



Hermann Hahn

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XL. Jahrgang.

1927.

Zweites Heft.

Hermann Hahn zu seinem siebenzigsten Geburtstage.

Die Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht hat besondere Veranlassung des Jubilars zu gedenken. HERMANN HAHN gehört von den ersten Jahrgängen an zu den Mitarbeitern der Zeitschrift; zahlreiche Beiträge entstammen seiner Feder und zwar nicht nur solche, die unter seinem Namen laufen. Seine Mitarbeit war viel weitgehender und intimer. Als POSKE 1893 und 1898 erkrankt war, leitete HAHN die Zeitschrift. Seit Jahrzehnten hat der erste Herausgeber der Zeitschrift POSKE Schulter an Schulter mit HAHN auf eine sorgfältige Auswahl der Beiträge und ihre gediegene, verlässliche Bearbeitung ständig sein Augenmerk gerichtet, so daß es nicht wundernehmen konnte, daß Verlag wie Herausgeber bald den Wunsch hatten, HAHNS Verhältnis zur Zeitschrift noch enger zu gestalten. Seit dem Jahrgang 1902 (XV) ist HAHN Mitherausgeber und waltet seines Amtes noch heute wie seit jeher mit Treue, Gewissenhaftigkeit und Geschick. Dem Außenstehenden unbekannt arbeitet er zielbewußt, beratend und helfend an der Gestaltung jedes Heftes an seinem Teile mit.

In dankbarer Erinnerung gedenkt auch die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, nicht nur als Mitherausgeberin dieser Zeitschrift, ihres nunmehr 70jährigen ersten Direktors. HERMANN HAHN wurde am 1. Oktober 1914, dem Geburtstage der Staatl. Hauptstelle, ihr erster Direktor. Mit feinem Takt und zielbewußter Hand hat er aus dieser Institution, an der er als etatmäßiger Direktor zuerst allein, später mit einer leider nur kleinen Zahl von Mitarbeitern wirkte, eine Stelle geschaffen, die sich je länger je mehr zur unentbehrlichen Beraterin und Förderin des gesamten naturwissenschaftlichen Unterrichts gemacht hat.

Über HAHNS Werden und Wirken sei an Hand seiner eigenen Aufzeichnungen folgendes hier angefügt:

HERMANN HAHN, geboren am 25. April 1857 zu Wiesbaden, erwarb Ostern 1877 an dem Realgymnasium seiner Vaterstadt das Zeugnis der Reife, studierte zu Berlin Mathematik und Naturwissenschaften und bestand am 3. Juli 1883 die Prüfung pro fac. doc. Von Michaelis 1883 bis 1884 war er Mitglied des mit dem Königlichen Friedrich-Wilhelm-Gymnasium verbundenen und von Karl Schellbach geleiteten Instituts zur Ausbildung von Lehrern der Mathematik. Von Ostern 1886 ab wirkte er als Hilfslehrer, als ordentlicher Lehrer und als Oberlehrer an der Margarethenschule zu Berlin, Ostern 1900 wurde er an das Dorotheenstädtische Realgymnasium versetzt. Von 1900 bis 1905 hielt er im Rahmen der wissenschaftlichen Vorlesungen des Berliner Lehrervereins Vorträge über Physik und leitete die damit verbundenen Übungen im Experimentieren. Seit 1901 leitete er bei den praktischen Kursen in der Alten Urania und bei den naturwissenschaftlichen Ferienkursen die Übungen in physikalischen Schulversuchen und seit 1902 die Übungen in physikalischen Schülerversuchen. Am 27. Januar 1906 wurde er Professor. Nach dem Tode des Geheimrats Vogel wurde er 1913 mit der Leitung des naturwissenschaftlichen Fortbildungsinstituts für Lehrer höherer Schulen beauftragt. Michaelis 1914 wurde er zum Leiter der jetzigen Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht ernannt. Durch Patent vom 13. März 1918 wurde ihm der Charakter als Geheimer Regierungsrat

verliehen. Sein Verdienst um den Ausbau der Hauptstelle erkannte das Staatsministerium ausdrücklich dadurch an, daß auf Antrag des Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung zweimal die Altersgrenze für HAHNS Pensionierung hinausgeschoben wurde. Am 30. September 1924 erst trat er in den wohlverdienten Ruhestand. Seinen Nachfolger im Amte durfte er selbst auswählen.

Im Jahre 1909 wurde HAHN Foreign Correspondent of the Eastern Association of Physics Teachers zu Boston, im Oktober 1911 hielt er zu Zürich bei dem ersten Ferienkurs für schweizerische Mittelschullehrer Vorträge über die Methodik des physikalischen Arbeitsunterrichts. 1913 wurde er Ehrenmitglied des Moskauer Vereins zur Förderung und Verbreitung der physikalischen Wissenschaften. Auf der Weltausstellung zu Brüssel 1910 erhielt er für seine Geräte für Schülerübungen das Ehrendiplom. 1924 ernannte ihn der Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin zum Ehrenmitglied.

Von HAHNS Veröffentlichungen seien dem Bericht über die Tätigkeit der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Zeit vom 1. Oktober 1914 bis 1. Oktober 1916 (S. 39) die folgenden Angaben entnommen:

Eulers Methode der Parameterdarstellung algebraischer Kurven. Programm der Margarethenschule 1889. — Die Brechung des Lichtes in einer Ebene. Programm der Margarethenschule 1893. — Schulapparate auf der Berliner Gewerbeausstellung. Vereinsblatt der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik, 1896, Heft 22. — Die Geryk-Luftpumpe. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht 14, 285; 1901. — Schülerübungen aus der Optik. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht 17, 73; 1904. — Wie sind die physikalischen Schülerübungen praktisch zu gestalten? Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaften I. Band, 4. Heft, 1904. — Physikalische Freihandversuche I. Teil. Nützliche Winke. Maß und Messen. Mechanik der festen Körper. Berlin: Otto Salle 1905. 2. Aufl. 1926. II. Teil. Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase. 1907. 2. Aufl. 1916. III. Teil. Licht. 1912. — Die Lehraufgaben des physikalischen und chemischen Unterrichts an den höheren Schulen Frankreichs. Wissenschaftliche Beilage zum Jahresbericht des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums. 1906. — Der Physikunterricht an den bayerischen Oberrealschulen und die weitere Ausgestaltung der Schülerübungen. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht 21, 73; 1908. — Handbuch für physikalische Schülerübungen. Berlin: Julius Springer 1909. 2. Auflage 1913. — Leitfaden für physikalische Schülerübungen. Berlin: Julius Springer. 1909. 2. Auflage 1914. — Die Zeit- und Kostenfrage der physikalischen Schülerübungen. (Vortrag, gehalten am 29. September 1909 zu Graz auf der 50. Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner). Leipzig: Quelle & Meyer 1910.

Dazu füge ich noch aus HAHNS Aufzeichnungen als Schriften seiner letzten Periode: Die Entwicklung des physikalischen Arbeitsunterrichts, im zweiten Jahrbuch der Pädagogischen Zentrale des Deutschen Lehrervereins 1912. S. 181. — Physik und Technik, in „Schule und Krieg“. Berlin: Weidmann 1915. S. 112. — Physik und Chemie, in Norrenberg, die deutsche höhere Schule nach dem Weltkrieg. Leipzig: B. G. Teubner 1916. S. 181. — Zwei Streitfragen über den Betrieb der Schülerversuche. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht 31, 46; 1918. — Über die Gesetze der einfachen Schwingungen. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht 31, 112; 1918. — Der neue Aufbau unseres Lehrmittelwesens, Pädagogisches Zentralblatt 1, 11; 1919. — Die Starre, Mitteilungen der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Heft 4. 1921. — Plan für Fortbildungskurse zur Ausbildung von Kandidaten der Naturwissenschaften. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht 39, 176; 1926.

Diese an sich trockene Aufzählung der Veröffentlichungen HAHNS bis in die letzte Zeit geben ein lebendiges Bild von der Schaffenskraft und Schaffensfreude HERMANN HAHNS. Möge ihm noch ein langer Lebensabend in ungebrochener Kraft und Frische beschieden sein.

Karl Metzner.

Grundlagen und Kritik der Ostwaldschen Farbensystematik.

Von Clemens Schaefer in Breslau.

1. Im folgenden bemühe ich mich, in aller Kürze zu zeigen, gestützt auf Arbeiten von SCHRÖDINGER¹⁾, KOHLRAUSCH²⁾ und mir selbst³⁾, daß die sogenannte OSTWALDSche Farbentheorie in ihren Grundlagen verfehlt und ihre scheinbar so einleuchtende Einfachheit auf Kosten der Richtigkeit erkaufte ist.

Um mich möglichst kurz fassen zu können, schicke ich einige Definitionen und Erklärungen voraus, auf die ich mich weiterhin beziehen werde.

a) Es handelt sich im folgenden immer um „Körperfarben“, d. h. um Farben, die absolut matte (nicht glänzende) Pigmente zeigen (z. B. farbige Stoffe, Farbanstriche auf mattem Papier u. dgl.), wenn sie mit weißem Sonnenlicht beleuchtet werden. Dieser letztere Zusatz ist notwendig, da die Farbe des Pigments natürlich von der Art der Beleuchtung abhängt; daß man gerade weißes Sonnenlicht als das „Normallicht“ gewählt hat, ist an sich willkürlich, kann aber allenfalls phylogenetisch gerechtfertigt werden.

b) Solche Pigmente „remittieren“ das Sonnenlicht im allgemeinen in den verschiedenen Spektralbereichen verschieden stark; in dem besonderen Falle, daß das „Remissionsvermögen“ von der Wellenlänge unabhängig ist, d. h. der Körper Licht aller Wellenlängen in denselben Helligkeitsverhältnissen remittiert, wie es in der Beleuchtungsquelle vorhanden ist, nennen wir das remittierende Pigment entweder „weiß“, „grau“ oder „schwarz“. Weiß in dem Falle, daß alles Licht vollkommen remittiert wird („Remissionsvermögen“ $R = 1$), grau falls $0 < R < 1$, schwarz endlich, wenn $R = 0$. OSTWALD bezeichnet diese spezielle Art von Pigmenten als „unbunte“.

c) Ist dagegen im allgemeinen Fall $R = \psi(\lambda)$, so wird das Lichtgemisch, das in das Auge remittiert wird, im allgemeinen farbig sein; wir nennen das Pigment dann „bunt“.

d) Die Farbe eines bunten Pigments kommt also durch das Gemisch der von ihm remittierten Wellenlängen zustande; nennt man die Helligkeit des Sonnenlichtes zwischen den Wellenlängen λ und $\lambda + d\lambda$ etwa $f(\lambda)d\lambda$, so wird die Helligkeit des remittierten Lichtes von der Wellenlänge λ gleich $f(\lambda)\psi(\lambda)d\lambda$, das Lichtgemisch also durch die Summe (das Integral)

$$\int_{\lambda_0}^{\lambda_1} f(\lambda)\psi(\lambda)d\lambda$$

$[\lambda_0$ und λ_1 die Grenzen des sichtbaren Spektrums]

charakterisiert.

e) Um also die Farbe eines Pigments zu bestimmen, muß man in jedem Falle von der „Remissionsfunktion“ oder „Remissionskurve“ $R(\lambda)$ ausgehen; ohne ihre genaue Kenntnis kann man nichts über die Mischfarbe aussagen.

f) Wenn man eine Pigmentfarbe (oder auch ein spektrales Lichtgemisch) foveal betrachtet, d. h. so, daß die Lichterregung im Auge auf die Fovea centralis beschränkt bleibt, und gleichzeitig die übrige Umgebung vollkommen lichtlos ist (z. B. hinreichend kleines Pigment begrenzt von schwarzem Papier oder durch enge Röhre betrachtet, oder etwa die Lichter im Spalt eines Spektralapparates), so kann man nach den ausgedehnten Messungen von HELMHOLTZ und MAXWELL die von einem normalen

¹⁾ E. SCHRÖDINGER, Phys. Zeitschr. 26, S. 349, 1925.

²⁾ K. W. F. KOHLRAUSCH, Phys. Zeitschr. 21, S. 396 ff., 423 ff., 473 ff., 1920.

³⁾ CL. SCHAEFER, Phys. Zeitschr. 26, S. 58 ff., S. 908 ff., 1925; ibidem 27, S. 343 ff., 1926.

farbentüchtigen Auge wahrgenommene Pigmentfarbe charakterisieren durch drei unabhängige Angaben oder Koordinaten. Als solche kann man z. B. nach dem Vorgange der genannten Forscher wählen: Farbton (d. h. Angabe der Wellenlänge gleichen bzw. komplementären Farbtons im Spektrum), Sättigung (d. h. Gehalt an weißem Lichte) und Helligkeit. Diese spezielle Koordinaten-Wahl ist nicht notwendig, sondern irgend drei unabhängige geeignete Daten können an ihre Stelle treten. Aber drei unabhängige Daten müssen es immer sein; daher die Ausdrucksweise: Der Farbenraum ist dreidimensional.

In solcher Weise beobachtete Pigmente (oder spektrale Lichter) nennt OSTWALD „unbezogen“; wir wollen uns diesem Sprachgebrauch anpassen, obwohl man sich darüber klar sein muß, daß diese Pigmentfarben auch bezogen sind, nämlich auf gewisse Normalbedingungen (foveale Betrachtung, lichtlose Umgebung). Es ist dies eine, wenn man will, willkürliche Einschränkung, übrigens von genau derselben Art wie die oben erwähnte Beschränkung auf Beleuchtung mit weißem Sonnenlicht. Diese Einschränkungen haben natürlich ihren ganz bestimmten Grund, der im folgenden klar werden wird.

In der vorhin eingeführten Bezeichnungsweise sagen wir also genauer: Der Farbenraum „unbezogener“ Pigmente ist dreidimensional.

g) Beobachtet man Pigmente nicht unter diesen „Normalbedingungen“ (z. B. große Pigmente, deren Bild auf der Netzhaut über die Fovea hinausragt, in willkürlich gefärbter und belichteter Umgebung, z. B. von weißen, gelben oder grünen Farbtönen umgeben od. dgl.), so nennt man solche Farben nach OSTWALD „bezogen“. Wegen besonderer Eigentümlichkeiten unseres Auges, insbesondere infolge der sogenannten Kontrasterscheinungen, erscheinen solche „bezogene“ Farben dem Auge unter Umständen vollkommen anders als das gleiche Pigment, wenn es „unbezogen“ ist. Zum Beispiel — und das ist einer der wichtigsten Fälle — kann ein Pigment, das „unbezogen“ gelb aussieht, wenn es „bezogen“ betrachtet wird, je nach Art der Belichtung der Umgebung braun oder olivgrün aussehen und dazwischen alle möglichen Übergangstöne annehmen.

Daraus ergibt sich, daß „bezogene“ Pigmente von einer großen Zahl von Bestimmungsstücken (Koordinaten) abhängig sind, im allgemeinen sogar von unendlich vielen, da wir ja die äußeren Bedingungen ganz beliebig variieren können. Der Farbenraum bezogener Pigmente ist also nicht dreidimensional, sondern im allgemeinen von unendlich hoher Dimensionenzahl.

Praktisch gesprochen: Eine Theorie der Körperfarben ist nur möglich für sogenannte unbezogene Farben, weil nur diese durch eine endliche kleine Zahl (3) von Koordinaten charakterisiert werden können. Das ist natürlich auch der Grund, warum man den sog. Farbtheorien immer nur unbezogene Farben zugrunde gelegt hat.

2. Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen wenden wir uns zur OSTWALDSCHEN Farbentheorie; wir stützen uns dabei auf seine eigene zusammenfassende Darstellung¹⁾. Wenn wir dabei von unwesentlichen Dingen absehen, so können wir zunächst feststellen, daß auch OSTWALD eine Pigmentfarbe charakterisiert durch drei Daten, die freilich von den oben aufgezählten HELMHOLTZ-MAXWELLSCHEN (Farbton, Helligkeit, Sättigung) verschieden sind. Bei OSTWALD heißen die Farbkoordinaten: Farbton, Weißgehalt und Schwarzgehalt.

Wie schon oben betont, ist das Wesentliche die Dreizahl der Koordinaten: die spezielle Wahl derselben ist dagegen gleichgültig. Es wäre also an sich durchaus denkbar, daß OSTWALDS Bestimmung einer Farbe nicht nur zulässig, sondern sogar sehr viel brauchbarer als die HELMHOLTZ-MAXWELLSCHES wäre. Dann müßten natürlich die OSTWALDSCHEN Koordinaten eindeutige Funktionen der HELMHOLTZSCHEN sein und umgekehrt.

¹⁾ W. OSTWALD, Phys. Zeitschr. 17, S. 322 ff., 352 ff., 1916.

Bevor wir auf diese fundamentale Frage eingehen, sei zunächst festgestellt, daß schon aus der Dreizahl der Koordinaten ohne weiteres folgt, daß auch OSTWALD seiner Theorie nur unbezogene Pigmente zugrunde legt und legen kann, aus den in Artikel 1, g dargelegten Gründen. OSTWALD selbst behauptet freilich das Gegenteil; nach ihm sei gerade sein Fortschritt der, daß er eine Theorie der bezogenen Farben geschaffen habe, in der z. B. „Braun“ und „Olivgrün“ ihren Platz hätten. Aber dies ist ein offensichtlicher Irrtum; auf die spezielle Frage des „Braun“ kommen wir später noch zurück.

Als erstes Ergebnis kann demgemäß gebucht werden: „Auch die OSTWALDSche Theorie der Pigmentfarben hat es nur mit unbezogenen Farben zu tun.“

3. Wir gehen nunmehr auf die Frage ein, wie OSTWALD seine neuen Koordinaten Schwarz- und Weißgehalt (grundsätzlich) bestimmt.

OSTWALD ordnet Pigmentfarben gleicher Sättigung (daß seine Sättigung etwas anderes ist als der entsprechende HELMHOLTZsche Begriff, mag hier als nebensächlich außer acht gelassen werden; eine genauere Definition der OSTWALDSchen Sättigung folgt später) zu „Farbkreisen“ an, die im allgemeinen 100teilig sind; die einzelnen Farbtöne werden mit den Ziffern 00 bis 100 bezeichnet. Sie bilden durch Hinzunahme der — im Spektrum nicht vorhandenen — Purpurtöne eine in sich zurückkehrende Reihe: von Zitronengelb (00) über Grün, Grünblau, Blau, Purpur, Rot, Orange zum Zitronengelb (100 = 00) zurück. Komplementär-farben sind an den Enden eines Durchmessers angeordnet, stehen also im Farbkreis einander diametral gegenüber. Daß OSTWALD dementsprechend die Farbtöne durch die Ziffern 00 bis 100, statt durch Wellenlängen, bezeichnet, ist

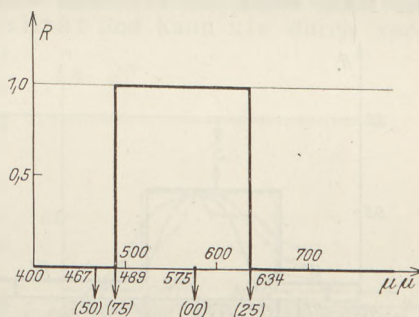


Fig. 1.

offenbar im Prinzip unwesentlich und meines Erachtens durchaus praktisch. 00 und 50, 25 und 75 und so fort bezeichnen also z. B. komplementäre Farbpaare.

OSTWALD behauptet nun, auf Grund experimenteller Untersuchungen, zu dem Ergebnis gekommen zu sein, daß ein „möglichst gesättigtes“ Pigment — etwa vom Farbton 00 — alle Farben innerhalb des symmetrisch umgebenden „Farbenhalbs“ — in unserem Beispiel also die Farben von 75 über 00 bis 25 — remittiere; demgemäß bildet er den Begriff einer „Vollfarbe“, d. h. eines ideal gesättigten Pigmentes, das in dem die Farbton-Nummer symmetrisch begrenzenden Farbenhalb alles remittiert, in dem übrigen Farbenhalb dagegen nichts remittiert. In unserem Beispiel wäre also die Remissionsfunktion der Vollfarbe 00 folgende (siehe Fig. 1):

$$R = 1 \text{ von } 00 \text{ bis } 25; R = 0 \text{ von } 25 \text{ bis } 75; R = 1 \text{ von } 75 \text{ bis } 00.$$

Das Farbenhalb von 25 über 50 bis 75 heißt in leicht verständlicher Weise das „Absorptionsgebiet“, das Farbenhalb von 75 über 00 bis 25 das „Remissionsgebiet“.

„Vollfarben“ gibt es aber in der Natur nicht, und so betrachtet OSTWALD Pigmente, die sich dadurch von den vollfarbigen unterscheiden, daß im Remissionsgebiet die Remission nicht vollständig ist, sondern daß R etwas kleiner als 1 ist, und daß entsprechend im Absorptionsgebiet R nicht = 0, sondern R etwas größer als 0 ist, wobei aber im übrigen sowohl der Satz vom Farbenhalb als auch die Voraussetzung beibehalten wird, daß in beiden Gebieten R konstant sei. Die Verhältnisse sind in Fig. 2 dargestellt, wo für das Plättchen 00 die Verhältnisse illustriert sind.

Weder ist also im „Remissionsgebiet“ die Remission total, noch auch im „Absorptionsgebiet“ die Absorption. Beides erklärt OSTWALD so: Wenn dem „vollfarbigen“

Pigment schwarze Pigmentkörner zugemischt werden, so ändern diese im Absorptionsgebiet nichts, da ja dort ohnehin die Remission 0 ist, sondern sie bewirken nur, daß im Remissionsgebiet die Remission unter 1 herabgedrückt wird. Der Abstand S der Remissionsfunktion im Remissionsgebiet von 1 (siehe Fig. 2) ist demgemäß der sogenannte „Schwarzgehalt“ des Pigments. Umgekehrt: Werden dem „vollfarbigen“ Pigment weiße Körner beigemischt, so ändern diese im Remissionsgebiet nichts, da ja dort die Remission ohnehin 1 ist, sie verhindern aber, daß im Absorptionsgebiet die Remission auf 0 herabgeht; der Abstand der Remissionsfunktion im Absorptionsgebiet von 0 ist demgemäß der „Weißgehalt“ des Pigments.

Die Differenz $1 - (S + W)$ bezeichnet OSTWALD als „Farbgehalt“ F , und erhält so die Gleichung

$$F + S + W = 1,$$

die er als fundamental betrachtet. Farben gleicher Sättigung sind demzufolge nach OSTWALD solche, bei denen $F = \text{konst.}$ oder $S + W = \text{konst.}$ ist.

Auch solche Pigmente mit einer Remissionskurve gemäß Fig. 2 gibt es in der Natur nicht; ein Plättchen vom Farbton 00 wird in natura etwa folgende Remis-

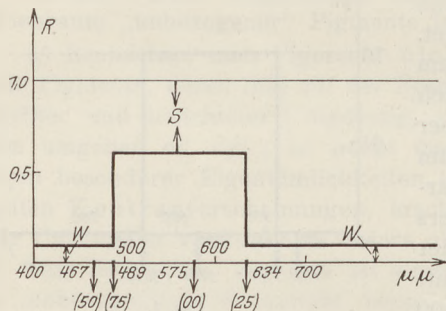


Fig. 2.

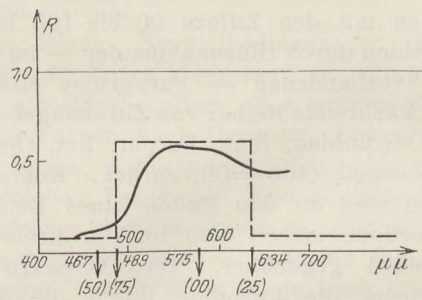


Fig. 3.

sionskurve haben (ausgezogene Kurve in Fig. 3), und ganz ähnlich ist es in allen Fällen.

Und nun approximiert OSTWALD eine solche de facto vorliegende Remissionskurve durch eine solche nach Art der Fig. 2, indem er eine Rechteckskurve (in Fig. 3 gestrichelt) dafür einführt, die so beschaffen ist, daß der tiefste Punkt der wirklichen Remissionskurve den Weißgehalt, der höchste dagegen den Schwarzgehalt der approximierten bestimmt, wobei außerdem gleichzeitig der „Farbenhalsatz“ beibehalten wird; d. h. OSTWALD behauptet: 2 Plättchen, von denen das eine eine Remissionskurve nach Art der ausgezogenen in Fig. 3 hat, und das andere die gestrichelte Rechteckskurve zur Remissionskurve besitzt, seien für das Auge identisch, d. h. ununterscheidbar.

4. Wir wenden uns nun zur Kritik dieses OSTWALDSCHEN Versuches, die Pigmentfarben außer durch den Farbton durch S und W zu charakterisieren.

Zunächst eine Bemerkung vorweg: Aus der obigen Darstellung geht hervor, daß auch OSTWALD grundsätzlich von der Remissionskurve des Pigmentes ausgeht, was nach Artikel 1, c unbedingt erforderlich ist. Aber er schematisiert dieselbe in der durch Fig. 2 und 3 angedeuteten Weise, im Grunde nur, um bequeme, d. h. rasch arbeitende Methoden zur Bestimmung von S und W benutzen zu können.

Man sieht sofort, daß die Ersetzung der wirklichen Remissionskurve in Fig. 3 durch die gestrichelte Rechteckskurve im allgemeinen — warum nur im allgemeinen, davon später — nicht zulässig ist. Denn man verändert ja die Farbmischung dadurch, im allgemeinen also auch die resultierende Mischfarbe. Sehen wir also von den durch die Einschränkung „im allgemeinen“ ausgeschalteten eventuellen Ausnahmen ab, die wir erst später diskutieren wollen, so haben wir zu sagen:

Schon die Schematisierung der wirklichen Remissionskurve durch eine Rechteckskurve ist unzulässig.

Dazu kommt, daß Schwarz- und Weißgehalt bei OSTWALD als etwas durchaus Gleichwertiges und Gleichartiges auftreten, offenbar hervorgerufen durch seine Betrachtung mit den weißen und schwarzen Körnern (Artikel 3), nach der ja in der Tat die mechanische Zumischung von schwarzen und weißen Körnern zu den farbigen etwas durchaus Gleichartiges ist.

Aber Zumischung von Schwarz zu einem farbigen Pigment (entweder durch direkte Beimischung schwarzer Körner oder durch Hinzufügung eines Schwarzsektors bei Benutzung des Farbenkreises) ist etwas total anderes, als entsprechende Zumischung von Weiß. Denn nach Ausweis der Erfahrung¹⁾ bewirkt Zumischung von Schwarz lediglich eine Verdunkelung des Pigments, und diese kann durch stärkere Beleuchtung (natürlich mit weißem Sonnenlicht) stets wieder vollkommen ausgeglichen werden. Mit anderen Worten: Ein gegebenes Pigment und dasselbe Pigment mit Schwarzzusatz können dadurch für das Auge unterscheidbar gemacht werden, daß das letztere stärker beleuchtet wird. Ganz anders mit Weißzusatz. Dieser verändert die Farbqualität und kann nie durch veränderte Intensität der Beleuchtung kompensiert werden. Es werden also zwei total ungleiche Dinge in der OSTWALDSCHEN „Theorie“ als gleichartig behandelt.

Für OSTWALD hat die Lehre vom Schwarz- und Weißgehalt eine besondere Bedeutung. Denn, wie oben erwähnt, glaubt und behauptet er, seine Systematik umfasse auch die „bezogenen“ Farben, was wir schon oben für unrichtig erklärten. OSTWALD glaubt nun, daß Zumischung von Schwarz zu Gelb dieses zu „Braun“ mache; seine Theorie könne also „braune“ Pigmente charakterisieren, was keine andere Theorie vermöge. Dies ist in zweifacher Hinsicht ein Irrtum.

