

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLII. Jahrgang.

1929.

Viertes Heft.

Hermann Hahn †

Am 19. April 1929 ist HERMANN HAHN in Berlin gestorben.

Zu seinem 70. Geburtstage 1927 hat unsere Zeitschrift im 2. Heft das Bild des nun Heimgegangenen und eine Würdigung seiner Tätigkeit veröffentlicht. An dieser Stelle seien nur wenige Bemerkungen hinzugefügt mit dem Vorbehalt, ein umfassenderes Lebensbild später zu entwerfen.

Unsere Zeitschrift nennt HERMANN HAHN zum ersten Male im 2. Jahrgange (1888/89), S. 151. Dort wird von dem Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin über seine Sitzung am 17. 12. 1888 berichtet: Herr HAHN teilte eine Methode mit, den Schwerpunkt durch Massenverschiebung zu bestimmen. Mit seinem ersten Beitrage für die Zeitschrift erscheint H. HAHN im 3. Jahrgange (1889/90); er bespricht die von H. MASER besorgte deutsche Ausgabe der Theorie des Potentials von E. MATTHEU (S. 305). Wieder berichten zwei Sitzungsnotizen des Berliner physikalischen Förderungsvereins (S. 54 und 214) von einem Vortrage HAHNs am 19. 8. 1889 über eine Ableitung des Torricellischen Ausflußtheorems aus der Bernoullischen Gleichung und über Ableitung der Strömungsgesetze im Anschluß an HELMS Elemente der Mechanik und mathematischen Physik, sowie von einem Referat, das er in der Sitzung am 17. 2. 90 über einige von ihm mit Seifenblasen angestellte Versuche erstattete.

Diese scheinbar geringfügigen Angaben lassen sich doch bedeutungsvoll auswerten. Der 1882 in Berlin von RICHARD HEYNE gegründete Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts war der Mittelpunkt der Bestrebungen, den Physikunterricht in der Schule auf eine früher kaum erhoffte Höhe zu führen. Hier betätigte sich der junge Lehrer an der Margaretenschule HERMANN HAHN unter den Augen der bewährten Führer. Man wurde auf ihn aufmerksam, und sogleich zog ihn F. POSKE zur Mitarbeit an seiner Zeitschrift heran, die mit Unterstützung des Vereins 1887 ins Leben getreten war.

H. HAHN hat 1920 selbst einige Bemerkungen niedergeschrieben, die in diesem Zusammenhange wiederholt zu werden verdienen. In seiner Schrift „Die Starre“ (Heft 4 der Mitteilungen der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht) heißt es auf S. 22: „Als ich von der Hochschule kam, sah ich verächtlich auf die eingeführten Lehrbücher herab; ich hielt sie für ganz rückständig. Mehr verwegen als erfolgreich führte ich den Begriff des Arbeitsvermögens schon in den Anfangsunterricht ein. Man schmäht oft die Berliner wegen ihrer überheblichen Anmaßung, aber an keinem Orte der Welt verlernt man so schnell die großen Worte, das Besserwissen und das Gefallen an eigenen Neuheiten. In dieser nüchternen, sachlichen Stadt erzieht der Umgang mit vielen überlegenen Fachgenossen zur Bescheidenheit und zum Anerkennen der Leistungen anderer. Unter dem Einfluß klügerer Physiklehrer und unter dem Druck der eigenen Erfahrungen schob ich bald in meinem Lehrgang den Begriff des Arbeitsvermögens weit hinaus, sicher zu weit. Am verhängsvollsten war aber für mich

die damals herrschende Ansicht, daß man die Lehre vom Gleichgewicht als einen Sonderfall der Bewegungslehre behandeln sollte. Später zwang mich das Verweben der Übungen mit dem übrigen Unterrichte dazu, die Mechanik fast ganz auf Versuche zu gründen, die Gleichgewichtslehre vor den beschleunigten Bewegungen durchzunehmen und nur die gleichförmige Bewegung mit dem Untersuchen der Gleichgewichtserscheinungen zu verbinden. Dabei erkannte ich reumütig, daß manche ältere, einst von mir zu Unrecht verachtete Lehrbücher an einigen Stellen Stoffanordnungen enthielten, die weit besser waren als meine und viele jetzt übliche.“

