt. Da die heute in Deutschland gewonnene Salpetersäure fast nur aus Ammoniak erzeugt wird, sollte die katalytische Oxydation des  $\text{NH}_3$  zu  $\text{HNO}_3$  auch im Unterricht gebührend berücksichtigt werden.

Die technische Verbrennung erfolgt in der Hauptsache nach der Gleichung



und erfordert also auf 4 R. T.  $\text{NH}_3$  7 R. T. Sauerstoff = 35 R. T. Luft. In der Technik arbeitet man mit einem geringen Luftüberschuß, so daß  $\text{NH}_3$  zu Luft sich etwa wie 1:11,5 (statt 1:9,5) verhält. Reicht die Luftmenge nicht aus, so entstehen Stickstoff, Stickoxyd, Ammonnitrit und Ammonnitrat, von denen die beiden letzten weißliche Nebel bilden. Für Demonstrationsversuche stellt man die Stickstoff-Luftmischung am bequemsten dadurch her, daß man die Luft durch Salmiakgeist perlen läßt, der sich in einer Gaswaschflasche befindet. Man hat hierbei allerdings den Nachteil in Kauf zu nehmen, daß sich das Verhältnis der beiden Gase nur schlecht variieren läßt. Verstärkt man den Luftstrom, so wird auch desto mehr  $\text{NH}_3$

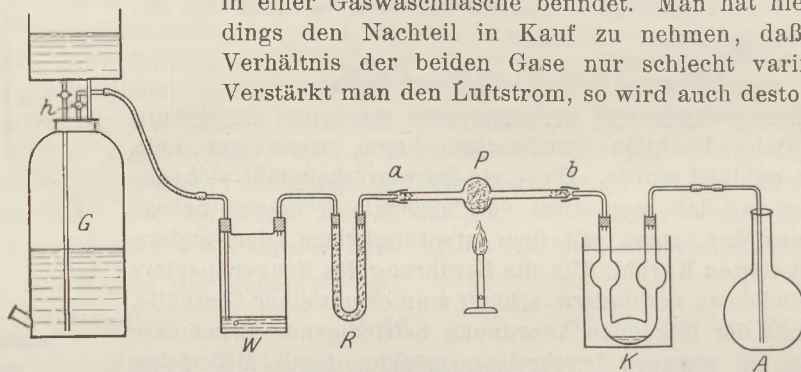


Fig. 4.

mitgeführt. Eher führt eine Verringerung der Konzentration des angewandten Salmiakgeists zum Ziel. So erhielt ich mit einer etwa 10% igen  $\text{NH}_3$ -Lösung bei einer Geschwindigkeit des Gasstroms von 8 Blasen in der Sekunde neben geringer Nebelbildung ein gelb gefärbtes Produkt. Am besten aber wird der Erfolg, wenn man von vornherein im Gasometer eine Mischung von ungefähr  $\frac{2}{3}$  Luft und  $\frac{1}{3}$  Sauerstoff herstellt und dieses Gemisch durch konzentrierte Ammoniaklösung streichen läßt. Man erhält dann ein schönes, tiefrotbraunes Verbrennungsprodukt, das sich vorzüglich zur Demonstration eignet, und auch die beim Versuch auftretende Reaktionswärme läßt sich am lebhaften Glühen des Katalysators weithin erkennen. Der Einwand, daß der Versuch nicht mehr den technischen Bedingungen entspreche, ist nicht stichhaltig. Man geht auch in der Technik neuerdings zur Verwendung der stark sauerstoffhaltigen „Lindeluft“ über (Nebenprodukt der Stickstoffgewinnung durch Fraktionierung der flüssigen Luft). Lediglich wegen der Möglichkeit der Explosion eines  $\text{NH}_3$ -Sauerstoffgemisches sind einige Vorkehrungen nötig.

Ich verfare folgendermaßen: Das Sauerstoff-Luftgemisch kommt aus dem Gasbehälter *G* (Fig. 4) nach der etwa ein halbes Liter fassenden Woulffschen Flasche *W*, in der sich 25% iger Salmiakgeist ( $s = 0,91$ ) befindet. Die Zuleitungsröhre taucht 1 cm tief in die Flüssigkeit ein, damit die Schnelligkeit des Gasstroms beobachtet werden kann. Das Gasmisch geht dann durch die mit  $\text{CaO}$  beschickte Trockenröhre *R* in eine schwer schmelzbare Kugelröhre *P*, die den Katalysator (Platinasbest) enthält. *K* ist eine mit Wasser gekühlte Péligot-Röhre, der Literkolben *A* dient zum Auffangen der gebildeten Gase. Um nun zu vermeiden, daß die in *P* auftretende Glut das explosive Gemenge in *W* und *R* entzündet, ist bei *a* ein 3 bis 4 cm

<sup>1</sup> Vgl. auch diese Zeitschr. 26, 155; 1913.

langes Bäschchen aus Silberwolle<sup>1</sup> eingeschaltet, das diesen Zweck mit Sicherheit erfüllt. Um zu verhindern, daß *a* nach *P* hin entführt wird, falls der Hahn *h* zu weit geöffnet wird, ist das Knierohr dicht hinter *a* etwas verengert (Fig. 5). Da in diesem Fall der Katalysator nicht mehr alles zugeführte Gas verarbeiten kann, ist die Möglichkeit gegeben, daß sich auch in *K* eine explosive Mischung bildet. Man schaltet daher am Ende der Kugelhöhre bei *b* ein zweites Silberbäschchen ein und hat nun eine vollkommen sichere Apparatur. Nach dem Versuch findet man in *K* eine reichliche Menge Wasser (das natürlich durch  $\text{NO}_2$  gelb gefärbt ist). Der Nachweis, daß wirklich Wasser vorliegt, kann z. B. mit Ferro-Ammonpapier erbracht werden<sup>1</sup>.

Mit dem Inhalt der Flaschen *A*, von denen man eine ganze Anzahl füllen kann, ohne belästigt zu werden, lassen sich einige Versuche anstellen. Zunächst gibt man etwas Wasser zu (nicht zuviel!) und schüttelt einige Zeit. Die braune Farbe verschwindet, die Lösung reagiert stark sauer. Zu einem Teil der Lösung gibt man Jodkaliumlösung; sofortige Bräunung verrät die Anwesenheit von salpetriger Säure. Zu einem zweiten, etwa 20 ccm betragenden Teil fügt man einige Tropfen  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und etwas reines Benzol. Geruch nach Bittermandelöl deutet auf Salpetersäure<sup>2</sup>. Selbstverständlich erhält man mit Diphenylamin-Schwefelsäure eine kräftige Blaufärbung.

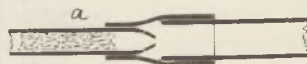


Fig. 5.

Benutzt man zu dem Verbrennungsversuch statt verdünntem Sauerstoff reinen Sauerstoff, so wird die Reaktion in *P* sehr lebhaft, es bildet sich eine fauchende Ammoniakflamme, die Neigung zeigt, sich nach *R* und *W* auszudehnen. Dies wird durch die Silberwolle für kurze Zeit, aber nicht auf die Dauer verhindert. Es kommt schließlich zur Explosion, die allerdings an Heftigkeit Knallgasexplosionen bei weitem nicht erreicht. Ich habe solche Explosionen mehrfach absichtlich herbeigeführt. Die Stopfen wurden herausgeschleudert, dünnwandige Gefäße zertrümmert, aber die starkwandige Flasche *W* sowie *P* hielten den Explosionsdruck aus. Trotzdem muß natürlich Vorsicht empfohlen werden.

Schließlich wurden Versuche unternommen, um zu prüfen, ob sich das leicht beschaffbare Cerdioxyd als Kontaksubstanz eignet<sup>3</sup>. Angewandt wurde ein von Kahlbaum bezogenes, durch  $\text{PrO}_2$  zimtbraun gefärbtes Präparat in Pulverform. Statt der Kugelhöhre wurde eine 40 cm lange Glasröhre angewandt, die Länge der erhitzten  $\text{CeO}_2$ -Schicht war etwa 20 cm. Einige Teclu-Schnittbrenner erhitzen den Katalysator auf beginnende Rotglut. Wenn mit reinem Sauerstoff gearbeitet wurde, entstanden bei einer Geschwindigkeit des Gasstroms von 8 Blasen in der Sekunde gelbe, bei größerer Strömungsgeschwindigkeit überwiegend weiße Dämpfe von deutlich saurer Reaktion. Der Vorgang verlief aber verhältnismäßig träge, und der Katalysator glühte nur an der Stelle von selbst, wo er vom eintretenden Sauerstoff direkt getroffen wurde. Es war daher ständig äußere Wärmezufuhr nötig. Nach den Versuchen zeigte die Kontaksubstanz teilweise eine hellere, ins Gelbliche gehende Farbe. Mit gewöhnlicher Luft als Oxydationsmittel wurden nur weiße Nebel erhalten, doch konnten Stickoxyde mit Diphenylamin nachgewiesen werden,

Auch mit Ozon ist eine Oxydation des  $\text{NH}_3$  möglich, wenngleich hier der technische Weg verlassen wird. Leitet man im Siemensapparat hergestelltes Ozon in einen Kolben, dessen Boden mit starker Ammoniaklösung bedeckt ist, so erhält man dünne weiße Nebel.

<sup>1</sup> Vgl. diese Zeitschr. 19, 298; 1906.

<sup>2</sup> Industrie chimique 1922, 67.

<sup>3</sup> Vgl. auch diese Zeitschr. 33, 188; 1920.

## Kleine Mitteilungen.

### Über ein hochempfindliches Meßinstrument für Wärmestrahlung<sup>1</sup>.

Von G. Hettner in Berlin.

Zum Nachweis und zur Messung ultraroter Strahlung dienen fast ausschließlich Instrumente, die auf der Wärmewirkung der Strahlung beruhen. Ein Teil dieser Instrumente benutzt die Erzeugung oder Änderung eines elektrischen Stromes durch die Wärmewirkung; hierher gehören das Thermoelement und die Thermosäule, das zuerst von Boys konstruierte Mikroradiometer (eine Kombination von Thermoelement und Drehspulgalvanometer) und das Bolometer. Außerdem aber wird das Radiometer verwendet, das auf den Kräften beruht, die ein stark verdünntes Gas auf erwärmte feste Körper ausübt und die von der CROOKES'schen Lichtmühle her bekannt sind.

Den Untersuchungsmöglichkeiten wird meist durch die begrenzte Empfindlichkeit und Störungsfreiheit der Meßinstrumente eine Schranke gesetzt, so daß eine Vervollkommnung der Instrumente in dieser Beziehung von großer Bedeutung ist. Dem Verfasser ist es nun neuerdings gelungen, ein Radiometer zu konstruieren, das die früheren Konstruktionen sowie die andern Arten von Meßinstrumenten hierin übertrifft. Es soll im folgenden beschrieben werden.

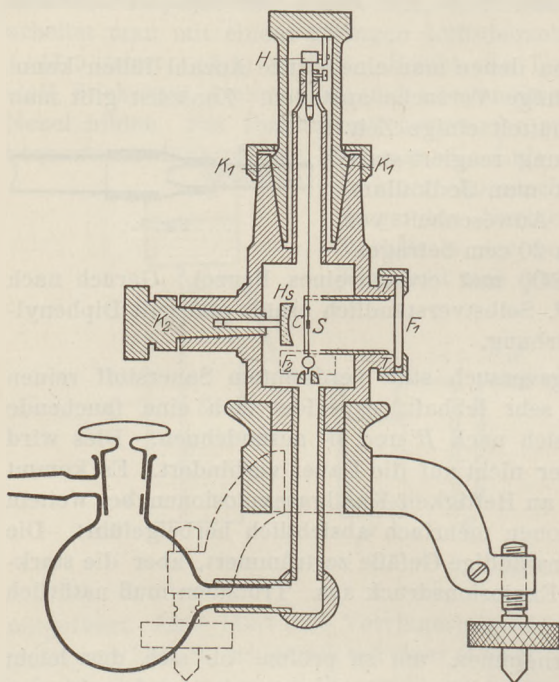


Fig. 1. ( $\frac{1}{10}$  natürlicher Größe.)  
(Aus Zeitschr. f. Phys. 47, 503; 1928.)

Die Entstehung der Radiometerkräfte, wie sie in den Lichtmühlen wirksam sind, war vor kurzem noch ziemlich unaufgeklärt. Vor einigen Jahren hat nun der Verfasser<sup>2</sup> eine Theorie dieser Kräfte aufgestellt. Aus dieser Theorie, auf die wir hier nicht näher eingehen können, geht hervor, daß es zur Erzielung einer großen Kraft auf einen Radiometerflügel nicht darauf ankommt, die ganze Oberfläche des Flügels zu erwärmen, sondern eine möglichst große Temperaturdifferenz zwischen der Mitte und dem Rande zu erzeugen. Dies war der leitende Gesichtspunkt bei der Konstruktion des neuen Radiometers. Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch das Instrument, Fig. 2 in natürlicher Größe das bewegliche System mit dem Ablesespiegel von 4 mm Durchmesser; je nach dem Verwendungszweck benutzt man die Form a oder b. Die Flügel sind auf der bestrahlten Seite geschwärzt. Das System ist mittels eines 6 cm langen, 3 bis 4  $\mu$  starken Quarzfadens an dem Halter H aufgehängt, der mit Hilfe des konischen Schliffes K<sub>1</sub> von außen gedreht werden kann. Um die zu messende, durch das Fenster F<sub>1</sub> eintretende Strahlung auf die Mitte eines der kleinen Flügel des Systems konzentrieren zu können, ist ein kleiner Hohlspiegel Hs von 11 mm Durchmesser und nur

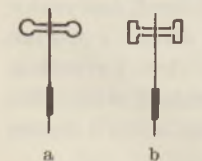


Fig. 2.  
(Natürliche Größe.)  
(Aus Zeitschr. f. Phys.  
47, 504; 1928.)

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Phys. 47, 499, 1928.

<sup>2</sup> Zeitschr. f. Phys. 27, 12, 1924; M. CZERNY und G. HETTNER, ebenda, 30, 158, 1924. Vgl. auch Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, VII, S. 209, Springer 1928.

7,5 mm Brennweite in das Instrument eingebaut. Man kann ihn mit Hilfe des konischen Schliffes  $K_2$  von außen in der Richtung seiner Achse verschieben, um die beste Strahlenkonzentration auf dem Flügel des Systems zu erreichen. Zwischen dem Hohlspiegel und dem System (in etwa 0,5 mm Abstand von letzterem) befindet sich noch ein für die Strahlung durchlässiges Scheibchen oder Häutchen  $C$ , das die Radiometerwirkung wesentlich erhöht. Die verstärkende Wirkung einer solchen dem Radiometerflügel gegenübergestellten Platte ist schon früher erkannt und benutzt worden und ist auf Grund der Theorie des Verfassers ohne weiteres verständlich. Schließlich besitzt der Metallkörper des Instrumentes noch ein Glasfenster  $F_2$  für die Spiegelablesung.

Der günstigste Druck beträgt 0,2 mm Hg. Er läßt sich monatelang halten. Eine mit dem Metallkörper verbundene Glaskugel dient zur Vergrößerung des Volumens und zur Aufnahme von Trockensubstanz.

Die Empfindlichkeit hängt natürlich von der Stärke des Aufhängefadens, also von der Schwingungsdauer ab, und ist deren Quadrat proportional. Läßt man die Strahlung einer Hefnerkerze einfallen und rechnet den Ausschlag des Instrumentes um auf 1 m Abstand der Kerze und 1 m Skalenabstand, so ergibt sich ein Ausschlag von etwa  $250 \cdot t^2$  mm, wo  $t$  die halbe Schwingungsdauer ist (also annähernd auch die Zeit vom Beginn der Bestrahlung bis zum 1. Umkehrpunkt des schwingenden Systems). Steht also z. B. die Hefnerkerze in 10 m Entfernung, und hat das Instrument eine halbe Schwingungsdauer von 10 Sek, so beträgt der Ausschlag bei 1 m Skalenabstand etwa 250 mm. Die vom Instrument aufgefangene Strahlungsenergie ergibt sich aus der Fläche des Hohlspiegels, die etwa  $1,5 \text{ cm}^2$  beträgt.

### Die Entwicklung der Pflanzenwelt im Lichte der Paläontologie.

Von Prof. W. Gothan in Berlin.

Betrachtungen von der Art, wie sie hier an der Pflanzenwelt oder genauer an ihren Fossilien angestellt werden sollen, findet man seltener; eher noch ist davon bei den Zoologen die Rede. Denn die Paläobotanik, die sich mit den ausgestorbenen Pflanzengruppen befaßt, ist eine wenig gepflegte Wissenschaft, bei uns wie anderwärts. Bei unseren Betrachtungen wollen wir zunächst, soweit dies in der notwendigen Kürze möglich, das Bild der Pflanzenformen an uns vorüberrollen lassen, wie es sich im Laufe der Erdgeschichte darstellt, und später zusehen, ob es sich mit der Anschauung der Abstammungslehre verträgt; die Schwierigkeiten, die die fossile Pflanzenwelt in dieser Hinsicht bietet, werden sich dabei zeigen. Eine solche Betrachtung ist jetzt gerade angebracht, da man über die Pflanzenwelt eines älteren Abschnittes der Erdgeschichte, nämlich des Devons, in neuerer Zeit zahlreiche Entdeckungen gemacht hat.

Solche Betrachtungen kann man, wie es wohl häufig geschieht, mit den ältesten Zeiten der Erdgeschichte beginnen, wo das Leben sich auf dem Erdball überhaupt zuerst zu zeigen beginnt. Man kann aber auch umgekehrt verfahren, also von der Jetztzeit, allmählich in die Tiefen der Erde hinabsteigend, nach und nach in das nebelhafte Dunkel der an Fossilien so armen ältesten Erdperioden hinabtauchen. Wir stehen auf diese Weise zu Anfang auf dem festen Boden des Heute, beginnen nicht gleich damit, im Ungewissen zu tappen.

Wir wissen, daß die Pflanzenwelt der letzten Eiszeit mit ihren wärmeren Zwischenzeiten im ganzen durchaus der heutigen gleich und daß sich kaum einige Formen finden lassen, die nicht mit heute noch lebenden übereinkämen. Wir wissen aber weiter, daß auch viele Arten der Braunkohlenformation, des Tertiärs, insbesondere aus deren jüngeren Schichten, noch heute wenig oder unverändert vorhanden sind. Dies gilt wohl nicht nur für verschiedene Nadelbäume, wie die Sumpfcypressen, Sequoien, Douglasfichte und andere, sondern auch zahlreiche Laubbäume von damals sind mit heutigen Arten ohne weiteres vergleichbar. Es hat überhaupt mehr eine geographische

Verschiebung in der Pflanzenwelt stattgefunden, als eine Umgestaltung der Pflanzenwelt selbst. Anders ausgedrückt: im mittleren und jüngeren Tertiär (Oligocän und Miocän) ist bereits eine weitgehende Stabilisierung der Formen der Pflanzenwelt eingetreten; in der höheren Tierwelt, bei den Säugetieren und Vögeln, war das im geringeren Maße der Fall; deren Abänderungen sind seitdem noch ganz beträchtlich gewesen. In der älteren Angiospermenzeit, die noch in die untere Kreidezeit fällt, gibt es aber eine ganze Reihe von Formen, die zwar an sich recht charakteristisch sind, aber bisher im Pflanzensystem bei einer bestimmten Familie nicht mit Sicherheit unterzubringen sind. Demnach finden sich sowohl unter den Blättern und den Früchten, als auch unter den Holzresten der ältesten Laubbäume recht viele, die sich den heute noch lebenden Familien durchaus anpassen; ja es ist fraglich, ob unter diesen Fossilien überhaupt wirklich unbekannte Pflanzenfamilien vertreten sind. Man nennt das erste Auftreten der Angiospermen meist ziemlich „plötzlich“ und gewinnt allerdings zunächst diesen Eindruck. Die neuerdings in Grönland gemachten Beobachtungen von SEWARD scheinen aber doch mehr als bisher eine Mischung halb jurassischer (Wealden-)Formen mit jüngeren zu bieten, so daß hier vielleicht ein recht frühes Auftreten der Angiospermen merkbar ist. Man muß aber bei der ganzen Frage bedenken, daß leider aus den ehemaligen Trockengebieten und höheren Gebirgsgegenden der Erde wenigstens aus den vortertiären Zeitaltern der Erde nur sehr wenig bekannt geworden ist. Aber gerade die in solchen Gebieten lebenden Pflanzen waren dem Kampf ums Dasein besonders ausgesetzt und konnten stärker zu Umwandlungen neigen.