Einmal hat der Schwarzgehalt eines gelben Pigmentes mit der Braunfärbung an sich nichts zu tun; bei „unbezogenen“ Pigmenten tritt durch Zumischung von Schwarz nie Braun auf, welches letzteres vielmehr eine typische „Bezogenheitserscheinung“ ist. Und zweitens ist ja auch OSTWALDS Theorie eine der unbezogenen Farben.

5. Sind schon diese Einwände schwerwiegend genug, so ist die Sache damit doch noch nicht abgetan. Man betrachte einmal Pigmente mit Remissionskurven, wie sie in Fig. 4 dargestellt sind, die sämtlich im Minimum und Maximum übereinstimmen. Alle diese Pigmente — und ihre Zahl ließe sich beliebig vermehren — haben nach OSTWALD gleichen Schwarz- und Weißgehalt, wären also nach OSTWALDS Methode und in seiner Systematik identisch. Und doch sind sie dem Auge im allgemeinen verschieden, da jedes eine andere Farbenmischung repräsentiert. Nach OSTWALDS Messung würden also alle diese verschiedenen Pigmente nicht unterschieden, sondern durch dieselben Kennziffern dargestellt.

In gewissem Sinne gilt auch das Umgekehrte. Es ist in der OSTWALDSCHEN Systematik möglich, daß ein und dasselbe Pigment auf unendlich verschiedene Weise durch Kennziffern dargestellt wird. Um dies zu verstehen, bedenke man, daß der Farbenraum nur dreidimensional, die Art der Farbenmischungen dagegen von unendlich hoher Dimensionenzahl ist. D. h. es gibt unendlich viele verschiedene Farbenmischungen, die für das Auge ununterscheidbar sind. Zum Beispiel je zwei Komplementärfarben geben dasselbe Weiß; im OSTWALDSCHEN Farbkreise z. B. die Paare 00 und 50, 01 und 51, 25 und 75 49 und 99. Aber Entsprechendes

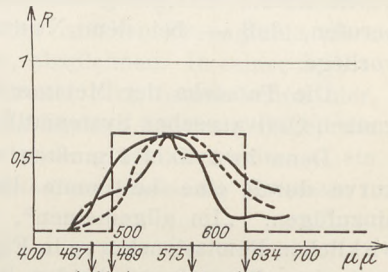


Fig. 4.

¹⁾ F. EXNER, Sitz.-Ber. d. Wien. Akademie, Abt. IIa, 127, S. 1829, 1910. — CL. SCHAEFER, Phys. Zeitschr., 27, S. 343 ff., 1926.

gilt für alle Farbtöne. Jeder ist im allgemeinen durch unendlich viele verschiedene Farbmischungen herstellbar, d. h. durch unendlich viele Pigmente mit verschiedener Remissionskurve! Nach OSTWALD würde jeder dieser Remissionskurven im allgemeinen ein anderer Schwarz- und Weißgehalt zukommen, also dieselbe Pigmentfarbe an unendlich vielen Stellen seines Systems auftreten, in den OSTWALDSchen Kennziffern unterschieden, für das Auge ununterscheidbar!

Beide Tatsachen sind für das OSTWALDSche System tödlich.

6. Die zuletzt erwähnte Tatsache, daß ein und dieselbe Mischfarbe im allgemeinen auf unendlich viele verschiedene Arten hergestellt werden kann, ist das Alpha und Omega der Lehre von den Farbmischungen; es ist sozusagen das „Normalphänomen“ dieser Lehre. Um so merkwürdiger ist es, daß OSTWALD es ursprünglich gar nicht gekannt zu haben scheint, sondern es neu entdeckt und mit dem Namen — aber dieser ist auch das einzig Neue daran — „Metamerie“ belegt hat. „Metamere Pigmente“ sind also nach OSTWALD solche, die trotz verschiedener Remissionskurve für das Auge ununterscheidbar sind. Wie schon oben erwähnt, ist diese Tatsache für die vorliegende OSTWALDSche Systematik tödlich, indem die Eindeutigkeit der Zuordnung verletzt wird. OSTWALD und seine Anhänger haben dies wohl empfunden, gehen aber der Lösung der Schwierigkeit aus dem Wege, indem sie sich darauf berufen, daß — bei dem Normalphänomen! — noch nicht genügende Erfahrung vorliege.

Die Tatsache der Metamerie indessen könnte vielleicht doch dazu dienen, der ganzen OSTWALDSchen Systematik eine solche Wendung zu geben, daß sie haltbar wäre.

Denn in Artikel 4 mußten wir bei der Kritik der Approximierung der Remissionskurve durch eine bestimmte Rechteckskurve die Einschränkung „im allgemeinen“ hinzufügen. „Im allgemeinen“, so sagten wir, sei die Ersetzung der ausgezogenen wirklichen Remissionskurve in Fig. 3 durch die gestrichelte derselben Figur unzulässig, weil „im allgemeinen“ beiden Remissionskurven eine andere Mischfarbe entspricht. Nur in dem Falle, daß beide Remissionskurven metameren Pigmenten angehören sollten, wäre — und das ist die oben angedeutete eventuelle Ausnahme — das OSTWALDSche Verfahren zulässig.

Und so erhebt sich denn die Frage, ob man nicht für jedes vorgelegte Pigment die wirkliche Remissionskurve so „metamer deformieren“ könnte, daß sie in eine OSTWALDSche Rechteckskurve übergeht? Würde diese Frage mit „Ja“ beantwortet, so würde man in jedem Falle so vorgehen, man hätte dann in der Tat alle Schwierigkeiten beseitigt, und Schwarz- und Weißgehalt würden neben dem Farbton ein Pigment wirklich einwandfrei charakterisieren können. Man könnte in diesem Falle zwar noch immer darüber streiten, ob die Bezeichnung Schwarz- oder Weißgehalt zweckmäßig sei, aber sachlich wäre alles in Ordnung, und es müßte sich dann auch herausstellen, daß S und W in einfachem Zusammenhang mit den HELMHOLTZschen Koordinaten Sättigung und Helligkeit stehen.

Aber leider zeigt die Untersuchung¹⁾, daß die Frage verneint werden muß. Damit die wirkliche und die nach OSTWALD schematisierte Remissionskurve metameren Pigmenten angehören, muß offenbar eine bestimmte Bedingungsgleichung erfüllt sein, wie man sich ohne Rechnung leicht klar macht. Diese Bedingung ließe sich zwar erfüllen, wenn man OSTWALDS Satz vom Farbenhalt — nach dem Urteil seiner Anhänger OSTWALDS genialste Schöpfung — fallen ließe bzw. modifizierte. Aber damit bricht wieder alles zusammen: Denn nur wenn dieser Satz festgehalten wird, ist OSTWALDS Schematisierung der Remissionskurve wirklich eindeutig festgelegt.

7. Eine Bemerkung zur Vermeidung von Mißverständnissen sei hinzugefügt: Wir wollen nicht bestreiten (aber auch nicht behaupten), daß OSTWALDS Systematik

¹⁾ CL. SCHAEFER, Phys. Zeitschr. 27, S. 351, 1926.

in manchen Fällen angenähert brauchbar ist. Das würde darauf beruhen, daß die im vorhergehenden (Artikel 6) angedeutete Bedingungsgleichung angenähert oder zufällig erfüllt ist. Unsere Kritik ist vielmehr eine grundsätzliche. An Stelle der exakten Grundlagen der Theorie der Farbenmischung, d. h. an Stelle der exakten Remissionskurve setzt die OSTWALDSche Systematik ein grobes Schema, und zwar gewissermaßen aus Bequemlichkeit: Sie verzichtet zugunsten einer scheinbaren Einfachheit der Darstellung und der Meßmethoden auf die notwendige exakte Formulierung. Ihr Anspruch, zum ersten Male eine quantitative Erfassung der Körperfarben geliefert zu haben, ist in doppelter Hinsicht abzuweisen: Einmal leistet sie das tatsächlich nicht, wie oben ausgeführt wurde, und zweitens ist das längst in der von NEWTON begründeten, von HELMHOLTZ und MAXWELL ausgebildeten Methode geleistet, die die Farben durch Farbton, Helligkeit und Sättigung charakterisiert.

Diese unsere Überzeugung, daß die OSTWALDSche Theorie gegenüber dem, was wir als gesicherten Besitz betrachten können, einen erheblichen Rückschritt bedeutet und durch die Unklarheit ihrer Begriffe einen fast unglaublichen Schaden angerichtet hat, hat die Auswahl der Punkte bestimmt, die hier aus der OSTWALDSchen Theorie getroffen und besprochen wurden. Mögen auch alle anderen Punkte der Theorie einwandfrei sein, das hier Besprochene genügt nach unserer Meinung, um die Theorie, die wegen ihrer scheinbaren Einfachheit (und infolge der starken Propaganda ihres Schöpfers) in weitere Kreise einzudringen im Begriffe ist, abzulehnen. In seiner Selbstbiographie¹⁾ fällt OSTWALD selbst freilich ein anderes Urteil: „Ich betone schon hier, daß ich die Schaffung der messenden Farblehre für die höchste Leistung halte, die mir zu vollbringen gegönnt gewesen ist.“ Aber dies ist — glücklicherweise — ein Irrtum.

Breslau, Physikalisches Institut der Universität.

Das Arbeitsbrett.

Ein Mittel zur Organisation physikalischer Übungen.

Von E. Hiedemann in Köln.

(Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität Köln.)

Bei der Durchführung des physikalischen Praktikums der Universität Köln ist der Verfasser auf Schwierigkeiten gestoßen, die in vielem an die Verhältnisse erinnern, wie sie wohl bei den physikalischen Schülerübungen der meisten Lehranstalten auftreten werden. Es dürfte daher von Interesse sein, näher darauf einzugehen, wie sie überwunden wurden.

Während in den physikalischen Instituten der meisten großen Universitäten der zu jedem einzelnen Praktikumsversuch nötige Apparat an einer bestimmten Stelle mit allem Zubehör aufgestellt ist, mußten die Apparate im Kölner Institut wegen beschränkter Raumverhältnisse in Schränken untergebracht werden. Sie mußten vor jedem Praktikum herausgestellt und alles dazu passende Zubehör zusammengesucht werden. Dies war bei größerer Zahl der Praktikanten und mangelnden Hilfskräften eine nicht unbeträchtliche Arbeit. Waren die Versuche beendet und wurden die Apparate weggestellt, so wurde das Fehlen eines abhanden gekommenen oder zerstörten Zubehörs leicht übersehen. So stellten sich selbst bei ordnungsgemäßen Betrieben schon Schwierigkeiten ein. Wieviel größer sind diese erst, wenn verschiedene Herren mit den gleichen Apparaten arbeiten und diese an verschiedene Plätze stellen, so daß man in größeren Sammlungen längere Zeit danach suchen muß. Alles dies wird vermieden, wenn Apparat zwangsläufig mit allem Zubehör zusammen immer an einer bestimmten Stelle steht, und zwar in einer Anordnung, daß das Fehlen irgend

¹⁾ W. OSTWALD, *Lebenslinien*, 1, S. 30, Berlin 1926.

eines Einzelteiles sofort ins Auge springt. Eine solche Übersichtlichkeit wird erreicht durch das System des Arbeitsbrettes.

Einige Beispiele mögen die Art der Arbeitsbretter und ihre Vorteile verdeutlichen.

Arbeitsbrett 1 zeigt die Vereinigung allen Zubehörs zu dem Anfängerversuch Längen- und Dicken-Messung. Die Versuchskörper (Zylinder, Hohlzylinder, Ring und Platten verschiedener Größe) sind einfach in Vertiefungen eines kleinen Brettes gestellt. Die Übersichtlichkeit ist offenbar.

Arbeitsbrett 2 zeigt das Zubehör zur JOLLY'schen Federwage. An einem kleinen Galgen, der einfach durch passendes Biegen eines starken Blech-

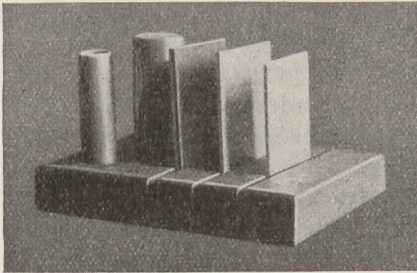


Fig. 1.



Fig. 2.

streifens hergestellt ist, hängen in kleinen Haken die verschieden starken Federn und die Wagschalen. In Vertiefungen auf dem Brett stehen die zu untersuchenden Flüssigkeiten. Die zu untersuchenden Materialproben liegen ebenfalls in kleinen Vertiefungen, ebenso der Senkkörper. Es wird auffallen, daß außerdem drei Bechergläser gleicher Größe auf dem Brett stehen. Eines würde an und für sich ja genügen; daß drei — für jede Flüssigkeit ein besonderes Glas — verwendet werden, ist darin begründet,

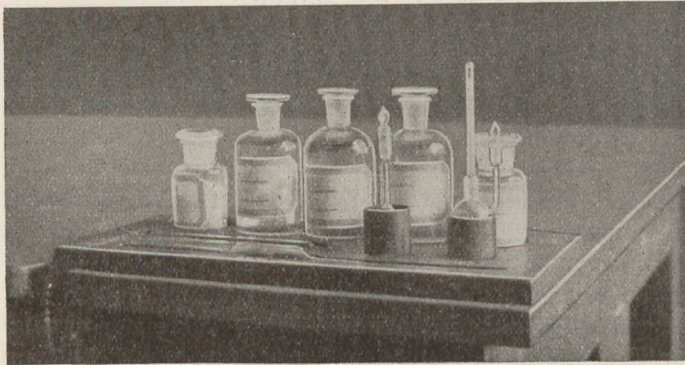


Fig. 3.

daß jedes vermeidliche unnötige Spülen vermieden werden soll. Bei einer größeren Zahl von Übungen ist sonst immer ein Gedränge um den Spültisch, was erstens stört und zweitens aufhält. Schließlich entsteht der meiste Bruch von Glasgeräten erfahrungsgemäß gerade beim Spülen. Die etwas größeren Anschaffungskosten rentieren sich durch den viel geringeren Bruch

in überraschend kurzer Zeit. Daß dieselben Bestimmungssubstanzen immer nur zu einem Versuch gebraucht werden, kostet etwas mehr durch die Anschaffungskosten einer größeren Zahl von Flaschen. Dies macht aber bei etwa 100 Versuchen höchstens Mk. 40.— aus; dafür ist aber eine wirklich einwandfreie Kontrolle der Messungen erreicht.

Arbeitsbrett 3 stellt das Zubehör zum Versuch: „Dichtebestimmung mit dem Pyknometer“ dar. Die zu bestimmenden Flüssigkeiten stehen in Vertiefungen, ebenso die Pulverflaschen für die Versuchssubstanzen. In weiteren Vertiefungen liegt ein Pyknometer und eine Pipette zum Einfüllen. Zwei andere Formen des Pyknometers

stehen — der Sicherheit des festen Stehens halber — in Pertinax-Rohren (Pappe ist wenig haltbar und nicht zu empfehlen). Bei diesem Arbeitsbrett sei auf ein weiteres Prinzip aufmerksam gemacht. Das Wählen der Bestimmungssubstanzen nach der Bequemlichkeit und Reinlichkeit des Arbeitens. Es werden hier zum Beispiel Salzsäurelösungen verschiedener Konzentration, sowie Glasperlen und Granaten bestimmt.

Keine Substanz verschmutzt die Pyknometer. Alle nicht unmittelbar zur Methode gehörenden Arbeiten werden daher auf das Trocknen beschränkt, und dadurch die Aufmerksamkeit des Übenden ausschließlich auf die kennen zu lernende Methode konzentriert. Außerdem vermeidet man dadurch die

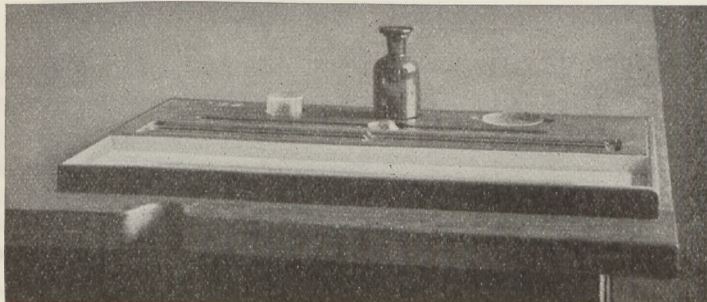


Fig. 4.

Abschwächung des Interesses, die unvermeidlich durch die langweilige und unnütze Zeit verschwendende Reinigungsarbeit entsteht.

Arbeitsbrett 4 zeigt den Ideal-Fall des Arbeitsbrettes: Die Vereinigung allen Zubehörs und des Apparates zu einer Einheit. Es stellt den Versuch: Kalibrieren einer Kapillare dar. Man sieht die Flasche mit Quecksilber, sowie ein kleines Standgefäß, das Uhrglas zum Wägen, desgleichen drei verschiedene Kapillaren sowie ein Kugelrohr zum gefahrlosen Ansaugen, in den Vertiefungen der einen Hälfte des Brettes liegen, die andere Hälfte des Arbeitsbrettes stellt das dazu benötigte Quecksilberbrett dar. Dazu ist diese Hälfte mit weißem Lack gut und dicht überzogen, so daß etwa verschüttetes Quecksilber leicht aufzufangen ist. Auf dem Quecksilberbrett ist ein Maßstab angeklebt, auf den man die Kapillare legen und dann direkt die Länge des Quecksilberfadens messen kann.

Die Figuren 5 und 6 zeigen zwei der oben beschriebenen Bretter leer, um die Ausführung und Herstellung zu erläutern. Wegen der Billigkeit verwendet man am besten gewöhnliches Tannenholz, das man nachher zweckmäßig mit einer guten einfachen Beize beizt. Am einfachsten stellt man jedes Brett aus zwei übereinanderliegenden Brettern her. In das obere Brett

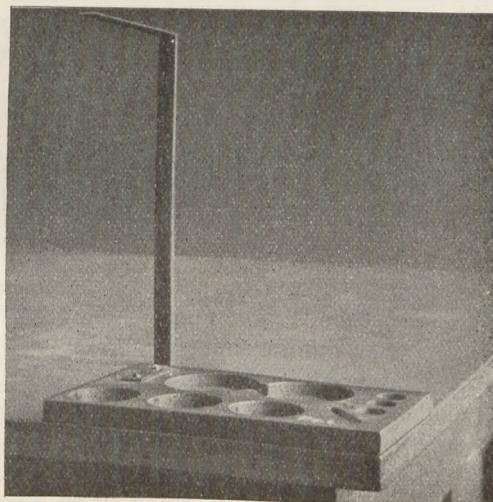


Fig. 5.

werden die nötigen Vertiefungen als Löcher eingebohrt oder ausgefräst. Das untere Brett wird einfach mit dem oberen verleimt oder verschraubt. Die Kosten der Herstellung sind minimal, da Holz wie Beize sehr billig sind. Die Herstellung ist so einfach, daß in fast allen Anstalten die nötigen Werkzeuge vorhanden sein werden. Deshalb können die Bretter von jedem selbst hergestellt werden. Außerdem ist die Selbsterstellung natürlich sehr billig und eine vorzügliche Gelegenheit — besonders für die jüngeren Herren — sich im praktischen Arbeiten zu üben und zu vervollkommenen.

Natürlich kann man nicht zu allen Versuchen solche Arbeitsbretter anfertigen. Vorzüglich passen sie für die Mechanik und Wärmelehre, weniger für die Optik, wo

in vielen Fällen die Versuchskästen geliefert werden. Vor den Kästen haben die Arbeitsbretter die großen Vorteile der Übersichtlichkeit und Billigkeit.

Die Erfahrungen, die im Kölner Institut mit diesen Arbeitsbrettern gemacht worden sind, sind die denkbar günstigsten. Der Aufbau des Praktikums, der früher

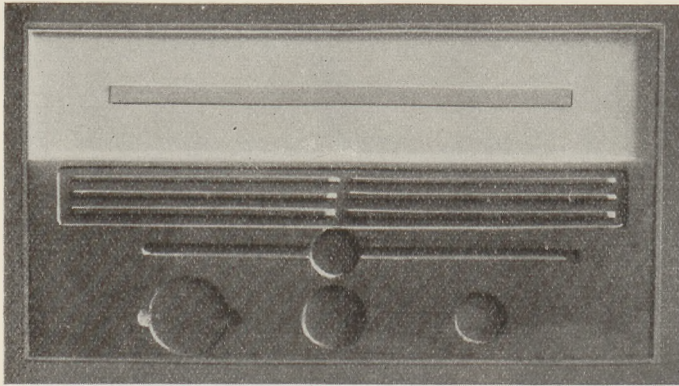


Fig. 6.

mehrere Stunden in Anspruch nahm, wird jetzt in höchstens einer halben Stunde vollzogen. Ein Abhandenkommen von Einzelteilen kommt überhaupt nicht mehr vor. Die Bruchschäden haben ganz bedeutend abgenommen, ferner ist die Zahl der von dem Durchschnitt der Praktikanten pro Semester korrekt ausgeführten Versuche fast auf das Doppelte gestiegen. Es zeigte sich, daß ein einmal mit Arbeitsbrett

ausgerüsteter Versuch ein für allemal vorbereitet und in Ordnung ist und keine weitere Arbeit mehr macht. Es ist deshalb auch in 75% aller Versuche das Arbeitsbrettsystem eingeführt worden.

Die obigen Ausführungen beanspruchen nicht etwa etwas Neues zu bringen, sie sollen im Gegenteil zeigen, wie man ein Organisationsprinzip — das in einigen Industriezweigen sich schon lange glänzend bewährt hat — auch auf den physikalischen Lehrbetrieb nutzbringend und zeitsparend anwenden kann.

Zeichnerische Lösung der Grundaufgaben der mathematischen Erd- und Himmelskunde.

Von W. Kramer in Berlin-Friedenau.

Die im folgenden durchgeführte zeichnerische Behandlung von Aufgaben aus der sphärischen Trigonometrie und ihren Anwendungsgebieten habe ich in den Lehrgängen über darstellende Geometrie, die ich im Auftrage der staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu Berlin wiederholt abgehalten habe, fast regelmäßig besprochen. Dem von Teilnehmern an diesen Lehrgängen vielfach ausgesprochenen Wunsche nach einer Zusammenstellung der Lösungen dieser Aufgaben, will ich mit dieser Veröffentlichung nachkommen. Gleichzeitig hoffe ich, in den folgenden Ausführungen einen Weg angegeben zu haben, wie die Forderung der Richtlinien, die darstellende Geometrie zu Konstruktionen auf der Kugel zu verwenden, erfüllt werden kann.

Mit Rücksicht auf die Stellung, die noch heute die darstellende Geometrie hier und da im Unterricht an den höheren Schulen und auch in nicht wenigen der „im Sinne der Richtlinien“ neubearbeiteten Lehrbücher einnimmt, habe ich mich nicht entschließen können, allein die Konstruktionen, die die Kugel betreffen, anzugeben, sondern habe in dem Abschnitt I zunächst die Grundkonstruktionen der senkrechten Projektion — wenn auch nur in aller Kürze und meistens ohne Beweis — zusammengestellt. Die wenigen Grundbegriffe, die in diesem Abschnitte aufgeführt sind, reichen hin, um aus der senkrechten Projektion auf eine Tafel die Verfahren der anderen Parallelprojektionen herzuleiten, und gestatten auch jedes für die Schule in Betracht

kommende Gebiet aus der darstellenden Geometrie in Angriff zu nehmen, wie z. B. die Darstellung der stereometrischen Körper, die Untersuchung der Kegelschnitte und die im folgenden durchgeführten Konstruktionen auf der Kugel. Der Einwand, daß die Behandlung der darstellenden Geometrie zu zeitraubend sei, muß wenigstens für einen solchen Aufbau abgelehnt werden.

Die Abschnitte II bis IV enthalten die Lösungen von Aufgaben aus der sphärischen Trigonometrie. Auf eine besondere Besprechung der sechs Grundaufgaben ist verzichtet worden, weil die praktisch notwendigen bei den Aufgaben aus der mathematischen Erd- und Himmelskunde auftreten. Die zeichnerische Lösung der Aufgaben soll teils die Rechnung ersetzen, teils als Kontrolle für diese dienen. Über die Ausführung der Zeichnungen sei noch folgendes bemerkt. Um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen, dürfen näherungsweise gezeichnete Ellipsenbogen für die Konstruktionen nicht benutzt werden. Ellipsenpunkte werden deshalb stets als Punkte von Geraden oder Kreisen bestimmt. Die in einigen Figuren nachträglich eingezeichneten Ellipsen sollen allein der Anschaulichkeit dienen. Winkel werden mit einem Winkelmesser, dessen Radius größer ist als der Halbmesser des Umkreises der Figur oder mit Hilfe der wahren Werte der trigonometrischen Funktionen angetragen. Die Ergebnisse werden der Bleistiftzeichnung entnommen. Das Ausziehen mit Tusche und das Einzeichnen der Ellipsen kann nachher erfolgen, falls in den Figuren die Lagenverhältnisse deutlicher hervorgehoben werden sollen. Hierauf ist im folgenden, um die durchgeführten Konstruktionen klar hervortreten zu lassen, in den Lösungsfiguren fast durchweg verzichtet worden.

I. Grundkonstruktionen der senkrechten Projektion.

1. Bei den folgenden Konstruktionen wird ausschließlich die senkrechte Projektion auf eine Tafel benutzt, bei der ein Punkt P durch seine Projektion P' , d. i. der Fußpunkt des Lotes durch P zur Tafel, und durch seinen Abstand PP' von der Tafel bestimmt ist. Der Abstand wird auf einem Maßstabe von einer Nullmarke O aus nach oben oder unten hin bis P abgetragen, je nachdem der Punkt P vor oder hinter der Tafel liegt. In Fig. 1 liegt also P vor und Q hinter der Tafel.

Das Bild einer Geraden ist wieder eine Gerade, außer wenn die Gerade zur Tafel lotrecht ist; dann ist ihre Projektion ein Punkt. In Fig. 2 ist eine Strecke AB gegeben, die vom Punkte A in der Tafel aus ansteigt bis zum Punkte B , dessen Projektion B' und dessen Höhe gleich der Strecke OB am Maßstabe ist. Um die wahre Länge von AB zu bestimmen, wird das rechtwinklige Dreieck $AB'B$ um AB' in die Tafel umgelegt. Dabei geht B über in den Punkt (B) auf der Senkrechten in B' zu AB' , der von B' um die Strecke OB entfernt ist, und es ist $A(B)$ gleich AB . Wird auf AB' die Projektion C'

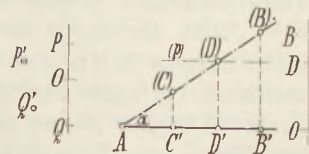


Fig. 1.

Fig. 2.

eines Punktes C auf AB gegeben, so ist seine Höhe gleich der Strecke $C'(C)$ auf der Senkrechten in C' zu $A'B'$. Soll auf AB' das Bild des Punktes D bestimmt werden, der die vorgeschriebene Höhe OD hat, so wird zunächst in der Umlegung (J) gezeichnet als Schnittpunkt von $A(B)$ mit der Parallelen (p) zu AB' im Abstände OD . Das Lot von (D) auf die Gerade AB' trifft diese im Punkte D' .

Der Winkel $B'AB$ heißt der Neigungswinkel der Geraden AB gegen die Tafel; er ist gleich dem Winkel $B'A(B)$. Die Verkürzung einer Strecke ist bei senkrechter Projektion um so größer, je größer der Neigungswinkel der Strecke ist. Aus Fig. 2 folgt, daß $\overline{AB'} = \overline{AB} \cdot \cos \alpha$ ist. Das Teilungsverhältnis von Strecken bleibt erhalten.

Parallele Geraden haben parallele Projektionen.