1902 erschien der Name HERMANN HAHN auf dem Titelblatt unserer Zeitschrift. F. POSKE hatte mit sicherer Hand zugegriffen, um diesen hervorragenden Mitarbeiter als Mitherausgeber zu gewinnen. Seitdem setzte HAHN unermüdlich und selbstlos seine beste Kraft ein, um diese Unterrichtszeitschrift zu fördern. Den Lesern HAHNScher Beiträge wird die Eigenart seines Stils kaum entgehen. HAHN hatte auf der Universität auch historische Studien getrieben, nicht nur als Liebhaber, sondern wirklich fachwissenschaftlich. Man kann ihn geradezu als historischen Hilfswissenschaftler bezeichnen. Und dieser alten Liebe ist er bis zum Lebensende treu geblieben. Die Schreibweise HAHNS läßt den Historiker deutlich erkennen. Charakteristisch für ihn war sein ständiges Zurückgehen bis auf die Ursprünge der zur Erörterung stehenden Fragen. Noch seine letzten Gutachten für unser Zeitschrift griffen auf die Geschichte der behandelten Probleme seit ihren Anfängen zurück.

Der physikalische Verein in Berlin hielt jahrzehntelang seine Sitzungen im Dorotheenstädtischen Realgymnasium ab. Dessen Direktor war B. SCHWALBE, Ehrenmitglied des Vereins und Mitgründer unserer Zeitschrift. Dieser „wirkungsgewaltige“ Mann erkannte HAHNS Bedeutung und berief ihn 1900 an seine Anstalt. Da SCHWALBE schon 1901 starb, war es HAHN nur 1 Jahr vergönnt, unter ihm zu arbeiten; aber diese kurze Zeit reichte aus, um HAHN Lebensaufgaben zu stellen.

Die von SCHWALBE vertretenen methodischen Grundsätze hatten ihn auf den Gedanken gebracht, die Home-Experiments der Engländer und Amerikaner und die expériences simples der Franzosen auch bei uns einzuführen (unsere Zeitschr. **10**, 108 und 186; 1897). Seinen Plan, die Gesamtheit dieser „Freihandversuche“ in einem Buche zusammenzustellen, konnte er nicht mehr ausführen. Da trat H. HAHN für ihn ein; er wollte unter Benutzung des Nachlasses von SCHWALBE die physikalischen Freihandversuche bearbeiten. Als sich zeigte, daß SCHWALBE keinerlei Handschrift angefertigt hatte, sondern nur einzelne Blätter mit knappen Notizen vorhanden waren, ging HAHN von Grund aus neu ans Werk. Es entstand eine Enzyklopädie der Freihandversuche, wie SCHWALBE sie in solchem Ausmaße wohl kaum geahnt hat. Drei starke Bände liegen gedruckt vor, durchsetzt mit historisch wichtigen Bemerkungen. Nun hat der Tod HAHN die Feder aus der Hand genommen, ehe die Sammlung vollendet war. Aber in der ihm eigenen weiten Voraussicht hat HAHN letztwillige Bestimmungen getroffen, die eine Beendigung der Arbeit ermöglichen.

SCHWALBE war 1890 für praktische Schülerübungen eingetreten. Was er geplant, führte HERMANN HAHN in einer Weise durch, die SCHWALBES Vorstellungen weit übertreffen. Das Handbuch für physikalische Schülerübungen von H. HAHN berücksichtigt die Weltliteratur über diesen Gegenstand und hat Weltbedeutung. Die Fertigstellung der 3. Auflage dieses Werkes war HAHNS letzte Arbeit; er hat die Vollendung noch erlebt. Für Weiterführung des Handbuches sind ebenfalls von HAHN selbst Verfügungen getroffen.

Vorbildlich bleibt auch HAHNS Einrichtung der Physikräume im Dorotheenstädtischen Realgymnasium.

Was der von uns Geschiedene durch sein Wort und Werk und Wesen in sehr viele Herzen geschrieben hat, wird bleiben; er lebt in uns durch seine ganze lebenswürdige und tüchtige Persönlichkeit, auch wenn fortan seine Name nicht mehr auf dem Titelblatt unserer Zeitschrift stehen wird.

H. Matthée.

Arbeitsbretter für Wärmeversuche.

(Zur Organisation physikalischer Übungen.)

Von E. Hiedemann in Köln¹.