Die nächst ältere Hauptperiode der Pflanzenentwicklung, die Mittelzeit des Pflanzenreiches (das Mesophytikum), reicht zwar mit seinen Spitzen noch in die älteste Kreidezeit hinein (Wealden-Neokom), sie beginnt aber schon mitten in der Permformation mit dem unteren Zechstein (Kupferschiefer). Sie ist ausgezeichnet als die Zeit der Herrschaft der verschiedenartigsten Gymnospermen oder Nacktsamer. Trotz der naturgemäß nur sehr unvollständig überlieferten Fossilien sieht man, daß die Mannigfaltigkeit dieser heute nur in etwa 500 Arten in unserer Flora verbreiteten Pflanzengruppe viel größer war als heute, und sie mag im Landschaftsbilde durch die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen den Mangel der angiospermen Blumenpflanzen etwas weniger fühlbar gemacht haben. Das größte Interesse unter den Gymnospermen beanspruchen neben den noch heute zahlreichen und durch die Geselligkeit ihres Auftretens landschaftbestimmenden Koniferen die Ginkgobäume und die mannigfaltigen cykadeenartigen Gewächse. Unter den letzteren gab es sowohl Verwandte der heutigen Cykadeen als auch besondere, zum Teil mehr farnartige Typen. Sehr wichtig sind die äußerlich den Cykadeen durchaus ähnlichen Bennettiteen oder Cykadeoideen, die in Stamm und Blättern jenen durchaus gleichen, im Blütenbau aber bis zu gewissem Grade angiospermenartige, blumenartige Charaktere aufwiesen. Ihre Entdeckung und besonders die Ergebnisse der wunderbar erhaltenen verkieselten Formen aus der ältesten Kreidezeit in Nordamerika wurde mit Begeisterung begrüßt, und manche Forscher glaubten sie als „Übergangsglieder“ zu den Angiospermen ansprechen zu dürfen. Besonders amerikanische Forscher spekulieren damit und versuchen, selbst den Stammbau der Dikotylen und das Dikotylenblatt aus den entsprechenden Organen der Bennettiteen abzuleiten. Bei ruhiger Überlegung zeigen sich indes sehr erhebliche Fragezeichen, und es bleibt, ganz abgesehen von den Blütenorganen, zu bedenken, daß die übrigen Organe durchaus cykadeenartig gewesen sind. Gewisse Ähnlichkeiten mit den „Blumen“ der Angiospermen sind nicht zu verkennen (insbesondere häufige Zweigeschlechtigkeit), und diese bleiben trotz allem bemerkenswert. Vielleicht waren diese Pflanzen sogar Insektenblütler; bei der ziemlichen Abschließung der Samenanlagen ist Windblütigkeit schwer vorstellbar.

Die Mittelzeit der Pflanzenwelt (besonders der Juraformation) ist auch die Blütezeit der Ginkgobäume gewesen, die noch einen Nachkommen in der heutigen Flora haben, die bekannte *Ginkgo biloba*, während die meisten mesozoischen Gymno-



spermen bereits in der Kreide aussterben. Bei den Gymnospermen überhaupt macht sich eine große Mannigfaltigkeit von Formen und Familien in dieser Periode bemerkbar, über die man sich aus einem Lehrbuch od. dgl. nähere Auskünfte holen mag. Von den Gymnospermen ist vielleicht die Kieferngattung (*Pinus*) heute noch in Fortentwicklung begriffen; verschiedene Familien der Koniferen zeigen aber in der heutigen Flora eine ziemlich große Anzahl von Residuen zahlreicher mesozoischer und besonders tertiärer Arten (*Sumpfcypresse*, *Sequoie* usw.).

Die nächstältere Periode der Pflanzenwelt hat ihren Höhepunkt in der Steinkohlenperiode. Sie beginnt aber bereits vor der Steinkohlenformation im obersten Devon und dauert noch über die Steinkohlenformation hinaus bis in die untere Permzeit, das Rotliegende. Diese Periode ist die Zeit der Vorherrschaft der Pteridophyten oder Kryptogamen (farnartige Gewächse), die damals unter den Bärlappgewächsen (*Lycopodiales*) und Schachtelhalmen (*Equisetales*) eine ganze Anzahl baumförmiger Typen entwickelten, von denen sich viele durch Zweisporigkeit auszeichneten (*Lepidophyten* und *Calamiten*). Auch die eigentlichen Farne waren zahlreich, aber teilweise in recht fremdartigen Familien vertreten. An Gymnospermen kannte man in dieser Periode der Erdgeschichte früher fast nur die Kordaitenbäume, Bäume mit nadelbaumartigem, schlankem Stamm und langen bandförmigen, längsadrigen Blättern. Eine große Anzahl verschiedener Samen war aber vorhanden, deren Zahl in keinem Verhältnis zu den wenigen bekannten Kordaitenarten stand. Das Mißverhältnis hat sich erst geklärt durch die Entdeckung einer besonderen Gymnospermenfamilie, der *Pteridospermen* oder *Farnsamer*, einer Pflanzengruppe mit Gymnospermencharakteren in der Fruchtbildung und im Stammbau neben farnartigem Aussehen der Belaubung. Zuerst sprach man sie (vgl. oben die *Bennettitales*) als eine Zwischengruppe zwischen Farnen und Gymnospermen an, was sich indes als übereilt herausgestellt hat. Die *Pteridospermen* sind im Sinne des natürlichen Pflanzensystems Gymnospermen, und sie sind deswegen auch in der neuen Auflage von ENGLERS „Natürlichen Pflanzenfamilien“ in den Gymnospermenband hineingenommen worden. Die Angehörigen dieser Gruppe, die mit dieser Pflanzenperiode bereits wieder ausstirbt, sind recht zahlreich; man hat deswegen speziell der Steinkohlenzeit den Charakter als Pteridophytenzeit abgesprochen, was aber unrichtig war. Die *Pteridospermen* brachten zwar eine beträchtliche Vermehrung der Gymnospermen dieser Zeit mit sich; sie treten aber gegen die baumartige Massenvegetation der *Lepidophyten* und *Kalamiten* zurück, die nach wie vor als tonangebende Gewächse angesehen werden müssen. Die Pflanzenwelt der jüngsten Devonzeit gehört ihrer Physiognomie nach zur Steinkohlenflora und bildet eine Art Vorstufe zu ihr. Hier treten nämlich schon mit Regelmäßigkeit Pflanzen mit großflächigem Farnlaub auf und Bäume, deren Dickenwachstum im Holzkörper dem der heutigen Nadelbäume entspricht.

Wollen wir wiederum eine noch ältere Periode des Pflanzenreiches als Einheit zusammenfassen, so müssen wir dies mit der Pflanzenwelt der übrigen Devonzeit tun. Man bezeichnet diese als *Psilophytenzeit*, Zeit der Nacktgewächse. Der größte Teil der damals wachsenden Pflanzenwelt wird von kleineren, krautigen, mehr oder weniger blattlosen (daher Nacktgewächse) oder primitiv moosartig beblätterten Pflanzen gebildet, die als einfachste Pteridophyten angesprochen werden können. Ihre Organisation ist höher als die *Moose*, denn sie besitzen in den Stengeln bereits Leitstränge von der Struktur der farnartigen Pflanzen. In gewöhnlichen Abdrücken machen sie einen fast algenartigen Eindruck, wie die *Haliseriten* der unterdevonischen Schiefer Westdeutschlands. Die Beziehungen zu den Algen sind jedoch höchstens biologischer Art; vieles bei den *Psilophyten* erinnert noch an das Wasserleben ihrer Vorfahren. Dem Luftleben sind sie noch wenig angepaßt, und erst im Laufe der späteren Devonzeit stellen sich allmählich Pflanzen mit dicken Stämmen und mehr oder weniger spreitigem Laub ein. Dagegen ist die Steinkohlenflora dem Luftleben bereits hervorragend angepaßt, und sie kann sich darin durchaus mit den heutigen, an der Luft

lebenden Gewächsen vergleichen. Die ältere Devonflora hat in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Forschung besonders erregt, da nicht nur „Abdrücke“, sondern auch Pflanzenformen mit vorzüglich erhaltener, innerer Struktur aus Schottland und Deutschland bekannt geworden sind.

Über das Pflanzenleben der ältesten Erdperioden vom Silur abwärts weiß man sehr wenig. Von einer etwa vorhanden gewesenen Landflora ist so gut wie nichts bekannt. Das übrige sind Spuren von Algen der Meeresflora oder Objekte problematischer Natur. Es ist bekannt, daß viele problematische „Fossilien“ früher mit Vorliebe als Algen angesehen wurden. Die uns erhaltenen echten Algenreste sind solche, die ihren Körper mit mineralischen Hartteilen aufbauten, insbesondere mit kohlensaurem Kalk; und schon im Silur zeigen sich derartige Kalkalgen aus der Gruppe der quirlig verzweigten Schlauchalgen (Dasykladeen) am Aufbau von Kalksteinen stark beteiligt. Die Kieseralgen scheinen damals noch nicht existiert zu haben. Die Übermasse der zweifellos zahlreich vorhanden gewesenen „skelettlosen“ Algenwelt ist unbekannt und der Form nach nicht, höchstens der Substanz nach erhaltungsfähig. Nach den Spuren der aufgefundenen Tierwelt zu urteilen, muß bereits die Algenwelt des Präkambriums mannigfaltig und zahlreich gewesen sein. Man kann sich über ihre Art nur in Vermutungen ergehen, die sich an die heutige primitive Algenwelt halten.

Ein Überblick über die in den Erdschichten aufbewahrten Pflanzenfossilien zeigt, obwohl sicher höchstens einige Prozente der ehemaligen Pflanzenformen erhalten geblieben sind, daß die Deszendenztheorie als solche ihre Berechtigung hat; man sieht unverkennbar einen unaufhörlichen Aufstieg von der ältesten bis zur heutigen Zeit, im ganzen im Sinne des „Natürlichen Pflanzensystems“. Fragt man jedoch im einzelnen nach Übergangsgruppen, z. B. zwischen Farnen und Gymnospermen, wofür eine Zeitlang die Pteridospermen galten, oder nach solchen zwischen Angiospermen und Gymnospermen („Bennettiteen“), so lassen hier die bekannt gewordenen Fossilien im Stich, und die ursprünglich mit Begeisterung begrüßten „Übergangsgruppen“ geben — mit dem englischen Forscher Scott zu reden — „mehr Rätsel auf als sie lösen“. Wir müssen jedoch mit dem Erreichten zufrieden sein, und wenn wir bestimmte Einzelfragen nicht lösen können und bei näherer Betrachtung Enttäuschungen erleben, uns bescheiden. Es ist menschlich verständlich, wenn bei solcher Sachlage manche Forscher, die mehr wissen möchten als gegeben wird, an der Deszendenztheorie verzweifeln und andere Wege zur Lösung der Rätsel gehen zu müssen glauben. Aus dem Vergleich der großen Entwicklungsperioden der Pflanzen- und Tierwelt ergibt sich weiter noch, wie wir hier schließlich nur andeuten wollen, daß diese nicht vollständig zusammenfallen, sondern daß eine „neue Zeit der Pflanzenwelt“ früher einsetzt als die entsprechende der Tierwelt. Besonders eindrucklich zeigt sich dies bei dem Vergleich der Neuzeit der Tier- und Pflanzenwelt. Die Neuzeit der Pflanzenwelt beginnt tief unten in der Kreidezeit, wie wir oben sahen; die eigentliche Entwicklungsperiode der Säugetiere, Vögel (und Insekten) beginnt erst mit dem Tertiär. Es dürfte dies damit zusammenhängen, daß die jüngste Pflanzenwelt, die Angiospermen, die Existenzgrundlage für diese Tierwelt bilden.

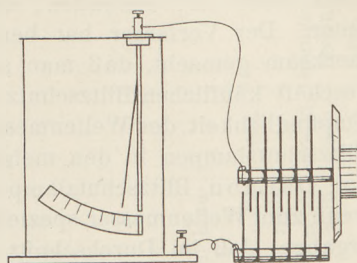
## Für die Praxis.

**Versuche mit dem Drehkondensator.** Von Dr. J. Lang in Neuß a. Rh. — Die veränderliche Kapazität des Drehkondensators und der Zusammenhang zwischen Kapazität und Potential kann durch folgende Versuche gezeigt werden.

1. Der drehbare Plattensatz eines Drehkondensators aus einem Radioempfänger wird durch einen kurzen Draht mit dem Knopf eines Blattelektrometers verbunden, der feste Plattensatz mit dem geerdeten Gehäuse des Elektrometers. Die drehbaren

Platten werden auf etwa halbe Kapazität eingestellt und durch Berühren mit einem geriebenen Hartgummistab so geladen, daß am Elektrometer ein mäßiger Ausschlag entsteht. Durch Drehen am Kondensatorknopf läßt sich der Ausschlag vergrößern und verkleinern, also die Abhängigkeit zwischen Potential und Kapazität bei unveränderlicher Ladungsmenge sehr anschaulich nachweisen.

2. Das Elektrometer wird wie beim vorigen Versuch mit dem Kondensator verbunden und außerdem noch mit den Polen einer Anodenbatterie oder einer anderen hohen Gleichstromspannung. Dreht man jetzt am Kondensatorknopf, so bleibt der Elektrometersausschlag unverändert, da ja die Potentialdifferenz zwischen Blättchen und Gehäuse konstant ist; es ändert sich nur die aufgeladene Elektrizitätsmenge.



Löst man aber die Verbindung mit der Batterie, dann wird jede Änderung der Kapazität wieder am Elektrometer sichtbar.

**Pipettiervorrichtung.** Von Herbert Dietinger in Villach (Österreich). — Bei den chemischen Schülerübungen ist die gewöhnliche Verwendungsart der Pipette (Saugen mit dem Munde) stets mißlich, weil unachtsamen Schülern leicht Säuren, Laugen od. dgl. in den Mund kommen können.

Beim Abmessen von konzentrierter Salzsäure oder Ätzzammoniak ist das Ansaugen mit dem Munde oft unmöglich.

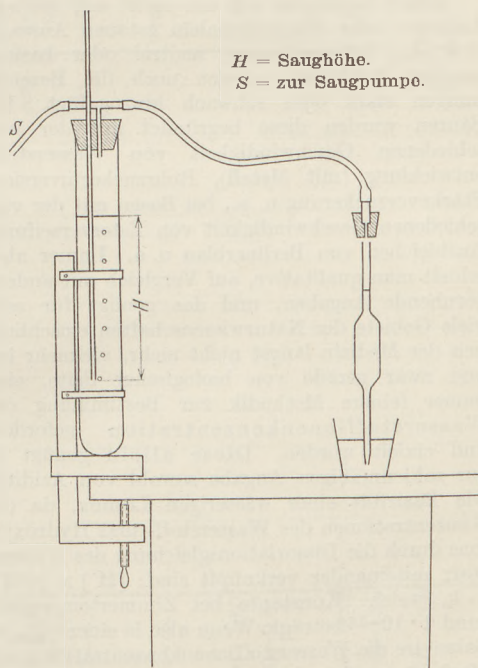
Die Kugelhahnpipette mit ihren zwei Hähnen kann für Schülerübungen nicht in Betracht kommen.

Es erscheint nabeliegend, das Ansaugen der Wasserstrahlpumpe zu überlassen; dann muß dafür gesorgt sein, daß die Saugwirkung zwar rasch ist, aber sogleich aufhört, wenn die Flüssigkeit etwas über die Marke der Pipette gelangt ist.

Die Figur zeigt einen Saugregler, bei welchem für verschieden hohe Pipetten durch Verschieben des langen Rohres rasch die gewünschte Saughöhe eingestellt werden kann; die Flüssigkeit hält dann automatisch knapp über der Pipettenmarke.

Der Saugschlauch trägt am Ende einen Kautschukstöpsel, der mit seiner engen Bohrung nicht etwa auf das Pipettenrohr aufgesteckt, sondern bloß leicht angedrückt wird. Dieser ist daher für Pipetten jeder Rohrweite brauchbar.

Ein Holzstativ mit Schraubzwinde ermöglicht, die Pipettiervorrichtung an jeder Tischplatte zu befestigen. Ein Fußzylinder macht das Stativ entbehrlich.



H = Saughöhe.  
S = zur Saugpumpe.

**Die Verwendung von Blitzschutzlampen als Indikatorröhren.** Von E. Hiedemann in Köln. — Vielfach sind heute noch Resonanz-Wellenmesser im Gebrauch, die statt Detektor und Präzisionsmeßinstrument eine Indikatorröhre — mit Helium

oder Neon gefüllt — zum Anzeigen der Resonanzeinstellung verwenden. Die Indikatorröhren haben nun zwei große Nachteile: erstens sind sie nach längerem Gebrauch nicht mehr zu verwenden, da sie zu schlecht ansprechen. Zweitens sind sie recht teuer. Der Verfasser hat bereits früher (Ann. d. Phys. 85, 649; 1928) darauf aufmerksam gemacht, daß man statt der teuren Indikatorröhren auch die in jedem Radiogeschäft käuflichen Blitzschutz- oder Überspannungsschutzlampen benutzen kann. Die Empfindlichkeit des Wellenmessers wird zudem durch Verwendung dieser sehr billigen Blitzschutzlampen in den meisten Fällen noch wesentlich verbessert. Bei Verwendung von Daimon-Blitzschutzlampen z. B. war die Empfindlichkeit sehr viel größer, als wenn zum Wellenmesser speziell gelieferte Indikatorröhren benutzt wurden. Messungen ergaben, daß im Durchschnitt die Blitzschutzlampen eine wesentlich geringere Zündspannung für Hochfrequenzstrom haben als die Indikatorröhren. Außerdem haben die Blitzschutzlampen eine wesentlich größere Lebensdauer.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**$P_H$ -Bestimmungen mit Indikatoren.** Ein Bericht aus dem chemischen Übungsunterricht von M. SCHNEIDER in Plauen (Vogtld.).

Bisher begnügten wir uns meist mit der von Lackmus oder Phenolphthalein getanen Aussage, daß eine Lösung sauer, neutral oder basisch reagiere, höchstens wurden noch die Bezeichnungen stark oder schwach hinzugefügt. Bei Säuren wurden diese begründet mit der verschiedenen Geschwindigkeit von Wasserstoffentwicklung (mit Metall), Rohrzuckerinversion, Stärkeverzuckerung u. a., bei Basen mit der verschiedenen Geschwindigkeit von Esterverseifung, Ausbleichen von Berlinerblau u. a. Immer aber erhielt man qualitative, auf Vergleich mit andern beruhende Angaben, und das genügt für sehr viele Gebiete der Naturwissenschaften einschließlich der Medizin längst nicht mehr, vielmehr ist, und zwar gerade von biologischer Seite, eine immer feinere Methodik zur Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration gefordert und erzielt worden. Diese allein genügt ja zur zahlenmäßigen Angabe sowohl von Azidität wie Basizität einer wässrigen Lösung, da die Konzentrationen des Wasserstoff- und Hydroxylions durch die Dissoziationsgleichung des Wassers starr miteinander verknüpft sind:  $[H^+] \times [OH^-] = k$ , welche Konstante bei Zimmertemperatur rund  $1 \cdot 10^{-14}$  beträgt. Wenn also in einer  $\frac{1}{1000}$  n-Salzsäure die Wasserstoffionenkonzentration rund  $10^{-3}$  ist, so ist gleichzeitig die Hydroxylionenkonzentration  $10^{-11}$  oder — mit SÖRENSEN'S abgekürzter Bezeichnung — entspricht einer Wasserstoffpotenz  $P_H = 3$  eine Hydroxylpotenz  $P_{OH} = 11$ . Man sieht, es genügt eine Zahl, die  $P_H$ , um die Reaktion einer Lösung zu bezeichnen: saure Lösungen haben eine  $P_H < 7$ , basische eine solche  $> 7$ , in neutraler Lösung ist  $P_H = P_{OH} = 7$ . Wegen der ständig zunehmenden Anwendung dieser Bezeichnung empfiehlt sich ihre ja ganz einfache Einführung auf der Oberstufe, vor allem wenn man nur mit ganzzahligen  $P_H$ -Werten arbeitet; denn dann ist die

strenge Ableitung  $P_H = -\log [H^+]$  unnötig. Natürlich gewinnt der  $P_H$ -Begriff erst seinen vollen Inhalt, wenn wir ganzzahlige  $P_H$  messend unterscheiden können, und das ermöglichen auch uns die von SÖRENSEN sowie von CLARK und LUBS angegebenen neuen Indikatoren.

Es gibt nur eine direkte Methode der  $P_H$ -Bestimmung einer Lösung: die Messung des elektrischen Potentials einer Wasserstoffelektrode in der fraglichen Lösung gegen eine „Normal“- (meist Kalomel-) Elektrode. Auf diese für uns nicht in Frage kommende Weise wurden die  $P_H$  einer großen Zahl von Lösungen festgestellt, die aus sog. „Puffern“ bestanden und ihre  $P_H$  sowohl dem säuernden Einfluß des Luftkohlendioxids wie dem alkalisierenden der Glaswände gegenüber festhalten. Diese Puffermischungen mit ihrem elektrometrisch ermittelten  $P_H$  sind jederzeit leicht reproduzierbar und werden zur Eichung des Umschlagsintervalls unserer Indikatoren benutzt. Unsere Pufferlösungen wurden zum Teil von KAHLBAUM fertig bezogen, zum Teil aus KAHLBAUM-Präparaten selbst hergestellt<sup>1</sup>. Ihre Mischung erfolgte nach den Tabellen so, daß für jedes ganzzahlige  $P_H$  zwischen 2 und 12 mindestens zwei verschiedene Lösungen entstanden. Die eine wurde von mir, die anderen von den Schülern gemischt<sup>2</sup>, und es ist ein Beweis für die Zuverlässigkeit der Methode, daß ohne Ausnahme verschiedene auf dasselbe  $P_H$  eingestellte Lösungen mit einem Indikator tatsächlich höchstens spurenweise Unterschiede des Farbtons ergaben. Für  $P_H = 0$  und  $= 1$  habe ich mit kleinem Fehler<sup>3</sup>  $\frac{1}{1}$  bzw.  $\frac{1}{10}$  n-Salzsäure, für  $P_H = 14$  und  $= 13$  mit etwas größerem  $\frac{1}{1}$  bzw.  $\frac{1}{10}$  n-Natronlauge verwandt, da meine Literatur hierfür keine Puffermischungen angibt. So ist die beigefügte Tabelle entstanden. Wenn

<sup>1</sup> Mit ausgekochtem destilliertem Wasser in Jenaer Geräten.