2. Ebenen, die nicht zur Tafel parallel liegen, d. h. keine Höhenebenen sind, schneiden die Tafel in einer Geraden, der Spurgeraden der Ebene. Ebenen,

die zur Tafel senkrecht stehen, haben ihre Spurgerade zur Projektion. In Fig. 3 ist eine Ebene durch ihre Spurgerade s und einen Punkt P außerhalb von s gegeben. Der Abstand des Punktes P von s soll ermittelt werden. Der Abstand wird auf dem Lote f von P auf s gemessen. Das Lot f liegt in der zu s senkrechten Ebene durch P . Diese Ebene ist auch zur Tafel senkrecht; ihre Projektion ist das Lot von P' auf s . Danach liegt auch f' auf diesem Lote. Der Fußpunkt des Lotes f von P auf s ist der Schnittpunkt F der Projektion f' mit s . Die Länge der Strecke PF wird mittels der Umlegung des Dreiecks $F'P'P$ um $F'P'$ in die Tafel bestimmt. Aus dieser Lösung wird der Satz vom Bild des rechten Winkels entnommen: Die senkrechte Projektion des rechten Winkels ist wieder ein rechter Winkel, wenn ein Schenkel in der Tafel liegt.

Wird die Ebene (s, P) um s gedreht, so bewegt sich das Lot $F'P$ in der zu s und auch zur Tafel senkrechten Ebene durch F , deren Spurgerade und Projektion die Gerade f' ist. Bei dieser Drehung bewegt sich die Projektion von P also auf dem Lote f' durch P' zu s . Ist die Drehung so weit durchgeführt, daß die Ebene (s, P) in der Tafel liegt, so ist P in den Punkt $\{P\}$ auf f' übergegangen, dessen Abstand $\{P\}F$

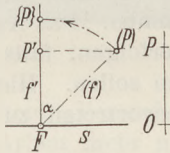


Fig. 3.

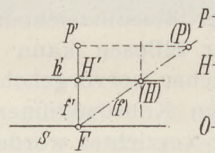


Fig. 4.

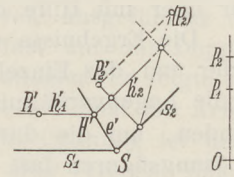


Fig. 5.

von s gleich der Strecke PF also gleich $\{P\}F$ ist. Danach gilt: Wird eine Ebene um ihre Spurgerade gedreht, so bewegen sich die Projektionen der Punkte der Ebene auf Loten zur Spurgeraden.

Die Geraden einer Ebene, die zur Spurgeraden senkrecht sind, heißen die Falllinien, die Geraden, die zur Spur parallel sind, die Höhenlinien der Ebene. Alle Falllinien derselben Ebene haben den gleichen Neigungswinkel zur Tafel; Strecken auf den Falllinien derselben Ebene werden im gleichen Verhältnis verkürzt. Die Punkte einer Höhenlinie haben alle die gleiche Höhe über der Tafel. Höhenlinien einer Ebene sind die Schnittgeraden der Ebene mit den zur Tafel parallelen Höhenebenen.

3. In der durch ihre Spurgerade s und den Punkt P gegebenen Ebene soll die Höhenlinie h in der Höhe OH gezeichnet werden (Fig. 4). Die Höhenlinie h und nach (1) auch ihre Projektion h' ist zu s parallel. Es genügt demnach, einen Punkt H in der Ebene zu zeichnen, der die Höhe OH hat. Auf der Falllinie PF der Ebene wird mit Hilfe der Umlegung $(P)F$ die Projektion H' des Punktes H bestimmt, dessen Höhe gleich \overline{OH} ist (vgl. Fig. 1). Dann ist h' die Parallele durch H' zu s .

Die Schnittgerade c der Ebenen (s_1, P_1) und (s_2, P_2) geht durch den Schnittpunkt S der Spurgeraden s_1 und s_2 (Fig. 5). Einen zweiten Punkt H der Schnittgeraden erhält man als Schnittpunkt gleich hoher Höhenlinien h_1 und h_2 der beiden Ebenen. In der Ebene (s_1, P_1) wird die Höhenlinie h_1 durch P_1 gezogen. Dann ist in der Ebene (s_2, P_2) die Höhenlinie h_2 in der Höhe OP_1 zu bestimmen (s. Fig. 4). Die Höhenlinien h_1 und h_2 schneiden sich im Punkte H , dessen Projektion H' der Schnittpunkt von h'_1 und h'_2 ist. Die Gerade SH' ist das Bild e' der Schnittgeraden c der beiden Ebenen.

4. Liegt ein Kreis in der Tafel oder ist seine Ebene zur Tafel parallel, so ist seine senkrechte Projektion ein kongruenter Kreis, dessen Mitte das Bild des Mittelpunktes des gegebenen Kreises ist. Steht die Kreisebene lotrecht zur Tafel, so ist die senkrechte Projektion des Kreises eine Strecke, die gleich dem Kreisdurchmesser

ist. Die Projektion eines Kreises, dessen Ebene zur Tafel geneigt ist, ist eine Ellipse. Der Kreisdurchmesser, der zur Tafel parallel liegt, erscheint im Bild unverkürzt; seine Projektion ist die Hauptachse der Ellipse. Das Bild des Kreisdurchmessers, der auf einer Falllinie der Kreisebene liegt, ist zur Hauptachse der Ellipse senkrecht, ist also die Nebenachse der Ellipse. Wir beschränken uns im folgenden auf den Fall, daß der Mittelpunkt des Kreises in der Tafel liegt. Dann ist der Kreisdurchmesser, der auf der Spurgeraden der Kreisebene liegt, zugleich Hauptachse der Bildellipse des Kreises.

5. In der Tafel sind der Kreis (k) mit dem Mittelpunkte M und die zueinander senkrechten Durchmesser A_1A_2 und $(B_1)(B_2)$ von (k) gezeichnet (Fig. 6). Wir drehen den Kreis (k) um A_1A_2 so weit aus der Tafel heraus, bis (k) in den Kreis k und dabei (B_1) in den Punkt B_1 übergegangen ist, dessen Projektion der Punkt B'_1 auf $M(B_1)$ ist. Bei dieser Drehung geht (B_2) in B_2 über; die Projektion B'_2 liegt ebenfalls auf $(B_1)(B_2)$ und ist von M ebenso weit entfernt wie B'_1 . Durch die Achsen $A_1A_2 = 2a$ und $B'_1B'_2 = 2b$ ist dann die Bildellipse k' des Kreises k bestimmt. Beachten

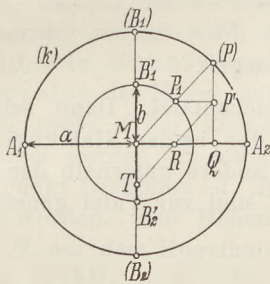


Fig. 6.

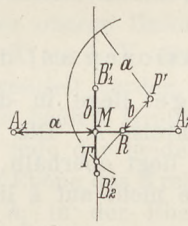


Fig. 7.

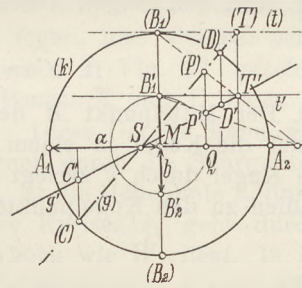


Fig. 8.

wir, daß die Strecken auf den zur Spur A_1A_2 senkrechten Falllinien der Kreisebene im gleichen Verhältnis verkürzt werden, so erhalten wir weitere Ellipsenpunkte, wenn wir die zu A_1A_2 senkrechten Halbschnen des Kreises (k) von ihrem Schnittpunkte mit A_1A_2 aus im Verhältnis $\overline{MB'_1} : \overline{M(B_1)} = b : a$ verkürzen. Dies führt zu der bekannten Konstruktion der Ellipsenpunkte mit Hilfe der Scheitelkreise, die in Fig. 6 für den Ellipsenpunkt P' durchgeführt ist.

6. In Fig. 6 wird die Parallele durch P' zu $M(P)$ gezogen, die A_1A_2 in R und B_1B_2 in T trifft. Aus den Parallelogrammen $MT P'P$ und $MR P'P_1$ folgt, daß $\overline{P'R} = b$ und $\overline{P'T} = a$ ist. Diese Beziehung zeigt, daß eine Ellipse durch die Hauptachse und einen Punkt bereits bestimmt ist und weiter, wie die Nebenachse zu finden ist. Sind wie in Fig. 7 die Hauptachse $\overline{A_1A_2} = 2a$ und der Punkt P' einer Ellipse gegeben, so zeichnet man, um die Nebenachse zu erhalten, um P' mit dem Radius a den Kreis, der die Mittelsenkrechte zu $\overline{A_1A_2}$ in T schneidet. Die Gerade TP' trifft A_1A_2 im Punkte R . Dann ist $\overline{P'R}$ gleich der Länge b der halben Nebenachse der Ellipse.

7. Ist eine Ellipse durch ihre Achsen $A_1A_2 = 2a$, $B'_1B'_2 = 2b$ gegeben, so lassen sich ohne Zeichnung der Ellipse ihre Schnittpunkte mit einer Geraden g' folgendermaßen ermitteln (Fig. 8). Die Ellipse ist nach (5) die Projektion des in die Lage k gedrehten Hauptscheitelkreises (k) . In der Ebene des Kreises k gibt es eine Gerade g , deren Projektion g' ist. Die Bilder der Schnittpunkte C und D von g mit k sind die Schnittpunkte C' und D' der Geraden g' mit der Ellipse. Wird der Kreis k und mit ihm die Gerade g in die Tafel zurückgedreht, so geht k in (k) und g in eine Gerade (g) über, deren Punkte aus den Punkten von g' auf dieselbe Art bestimmt werden können, wie die Punkte von (k) aus den Ellipsenpunkten. Die Ellipsenpunkte gehen nach (5) in Kreispunkte über, wenn ihr Abstand von der Hauptachse im Verhältnis $a : b$ verlängert wird. Der dem Punkte P' auf g' ent-

sprechende Punkt (P) auf (g) liegt also auf dem Lote $P'Q$ durch P' zu A_1A_2 , und es ist $(P)Q : P'Q = a : b$. Da (g) auch durch den Schnittpunkt S von g' mit A_1A_2 geht, so ist (g) die Gerade $S(P)$. Ist S nicht erreichbar, so ist noch ein zweiter Punkt von (g) entsprechend wie P zu bestimmen. Häufig ist es praktisch, an Stelle des beliebigen Punktes P' den Schnittpunkt T' der Nebenseiteltangente t' mit g' zu wählen. t' geht in die Tangente (t) im Punkte (B_1) von (k) über. (T) liegt also auf (t) und auf dem Lote durch T' zu A_1A_2 . Die Gerade (g) schneidet (k) in den Punkten (C) und (D). Die Lote durch (C) und (D) zu A_1A_2 schneiden g' in C' und D' , den Schnittpunkten von g' mit der Ellipse.

In Fig. 9 sind die Schnittpunkte C'_1, D'_1 der zur Hauptachse senkrechten Geraden g'_1 und die Schnittpunkte C'_2, D'_2 der zur Hauptachse parallelen Geraden g'_2 mit der Ellipse, die durch die Achsen A_1A_2 und B_1B_2 bestimmt ist, gezeichnet. Aus der Figur ist die Lösung nach den obigen Ausführungen sofort zu ersehen.

Fig. 9.

II. Konstruktionen auf der Kugel.

8. Der Mittelpunkt M der Kugel liege in der Zeichentafel. Dann schneidet die Tafel die Kugel in einem Großkreise k . Die eine der beiden Halbkugeln, in die die Kugel durch k zerlegt wird, liegt oberhalb, die andere unterhalb der Tafel. Die Radien zu den Kugelpunkten, die nicht auf k liegen, sind zur Tafel geneigt; sie

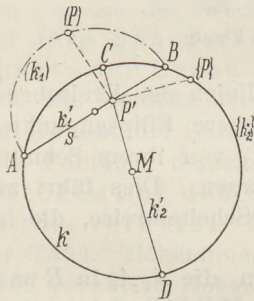


Fig. 10.

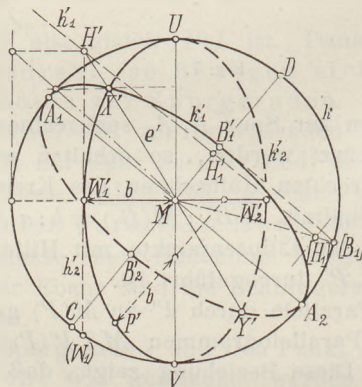


Fig. 11.

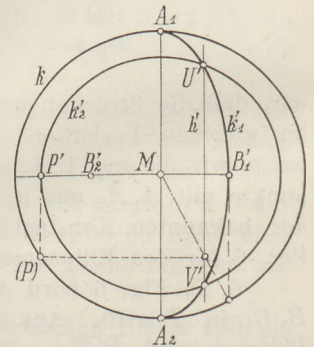


Fig. 12.

werden bei der Projektion verkürzt. Die Bilder aller Kugelpunkte liegen im Innern von k . Dieser Großkreis ist also der Umriß des Kugelbildes. Jeder Punkt P' im Innern von k ist die Projektion von zwei Kugelpunkten P und P_1 , die symmetrisch zur Tafel liegen. Der auf der oberen Halbkugel liegende Punkt sei P . Soll die Höhe des Kugelpunktes P ermittelt werden, so wird durch P' eine zur Tafel senkrechte Ebene gelegt. Ihre Spur sei s (Fig. 10). Diese Ebene schneidet die Kugel in einem Kreise k_1 , dessen Projektion die Sehne AB des Kreises k auf s ist. Die Strecke AB ist Durchmesser von k_1 . Die Strecke $P'P$ ist die zu AB senkrechte Halbsehne des Kreises k_1 durch P' . Der oberhalb der Tafel liegende Halbkreis von k_1 geht bei der Umlegung um AB über in den Halbkreis (k_1) über AB . Die Höhe von P ist gleich der zu AB senkrechten Halbsehne $P'(P)$ von (k_1) . Wird die zur Tafel senkrechte Hilfsebene durch P' so gewählt, daß sie auch durch die Kugelmitte M geht, so schneidet sie die Kugel in einem Großkreise k_2 , dessen Projektion der Durchmesser CD von k ist. Die Umlegung $\{k_2\}$ von k_2 um CD fällt mit k zusammen. Die Höhe $P'P$ ist gleich der zu CD senkrechten Halbsehne $P'(P)$ des Kreises k .

9. Alle Großkreise der Kugel werden von der Tafel in einem Durchmesser geschnitten, der zugleich Durchmesser des Umrißkreises k ist. Nach (5) ist dieser Durchmesser die Hauptsache der Bildellipse des Großkreises. Soll das Bild irgend eines Großkreises k_1 der Kugel gezeichnet werden, so wird ein Durchmesser $A_1 A_2$ des Umrißkreises k als Hauptachse der Bildellipse k'_1 gewählt (Fig. 11). Auf dem zu $A_1 A_2$ senkrechten Durchmesser CD von k können auch noch die Nebenscheitel B'_1, B'_2 von k'_1 willkürlich angegeben werden. Daß jede so bestimmte Ellipse das Bild eines Großkreises der Kugel ist, leuchtet sofort ein, wenn man beachtet, daß alle Großkreise durch A_1 und A_2 durch Drehung des Umrißkreises k um $A_1 A_2$ erzeugt werden können und daß die Projektionen von C und D stets die Nebenscheitel der Bildellipse sind.

Das Bild eines Großkreises k_2 kann auch gezeichnet werden, wenn sein Durchmesser UV in k und ein Punkt P von ihm gegeben sind. Nach (6) kann aus der Hauptachse UV und dem Punkt P' der Ellipse die Nebenachse $W'_1 W'_2$ ermittelt werden.

Liegt ein Großkreis gezeichnet vor, so kann stets noch willkürlich entschieden werden, welcher der beiden Halbkreise, in die er durch den in der Tafel liegenden Durchmesser zerlegt wird, auf der oberen Halbkugel liegen, also sichtbar sein soll.

10. Die Schnittpunkte X und Y der beiden in Fig. 11 gezeichneten Großkreise der Kugel sollen ermittelt werden. Die Punkte X und Y liegen auf der Schnittgeraden e der Ebenen der beiden Großkreise. Diese Gerade kann nach (3) gezeichnet werden, da auch hier jede der beiden Ebenen durch die Spurgerade und einen Punkt bestimmt ist. In der Ebene des Kreises k_2 ist die Höhenlinie h_2 durch W_1 gelegt worden. Die Höhenlinie h_1 in der Ebene des Kreises k_1 geht durch den Punkt H_1 auf dem Kugelhalbmesser MB_1 , der ebenso hoch wie W_1 liegt. In Fig. 11 ist also $\overline{H'_1[H_1]} = \overline{W_1(W_1)}$. Die Projektion e' der Schnittgeraden e geht durch M und den Schnittpunkt H' von h'_1 mit h'_2 . Die Projektionen X' und Y' werden als Schnittpunkte von e' mit einer der beiden Großkreiselipsen ermittelt; in Fig. 11 ist die Ellipse k'_2 benutzt worden. Die Konstruktion ist eingezeichnet.

11. Von beliebigen Kugelkreisen werden in den folgenden Aufgaben nur solche Kreise auftreten, deren Ebene parallel oder senkrecht zur Tafel ist. Steht die Ebene eines Kugelkreises zur Tafel lotrecht, so ist seine Projektion eine Sehne des Umrißkreises k . Liegt die Ebene des Kugelkreises k_2 zur Tafel parallel, so ist seine Projektion k'_2 ein zu k_2 kongruenter Kreis um M . Um den Abstand der Ebene des Kreises k_2 von der Tafel zu ermitteln, wird nach (8) die Höhe eines Punktes P von k_2 bestimmt.

In Fig. 12 ist ein Großkreis k_1 durch die Achsen $A_1 A_2$ und B'_1, B'_2 seiner Bildellipse und ein Kreis k_2 der Kugel, dessen Ebene zur Tafel parallel liegt, durch seine Projektion k'_2 gegeben. Die Schnittpunkte U, V von k_1 und k_2 sollen bestimmt werden. Die Ebene des Kreises k_2 schneidet die Großkreisebene in einer Höhenlinie h . Die Schnittpunkte U und V können demnach als die Schnittpunkte von k_2 mit h gezeichnet werden. Zunächst wird die Höhe eines Punktes P auf k_2 bestimmt und dann nach (3) in der Großkreisebene die Höhenlinie h in der Höhe $P'(P)$ gezogen. Die Schnittpunkte U' und V' von h' mit k'_2 sind die Projektionen der Schnittpunkte U und V des Kreises k_2 mit dem Großkreise k_1 .

Die Schnittpunkte eines Großkreises mit einem Kreise, dessen Ebene zur Tafel senkrecht steht, werden als die Schnittpunkte der Bildellipse des Großkreises mit der Geraden bestimmt, auf der die Projektion des zur Tafel senkrechten Kugelkreises liegt. Diese Aufgabe ist in (7) gelöst. Man betrachte in den Figuren 8 und 9 den Hauptscheitelkreis (k) als Kugelumriß, die Ellipse als Projektion des Großkreises und die Sehne von (k) auf den gegebenen Geraden g', g'_1, g'_2 als Projektion des zur Tafel lotrechten Kugelkreises. Dann sind die Schnittpunkte der Ellipse mit den Geraden die Bilder der Schnitte des Großkreises mit den entsprechenden zur Tafel lotrechten Kugelkreisen.

III. Anwendung auf die Erdkugel.

12. Der Umriß des Erdkugelbildes sei der Kreis k (Fig. 13). Die Erdachse NS liege in der Tafel; sie ist Durchmesser von k . Die Ebene des Äquators ist zu NS und demnach auch zur Tafel senkrecht. Die Projektion des Äquators ist also der zu NS senkrechte Durchmesser A_1A_2 von k . Die Breitenkreise, deren Ebenen zur Äquatorebene parallel sind, erscheinen im Bild als die zu A_1A_2 parallelen Sehnen des Kugelumrisses k . Die Meridiane sind die Großkreise der Erdkugel durch die Pole N und S . Ihre Bildellipsen haben also die gemeinsame Hauptachse NS ; die Nebenachsen liegen auf A_1A_2 und sind die Projektionen der Durchmesser der Meridiane, die im Äquator liegen. Zu den Meridianen gehört auch der Umrißkreis k .

Wir wollen nun zeigen, wie die geographischen Koordinaten eines Ortes P auf der Erdkugel aus Fig. 13 zu entnehmen sind. Im Innern von k sei die Projektion P' eines Ortes P auf der oberen Halbkugel gegeben. Das Bild k_1 des Breitenkreises k_1 durch P ist die zu NS senkrechte Sehne CD von k , die zugleich der Durchmesser

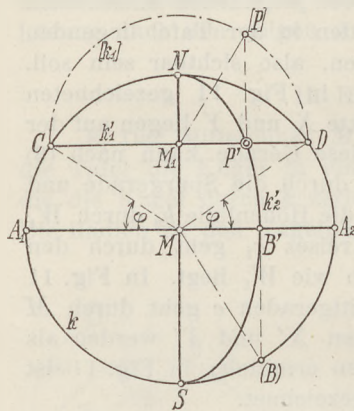


Fig. 13.

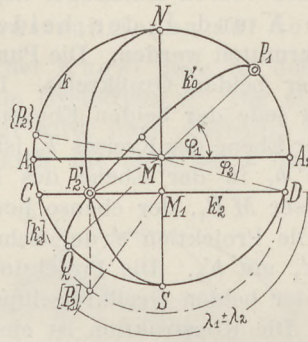


Fig. 14.

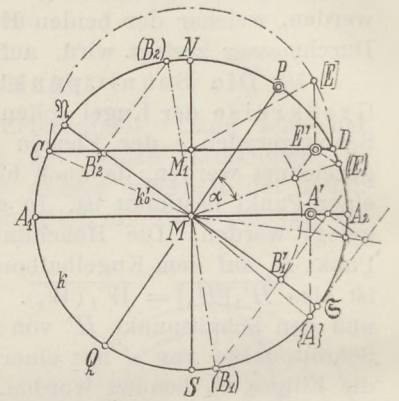


Fig. 15.

des Breitenkreises ist, der in der Ebene des Meridians k liegt. Die Punkte C und D sind die Schnittpunkte von k_1 mit k . Die geographische Breite φ von P wird also durch die Winkel A_1MC und A_2MD im Umrißkreis gemessen. Der Meridian durch P hat als Bild die Ellipse, die durch die Hauptachse NS und den Punkt P' bestimmt ist. Der zum Bogen $NP'S$ gehörige Nebenseitel B' wird nach (6) gezeichnet. Der Längenunterschied des Meridians durch P gegen den Meridian NA_2S auf k wird in der Äquatorebene durch den Winkel A_2MB oder in der zu P gehörigen Breitenkreisebene durch den Winkel DM_1P gemessen. Die wahre Größe dieser Winkel kann aus den Umlegungen der betreffenden Kreisebenen entnommen werden. Bei der Umlegung geht der Äquator in den Umriß k , der Breitenkreis k_1 in den Kreis $[k_1]$ über und die Punkte B und P in die Punkte (B) auf k und $[P]$ auf $[k_1]$. Der Längenunterschied des Ortes P gegen den Meridian NA_2S ist also gleich den Winkeln $A_2M(B)$ und $DM_1[P]$.

Nach diesen Ausführungen können leicht die orthogonale Äquatorprojektion und auch die orthogonale Polarprojektion der Erdkugel entworfen werden.

13. Wir wollen nun die Lösung der folgenden Aufgabe besprechen. Zwei Orte P_1 und P_2 auf der Erdkugel sind durch ihre geographischen Koordinaten φ_1 , λ_1 und φ_2 , λ_2 gegeben. Die sphärische Entfernung der beiden Orte soll bestimmt werden. (Fig. 14). Der Meridian des einen Ortes P_1 wird auf dem Umrißkreis k angenommen. Liegt P_1 östlich von P_2 , so ist als Meridian von P_1 der Halbkreis NA_2S auf k zu wählen; dann liegt P_2 auf der oberen, sichtbaren Halbkugel. Ist P_1 ein Ort der nördlichen Halbkugel, so ist in Fig. 14 der Punkt P_1 auf k zwischen N und A_2 so zu bestimmen, daß der Winkel A_2MP_1 gleich φ_1 ist. Wir zeichnen nun das Bild des Breitenkreises k_2 für den Ort P_2 , der auf der südlichen Halbkugel liegen soll. In k wird

der Radius MA_2 durch den Winkel φ_2 in die Lage MD gedreht, so daß D zwischen A_2 und S liegt. Dann ist die zu A_1A_2 parallele Sehne CD von k die Projektion k'_2 des Breitenkreises k_2 durch P_2 . Der Längenunterschied zwischen P_1 und P_2 ist gleich der Summe oder Differenz von λ_1 und λ_2 , je nachdem P_1 und P_2 durch den Nullmeridian getrennt werden oder nicht. Auf k_2 ist also P_2 so zu bestimmen, daß der Winkel DM_1P_2 gleich $\lambda_1 \pm \lambda_2$ ist. In der Umlegung $[k_2]$ wird der Radius M_1D durch den Winkel $\lambda_1 \pm \lambda_2$ in die Lage $M[P_2]$ gedreht. Der Fußpunkt P'_2 des Lotes von $[P_2]$ auf CD ist die Projektion P'_2 von P_2 .

Die Entfernung der beiden Orte P_1 und P_2 ist auf dem Großkreise k_0 durch P_1 und P_2 zu messen. Nach 9 ist die Hauptachse der Bildellipse k'_0 der Durchmesser P_1Q von k . Die Ellipse k'_0 geht auch durch P'_2 . Ihre Nebenseitel können nach 6 gezeichnet werden. Soll die Länge des Bogens P_1P_2 auf k_0 oder der Winkel P_1MP_2 bestimmt werden, so ist der Großkreis k_0 um P_1Q in die Tafel umzulegen. Dabei geht k_0 in k und P_2 in $\{P_2\}$ über, wobei $P'_2\{P_2\}$ zu P_1Q senkrecht ist. Dann ist der Bogen $P_1\{P_2\}$ auf k gleich dem Bogen P_1P_2 auf k_0 und der Winkel $P_1M\{P_2\}$ gleich dem Winkel P_1MP_2 .

14. Die Himmelsrichtungen an einem Orte P der Erde werden in der Tangentialebene gemessen; die Schnittgerade der Tangentialebene mit dem Ortsmeridian liegt in der Nord-Süd-Richtung. Die Ebene eines jeden Großkreises durch P schneidet die Tangentialebene in einer Tangente der Kugel. Die Lage dieser Tangenten kann durch die Angabe der zu ihr gehörigen Himmelsrichtung beschrieben werden. Für die Konstruktionen ist es praktisch, an Stelle der Tangentialebene die zu ihr parallele Großkreisebene zur Bestimmung der Himmelsrichtungen zu benutzen; an die Stelle der Tangenten treten dann die zu ihnen parallelen Durchmesser dieses Großkreises k_0 . Der gemeinsame Durchmesser $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$ von Ortsmeridian und Großkreis k_0 bestimmt die Nord-Süd-Richtung.

Wir lösen nun die folgende Aufgabe: Durch den Ort P , der durch λ , φ gegeben ist, soll der Großkreis k_1 gezeichnet werden, der P in bestimmter, z. B. südwestlicher Richtung verläßt (Fig. 15). Der Meridian von P liege auf dem Umriß k ; dann ist der Winkel A_2MP gleich φ . Der zur Tangentialebene in P parallele Großkreis k_0 erscheint im Bild als der zum Durchmesser PQ senkrechte Durchmesser $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$ von k . Die Hauptachse der Bildellipsen aller Großkreise durch P ist PQ . Die Nebenachsen liegen auf $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$; sie sind die Projektionen der Durchmesser des Kreises k_0 . Soll also der Großkreis k_1 den Ort P in südwestlicher Richtung verlassen, so ist die Nebenachse $B'_1B'_2$ von k'_1 das Bild des Durchmessers B_1B_2 von k_0 , der aus $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$ durch die Drehung um 45° hervorgeht, bei welcher der Endpunkt \mathfrak{S} sich in der Richtung von Süden nach Westen bewegt. Wird der Kreis k_0 um $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$ in die Tafel umgelegt, so fällt er mit dem Umriß k zusammen. In k ist also der Durchmesser $(B_1)(B_2)$ so zu zeichnen, daß der Winkel $\mathfrak{S}M(B_1)$ gleich 45° ist und (B_1) zwischen \mathfrak{S} und Q liegt. Die Nebenseitel B'_1 , B'_2 sind die Fußpunkte der Lote von (B_1) und (B_2) auf $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$. Von k_1 ist der Halbkreis PB_1Q bei den Annahmen in Fig. 15 sichtbar.