In einer früheren Veröffentlichung² wurden an Hand mehrerer Beispiele aus der Mechanik die Vorteile der Vereinigung aller zu einem Versuch notwendigen Geräte und Materialien auf einem „Arbeitsbrett“ dargelegt. Es sollen nunmehr eine Reihe von Arbeitsbrettern für Wärmeversuche dargestellt werden. Gleichzeitig wird auf die Materialien aufmerksam gemacht, die sich für die einzelnen Versuche als besonders zweckmäßig bewährt haben.

Zunächst seien die Arbeitsbretter betrachtet, auf denen sich sämtliche Teile und Materialien auf einem Arbeitsbrett vereinigen ließen. Fig. 1 zeigt das Mischkalorimeter. Auf dem Arbeitsbrett sieht man Kalorimeter mit Rührer und Deckel, das Erhitzungsgefäß, sowie zwei Thermometer (das eine dient zur Messung der Temperaturerhöhung im Kalorimetergefäß, das andere wird mit einem Wattebausch in das Reagenzglas des Erhitzungsgefäßes gesteckt, um die Temperatur der erhitzten Materialien zu kontrollieren). Außerdem sind drei Pulverflaschen mit den Bestimmungskörpern: Kupfer- und Zinkstücke, sowie Glasperlen, ferner eine Flasche mit Watte zum Abschluß des Reagenzglases mit dem Kontrollthermometer zu erkennen.

Fig. 2 zeigt das ANDREWSche Kalorifer. Auf dem Arbeitsbrett ist das Kalorimeter befestigt, außerdem eine kleine Stange zum Halten des Kalorifers im Kalorimeter, das Kalorifer selbst, sowie zwei Flüssigkeitflaschen; die eine enthält die Bestimmungsflüssigkeit Anilin, die andere verdünnte Salzsäure zum Reinigen der durch Anilin verschmutzten Teile. Außerdem sieht man ein großes Becherglas zum Erhitzen des Kalorifers und zwei Trichter.

Fig. 3 stellt das Gewichtsdilatometer dar. Links sieht man das Evakuierungsgefäß zum Trocknen und Füllen der Dilatometer in einem Pertinaxrohr stehen, dahinter befindet sich ein Trichter, daneben drei Flüssigkeitflaschen mit den Bestimmungsflüssigkeiten Benzol und Aceton — die sich vorzüglich eignen, wenn man

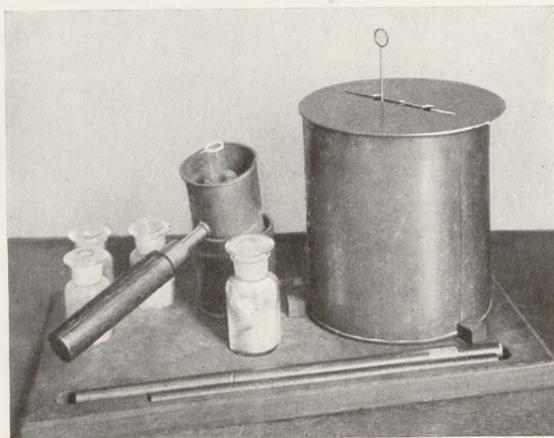


Fig. 1.

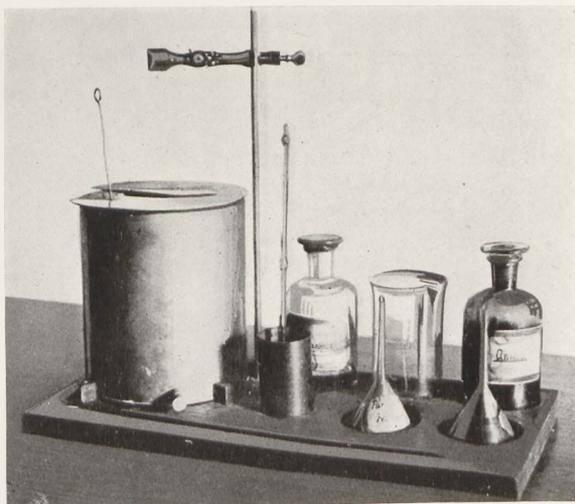


Fig. 2.