<sup>2</sup> Mit Soxhlet-Büretten in Jenaer Geräten.

<sup>3</sup> Wegen nicht vollständiger Dissoziation.



wir uns dabei bewußt auf ganzzahlige  $P_H$  beschränken, so geschieht dies nicht nur wegen der heuristischen Einführung des Begriffs, sondern weil der Indikatorenmethode viele Fehlerquellen anhaften, die schon eine Genauigkeit von 0,1 nur schwer erzielen lassen. Einige Störungen seien angeführt: das Umschlagsintervall verschiebt sich mit der Temperatur; Lösungsgenossen, z. B. Alkohol, Neutralsalze, Eiweiß verändern den Farbton; die Konzentration des Indikators ist von Einfluß auf das Ergebnis. Alle diese Schwierigkeiten brauchen wir nicht zu beachten, und vor allem müssen wir nicht immer erneut die Standardpufferlösungen zu Vergleichszwecken mischen; ihre Anschaffung erübrigt sich also, nur die Indikatoren (cf. KAHLBAUM-Preisliste, kleinste Menge!) und der zu ihrer Lösung zum Teil nötige Alkohol belasten das Budget (mit etwa 50 RM). Außerdem empfiehlt sich zur bequemen Entnahme ein Tropfflaschengestell. Eine  $P_H$ -Bestimmung erfolgt dann auf Grund der ja leicht zu vergrößernden oder zu vervielfachenden Tabelle sehr rasch und einfach.

Die Indikatoren zeigen je eine saure und basische „Grenzfarbe“, die auf der Tabelle aber nur in direkter Nähe des Umschlagspunktes eingetragen sind. Wenn z. B. Neutralrot eine Lösung rot färbt, so ist deren  $P_H$  nicht etwa gleich 6, sondern kann auch kleiner sein. Bei den vielen gelb-rot umschlagenden Indikatoren und besonders bei Alizarinorange ist man sich oft im unklaren, ob noch Mischfarbe oder schon Grenzfarbe vorliegt. Dann wird man die strittige Farbe der reinen Grenzfarbe gegenüberstellen, die man mit einer stärkeren Säure bzw. Base und derselben Indikatorkonzentration erzeugt. Es empfiehlt sich allerdings für solche Vergleiche, eine ungefähr  $1/10$  Salzsäure bzw. Natronlauge bereit zu halten, da manche Indikatoren — zumal im stärker sauren Gebiet, wo  $P_H$  negativ wird, also jenseits unseres Meßbereichs — einen zweiten Umschlag erleiden. So wird in stärkerer Säure Bromkresolpurpur gelbrot, Bromthymolblau blaurot, Neutralrot blau, Kresolrot rot,  $\alpha$ -Naphtholphthalein schwach blaugrün und Resorzin gelbbraun. Bei Thymolblau liegt der zweite Umschlag noch im Meßbereich und wird mit zur Bestimmung benutzt; hier wird die mittlere Grenzfarbe mit Wasser hergestellt. Im allgemeinen genügt bei der in der Tabelle angegebenen Indikatorkonzentration ein Tropfen auf 5 bis 10 ccm zur kräftigen Anfärbung; bei Thymolblau, Bromphenolblau und  $\alpha$ -Naphtholphthalein ist mehr nötig<sup>1</sup>. Die Farben brauchen zum Teil einige Zeit bis zum endgültigen Ton und verändern sich auch dann langsam weiter; am alkalischen Ende und bei  $P_H > 14$  gleichen Methylviolett, Bromphenolblau, Phenol- und Thymolphthalein  $\pm$  rasch aus. Deshalb ist es nicht möglich, aus eingestellter Pufferlösung und Indikator Dauerkontrollen herzustellen. Indigo für die größten  $P_H$ -Werte ist nirgends angegeben, aber zur Unterscheidung von  $P_H = 13$

und 14 als ganz gut brauchbar erkannt worden. Unter Beachtung des eben Gesagten spielt sich eine  $P_H$ -Bestimmung etwa folgendermaßen ab. Weiß man gar nichts über die Größe des Wertes, so wird man in der Mitte der Tabelle etwa mit Neutralrot anfangen. Tritt Rotfärbung ein, so wird — natürlich mit einer neuen Probe — weiter geprüft, z. B. mit Bromkresolpurpur: violette Farbe stellt dann 6 als Endwert fest; gelbe Farbe verlangt dagegen Weiteruntersuchung etwa mit Bromphenolblau oder gleich mit Methylviolett. Immer aber prüfe man sämtliche in der Nähe des gesuchten  $P_H$  umschlagenden Indikatoren durch unter fleißiger Vergleichung mit den reinen Grenzfarben, dann wird man als sicheres Ergebnis etwa 3 oder 5–6 buchen können. Gebrochene Werte haben wir nie benutzt; nur für den Lehrer habe ich deshalb in die Tabelle die auf Zehntel genauen Umschlagsintervalle aufgenommen; denn für die Beurteilung eines Farbtons ist es mitunter wesentlich, ob z. B. das basische Grenzgelb schon bei 2,8 (Thymolblau) oder erst bei 3,2 (Tropaeolin 00) auftritt.

#### Einige ausgeführte $P_H$ -Bestimmungen.

1. Leitungswasser 7; destilliertes Wasser je nach Herkunft und Aufbewahrung 5, 5 bis 6 oder 6, also sauer, was auf die schwer abschließbare Luftkohlen Säure zurückzuführen ist. Im Leitungswasser wird ihre Wirkung von seinen puffernden Salzen ausgeschaltet.

2. Die  $P_H$  von Salzlösungen erlauben einen Schluß auf die Stärke des hydrolytischen Zerfalls, wenn das Salz aus Säure und Base sehr verschiedener Dissoziation entstand. Dagegen ist die sehr große Hydrolyse von Salzen aus gleichschwacher Base und Säure (z. B. Ammoniumacetat) mit Indikatoren nicht zu beurteilen. Handelt es sich um Salzlösungen mit kräftiger Eigenfarbe, so hilft folgender Kunstgriff: Von sechs paarweis hintereinander stehenden Reagenzgläsern erhalten die drei vorderen die fragliche Lösung, aber nur das mittelste mit Indikator. In der hinteren Reihe erzeugt man bei gleicher Indikatorkonzentration links die saure, rechts die basische reine Grenzfarbe, während die Mitte Wasser enthält. Durchsicht von vorn läßt sofort erkennen, ob der Farbstoff in der Lösung eine der beiden Grenzfarben oder eine Mischfarbe erzeugt. Um Störungen durch Seiten- und Reflexlichter zu vermeiden, haben wir den Walpolekomparator<sup>1</sup> benutzt, wo die Reagenzgläser in Holz eingelassen und Beobachtungsröhren gebohrt sind. Wenn man reine Präparate löst, dann muß die  $P_H$  von Salzlösungen äquivalenter Konzentration einen Vergleich der Stärke der beteiligten Basen oder Säuren erlauben, selbst wenn diese selbst unlöslich sind wie  $Fe(OH)_3$  oder  $Cu(OH)_2$ . Aus der Chloridreihe KCl (6–7);  $NH_4Cl$  (5);  $FeCl_3$  (1) oder der Sulfatreihe  $Na_2SO_4$  (8) und  $CuSO_4$  (3–4) geht dies deutlich hervor. Entsprechend müßte eine Reihe reiner Natrium-

<sup>1</sup> Bei Längsdurchsicht gegen weißen Untergrund braucht man weniger.

<sup>1</sup> Von Dr. Grübler u. Co., Leipzig. Preis etwa 7 RM.

salze sich nach ihren  $P_H$  so ordnen lassen, daß die verschiedene Stärke der Säuren erkennbar wird.

3. Bei Neutralisationstitrationen wird infolgedessen nicht auf neutral, d. h.  $P_H = 7$  titriert, sondern auf den Äquivalenzpunkt, d. h. jenes  $P_H$ , welches das entstehende Neutralsalz in wässriger Lösung zeigt. Man muß also einen Indikator nehmen, dessen Umschlag in direkter Nähe dieses  $P_H$ -Wertes liegt. Bekanntlich erhält man durch Titration bis zum Äquivalenzpunkt die Gesamtsäure bzw. Base ohne Rücksicht auf ihre Stärke, d. i. ihren Dissoziationsgrad; denn wenn die freien  $H^+$  bzw.  $OH^-$ , die „aktive“ Säure oder Base, wegtitriert sind, werden sie aus dem undissoziierten Anteil, der „Säure- bzw. Basenreserve“ sofort ergänzt gemäß der Massenwirkung  $\frac{[A^-] \times [B^+]}{[AB]} = K$ , bis

bei ihrer Erschöpfung der richtig gewählte Indikator umschlägt. In der Gleichung: „Gesamtsäure = aktive Säure + Säurereserve“ kannten wir bisher nur die linke Seite durch Titration, jetzt auch annähernd die Glieder der rechten Seite durch  $P_H$ -Bestimmung. Es empfiehlt sich, sämtliche vorhandenen Normallaugen und -säuren, erstere alle mit Methylorange gegen eine Salzsäure, letztere mit Phenolphthalein gegen eine Natronlauge titrieren zu lassen. Natürlich müssen die Werte annähernd übereinstimmen, aber die  $P_H$  schwankt bei den Säuren von 0 (HCl) bis 3 (Essigsäure), bei den Basen von 14 (NaOH) bis 12 ( $NH_4OH$ ). Noch deutlicher wird der Unterschied zwischen aktiver und Gesamtsäure, wenn man von Säuren mit gleicher  $P_H$  ausgeht. Nach obigem haben  $\frac{1}{1000}$  n-Salz- und  $\frac{1}{10}$  n-Essigsäure  $P_H = 3$ ; werden 10 ccm von ihnen mit Phenolphthalein gegen  $\frac{1}{10}$  n-Natronlauge titriert, so erfolgt der Umschlag in der Salzsäure beim ersten Tropfen, da keine Säurereserve vorhanden ist, bei der Essigsäure erst nach Zulauf von 10 ccm Lauge. Bekannt und längst in die Vorbereitungsbücher<sup>1</sup> aufgenommen ist der Nachweis der stufenweisen Dissoziation von Phosphorsäure. Ihr primäres Salz zeigt mit Methylorange  $P_H =$  etwa 4, ihr sekundäres mit Phenolphthalein  $P_H = 9$ , und das tertiäre  $P_H =$  etwa 12. Man titriert mit derselben Lauge die Säure erst auf den gleichen Ton des ersten und dann weiter ebenso mit dem zweiten Indikator. Beide Male werden dieselben Mengen Lauge verbraucht. Fügt man nun zu neuer Phosphorsäure die dreifache Laugenportion zu, so gibt die Lösung dieselben Indikatorfarben wie das tertiäre Salz.

4. Unsere Indikatorenreihe ermöglicht uns, die Wirkung der Puffer eingehend zu untersuchen. Diese spielen in der physiologischen Chemie eine sehr wichtige Rolle, so daß es lohnt, dem Begriff eine feste experimentelle Grundlage zu geben. Als Puffer verwendet man in der Hauptsache Salze von schwachen Säuren oder Basen oder amphoteren Stoffen wie Eiweiß; sie zeigen folgende Haupteigenschaften: a) sie stumpfen starke Säuren und Basen ab, ohne die Gesamt-

azidität bzw. Alkalinität zu verringern, wie dies bei Neutralisation der Fall wäre; b) sie suchen ihre  $P_H$  festzuhalten, d. h. Zusatz von starker Lauge oder Säure verändert sie nur wenig; man nennt dies die Pufferkapazität; c) sie halten die  $P_H$  auch bei Verdünnung aufrecht. Mit folgenden Versuchsreihen wurden diese Eigenschaften festgestellt.

Zu a):

je 20 ccm $\frac{1}{10}$ nHCl	$P_H$ der Mischung	Je 10 ccm der Mischung, mit Phenolphthalein titriert, brauchen
+ je 20 ccm:		
dest. Wasser . . . . .	1	5,8 ccm $\frac{1}{10}$ NaOH
$\frac{1}{1}$ NaCl . . . . .	1—2	5,9 „ „ „
$\frac{1}{1}$ $Na_2SO_4$ . . . . .	2	5,7 „ „ „
$\frac{1}{1}$ Na-Azetat . . . . .	3	5,9 „ „ „
$\frac{1}{10}$ $Na_2CO_3$ . . . . .	9	2,4 „ „ „

je 20 ccm $\frac{1}{10}$ NaOH	$P_H$ der Mischung	Je 10 ccm der Mischung, mit Tropaeolin 00 titriert, brauchen
+ je 20 ccm:		
dest. Wasser . . . . .	13	6,2 ccm $\frac{1}{10}$ nHCl
$\frac{1}{1}$ NaCl . . . . .	12	6,0 „ „ „
$\frac{1}{1}$ $NH_4Cl$ . . . . .	9	6,2 „ „ „
$\frac{1}{1}$ $NH_4Cl$ <sup>1</sup> . . . . .	—	2,0 „ „ „
$\frac{1}{1}$ $AlCl_3$ . . . . .	4	6,5 „ „ „

Obwohl die Lösungen selbst hergestellt waren, also außer den Titrierfehlern auch Wägungsfehler vorliegen, zeigt sich trotz starker Veränderung der  $P_H$  eine durchaus befriedigende Gleichheit der Gesamtsäure bzw. Base. Die Wirkung des Kochsalzes ist eine Zurückdrängung der Dissoziation, die der anderen Salze eine Verdrängung der schwachen Säure bzw. Base durch die stärkere; es wird also ein Teil des „Aktiven“ in die „Reserve“ übergeführt entsprechend folgenden Gleichungen:  $HCl + NaAc = HAc + NaCl$ ,  $NaOH + NH_4Cl = NH_4OH + NaCl$ . Ist dagegen die schwache Säure bzw. Base flüchtig wie Kohlensäure oder — bei höherer Temperatur — Ammoniumbase und entweicht aus der Lösung, dann muß natürlich der Titer sinken, und die Pufferbedingung a ist nicht erfüllt. Ist die schwache Base bzw. Säure unlöslich, dann wird es von der Feinheit des Niederschlagkorns u. a. mehr abhängen, ob die Wiederauflösung mit der Titriergeschwindigkeit Schritt zu halten vermag. Meist wird das nicht der Fall sein, aber bei dem kolloidalen  $Al(OH)_3$  des letzten Versuchs bekamen wir den vollen Wert. Im allgemeinen aber wird man Salze mit flüchtigen bzw. unlöslichen Säuren oder Basen von der Verwendung als Puffer ausschließen.

Zu b): Wir haben zuerst zu 10 ccm sekundärem Natriumzitat ( $\frac{1}{10}$  Mol.) so viel  $\frac{1}{10}$  Natronlauge zutitriert (7,2 ccm), daß ein Tropfen Bromkresol-

<sup>1</sup> 1 Minute lang gekocht und nach Erkalten untersucht.

<sup>1</sup> cf. SCHEID, Vorbereitungsbuch S. 319.

purpur denselben Farbton aufweist wie in 17,2 ccm destilliertem Wasser. Es haben also 10 ccm Zitrat + 7,2 ccm Lauge gleiches Volumen und gleiche  $P_H$  wie 17,2 ccm Wasser, nämlich 6. Beide wurden nun gegen  $\frac{1}{10}$  NaOH mit Bromthymolblau auf basische und mit Methylrot gegen  $\frac{1}{10}$  HCl auf saure Grenzfarbe titriert:

	$\frac{1}{10}$ NaOH	$\frac{1}{10}$ HCl
Wasser dest. . . . .	1 Tropfen	3 Tropfen
Pufferlösung . . . . .	3,9 ccm	11,5 ccm

Die Pufferlösung hat also gegenüber Säuren eine höhere Kapazität. In einer zweiten Versuchsreihe wurde ein Gemisch von  $\frac{1}{10}$  Mol.  $KH_2PO_4$  und  $\frac{1}{20}$  Mol. Borax „isohydrisch“ gemacht mit Leitungswasser ( $P_H = 7$ ) unter Benutzung von Neutralrot. Dann wurden gleiche Mengen mit  $\frac{1}{10}$  NaOH bzw.  $\frac{1}{10}$  HCl titriert bis zur ersten Rötung von Phenolphthalein bzw. zur ersten Farbänderung von Bromkresolpurpur und dabei gebraucht:

	mit $\frac{1}{10}$ NaOH	mit $\frac{1}{10}$ HCl
Wasser . . . . .	1 Tropfen	1 Tropfen
Puffer . . . . .	5,8 ccm	5,7 ccm

Hier wirkt der Puffer nach beiden Seiten gleich gut. Da in den gepufferten Lösungen beim Titrieren sich die  $P_H$  nur ganz allmählich ändert, ist natürlich ein scharfer Umschlag nicht zu erzielen. Zuletzt haben wir noch frisches Rinderblutserum wie eben titriert, wobei 10 ccm Serum 3,9 ccm  $\frac{1}{10}$  Lauge und 1,7 ccm  $\frac{1}{10}$  Säure brauchen. Daraus muß auf Anwesenheit von Puffern geschlossen werden (Karbonat und Eiweiß).

Zu c: Aus  $\frac{1}{10}$  Mol. Bernsteinsäure und  $\frac{1}{20}$  Mol. Borax wurden drei Mischungen hergestellt:

9,8 ccm + 0,1 ccm =	$P_H$ 3
8,0 „ + 2,0 „ =	$P_H$ 4
6,3 „ + 3,7 „ =	$P_H$ 5

Von jeder Mischung wurde 1 ccm abpipettiert und mit 8 ccm Wasser verdünnt.

Mit Methylorange entstehen paarweis gleiche Farben. Dasselbe ist an jeder anderen Puffermischung mit ausreichender Kapazität festzustellen.

5. Einige andere Anwendungen der Indikatorenmethode seien nur kurz skizziert. Für

den Chemiker ist ein Glas um so besser, je weniger es löslich ist. Wenn man unter ganz gleichen Verhältnissen gepulvertes Glas verschiedener Herkunft in Jenaer Geräten mit Wasser kocht, dann zeigt sich das Gelöste in einer Verschiebung des  $P_H$  nach der basischen Seite. So wurde durch Jenaer Geräte- und Pyrexglas die  $P_H$  nur von 6 auf 7 gebracht; ordinäre Reagenzgläser und Biegeröhren dagegen verschoben sie auf 11 oder 12, sogar auf 13.

Will man von irgendeinem umschlagenden Farbstoff das Intervall bestimmen, so titriert man eine gepufferte Säure oder Base mit ihm bis auf eine Grenzfarbe, mischt dann die gleichen Mengen ohne Farbstoff nochmals und bestimmt von diesem farblosen Gemisch die  $P_H$ . So konnten wir nachweisen, daß Jodstärke nur unter  $P_H = 12$  blau ist, bei höherer Basizität wird wahrscheinlich das Jod von der Lauge gebunden (als Hypojodid oder Jodat).

Die komplexe Kupferverbindung der Fehlinglösung ist erst von  $P_H = 12$  ab beständig, mit Traubenzucker aber reagiert sie erst von 13 ab schnell.

Auch auf dem eigentlichen Gebiet der  $P_H$ -Messung — der Fermentchemie — haben wir uns versucht. Für Pepsin, Diastase, Speichel kann man die optimale Wasserstoffionenkonzentration mit verhältnismäßig geringer Mühe ungefähr ermitteln. Hierüber und über andere Fermentversuche behalte ich mir eine zusammenhängende Mitteilung vor.

Ich bin überzeugt, daß wir noch oft die  $P_H$  eines chemischen Systems zu messen Anlaß haben werden. In kurzen Mitteilungen soll dann darüber berichtet werden.

Die von mir getroffene Auswahl der Indikatoren ist natürlich nicht zwingend. Manche könnten ausfallen und dafür neue eingefügt werden, z. B.  $\beta$ -Dinitrophenol zwischen Tropaeolin 00 und Methylorange.

#### Literatur.

- J. M. KOLTHOFF, Der Gebrauch von Farbindikatoren. III. Aufl. Berlin 1926; enthält die Mischungstabellen für Puffer.  
J. M. KOLTHOFF, Die Maßanalyse I. Teil. Berlin 1927.  
L. MICHAELIS, Praktikum der physik. Chemie. Berlin 1921.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Das Jod als biogenes Element.** Von H. EDELBÜTTEL in Rostock.