Wir fragen noch nach dem Orte A , in dem der Halbkreis PB_1Q von k_1 den Äquator trifft. Dazu ist der Ellipsenbogen PB'_1Q mit der Geraden A_1A_2 zu schneiden. Der Schnittpunkt A' wird nach (7) bestimmt. In der Umlegung des Äquators ist der Längenunterschied der Orte P und A als der Winkel $A_2M\{A\}$ zu entnehmen.

Weiter soll auf dem Bogen PB_1Q von k_1 der Ort E bestimmt werden, der von P eine gegebene Entfernung hat. Die Entfernung wird als Winkel α umgerechnet. Dann gelangt man zu dem Orte E auf k_1 , wenn man den Radius MP in k_1 durch den Winkel α dreht. Diese Drehung wird in dem in die Tafel umgelegten Großkreis k_1 , der mit k zusammenfällt, ausgeführt. An PM ist in M der Winkel $PM((E))$ gleich α anzutragen. Die Projektion E' wird mittels der Scheitelkreise der Bildellipse von k_1 gewonnen. Die geographische Breite und Länge des Ortes E kann nach (12) ermittelt werden. In Fig. 15 ist der Winkel A_1MC gleich der geographischen Breite von E und der Winkel $DM_1[E]$ gleich dem Längenunterschied von E gegen P .

IV. Anwendung auf die Himmelskugel.

15. Der Kugelumriß k sei der Meridian des Ortes. Auf ihm werden Zenith und Nadir als Endpunkte eines Durchmessers ZNa von k gewählt. Der zu ZNa senkrechte Durchmesser von k ist das Bild des Horizontes. Die Schnittpunkte \mathfrak{N} und \mathfrak{S} des Horizontes mit dem Meridian sind Nord- und Südpunkt; im Bild sind \mathfrak{N} und \mathfrak{S} die Endpunkte des zu ZNa senkrechten Durchmessers. In Fig. 16 ist also die Ost-West-Richtung senkrecht zur Tafel, und zwar liegt der Westpunkt senkrecht über M und der Ostpunkt senkrecht unter M auf dem Horizont. Ist S' das Bild eines Sternes S , der auf der sichtbaren Halbkugel liegen soll, so ist das Bild des zu S gehörigen Höhenkreises die zu ZNa senkrechte Sehne H_1H_2 von k . Die Höhe

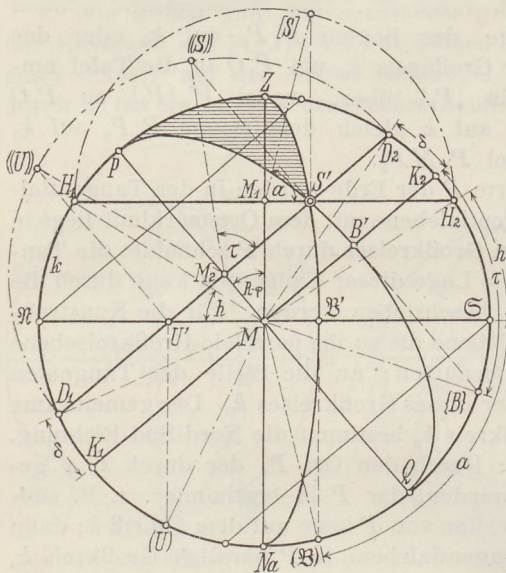


Fig. 16.

des Sternes ist gleich den Winkeln $\mathfrak{S}MH_2$ und $\mathfrak{N}MH_1$. Der Vertikalkreis durch S ist bestimmt durch den Durchmesser ZNa und den Stern S ; seine Projektion also durch die Hauptachse ZNa und den Punkt S' . Der Nebenseitel B' auf $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$ wird nach (6) gezeichnet. Das Azimut des Sternes wird durch den Winkel $\mathfrak{S}MB$ im Horizont oder durch den Winkel H_2M_1S im Höhenkreis gemessen. In der Fig. 16 ist die Umlegung der beiden Kreise eingetragen. Das Azimut a des Sternes ist gleich den Winkeln $\mathfrak{S}M(B)$ und $H_2M_1[S]$.

Ist die geographische Breite φ des Beobachtungsortes bekannt, so kann in Fig. 16 auch das Äquatorialsystem eingetragen werden. Der Himmelspol P liegt auf k zwischen \mathfrak{N} und Z , und zwar ist der Winkel $\mathfrak{N}MP$ gleich φ . Die Projektion des Himmelsäquators ist der zu PQ senkrechte Durchmesser K_1K_2 von k . Die Bahn

des Sternes S , der Parallelkreis durch S , erscheint im Bild als die zu K_1K_2 parallele Sehne D_1D_2 von k . Die Deklination δ von S ist also gleich den Winkeln K_1MD_1 und K_2MD_2 . Der Stundenkreis durch S ist durch die Achse PQ und den Stern S bestimmt; seine Projektion hat die Hauptachse PQ und geht durch S' . Der Nebenseitel B' der Bildellipse wird nach (6) gezeichnet. Der Stundenwinkel τ des Sternes S wird im Äquator als der Winkel K_2MB oder im Parallelkreis als der Winkel D_2M_2S gemessen. In der Fig. 16 ist τ gleich den Winkeln $K_2M(B)$ und $D_2M_2((S))$.

Diese Betrachtungen zeigen, daß bei den Konstruktionen auf der Himmelskugel und denen auf der Erdkugel dieselben Verfahren anzuwenden sind; nur haben wir es jetzt mit zwei Koordinatensystemen zu tun. Vertikalkreise und Stundenkreise werden ebenso gezeichnet wie Längengrade, Höhenkreise und Parallelkreise oder Deklinationskreise wie Breitenkreise der Erdkugel.

Der Schnittpunkt U' von D_1D_2 mit $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$ ist das Bild des Sternes S beim Untergang. Der Bogen D_2SU auf dem Parallelkreise ist der halbe Tagesbogen des Sternes, der zugehörige Winkel D_2M_2U ist gleich dem Winkel $D_2M_2((U))$. Die Abendweite des Sternes S ist aus der Umlegung des Äquators abzulesen; sie ist gleich dem Winkel $NaM(U)$.

Der Deklinationskreis durch \mathfrak{N} begrenzt die Kugelkappe, auf der die Bahnen der Zirkumpolarsterne liegen, die im Beobachtungsorte zu sehen sind. Die Zirkumpolarsterne der südlichen Himmelshalbkugel, die für den Beobachtungsort nicht aufgehen, haben ihre Bahnen auf der durch den Parallelkreis durch \mathfrak{S} begrenzten Kugelkappe.

16. Zunächst sollen Aufgaben gelöst werden, bei denen die geographische Breite φ des Beobachtungsortes bekannt ist. In diesen Fällen können von vornherein beide Systeme auf der Himmelskugel in dieselbe Figur eingetragen werden. Wir führen die Lösung der folgenden Aufgaben der Kürze halber nur so weit durch, bis die Projektion S' des Sternes S gefunden ist. Die gesuchten Maßbestimmungen über den Stern S können dann in der Art, wie wir es in Fig. 16 durchgeführt haben, aus der Figur entnommen werden.

Gegeben: φ, a, h .

In Fig. 17 ist der Winkel ZMP gleich $R-\varphi$. Im Horizontalsystem wird der Höhenkreis der Höhe h gezeichnet, dessen Projektion die zu ZNa senkrechte Sehne H_1H_2 von k ist, wobei der Winkel $\mathfrak{N}MH_1$ gleich h ist. In diesem Höhenkreise wird der Radius M_1H_2 durch den Winkel a in die Lage M_1S gedreht. Diese

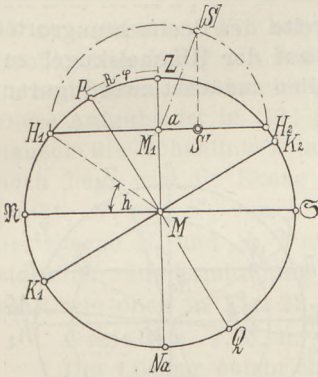


Fig. 17.

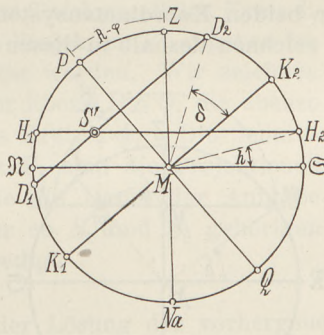


Fig. 18.

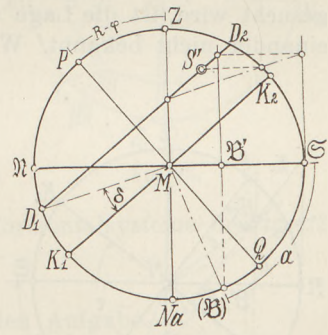


Fig. 19.

Drehung ist in der Umlegung des Höhenkreises um H_1H_2 ausgeführt worden. Der Winkel $H_2M_1[S]$ ist gleich a , das Lot von $[S]$ auf H_1H_2 trifft H_1H_2 in der Projektion S' von S .

Gegeben: φ, δ, τ .

Die Lösung entspricht der Lösung zur vorigen Aufgabe. Nur wird S' durch δ und τ im Äquatorialsystem bestimmt.

Gegeben: φ, h, δ .

Im Horizontalsystem wird wie in Fig. 17 der Höhenkreis für h gezeichnet. (Fig. 18). Seine Projektion ist H_1H_2 , der Winkel $\mathfrak{S}MH_2$ gleich h . Im Äquatorialsystem ist der Deklinationskreis für δ zu zeichnen. Wird an MK_2 in M der Winkel K_2MD_2 gleich δ angetragen, so ist die zu K_1K_2 parallele Sehne D_1D_2 das Bild des Deklinationskreises. Der Schnittpunkt S' von H_1H_2 mit D_1D_2 ist das Bild des Sternes S .

Gegeben: φ, a, δ .

Im Horizontalsystem ist ein Vertikalkreis durch das Azimut a bestimmt (Fig. 19). Die Hauptachse seiner Bildellipse ist ZNa . An $M\mathfrak{S}$ wird in M der Winkel $\mathfrak{S}M(\mathfrak{B})$ gleich a angetragen. Der Fußpunkt \mathfrak{B}' des Lotes von (\mathfrak{B}) auf $\mathfrak{N}\mathfrak{S}$ ist der Nebenscheitel der Projektion des Vertikals $Z\mathfrak{B}Na$, auf dem S' liegt. Im Äquatorialsystem ist der Deklinationskreis des Sternes durch δ gegeben. Ist der Winkel K_1MD_1 gleich δ , so ist die zu K_1K_2 parallele Sehne D_1D_2 die Projektion des Deklinationskreises. Die Projektion S' des Sternes S wird als Schnittpunkt der Halbellipse $Z\mathfrak{B}'Na$ mit der Geraden D_1D_2 nach (7) bestimmt. Die hierbei gebrauchten Hilfslinien sind in Fig. 19 eingetragen.

Gegeben: φ, τ, h .

Die Lösung ergibt sich aus der Lösung der vorhergehenden Aufgabe, wenn die beiden Koordinatensysteme vertauscht werden.

Gegeben: φ , a , τ .

Die Bildellipse des durch das Azimut a bestimmten Vertikalkreises hat die Hauptachse ZNa . Wird im Umriß k der Radius $M\mathcal{E}$ durch den Winkel a in die Lage $M(\mathcal{B})$ gedreht, so liefert der Fußpunkt des Lotes von (\mathcal{B}) auf $\mathcal{N}\mathcal{E}$ den Nebenseitel \mathcal{B}' des Bildes des Vertikalkreises. Im Äquatorialsystem wird entsprechend das Bild des durch den Stundenwinkel τ bestimmten Stundenkreises durch die Hauptachse PQ und den Nebenseitel B' festgelegt. Dann ist S' als Schnittpunkt der Halbellipsen $Z\mathcal{B}'Na$ und $PB'Q$ zu zeichnen. Zu diesem Zweck sind nach (10) zunächst in den beiden Großkreisebenen ($Z\mathcal{B}'Na$) und ($PB'Q$) die Höhenlinien h_1 und h_2 in der Höhe des Punktes \mathcal{B} gezogen. Durch M und durch den Schnittpunkt H von h_1 und h_2 geht die Schnittgerade e der Großkreisebenen. Nun wird nach (7) S' als Schnittpunkt der Geraden e' mit einer der beiden Halbellipsen $Z\mathcal{B}'Na$ und $PB'Q$ bestimmt. In Fig. 20 ist die Halbellipse $Z\mathcal{B}'Na$ benutzt worden.

17. Bei den Aufgaben, in denen die geographische Breite des Beobachtungsortes gesucht wird, ist die Lage der beiden Koordinatensysteme auf der Himmelskugel zueinander nicht bekannt. Wir zeichnen deshalb in diesen Fällen zunächst zwei Figuren,

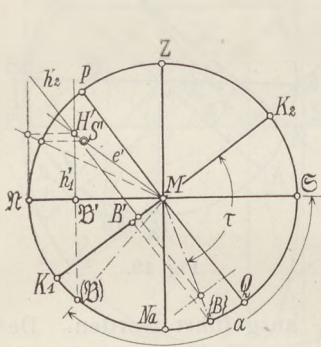


Fig. 20.

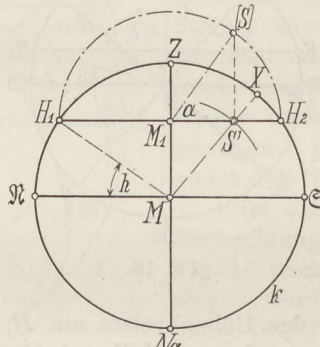


Fig. 21.

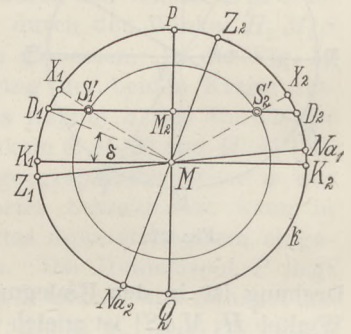


Fig. 22.

in denen die Kugelummisse gleiche Radien haben, und tragen in jede der beiden Figuren die Angaben eines Koordinatensystems ein. Danach werden die Ergebnisse aus einer der beiden Figuren so in die andere übertragen, daß die Bedingungen der Aufgabe erfüllt werden. Wir führen die Lösung der Aufgaben so weit durch, bis in einer Figur beide Koordinatensysteme eingezeichnet sind.

Gegeben: a , h , δ .

In den Figuren 21 und 22 haben die Umrißkreise gleiche Radien. Das Horizontalsystem ist durch die Achse ZNa und die Projektion $\mathcal{N}\mathcal{E}$ des Horizontes in Fig. 21 festgelegt. Hierin wird das Bild S' des Sternes S aus Azimut und Höhe gezeichnet. In Fig. 22 wird das Äquatorialsystem eingetragen. Der Stern S soll auf dem Parallelkreis der Deklination δ liegen. Der Winkel K_1MD_1 ist gleich δ ; die zu PQ senkrechte Sehne D_1D_2 von k das Bild des Deklinationskreises von S . Aus Fig. 21 wird entnommen, daß S' von M die Entfernung MS' haben soll. In Fig. 22 kann das Bild des Sternes als Schnitt der Sehne D_1D_2 mit dem Kreise um M vom Radius MS' gezeichnet werden. Bei den in Fig. 21 und 22 benutzten Werten von a , h , φ gibt es zwei Sterne S_1 und S_2 mit den Projektionen S'_1 und S'_2 . Die Lösung zeigt, daß die Aufgabe zwei, eine oder keine Lösung hat, je nachdem $MS' \geq MM_2$ ist.

Um noch in Fig. 22 das Horizontalsystem einzeichnen zu können, muß die Lage von Z_1 und Z_2 bestimmt werden. In Fig. 21 wird der Radius MX durch S' , in Fig. 22 die Radien MX_1 und MX_2 durch S'_1 und S'_2 gezogen. Dann sind auf dem Umriß k in Fig. 22 die Punkte Z_1 und Z_2 von X_1 bzw. X_2 ebenso weit entfernt wie in Fig. 21 Z von X . Die den beiden Lösungen S'_1 und S'_2 entsprechenden

Horizontalsysteme ($Z_1 Na_1, N_1 S_1$) und ($Z_2 Na_2, N_2 S_2$) sind also in Fig. 22 festgelegt. Die geographischen Breiten der beiden Beobachtungsorte sind gleich den Winkeln $K_1 M Z_1$ und $K_2 M Z_2$.

Gegeben: τ, δ, h .

Die Lösung wird auf die Lösung der vorhergehenden Aufgabe zurückgeführt.

Gegeben: a, h, τ .

Da auch hier, wie in der vorletzten Aufgabe, die Lage des Sternes im Horizontalsystem durch die Höhe h und das Azimut a bestimmt ist, benutzen wir als eine Figur wieder die Fig. 21. In Fig. 23 ist im Äquatorialsystem die Projektion des Stundenkreises für τ durch die Halbellipse $P B' Q$ angegeben. Die Projektion des Sternes ist in Fig. 23 als Schnitt der Halbellipse $P B' Q$ mit dem Kreis k'_1 um M vom Radius MS' — aus Fig. 21 — zu zeichnen. Wir haben also die Schnittpunkte des Großkreises $P B Q$ mit dem zur Tafel parallelen Kreis k_1 zu bestimmen, der durch seine Projektion k'_1 gegeben ist. Diese Aufgabe ist in (11) gelöst worden. Wir zeichnen danach die Höhenlinie h in der Ebene $P B Q$, die ebenso hoch liegt wie die Ebene des Kreises k_1 . Die Schnittpunkte S'_1 und S'_2 von h' mit k'_1 sind die Projektionen der Sterne S_1 und S_2 , für die die Daten der Aufgabe zutreffen. Die Ermittlung der zu S_1 und S_2 gehörigen Horizontalsysteme in Fig. 23 wird wie oben in Fig. 22 erledigt.

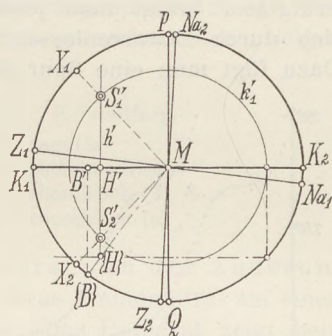


Fig. 23.

Die Ermittlung der zu S_1 und S_2 gehörigen Horizontalsysteme in Fig. 23 wird wie oben in Fig. 22 erledigt.

Gegeben: τ, δ, a .

Die Lösung entspricht der Lösung der vorhergehenden Aufgabe.

Die hier entwickelten Lösungsverfahren lassen sich auch anwenden, wenn an die Stelle des Horizontalsystems das ekliptische System tritt.

Einfache Versuche zur Polymorphie.

Von Dr. W. Flörke in Gießen.

Es sollen im folgenden einige einfache Versuche beschrieben werden, die sich mit den Hilfsmitteln der Schule ausführen lassen und zu denen Stoffe benutzt werden, die an sich schon im chemischen Unterricht behandelt werden. Es soll damit nicht gesagt sein, daß der Polymorphie ein besonderes Kapitel des chemischen Unterrichts zu widmen ist, vielmehr denke ich mir die Behandlung so, daß an geeigneten Stellen diejenigen Tatsachen, die hier gerade gut zu beobachten und experimentell zu erhärten sind, gezeigt werden, und daß dann später auf Grund dieser Beobachtungen eine Zusammenfassung erfolgt und eine Definition herausgearbeitet wird.

1. Umwandlung von rhombischem Schwefel in monoklinen Schwefel. In drei Prüfgläser gibt man jeweils einige Kristalle von rhombischem Schwefel, wie man sie sich durch Verdunsten einer Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff herstellen kann, und fügt zu den Kristallen im ersten Prüfglas einen Kristall von monoklinem Schwefel, zu denen im zweiten einen Tropfen einer Emulsion von Bromoform in Wasser¹⁾ (1 bis 2 Tropfen Bromoform auf 3 bis 4 ccm Wasser; gut schütteln!), das dritte Glas erhält keinen Zusatz. Nun taucht man alle drei Gläser in siedendes Wasser und läßt sie etwa $\frac{1}{4}$ Stunde darin, während das Wasser lebhaft siedet. Nimmt man die Gläser danach heraus und leert ihren Inhalt auf 3 Stücke Papier, so sieht

¹⁾ In heißem Bromoform ist Schwefel sehr leicht löslich. Ein Tropfen Bromoform wäre schon zu viel, darum wurde der bequemen Dosierung halber das Bromoform-Wassergemisch benutzt. Wasser allein begünstigt die Umwandlung nicht.

man, daß im ersten und zweiten Glas die vorher klaren Kristalle nun trüb geworden sind infolge der Umwandlung, während die Kristalle im dritten Glas völlig unverändert geblieben sind. Diese zeigen erst nach viel längerem ($\frac{1}{2}$ - bis 2 stündigem) Erhitzen Spuren der Umwandlung. — Ergebnis: Die Umwandlung erfolgt besonders rasch in Berührung mit der anderen Modifikation oder in Berührung mit einem Lösungsmittel (Bromoforn). Die Umwandlung beansprucht ohne solche Zusätze beim Schwefel geraume Zeit. Der Umwandlungspunkt liegt unter 100° .

2. Umwandlung von monoklinem in rhombischen Schwefel. In drei Prüfgläser bringt man jeweils einige Kristalle von monoklinem Schwefel, die man sich durch Erstarrenlassen von im Paraffinbade geschmolzenem Schwefel herstellt. Dazu fügt man eine Spur Schwefelstaub zur rascheren Einleitung der Umwandlung.

Zwei der Prüfgläser kommen in Bechergläser, die mit Wasser gefüllt sind und die auf 50 bzw. 85° erwärmt werden. Das dritte Glas bleibt kalt. Nach 10 Minuten sind die auf 50° erhitzten Kristalle ungewandelt, während die Umwandlung bei den anderen Temperaturen viel mehr Zeit erfordert. — Ergebnis: Die Umwandlungsgeschwindigkeit hat einen Höchstwert in einem bestimmten Temperaturbereich.

3. Spezifisches Gewicht von monoklinem und rhombischem Schwefel. Das spez. Gew. von monoklinem Schwefel ist $1,958$, das von rhombischem $2,0788^1$). Diesen Unterschied zeigt man folgendermaßen: In einem Prüfglas stellt man sich ein Gemisch von Alkohol und Bromoforn (spez. Gew. $2,9$) in einem solchen Verhältnis her, daß Kristalle von rhombischem Schwefel darin unter-sinken, während monokline darauf schwimmen. Nach etwa 5 Minuten

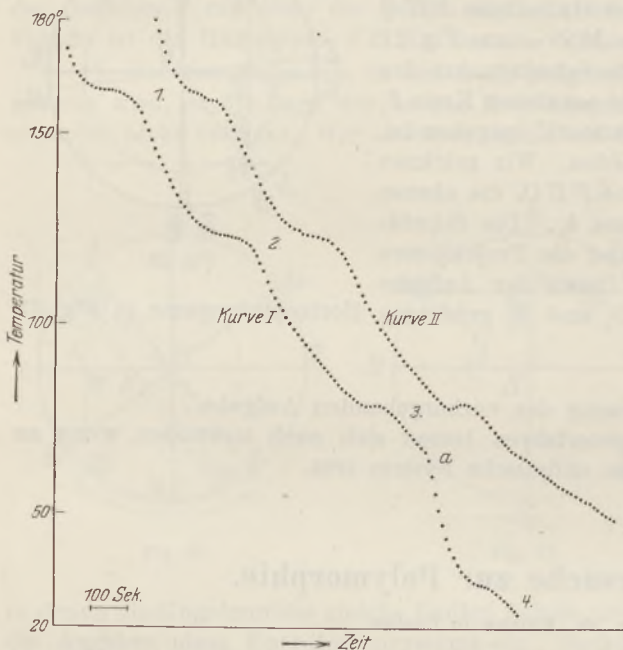


Fig. 1. Abkühlungskurven des Ammonitrates.

Ablesungen alle 10 Sekunden. Punkt 1 entspricht dem Schmelzpunkt des Ammonitrates, Punkte 2, 3, 4 sind die Umwandlungspunkte. Punkt 4 ist bei Kurve II nicht mehr erreicht. Von a ab wurde bei Aufnahme der Kurve I durch Eintauchen in kaltes Wasser gekühlt. Punkt 3 der Kurve II zeigt deutlich eine Unterkühlung an.

bemerkt man ein Absinken auch der monoklinen Kristalle, die bei genauerem Zusehen jetzt trüb erscheinen, also in die rhombische Form übergegangen sind und dabei deren spez. Gew. angenommen haben. An Stelle von Einzelkristallen lassen sich auch Kristallaggregate verwenden, wie man sie sich für die monokline Form rasch durch Schmelzen eines Körnchens Schwefel auf einem Objektträger herstellen kann.

4. Bestimmung der Umwandlungspunkte beim Ammonitrat. Das Ammonitrat ist ein Stoff, dessen Umwandlung meist augenblicklich verläuft, wenn der betreffende Umwandlungspunkt im einen oder anderen Sinne überschritten wird. Unterkühlung und Überhitzung wird hier nur in ganz geringem Maße beobachtet. Es sind im Temperaturbereich zwischen Zimmertemperatur und dem Schmelzpunkt des Stoffes vier Modifikationen bekannt²⁾. Die Umwandlungspunkte bestimmt man durch Aufnahme einer Temperatur-Zeit-Kurve der Abkühlung. Dazu ist folgende Versuchs-

¹⁾ BRAUNS, Chem. Mineralogie, S. 153.

²⁾ BRAUNS, Chem. Mineralogie, S. 164.

einrichtung brauchbar. In ein Prüfglas bringt man etwa 4 cm hoch gepulvertes Ammonnitrat, in das man ein Thermometer steckt, das man oben durch einen halbierten Stopfen festklemmt. In einem Paraffinölbade wird hierauf das Ammonnitrat unter Vermeidung allzu starker Überhitzung geschmolzt (Schmelzp. 168°). Darauf nimmt man das Prüfglas aus dem Heizbade heraus, läßt es an der Luft abkühlen und liest alle 10 Sekunden die Temperatur ab. Die Ablesungswerte werden auf Millimeterpapier eingetragen (1° = 1 mm; 10 Sek. = 1 mm). Die erhaltene Kurve zeigt Haltepunkte der Abkühlung, die den Umwandlungspunkten entsprechen. Auf solchem Weg erhaltene Kurven zeigt die Fig. 1. Punkt 1 entspricht dem Schmelzpunkt, 2, 3, 4 sind die Umwandlungspunkte, die zum Teil (z. B. 3) Unterkühlungserscheinungen zeigen.

Die genauen Daten für Ammonnitrat sind¹⁾:

	Temperatur	Wärmetönung	Kristallform
1.	168°	?	regulär
2.	125°	11,9 Kal.	rhomboedrisch
3.	83°	5,3 Kal.	rhombisch (β)
4.	33°	5 Kal.	rhombisch (α)

5. Nachweis der Umwandlung des Ammonnitrats an der Änderung kristallographischer Verhältnisse. Man schmelzt etwas Ammonnitrat auf einem Objektträger vorsichtig und bedeckt mit einem Deckglas. Das Präparat zeigt beim Abkühlen unter dem Mikroskop die aufeinanderfolgenden Umwandlungen sehr schön an der Änderung der Brechungsindizes, der Änderung der Umgrenzung der einzelnen Kristallindividuen, der Änderung des Volumens, die sich im Auftreten bzw. Wiederverheilen von Sprüngen bemerkbar macht, und an anderen Merkmalen. Die Umwandlung geht in wenigen Sekunden durch das ganze Präparat hindurch vor sich. (Vgl. die Figuren 3, 4, 5, 6. Die darauf sichtbaren großen schwarzen Punkte sind Luftblasen, an deren Verteilung eine Orientierung im mikroskopischen Bilde möglich ist.)