¹ Mit Photographien von cand. phil. F. HAACK in Köln. ² Diese Zeitschr. 40, 57; 1927.

sie nur bis 60° bzw. 50° erhitzt —, sowie mit destilliertem Wasser. Die Wasserflasche kann man jedoch in den meisten Fällen weglassen, sie wurde hier nur aus rein örtlichen Gründen angebracht. Vor den Flüssigkeitflaschen steht ein Glasrohr zur Aufnahme

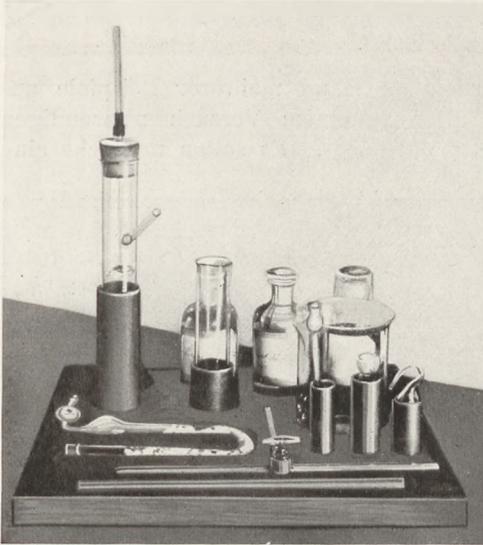


Fig. 3.

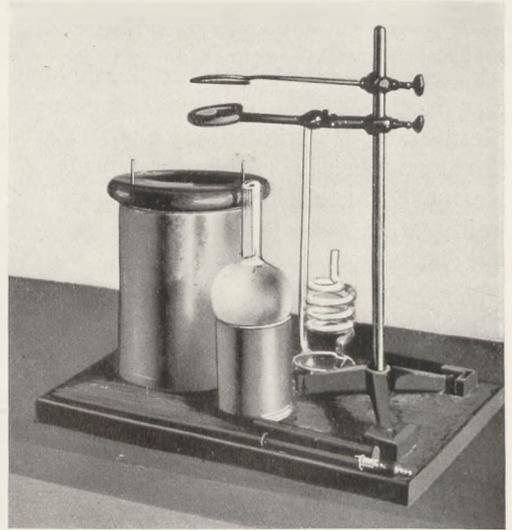


Fig. 4.

von Filtrierpapier, daneben ein großes Becherglas zum Erhitzen des Evakuierungsgefäßes. Vor dem Becherglas stehen drei verschiedene Dilatometer, daneben ein Chlorcalciumrohr; davor liegt ein Dreiweghahn und das benötigte Thermometer.

In Fig. 4 sieht man das BERTHELOTsche Kalorimeter zur Bestimmung der Verdampfungswärme von Wasser. Links steht das Kalorimetergefäß, daneben die beiden

Glasteile des BERTHELOT-Apparates, Verdampfungs- und

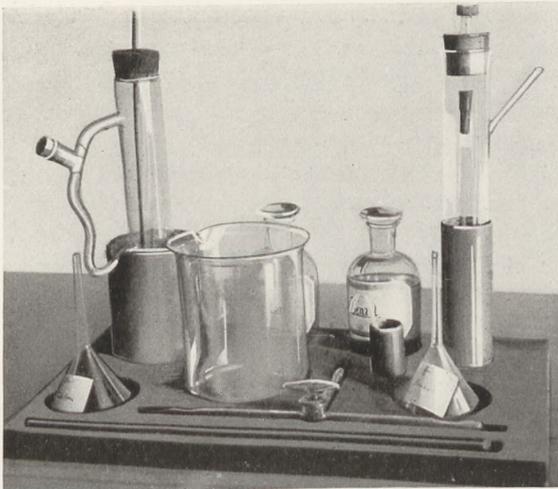


Fig. 5.



Fig. 6.

Kondensationsgefäß, sowie das Gestell mit Rundbrenner und Wärmeverteilungstück. Vorn ist wieder das Thermometer in der üblichen Rille zu sehen.

Fig. 5 ist das Arbeitsbrett zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten beim Siedepunkt (und zur Bestimmung des Molvolumens nach der Kopp'schen Formel). Hinten steht links das Siedegefäß in einem Pertinaxrohr, daneben

zwei Flaschen mit den Bestimmungsflüssigkeiten Aceton und Benzol, rechts das Evakuierungsgefäß zum Trocknen und Füllen des Siedepunkt-Pyknometers; davor das Siedepunkt-Pyknometer selbst und ein großes Becherglas zum Erhitzen. Außerdem sind noch ein Dreiweghahn, sowie Trichter für Benzol und Aceton zu erkennen.