Es gibt wieder eine Jodfrage. Nicht im rein chemischen, wohl aber im biologisch-chemischen und medizinischen Sinne. Ein Blick in die neue Literatur dieser Gebiete läßt darüber keinen Zweifel: das Jod ist in das modernste aller biologischen und medizinischen Arbeitsgebiete, in das der Biochemie mit Ehren aufgenommen. Nicht nur, daß es zum Rang eines biogenen Elementes aufrückte, es beginnt auch, sich als ein allgegenwärtiges, kosmopolitisches Element zu erweisen, als ein Element, das in steigendem Maße als Wohltäter in der Bekämpfung schwerer

endemischer Volkskrankheiten erkannt wird, und das im Begriff ist, sich eine immer weitergreifende Beachtung auch auf anderen Gebieten wie der Landwirtschaft und der Herstellung künstlicher Düngemittel zu erobern.

Das überragende Verdienst, Licht in diese bisher verborgen gewesene Rolle des Jods in der toten wie lebenden Natur gebracht zu haben, ist einem schweizerischen Chemiker TH. V. FELLEBERG<sup>1</sup> zuzuerkennen. In einer großen Zahl teil-

<sup>1</sup> v. FELLEBERG hat seine Resultate zusammengefaßt in Erg. Physiol. 1926. Hier auch ein umfangreiches Literaturverzeichnis der Arbeiten bis 1925/1926.



weise recht schwieriger Untersuchungen hat v. FELLEBERG dem Vorkommen und der Bedeutung des Jods im Haushalt der Natur nachgespürt und durch die Fülle seiner überraschenden Entdeckungen den Anstoß zu einer vielverzweigten weiteren Erforschung der Jodfrage gegeben. v. FELLEBERG ging von dem Gedanken aus, ob nicht die Ansicht des französischen Arztes CHATIN, das Auftreten des Kropfes in den gebirgigen Teilen Frankreichs sei auf Jodmangel im Trinkwasser, in der Nahrung usw. zurückzuführen, nicht doch richtig sei. Es kann wohl als ein Nebenverdienst v. FELLEBERGS angesehen werden, daß er CHATINs hervorragende analytische Leistungen, denen man zu seiner Zeit nicht genügend Vertrauen entgegenbrachte, und die in Vergessenheit geraten waren, wieder zu Ehren gebracht hat.

Wenn es so mehr als ein halbes Jahrhundert gedauert hat, bis die Stellung des Jods in der Natur vollends erkannt worden ist — seit seiner Entdeckung durch den Salpetersieder COURTOIS 1811, mehr als 100 Jahre —, so hat das seine ganz natürliche Ursache darin, daß dieses Element fast überall nur in verschwindend geringen Mengen auftritt. Nur äußerst verfeinerten Filtrations- und vor allen Dingen kolorimetrischen Methoden, an deren Ausarbeitung außer CHATIN und v. FELLEBERG noch andere beteiligt sind, ist der Nachweis selbst geringster Spuren zu verdanken. Es kann nicht daran gedacht werden, an dieser Stelle diese Methoden näher zu beschreiben. Die Leistungsfähigkeit dieser oft nachgeprüften Verfahren aber ist erstaunlich. Sie ermöglichen einen sicheren Nachweis unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen (Jodgehalt von Reagenzien, aller Jodverluste während des Verfahrens usw.) von 0,3 bis 0,1  $\gamma$  (Mikrogramm) Jod (FELLEBERG). Wie umständlich es ist, solche geringen Jodmengen zu bestimmen, geht daraus hervor, daß, um z. B. in normalen Trinkwasser die Jodmenge zu ermitteln, es nötig war, von 50 bis 100 l Wasser auszugehen, um so in diesem Quantum etwa 3,0  $\gamma$  Jod zu finden. Auch zum Nachweis des Jods in Nahrungsmitteln, in Mineralien und Gesteinen, in der Luft war es oft erforderlich, große Substanzmengen zu verarbeiten.

Ist nun das Jod nach den vorliegenden Kenntnissen im vollen Umfang als ein biogenes Element anzuerkennen? Dazu ist Voraussetzung, daß es in allen Lebewesen, sowohl den Pflanzen, den Tieren wie auch im Menschen regelmäßig und ohne Ausnahme vorkommt und weiter, daß sein Auftreten nicht nur ein zufälliges, sondern lebensnotwendiges ist. Außerordentlich zahlreiche Analysen, deren Aufzählung große Tabellen füllen würden, und an denen vor allem CHATIN, v. FELLEBERG und der Amerikaner MC CLENDON beteiligt sind, haben es außer Zweifel gesetzt, daß Jod im lebenden Organismus überall und ausnahmslos vorhanden ist. Schwankend und gelegentlich zweifelhaft sind nur die Mengen. So ist in den Pflanzen, um einen ganz ungefähren Mittelwert anzugeben, etwa 30  $\gamma$  pro 1 kg frischer Substanz (Meerestange 960  $\gamma$ ), in den Tieren und im Menschen etwa die zehnfache Menge

enthalten (Meerestiere etwa 1000  $\gamma$ ); bei Menschen und Tieren findet sich eine starke Anhäufung des Jods in der Schilddrüse. Ob das Jod nun auch lebensnotwendig ist, das ist eine Frage, die angesichts der verschwindend geringen Jodmengen in den Organismen durchaus ihre Berechtigung hat. Für die Pflanzen sind noch nicht alle Zweifel beseitigt. Es sind bisher noch keine einwandfreien Beobachtungen darüber angestellt worden, ob die Pflanzen bei völliger Jodabwesenheit sich etwa nicht normal entwickeln. Nur für Keimlinge einiger Pflanzen hat STOKLASA<sup>1</sup> schlechte Entwicklung in völlig jodfreien Nährmedien gefunden. Auch die Verteilung des Jods in den Organen der Pflanzen läßt keine sicheren Schlüsse zu. Alle Analysen (v. FELLEBERG, STOKLASA, SCHARRER und SCHWAIBOLD<sup>2</sup>, v. WRANGELL<sup>3</sup>) stimmen darin überein, daß die größte Menge des Jods stets in den Blättern vorhanden ist, weniger in Wurzeln, Stengeln und Früchten. Das läßt entweder daran denken, daß das Jod eine Rolle bei der Assimilation, vielleicht auch bei der Atmung spielt, oder aber auch, daß die Pflanze versucht, die Jodverbindung loszuwerden, ähnlich wie sie es z. B. mit der Oxalsäure macht. Wertvoller sind in diesem Zusammenhang Joddüngungsversuche, wie sie zuerst STOKLASA, dann v. FELLEBERG, STROBEL und SCHARRER<sup>4</sup>, v. WRANGELL u. a. ausgeführt haben. Es handelt sich um Vegetationsgefäß- und Freilandversuche zum Teil größeren Stils mit verschiedenen, hauptsächlich landwirtschaftlich wichtigen Pflanzen. Die Resultate waren teilweise günstig. Es ließen sich Erntesteigerungen erzielen, die bei Zuckerrüben 8% (STOKLASA) und 5% (v. FELLEBERG), bei der Lupine sogar 30% (STOKLASA) betragen. v. WRANGELL konnte diese Resultate nicht bestätigen, sie konnte eine Hebung des Erntertrages durch Joddüngung nicht erzielen. Ihre Versuchsobjekte waren Kartoffeln, Rüben, Hafer, Spinat, Salat, Filderkraut, Gurken, Rotklee, Bohnen und Zwiebeln. Sehr bemerkenswert ist, daß sowohl Azotobacter wie auch Bacillus radiicola nach Versuchen von STOKLASA durch Jodgaben in ihrer stickstoffbindenden Arbeit gefördert werden sollen. Denitrifizierende Bakterien sollen jedoch benachteiligt werden. Auch auf die Zuckerrübe übt das Jod insofern eine nachteilige Wirkung aus, als der Zuckergehalt schneller veratmet wird. Hierin wie auch in der von ihm beobachteten reichlicheren Umwandlung von Saccharose in Furfurol bei Mais, Erbsen, Kartoffeln und anderen Pflanzen sieht STOKLASA, der sich mit besonderem Nachdruck für die biogene

<sup>1</sup> STOKLASA: Physiologische Funktion des Jods. Biochem. Z. 1926, 176.

<sup>2</sup> SCHARRER und SCHWAIBOLD: Untersuchungen einiger Kulturpflanzen auf ihren Jodgehalt und dessen Steigerung durch Joddüngung. Biochem. Z. 1927, 188.

<sup>3</sup> v. WRANGELL: Jod als Pflanzennährstoff. Naturwiss. 1927, H. 3.

<sup>4</sup> STROBEL und SCHARRER: Zur Jodfrage. Naturwiss. 1927, H. 15, 70.

Natur des Jods bei den Pflanzen einsetzt, die spezifische Wirkung des Jods: Erhöhung der Atemenergie oder ganz allgemein: Verstärkung der oxydativen Prozesse in der Pflanze.

Viel zahlreicher und gewichtiger sind die Beweise für die Lebensnotwendigkeit des Jods bei den Tieren und beim Menschen. Hierüber gibt es kaum noch abweichende Meinungen. Zahlreiche Tierversuche und Erfahrungen am Menschen haben gezeigt, daß Jodmangel schwere Erkrankungen: Kropfbildung und Kretinismus nach sich zieht, und daß durch Jodgaben andererseits diese Krankheiten zu bekämpfen und zu heilen sind. Einige Beispiele mögen diese außerordentlich wichtigen Tatsachen näher beleuchten. Durch jodarme Nahrung erzeugten MC CLENDON und HAYDEN<sup>1</sup>, WERNER und RUCKER<sup>2</sup> Schilddrüsenschwellung, d. h. deutliche Kropfbildung bei weißen Ratten. HATHAWAY<sup>3</sup> berichtet darüber, daß man in einer amerikanischen Kropfgegend von 4000 Schulkindern (Mädchen) die Hälfte mit Jod behandelte (10 mg in organ. Form pro Woche), die andere Hälfte erhielt kein Jod. Nach 4 Jahren gab es unter den ersteren keine Kropfbildung, von der zweiten Hälfte hatten 27,6% Kropf. Ähnliche Erfolge hatte EGGENBERGER in der Schweiz mit  $\frac{1}{10}$  mg Jod täglich.

Jodgaben hatten weiter eine günstige Wirkung auf den Milchtrag von Ziegen (etwa + 10% bis 18%)<sup>4</sup>, auf das Wachstum bei Schweinen (+ 3 bis 13%)<sup>5</sup>, Ratten (10 bis 20%)<sup>6</sup>, Kaulquappen<sup>6</sup> und bei Lämmern<sup>7</sup>. Immer wieder zeigte sich, so daß darüber wohl kein Zweifel mehr bestehen kann, daß alle Wirkungen des Jods identisch sind mit denen der Schilddrüse und der aus ihr gewonnenen Jodverbindung Thyroxin, wobei allerdings noch die Möglichkeit offen bleibt, daß daneben noch andere Stoffe der Schilddrüse mitwirken. Damit stimmen auch die zahlreichen Untersuchungen über die Verteilung des Jods im tierischen und menschlichen Körper überein, die feststellten, daß der Hauptanteil des Jods stets auf die Schilddrüse entfällt. Alle Erkrankungen, die auf die Schilddrüse zurückzuführen sind, wie der endemische Kropf und Kretinismus,

sind in erster Linie als Jodmangel-Krankheiten zu bezeichnen. Das gilt in etwas anderem Sinne auch von der Basedowschen Augenkrankheit, deren Zusammenhang mit der Schilddrüse auch schon seit längerer Zeit bekannt ist<sup>1</sup>. Hier liegt überhaupt der Angelpunkt der im letzten Jahrzehnt so zahlreich gewordenen Untersuchungen über die Jodfrage. Es ist die Hoffnung, diese unheilvollen Volkskrankheiten wirkungsvoll bekämpfen und ausrotten zu können. Darum ist es auch kein Zufall, daß der größte Teil der hierüber vorliegenden Veröffentlichungen aus Ländern stammt, wo Kropf und Kretinismus endemisch auftreten, nämlich: Süd-Frankreich, Schweiz, Süddeutschland, Nordamerika (Minnesota).

Für den menschlichen wie auch für den tierischen Organismus ist also das Jod auch in dem Sinne ein biogenes Element, als es unbedingt lebensnotwendig ist. Wir können somit erwarten, daß das Jod, wie alle biogenen Elemente im Organismus einem Stoffwechselprozeß unterworfen ist; es wird einen eigenen Jodstoffwechsel mit einer besonderen Jodbilanz geben müssen. Es ist von FELLEBERG'S Verdienst, trotz der sehr großen Schwierigkeiten hierüber schon mancherlei Klarheit gebracht zu haben. Als Jodquelle kommen für den menschlichen Körper die mannigfachen Nahrungsmittel in Frage. Die Menge des so zur Aufnahme gelangenden Jods ließ sich für eine bestimmte Versuchsperiode auf Grund von Jodanalysen berechnen. Die abgegebenen Mengen wurden durch Analyse von Harn, Fäces und Schweiß, Nasensekret, Haaren und Nägeln desgleichen ermittelt und danach eine Jodbilanz folgender Art gewonnen:

Bei geringer Jodmenge in der Nahrung, 14,3  $\gamma$  pro Tag, hielt sich die Ausscheidung ein wenig darüber, es trat also ein geringer Jodverlust für den Körper ein; im ganzen aber war zu sagen, was zufließt, wurde auch wieder abgegeben. Nach Erhöhung des Jodgehalts in der Nahrung auf 52,6  $\gamma$  blieb die Jodabgabe erheblich darunter, es kam also zu einer Jodspeicherung im Körper. Das gleiche galt zunächst von 71,9  $\gamma$ . Als dann aber längere Zeit diese höheren Jodgaben dem Körper zugeführt worden waren, wurde die Ausscheidung größer, bis sie etwa die Menge des aufgenommenen Jods erreichte. v. FELLEBERG erklärt diese Ergebnisse damit, daß der Körper eine doppelte Jodreserve besitzt, 1. eine sog. aktuelle und 2. die potentielle. Diese beiden Reserven sind in der Skizze durch die beiden miteinander kommunizierenden Gefäße A und P zur Darstellung gebracht (siehe S. 35).

Die Pfeile geben Zufluß und Abfluß an. I gibt den oben zuerst beschriebenen Fall wieder: länger anhaltender geringer Zufluß von Jod führt zur Verminderung bei der Reserve, in erster Linie der aktuellen A, die sich noch aus der potentiellen Reserve P ergänzt. II: der stärkere Zufluß führt zu einer Auffüllung der Reserven. III: die Reserven sind aufgefüllt, der Abfluß entspricht jetzt wieder dem Zufluß.

<sup>1</sup> MC CLENDON und HAYDEN: University of Minnesota 1926/1927.

<sup>2</sup> HEYDEN, WERNER und RUCKER: Production of goiter in rats by restricted iodine feeding. Univ. of Minnesota 1926/1927.

<sup>3</sup> HATHAWAY: Prevention of simple goiter. Univ. of Minnesota 1926/1927.

<sup>4</sup> NIKLAS, STROBEL und SCHARER: Jod als biogenes Element. Biochem. Z. 170. — STROBEL: Joddüngungs- und Fütterungsversuche. Z. angew. Chem. Jg. 39, 1208.

<sup>5</sup> MAURER und DIEZ: Zur Kenntnis des Jods als biogenes Element. Biochem. Z. 182 (1927).

<sup>6</sup> ROMEIS: Wirkungen des Thyroxins. Univ. of Minnesota 1926/1927.

<sup>7</sup> GOLF und BIRNBACH: Ein Fütterungsversuch mit Jodkalium an Zibben und Hammellämmern. Dtsch. landw. Tierz. Jg. 31, Nr 11 (1927).

<sup>1</sup> BIEDL: Innere Sekretion. 1913.

Dieser letztere Zustand ist auf die Dauer als der normale anzusehen. Danach also ist es möglich, aus der Menge des Jodabflusses aus dem Körper Schlüsse auf den Jodstoffwechsel zu ziehen. Da nun der bei weitem größte Teil des Jods mit großer Beständigkeit den Körper im Harn verläßt, müssen geringe im Harn gefundene Jodmengen als Kennzeichen für ungenügende oder jedenfalls geringe Jodversorgung angesehen werden<sup>1</sup>.

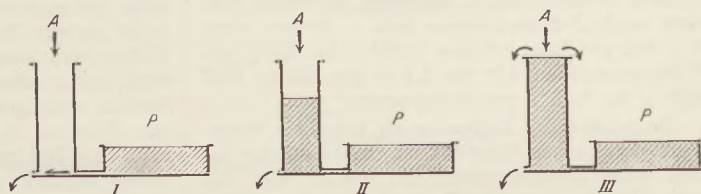
Mehrfache Untersuchungen haben gezeigt, daß die aktuelle Reserve vermutlich dargestellt wird durch den Jodgehalt der Schilddrüse, bei Erhöhung der Jodgaben scheint diese sich zuerst des Jods zu bemächtigen, falls vorher Jodmangel geherrscht hat. Die potentielle Reserve ist auf den Körper verteilt, doch scheinen einige Organe, wie Milz, Leber, Hypophyse, Nebennieren, Eierstöcke, Magen und Lunge bevorzugt zu sein. Es ist in diesem Zusammenhang sehr bemerkenswert, daß v. FELLEBERG in dem Harn von Kropfkranken tatsächlich eine stark herabgesetzte Jodausscheidung gefunden hat.

Wenn nun Jod und Kropfbildung in der geschilderten Weise in Verbindung gebracht

werden, so ergibt sich die sehr nahe liegende Frage, ob das Auftreten des Kropfes in bestimmten Gegenden tatsächlich auf eine verminderte Jodzufuhr mit den Nahrungsmitteln einschließlich des Trinkwassers zurückzuführen ist, und wie dieser etwaige Jodmangel sich erklären läßt. Dazu ist erforderlich, vorher einiges über das Wesen dieser eigenartigen Krankheit zu sagen.

Sie scheint so alt zu sein wie die Menschheit selbst und von jeher in gebirgigen, dem Meere ferneren und humus- und bodenkrumearmen Gegenden zu Hause gewesen zu sein. Die Chinesen bekämpften sie vor 4000 Jahren, wie auch später die Griechen und andere Völker, mit der Asche des Badeschwammes. Die Entdeckungen unserer Zeit geben die Erklärung für die Wirksamkeit dieses Heilmittels. Der Badeschwamm erweist sich nämlich als das jodreichste Naturprodukt, das bisher festgestellt wurde, er enthält 3870000  $\gamma$  Jod pro Kilogramm frischer Substanz gegen z. B. 30  $\gamma$  Jod im Kopfsalat, 190  $\gamma$  Jod in der Bachkresse und 7200  $\gamma$  Jod im Lebertran (!). HIPPOKRATES vermutete schon, daß dem Trinkwasser Schuld an dem Auftreten der Krankheit zu geben sei. Neben vielen anderen Erklärungen hat gerade diese sich am hartnäckigsten erhalten. Auch hier hat die moderne Wissenschaft eine Aufklärung gegeben. Außerordentlich zahlreiche Trinkwasseranalysen<sup>2</sup> haben

gezeigt, daß in den Kropfgebieten der Jodgehalt im Trinkwasser auffallend gering ist. McCLENDON hat eine Karte herstellen können, aus der hervorgeht, wie die Gebiete mit einem Gehalt von nur 1 bis höchstens 22  $\gamma$  Jod in 100 l Wasser zusammenfallen mit Kropfgebieten, und der Gehalt von 23  $\gamma$  bis 18470  $\gamma$  Jod im Trinkwasser im allgemeinen mit kropffreien Gegenden identisch ist. v. FELLEBERG gelang es weiter nachzuweisen, daß bei zwei benachbarten Dörfern, einem kropffreien und einem mit endemischem Kropf, das erstere in seinem Trinkwasser einen vielfach höheren Jodgehalt hatte als das zweite, 1,40  $\gamma$  Jod zu 0,067  $\gamma$  Jod pro Liter. Danach scheint in der Tat dem Trinkwasser eine entscheidende Bedeutung für das Auftreten von Kropf zuzuschreiben zu sein<sup>1</sup>. Wenn man aber berücksichtigt, daß zum normalen Jodstoffwechsel eine tägliche Menge von etwa 70  $\gamma$ , nach BLEYER sogar 150 bis



Schema zum Jodstoffwechsel des Menschen.

200  $\gamma$  Jod erforderlich ist, so wäre es, um durch das Trinkwasser allein diese Menge dem Körper einzuverleiben, nötig, täglich im günstigsten Falle etwa 50 l Wasser zu trinken. Der geringe Jodgehalt des Trinkwassers kann darum nicht die unmittelbare Ursache der Kropfkrankheit sein, er ist nur ein Indikator für Jodmangel in der Umwelt überhaupt. Diese Auffassung hat sich vielfach durch Feststellung des Jodgehaltes in den Nahrungsmitteln, in der Luft, im Erdboden usw., kropfverseuchten Gegenden einerseits und den kropffreien Gegenden andererseits bestätigen lassen.

Als Hauptergebnis der Analysen zur Feststellung des Jodvorkommens in der Natur muß festgehalten werden, daß erstens auch in der anorganischen Natur Jod überall auftritt, daß zweitens aber die Mengen sehr verschieden sind, und daß es oft sehr schwierig ist, Gründe für diese unterschiedliche Verteilung zu erkennen. Immerhin sind hierfür auch einige sehr interessante Zusammenhänge erkannt worden, und es ist sogar möglich gewesen, die Grundlagen für einen Jodkreislauf in der Natur zu gewinnen.