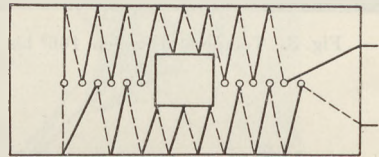


Fig. 2.

Hat man einen Mikroskopheiztisch zur Verfügung, so kann man die Umwandlungen auch beim Erhitzen verfolgen und dabei sehr schön das Wiederverheilen der Sprünge beobachten. Im Polarisationsmikroskop kann man die Erscheinung an der Änderung der Doppelbrechung verfolgen. Aus methodischen Gründen empfiehlt es sich jedoch nicht, polarisiertes Licht zu verwenden.

Einen Mikroskopheiztisch kann man sich leicht selbst bauen. Ein Glimmertäfelchen 3 × 7 cm, das man sich aus einer Glimmerplatte, wie sie für Ofentüren und Laternen in Eisenhandlungen käuflich sind, herausschneidet, versieht man mit einer quadratischen Öffnung von 10 bis 15 mm Kantenlänge. Rechts und links von der Öffnung durchbohrt man das Glimmerplättchen im Abstand von etwa 3 mm 5mal auf der längeren Mittellinie. Am Rande kerbt man das Täfelchen mit dem Messer leicht ein, ebenfalls alle 3 mm. Nun wickelt man um das Täfelchen 0,1 mm dünnen Platindraht, den man durch die Löcher, beziehungsweise durch die mittlere Öffnung, hindurch zieht und am Rande durch die Kerben gehen läßt (vgl. Fig. 2). Das so vorbereitete Glimmertäfelchen wird zwischen zwei gleiche, die keine Drahtwicklung tragen, gelegt und dann unter Zwischenschaltung eines Stückes Asbestpappe auf ein dünnes Brettchen von gleichen Massen mittels Holzschrauben, die durch vier Bohrungen in den Ecken gehen, festgeschraubt. An der schmalen Stirnseite des Brettchens bringt man zwei kleine Polklemmen an (aus Teilen eines alten Schalters oder einer Glühlampenfassung leicht herstellbar), mit denen man die Enden des Platindrahtes verlötet. Man braucht etwa 40 cm Platindraht, die rund 0,1 g wiegen und ungefähr RM 2.— kosten. Ein Strom von 1,5 Ampere reicht aus, um Ammonnitrat zum Schmelzen zu bringen. Bei etwa

¹⁾ BRAUNS, Chem. Mineralogie, S. 163/164.



Fig. 3. Temperaturbereich 166° bis 123°.

Fig. 4. Temperaturbereich 123° bis 83°.
Die bei 123° erfolgte Umwandlung hatte eine an dem Aufreißen
des großen Sprunges deutlich sichtbare Volumenverminderung
zur Folge.Fig. 5. Temperaturbereich 83° bis 33°.
Bei der Umwandlung bei 33° ist eine Volumenvergrößerung
festzustellen.Fig. 6. Temperaturbereich unter 33°.
Die zahlreich auftretenden Sprünge lassen eine starke
Volumenverringerng erkennen.

3 Ampere wird der Platindraht glühend. Man kann ein solches Heitzischchen bequem bis 300° benutzen. Das Mikroskop leidet nicht, wenn man nicht zu starke Objektive benutzt und zu lange erhitzt. Zum Schmelzen des Ammonitrats braucht man ungefähr 2 Minuten. Man kann die Umwandlung des Ammonitrats auch gut projizieren. Einen Projektionsapparat hat man dazu nicht unbedingt nötig. Beleuchtet man den Spiegel des Mikroskops mit einer starken Punktlichtquelle (Liliputbogenlampe oder auch Halbwattprojektionsglühlampe, 100 bis 200 Watt, mit einfacher Kondensorlinse), so kann man auf einem Schirm ein ausreichend helles Bild von 50 bis 60 cm Durchmesser auffangen, auf dem man in der Nähe auch einer ganzen Klasse die Umwandlung vorführen kann.

6. Umwandlung des Kaliumnitrats. Das Kaliumnitrat besitzt einen Umwandlungspunkt bei $127^{\circ 1)}$. Oberhalb dieser Temperatur bildet es trigonale Kristalle (Rhomboeder), unterhalb 127° rhombische Kristalle (Prismen). Aus einer übersättigten



Fig. 7. Rhomboedrische Kristalle vor der Umwandlung.

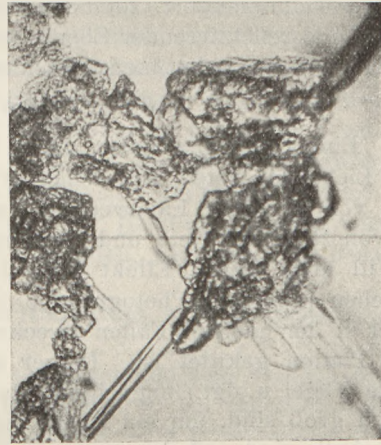


Fig. 8. Rhomboedrische Kristalle nach der Umwandlung und rhombische Prismen.

(Fig. 7 und 8 entsprechen nicht genau der gleichen Stelle des Präparates.)

Lösung scheiden sich auch bei gewöhnlicher Temperatur zunächst die unbeständigen Rhomboeder aus, deren Umwandlung unter dem Mikroskop verfolgt werden kann. Einen Tropfen einer gesättigten Kaliumnitratlösung bringt man auf einen Objektträger und läßt ihn unbedeckt. Nach einiger Zeit bilden sich am Rand Rhomboeder, deren Wachsen man verfolgen kann. Später entstehen mehr in der Mitte des Tropfens spießige Kristalle der rhombischen Modifikation. Wo ein solcher Spieß ein Rhomboeder berührt, geht es wie ein Ruck durch den Kristall. Das ursprünglich einheitliche Rhomboeder zerfällt unter Beibehaltung seiner äußeren Form in ein Kristallhaufwerk, von dem aus im weiteren Verlauf rhombische Prismen nach allen Seiten wachsen (vgl. Fig. 7 und 8). Kommt ein rhombischer Spieß nur in die Nähe eines Rhomboeders, so sieht man am Rundwerden der Ecken, wie sich dieses auflöst, während der rhombische Kristall dauernd weiter wächst. (Die beständige Form hat eine kleinere Löslichkeit als die unbeständige²⁾).

¹⁾ GROTH, Elem. d. phys. u. chem. Krist., S. 323.

²⁾ BRAUNS, Chem. Mineralogie, S. 167.

Kleine Mitteilungen.

Das optische Analogon zur Methode des Drehkristalls in der Röntgenspektroskopie.

Ein Vorlesungsversuch.

Von Wilhelm Charbonnier in Hamburg.

Die in der Röntgenspektroskopie übliche Methode des Drehkristalls von W. H. BRAGG benutzt die Reflexion der Röntgenstrahlen an den Netzebenen der Kristalle. Ein analoges System von äquidistanten Ebenen findet sich in der Optik bei den Farbenphotogrammen von LIPPMANN, die auf der Verwendung stehender Lichtwellen nach O. WIENER beruhen. Sowohl beim Kristall wie bei den Lippmann-Platten findet eine selektive Reflexion der auffallenden Strahlung statt, d. h. läßt man weißes Licht auffallen, so wird je nach dem Einfallswinkel aus diesem Gemisch ein bestimmter einfarbiger Teil reflektiert. Ist d der Ebenenabstand, φ der Winkel zwischen auffallender Strahlung und reflektierender Ebene, so wird von der Strahlung diejenige Wellenlänge λ reflektiert, die der bekannten Gleichung

$$n \cdot \lambda = 2d \sin \varphi \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

genügt. Eine Lippmann-Platte, die z. B. bei großem Winkel φ aus dem auffallenden weißen Licht den roten Teil reflektiert, wird also beim Neigen, d. h. bei kleineren Werten von φ , einen Farbwechsel nach kürzeren Wellenlängen zeigen, indem die Farbe von Rot über Gelb und Grün nach Blau umschlägt.

Will man diesen Effekt objektiv demonstrieren, so genügen die im Handel befindlichen Lippmann-Photogramme im allgemeinen nicht. Einmal stört der Glaskeil, der in den meisten Fällen zwecks Beseitigung der störenden Oberflächenreflexion auf die Platten gekittet ist. Ferner sind die dargestellten Objekte (Spektren, ausgestopfte Vögel u. dgl.) ungeeignet, da die einheitlich gefärbten Flächenstücke nicht genügend groß sind, um ein Lichtbündel mit breitem Querschnitt zu reflektieren.

Deshalb sind auf Anregung von Herrn P. P. KOCH Platten hergestellt worden, die auf einer größeren Fläche (etwa 18 qcm) eine einheitliche Farbe zeigen.

Die Versuche wurden begonnen mit Eiweiß-Platten, zu deren Herstellung NEUHAUSS¹⁾ eingehende Angaben gemacht hat. Belichtet wurden die Platten in der Weise, daß sie mit der Schichtseite auf Quecksilber schwammen und daß durch Filter monochromatisch gemachtes Licht einer Bogenlampe im parallelen Bündel senkrecht auffiel. Entwickelt wurde mit einem Pyrogallolentwickler. Wenn auch die Platten den erwarteten Effekt zeigten, so war das Ergebnis aus verschiedenen Gründen doch nicht ganz befriedigend. Die Versuche wurden deshalb in entsprechender Weise und mit wesentlich besserem Erfolg fortgesetzt mit Gelatine-Trocken-Platten nach LIPPMANN-LEHMANN. Waren die Platten bei der Aufnahme mit rotem Licht bestrahlt, so zeigten manche nach dem Entwickeln, Fixieren, Waschen und Trocknen bei Betrachtung mit senkrecht einfallendem weißen Licht ($\varphi = 90^\circ$) ein leuchtendes Grün. Der Grund liegt zweifellos darin, daß die Gelatine, worin die Silberlamellen eingebettet sind, im Endzustand gegenüber dem Zustand bei Herstellung der Aufnahme senkrecht zur Plattenfläche geschrumpft ist.

Zur Demonstration setzt man die Platte, einem Vorschlage WIENERS²⁾ folgend, am besten mittels eines geeigneten Glashalters, in ein zylindrisches, mit Benzol gefülltes Gefäß, wodurch die störende Oberflächenwelle eliminiert wird und läßt auf die Platte ein Bündel von einer Bogenlampe herkommenden parallelen weißen Lichtes auffallen. Variiert man dann durch Drehen des Benzolgefäßes den Winkel φ von 90° nach kleineren Werten, so ändert das reflektierte Lichtbündel seine Farbe von Rot bzw. Grün

¹⁾ NEUHAUSS, Die Farbenphotographie nach LIPPMANN'S Verfahren. Halle 1898.

²⁾ O. WIENER, Wied. Ann. 69, S. 488, 1899.

über Blau nach Violett. Das von der Vorderfläche des Benzolgefäßes reflektierte weiße Licht läßt sich leicht durch Anbringen geeigneter Schirme von der Projektionsfläche, über die das von der Platte kommende farbige Licht wegstreicht, fernhalten.

Der Versuch läßt sich sehr schön dadurch ausgestalten, daß man die Lippmann-Platte vor dem Einsetzen in das Benzolgefäß anhaucht. Dadurch quillt die Gelatine, und man erhält für ein bestimmtes φ eine andere Farbe größerer Wellenlänge als vorher. Nach Herausnahme der Platten und mehrmaligem Schwenken in der Luft nimmt die Platte sehr rasch ihre ursprüngliche Farbe wieder an¹⁾.

Hamburg. Physikalisches Institut der Universität.

Die Thoriumröhren.

Von Dr. R. Nelkenbrecher in Salzwedel.

Das Teuerste im Betrieb eines guten Rundfunkempfängers sind die Röhren. Ihr Anschaffungspreis ist ziemlich hoch. Sie müssen ferner beim Empfang geheizt werden. Der Heizstrom wird einem Akkumulator entnommen, welcher nach dem Entladen neu aufgeladen werden muß. Endlich haben die Röhren nur eine kurze Lebensdauer. Nach einigen Monaten läßt die Elektronenemission nach; die Röhren werden unbrauchbar.

Eine nicht unwesentliche Verbilligung der Betriebskosten bringt die Verwendung von Thoriumröhren mit sich. Ihr Kaufpreis ist höher als der der gewöhnlichen Wolframröhren. Der höhere Anschaffungspreis macht sich aber bald bezahlt.

Die Thoriumröhren heißen auch Sparröhren. Ihr Heizfaden besteht aus einer Legierung von Wolfram und Thoriumoxyd. Sie sind innen, zur Erhaltung des starken Hochvakuums, mit einem Amalgam verspiegelt.

Diese Röhren sind einmal im Verbrauch des Heizstroms äußerst sparsam. Einige Beispiele mögen dies erläutern:

Die Telefunken-Röhre R.E. 11 verbraucht bei einer Emission von 1,5 bis 2 MA einen Heizstrom von 0,5 A und die Telefunken-Röhre R.E. 50 bei einer Emission von 5 bis 15 MA einen Heizstrom von 1,0 A. Beide Röhren sind gewöhnliche Wolframröhren. Demgegenüber einige Thoriumröhren:

Die Telefunken-Röhre R.E. 79 verbraucht bei einer Emission von 5 bis 8 MA einen Heizstrom von 0,06 bis 0,07 A und die Telefunken-Röhre R.E. 89 bei einer Emission von 10 bis 15 MA einen Heizstrom von 0,2 MA.

Allerdings ist zu bemerken, daß die Thoriumröhren vorsichtig geheizt werden müssen. Sie dürfen vor allem nicht überheizt werden. Die Kontrolle ist in dieser Hinsicht sehr erschwert, da man wegen der Verspiegelung den Heizfaden nur schwer beobachten kann. Jedenfalls darf er bloß dunkelgelb glühen. Werden die Röhren überheizt, dann lassen sie in der Elektronenemission stark nach. Man sagt, sie werden „taub“. Dies geschieht auch ohne Überheizung nach mehrmonatigem Gebrauch.

Die Thoriumröhren haben aber außer dem geringen Stromverbrauch vor den anderen Röhren noch einen Vorzug, und zwar einen Vorzug, der alle etwaigen Nachteile aufwiegt, nämlich den, daß sie sich wieder neu machen, sich „regenerieren“, lassen. Der Ankauf einer Thoriumröhre ist deshalb, soweit sich bis jetzt übersehen läßt, eine einmalige Anschaffung. Wir arbeiten mit Thoriumröhren, Telefunken R.E. 79, die schon dreimal regeneriert sind und nach jedesmaligem Regenerieren von neuem nicht zu unterscheiden sind.

Das Regenerieren von Thoriumröhren beruht nach einem Aufsatz von LANGMUIR in der Physical Review auf folgenden Vorgängen: Der Glühfaden besteht aus einer Legierung von Wolfram und Thoriumoxyd. Das Thoriumoxyd ist über das ganze

¹⁾ Die Firma Walter C. F. Bertram, Hamburg 19, Osterstraße 100, hat die Herstellung und den Vertrieb der beschriebenen Apparatur übernommen. Die Platten zeigen Rot für $\varphi = 90^\circ$. Preis der Lippmann-Platte mit Zylindergefäß für Benzol und Plattenhalter RM 25.—, Preis der Platte allein RM 20.—.

Volumen des Fadens verteilt. Es muß zuerst teilweise zu Thor reduziert werden. Dies geschieht durch starkes Erhitzen des Glühfadens auf 2600 bis 2800° absol. Temp., ohne angelegte Anodenspannung. Von den durch die Reduktion entstandenen Thoratomen müssen möglichst viele aus dem Innern des Fadens an die Oberfläche getrieben werden. Dabei muß aber vermieden werden, daß die an die Fadenoberfläche gelangten Thoratome sofort wieder unter Elektronenemission zerfallen. Beide Forderungen werden erfüllt, wenn man den Glühfaden auf 2000 bis 2100° absol. Temp. erhitzt. Bei dieser Temperatur diffundieren die Thoratome schneller aus dem Innern an die Oberfläche des Fadens, als sie von dort aus unter Elektronenemission zerfallen. Die beiden Vorgänge, Atomdiffusion und Elektronenemission, finden dabei quantitativ so statt, daß die Thoriumschicht, welche allmählich die ganze Fadenoberfläche überzieht, nie mehr als ein Atom tief ist. Diese Atomschicht sendet die Elektronen aus. Der Elektronenstrom hat annähernd die gleiche Stärke, solange der Faden nicht über 1700 bis 1900° absol. Temp., d. h. auf Gelbglut, erhitzt wird. Bei dieser Temperatur ist der Zerfall der Thoratome an der Oberfläche ungefähr

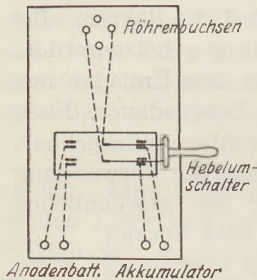


Fig. 1.

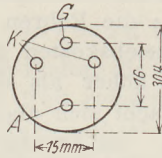


Fig. 2.

gleich dem Nachschub durch Diffusion. Die auf die Fadenoberfläche getriebene Thoriumschicht bleibt deshalb in derselben Stärke erhalten.

In die Praxis übertragen, ergeben sich für das Regenerieren der Thoriumröhren (es soll sich im folgenden zunächst nur um Telefunken-Röhren handeln) folgende Anhaltspunkte: Man lege an den Glühfaden eine halbe Minute lang

die vierfache Heizspannung, bei R.E. 79 $4 \cdot 2,3 = 9,2$ V, und dann sofort 4 Minuten lang die doppelte Heizspannung, bei R.E. 79 4,6 V. Die Röhre ist dann regeneriert. Sollte sie, wenn man sie in den Apparat zurückgebracht hat, noch nicht die volle Lautstärke wie eine neue Röhre liefern, dann schicke man durch den Glühfaden abermals einen Strom von der doppelten Heizspannung, bei R.E. 79 von 4,6 V, und zwar zwei Minuten lang und mache dies so lange, bis man mit der Röhre die volle Lautstärke erzielt.

Das Regenerieren ist ein Gewaltakt schlimmster Art, der mit dem Glühfaden vorgenommen wird. Der Faden glüht dabei sehr hell. Indes braucht man nicht zu befürchten, daß er durchbrennt. Die Seele des Fadens besteht aus Wolfram, und dieses vermag eine Belastung bis zu $\frac{1}{2}$ A gut auszuhalten. Selbst bei 9 bis 10 V Heizspannung aber bleibt die Stromaufnahme darunter. Ein Beispiel mag dies erläutern. Die Telefunken-Röhre R.E. 79 braucht bei einer Heizspannung von 2,3 V einen Heizstrom von 0,06 A. Der Fadenwiderstand ist dann 2,3 geteilt durch 0,06 gleich rund 40 Ω . Bei 9,2 V ist demnach die Stromaufnahme rund $\frac{1}{4}$ A.

Die erforderlichen Spannungen entnehme man den Betriebsbatterien. Eine Spannung von 9 V kann man bequem auf den üblichen Anodenbatterien abgreifen. Die Spannung 4,6 V liefert ein Heizakkumulator von zwei Zellen.

Zum Gelingen des Regenerierens ist unbedingt nötig, daß die Zuführungsdrähte zu den Fadensteckern nicht den Gitterstecker oder den Anodenstecker der Röhre berühren. Um dies unmöglich zu machen und das Regenerieren möglichst einfach zu gestalten, bediene man sich folgender Vorrichtung (Fig. 1). Durch Ausführung zweier einfacher Handgriffe ist dann die Röhre regeneriert.

Man verschaffe sich ein Brett von 20 bis 25 cm Länge, 13 bis 15 cm Breite und 1 cm Dicke aus gut getrocknetem Holz. Zur Aufnahme der Röhre bohre man dann in das Brett Löcher nach dem Grundriß der Fig. 2. Die Telefunken-Röhren R.E. 79 und 89 haben einen sog. englisch-französischen oder Europa-Sockel (Fig. 2) (Entfernung der Kathodenstifte Mitte—Mitte 15 mm). Die zur Aufnahme der Kathodenstecker bestimmten Löcher versehe man mit Röhrenbuchsen. Von diesen Buchsen

führe man den Verbindungsdraht nach einem zweipoligen Hebelumschalter und von diesem wieder zu je zwei Buchsen. Das eine Buchsenpaar ist zur Aufnahme von Steckern bestimmt, an denen Schnüre befestigt werden, welche nach der Anodenbatterie (9 V), und das andere Buchsenpaar zur Aufnahme von Steckern, an denen die Schnüre befestigt werden, welche zum Heizakkumulator (4,6 V) führen.

Hat man auch Röhren mit anderen Sockelarten, z. B. Telefunken- oder amerikanischem Sockel, so arbeite man mit einem Zwischensockel.

Es ist zweckmäßig, sich vor dem Regenerieren erst davon zu überzeugen, daß die Verminderung der Lautstärke am Nachlassen der Elektronenemission der Röhre liegt. Sie kann ja auch andere Ursachen haben. Andererseits ist es auch wichtig festzustellen, ob nach dem Regenerieren die Glühkathode wieder in normaler Menge Elektronen aussendet. Zur Kontrolle der Röhren hat sich das in Fig. 3 abgebildete Röhren-Prüfgerät bewährt. Man montiere auf einem 1 cm dicken Brett von 25 bis 30 cm Breite und 30 bis 35 cm Länge vier Röhrenbuchsen (Europasockel) oder einen Röhrensockel und ferner vor den Röhrenbuchsen einen Heizwiderstand von 50Ω und einen Ausschalter. Zwischen Röhrensockel und Heizwiderstand baue man auf der rechten Hälfte des Brettes ein Amperemeter zum Messen des Heizstromes auf. Man führe den Heizstrom an zwei Buchsen ein und verbinde die eine (negativ) über den Ausschalter, den Heizwiderstand und das Amperemeter mit der einen Kathodenbuchse des Röhrensockels, die andere (positiv) direkt mit der anderen Kathodenbuchse. Dies wäre der Kathodenkreis.

Neben dem Amperemeter für den Heizstrom baue man auf der linken Hälfte des Brettes ein Milliampereometer auf. Man verbinde dieses einerseits mit der Gitter- und Anodenbuchse des Röhrensockels und andererseits mit der Buchse, an welche der positive Pol der Anodenbatterie angelegt wird. Neben dieser Buchse bringe man eine zweite an, an welche der negative Pol der Anodenbatterie angelegt wird. Diese Buchse verbinde man mit der positiven Akkumulatorbuchse.

Bei dieser Schaltung mißt das Milliampereometer die gesamte Elektronenemission des Glühfadens.

Will man die Vorrichtung in Betrieb nehmen, dann stecke man die zu prüfende Röhre in die Buchsen und verbinde die Batteriebuchsen durch Verbindungsschnüre mit dem Heizakkumulator bzw. der Anodenbatterie.

Schaltet man den Heizstrom ein¹⁾ und legt eine Spannung von 50 bis 100 V an die Anode der Röhre, so zeigt das Milliampereometer einen Ausschlag. Der Ausschlag nimmt, wenn man einen bestimmten Heizstrom einstellt und diesen beibehält, bei Erhöhung der Anodenspannung nur bis zu einer gewissen Grenze zu. Dann ist der Sättigungsstrom für die betreffende Anodenspannung erreicht.

Man ermittle mit Hilfe dieser Vorrichtung den maximalen Emissionsstrom für die bei den Röhrendaten angeführte Anodenspannung und vergleiche ihn mit dem dort angegebenen. Die Daten der Telefunken-Röhre R.E. 79 sind z. B. folgende:

¹⁾ Für den Heizstrom benutze man ein Amperemeter mit zwei Meßbereichen, einem Meßbereich von 0 bis 0,3 A und einem Meßbereich von 0 bis 3 A; für den Anodenstrom ein Milliampereometer mit einem Meßbereich von 0 bis mindestens 15 Milliampere.

Das Amperemeter für den Heizstrom kann durch ein Voltmeter ersetzt werden. Man hat dann die entsprechende Heizspannung einzustellen. Das Voltmeter ist anders zu schalten als das Amperemeter. Man schließe es direkt an die Kathodenbuchsen der Röhre an.

Man benutze nur Drehspulinstrumente.

Wünscht man die Instrumente auch für andere Zwecke zu verwenden, dann bringe man an ihrer Stelle auf dem Brett Buchsen an. An diese schließe man die Instrumente mit Hilfe von Verbindungsschnüren an.

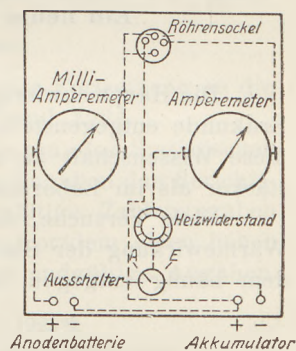


Fig. 3.

Anodenspannung	40 bis 90 V,
Heizspannung	etwa 2,3 V,
Heizstrom	0,06 bis 0,07 A,
Emission	5 bis 8 MA.

Obiges Verfahren des Regenerierens ist mit Telefunken-Röhren R.E. 79 und 89 mit bestem Erfolg erprobt worden. Auch die Telefunken-Röhren R.E. 78 und 83 haben sich danach regenerieren lassen.

Für Löwe-Röhren, z. B. L.A. 75, ist das Verfahren nicht anwendbar. Der Heizfaden dieser Röhren verträgt eine Spannung von 9 bis 10 V nicht. Er brennt dabei meist durch. Um Löwe-Röhren wieder brauchbar zu machen, heize man den Glühfaden eine halbe Stunde mit einem Heizstrom von etwa 4 V Spannung. Auch für Philips-Röhren, falls diese noch im Gebrauch sein sollten, wird letzteres Verfahren empfohlen.

Ein neues Hilfsmittel für den erdkundlichen Unterricht.

Von Dr. A. Scheer in Berlin.

Die Hauptschwierigkeit, die sich der stärkeren Einführung des Versuches in der Erdkunde entgegenstellt, liegt in der Größenordnung der Räume und Zeiten, mit der diese Wissenschaft zu rechnen hat. Im Unterricht kommt diese Schwierigkeit noch stärker als im Laboratorium zum Ausdruck.

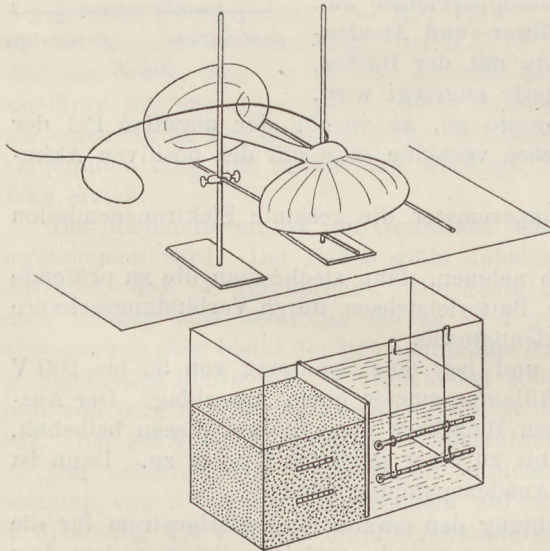
Viele Versuche, die in Lehrbüchern aufgeführt sind, beschäftigen sich mit der Wärmewirkung der Sonne. Wollen wir sie in einer Schulstunde vorführen, so steht dem häufig entgegen, daß die Sonne gerade dann, wenn wir sie brauchen, nicht scheint, und wenn sie es tut, ist die

in einer Stunde erzielte Wärmeentwicklung viel zu gering, um bereits Wirkungen erkennen zu können.