In Fig. 6 sieht man ein DANIELL'sches Hygrometer auf einem Arbeitsbrett montiert, das vorn eine Glas-scheibe zum Schutze gegen die Atemfeuchtigkeit enthält. Hinter dem Hygrometer ist die Ätherflasche angeordnet.

Bei einer großen Zahl von Versuchen ist es nun nicht möglich, Apparat und Zubehör auf einem Brett anzubringen. Bei diesen zeigt es sich in den meisten Fällen zweckmäßig, wenigstens die kleinen Zubehörteile auf einem Brett zu vereinigen.

Fig. 7 zeigt z. B. das Strahlungskalorimeter. Hier steht das Kalorimeter neben dem zugehörigen Arbeitsbrett, auf dem man Strahlungsgefäß, Trichter, eine Flasche mit der Bestimmungsflüssigkeit Terpentinöl, Erhitzungsgefäß und Thermometer sieht.

Bei Fig. 8 sind die Teile zur Bestimmung des Dampfdruckdiagramms von Wasser auf einem Brett zu erkennen. Rechts hinten sieht man einen CLAISEN-Kolben, dessen auf der Photographie offener Kolbenhals beim Versuch mit einem Gummistopfen verschlossen wird, durch den eine sehr fein ausgezogene Kapillare bis zum Boden führt (auf diese bekannte Weise vermeidet man den Siedeverzug). Neben diesem Kolben steht ein Trichter, der zum Auffangen des Kühlwassers dient, das man mittels des vorn rechts erkennbaren kleinen Glasrohres über den Kondensationskolben — hinten links — laufen läßt. Außerdem ist noch ein T-Stück aus Glas vorhanden, das an einem Ende durch einen gewöhnlichen Glashahn abgeschlossen werden kann. Dieses T-Stück wird in die Zuleitung zur Wasserstrahlpumpe gelegt und der Druck im Siedekolben durch mehr oder weniger großes Öffnen des Hahnes geregelt. Vorn liegt wieder in einer Rille das zugehörige Thermo-

meter. Zu diesen auf dem Arbeitsbrett angebrachten Teilen gehört nun selbstverständlich noch ein großes Quecksilbermanometer, das aber nicht mitphotographiert wurde.

Fig. 9 zeigt die Montage des Kalorimeters von PARR zur Bestimmung von Verbrennungswärmen auf zwei Arbeitsbrettern. Auf dem einen sieht man Kalorimeter



Fig. 7.

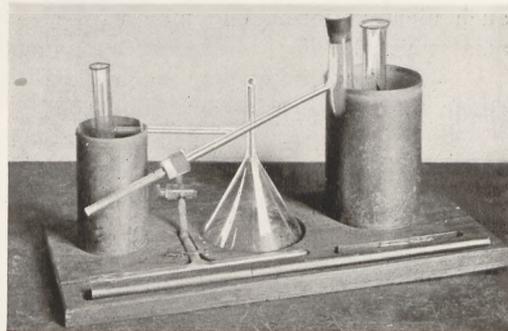


Fig. 8.

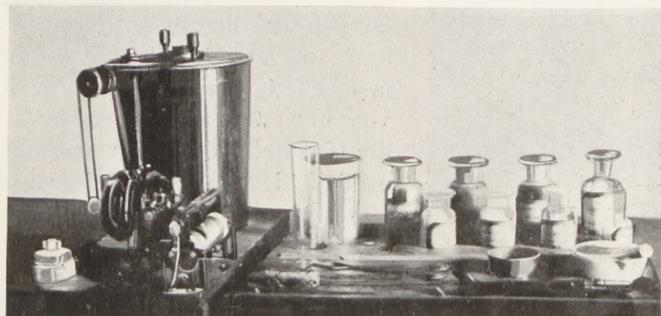


Fig. 9.

mit motorgetriebenem Rührwerk, Regulierwiderstand und Schalter. Auf dem anderen Brett sind alle übrigen Teile vereinigt. Die Beschreibung der einzelnen Teile dürfte hier zu weit führen, es sei nur darauf aufmerksam gemacht, wie wertvoll gerade bei solchen Versuchen, wo mehr als 20 Teile zu einem Versuch gehören, die Benutzung eines Arbeitsbrettes ist.