Besondere Schwierigkeiten machte es, den Jodgehalt der Gesteine und Mineralien zu Herkunft, Alter usw. in Beziehung zu bringen. Die gefundenen Mengen schwanken zwischen 50  $\gamma$  bei einem gewissen Calcit und 38 000  $\gamma$  bei einem

setzung von ostpreußischen Trinkwässern mit besonderer Berücksichtigung des Jod- u. Alkali-gehalts. Schr. d. Phys.-ökon. Ges. Königsberg 66, 1927.

<sup>1</sup> Siehe auch BLEYER: Zur Kenntnis des Jods als biogenes Element. Biochem. Z. 1926, 170.

<sup>1</sup> Siehe auch Fütterungsversuch mit Rindern, der ein ähnliches Resultat ergab. v. FELLEBERG: Joddüngung und Jodfütterung. Biochem. Z. 1925, 160.

<sup>2</sup> CHATIN, v. FELLEBERG, McCLENDON, l. c.; s. auch MATTHES und WALLRABE, Die Zusammen-

Rotkupfererz. Das Alter der Formationen, denen die Gesteine entstammen, scheint ohne Einfluß zu sein. Auch die Verbreitung des Kropfes ließ sich nicht zu bestimmten geologischen Formationen in Beziehung bringen<sup>1</sup>. Auffällig hohe Zahlen wurden wiederholt gefunden in Sedimenten des Jura und des Malms. Sedimente und Eruptivgesteine unterschieden sich nicht wesentlich<sup>2</sup>. Wohl aber waren fossilreiche Gesteine bedeutend jodreicher als fossilarme und die Verwitterungserden reicher an Jod als die unzerstörten Gesteine, aus denen sie hervorgegangen waren. Diese letztere Feststellung ist überraschend, da man eher annehmen sollte, daß unter dem Einfluß der Atmosphärien eine Auslaugung, also Verluste eintreten mußten. Es kommt aber im Gegenteil zu einer Vermehrung des Jodgehalts. Dieses hinzukommende Jod soll nach v. FELLEBERG aus den verschiedensten Niederschlägen stammen, in denen sich stets auch Jod nachweisen ließ — Regen: etwa 1  $\gamma$  Jod pro Liter, Schnee 0,045  $\gamma$  bis 2,7  $\gamma$  pro Kilogramm, Tau 4,8 bis 7,1  $\gamma$  pro Liter, Reif 2,89  $\gamma$  bis 8,35  $\gamma$  pro Kilogramm.

Je reicher der Erdboden an toter wie lebendiger organischer Substanz ist, desto stärker ist nun seine Jodabsorption. So erklärt sich der hohe Gehalt an Jod in Torfböden. Sehr zur Erhöhung des Jodgehaltes im Boden sollen auch die Mikroorganismen beitragen: Algen 3000  $\gamma$  Jod pro Kilogramm, Flechten 140 bis 500  $\gamma$  Jod pro Kilogramm. Andererseits haben nun aber, wie sich nachweisen ließ, alle Erdböden, Gesteine, Gewässer, lagernde Regen- und Schneemassen die Eigentümlichkeit, Jod an die Luft abzugeben, und dieses Jod gibt dem erstaunlicherweise ebenfalls wiederholt<sup>3</sup> festgestellten Jodgehalt der Luft seinen Ursprung. Aus der Luft weiter entnehmen die Niederschläge die oben erwähnten Jodmengen und führen sie dem Boden und den Gewässern wieder zu, wobei anscheinend eine gewisse Speicherung in Böden mit reichlicher toter wie lebender organischer Substanz stattfindet. Im ganzen bietet sich hier ein Teilkreislauf des Jods dar, der einestils zu einer Verschiebung des Jodgehalts im festen Gestein mit geringer Absorptionskraft und ständiger Abgabe von Jod zu den humusreicheren Erden führt, und andererseits eine allmähliche Verminderung des Jods auf den Landmassen überhaupt dadurch bedingt, daß mit den Flüssen ein Teil des Jods ins Meer übergeführt wird.

Diese Auffassung findet eine Bestätigung in

<sup>1</sup> Bemerkenswert ist, daß nach MATTHES und WALLRABE l. c. die ostpreußischen Kropffälle auf den Ausläufern des baltischen Höhenrückens beobachtet wurden und daß der Jodgehalt der Trinkwässer in Fluß- und Urstromgebieten im allgemeinen hoch ist.

<sup>2</sup> v. FELLEBERG: Jodgehalt in Steinen und Erden. Biochem. Z. 1924. v. FELLEBERG und LUNDE: Beitrag zur Geochemie des Jods. Biochem. Z. 1926, 175.

<sup>3</sup> v. FELLEBERG: l. c.

den verhältnismäßig hohen Jodzahlen der Meere und besonders der Meeresorganismen, die, wie Meeresalgen, Fische, Badeschwamm u. a., zu den jodreichsten Lebewesen zählen. Der Jodgehalt des Meerwassers selbst schwankt wie der süßer Gewässer und Quellen sehr: Meerwasser von Biarritz 12 bis 20  $\gamma$  Jod pro Liter, Mittelmeer 0,3 bis 9  $\gamma$  Jod, Capri 17,4  $\gamma$ , Atlantischer Ozean 50  $\gamma$ , Kanal (Wight) 14  $\gamma$ , Helgoland 17  $\gamma$ , während die Fluß-, Quell- und Trinkwässer 0,38  $\gamma$  bis 1,32  $\gamma$  nach v. FELLEBERG, etwa 0,22  $\gamma$  nach Mc CLENDON und 1,4  $\gamma$  nach BLEYER enthalten<sup>1</sup>. Doch bleiben viele süße Gewässer noch erheblich unter diesen Zahlen<sup>2</sup>.

Ganz besonders auffällig ist zunächst der Jodgehalt der Luft. Berücksichtigt man aber die große Flüchtigkeit des Jods und sein verhältnismäßig leichtes Freiwerden aus Verbindungen, so erscheint diese Tatsache nicht mehr so eigenartig, um so weniger, als es sich naturgemäß um recht geringe Mengen handelt. Gerade aber die Luftuntersuchung, die vor allem von v. FELLEBERG mit großer Sorgfalt ausgeführt worden ist, hat zu wichtigen Schlüssen über das Verhalten des Jods auf der Erde geführt. Schon CHATIN entdeckte Jod in der Luft, ebenso auch GEUTHIER, dieser letztere aber nur organisch gebundenes Jod. CHATIN erhielt aus 1 cbm Luft 0,5  $\gamma$  Jod, v. FELLEBERG 0,04  $\gamma$  pro Kubikmeter. Eine Versuchsreihe des letzteren Forschers hatte sehr interessante Resultate:

Morgens, dicht über dem stark mit Tau bedeckten Boden: 2,54  $\gamma$  Jod pro 1 cbm Luft; nachmittags nach Verdunsten des Taus, bei windigem Wetter: 0,62  $\gamma$  Jod pro 1 cbm Luft. In Atemhöhe morgens nach schwacher Taubildung und geringer Tauverdunstung: 0,16  $\gamma$  Jod, nachmittags 0,09  $\gamma$  Jod pro 1 cbm Luft. Daraus und aus ähnlichen weiteren Zahlen geht hervor, daß der verhältnismäßig jodreiche Tau seinen Jodgehalt an die Luft abgibt und deren Jodzahl besonders in den untersten Luftschichten erhöht. Eine überraschende Parallele hierzu bildet die Feststellung, daß an einem Buchenstamme wachsende Grünalgen dicht über dem Boden einen größeren Jodgehalt hatten als in etwa 2 m Höhe (1560  $\gamma$ : 980  $\gamma$ ) und daß das gleiche Resultat sich ergab an den in verschiedener Höhe entnommenen Blättern einer Thuja occidentalis. Auch daß dicht über dem Boden aufgefangenes Regenwasser einen größeren Jodgehalt hatte als in einiger Höhe gesammeltes, und ganz besonders hohe Werte für Tau und Reif gefunden wurden (s. o.), mag hier erwähnt werden. Wesentlich ist danach zweierlei, daß die Erde dauernd Jod

<sup>1</sup> Verhältnismäßig hohe Werte fanden MATTHES und WALLRABE in ihren zahlreichen ostpreußischen Analysen: im Durchschnitt etwa 5  $\gamma$ .

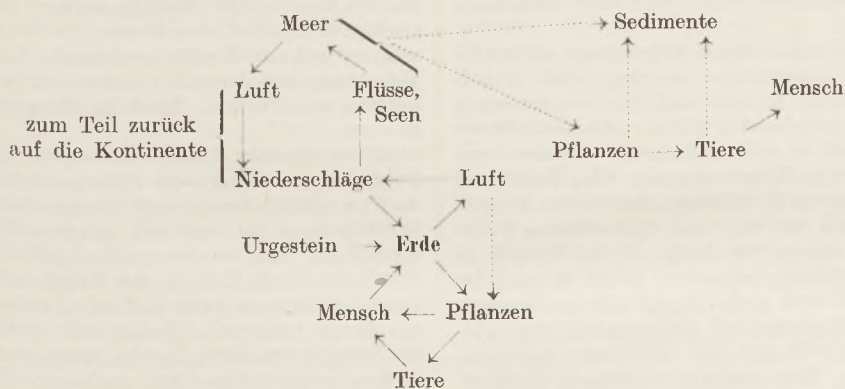
<sup>2</sup> Eine Ausnahme bilden die bekannten Jodquellen von Tölz, „Jodtrinkquelle“ 996  $\gamma$  pro 1 l, Heilbrunn, Oberbayern, „Adelheidquelle“ 24 000  $\gamma$  pro 1 l, Wiessee b. Tegernsee, „Jodquelle“ 40 000  $\gamma$  pro 1 l, Passug, Schweiz, „Fortunatus“ 1005  $\gamma$  pro 1 l, Wildegger „Jodwässer“, Schweiz 6310  $\gamma$  pro 1 l.

abgibt, und daß die Pflanzen offenbar in der Lage sind, durch ihre Blätter das Jod direkt aufzunehmen, derart, daß die Luft zwischen solchen Blättern sich als weniger jodhaltig erwies als entsprechende Luft auf kahlem Boden. Auch der auffällig hohe Jodgehalt in den Blättern von Spinat, Feldsalat, Gräsern, also Pflanzen mit dicht über dem Boden befindlichen Blättern, wie auch die Tatsache, daß überhaupt die grünen oberirdischen Teile der Pflanzen viel mehr Jod führen als die Wurzeln, Knollen usw., können hierin eine Deutung finden.

Wie steht es nun mit den Jodmengen in der Luft über den Meeren? Es liegt leider nur eine direkte Bestimmung darüber vor: CHATIN fand 16,7  $\gamma$  pro Kubikmeter gegen 0,5  $\gamma$  in Landluft und 1,35  $\gamma$  in Pariser Luft. Da eine Absorption durch Pflanzen wegfällt, so dürfte die CHATINSCH

schlechter sein als in Kropffarmen. Es soll in Kürze untersucht werden, ob dies wirklich der Fall ist, und was die Gründe für eine etwa nachgewiesene Jodarmut einer Gegend sein können.

Da der größte Teil des dem menschlichen Körper zugeführten Jods aus den Nahrungsmitteln kommt, war es in erster Linie wichtig, den Jodgehalt bodenständiger Nahrungsmittel in Kropffegenden und solchen, die frei von Kropf sind, vergleichend zu untersuchen. Das ist in sehr vielen Fällen von MC CLENDON und seinen Mitarbeitern und von v. FELLEBERG durchgeführt worden. Wenn im Einzelnen auch noch Unstimmigkeiten bleiben, so kann man doch sagen, daß in der Tat der Jodgehalt von Lebensmitteln kropffreier Gegenden oft recht beträchtlich höher ist. v. FELLEBERG berechnet z. B. auf Grund seiner Analysen, daß die Bevölkerung in einem



Kreislauf des Jods in der Natur.

Bestimmung wenigstens wohl das richtige Verhältnis treffen. Daß Stadtluft mehr Jod enthält, wies auch v. FELLEBERG nach. Die Ursache hierfür soll in den hohen Jodzahlen von Ruß und Flugasche zu suchen sein.

Diese Kenntnis vom Auftreten des Jods auf der Erde ermöglichen es nun schon, ein einigermaßen vollständiges Bild von der Bedeutung des Jods und von dem Kreislauf, dem es unterworfen ist, zu machen; siehe die obige, nach v. FELLEBERG geänderte Skizze.

Wie wohl zu erwarten war, stellt sich der Jodkreislauf nicht als ein einziger Ring dar, sondern er setzt sich aus mehreren miteinander verbundenen Teilkreisläufen zusammen.

Es wurde oben bereits ausgeführt, daß es gelungen ist, Kropfbildung und endemischen Kretinismus als Jodmangelkrankheiten aufzudecken. Ja, man wollte die unmittelbare Ursache in dem geringen Jodgehalt des Trinkwassers finden, wozu besonders die MC CLENDONSCHEN Untersuchungen Anlaß geben könnten. Wir haben aber gesehen, daß dem Trinkwasser direkt unmöglich diese Bedeutung zugeschrieben werden kann. Die Gesamtjodversorgung muß, wenn überhaupt die Beziehung Kropf—Jod aufrecht erhalten werden soll, in kropffreier Gegend

Kropfdorf (Signau) täglich nur 13,0  $\gamma$  Jod erhält, in einem kropffreien Dorf (Chaux) dagegen 31,3  $\gamma$  Jod<sup>1</sup>; d. h. in Signau lebt die Bevölkerung etwa in dem Jodstoffwechszustand I unserer obigen Zeichnung. MC CLENDON erhielt ähnlich niedrige Zahlen für Minnesota, Kropffegende: 16  $\gamma$  Jod täglich. Während einige andere von v. FELLEBERG untersuchte Dörfer hinsichtlich der Lebensmittel kein klares Bild ergaben, ließen Wasser-, Luft-, Erd- und Harnanalysen den Zusammenhang Jod—Kropf sehr deutlich erkennen.

Wie gesagt, haben nicht immer die Beziehungen zwischen Jodmenge der Nahrungsmittel und Auftreten des Kropfes sich so gut aufzeigen lassen. Hier sind unsere Kenntnisse noch lückenhaft. BLEYER fand für Eier, Roggen- und Weizenmehl, sowie für Trinkwasser ähnliche Resultate wie v. FELLEBERG. Dagegen z. B. nicht für Heu und für Böden. Die Zahlen MC CLENDONS sind nicht immer beweiskräftig, auch v. FELLEBERG hat

<sup>1</sup> Im Vergleich zu den oben bereits angeführten Werten, übrigens eine geringe Zahl, die allerdings noch doppelt so hoch ist als diejenige, bei der v. FELLEBERG in seinen Stoffwechselversuchen Jodmangel feststellte.

## Jodgehalte.

	Kropf	Jod im Trinkwasser pro Liter	Jod in der Luft	Jod im Kilogramm Gestein	Jod im Kilogramm Erde	Jod im Harn (24 Std.)
	%	γ	γ	γ	γ	γ
Kaisten . . . . .	62	{ 0,54 1. Quelle 0,84 2. Quelle	} 0,03	400	800—2000	198
Hunzenschwil . . . . .	56	{ 0,25 1. Brunnen 0,04 2. Quelle	} —	300—700	600	17
Hornussen . . . . .	12	—	—	800	5 000	—
Effingen . . . . .	1	{ 3,08 1. Quelle 2,00 2. Quelle	} 0,51	5000—9000	12 000	64
Forte dei Marni (Mittell. Meer)	0	(Tau 18)	—	120—600	6 000	112

aus anderen Analysen keine Klarheit gewinnen können, besonders hinsichtlich der Nahrungsmittel.

Es kann nach diesen Ergebnissen als wahrscheinlich angenommen werden, daß Kropfgebieten solche Gebiete sind, in denen zu wenig Jod in der umgebenden Natur vorkommt. Dieser Befund steht in vollem Einklang mit dem, was über künstliche Kropferzeugung, über Verhütung und Heilung von Kropf ausgeführt werden konnte.

Wenn wir uns nun aber der weiteren Frage zuwenden, warum der Jodgehalt der Umwelt in solchen Gegenden gering ist, so ist es zunächst erforderlich, sich noch einmal klar zu machen, wie diese Kropfgebiete geographisch charakterisiert sind. Stets sind es Gebirgsgegenden: Alpengebiet, Zentralafrika, Himalaya, südwestliches China, östliche Mongolei, Südastralien, Anden, das gebirgige Nordamerika. Überall, wo das Gebirge ans Meer herankommt, tritt der Kropf zurück.

Andererseits sind Inseln und Tiefländer stets so gut wie völlig frei von Kropf. Es liegt somit die Vermutung nahe, daß das Meer ein ständig Jod lieferndes Reservoir ist, und daß Jodmangel überall dort auftreten muß, wo Meeresferne oder Gebirge, vor allem beides zusammen die Auffüllung des stets abnehmenden Jodvorrats des Erdbodens durch das Meer nicht möglich macht<sup>1</sup>. Es ist kaum anzunehmen, daß sich alle Verhältnisse auf diese einfache Formel bringen lassen werden. Unsere Kenntnisse sind auch in dieser Hinsicht einstweilen noch viel zu gering. So mag gewiß auch für den Jodgehalt eines Bodens von Bedeutung sein, wie lange eine Meerestransgression in der betreffenden Gegend zurückliegt. Jedenfalls will CLENDON die Kropffreiheit und reichliche Jodführung des südlichen Teiles der Vereinigten Staaten hierauf zurückführen. Außerdem ist hier auch hinzuweisen auf die geringe Jodabsorptionsfähigkeit bei Gesteinen und demnach auch bei den im Gebirge vor-

herrschenden humus- und mikroorganismenarmen Geröllböden (s. o.). Noch in anderer Beziehung reicht der Einfluß des Meeres für die Jodversorgung auf die Festländer hinauf, das ist die Belieferung mit besonders jodreichen Nahrungsmitteln, wie Fischen, Muscheln, Tangen (Japan) u. a. m.

Trotz mancher Unsicherheiten, die der Jodfrage noch anhängen — es kann gar kein Zweifel darüber sein, daß noch viele Nachprüfungen und Bestätigungen der zugrunde gelegten Tatsachen erforderlich sind — kann doch zielbewußt die Prophylaxe und Heilung der Kropfkrankheit in Angriff genommen werden. Das ist auch in stark mit Kropf befallenen Ländern, wie insbesondere der Schweiz und Nordamerika, längst mit großen Opfern mannigfaltiger Art geschehen. Man mag vielleicht im Zweifel sein, ob diese Krankheit denn einer so ernstlichen Beachtung überhaupt bedarf. Es wird aber der Hinweis darauf schon genügen, daß in den oben genannten Ländern oft weit über 50% der Bevölkerung kropfkrank ist, und daß, wenn auch die Kropfkranken selbst im allgemeinen nicht unter großen Beschwerden zu leiden haben, ihre Enkelkinder, manchmal aber auch schon ihre Kinder oft dem Kretinismus verfallen, um die große Bedeutung der Jodfrage gerade nach dieser Seite hin vollends zu erkennen.

Es ist an dieser Stelle zum vollen Verständnis erforderlich, einige wesentliche Züge im Krankheitsbild des endemischen Kropfes wie des endemischen Kretinismus in aller Kürze herauszuheben. Die Kropfkrankheit kennzeichnet sich durch eine mehr oder weniger starke Anschwellung der Schilddrüse. Versuche, diese Schwellungen operativ zu beseitigen, haben beim Menschen wie auch bei Tieren zu verhängnisvollen Folgen geführt. Im jugendlichen Zustand trat Wachstums- hemmung — Zwergwuchs — mangelhafte Verknöcherung, mangelhafte Entwicklung der Geschlechtsorgane, Herabsetzung des Stoffwechsels und vor allem apathische Idiotie, oft verbunden mit Taubheit, mit einem Wort Kretinismus auf. Im ausgebildeten Körper stellte sich nach der Operation ein: wachartige, schweißlose Haut, Unfruchtbarkeit, Menorrhagie bei den Frauen und ebenfalls apathische Idiotie. Die gleichen

<sup>1</sup> Selbst für kleinere Gebiete scheint dies zuzutreffen; so fanden MATTHES und WALLRABE in Wässern nahe der Ostsee mehr Jod als in solchen im Innern Ostpreußens.

Erscheinungen werden beobachtet, wenn angeborene oder erworbene Schilddrüsenatrophie vorliegt. In vielen Fällen gelang Heilung oder Besserung durch Verabreichung von Schilddrüsensubstanz, insbesondere dem oben bereits erwähnten Thyroxin, als dessen wirksamer Bestandteil das Jod angesehen wird. Mangelhafte Jodversorgung ist also die Ursache. So erklärt es sich, daß Kinder, die von kropfkranken, d. h. Jodmangel-kranken Frauen genährt wurden, oft Kretins werden. Die Jodzufuhr ist in diesen Fällen ganz ungenügend, wie auch außerdem der dem Neugeborenen in seiner Schilddrüse mitgegebene Jodvorrat sehr gering ist, wenn nicht ganz fehlt.