Ein Hilfsmittel nun, das geeignet scheint, diese Schwierigkeit zu überwinden, dürfte der elektrische Strahlafen (elektrische Sonne) sein. Die Wärmewirkung ist hierbei so stark, daß sich in kurzer Zeit Wirkungen erzielen lassen. Für folgende Versuche habe ich die künstliche Sonne bereits mit Erfolg erprobt: 1. Erhitzen von verschiedenartigen Gesteinen und Bodenarten. Die Unterschiede ließen sich bereits nach kurzer Zeit deutlich wahrnehmen. 2. Erwärmung von Land und Wasser bei verschieden hohem Sonnenstande, d. h. unter verschiedenen Breiten. 3. Ein

dritter Versuch soll näher beschrieben werden. Es handelt sich dabei um die ungleich schnelle Erwärmung von Land und Wasser, und zugleich um die darüber entstehenden Luftströmungen.

Ein oben offenes Glasgefäß mit parallelen Wänden — zur Verfügung stand ein solches von $60 \times 15 \times 45$ cm — wurde durch eine Querwand aus Plastilin, die etwa bis zu $\frac{1}{2}$ der Gesamthöhe hinaufgeführt war, in zwei Teile geteilt (siehe die Figur). Das eine der beiden dadurch entstandenen Becken wurde mit Sand, das andere mit Wasser gefüllt. In beiden wurden in gleicher Höhe Thermometer eingebaut bzw. eingehängt, die von außen zu beobachten waren. Genau über der Mittelwand — sie mußte gegen Schmelzen durch ein übergelegtes Brettchen geschützt werden —



wurde die elektrische Sonne aufgebaut, und zwar so, daß die Wärmestrahlen senkrecht nach unten geworfen wurden. Nun ließ sich bequem zeigen, wie das Land sich rasch erwärmte, das Wasser sehr viel langsamer. Zu beachten ist, daß bei zu langer Bestrahlung starke Verdunstung eintritt.

Nach etwa einer halben Stunde war die Landoberfläche erheblich wärmer als die Wasseroberfläche. Nun wurde die Heizquelle fortgenommen, das Glasgefäß zugedeckt, und durch ein Glasrohr in eine Ecke etwas Zigarrenrauch vorsichtig eingeblasen. Es zeigte sich nun deutlich, wie der Rauch über der warmen Fläche emporstieg, oben entlang zog, und über der Wasserfläche wieder herabstieg, um auf der Oberfläche selbst zum Lande sich zu bewegen. Es war gleichgiltig, ob der Rauch über der Wasser- oder der Landoberfläche eingeführt wurde: der Kreislauf kam stets zustande.

Statistische Angaben über Kohle, Erdöl, Eisen (Stahl) und den deutschen Bergbau 1925.

Von Friedrich Hofmann in Altenburg (Thüringen).

Die folgenden statistischen Angaben lehnen sich an als erste Fortsetzung an die Zusammenstellung¹⁾ über Kohle, Erdöl und Eisen (Stahl) 1913 und 1924.

Die Schaubilder und die Zahlen sind den Veröffentlichungen des Statistischen Reichsamtes²⁾ entnommen. Im wesentlichen liegt den folgenden Angaben das Berichtsjahr 1925 zugrunde. An mehreren Stellen aber liegen endgültige Zahlenangaben für 1925 noch nicht vor; die vorläufigen Angaben haben aber trotzdem einen hohen Grad von Sicherheit. Die mitangeführten Zahlen für 1924 sind endgültige Angaben.

I. 1. Steinkohlenförderung der Welt 1924 und 1925³⁾.

	In Millionen Tonnen (1 metr. Tonne = 1000 kg)		In Prozenten
	1924	1925	1925
Welt: Insgesamt	1192	1192	100
Davon:			
Europa	549	541	45,4
Asien	83	80,5	6,7
Afrika	12	12,5	1,1
Amerika	533	543	45,5
Australien	15	15	1,3
Einzelne Länder:			
U. S. A.	520	531	44,5
Großbritannien	271	251	21,1
Deutschland	119	133	11,1
Frankreich	44	47	4,0
Belgien	23	23	1,9
Polen	32	29	2,4
Japan	30	29	2,4

In der Förderung an Braunkohle nimmt Deutschland und mit ihm Europa, wie das Schaubild (Fig. 1) deutlich zeigt, eine besondere Stellung ein. Die Weltförderung an Braunkohle stieg im Jahre 1925 auf fast 183 Millionen Tonnen (1924: rund 170 Millionen Tonnen) und brachte für Europa einen Anteil von 97,2⁰/₀.

¹⁾ Diese Zeitschrift 39. Jahrg. S. 129—132 (1926).

²⁾ Statistisches Jahrbuch und Zeitschrift Wirtschaft und Statistik.

³⁾ Schaubild für 1924. Diese Zeitschrift 39. Jahrg. S. 130.

2. Braunkohlenförderung in Europa 1924 und 1925.

	In Millionen Tonnen (1 metr. Tonne = 1000 kg)		In Prozenten (Welt = 100)
	1924	1925	1925
Europa: Insgesamt	164	178	97,2
Einzelne Länder:			
Deutschland	125	140	76,5
Tschechoslowakei	21	19	10,3
Ungarn	6	5	2,9
Jugoslawien	4	4	2,3
Österreich	3	3	1,7

II. Über die Erdölgewinnung und Erdölverarbeitung im Jahre 1925 liegt ein ausführlicher Bericht vor¹⁾, der auch hinsichtlich der Erzeugnisse der Erdölraffinerien Zahlenangaben enthält. Die Erdölgewinnung brachte 1925 (1924) in der Welt eine bisher noch nicht erreichte Höchstziffer von 148,8 Millionen Tonnen (140,8 Millionen

Tonnen) Rohöl. Das in dieser Zeitschrift²⁾ abgedruckte Schaubild für 1924 trifft im wesentlichen auch für 1925 zu. Die wichtigsten Produktionsländer hatten 1925 folgende Mengen in Millionen Tonnen (% der Weltgewinnung) Rohöl aufzuweisen: U.S.A. 104,7 (70,4 %); Mexiko 17,2 (11,6 %); Venezuela 3,0 (2,1 %); Rußland 7,5 (5,0 %); Rumänien 2,3 (1,6 %); Persien 4,6 (3,1 %); Niederl. Indien 3,0 (2,1 %). Durch diese sieben Länder sind fast 96 % der Weltgewinnung an Erdöl 1925 wiedergegeben. Beachtlich ist dabei der weitere, auch prozentual beträchtliche Abstieg Mexikos, das seine Höchstproduktion 1921 mit fast 29 Millionen Tonnen hatte. In Deutschland ohne Elsaß erreichte die Rohölgewinnung 1925 (1924) 80000 Tonnen (60000 Tonnen), das sind aber nur 0,05 % (0,04 %) der Weltgewinnung; trotz reger Bohrtätigkeit entsprachen aber bei uns die erzielten Erfolge nicht den Erwartungen.

In den meisten Ländern ging das Bestreben dahin, bei der Verarbeitung des Erdöls mehr Gasolin (Petroläther, Automobilbetriebsstoff) zu gewinnen als bisher. So wurden in den Rohölraffinerien der U.S.A. im Jahre 1925 rund 410 Millionen Hektoliter Gasolin gewonnen. Dabei sei erwähnt, daß

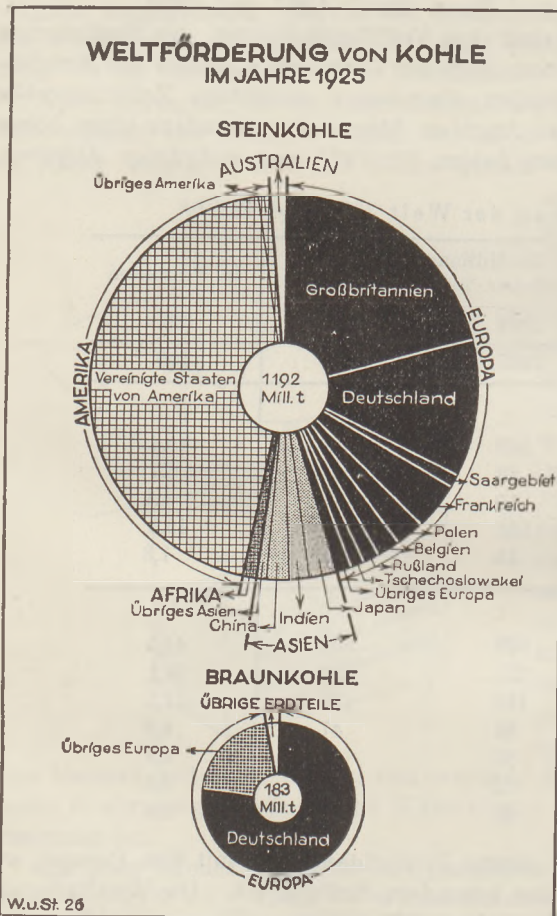


Fig. 1.

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

¹⁾ Wirtschaft und Statistik. 6. Jahrg. S. 916—918 (1926).

²⁾ Diese Zeitschrift 39. Jahrg. S. 130 (1926).

1925 aus den nordamerikanischen Naturgasvorkommen, die in der Rohölstatistik nicht berücksichtigt sind, weitere 40 Millionen Hektoliter Gasolin hergestellt werden konnten.

III. Die Roheisengewinnung hat 1925 mit 76 Millionen Tonnen fast den Stand von 1913 (79 Millionen Tonnen) erreicht. Die Rohstahlgewinnung liegt 1925 mit 89 Millionen Tonnen um rund 18% über dem Stand von 1913 (75 Millionen Tonnen) (Fig. 2).

1924 und 1925. Welterzeugung: a) Roheisen b) Rohstahl

	In Millionen Tonnen (1 metr. Tonne = 1000 kg)		In Prozenten	In Millionen Tonnen (1 metr. Tonne = 1000 kg)		In Prozenten
	1924	1925		1924	1925	
	Welt: Insgesamt	68	76	100	78	89
Davon:						
Europa: Insgesamt	33	36	48,0	37	41	45,7
U. S. A.	32	37	48,6	39	46	51,7
Deutschland	7,8	10,1	13,4	9,8	12,2	13,7
Frankreich	7,7	8,5	11,2	6,9	7,4	8,3
Großbritannien	7,4	6,3	8,3	8,3	7,5	8,4
Belgien und Luxemburg	5,0	4,9	6,4	4,7	4,5	5,1

Auffallend ist besonders die Höhe der Rohstahlerzeugung, die durch die verstärkte Heranziehung des Alteisens (Schrott) erklärt wird. Für Deutschland ergibt sich nach dem Verlust Lothringens eine bedeutende Heranziehung des Schrotts und

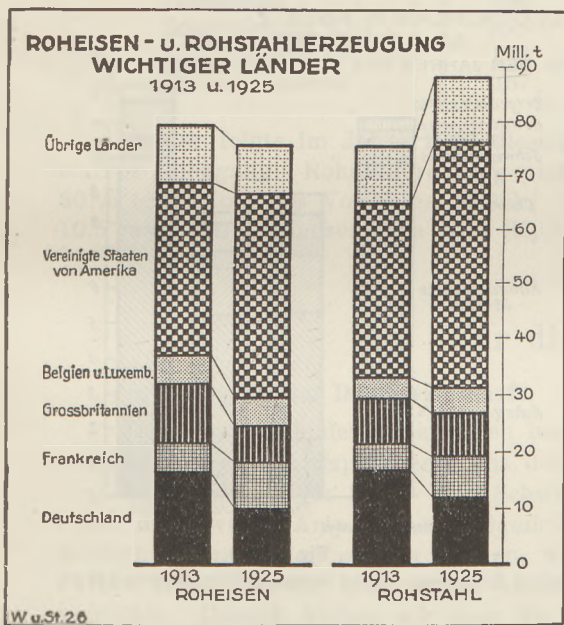


Fig. 2.

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

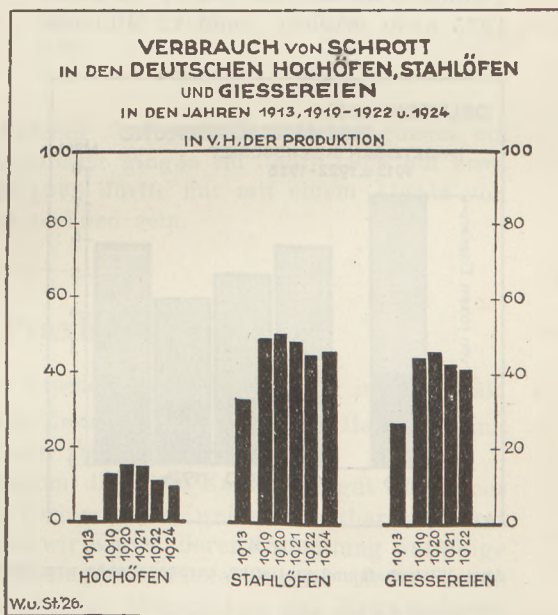


Fig. 3.

Ausdehnung des Siemens-Martin Verfahrens. Darüber unterrichtet auch ohne Zahlen das Schaubild (Fig. 3). Besonders auffallend ist hier die Steigerung des Schrottverbrauchs in den Hochöfen und Gießereien.

IV. Deutschlands Bergbau brachte im Jahre 1925 gegen das Vorjahr im allgemeinen und besonders bei Kohle, Salzen und Eisenerzen eine erhöhte Förderung. Im Erz- und Salzbergbau liegen folgende Zahlen vor:

Erz- und Salzbergbau Deutschlands 1913, 1924 und 1925.

Roherze und Salze	In 1000 Tonnen (1 Tonne = 1000 Kilogramm)				
	1913 ehemaliges Gebiet ¹⁾	1913 jetziges Gebiet	1924	1925	1925 in Prozenten von 1913 (jetziges Gebiet)
Eisenerz (roh)	28610	7300	4500	5900	81
Schwefelerz (roh)	270	270	160	220	83
Blei-Silber-Zinkerz (roh)	2880	1870	1240	1370	73
Arsen- und Kupfererz (roh)	970	970	850	840	87
Wolfram-Zinn- usw. Erz (roh)	50	50	25	19	38
Salinensiedesalz	675	570	380	460	80
Steinsalz	1350	1350	1600	1770	131
Kalirohsalze	11960	11610	8090	12030	104

Der Metallgehalt der verwertbaren Erze ist beim Eisen durch folgende Zahlen erläutert: Eisengehalt in % der Roherze 1913 (ehemaliges Gebiet) 32,5%; 1913 (jetziges Gebiet) 35,0%; 1922 34,4%; 1923 34,4%; 1924 35,1%; 1925 34,7% (Fig. 4). Fast 54% der 1925 geförderten deutschen Roheisenerze mußten vor der Verhüttung „aufbereitet“ werden.

Die auch heute noch überragende Bedeutung des deutschen Kaliberbaus²⁾ und der dazu gehörigen Industrie fordert ebenfalls eine Erläuterung. Die bisherige Höchstziffer in der deutschen Förderung an Kalirohsalzen 1922 mit mehr als 13 Millionen Tonnen Kalirohsalzen wurde im Jahre 1925 nicht erreicht (rund 12 Millionen

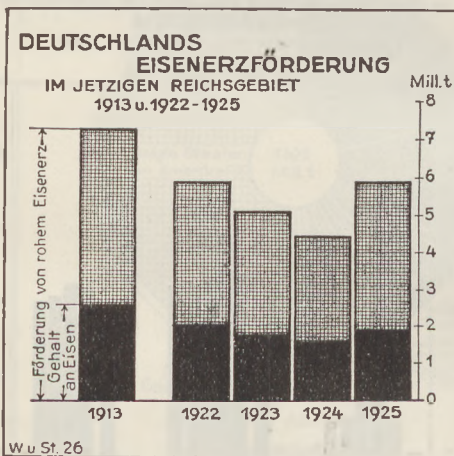


Fig. 4.

DEUTSCHLANDS ABSATZ AN KALISALZEN (IN K₂O) IN DEN JAHREN 1913, 1923, 1924 und 1925

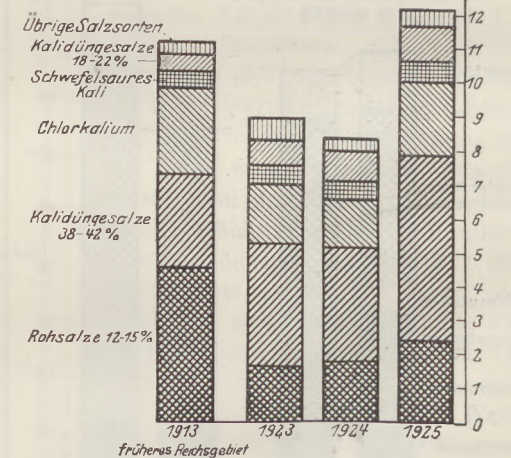


Fig. 5.

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

Tonnen). Aber der Gehalt an Kali (K₂O) stieg trotzdem im Jahre 1925 auf die Höchstziffer von 1,37 Millionen Tonnen nutzbares K₂O (1922: 1,30 Millionen Tonnen K₂O)³⁾. Es ist infolge der Stilllegung wenig ertragreicher Werke vor allem auch eine Verschiebung

¹⁾ Ohne das luxemburgische Zollgebiet.

²⁾ Vgl. Fr. W. LANDGRAEBER, Kalihaltige Lagerstätten im In- und Ausland, Unterrichtsbl. f. Math. und Naturw. XXXII. Jahrg. S. 341-343 (1926).

³⁾ Für die Zwecke der Kaliwirtschaft wird auch eine Statistik durch die Kaliprüfungsstelle veranstaltet, wobei der theoretische K₂O = Gehalt der geförderten Salze von Interesse ist. Hier wird wie in der Bergbaustatistik nur der nutzbare K₂O = Gehalt, nach Abzug der Aufbereitungsverluste, angegeben.

eingetreten zugunsten der Kainit-Hart- und Sylvinit-salze. Während 1922 noch etwa 44% des Fördergutes auf die sog. Karnallitsalze entfielen, sind 1925 nur mehr 23½% dieser Gruppe zuzurechnen. Dafür waren 1925 aber 76½% der geförderten Kalisalze der Kainit-, Hartsalz- oder Sylvinit-Gruppe angehörend (1922 jedoch 56%). So kommt es, daß einer Produktionssteigerung an Kalisalzen 1925 gegen 1913 um etwa 4% eine Steigerung in der Lieferung an Kali (K₂O) 1925 gegen 1913 um mehr als 18% gefolgt ist. Aber nur 85 Kaliwerke von den vorhandenen 224 mit einer Beteiligungsziffer ausgestatteten Werken vollbrachten diese große Leistung.

Das deutsche Kalisyndikat hat 1925 ohne Elsaß (1913 einschließlich Elsaß) abgesetzt 43,26 Millionen Doppelzentner fertige Kalisalze mit 12,26 Millionen Doppelzentnern K₂O (51,47 Millionen Doppelzentner mit 11,10 Millionen Doppelzentnern K₂O). 1925 blieben davon 7,67 Millionen Doppelzentner K₂O im Inland, während 4,58 Millionen Doppelzentner K₂O ins Ausland (U.S.A., Großbritannien, Belgien, Holland, nordische Länder) gingen.

Die einzelnen durch das Kalisyndikat abgesetzten Salzsor ten ergeben sich aus dem Schaubild (Fig. 5) und folgenden Zahlen:

Salzsor ten	1925	1924	1923	1913 ¹⁾
	in Millionen Doppelzentnern K ₂ O			
Rohsalze 12–15% . .	2,36	1,75	1,67	4,57
Kalidüngesalze 38–42% . .	5,55	3,45	3,59	2,65
Chlorkalium	2,05	1,38	1,68	2,45
Schwefelsaures Kali . .	0,65	0,56	0,63	0,54
Kalidüngesalze 18–22% . .	1,08	0,86	0,70	0,48
Übrige Salzsor ten . . .	0,57	0,42	0,59	0,41

Leider folgte im Jahre 1926 diesem Aufstieg des deutschen Kalibergbaues ein starker Rückgang. Rohsalzförderung und Kaliabsatz gingen im Jahre 1926 auf etwa 80% (geschätzt) des Vorjahres zurück. Für 1926 dürfte nur mit einem Absatz von 10,5 Millionen Doppelzentnern Kali (K₂O) zu rechnen sein.

Für die Praxis.

Ordnung in der Drahtwirtschaft. Von Studienrat Dr. F. Schürer in Pasewalk.

Das hier geschilderte Verfahren hat den Zweck, Ordnung in das Hantieren mit Leitungsdrähten für Experimente aus der Elektrizitätslehre zu bringen.

Wir benutzen für Stark- und Schwachstrom dieselben Kabel aus gut biegsamer Litze, die etwa 10 Amp. aushält. Damit die Verbindungen weithin sichtbar sind und deutlich unterschieden werden können, wählen wir Kabel, deren Umhüllung auffällige Farben zeigt. An die Litzenenden werden Messingdrahtstücke (Kupfer ist zu weich) angelötet. Danach kleben wir über die Kabelenden Manschetten aus dickwandigem Gummischlauch. Diese Manschetten schützen den Experimentierenden beim Herstellen der Verbindungen vor elektrischen Schlägen, sie vermeiden scharfe Knicke am Übergang von der Litze zum Kabelschuh und verhüten dadurch das Abbrechen der Litze. Bei Nichtgebrauch hängen die Kabel senkrecht in einer Reihe nebeneinander in den Löchern der Aufbewahrungsleiste, wobei die Manschetten das Durchrutschen der Drähte durch die Löcher der Aufbewahrungsleiste verhindern. Die Aufbewahrungsleiste kann samt den Drähten an jeden gewünschten Ort gebracht werden. Fig. 1 zeigt ein Stück der Aufbewahrungsleiste mit zwei Kabeln, Fig. 2 zeigt die Auf-

¹⁾ einschließlich Elsaß.

bewahrungsleiste am Experimentiertisch aufgehängt. Die Leiste eignet sich auch für Drähte mit Bananensteckern.

Nun zu den Einzelheiten.

Wir schneiden von der Litze Stücke geeigneter Länge ab. Vorgeschlagen werden: je zwei von 20, 25, 50, 60, 80, 100, 150 cm und je vier von 30, 35 und 40 cm Länge. Durch Abbrennen werden an den Enden 2 cm frei gemacht. Die hervorstehenden

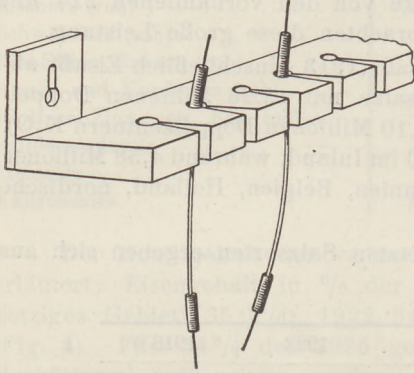


Fig. 1.

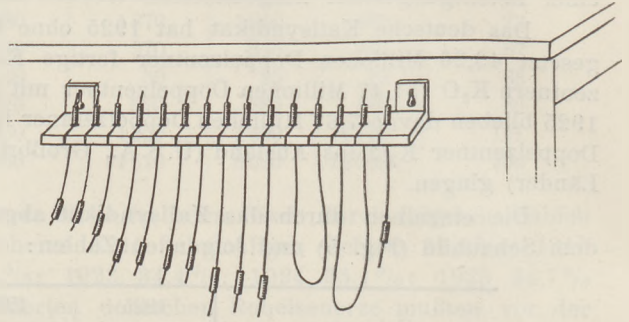


Fig. 2.

Drahtbündel reiben wir mit Sandpapier blank. Die Umwicklung wird mit Zwirn abgebunden und die feinen Drähte zusammengedreht (Fig. 3). An die blanken Enden löten wir Messingdrähte von 4 bis 5 cm Länge und 1 mm Durchmesser (Fig. 4) an. Man kann auch Kabelschuhe wie in Fig. 5 verwenden.

Nun beschaffen wir uns dickwandigen (3 mm Wandstärke) Gummischlauch, der knapp auf die Litze paßt. Davon schneiden wir Stücke von 3 bis 4 cm Länge ab. Je zwei dieser Gummimanschetten werden auf ein Kabel geschoben (Fig. 6). An den Kabelenden wird ein Stück der Umwicklung und ein Stück des Kabelschuhes



Fig. 3.



Fig. 4.

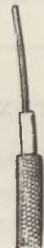


Fig. 5.

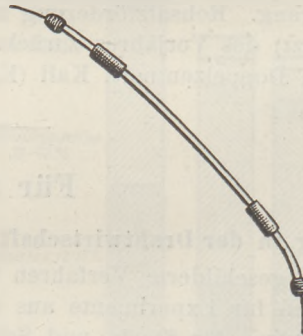


Fig. 6.



Fig. 7.

mit Gummi- oder Lederkitt (Atlasschuhkitt) bestrichen. Die Manschetten werden darüber geschoben, so daß sie zur Hälfte noch auf der Umhüllung sitzen (Querschnitt Fig. 7). Der Klebstoff ist in einigen Stunden vollständig durchgetrocknet. Das Ankleben der Schlauchstücke erfordert einige Umsicht. Der Kitt bekommt rasch eine trockene Oberfläche und haftet dann nicht mehr am Schlauch, und oft wird beim Vorschieben der Manschetten zu viel Klebstoff von der Litzenumhüllung genommen. Es empfiehlt sich, die Manschetten mit drehender vor- und rückwärtsgehender Bewegung über zu schieben. Man kann auch das Innere der Schlauchstücke und die Kabelenden mit Gummikitt bestreichen und danach die Manschetten in der Richtung Polschuh—Litzenumhüllung über ziehen. Es hängt vom Material ab, welches Verfahren günstiger ist.

Für die Aufbewahrungsleiste verwenden wir Holzleiste (Kiefer genügt) von 1,5 bis 2 cm Dicke und 5 cm Breite. 2,5 cm vom Rande entfernt bohren wir in Abständen

von mindestens 2 cm Löcher in dieselbe. Die Löcher müssen die Kabel durchlassen, die Gummimanschetten aber aufhalten. Mit dem Versenker gestalten wir den oberen Rand der Löcher trichterförmig (Fig. 8). Die Versenkung verhindert, daß die Kabel herausfallen, wenn die Leiste schräg gehalten wird. Keilförmige Einschnitte führen vom Rande der Leiste zu den Löchern (Fig. 9, Leiste von oben gesehen). Die Leiste bekommt an den Enden je ein Aufhängebrettchen mit Einschnitt für Haken oder Rundkopfschrauben. Die raue Innenseite der keilförmigen Einschnitte und der Löcher kann die Umhüllung der Drähte durchscheuern. Darauf ist bei der Auswahl der Litze Rücksicht zu nehmen. Die Rauigkeit

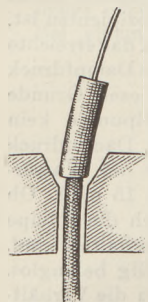


Fig. 8.

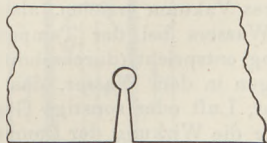


Fig. 9.

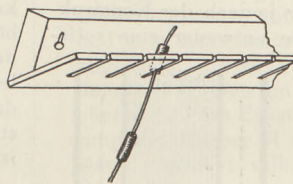


Fig. 10.

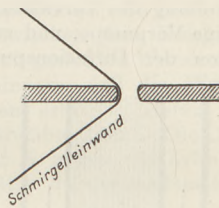


Fig. 11.

kann folgendermaßen behoben werden: Das Innere der Löcher und Einschnitte wird lackiert. Nach dem Trocknen werden die lackierten Flächen mit Sandpapier geschliffen und danach nochmals lackiert.

Ich gebe noch eine einfachere Ausführung der Leiste an, bei der die Möglichkeit des Durchscheuerns geringer ist. Doch lassen sich aus dieser Leiste die Kabel nicht so bequem herausnehmen wie aus der vorhin beschriebenen.

Wir geben einer 1,5 cm mal 5 cm-Leiste einen schrägen Rand. Auf diesen schrauben wir ein 6 cm breites Brett aus Laubsägeholz (Fig. 10), in das wir in mindestens 2 cm Abstand voneinander 3 cm tiefe Schlitzte sägen. Mit Schmirgelleinwand werden die Schnittflächen gerundet (Fig. 11).