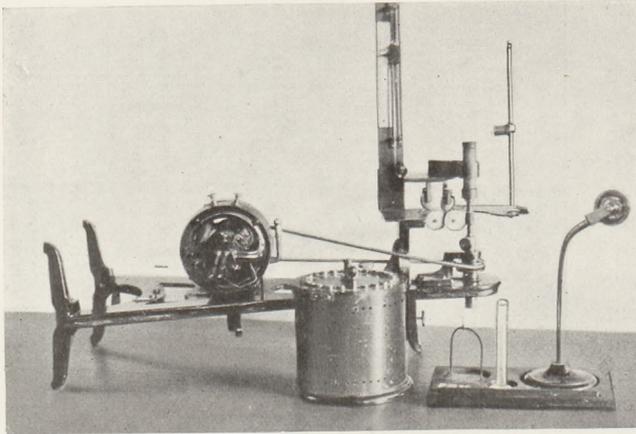


Fig. 10.

Fig. 10 zeigt die Zusammenstellung für die Bestimmung des Arbeitwertes der Wärmeinheit. Links hinten der Apparat, ebenfalls einzeln der zu schwere Regulierwiderstand, rechts nur ein kleines Arbeitsbrett mit dem kleinen Zubehör. Dieses Bild soll darauf aufmerksam machen, daß man den Gedanken des Arbeitsbrettes nicht übertreiben darf, sondern daß man nur kleinere und

leichtere Teile auf einem Brett anordnet. Die großen und schweren Teile werden ja auch nicht verloren, und man wird sie auch kaum jemals übersehen. Bei diesen ist also gar nicht die Befestigung auf einem Arbeitsbrett nützlich oder notwendig.

Manchmal kann man auch die Einzelteile eines Versuches ohne Arbeitsbrett zu einem Ganzen vereinigen; man könnte dies ein „natürliches Arbeitsbrett“ nennen.

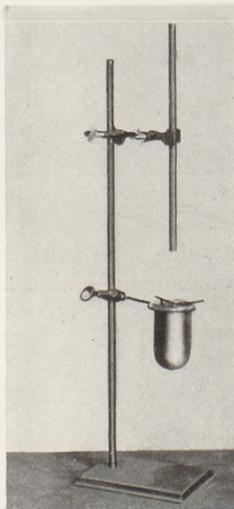


Fig. 11.

Fig. 11 zeigt das Beispiel eines solchen. Es handelt sich um die Bestimmung der Erstarrungskurve einer Legierung. Das Schmelzgefäß ist an einem Gestell befestigt, eine Gestellklammer ist für das Aufhängen des Thermometers während des Versuches nötig. Diese kann man nun dazu benutzen, um daran das Thermometer in seiner Hülse zu befestigen, wie das Bild zeigt. Dann ist das Gestell ein „natürliches Arbeitsbrett“, auf dem alle Teile vereinigt sind. Bei diesem Versuch ist es übrigens völlig unzweckmäßig, als Thermometerflüssigkeit Öl zu verwenden, wie in der Literatur angegeben wird. Erstens wird im Gebrauch bei Übungen immer wieder das Öl entzündet, weil es über seinen Flammpunkt erhitzt wird, zweitens aber ist der Temperaturbereich aus demselben Grunde nach oben zu sehr beschränkt. Statt des Öls läßt der Verfasser Woodsches Metall als Thermometerflüssigkeit verwenden und das Thermometer erst oberhalb von etwa 90° eintauchen bzw. herausnehmen; dann hat man die Nachteile des Öls vermieden und trotzdem einen genügend großen Sicherheitskoeffizienten für das Thermometer. Bei über 100 Versuchen mit dieser Anordnung ist noch kein Thermometer beschädigt worden.

Die Erfahrungen, die mit diesen Arbeitsbrettern gemacht wurden, sind die denkbar günstigsten. Sie wurden schon früher (a. a. O.) mitgeteilt. Es mag hier nur auf die Möglichkeit hingewiesen werden, durch straffere Organisation der physikalischen Übungen mit gleich großem Ausbildungspersonal und gleich viel zur Verfügung stehendem Raum den bisherigen Umfang der physikalischen Übungen zu vergrößern. Dies wäre dann ein kleiner Schritt auf dem Wege zu einer umfassenderen experimentellen Vorbildung der Physiker und Physiklehrer. Die Notwendigkeit einer solchen wird ja heute immer mehr erkannt.