Wie aber kommt es, daß bei Jodmangel die Schilddrüse anschwillt und sich Kropf bildet? Wie steht es mit dem Jodgehalt solcher Schilddrüsen? Überraschenderweise ist der Gesamtjodvorrat in diesen Drüsen ebenso groß wie der normale, der prozentuale Gehalt naturgemäß aber sehr viel geringer. Eine Erklärung für diese Erscheinung wird in folgendem gesehen: die Schilddrüse verhält sich wie Nieren, von denen eine im Tierversuch mit ihrem Ureter an den Zwölffingerdarm angeschlossen wird. Beide Nieren schwellen an, da ihre Beanspruchung und damit ihre Leistungen sich erhöhen. Auch bei der Schilddrüse scheint bei Kropfbildung eine solche höhere Beanspruchung vorzuliegen. Die Schilddrüse hat allem Anschein nach die Aufgabe, aus dem Jod, das dem Körper zugeführt wird, Thyroxin zu bereiten. Wie bei allen chemischen Reaktionen hängt auch die Menge des gebildeten Thyroxin ( $c$ ) ab von der Konzentration der Ausgangsstoffe ( $a$  u.  $b$ ):  $c$  proportional  $a \cdot b$ :  $e = K \cdot a \cdot b$ . Ist  $a$ , die Konzentration des im Körper vorhandenen Jods, gering;  $b$ , die Konzentration der zweiten zur Bildung des Thyroxins notwendigen Komponente normal, (Fall I in v. FELLEBERG'S Darstellung der aktuellen und potentiellen Reserve, siehe oben), so ist  $e$ , die Menge des gebildeten Thyroxins, klein, wenn nicht, um doch zu einem normalen Thyroxin-vorrat zu kommen, die Drüse ihre Leistung und damit ihr Volumen vergrößert, also anschwillt. Dabei wäre demnach Ziel des Körpers: Bildung von genügender Menge Thyroxin unter allen Umständen. Das ist nur zu verstehen, wenn das Thyroxin und damit die Schilddrüse in bestimmender Form lebenswichtige Prozesse im Körper beeinflusst. Es ist in neuerer Zeit wiederholt der Versuch gemacht worden, diese wichtige Rolle des Thyroxins aufzudecken. Bereits oben wurde ausgeführt, wie das Thyroxin in sehr verschiedenen Tierversuchen das Wachstum im fördernden Sinn beeinflusste. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, kann wohl als Resultat der neueren Arbeiten<sup>1</sup> angesehen werden, daß das Thyroxin in der Art eines dissimilatorischen und assimilatorischen Hormons in weitreichendem Maße auf den Stoffwechsel, das Herz, das sympathische Nervensystem, die Hypophyse und die

Nebennieren<sup>1</sup> einwirkt. Damit finden sich diese Ergebnisse im Einklang mit den bereits wiederholt hervorgehobenen, durch Jodgaben hervorgerufenen Stoffwechselwirkungen sowohl bei Tieren wie auch bei Pflanzen (STOKLASA u. a., l. c.).

Daß nach dem augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse alle prophylaktischen und Heilbestrebungen hinsichtlich des endemischen Kropfs und des endemischen Kretinismus darauf hinausgehen, auf die eine oder andere Weise die Jodzufuhr mit der Nahrung oder dem Trinkwasser zu heben, ist nach dem Ausgeführten nun wohl ohne weiteres verständlich, ebenso auch wohl, daß die ganze Jodfrage, abgesehen von dem rein wissenschaftlichen Interesse, die ernsteste Beachtung verdient, wie sie ja auch schon aus der äußerst zahlreichen Jodliteratur der neueren Zeit hervorgeht.

Die eingeschlagenen Wege sind verschieden. In Nordamerika hat man, außer den bereits erwähnten direkten Jodgaben in Gestalt von Tabletten, vorgeschlagen, das Trinkwasser der Städte zu jodieren<sup>2</sup>, in der Schweiz, wo es sich im Gegensatz zu Nordamerika hauptsächlich um Dorfbevölkerung handelt, die Jodierung des Kochsalzes<sup>3</sup> in den gefährdeten Gebieten bereits eingeführt. Einzelne Beobachtungen aber, die zeigten, daß anorganisches Jod und, wie es scheint, auch das Jod von grünen Pflanzenteilen (v. FELLEBERG)<sup>4</sup> nicht immer gut resorbiert wird, haben in der letzten Zeit auf den Gedanken gebracht, ganz allgemein den Jodgehalt unserer Nahrungsmittel sowohl der pflanzlichen wie der tierischen zu heben. Es mag hierzu auch die gelegentlich gemachte, aber wohl noch nicht genügend begründete Feststellung beigetragen haben, daß auch nicht gerade zu Kropf neigende Personen, insbesondere Kinder, durch Erhöhung der Jodzufuhr günstig beeinflusst werden<sup>5</sup> (Nebenwirkung des Lebertrans?). Andererseits ist oft die Befürchtung laut geworden, daß zu viel Jod auch schädlich wirken kann durch Hervorrufen der Basedowschen Krankheit, die im Gegensatz zum Kropf auf zu großer Jodansammlung in der Schilddrüse und zu lebhafter Thyroxinwirkung zu beruhen scheint.

Voraussetzung für ein Vorgehen in dieser Richtung ist naturgemäß, daß es überhaupt möglich ist, den Jodvorrat der Feldfrüchte und den der tierischen Produkte der Landwirtschaft zu erhöhen. Diese Erhöhung darf freilich, insbesondere wenn es sich um eine allgemeine Hebung der Jodversorgung in dem obigen Sinne handelt, keine besonderen Kosten verursachen, zum mindesten müssen solche

<sup>1</sup> BIEDL, l. c.

<sup>2</sup> 10  $\gamma$  Jod auf 1 l Wasser. HATHAWAY: Univ. of Minnesota 1926/1927.

<sup>3</sup> 10 g jod. Salz = 38,3  $\gamma$  Jod.

<sup>4</sup> GREENBAUM und RAIZIES: The eliminat. of iodine. J. of Pharmacol. 30, Nr. 5 (1927).

<sup>5</sup> HUNZIKER: zitiert bei v. FELLEBERG. STOKLASA: Über die Verbreitung des Jods in der Natur. Z. angew. Chem. 1927, H. 1.

Kosten durch erhöhte Erträge ausgeglichen werden. Mit großer Energie sind gerade in diesem Jahr diese Fragen besonders von landwirtschaftlich eingestellten Laboratorien usw.<sup>1</sup> aufgenommen worden. An sich war ja die Wahrscheinlichkeit eines Erfolges wenigstens hinsichtlich der Jodakkumulation in Pflanzen und Tieren nicht gering. Die zahlreichen bekannten Jodanalysen haben mit aller Deutlichkeit gezeigt, wie mit dem Jodgehalt des Erdbodens, der Luft und des Wassers auch der Jodvorrat in den Pflanzen zunimmt. Es mag hier zu den oben bereits angeführten Beispielen nur noch eines hinzugefügt werden, das besonders deutlich diesen Zusammenhang zum Ausdruck bringt. Aus der Überlegung heraus, daß Vulkane durchweg mit anderen Stoffen auch Joddämpfe in die Luft abzugeben pflegen, untersuchte STOKLASA (l. c.) Pflanzen, die unterhalb des Vesuvkraters gewachsen waren, und fand in ihnen ganz bedeutende Jodmengen: 970 bis 1875  $\gamma$  Jod pro 1 kg Trockensubstanz, das sind etwa die gleichen Zahlen, wie sie in Pflanzen vom Meeresstrand festgestellt werden konnten, und das zwei- bis vierfache derjenigen, die unter normalen Umständen in Frage kommen. Auch der Jodgehalt des vulkanischen Bodens war beträchtlich, 7433  $\gamma$  Jod pro Kilogramm gegen einen Durchschnittswert von etwa 4000 bis 5000  $\gamma$  in normalen Böden. Es konnte also wohl erwartet werden, daß durch Joddüngung der Jodgehalt der Feldfrüchte in die Höhe zu bringen wäre. Die oben bereits angeführten Versuche in dieser Richtung, die, wie wir sahen, fast immer eine Erntezunahme als Resultat hatten, sind alle auch gleichzeitig mit dem Ziel ausgeführt worden, Klarheit über die Möglichkeit einer Jodanhäufung in den Pflanzen zu bekommen. Es gelang in der Tat, eine Jodspeicherung nachzuweisen, die bei den einzelnen Produkten zwischen der doppelten bis zehnfachen Menge des normalen Jodgehaltes schwankt. Aus den zahlreichen vorliegenden Ergebnissen (v. FEULENBERG, STOKLASA, SCHARER und SCHWAIBOLD, STROBEL und K. SCHARER)<sup>2</sup>, mögen hier nur v. FEULENBERGS Düngungsversuche mit *Beta vulgaris* als Beispiel herangezogen werden:

Parzellen	Ertrag pro Ar in kg Rüben und Blätter	Jodgehalt der Rüben pro Rübe (Mittelgew.)	Jodgehalt der Blätter pro Pflanze (Mittelgew.)	Jodgehalt der ganzen Pflanze
1. Ohne Jod und ohne Stickstoff	1184	9,3	2,1	11,4
2. Ohne Jod, mit Stickstoff . .	1280	9,7	2,6	12,3
3. Mit Jod, mit Stickstoff . .	1246	21,4	20,5	41,9

<sup>1</sup> Agrilkulturch. Institut Weihenstephan, Südd. Forschungsanstalt f. Milchwirtschaft (Weihenstephan), Chem. Institut Weihenstephan, Universitätskinderklinik München.

<sup>2</sup> STROBEL und K. SCHARER: Naturwiss. 1927, H. 26 und: Die Jodanreicherung der Pflanzen durch Jodzufuhr. Angew. Bot. 1927, H. 2.

Die Steigerung des Jodgehaltes ist deutlich. Sie geht jedoch in diesem Falle nicht parallel mit einer Ernstersteigerung, während in den übrigen Düngungsversuchen eine solche auch stets mit Ausnahme derjenigen von v. WRANGELL aufgetreten ist. Es zeigt aber gerade dieses Beispiel, wie sehr, trotz einer ganz ansehnlichen Zahl positiver Resultate, es noch erforderlich ist, alle Bedingungen, unter denen bei Joddüngung auch Ernstersteigerungen zu erzielen sind, zu erforschen<sup>1</sup>. Zu abweichenden Ergebnissen auch betreffs der Jodanreicherung kam wiederum v. WRANGELL, l. c. Doch machen auch ihre Zahlen bei genauerer Betrachtung die Möglichkeit einer Jodanhäufung durchaus wahrscheinlich. Von besonderer Wichtigkeit ist nun weiter, daß es durchweg gelungen ist, neben den bereits erwähnten Mehrerträgen an Milch usw. auch den Jodgehalt dieser tierischen Produkte zu erhöhen. Es liegen aber auch hier noch Unstimmigkeiten vor. So konnte v. FEULENBERG wohl den Jodgehalt der Milch bei Verfütterung der oben aufgeführten jodreichen Rübenblätter von 18  $\gamma$  auf 25  $\gamma$  pro Kilogramm bringen, nicht aber durch die jodreichen Rüben. Mit den ersteren erhielten die Versuchstiere (Kühe) 5000  $\gamma$  Jod pro Tag. Eine Steigerung des Milchertrages war nicht zu beobachten. Die von anderen Autoren erreichten Mehrerträge an Milch durch Jodgaben wurden nicht durch Verfütterung von jodangereicherten Futterpflanzen, sondern durch Gaben von KJ oder NaJ in Form von Tabletten erzielt, und zwar waren bei Ziegen 180 000  $\gamma$  Jod täglich erforderlich, um deutliche anhaltende Wirkungen zu erreichen! Es ist diese Feststellung für unsere Untersuchungen von großer Bedeutung, da sie anzudeuten scheint, daß wohl Jodvermehrung, z. B. in der Milch, auf dem Wege der künstlichen Joddüngung über die so erzielten jodreicheren Futterpflanzen erreichbar zu sein scheint, daß aber die dabei so wichtigen Mehrerträge nur durch Jodmengen erhalten werden, wie sie wohl kaum auf natürliche Weise, d. h. ohne Gabe von KJ-Tabletten und ähnliches den Tieren zugeführt werden können. Diesem Resultate entspricht auch, daß zur Erhöhung des Gewichtes bei Lämmern täglich etwa bis 40 000  $\gamma$  Jod nötig waren<sup>2</sup>. Daß auch im Blut der Schweine eine Jodanhäufung erzielt werden kann, zeigten NIKLAS, SCHWAIBOLD und SCHARER, aber auch hier werden sehr große Jodmengen in Form von KJ gebraucht: 450 000  $\gamma$  an drei aufeinanderfolgenden Tagen! Zusammenfassend darf wohl als feststehend angenommen werden, daß Fleisch-, Milch- u. a. Mehrerträge und Jodanhäufung in diesen tierischen Produkten erzielt werden kann durch Jodfütterung, daß aber die erforderlichen Jodmengen, insbesondere zur Erreichung der Mehrerträge, im Verhältnis zu denjenigen der jodangereicherten Futtermittel sehr groß sind.

In diesem Zusammenhang ist es nun auch wertvoll zu erfahren, mit welchen Jodgaben die

<sup>1</sup> EDELBÜTTEL, Chilesalpeter oder synthetischer Natronsalpeter? Z. f. angew. Chem. 1928.

<sup>2</sup> GOLF und BIRNBACH, l. c.



oben erwähnten Jodanreicherungen und Mehrerträge bei Futterpflanzen eigentlich herbeigeführt wurden, und ob diese Jodzufuhr etwa bereits durch Verwendung der gebräuchlichen künstlichen Düngemittel den Ackerböden gegeben werden könnte. Angewandt wurden 800 bis 2500  $\gamma$  Jod meistens in Form von KJ auf den Hektar. Das würde als Durchschnittswert etwa 1,6 kg Jod pro Hektar ergeben. Von allen künstlichen Düngemitteln kann ernstlich nur der Chilesalpeter als jodführend in Frage kommen. Der Jodgehalt der Kalisalze ist gering (im Maximum 870  $\gamma$  pro Kilogramm), besser ist der für Superphosphat gefundene Wert: 5700  $\gamma$  pro Kilogramm. Aber verhältnismäßig beträchtliche Mengen enthält nur der Chilesalpeter: 50 000 bis 190 000  $\gamma$  pro Kilogramm. Um mit Chilesalpeter jene erzielten Jodanreicherungen und Mehrerträge zu erreichen, sind pro Hektar demnach im Mittel etwa 13 000 kg Chilesalpeter erforderlich, während eine Düngung mit 600 kg pro Hektar als normal anzusehen ist! Selbst wenn in Betracht gezogen wird, daß bei wiederholter Chilesalpeterdüngung sich ein gewisser Vorrat an Jod im Boden ansammeln wird, kann man einstweilen kaum behaupten, daß Rückkehr zum Chilesalpeter<sup>1</sup> eine befriedigende Lösung des Problems bringen könnte, ganz abgesehen von den obigen Feststellungen, daß selbst bei optimaler Joddüngung bei weitem noch nicht die Jodanhäufung in den Futterpflanzen auftritt, die für Mehrerträge bei tierischen Produkten der Landwirtschaft erforderlich ist. Ein Ansteigen nur des Jodgehaltes bei diesen Produkten ist durchweg mit geringerer Jodsteigerung der Futtermittel zu erreichen. Doch erscheint es auch in dieser Hinsicht als sehr zweifelhaft, daß der Gebrauch des Chilesalpeters für sich schon zum Ziel führt. Nach den bisherigen Erfahrungen würde man in der Praxis außerdem noch Jod in Gestalt z. B. von KJ zu dem Chilesalpeter hinzunehmen müssen, um dem wirklich genügende Jodspeicherung in den Feldfrüchten sicherzustellen. Um Mehrerträge, wie die erhöhten Kosten der Düngung sie unbedingt erfordern würden, erwarten zu können, wäre noch weitere beträchtliche KJ-Verwendung die Voraussetzung. Danach muß es also mindestens als verfrüht hingestellt werden, wenn die Hoffnung ausgesprochen wird, daß ganz allgemein durch Einführung der Joddüngung den Menschen eine wesentlich größere Jodzufuhr gegeben werden kann. Dazu wären die Kosten einer solchen Düngung viel zu hoch. Auch die günstigsten bisherigen Ergebnisse lassen heute einen derartigen Schluß nicht zu. Erst wenn Bedingungen gefunden werden könnten, unter denen bei normaler Chilesalpeterdüngung nicht nur eine ausreichende Jodanhäufung in den pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln des Menschen eintreten würde, sondern auch gleichzeitig die Mehrerträge zu erzielen wären, die zur Kompensierung der größeren Kosten des Chilesalpeters

nötig wären, kann dieser Weg als ein allgemein gangbarer angesehen werden. Dasselbe gilt, wie leicht einzusehen ist, für die Verwendung von KJ etwa an Stelle des Chilesalpeters.

Aussichtsreicher erscheint ein anderes Verfahren. Das ist die Jodfütterung der Tiere nicht mit jodangereicherten Feldfrüchten, sondern mit Jodpräparaten, wie z. B. KJ-Tabletten. Erfolge liegen, wie oben berichtet, schon vor. Praktisch durchführbar ist diese Art der Jodierung menschlicher Nahrungsmittel aber auch nur dann, wenn einerseits dauernde Mehrerträge gesichert und andererseits vor allem Schädigungen der Tiere ausgeschlossen sind. Es wird noch sehr vieler Beobachtungen bedürfen, bis auch hierin volle Klarheit geschaffen ist. Einstweilen werden die Methoden der Schweizer und die der Amerikaner die wirksamste Prophylaxe und Heilung des Kropfes darstellen. Immerhin mag es in kropfbedrohten Gebieten angebracht sein, den Versuchen über Jodtablettenfütterung des Viehs größte Aufmerksamkeit zu schenken und als einem weiteren Mittel zur Kropfbekämpfung eher zum Chilesalpeter als N-Düngemittel als zu anderen N-Lieferanten zu greifen, auch wenn die höheren Kosten durch Mehrerträge nicht ausgeglichen werden. Daß das vielleicht in einem gewissen Umfang bereits geschieht, kann mit einiger Vorsicht aus einem Zeitungsbericht (Jan. 1927) über die Lage der Chilesalpeterindustrie entnommen werden, in dem es zum Schluß heißt: „Die Aufwärtsbewegung hat in den westeuropäischen Ländern in den letzten Tagen lebhaftere Formen angenommen. Weite landwirtschaftliche Kreise geben dem bewährten, jodhaltigen Chilesalpeter wegen der in Jahrzehnten mit ihm gemachten guten Erfahrungen vor dem künstlichen Salpeter den Vorzug.“ Doch ist es natürlich sehr wohl möglich, daß ganz andere Gründe zu einem gewissen Aufschwung im Chilesalpeterhandel geführt haben und daß das schon als vorhanden angesehen wird, was in Wahrheit erst eine Hoffnung dieses Handels ist. Überhaupt muß gesagt werden, daß wir noch weit davon entfernt sind, eine allgemeine Verbesserung der Jodzufuhr ins Auge fassen zu können; es wird vorläufig immer nötig bleiben, das praktisch-medizinische Interesse an der Jodfrage im wesentlichen auf die Kropfgebiete zu beschränken. Dieses Interesse ist es gewesen, das den Anstoß zu den zahlreichen Feststellungen und Beobachtungen gegeben hat, die Gegenstand dieser Untersuchungen gewesen sind. Bald aber sind die engen Grenzen der Kropfprophylaxe und Heilung nach allen Richtungen hin weit überschritten worden, so daß wir heute mit vollem Recht in der Jodfrage ein Problem von allgemeiner und vielseitiger Bedeutung sehen und wenigstens ein Resultat mit einiger Sicherheit buchen können, nämlich, daß das Jod für Mensch und Tier in die Reihe der biogenen Elemente gehört. Es tritt damit als dreizehntes neben die zwölf schon vorhandenen: C, N, O, H, P, S, Fe, K, Ca,

<sup>1</sup> Über den heutigen Stand dieser Frage vgl. EDELBÜTTEL, l. c.

Mg, Na, Cl. Seine besondere Eigenschaft, durch die es sich unter den anderen hervorhebt, ist die erstaunlich geringe Menge, mit der es seine Wirkungen ausübt. Diese besondere Eigenschaft ist gleichzeitig als die Ursache für seine späte Entdeckung als biogener Faktor anzusehen.

#### Ergänzende Literaturangaben.

- HERGLOZ: Neuere Untersuchungen über den Jodgehalt der Schilddrüsen. *Biochem. Z.* **1926**, 175.  
 GROAK: Mikrogenantjodbestimmung und Jodbestimmung in organischen Säuren. *Biochem. Z.* **1926**.  
 STEFFENS: Zur Methodik der Jodbestimmung in Trinkwasser. *Z. anorg. u. allg. Chem.* **1926**, 1098.  
 MAURER, DUCRENE und PALASOFF: Untersuchungen über das Vorkommen von Jod im menschlichen und tierischen Organismus. *Münch. med. Wschr.* **1927**, Jg. 74, Nr. 7.  
 SLANEK: Beitrag zur Kenntnis der Jodwirkung auf Eiweiß- und Kochsalzspiegel im menschlichen Organismus. *Arch. f. exper. Path.* **121**, 1927.  
 Sehr umfangreiche Literatur ist auch bei MATTHES und WALLRABE l. c. verzeichnet; ebenso bei EDELBÜTTEL l. c.