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Quecksilberdampf-Diffusionspumpe.
Orig.-Bericht von H. KRÖNCKE in Berlin.

Die Bedeutung der Hochvakuumtechnik für die Entwicklung der heutigen Physik ist allgemein bekannt. Erst nachdem es gelang, luftverdünnte Räume herzustellen, in denen ein Luftdruck von etwa einem Milliontel einer Atmosphäre und weniger herrscht, war es möglich, Röntgenstrahlen zu erzeugen, durch Anodenstrahlen die Masse einzelner Atome zu bestimmen und Verstärkerröhren zu bauen, um nur drei Beispiele herauszugreifen. Im physikalischen Laboratorium gehört daher heute die Hochvakuum-Luftpumpe zu einem ebenso selbstverständlichen Bestandteil, wie etwa Starkstromanschluß, Volt- und Amperemeter. Dabei hat die Hochvakuumpumpe im Laufe der letzten etwa 20 Jahre eine geradezu erstaunliche Entwicklung durchgemacht, und die Luftpumpen, die man noch vor 15 Jahren gebrauchte, sind heute praktisch vollkommen überholt. Seit einigen wenigen Jahren ist jedoch die Entwicklung anscheinend zu einem gewissen Abschluß gelangt; die Fortschritte, die in der allerletzten Zeit gemacht wurden, beziehen sich mehr

auf technische Einzelheiten als auf grundlegende physikalische Gesichtspunkte.

Die einzige Hochvakuumpumpe, die heute noch praktisch von Bedeutung ist, ist die Diffusionspumpe von GAEDE, der übrigens schon vor Erfindung der Diffusionspumpe durch zahlreiche geniale Erfindungen auf dem Gebiet der Vakuumtechnik hervortrat. Die Diffusionspumpe verwendet Quecksilber, das in einem Gefäß aus Stahl, Glas oder Quarz zum Sieden gebracht wird. Der Quecksilberdampf wird dann für den eigentlichen Pumpenvorgang verwendet, darauf durch Kühlwasser kondensiert und dem Siedegefäß wieder zugeführt. Ein Verlust von Quecksilber tritt also nicht ein, und in der Diffusionspumpe wird nur Wärme zum Verdampfen des Quecksilbers und Kühlwasser zu dessen Kondensierung verbraucht. Dadurch arbeitet die Diffusionspumpe sehr sparsam und völlig geräuschlos, sie ist ferner, zumal wenn sie aus Stahl angefertigt ist, praktisch unverwüsthlich, dabei leicht zu reinigen. Vor allem aber hat sie eine erstaunlich hohe Leistung, denn sie läßt das höchste überhaupt erreichbare Vakuum erzielen, zu dessen

genauer Messung bisher noch keine genügenden Hilfsmittel zur Verfügung stehen, nämlich Drucken von weniger als 10^{-6} mm Quecksilber entsprechend.

Diesen zahlreichen Vorzügen der Diffusionspumpe steht nur der eine Nachteil gegenüber, daß sie nicht gegen vollen Atmosphärendruck zu pumpen vermag, sondern daß ein ganz bestimmtes „Vorvakuum“ notwendig ist. Ist dieses nicht erreicht, so setzt der Pumpenvorgang nicht oder nicht mit genügender Energie ein. Zur Herstellung des Vorvakuums braucht man also stets eine Vorpumpe, und zwar je nach der Konstruktion der Diffusionspumpe entweder eine rotie-

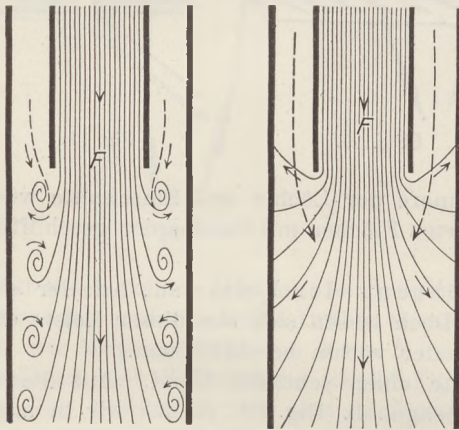


Fig. 1. Strömung in einer Strahlpumpe. Fig. 2. Strömung in einer Diffusionspumpe.
(Nach MOLTHAN.)

rende Ölpumpe oder im Notfall auch eine Wasserstrahlpumpe.

Dies führt uns bereits zu der eigentlichen Wirkungsweise der Diffusionspumpe. Bei flüchtiger Betrachtung könnte man die Wirkungsweise des Strahls von Quecksilberdampf in der Diffusionspumpe mit der Wirkungsweise des Wasserstrahls in der bekannten Wasserstrahlpumpe vergleichen. Der Quecksilberdampf tritt ebenso wie der Wasserstrahl an einer Düse aus, wo sich das wegzupumpende Gas mit dem Quecksilberdampf bzw. dem Wasserstrahl vermischt, und worauf dieses Gemisch fortgeführt wird. Bei näherer Betrachtung des physikalischen Vorgangs ergibt sich aber ein grundlegender Unterschied in der Wirkungsweise der beiden Arten von Pumpen. Die Wirkung der Wasserstrahlpumpe beruht im wesentlichen darauf, daß der Wasserstrahl unmittelbar hinter der Düse in möglichst zahlreiche Tröpfchen zerteilt wird, die dann rein mechanisch die Luftteilchen mit sich reißen. Ähnlich ist es auch bei den „Dampfstrahlpumpen“, deren Wirkung durch die schematische Fig. 1 nach MOLTHAN¹⁾ dargestellt ist. An der Düse bilden sich Wirbel aus, durch

die die vorhandene Luft dem Dampfstrahl beigemischt und fortgeführt wird. Aus diesem Grunde werden Wasserstrahlpumpen zur Erzielung einer möglichst hohen Saugleistung durch allerlei Kunstgriffe so ausgebildet, daß der Wasserstrahl möglichst sofort nach Verlassen der Düse zerteilt wird.

Die Saugwirkung der Strahlpumpe ist um so besser, je höher der Druck in dem Rezipienten ist, aus dem die Luft angesaugt wird, und das erreichte Endvakuum hängt davon ab, welchen Dampfdruck der Dampfstrahl selbst hat. Aus diesem Grunde kann man mit einer Wasserstrahlpumpe kein höheres Vakuum erzielen, als dem Dampfdruck des Wassers bei der Temperatur der Wasserleitung entspricht (durchschnittlich 15 mm). Ob dagegen in dem Wasser, das durch die Pumpe strömt, Luft oder sonstige Gase enthalten sind, ist für die Wirkung der Pumpe völlig belanglos.

Bei der Diffusionspumpe liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Die Strömungsverhältnisse in einer Diffusionspumpe sind, ebenfalls nach MOLTHAN, in Fig. 2 dargestellt. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Quecksilberdampf, der an der Öffnung *F* nach unten strömt, in einen bereits weitgehend luftverdünnten Raum einströmt, so daß zur Bildung von Wirbeln keine Veranlassung gegeben ist. Nach Verlassen der Öffnung breitet sich zwar der Quecksilberdampf nach allen Seiten aus, er strömt aber um so energischer in gerader Richtung weiter, je größer die Geschwindigkeit des Dampfstromes ist, also je stärker das Quecksilber im Verdampfungsgefäß erhitzt und je stärker andererseits das Quecksilber kondensiert wird. Die zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr befindliche Luft vermag in den Quecksilberdampfstrahl einzudringen, und zwar ist dies ein normaler Diffusionsvorgang. Die Luft dringt daher um so schneller in den Quecksilberdampf ein, je weniger Luft in dem Quecksilberdampf enthalten ist. Wäre es möglich, den Dampfstrahl völlig luftfrei zu machen, so wäre theoretisch zu erwarten, daß er auch die letzten Reste von Luftteilchen aufnehme und fortführe. Der Vorgang ist also ganz ähnlich, wie etwa das Auslangen gefärbter Stoffe im fließenden Wasser. Dem fließenden Wasser ist in der Diffusionspumpe der Dampfstrahl zu vergleichen, während die Farbe mit der Luft im Rezipienten zu vergleichen ist. Von dem Dampfdruck des Strahls in der Diffusionspumpe ist dagegen die Saugleistung nicht im geringsten abhängig.

Die Diffusionspumpe verhält sich also in einer ganzen Reihe von wesentlichen Punkten genau entgegengesetzt wie die Strahlpumpe. Bei der Konstruktion einer Diffusionspumpe ist aber noch ein wesentlicher Punkt zu beachten, nämlich die Öffnung des Diffusionsspalt, durch den die Luft in den Dampfstrahl hineindiffundiert. Wie zuerst GAEDE gezeigt hat, ist die Voraussetzung für die Tätigkeit der Diffusionspumpe, daß die Breite des Diffusionsspalt die gleiche Größenordnung hat wie die freie Weglänge der Luftteilchen, die weggepumpt

¹⁾ W. MOLTHAN, Die Ausbreitung eines Dampfstromes im Vakuum usw. Zeitschr. f. techn. Phys. 1926, S. 456.

werden sollen. Als Faustregel wird angegeben, daß die Breite dieses Spaltes in Millimetern gemessen, mit dem Gasdruck in Millimetern Quecksilbersäule multipliziert, etwa $\frac{1}{4}$ ergeben muß. Da bei den technischen Diffusionspumpen die Breite des Spaltes durchschnittlich zu etwa 3 mm gewählt wird, so ergibt sich daraus ein erforderliches Vorvakuum von $\frac{1}{10}$ mm Quecksilberdruck. Bei einem geringeren Druck des Vorvakuums,

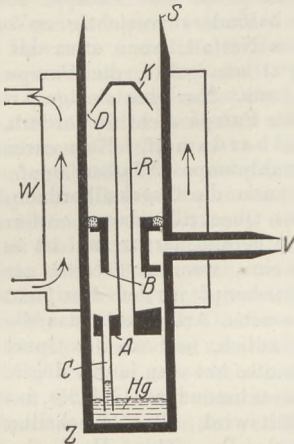


Fig. 3. Einstufige Diffusionspumpe aus Stahl, schematisch dargestellt.

beispielsweise bei einem Druck von 10 mm, vermag die Pumpe nicht durch Diffusion zu arbeiten, dagegen möglicherweise bei geeigneter Ausbildung der Düse als Strahlpumpe. So ist es auch möglich, wie es zuerst GAEDE getan hat, in einer Pumpe mehrere Düsen in Reihe zu schalten, von denen die eine stets das Vorvakuum für die nächste liefert, bis die letzte Düse als reine Diffusionsdüse zu arbeiten vermag.

Die Wirkungsweise einer technischen Diffusionspumpe, beispielsweise aus Stahl, geht im einzelnen aus der schematischen Fig. 3 hervor. Z ist ein zylindrisches, aus einem massiven Stück gebohrtes Rohr aus Stahl, das an seinem oberen Ende unmittelbar mit einem Normalschliff S zum Ansetzen des Rezipienten versehen ist. Im unteren Teil dieses Rohres befindet sich eine kleine Menge Quecksilber, die entweder durch eine Bunsenflamme oder auf elektrischem Wege zum Sieden gebracht wird. Einige Zentimeter darüber ist das Rohr Z durch ein Eisenstück A abgeschlossen. Dieses ist jedoch in der Mitte mit einem nach aufwärts führenden Rohr R versehen, in dem der Quecksilberdampf nach oben steigt, bis er an die Kappe K gelangt und in seiner Richtung umgekehrt wird. Ein zweiter Eisenkörper B schließt das eigentliche Hochvakuum gegen das Vorvakuum ab, das durch den Normalschliff V beispielsweise mittels einer Ölpumpe erzeugt wird. Durch einen Kühlmantel W, der von Wasser durchflossen wird, wird das obere Ende des Stahlrohres kalt gehalten, so daß der Quecksilberdampf fortlaufend kondensiert wird und in Tropfen in den Quecksilbervorrat zurückfällt.

Hierzu dient ein eisernes Röhrchen C, in dem das Quecksilber ein wenig höher stehen muß als im Siedegefaß, entsprechend dem Druck des Quecksilberdampfes im Gefäß Z. So findet ein beständiger Kreislauf des Quecksilberdampfes statt. Der eigentliche Pumpenvorgang tritt an der ringförmigen Düse D ein, jenem Spalt, der zwischen dem unteren Rand der Kappe K und der zylindrischen Wandung des Rohres gebildet wird.

In Wirklichkeit ist die Konstruktion der Pumpe ein wenig komplizierter. So wird das massive eiserne Rohr zwischen dem Heizgefäß und dem Kühlmantel auf geringere Wandstärke abgedreht, um zu verhindern, daß die Wärme unmittelbar vom unteren erhitzten Gefäß zum oberen Teil des Eisenrohrs überströmt. Die Dichtung der Körper A und B gegen die Zylinderwand geschieht selbsttätig durch kondensiertes Quecksilber.

In ähnlicher Weise wird die Diffusionspumpe auch mit zwei Stufen, nämlich für ein Vorvakuum von 8 mm Hg und mit drei Stufen für ein Vorvakuum von 20 mm Hg, hergestellt. Diese größte Pumpe ist in Fig. 4 im Schnitt dargestellt, wobei ebenfalls alle für den physikalischen Vorgang unwichtigen Teile weggelassen sind. Wir erkennen wieder das nach aufwärts führende Dampfrohr, an dem jetzt aber vor der eigentlichen Diffusionsdüse D_3 zwei Düsen D_1 und D_2 angebracht sind, die als Vorstufen dienen. Die Düse D_1 beginnt zu arbeiten, wenn das Vorvakuum im Raum A_1 mindestens 20 mm Hg beträgt; dadurch wird im Raum A_2 ein Vakuum

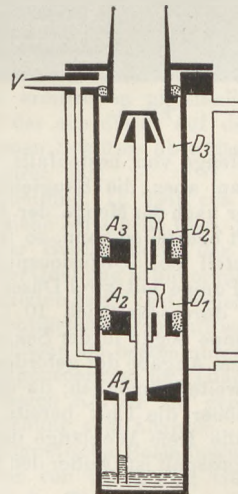


Fig. 4. Dreistufige Diffusionspumpe aus Stahl, schematisch.

von etwa 1 mm Hg erzeugt, so daß die Düse D_2 in Tätigkeit treten kann, die nun im Raum A_3 das eigentliche Vorvakuum für den Diffusionspalt, also etwa 0,1 mm Hg, erzeugt.

Die Überlegenheit der Diffusionspumpe vor allen früheren Arten von Pumpen ergibt sich am deutlichsten, wenn man die Sauggeschwindigkeit

keit dieser Pumpen feststellt. Die kleine etwa 1 kg schwere Pumpe, wie sie schematisch in Fig. 3 dargestellt wurde, die mit 8 ccm Quecksilber arbeitet, und für die eine kleine nicht brausende Bunsenflamme zur Heizung ausreicht, hat eine Saugleistung von 2,5 bis 3 l in der Sekunde, selbstverständlich bezogen auf die Luft des Rezipienten, die bereits stark verdünnt ist. Würde man die in einer Sekunde geförderte Luft auf Atmosphärendruck zusammenpressen, so würde

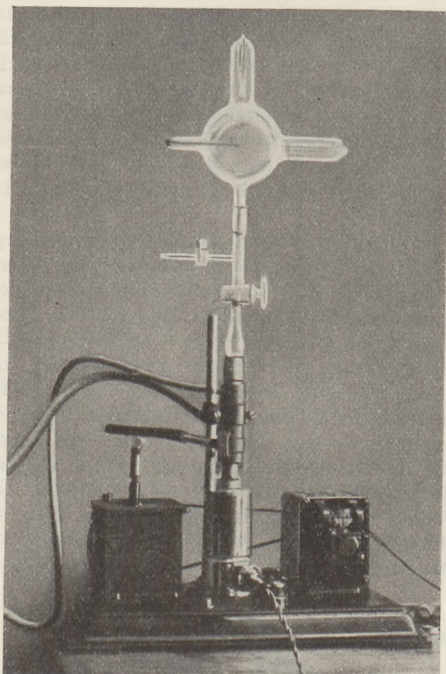


Fig. 5.

sich nur eine Menge von bestenfalls $\frac{1}{2}$ ccm ergeben. Da man aber die Saugleistung einer jeden Pumpe nur nach der Menge der geförderten verdünnten Luft beurteilen kann, so ist das nicht etwa ein Nachteil der Diffusionspumpe. Die etwas größere Pumpe mit zwei Düsen fördert in jeder Sekunde durchschnittlich 10 l, und die größte Stahlpumpe sogar in der Sekunde 15 bis 18 l. Eine genaue Angabe der geförderten Menge ist nicht ohne weiteres möglich, da diese um so größer ist, je höher die Luft bereits verdünnt, je größer also die freie Weglänge der Luftteilchen am Diffusionsspalt ist. Außer den Diffusions-

pumpen aus Stahl gibt es übrigens auch die kleineren Diffusionspumpen aus Glas und Quarz, die eine entsprechend geringere Sauggeschwindigkeit besitzen. Das Wesen des Pumpenvorgangs ist jedoch bei allen diesen Pumpen genau das gleiche.

Bei der Aufzählung der Vorzüge der Diffusionspumpe ist ein wichtiger Punkt noch nicht erwähnt, nämlich die Tatsache, daß diese Pumpe sämtliche Gase und Dämpfe absaugt, ohne daß man besonders vorsichtig zu sein braucht, da man im Notfall, wenn etwa das Quecksilber verschmutzt sein sollte, die Pumpe sehr leicht reinigen kann. Nur eine einzige Art von Dampf vermag die Pumpe nicht zu fördern, das ist der Quecksilberdampf. Ebenso wenig wie die Wasserstrahlpumpe Wasserdampf abzusaugen vermag, kann die Quecksilberdampf-Diffusionspumpe den Quecksilberdampf entfernen, und wie aus Fig. 2 bereits hervorgeht, ist es unvermeidlich, daß eine, wenn auch sehr geringe, Menge Quecksilberdampf in den Rezipienten gelangt. Bei den meisten Arbeiten ist das allerdings nicht weiter schädlich, und wo der Quecksilberdampf stören könnte, hat man ja die Möglichkeit, durch Aufsatz eines besonderen Gefäßes, das mit flüssiger Luft gefüllt wird, allen Quecksilberdampf, der etwa von der Pumpe ins Hochvakuum gelangt, auszufrieren.

Zum Schluß fragt es sich, ob derartige hauptsächlich für die Technik und für wissenschaftliche Laboratorien bestimmte Höchstleistungspumpen auch für den Schulunterricht von Wert sind. Es erscheint kaum zweifelhaft, daß in nicht zu ferner Zeit die Diffusionspumpe auch in den physikalischen Lehrbüchern ihren Platz finden wird. Abgesehen davon kann man aber mit der Diffusionspumpe zahlreiche Versuche mühelos ausführen, die auf anderem Wege entweder überhaupt nicht oder nur nach umständlicher Vorbereitung und unter Aufwendung großer Geschicklichkeit gezeigt werden können. Für die Luftpumpenversuche der Mechanik braucht man allerdings keine Diffusionspumpe. Geht man aber auf das interessante Gebiet der Gasentladungen näher ein, beschäftigt man sich mit Kathodenstrahlen, Lenardstrahlen, Strahlungsdruck, mit Oxydkathodenröhren u. dgl., so ist die Diffusionspumpe das eleganteste und wegen ihrer hohen Sauggeschwindigkeit auch das sicherste Hilfsmittel¹⁾

¹⁾ General-Lizenzträgerin der GAEDÉ-Patente ist die Firma E. Leybolds Nachf. A.G., Köln.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Herausgegeben von der Schriftleitung der Naturwissenschaften. IV. Band. Mit 62 Abbildungen und 1 Tafel. 242 Seiten. Berlin 1925, Verlag Julius Springer. RM 15.—, geb. RM 16.50.

Der vorliegende Band enthält 8 Berichte aus den verschiedensten, heute im Vordergrund der

exakt naturwissenschaftlichen Forschung stehenden Gebiete.

1. In der Abhandlung „Die kleinen Planeten“ berichtet G. STRACKE, Berlin-Dahlem, nach einem kurzen historischen Überblick über die beobachtende und rechnerische Tätigkeit der Observatorien und astronomischen Recheninstitute, über

die optischen und geometrischen Größenverhältnisse, die Verteilung der Planeten im Ring, die Verteilung der Bahnelemente, die Charakteristika der ungewöhnlichen Bahnen und die Hypothesen ihres Ursprungs.

2. Die Theorie der Isostasie, ihre Entwicklung und ihre Ergebnisse von A. PREY, Prag.

In dieser etwa 40 Seiten umfassenden Abhandlung werden die Triangulierungen des großen indischen Bogens durch EVEREST und später durch PRATT und die Vermessungen in den Vereinigten Staaten durch HAYFORD und die sich daraus ergebenden Lotabweichungen dargestellt, die im Verein mit den Untersuchungen HELMERTS über die Schwereverhältnisse den Gedanken an einen Ausgleich zwischen den sichtbaren und unsichtbaren Massenunregelmäßigkeiten nahelegte.

„Wir haben alle Ursache anzunehmen, daß die Massen im Erdinnern im Zustande einer gewissen Plastizität sind, derart, daß sich alle Druckunterschiede mit der Zeit ausgleichen und sich ein hydrostatisches Gleichgewicht herstellt. Es fallen dann die Flächen gleicher Dichte mit den sogenannten Äquipotentialflächen zusammen. Die obersten Schichten der Erde gehorchen aber offenbar nicht diesem Gesetz. Wir finden hier ein wirres Durcheinander von Massen der verschiedensten Dichten und Formen. Wenn wir also von innen nach außen gehen, so werden wir unbedingt eine Äquipotentialfläche finden müssen, welche die letzte ist, welche noch dem hydrostatischen Gleichgewicht entspricht. Sie muß die Eigenschaft besitzen, daß auf jeder ihrer Flächeneinheiten der gleiche Druck lastet. Die Hypothese, welche nun im Sinne einer vollständigen Kompensation der äußeren Massenunregelmäßigkeiten eingeführt wird, besteht darin, daß der Druck auf jeder Flächeneinheit der genannten Potentialfläche nur von den senkrecht darüberliegenden Massen herrührt, und daß daher das Gewicht aller dieser Massensäulen über die ganze Erde konstant sein muß. Diesen Zustand des Gleichgewichtes der Massen nennt man Isostasie und die Äquipotentialfläche, auf die wir uns die ganzen Massenunregelmäßigkeiten aufgelegt denken, heißt die Ausgleichsfläche.“

Den Schluß der Abhandlung bilden Darstellung und Kritik der Hypothese von PRATT und derjenigen von AIRY.

3. Der empirische Zeitbegriff von A. v. BRUNN, Danzig-Langfuhr.

Dieser auch für Lehrer der Geographie und der Naturwissenschaften an höheren Schulen äußerst interessante Artikel deckt die Schwierigkeiten auf, die einer empirischen Festlegung des Zeitbegriffs der klassischen Mechanik entgegenstehen. Die Uhr kommt hierfür nicht in Betracht, weil sie nur zur Überbrückung kurzer Zeitintervalle brauchbar und unentbehrlich ist. Die empirische Zeitdefinition baut sich vielmehr auf „die Tatsache der Rotation der Erde und ihres Umlaufs um die Sonne auf“. Verf. zeigt ausführlich, obgleich dieser Gedanke zwar leicht zu konzipieren ist, daß er aber nur mit großen Schwierigkeiten bis zu den letzten Konsequenzen

durchzuführen ist. Auch die Stellung des Verf. zur Relativitätslehre verdient Beachtung.

4. Die Oxydkathoden und ihre praktischen Anwendungen von A. WEHNELT, Berlin.

Der Aufsatz gibt einen vorzüglichen Überblick über die bisher von WEHNELT und seinen Schülern veröffentlichten zahlreichen Arbeiten über die Oxydkathoden und deren praktische Anwendungen. Die Arbeit ist in 5 Abschnitte eingeteilt.

a) Zur Geschichte der Entdeckung der Elektronenemission der glühenden Erdalkalimetalle,

b) Elektronenemission der Oxydkathoden im äußersten Vakuum,

c) Vorgänge an Oxydkathoden in Gasen niederen Drucks,

d) Erzeugung starker Ströme in Entladungsröhren bei niedrigen Gasdrücken mit Hilfe von Oxydkathoden und damit zusammenhängenden Erscheinungen und

e) Verwendung der Oxydkathoden in Gleichrichtern (WEHNELT-Patent vom 15. Januar 1904).

Die Erscheinungen, die WEHNELT und seine Schüler gefunden haben, sind unabhängig von der Zeitfolge, in der die Arbeiten veröffentlicht wurden, beschrieben und entsprechend der Einteilung der Arbeit an den verschiedensten Stellen verwendet.

5. Die Gittertheorie der festen Körper von G. HECKMANN, Göttingen.

In den ersten vier Kapiteln wird über die Theorien der physikalischen Eigenschaften fester Körper berichtet, mit Ausnahme derjenigen, über die keine befriedigenden Theorien vorliegen (Umwandlungen, Wärmeleitung, elektrische Leitfähigkeit, Lichtabsorption). Im 5. Kapitel ist dargestellt, was man unter Voraussetzung der experimentell ermittelten physikalischen Eigenschaften und der aus diesen auf die Elementarkräfte gezogenen Schlüsse über den Aufbau der Kristalle erfahren hat.

6. Die Quellung, II. Teil von J. R. KATZ, Amsterdam (siehe Zeitschrift 1925, 1. Heft, S. 47).

Neben der Beschreibung der vorhandenen Ergebnisse über Quellung in unvermischten organischen Flüssigkeiten zeigt Verf. welche neuen Tatsachen am wichtigsten wären, mit welchen Methoden diese Probleme am besten untersucht werden könnten (Röntgenspektren und Diagramme), und welche quellbaren Körper am geeignetsten für diese Untersuchung sein könnten.

7. Die magnetische Beeinflussung der Resonanzfluoreszenz von W. HANLE, Göttingen, gibt einen umfassenden Überblick über die in Betracht kommenden Erscheinungen und Messungen.

8. Unsere Kenntnis über die Bewegungsformen im Dreikörperproblem von ELIS STRÖMGREN, Kopenhagen.

Die Arbeit enthält eine zusammenfassende zeichnerische Darstellung sämtlicher Hauptresultate von Untersuchungen des Verf. über die Bewegungsformen im Dreikörperproblem. Die Originalzeichnung ist für das Deutsche Museum in München angefertigt worden. Eine verkleinerte

Zeichnung, die dem Aufsatz beigegeben ist, enthält alle wesentlichen Details der Originalzeichnung. *A. Semiller.*

Der Neutrodyne-Empfänger. Von O. SCHÖPFELIN u. C. EICHELBERGER, Elektroingenieure. 94 S., m. 120 Textabb. (9. Band der Bibliothek des Radio-Amateurs.) Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Preis RM 3.—.

Das vornehmlich für Funkbastler bestimmte Bändchen bringt im I. Teil in leichtverständlicher Weise und völlig ausreichender Breite die Ursachen der Schwingungserzeugung und ihre Behebung sowohl durch Unterdrückung als auch durch Vermeidung (Neutralisierung) nach HAZELTINE, SCOTT-TAGGART, COWPER und die Neutralisierung durch Dreipunktschaltung.

Das Bändchen wird auch für Fachlehrer der Physik insofern wertvoll sein, als es im II. Teil praktisch ausgeführte Neutrodyne-Empfänger an Hand vorzüglicher Abbildungen, die einen Selbstbau ohne weiteres gestatten, bringt und damit den für die meisten Schulen notwendigen Fernempfang ermöglicht. Auch die theoretischen und praktischen Grundlagen für die Wicklung von Spulen und die Herstellung von Hochfrequenztransformatoren dürften für Lehrer und Schüler zur Erzielung guter Ergebnisse von Nutzen sein.