**Cadmium als Rostschutz.** Daß das auf Eisen elektrolytisch abgeschiedene Cadmium, obwohl es etwas edler ist als das Eisen, dieses in vorzüglicher Weise gegen das Verrosten schützt, ist schon lange bekannt, und die Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. in Leipzig haben, worauf W. PFANHAUSER (*Chemiker-Zeitung* **51**, 941; 1927) hinweist, bereits vor geraumer Zeit ein Verfahren zur galvanostegischen Abscheidung des Cadmiums aus den mit einem Alkalicyanid versetzten Lösungen von Cadmiumsalzen angegeben. Eine allgemeinere Verwendung als Rostschutz scheint das Cadmium jedoch erst seit einigen Jahren in den Vereinigten Staaten gefunden zu haben, wo im Jahre 1919 an MARVIN J. UDY ein Patent zur elektrolytischen Abscheidung des Cadmiums erteilt wurde. Sein Verfahren, welches durch D. R. P. Nr. 379 365 (1922) auch in Deutschland gesetzlich geschützt wurde, führte in den Vereinigten Staaten zur Gründung der Udylyte Process Co. in Detroit, deren Vertreterin in Europa die Udylyte G. m. b. H. in Berlin W. 8 ist. In einer Veröffentlichung dieser Gesellschaft (*Chemiker-Zeitung* **52**, 292; 1928) wird mitgeteilt, daß im Jahre 1926 in Amerika nach dem (gegenüber dem Patent 379 365 abgeänderten) Udylyte-Verf. etwa 120 000 kg Cadmium, und im darauffolgenden Jahr eine noch weit größere Menge dieses sonst technisch nur in geringem Umfang verwendeten Metalls elektrolytisch abgeschieden wurden. Dabei handelt es sich um Metallschichten von der sehr geringen Dicke 0,005 mm! Ihre Abscheidung erfolgt bei dem Udylyte-Verfahren ebenfalls aus der mit einem Alkalicyanid versetzten Lösung eines Cadmiumsalzes, der freies Alkali und ein Gemisch von kolloidal sich lösenden Stoffen hinzugefügt wird. Nähere Angaben über die Zusammensetzung des Bades werden weder in den genannten, noch in anderen Veröffentlichungen über das Udylyte-Verfahren, z. B. in dem Vortrag von Ingenieur GEBAUER vor dem

Reichsausschuß für Metallschutz am 27. März 1928 (*Z. angew. Chem.* **41**, 437; 1928) gemacht. Bei den kathodischen Stromdichten 0,5 bis 1,5 Amp./qdm scheidet sich das Cadmium als silberweißer, glänzender Niederschlag mit 85 bis 95% Stromaubeute ab, so daß an der Kathode nur eine sehr geringe Wasserstoffentwicklung stattfindet und der Metallniederschlag sehr dicht ist. Als Anode dienendes Cadmium wird dagegen mit nahezu 100% Stromausbeute gelöst, so daß bei Anwendung einer nur aus Cadmium bestehenden Anode eine Anreicherung des Bades an dem Metall eintreten würde. Um diese zu verhindern, werden Anoden verwendet, von denen nur ein Teil Cadmium, der andere aber ein Metall (Eisen) ist, das unter den Versuchsbedingungen nicht in Lösung geht. Nach W. PFANHAUSER (*Chemiker-Zeitung* **52**, 293; 1928) ist dies jedoch ganz zwecklos, weil bei einer Anode, die nur zum Teil aus einem unangreifbaren Metall besteht, fast der gesamte Stromübergang durch den zweiten angreifbaren Teil erfolgt. Gemäß der ursprünglichen Patentschrift sollten übrigens gänzlich unangreifbare Anoden benutzt werden. *H. Böttger.*

Eine technische Verwendung findet das metallische Calcium neuerdings, wie Prof. JULIUS MEYER von der Universität Breslau in einem Vortrag ausführte, den er vor der 51. Generalversammlung des Vereins deutscher Portland-Zement-Fabrikanten am 13. März 1928 in Berlin hielt (*Z. angew. Chem.* **41**, 478; 1928), bei der Herstellung von porösen Baustoffen aus Zement, die die Vorteile der Zement- und der Ziegelsbauweise, nämlich sehr verminderte Wärme- und Schalleitung, Materialersparnis, geringes Raumgewicht, Nagelbarkeit, vereinfachte Bauweise, unter Vermeidung ihrer Nachteile in sich vereinigen. Sie werden hergestellt, indem man zu dem trockenen Zement-Sandgemenge, das erforderlichenfalls mit gewissen Beischlägen (Koksasche, Kieselgur, Gips u. a.) versetzt wurde, 0,1% oder etwas mehr von dem von der J. G. Farbenindustrie dargestellten Treibmittel hinzufügt, das aus pulverförmigem Calcium oder seinen Legierungen mit gewissen Metallen besteht, und dann mit Wasser zu einem dicken, gießbaren Brei anrührt, mit dem man die Formen bis zu 70 bis 80% anfüllt. Durch die Einwirkung des Calciums auf das Wasser entwickelt sich Wasserstoff, je nach dem legierten Metall verschieden schnell, durch den eine Volumenvergrößerung der breiartigen Masse herbeigeführt wird, so daß die Formen nach  $\frac{1}{2}$  bis 3 Stunden vollständig ausgefüllt werden, worauf das Erhärten in der üblichen Zeit stattfindet. Das Raumgewicht der entstandenen porösen Masse kann zwischen 400 und 2000 kg pro Kubikmeter verändert werden, je nach dem Verhältnis, in dem der Zement mit den genannten Beischlägen vermischt wird und je nach der Menge des hinzugefügten Treibmittels. *H. Böttger.*

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert.** Von F. KLEIN. Teil II. Die Grundbegriffe der Invariantentheorie und ihr Eindringen in die mathematische Physik. Für den Druck bearbeitet von R. COURANT und ST. COHEN-VOSSEN. X und 208 Seiten. Mit 17 Abbildungen. Berlin 1927. Verlag Julius Springer. Preis brosch. RM 12.—; geb. RM 13.50.

Während der erste Teil der „Vorlesungen“ die Gesamtentwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert verfolgte, beschäftigt sich der vorliegende zweite Teil allein mit der mathematischen Vorgeschichte der Relativitätstheorie, deren Zusammenhang mit der vorangegangenen mathematischen Forschung hier zum ersten Male eine ausführliche Darstellung findet. In der Tat lag hier ein Problem vor, das F. KLEIN bei der ganzen Art seiner wissenschaftlichen Einstellung auf das höchste interessieren mußte: das Problem der Einfügung der mathematischen Physik in das Erlanger Programm. Im Gegensatz zum ersten Teil tritt die Würdigung der führenden Persönlichkeiten stark zurück; das Sachliche überwiegt. Wer sich der keineswegs immer leichten Mühe der sorgfältigen Durcharbeitung unterzieht, dem wird nach MINKOWSKIS Worten „zu seinem grenzenlosen Erstaunen offenbar werden, daß die Mathematiker rein in ihrer Phantasie ein großes Gebiet geschaffen haben, dem, ohne daß dieses je in der Absicht dieser so idealen Gesellen gelegen hätte, eines Tages die vollendete reale Existenz zukommen sollte“. Mitfühlend erleben wir bei der Lektüre dieses Buches, wie es dem Verewigten am Schlusse seines Lebens ver gönnt gewesen ist, in den Bau eines Lebenswerkes noch einen neuen Stein einzufügen.

W. Kramer.

**Mathematisches Praktikum.** Von H. V. SANDEN. Teil I (Teubners Technische Leitfäden 27). V und 122 Seiten. Berlin und Leipzig 1927, Verlag B. G. Teubner. Preis geb. RM 6,80.

Das Buch will zum numerischen Rechnen anleiten. Zu diesem Zwecke sind ausführlich durchgerechnete Beispiele aus den folgenden Gebieten zusammengestellt: Der Rechenschieber, Der Satz von TAYLOR, Die Auflösung von Gleichungen, Ausgleichsrechnung, Integration, Differentiation, Interpolation, Harmonische Analyse. Die Benutzung wird dadurch sehr erleichtert, daß am Anfange eines jeden Kapitels die notwendigen theoretischen Herleitungen zusammengestellt sind.

Das Buch ist sehr geeignet, der Unterschätzung des numerischen Rechnens entgegenzuarbeiten. Wer eine Anzahl von Beispielen wirklich durchrechnet, wird wohl den vom Verfasser beabsichtigten Eindruck bekommen, daß die Hauptarbeit bei der Lösung einer angewandten Aufgabe häufig erst anfängt, wenn die analytische Lösung beendet ist. Das Buch kann allen denen, die sich Fertigkeit im numerischen Rechnen aneignen müssen, sehr warm empfohlen werden. W. Kramer.

**Konforme Abbildungen.** Von E. WICKE. (Math.-physikal. Bibliothek Bd. 73.) 59 Seiten. Berlin und Leipzig 1927. Verlag B. G. Teubner. Preis kartoniert RM 1.20.

Die Freunde der math.-physikal. Bibliothek werden das Erscheinen eines Bändchens über konforme Abbildungen lebhaft begrüßt haben. Ist doch dieses Gebiet ganz besonders geeignet, die Verwobenheit der verschiedenen Zweige der Mathematik zu zeigen, und es hat bis in die jüngste Zeit hinein im Brennpunkt der mathematischen Forschung gestanden. Zudem ist es in seinen Anfängen elementarer Behandlung zugänglich und deswegen mit Recht in den neuen Richtlinien unter den Gebieten angeführt, die zur Besprechung im Unterricht geeignet erscheinen. Für mathematische Arbeitsgemeinschaften auf der Schule würde ein solches Bändchen willkommen sein.

Leider wird die Freude über das neue Bändchen stark getrübt durch die Art der Bearbeitung. Anstatt den knappen zur Verfügung stehenden Raum nur der Sache zu widmen, ist die Darstellung angehäuft mit einer Menge allgemeiner, nicht einmal sehr treffender Bemerkungen. Auch scheint dem Berichterstatter die Grundlegung zu weit ausgedehnt. Auf Schwierigkeiten der Bruchrechnung hinzuweisen, dürfte in einer kurzen Darstellung über konforme Abbildungen doch wohl als abwegig zu bezeichnen sein. Auch die Auswahl der Beispiele scheint nicht immer ganz glücklich, z. B. wird die hydrodynamische Anwendung besser durch andere ersetzt werden, zumal deren vollständige Ableitung nicht gegeben werden kann. So dürfte das Bändchen seinen Zweck erst voll erfüllen, wenn es bei Gelegenheit einer hoffentlich recht bald notwendigen Neuauflage nochmals einer genaueren Durchsicht unterzogen wird, auch vor allem in Bezug auf die Schärfe des Ausdrucks. W. Kramer.

**Die vierte Dimension.** Von H. K. DE VRIES. Eine Einführung in das vergleichende Studium der verschiedenen Geometrien. Deutsch von Frau Dr. R. STRUIK. (Wissenschaft und Hypothese 29.) IX und 167 Seiten. Leipzig und Berlin 1926. Verlag B. G. Teubner. Preis geb. RM 8.—.

Das allgemeinverständlich gehaltene Buch behandelt in zwei Teilen zunächst die euklidische und danach die nichteuklidische Geometrie und wird besonders denen willkommen sein, die sich mit dem Studium der Relativitätstheorie befassen und sich zu dem Zwecke über die Grundlagen der Geometrie orientieren wollen. Das Verständnis wird dadurch wesentlich erleichtert, daß Verfasser überall nur die Schulkenntnisse der Mathematik voraussetzt und stets an die historische Entwicklung anknüpft. Wenn trotzdem die Lektüre des Buches nicht in allen Teilen mühelos ist, so ist das bei dem spröden Stoff nicht zu vermeiden, wenn die Darstellung — wie

es bei dem Buche der Fall ist — sauber und wissenschaftlich einwandfrei bleiben soll. Das Buch kann als im besten Sinne populär aufs wärmste empfohlen werden. *W. Kramer.*

**Radioaktivität** von STEFAN MEYER und EGON SCHWEIDLER, o. ö. Proff. d. Physik a. d. Univ. Wien. Zweite, vermehrte und teilweise umgearbeitete Auflage. Mit 108 Fig. im Text. X und 722 S. Leipzig, B. G. Teubner 1927. Geb. RM 36.—.

Seit der ersten Auflage (1916) sind durch Ausbau der Atomphysik, des Isotopiebegriffs, durch die überraschenden Beobachtungen der Atomzertrümmerung und viele radioaktive Kleinarbeit neue Gedankengänge in die Lehre von der Radioaktivität getragen worden, so daß eine teilweise Umarbeitung notwendig wurde. Die Literatur ist bis zum Herbst 1926 vollständig berücksichtigt. Die Darstellung ist außerordentlich straff und kurz. Sehr sorgfältige Register machen das Lehrbuch zu einem hervorragenden Nachschlagewerk, in dem man über jede auftauchende Frage, jede Zahl, jede Arbeit schnell Auskunft findet. — Wenn das Buch auch viel mehr bringt, als ein Lehrer an einer Schule, in der die Physik noch so eingehend behandelt wird, benötigt, so ist seine Anschaffung für die Lehrerbibliothek doch seiner Vollständigkeit, Klarheit und Straffheit wegen dringend zu empfehlen, denn es ist das klassische Buch über das Gebiet, das in der modernen Chemie und Atomphysik, Geochemie und Geophysik eine hervorragende Rolle spielt. *W. A. Roth, Braunschweig.*

**Naturkunde für Mittelschulen.** I. Teil: Physik. II. Teil: Chemie. Von GEORG ERNST †, bearbeitet von TH. BERTALLOT. Dritte Auflage. Hannover 1927. Verlag von Karl Meyer (Gustav Prior). 269 Seiten, 350 Textfiguren, bzw. 200 Seiten, 77 Textfiguren, 2 farbige Tafeln. Preis geb. RM 4.— bzw. RM 3.40.

Die beiden Lehrbücher bringen den nicht eben umfangreichen Lehrstoff für die genannten Schulgattungen in einer Form, die offenbar von vielen Seiten als brauchbar erkannt worden ist, da nach einer verhältnismäßig kurzen Zeit — die Bücher erschienen zuerst im Jahre 1920 — bereits die dritte Auflage sich als notwendig erwies. In ihr konnten die behördlichen Vorschriften vom Jahre 1925 weitgehend berücksichtigt werden, was zur Einfügung zahlreicher Fragen, die an bekannte Vorgänge anknüpfen, oder zur Beschreibung einfacher, von den Schülern selbst anzustellender Versuche Veranlassung gegeben hat, deren Auswahl als zweckmäßig zu bezeichnen ist. Bei einer voraussichtlich bald notwendig werdenden Neuauflage wäre an manchen Stellen eine gründliche Durcharbeitung des Textes wünschenswert. Es mag genügen, auf eine Ungenauigkeit hinzuweisen, die sich in beiden Teilen in ähnlicher Weise findet. Auf S. 112 der Physik heißt es: Erhitzt man (Wasser-)Dampf von 100° und 1 Atm. auf 121°, ohne sein Volumen zu ändern, so wächst seine Spannung auf 2 Atm.,

bei 134° auf 3 Atm. Hier fehlt also der wichtige Hinweis darauf, daß es sich um gesättigten Wasserdampf handelt; ähnlich ist es mit der auf S. 15 des Teils Chemie sich findenden Angabe: (Wasser-)Dampf von 100° wird leicht flüchtig, ist daher feucht, überhitzter Dampf dagegen ist trocken und unsichtbar. Hier und an manchen anderen Stellen wäre eine bessernde Hand wünschenswert. *Böttger.*

**Harms, A bis Z-Atlas.** Leipzig 1928, List & von Bressensdorf. 36 achtfarbige Karten und 15 Karten in Schwarzdruck; 18 Seiten Wirtschaftsgeographie; Pergamente zur Pergament-Reise-Methode. 62 Seiten. Preis geb. RM 2.40.

Für den Druck dieses Atlases werden jetzt sogar 8 Farben verwendet. Dadurch ist manches Blatt noch bunter geworden als bisher schon in anderen Atlanten desselben Verlages. Über Schönheit läßt sich zwar streiten, über Richtigkeit schon weniger, und richtiger sind die Karten leider nicht geworden. Solange der Himalaja wesentlich niedriger wirkt als Alpen und Schwarzwald, kann ich mich mit der Art der Höhendarstellung nicht befreunden. Dazu sind einzelne Blätter recht unsauber gedruckt. Auch von sachlichen Fehlern ist er nicht frei. *Scheer.*

**Ratschläge für Schülerfahrten zum Deutschen Museum in München.** Von Dr. HERMANN WEINREICH. Verlag des Deutschen Museums. Preis RM 0.30.

Wer mit Schülern eine Reise nach München zum Besuch des Deutschen Museums machen will, mag das vorliegende Heft durchsehen. Er findet darin auch einige nützliche Angaben. *Sch.*

**Einführung in die Chemie.** Von WILHELM OSTWALD. 238 S., 74 Fig. 6. Auflage. Stuttgart. Franckhs Technischer Verlag. Preis geb. RM 6.—

Das Buch ist bei seinem Ersterscheinen 1910 einer eingehenden Besprechung in dieser Zeitschrift (XXIII. 1910) gewürdigt worden. Da nach dem Vorwort zur 6. Auflage eine sachliche Änderung des Inhaltes sich nicht als notwendig ergeben hatte, konnten sich die Verbesserungen auf sorgsame Säuberung von entbehrlichen Fremdwörtern und einige kurze Abstriche und Zusätze beschränken. Für den Selbstunterricht oder als Lektüre für interessierte Schüler wird es immer seinen eigenen Wert behalten, als Schulbuch aber, zum Gebrauch beim Chemieunterricht an höheren Schulen ist es im Hinblick auf die Fülle von Neuerscheinungen, die nach dem gegenwärtigen Standpunkt der Schulmethodik bearbeitet sind, weniger empfehlenswert. *Große Kreul.*

**Einführung in die Chemie für den Anfangsunterricht höherer Lehranstalten.** Von Dr. HERMANN PETZOLD, Oberstudiendirektor des Helmholtz-Realgymnasiums in Berlin-Schöneberg. Berlin 1928, H. W. Müller. 117 S. RM 2.—.

Das Buch ist zwar in erster Linie als Unterstufe des vor nun bald 60 Jahren in dem gleichen

Verlag erschienenen Grundrisses der Chemie von F. RÜDORFF gedacht, dessen 18. Auflage der Verf. bearbeitet hat, es kann jedoch ohne weiteres dem chemischen Unterricht auf der betreffenden Klassenstufe zugrunde gelegt werden, ohne daß die spätere Benutzung des RÜDORFFSchen Grundrisses in Aussicht genommen ist. Diesem Zweck entsprechend ist der reichhaltige Stoff, der in dem Buche, trotz dessen geringen Umfangs, in dem schlichter und leichtverständlicher Sprache dargeboten wird, und der nicht nur die reine Chemie, sondern auch die chemische Technik und die geschichtliche Entwicklung der Wissenschaft berücksichtigt, sowie geologische, statistische und gelegentlich kristallographische Erörterungen enthält, nach methodischen Grundsätzen angeordnet, indem dem Schüler ausgiebige Gelegenheit geboten wird, durch eigene Versuche die Eigenschaften der betrachteten Stoffe und deren Umwandlungen genau kennen zu lernen. Die Versuche, teils in alter, bewährter Anordnung, teils in abgeänderter neuer Form, die der Verf. im Unterricht als zweckmäßig erkannt hat, sind hinreichend genau beschrieben, um ihr Gelingen zu gewährleisten; ihre Auswahl läßt erkennen, daß der Verf., was nur durch langjährige unterrichtliche Tätigkeit erreichbar ist, ein sicheres Urteil über das Maß der Anforderungen besitzt, die füglich an die Geschicklichkeit eines Durchschnittsschülers gestellt werden dürfen, und dem Berichtersteller ist in dieser Beziehung bei der genauen Durchsicht des Buches nur einmal ein Bedenken gekommen, nämlich bei der thermischen Dissoziation des trockenen Salmiaks (S. 77). Übrigens trägt der Verf. mit Recht kein Bedenken, die Ausführung solcher Versuche, die eine besondere manuelle Fertigkeit erfordern, oder bei denen Stoffe verwendet werden, die wegen ihrer giftigen Wirkung, leichten Entzündbarkeit oder aus anderen Gründen Gefahren für den Schüler mit sich bringen, dem Lehrer zu überlassen und sie als L.-Versuche gegenüber den vom Schüler auszuführenden S.-Versuchen äußerlich zu kennzeichnen. Für eine hoffentlich bald notwendig werdende Neuauflage sei der Hinweis auf ein paar Versehen bei der Drucklegung gestattet. Auf S. 29 ist BERTHOLET statt BERTHOLLET gedruckt, wodurch der Name des durch seine Statique chimique vom Jahre 1803 berühmt gewordenen französischen Chemikers eine leicht zu Verwechslungen führende Ähnlichkeit mit dem seines Landsmannes BERTHELOT erhält, der lange Zeit bis zu seinem im Jahre 1907 erfolgten Tode der führende Chemiker Frankreichs war. Ferner sind auf S. 78 bei der Löslichkeit des Ammoniaks im Wasser die Zahlen 1 und 1000 vertauscht. Auf S. 16, Zeile 14 von o. heißt es statt „bei 0° und gewöhnlichem Luftdruck“ besser „bei 0° und dem Gasdruck 1 Atm.“, da der von dem zu lösenden Gas ausgeübte Druck für seine Löslichkeit maßgebend ist. Die erste Gleichung auf S. 67, Zeile 12 von o. muß  $2\text{Cu} + \text{S} = \text{Cu}_2\text{S}$  lauten. Endlich sei noch bemerkt, daß die rauchende Schwefelsäure ihren Handelsnamen daher erhalten hat, daß sie von Nord-

hausen aus in den Handel kam; dargestellt wurde sie in den Hüttenwerken am Südharz.

Böttger.

**Lehrbuch der Chemie und Mineralogie** für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Zweiter Teil: Oberstufe. Mit 185 Figuren, 5 Bildern im Text und einem Bilderanhang. Von Dr. OTTO GALL, Studienrat am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin. Unter Mitwirkung von Prof. Dr. OTTO REUBER, Studienrat an der Sachsenhäuser Oberrealschule in Frankfurt a. M. Frankfurt a. M. 1928. Verlag von Moritz Diesterweg. VIII und 388 S. Preis geb. RM 6.40.

Dem ersten, 1926 erschienenen Teil dieses Lehrbuches (s. die Besprechung in Bd. 40 dieser Zeitschrift auf S. 93) ist nun der zweite, das Buch abschließende Teil gefolgt, der den für die Oberklassen der Realgymnasien und Oberrealschulen bestimmten Lehrstoff in systematischer Anordnung bringt. Von seinen drei Hauptabschnitten sind die beiden ersten, welche die anorganische und die organische Chemie behandeln, von dem erstgenannten Verfasser bearbeitet, der dritte (Mineralogie, sowie ausgewählte Kapitel aus der Geologie) ist von Herrn Prof. Dr. REUBER selbständig, aber den beiden ersten Teilen sich anpassend, verfaßt.

Was in der erwähnten Besprechung als Vorzug der Unterstufe hervorgehoben wurde, die Klarheit und Durchsichtigkeit des Textes, die durch zahlreiche Abbildungen noch erhöht wird, die Betonung der geschichtlichen Entwicklung unserer Wissenschaft und die weitgehende Berücksichtigung der chemischen Technik, gilt ebenso und vielleicht noch in verstärktem Maße für die vorliegende Oberstufe, in der Themata behandelt werden, die wegen der Sprödigkeit des Stoffes recht erhebliche Schwierigkeiten darbieten, wie z. B. die Ableitung der das Massenwirkungsgesetz zum Ausdruck bringenden Formel (S. 85) oder die Erörterungen über den Aufbau der Materie im Anschluß an die Betrachtung der Erscheinungen der Radioaktivität und der Isotopie in den §§ 51 bis 53 und manches andere. Dem Verf. ist es gelungen, die sich hier darbietenden Schwierigkeiten restlos zu überwinden, so daß auch der Durchschnittsschüler ein deutliches Bild von dem Sachverhalt gewinnt und nicht nur die Elitetruppe, für welche die am Schluß von § 53 gegebene Auswahl aus der umfangreichen Fachliteratur zur weiteren Vertiefung in den Gegenstand offenbar bestimmt ist. Bemerkt sei, daß l. c. der Name desselben Forschers kurz nacheinander einmal richtig (FAJANS auf S. 215) und einmal falsch (FAYANS auf S. 214, Z. 2 von u.) gedruckt ist, so daß bei dem Schüler Zweifel über die eigentliche Schreibweise entstehen können. Auch dürfte es sich empfehlen, den in der chemischen und physikalischen Literatur so häufig vorkommenden Namen THOMSON durch Hinzufügen der Anfangsbuchstaben des Vornamens näher zu kennzeichnen. Die auf S. 213 erwähnte Zerlegung des Neons in seine beiden Isotopen wird zweckmäßiger dem englischen

Physiker J. J. THOMSON, dem sie zuerst (1913) gelang, als kurzweg THOMSON zugeschrieben.

Als weiterer großer Vorzug des Lehrbuches sei hier sogleich die weitgehende Berücksichtigung der Forschungsergebnisse der physikalischen Chemie hervorgehoben, da sich dieser Umstand aus dem bereits Gesagten von selbst ergibt. Was, um nur einiges hervorzuheben, in § 13 und in § 37 über die Ionentheorie und ihre Wichtigkeit, in § 27 über das LE CHATELIER-BRAUNSCHE Prinzip, in § 30 über die kolloidalen Lösungen, in § 33 über das natürliche System der Elemente gesagt ist, kann als einwandfrei bezeichnet werden. Es unterliegt nach der Ansicht des Berichterstatters keinem Zweifel, daß die Kenntnis derartiger allgemeiner Gesetzmäßigkeiten den Einblick des Schülers in das chemische Geschehen weit mehr zu fördern vermag, als die Kenntnis von noch so vielen, aber isoliert nebeneinander stehenden Einzel Tatsachen.

Von der durch die Richtlinien geforderten Berücksichtigung der Geschichte der Chemie legen die zahlreichen Fußnoten Zeugnis ab, die neben entsprechenden Bemerkungen im fortlaufenden Text biographische Notizen über einzelne hervorragende Chemiker der letzten beiden Jahrhunderte und über die Verdienste bringen, die sie sich um den Fortschritt der Wissenschaft erworben haben; die auf dem Titelblatt genannten 5 Bilder im Text sind bis auf eines, welches das bekannte alchemistische Laboratorium im Deutschen Museum in München darstellt, gute Reproduktionen der Bildnisse von J. H. VAN'T HOFF, F. WÖHLER, E. FISCHER und A. W. HOFMANN, dessen Sterbejahr in der Unterschrift zum Bilde unrichtig angegeben ist, während in der danebenstehenden Lebensskizze die richtige Jahreszahl 1892 steht. Die deutsche chemische Gesellschaft wurde übrigens von ihm im Jahre 1867 gegründet; aus diesem Jahr stammt auch der erste Band der Berichte der Gesellschaft.

Einen breiten Raum nimmt in dem Lehrbuch die Schilderung der zur fabrikmäßigen Darstellung der Elemente und ihrer Verbindungen dienenden Verfahren ein, und ein nicht geringer Teil der 185 Abbildungen bringt schematische oder Durchschnittszeichnungen von in der Technik gebräuchlichen Anordnungen und Apparaten. Dabei war der Verf., wie sich aus der von ihm zur evtl. Benützung durch die Schüler an vielen Stellen angegebenen Original- und Zeitschriftenliteratur erkennen läßt (auch F. ULLMANN'S treffliche Enzyklopädie der technischen Chemie scheint vielfach für die Zwecke des Buches nutzbar gemacht zu sein), sorgfältig bemüht, den in Schulbüchern so oft gemachten Fehler zu vermeiden, vollständig Veraltetes immer wieder abzubilden und Neues außer acht zu lassen. Man denke nur daran, wie lange es gedauert hat, bis diese Bücher zuerst eine einigermaßen richtige Durchschnittszeichnung eines modernen Hochofens brachten. Zahlreiche statistische Tabellen und Schaubilder lassen den Anteil, den Deutschland an der Erzeugung von chemischen Fabrikaten nimmt, und damit die Bedeutung der

chemischen Technik für unser Vaterland erkennen.

Die systematische Anordnung des Unterrichtsstoffes bringt den Vorteil mit sich, daß der das Buch im Unterricht benutzende Lehrer an keine bestimmte Marschroute gebunden ist, sondern seinen Weg selbst wählen kann, was in Anbetracht des ihm reichlich zur Verfügung gestellten Stoffes auch bei großer Verschiedenheit der einzuschlagenden Wege immer möglich sein wird. Stets soll aber der Versuch, und nach den Richtlinien möglichst der vom Schüler auszuführende Versuch das Fundament des Unterrichts bilden. Der Text enthält deshalb in großer Menge durch einen Stern bezeichnete Sätze, deren Inhalt nicht als einfache Tatsache hingenommen, sondern als das Ergebnis mehr oder weniger ausführlich beschriebener Versuche von dem Schüler erarbeitet werden soll. Wieweit dabei eine Unterstützung durch den Lehrer eintreten muß, ist, vermutlich um die Bewegungsfreiheit des Lehrers in keiner Weise zu beeinträchtigen, nicht näher angegeben; die Grenzen werden sich auch je nach der Schülergeneration nach der einen oder anderen Seite hin verschieben.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß auch die Biologie, besonders im organischen (z. B. auf S. 277), aber auch schon im anorganischen Hauptteil, z. B. in den schematischen Abbildungen, die den Kreislauf des Stickstoffs und des Kohlenstoffs (S. 100 und 116) veranschaulichen, gebührend berücksichtigt ist.

Der 3. Hauptabschnitt bringt zunächst in dem morphologischen Teil einen kurzen, aber für die Zwecke des Unterrichts mehr als ausreichenden Überblick über die äußere Form der Mineralien, selbstverständlich unter besonderer Berücksichtigung der Kristallform, ferner über ihre physikalischen und über ihre chemischen Eigenschaften, an die sich eine Übersicht über das System der Mineralien anschließt, jedoch ohne die wegen ihrer Einförmigkeit ermüdenden Einzelbeschreibungen der Mineralspezies. Im geologischen Teil ist das Hauptgewicht auf die Gesteinslehre gelegt, in der die klaren Darlegungen des Verf., die auch die Entstehung und die Umwandlung der Gesteine weitgehend berücksichtigen, durch eine Reihe guter Abbildungen, die besonders charakteristische Abscheidungsformen, z. B. des Granits oder Basalts, darstellen, in wirksamer Weise unterstützt werden. Die dynamische und die historische Geologie sind wenig oder gar nicht berücksichtigt worden, weil es für den in ihnen enthaltenen Unterrichtsstoff zur Zeit in dem ohnehin überlasteten chemischen Unterricht bekanntermaßen an Platz mangelt.

In der großen Zahl von Lehrbüchern und Grundrissen für den chemischen Unterricht, die seit der Veröffentlichung der Richtlinien auf den Büchermarkt gebracht worden sind, wird nach der Überzeugung des Berichterstatters das vorliegende Lehrbuch einen hervorragenden Platz einnehmen und behaupten.

Böttger.

**Kurzes chemisches Praktikum für Mediziner und Landwirte.** Von Prof. Dr. FRITZ ARNDT. 7. bis 9. Auflage. 96 Seiten. Berlin und Leipzig 1926, Verlag Walter de Gruyter & Co. Preis geb. RM 4,60.

Die neue Auflage weist den früheren Auflagen gegenüber nur geringfügige Änderungen auf, so daß auf die früheren Besprechungen in dieser Zeitschrift verwiesen werden kann. *Dm.*

**Grundzüge der Kolloidphysik vom Standpunkte des Gleichgewichts.** Von Dr. ANDREAS GYEMANT. Aus der Sammlung Vieweg: Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 80. Braunschweig 1925, Vieweg. 93 Seiten.

Das wissenschaftlich interessante, doch für den Gebrauch des Lehrers der höheren Schulen im allgemeinen zu weitgehende Buch steht unter dem leitenden Gedanken, daß die kolloiden Lösungen vom makroskopisch Sichtbaren eine Brücke zum Gebiet der molekularen Dimensionen bilden. Der Verfasser stellt sich als Hauptaufgabe die Lösung der Frage nach der Stabilität kolloider Lösungen, bei deren Bildung die VAN DER WAALSschen Molekularkräfte einerseits und die elektrischen Doppelschichten und die Ionenhydratation andererseits von besonderer Bedeutung sind. Der eingehenden theoretischen Behandlung dieser Fragen folgen Untersuchungen des kolloiden Gleichgewichtszustandes und der Schwankungen im Gleichgewicht. Zur vollständigen Erkenntnis des Zustandes des gesamten Systems wird auch

das Gleichgewicht der stets neben den kolloiden Teilen vorhandenen Ionen betrachtet. Zum Schluß folgt die Erörterung der stationären Bewegungszustände, die der STOKESSchen und der HELMHOLTZschen Gleichung unterliegen. Beide Gleichungen werden auf hydrodynamischer Grundlage abgeleitet. *Petzold.*

**Die praktischen und theoretischen Vorteile der eutropischen Spirale.** Von KARL HACK. 32 S. Physikochemischer Verlag Würzburg.

Die Mängel der Anordnung der Elemente im periodischen System nach MENDELEJEFF will der Verfasser dadurch vermeiden, daß er die Elemente nach der Ordnungszahl in einer Spirale anordnet und die erste unterste Halbspirale mit den Elementen Kohlenstoff bis Silizium um  $180^\circ$  nach oben dreht. Die so gewonnene Anordnung nennt er eutropische Spirale. Sie läßt das periodische System als aus ineinandergelagerten Kugelschalen erkennen, die Elemente erscheinen in 16 natürliche Gruppen gegliedert. Verfasser bemüht sich nun nachzuweisen, daß diese Anordnung vor allen anderen den Vorzug verdient, weil sich „bis auf jeden Einzelfall nachweisbare Übereinstimmungen der elementaren Eigenschaften mit den geometrischen Spiralfunktionen der eutropischen Standorte nachweisen lassen“. Er behauptet dann, ein neues mechanisches (kinetisches) Grundgesetz gefunden zu haben, nach welchem die positive Kernladung mit dem inneren Atomwiderstand gleichbedeutend ist und eine rein mechanisch gerichtete Kraftgröße darstellt. *Große Kreul.*

## Korrespondenz.

**Berichtigung** zu der Arbeit von H. HERMANN: „Beiträge zur Darstellung des Elektromagnetismus und der Induktion“, diese Zeitschrift 34, 49; 1921.

In dem Beitrag „Die Ungleichförmigkeit des Magnetfeldes in der Mittenebene eines Solenoids“, Physikalische Zeitschrift 29, 729; 1928, teilt Herr HERMANN mit, daß der genannte Aufsatz unserer Zeitschrift ein Versehen enthält. Die Ungleichförmigkeit läßt sich für jeden Punkt der Mittenebene des Solenoids streng berechnen, und aus dieser Lösung ergibt sich die Berichtigung des Versehens.

Die Technische Hochschule Berlin hat unserem ältesten Mitarbeiter **Geheimrat Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller** die Würde eines Dr. ing. ehrenhalber verliehen. Unsere Zeitschrift beglückwünscht den Altmeister herzlich zu dieser Auszeichnung.

Im Laufe des Jahres 1927 ist in Berlin mit Unterstützung des Preußischen Staates ein **Forschungsinstitut für Geschichte der Naturwissenschaften** ins Leben gerufen. Untergebracht war es in einigen Zimmern des Berliner Schlosses.

Zum Leiter ist Professor Dr. JULIUS RUSKA ernannt.

Eine Hauptaufgabe des Instituts wird es sein, Quellschriften und Untersuchungen über die Geschichte der Naturwissenschaft zu veröffentlichen, und zwar zunächst solche aus der Zeit des späten Hellenismus und der islamischen Zeit bis hinauf in das Zeitalter der Renaissance. Einige Darstellungen sind bereits in verschiedenen Fachzeitingen erschienen. Nähere Angaben bringt der 1. Jahresbericht des Forschungsinstituts, Berlin 1928, Julius Springer. *Sch.*

**Generalregister für Jahrgang 31 bis 40.** Für die Jahrgänge 1918 bis 1927 unserer Zeitschrift ist ein Generalregister erschienen. Das Heft enthält: Namenverzeichnis (S. 3 bis 17); Bücher und Schriften (S. 18 bis 32); alphabetisch geordnetes Sachverzeichnis (S. 33 bis 61); nach dem Inhalt geordnetes Sachverzeichnis (S. 62 bis 79). Es ist von unserem langjährigen Mitarbeiter Prof. Dr. E. SCHENCK bearbeitet. Der Preis des Heftes, das vom Verlage Julius Springer in Berlin zu beziehen ist, beträgt RM 6.—.

## Himmelserscheinungen im März und April 1929.

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

W. Z.	März						April						Mai	
	0h	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	1
♃	AR	21h 5m	21.26	21.50	22.16	22.44	23.14	23.45	0.17	0.52	1.29	2.8	2.48	3.28
	D	-16,6 <sup>o</sup>	-15,9	-14,6	-12,8	-10,4	-7,5	-4,1	-0,3	+3,9	+8,4	+12,9	+17,1	+20,6
♀	AR	1h 29m	1.42	1.53	2.2	2.9	2.13	2.13	2.9	2.1	1.51	1.40	1.30	1.22
	D	+13,3 <sup>o</sup>	+15,2	+17,0	+18,5	+19,6	+20,5	+20,9	+20,8	+20,1	+18,8	+17,0	+15,0	+13,0
♁	AR	22h 50m	23.8	23.27	23.45	0.3	0.21	0.40	0.58	1.16	1.35	1.53	2.12	2.31
	D	-7,5 <sup>o</sup>	-5,5	-3,6	-1,6	+0,4	+2,3	+4,3	+6,2	+8,1	+9,9	+11,6	+13,3	+14,9
♄	AR	5h 46m	5.54	6.2	6.10	6.19	6.29	6.39	6.49	6.59	7.10	7.21	7.32	7.43
	D	+26,2 <sup>o</sup>	+26,1	+26,0	+25,9	+25,8	+25,6	+25,4	+25,2	+24,9	+24,5	+24,1	+23,7	+23,2
♃	AR	2h 20m		2.28		2.35		2.44		2.53		3.2		3.11
	D	+13,0 <sup>o</sup>		+13,6		+14,3		+15,0		+15,6		+16,3		+17,0
♃	AR	17h 57m				18.1				18.2				18.1
	D	-22,3 <sup>o</sup>				-22,3				-22,2				-22,2

Δ = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge λ<sup>o</sup> v. Greenwich: ± λ · 0.657<sup>s</sup>  
 Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

Zeitgl.	10h	10.	11.	11.	11.	12.	12.	13.	13.	13.	14.	14.	
		37m 11s	56.54	16.37	36.19	56.2	15.45	35.28	55.10	14.53	34.36	54.19	14.1
	+12m 25s	+11.20	+10.5	+8.42	+7.13	+5.41	+4.10	+2.41	+1.17	-0.0	-1.9	-2.7	-2.53

Breite v. Berlin (52,5<sup>o</sup>). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. M. E. Z.

☉	Aufg.	6h 48m	6.36	6.25	6.13	6.1	5.50	5.38	5.26	5.15	5.3	4.53	4.42	4.32
	Unterg.	17h 38m	17.47	17.56	18.5	18.14	18.23	18.31	18.40	18.49	18.57	19.6	19.15	19.23

Breite v. Berlin (52,5<sup>o</sup>). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. M. E. Z.

☾	Aufg.	0h 40m	5.34	7.12	8.46	14.31	21.6	1.53	4.49	6.1	9.30	16.17	22.32	2.7
	Unterg.	9h 12m	12.50	19.23	1.5	5.32	6.44	8.40	14.17	21.16	2.29	4.27	5.38	9.23

Mondphasen	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
	W. Z.		W. Z.		W. Z.		W. Z.	
	März 11.	8h 36,6m	März 18.	7h 41,5m	März 25.	7h 46,3m	März 3.	11h 9,1m
	April 9.	20h 32,6m	April 16.	14h 9,2m	April 23.	21h 47,4m	April 2.	7h 29,0m
							Mai 2.	1h 25,5m

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I		II		III		IV	
März 2.	20h 28,0m A	März 16.	19h 23,9m A	März 21.	18h 42,0m A	-	
„ 18.	18h 47,2m A	April 17.	19h 17,3m A	„ 28.	20h 51,3m E	-	
„ 25.	20h 42,3m A					-	

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite v. Berlin. Länge v. Stargard.

M. E. Z.	♃	♀	♄	♁	♂
März 2.	-	Da 18,0h U 22,1h	Da 18,6h U 3,9h	Da 18,6h U 22,9h	A 3,4h Dm 5,6h
„ 12.	-	Da 18,3h U 22,0h	Da 18,9h U 3,5h	Da 18,9h U 22,5h	A 2,7h Dm 5,2h
„ 22.	-	Da 18,6h U 21,8h	Da 19,2h U 3,1h	Da 19,2h U 22,0h	A 2,1h Dm 4,8h
April 1.	-	Da 18,9h U 21,6h	Da 19,5h U 2,7h	Da 19,5h U 21,5h	A 1,5h Dm 4,4h
„ 11.	-	Da 19,3h U 20,7h	Da 19,8h U 2,3h	Da 19,8h U 21,0h	A 0,8h Dm 4,0h
„ 21.	-	-	Da 20,1h U 1,9h	Da 20,1h U 20,6h	A 0,2h Dm 3,7h
Mai 1.	Da 20,2h U 20,9h	A 3,5h Dm 4,0h	Da 20,4h U 1,5h	-	A 23,5h Dm 3,3h

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Merkur in gr. westl. Elongation 27° 14' März 5. 0h. Venus im größten Glanz März 15. 1h.  
 Venus stationär März 29. 10h. Venus in unterer Konjunktion mit der Sonne April 20. 9h.  
 Mars durch den Mond bedeckt März 18. Konjunktion in Rektascension 17h 28,7m.  
 Frühlingsäquinoktium: März 21. 2h 35m. A. Weill.

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 Univ.-Druckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.