A. Semiller.

„Tage der Technik“ 1927. Technisch-historischer Abreißkalender von Dr. ing. h. c. F. M. FELDHAUS. München 1927, R. Oldenbourg. 365 Blatt, 365 Abbildungen. RM 5.—.

Das Lob, das diesem Kalender im vorigen Jahre gezollt wurde, vgl. diese Zeitschr. 39. 43. 1926, gilt auch der neuen Ausgabe. Eine Reihe verbreiteter Irrtümer wird an der Hand von Bildern, die der Verfasser gesammelt hat, berichtigt, manche Erfindung vor dem angeblichen Erfindungsjahr nachgewiesen. Mehrfach werden Bilder, die sich gegenseitig ergänzen oder erläutern, an Tagen, die aufeinander folgen, gebracht. Mehrere rätselhafte Bilder werden mit der Frage versehen, ob jemand eine Deutung geben kann. Einen Beitrag hat auch eine Benutzerin des vorjährigen Kalenders beigegeben. Scherzhafte und Zerrbilder geben Kunde von dem Erstaunen und Mißverstehen der Zeitgenossen, sagen aber auch manchmal treffender, als der Zeichner ahnen konnte, Späteres voraus. Auch die Zitate bergen manche Überraschung und manche Anregung zum Nachdenken. Es ist gewiß, daß der Kalender vielen eine willkommene Gabe sein wird. *W. Vn.*

Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung von E. MACH. 5. mit der 4. übereinstimmende Auflage. Mit 35 Abbildungen im Text. Leipzig 1926, Joh. Ambr. Barth. Brosch. RM 12.—, geb. RM 14.70. XI+476 S.

Das Werk, das der Verfasser in der ersten (1905) und der nicht wesentlich von dieser verschiedenen zweiten Auflage (1906) selbst bearbeitet hat, ist nach dem am 19. II. 1916 erfolgten Hinscheiden MACHS zum 3. Male — fast ohne wesent-

liche Veränderungen — erschienen. Inhalt und Form sind dieselben geblieben, wie MACH sie geschaffen.

Trotz der grundstürzenden Fortschritte, die die moderne Naturerkenntnis und -erklärung gemacht hat, trotzdem MACH nirgends im einzelnen diese Fortschritte besonders als Gegenstand seiner Untersuchungen anführt — wohl auch nicht anführen konnte —, behält das Werk bleibenden Wert. Der Naturwissenschaftler — auch der modernster Richtung — wird von ihm Kenntnis nehmen und sich mit ihm auseinandersetzen müssen, wenn anders er über die einfach physikalische Problemstellung und -erklärung hinaus vordringen will zu den die Naturerkenntnis in ihrer Gesamtheit öffnenden und fördernden Fundamental- und Elementartatsachen, zur Erforschung und Umgrenzung des Geltungsbereichs der Naturgesetze überhaupt. Immer wird der Gang des Gedankenablaufs sein, wie MACH (S. 453) ihn skizziert: „Die Naturgesetze sind nach unserer Auffassung ein Erzeugnis unseres psychologischen Bedürfnisses, uns in der Natur zurecht zu finden, den Vorgängen nicht fremd und verwirrt gegenüber zu stehen. Dies kommt in den Motiven dieser Gesetze, welche stets diesem Bedürfnis, aber auch dem jeweiligen Kulturzustand entsprechen, deutlich zum Ausdruck. Mythologisch, dämonologisch, poetisch sind die ersten rohen Orientierungsversuche. In der Zeit des Neuaufschwungs der Naturwissenschaften, in der Periode KOPERNIKUS-GALILEI, welche nach einer überwiegend qualitativen, vorläufigen Orientierung strebt, ist Leichtigkeit, Einfachheit und Schönheit das leitende Motiv bei Aufsuchung der Regeln zur gedanklichen Rekonstruktion des Tatsächlichen. Die genauere quantitative Forschung zielt auf möglichst vollständige Bestimmtheit, auf eindeutige Bestimmtheit, wie sich dies schon in der älteren Entwicklungsgeschichte der Mechanik äußert. Häufen sich dann die Einzelerkenntnisse, so macht sich das Bedürfnis nach Verminderung der psychischen Austragung, nach Ökonomie, Kontinuität, Beständigkeit, möglichst allgemeiner Anwendbarkeit und Brauchbarkeit der aufgestellten Regeln mächtig geltend. Es genügt, auf die spätere Entwicklungsgeschichte der Mechanik und eines jeden weiter fortgeschrittenen Teiles der Physik hinzuweisen.“ —

Die Bedeutung MACHS für unsere Zeitschrift wird es rechtfertigen, wenn ich die Anzeige der ersten Auflage von „Erkenntnis und Irrtum“, die POSKE selbst, ein glühender Anhänger und Verfechter von MACHS Gedankengängen, dem Werke mitgegeben hat (1906, Heft 1, S. 49), gekürzt wiederhole, was m. E. für beide Männer ziemlich ist: „Wir nehmen dieses schöne Werk, das der verehrte Mann seiner von Krankheit stark beeinflussten Muse abgewonnen hat, mit dem Gefühl innigen Dankes entgegen. Es ist die reife Frucht langjähriger Nachdenkens über die Methode der Naturforschung, und wenn auch schon frühere seiner Schriften diesem Problem nachgegangen sind, so haben wir doch nun-

mehr die geklärteste und vollkommenste Darstellung des Gegenstandes vor uns“. . . . In einer Reihe fesselnd geschriebener Kapitel — „Über Gedankenexperimente“ — „Das physische Experiment und dessen Leitmotive“ — „Die Hypothese“ — „Das Problem“ — „Die Voraussetzungen der Forschung“ — „Beispiele von Forschungswegen“ — „Deduktion und Induktion in psychologischer Beleuchtung“ — setzt der Verfasser das Verfahren der Naturforschung auseinander und kommt zu dem Schluß (S. 314), daß es sich um einen recht komplizierten Prozeß handelt, der vor allem kein rein logischer ist, sondern bei dem der Abstraktion und der Phantasietätigkeit die Hauptarbeit zufällt. Mit zutreffenden Gründen weist er den Mißbrauch zurück, der mit dem Worte Induktion getrieben wird, und erklärt die Bezeichnung der Naturwissenschaften als induktive Wissenschaften für ungerechtfertigt. . . . Die Bedeutung des Buches wächst aber weit über den Rahmen einer Methodologie der Naturwissenschaft hinaus dadurch, daß die Untersuchungen auch verknüpft sind mit Problemen, die das gesamte geistige Leben betreffen, wie schon die eine Überschrift „Die Entwicklung der Individualität in der natürlichen und kulturellen Umgebung“ erkennen läßt, und daß es solcherart die Arbeit der Wissenschaft in Beziehung setzt zu den allgemeinsten und höchsten Kulturaufgaben. Wir unsererseits wollen nicht unterlassen, zu bekennen, daß durch das Buch auch dem naturwissenschaftlichen und speziell dem physikalischen Unterricht die willkommenste Förderung zuteil wird, insofern die Einführung in die Wege der Erkenntnisgewinnung zu den wichtigsten Aufgaben dieses Unterrichtes gehört.“

Ich füge hinzu: Das sorgfältig zusammengestellte Sachverzeichnis und Namenregister erleichtern eine schnelle und sichere Orientierung auch über Einzelheiten.
K. M.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie für den Unterricht an höheren Lehranstalten und zum Selbststudium. Von Dr. O. GALL. 1. Teil: Untersekunda. Frankfurt a. M. 1926, M. Diesterweg. Preis RM 3.20.

Das vorliegende Buch gehört zu den vom Verlag Diesterweg neu herausgebrachten naturwissenschaftlichen Lehrbüchern für höhere Schulen. Es hält sich naturgemäß an die „Richtlinien“ und behandelt den dort für Untersekunda vorgeschlagenen Stoff in übersichtlicher Anordnung. Der Verf. unterscheidet folgende 10 in sich geschlossene Kapitel: Einleitung (Grundbegriffe), Luft, Wasserstoff und Wasser, Kalk und Baumaterialien, Schwefel, Kohlenstoff, Eisen, Kochsalz und verwandte Stoffe, Stickstoff, Aluminium. Die ersten Kapitel sind methodisch angeordnet und machen den Leser zwanglos mit den wichtigsten Begriffen der Chemie bekannt. Ganz allmählich geht der Verf. aber zu einer mehr systematischen Besprechung der angegebenen Elemente über, wobei nur hin und wieder einzelne Abschnitte allgemeineren Inhalts ein-

geschoben werden. Auf diese Weise werden die Schwierigkeiten vermieden, die mit einem rein methodisch angeordneten Lehrbuch immer verbunden sind, daß es nur dann für den Schüler brauchbar ist, wenn der Lehrer den vorgeschlagenen Unterrichtsgang innehält.

Besonders hervorzuheben sind die klaren Abbildungen, die ausführliche und leicht verständliche Darstellung, zwei ausgezeichnete bunte Tafeln mit Mineralien, ganz allgemein die gute Ausstattung des Buches. Die in Schülerübungen ausführbaren Versuche sind durch einen Stern im Text gekennzeichnet. Die Geschichte der Chemie wird dadurch stark berücksichtigt, daß die ersten Abschnitte nach historischen Gesichtspunkten angeordnet und geschichtliche Bemerkungen an zahlreichen Stellen eingefügt worden sind. Das Buch bringt außerdem fünf berühmte Chemiker im Bilde (SCHEELÉ, LAVOISIER, DALTON, BERZELIUS, LIEBIG). Neben der Geschichte findet die chemische Technologie, erläutert durch Bilder, Figuren, statistische Angaben und graphische Darstellungen einen breiten Raum.

Die Behandlung der Kristallographie und die Einteilung der Kristallformen nach Symmetriegruppen, die im Schlußkapitel angedeutet werden, kommen wohl für die Untersekunda nur in seltenen Fällen in Frage. Der dargebotene Stoff ist recht umfangreich, so daß Vollanstalten mit wenig Chemieunterricht (Realprogymnasien, Oberlyzeen u. ä.) bei geringer Erweiterung des organischen Teils dieses Buch ebenfalls werden benutzen können.

Das Werk bereichert unsere Schulbuchliteratur für Chemie in äußerst wertvoller Weise. Es kann sehr warm empfohlen werden, und seine weite Verbreitung liegt im Interesse einer neuzeitlichen Ausgestaltung unseres Chemieunterrichts.
Mth.

Anorganische Präparate. Anleitung zur Herstellung anorganischer chemischer Präparate für Unterrichtslaboratorien von Hochschulen, Akademien, Techniken und höheren Schulen. Von Prof. Dr. phil. GEORG BORNEMANN. Leipzig 1926. Verlag von Leopold Voss. Preis geb. RM 11.40.

An einer Anleitung zur Darstellung chemischer Präparate, die die Mitte hält zwischen den großen Handbüchern und den kleinen Zusammenstellungen von präparativen Arbeiten, z. B. von BLOCHMANN, ERDMANN, RÜST u. a., fehlte es bisher. Diese Lücke will das vorliegende Buch ausfüllen. Es beschreibt 225 Präparate, die fast durchweg ohne kostspielige oder verwickelte Hilfsmittel ausgeführt werden können; so kommen Vakuumdestillationen, Arbeiten bei der Temperatur der flüssigen Luft, aber auch elektrochemische Präparate nicht vor. Die Beschreibung der Darstellungsweisen ist, soweit sich nach einigen Stichproben beurteilen läßt, ausreichend und zuverlässig. In einer Tabelle sind die Präparate nach der Schwierigkeit ihrer Herstellung in drei Gruppen eingeteilt; in einer zweiten Übersicht sind sie nach der Art der chemischen Operationen

und Vorgänge wie Umkristallisieren, Destillieren, Oxydationen, Reduktionen, Salzbildungen. Salzzersetzungen, Halogenverbindungen geordnet. Auf diese Weise wird die Auswahl der Präparate nach didaktischen Gesichtspunkten erleichtert.

Der einleitende allgemeine Teil behandelt fast ausschließlich die praktischen Handgriffe und Arbeitsmethoden beim Präzipitieren, Filtrieren, Auswaschen, Umkristallisieren. Der Anfänger im präparativen Arbeiten wird daraus viel lernen können, obwohl die physikalisch-chemische Seite stark hinter der empirischen zurücktritt.

Wegen der Einfachheit der meisten Präparate

dürfte das Buch auch den Lehrern der Chemie an höheren Schulen eine willkommene Sammlung von präparativen Arbeiten für die chemischen Arbeitsgemeinschaften bieten. Neben anderen Untersuchungen ist nämlich die Herstellung von Präparaten in diesen Sonderkursen recht geeignet, manche chemischen Erscheinungen und Vorgänge zur Anschauung zu bringen und verständlich zu machen, die im normalen chemischen Unterricht und in den damit verbundenen Übungen übergangen werden müssen, weil die meisten präparativen Arbeiten mehrere zusammenhängende Arbeitstunden erfordern, die nur in den Arbeitsgemeinschaften zur Verfügung stehen. *Doerner.*

Vereine und Versammlungen.

Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

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

Bericht über das Jahr 1926.

Den Vorstand bildeten die Herren: PETZOLD, GIRKE, SPILLNER und TETZLAFF.

Sitzungen.

12. Januar: Herr KROHS spricht über das Thema: „Eine Lösung des Gravitationsrätsels“? Der Vortragende vertritt die Theorie DÜHRINGS, nach der die Schwerkraft durch die Strahlung der Sonne zu erklären sei, und verweist auf eine Schrift von Herrn KRANZ: „Die große Ordnung im Weltall“.

15. Februar: Gemeinschaftliche Sitzung der drei Berliner Ortsgruppen des deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Herr BIERBERBACH hält einen Vortrag: „Vom Wissenschaftsideal der Mathematiker“. Von der Persönlichkeit KLEINS ausgehend, schildert der Vortragende dessen Gegensatz zum Formalismus der Schule von WEIERSTRASS. Während KLEIN gelegentlich physikalische Tatsachen als Ersatz für mathematische Existenzbeweise benutzt, werden z. B. von SCHWARZ physikalische Vorgänge nur der äußeren Analogie wegen herangezogen. Bei den neueren Vertretern der formalistischen Richtung (z. B. bei HILBERT) gibt es nur Gedanken, die an sich nichts bedeuten, mit denen man nur operiert. In jüngster Zeit versucht der Intuitionismus, wie er von WEYL und BROUWER vertreten wird, eine Vereinigung des Formalen und Anschaulichen. Eine grundsätzliche Wertung der Anschauung zeigen die Schriften von HELMSLEV. Von besonderer Bedeutung ist die Einsicht, daß der Satz vom ausgeschlossenen Dritten nicht unter allen Umständen gültig ist. Im Zusammenhang der ganzen Entwicklung kann man KLEIN als den Romantiker des Intuitionismus bezeichnen.

16. März: Herr LAMLA spricht im Osram-Lichthaus über: „Physikalische und physiologische Probleme der Lichttechnik und ihre

Bedeutung für das tägliche Leben“. Nach einer Erläuterung der grundlegenden physikalischen Begriffe zeigt der Vortragende den Gebrauch eines Beleuchtungsmessers der Osram-Gesellschaft, der Messungen im Bereich von 0,3 bis 600 Lux gestattet, und bespricht die Konstruktion des Lichtverteilungskörpers. Ferner werden die verschiedenen Arten der Reflexion durch Versuche verdeutlicht. Weitere Versuche zeigen die Abhängigkeit unseres Urteils über Bewegungsvorgänge von der Beleuchtung, die Bedeutung der Blendung, die Wirksamkeit der Schatten und die Beeinflussung der Farbenwahrnehmung durch die Natur der Lichtquellen. An den durch zahlreiche Lichtbilder ergänzten Vortrag schließt sich eine Besichtigung des Osram-Lichthauses.

20. April: Herr MOELLER zeigt „Schauversuche mit kurzen Wellen“. Zur Demonstration von Wellen, mit denen man in einem Schulzimmer arbeiten kann, benutzt der Vortragende eine Senderöhre der Firma Huth, die für eine Leistung von 70 bis 90 Watt bei einer Spannung von 1500 Volt gebaut ist, aber bei 400 Volt noch 10 bis 12 Watt leistet. Zum Nachweis der Schwingungen dient ein 10-Volt-Lämpchen. Nach dem Vortrage wird ein Empfänger vorgeführt, der im Auftrage der Staatlichen Hauptstelle für den Empfang der deutschen Welle gebaut ist.

18. Mai: Herr F. F. MARTENS spricht im physikalischen Hörsaal der Handelshochschule über: „Schauversuche mit starken, mittel- und hochfrequenten Wechselströmen“. Die Besonderheiten des Ohmschen Widerstandes, des induktiven Widerstandes und des kapazitiven Widerstandes und ihre Einflüsse auf die Beziehungen zwischen Stromstärke und Spannung von Wechselströmen werden rechnerisch und graphisch erläutert. Um die charakteristischen Eigenschaften des Wechselstroms deutlich zu erkennen, muß man höhere Periodenzahlen als die üblichen 50 wählen. Der Vortragende benutzt für seine Versuche eine Wechselstrommaschine und auch eine Röhrenschaltung, bei der er Ströme von etwa 5000 Perioden erhält. Zur objektiven Demonstration wird ein Lautsprecher benutzt. Es

wird u. a. gezeigt, wie man mit Hilfe des Lautsprechers den QUINCKESchen Interferenzversuch bequem und exakt ausführen kann.

15. Juni: Herr HÖFLER (Wien) spricht über: „Das Flugwesen unter Berücksichtigung der Steuertechnik“ und gibt Anregungen, in welcher Form man die physikalischen Grundlagen des Flugwesens den Schülern unserer höheren Lehranstalten nahebringen könnte. Zur Demonstration benutzt er ein kleines von ihm konstruiertes Modell eines Eindeckers, das man zum Studium der Steuertechnik gut benutzen kann. Das Modell ist im Spielwarenhandel erhältlich.

17. August: Herr HANNER spricht über: „Die höhere Schule und das technische Studium“. Als Leiter des an der Technischen Hochschule Berlin neu eingerichteten Praktikantenamtes bespricht der Vortragende die Ziele und die Organisation der für die Studierenden der Technik verbindlichen praktischen Ausbildung und die besonderen Aufgaben des Praktikantenamtes. An den Vortrag schließt sich eine eingehende Aussprache.

14. September. Herr NEISS spricht über: „Schulversuche über Wechselstrom, Drehstrom und elektrische Schwingungen“. Der Vortragende zeigt, wie man unter Benutzung einer selbstgebauten Widerstandseinrichtung messende Versuche mit Drehstrom ausführen kann, und führt auch einige Demonstrationsversuche vor, z. B. die Abstoßungsversuche nach Elisha Thomson. Zu Versuchen mit Hertzischen Wellen wird ein Linearsender mit Löschfunkstrecke benutzt, dem eine Antenne mit Thermolement und Galvanometer gegenübersteht. Stehende Wellen werden an einer Seibtschen Spule nachgewiesen.

Die Sitzung am 16. Oktober war eine Gedenkfeier für das verstorbene Ehrenmitglied des Vereins F. POSKE. In der weisevoll geschmückten Aula des Askanischen Gymnasiums sprach Prof. Dr. METZNER über das genetische und das philosophische Prinzip im physikalischen Unterricht und faßte POSKES Lebenswerk dabei zusammen in eingehender Würdigung seiner auf das Vortragsthema bezüglichen Arbeiten. Prof. Dr. W. A. ROTH aus Braunschweig entwarf ein liebevolles Bild von dem Lehrer POSKE, der in sicherer Treue Freundschaft zu halten wußte. Mit den Gedächtnisreden wechselten ergreifende musikalische Darbietungen ab.

16. November: In einer durch die städtischen Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und den Verein gemeinsam einberufenen Sitzung spricht Herr HAHN-Hamburg über „Übungen und Übungsunterricht in Hamburg“. Der Vortragende erläutert die von GRIMSEHL begonnenen und in seinem Geiste entwickelten Formen des Übungsunterrichtes an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst. Außer der Methodik der Übungen werden auch organisatorische Fragen behandelt und einzelne Übungsgruppen aus der Optik, der Lehre von den harmonischen Schwingungen und der Elektrizität besprochen. Der Vortrag wird durch Lichtbilder und eine Ausstellung von Übungsgeräten der Firma Leybold ergänzt.

In der Sitzung am 12. Dezember führte Herr KRÖNCKE neue Versuche nach GEHRCKE und LAU über optische Erscheinungen an bewegten Bildern vor, ferner eine Reihe von Versuchen mit Hochvakuum-pumpen aus dem Gebiet der Elektronentheorie und der Lehre von der Strahlung.
Rudolf Gierke.

Korrespondenz.

Berichtigung zu der Mitteilung „Bestimmung der Kreiszahl π mit dem Elektrometer aus der Wechselstromkurve“ von P. WERNER in 39, 238; 1926. Der Effektivwert der Spannung ist irr-tümlicherweise mit $\frac{2V}{\pi}$ statt mit $\frac{V}{\sqrt{2}}$ angegeben.

Aus dem richtigen Werte folgt $w = \frac{1}{2}$. Daher ist die angegebene Meßweise zur Bestimmung von π ungeeignet.
J. Michels, Siegburg.

Am 7. Januar 1927 vollendete Prof. Richard Heyne in Berlin sein 75. Lebensjahr. Er stand in erster Reihe, als die „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“ ins Leben gerufen wurde, und hat seit Anfang daran mitgearbeitet. Schüler des Friedrich-Wilhelms-Gymnasiums in Berlin, gehört HEYNE zu den „Atomen“ des an derselben Anstalt eingerichteten

Seminars von KARL SCHELLBACH. Nachher wirkte er 40 Jahre am Falk-Realgymnasium in Berlin. Seine Verdienste um den Realschulmännerverein, um die Leitung der Veranstaltungen der Stadt Berlin zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, um die Lehrgänge der von ihm mit angeregten Staatlichen Hauptstelle und viele andere selbstlose und unermüdete Betätigungen haben ihm weite Kreise zu größtem Danke verpflichtet. Die Haupttat seines arbeitsreichen Lebens aber bleibt die im Januar 1882 durchgesetzte Gründung des „Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin“, des Vorbildes für alle übrigen Förderungsvereine. Nahezu 40 Jahre hat HEYNE den Vorsitz des Berliner Vereins geführt, und auch heute noch ist er für ihn tätig. Dem zielbewußten, eifrigen Vorkämpfer, dem prächtigen Menschen und urwüchsigen Berliner wünscht unsere Zeitschrift in herzlicher Dankbarkeit noch viele Lebensjahre in unveränderter Rüstigkeit.

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1927.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. 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.	Mai							Juni						
	0h	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30
♃	AR	1h 18m	1.51	2.27	3.7	3.51	4.36	5.22	6.3	6.41	7.12	7.38	7.58	8.10
	D	+5,7°	+9,4	+13,3	+17,1	+20,6	+23,3	+25,0	+25,5	+25,2	+24,1	+22,6	+20,8	+19,1
♄	AR	5h 2m	5.27	5.53	6.19	6.44	7.9	7.33	7.57	8.19	8.41	9.3	9.23	9.42
	D	+24,5°	+25,2	+25,6	+25,6	+25,4	+24,9	+24,2	+23,2	+22,0	+20,5	+18,9	+17,2	+15,3
♅	AR	2h 29m	2.48	3.7	3.27	3.47	4.7	4.27	4.48	5.8	5.29	5.50	6.11	6.31
	D	+14,7°	+16,2	+17,6	+18,8	+19,9	+20,9	+21,7	+22,4	+22,9	+23,3	+23,4	+23,4	+23,3
♁	AR	6h 36m	6.49	7.2	7.15	7.28	7.41	7.53	8.6	8.19	8.31	8.44	8.56	9.9
	D	+24,8°	+24,5	+24,2	+23,8	+23,4	+22,9	+22,3	+21,7	+21,0	+20,3	+19,5	+18,6	+17,7
♂	AR	23h 39m		23.46		23.52		23.58		0.4		0.8		0.11
	D	-3,5°		-2,7		-2,0		-1,4		-0,9		-0,5		-0,2
♆	AR	16h 19m				16.13				16.7				16.2
	D	-19,3°				-19,1				-18,8				-18,6

Δ = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp \lambda \cdot 0.657^s$.
 Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

Δ	14h	14.	15.	15.	15.	16.	16.	16.	17.	17.	17.	18.	18.
	31m 42s	51.25	11.8	30.50	50.33	10.16	29.59	49.42	9.24	29.7	48.50	8.33	28.15
Zeitgl.	-2m 48s	-3.21	-3.41	-3.47	-3.38	-3.16	-2.41	-1.55	-1.1	-0.1	+1.3	+2.8	+3.11

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. M. E. Z.

☉	Aufg.	4h 30m	4.20	4.11	4.3	3.56	3.50	3.45	3.41	3.38	3.37	3.37	3.38	3.40
	Unterg.	19h 25m	19.34	19.42	19.50	19.57	20.4	20.11	20.16	20.21	20.24	20.26	20.26	20.26

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. M. E. Z.

☾	Aufg.	4h 54m	8.2	13.41	19.25 (24.33)	2.18	4.13	9.6	14.49	20.42 (24.6)	1.21	4.28	
	Unterg.	19h 22m	0.30	3.1	4.18	7.25	14.0	21.5	0.24	1.52	3.39	9.2	15.57

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Mai 1. 12h 39.7m Mai 30. 21h 5.9m Juni 29. 6h 32.0m	Mai 8. 15h 27.1m Juni 7. 7h 48.7m	Mai 16. 19h 2.8m Juni 15. 8h 19.3m

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

I		II		III		IV	
Juni 1.	0h 57.9m E	Mai 22.	1h 8.6m E	Mai 18.	1h 21.3m A	Juni 24. 0h 28.2m A	
„ 24.	1h 9.0m E	Juni 16.	0h 53.0m A	„ 25.	2h 8.9m E		
		„ 23.	0h 45.0m E	Juni 30.	1h 20.2m A		

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

M. E. Z.	♃	♄	♅	♁	♂	♆
Mai 1.	—	D _a 19,8h U 23,0h	D _a 20,3h U 0,5h	A 3,3h D _m 3,5h	A 21,5h D _m 3,3h	
„ 11.	—	D _a 20,1h U 23,2h	D _a 20,7h U 0,2h	A 2,7h D _m 3,2h	A 20,8h D _m 3,0h	
„ 21.	—	D _a 20,4h U 23,4h	D _a 21,0h U 23,9h	A 2,1h D _m 2,9h	D _a 21,2h D _m 2,7h	
„ 31.	D _a 21,0h U 21,4h	D _a 20,6h U 23,5h	D _a 21,2h U 23,6h	A 1,5h D _m 2,8h	D _a 21,4h D _m 2,5h	
Juni 10.	D _a 21,2h U 22,2h	D _a 20,8h U 23,4h	D _a 21,4h U 23,2h	A 0,9h D _m 2,7h	D _a 21,5h D _m 2,5h	
„ 20.	D _a 21,3h U 21,9h	D _a 20,8h U 23,1h	D _a 21,4h U 22,8h	A 0,3h D _m 2,7h	D _a 21,6h U 2,5h	
„ 30.	D _a 21,3h U 21,5h	D _a 20,8h U 23,7h	D _a 21,4h U 22,4h	A 23,7h D _m 2,7h	D _a 21,6h U 1,9h	

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

W. Z. Venus in Konjunktion mit dem Mond Mai 4. 7h. Saturn in Opposition Mai 26. 15h. Merkur in Konjunktion mit dem Mond Mai 31. 22h. Venus in Konjunktion mit Mars, Venus 58° N Juni 9. 18h. Merkur in gr. östl. Elongation 25° 5' Juni 22. 11h. — Sommersolstitium: Juni 22. 10h 22m. — Totale Mondfinsternis: Juni 15., in Europa unsichtbar. — Totale Sonnenfinsternis: Juni 29. In Deutschland nach Sonnenaufgang sichtbar. Die Zone der Totalität durchquert England und Skandinavien in nordöstlicher Richtung. *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.