Mitteilung aus dem physikalischen Institut der Universität Köln.

Übungsmäßige Einführung der Begriffe des chemischen Gleichgewichts und der Massenwirkung.

Von Alfred Weis in Leipzig.

Gleichgewicht und Massenwirkung sind Begriffe, die im chemischen Unterricht zunehmend beachtet zu werden scheinen, wenn man die einschlägige Literatur verfolgt. In der Tat läßt sich mit ihrer Hilfe der Verlauf und die Möglichkeit der Beeinflussung so zahlreicher physikalischer, chemischer und physiologischer Vorgänge voraussagen, daß Verfasser den Wert beider Begriffe über den der viel häufiger behandelten Ionenlehre stellen möchte. Ob es sich um die Vorgänge zwischen verschiedenen Aggregatzuständen desselben Stoffes handelt, um die Entstehungsprodukte im Stuben- oder im Hochofen, um die vorteilhafteste Art des Kalkbrennens, den Betrieb des Gasgenerators, die Gewinnung des Luftstickstoffs oder die Ionenreaktionen, ob es gilt, den Einfluß der Kohlendioxydkonzentration auf die Assimilation der Pflanzen oder auf den Gaswechsel des Blutes, den Abbau der Stärke im keimenden Samen oder den Stillstand der Alkoholgärung zu verstehen, — die oben genannten Begriffe geben dem Schüler immer wieder anwendbare Arbeitshypothesen an die Hand und helfen so, in der Fülle des auf eine unzureichende Stundenzahl zusammengedrängten Unterrichtsstoffes ein Prinzip zu erkennen, unter dessen Führung der Schüler zu einer Ahnung von der Einheitlichkeit des behandelten Unterrichtsgebietes kommen kann.

Leider erscheinen die Versuche, die zur Einführung der oben genannten Gesetze zur Verfügung stehen, noch in mancher Hinsicht unzusammenhängend und unvollkommen. Der historische Weg, von der Esterbildung auszugehen, erscheint praktisch zu schwer gangbar, auch steht die organische Chemie lehrplanmäßig am Ende des Lehrgangs. Die thermische Dissoziation gasförmiger Verbindungen, etwa des klassischen Jodwasserstoffs, zum Ausgangspunkt zu nehmen, stellt ebenfalls hohe Anforderungen an die Ausrüstung einer Schule. Außerdem läßt sich gegen diese Art des Vorgehens einwenden, daß es für einen kritischen Kopf unbefriedigend sein dürfte, ein Gesetz aus der Untersuchung eines chemischen Stoffes abgeleitet zu sehen, der erst zu diesem Zwecke im Unterricht behandelt wird, von dem aus der Lehrer aber nachher die Allgemeingültigkeit dieses so „bewiesenen“ Gesetzes postuliert. Viel besser ist es, wenige, aber oft gebrauchte Stoffe von möglichst vielen Seiten aus auf ihr Verhalten hin zu untersuchen. Ebenso erscheint es didaktisch bedenklich, von den an sich einfachen Versuchen zur Massenwirkung bei Ionen auszugehen (Löslichkeitsprodukt), und von diesen aus auf die Massenwirkung und Gleichgewichtszustände bei Nicht-Ionen schließen zu lassen. Bei der Einführung der Ionenlehre liegt die Hauptschwierigkeit ja gerade darin, den Schüler zu überzeugen, daß Schlüsse von den Eigenschaften des Atoms auf die des Ions und umgekehrt unzulässig sind.

So findet man denn auch in ausgezeichneten, neuzeitlichen Lehrbüchern der Schulchemie, die der allgemeinen Chemie eine leitende Stellung einräumen, die Begriffe der Umkehrbarkeit der Reaktionen, des Gleichgewichts und der Massenwirkung zwar mannigfach angewandt und in den Stoff verwoben, aber nicht durch spezielle Versuche, insbesondere Übungsversuche experimentell begründet, wie etwa die Ionenlehre. Wünschenswert ist aber eine logisch verknüpfte Versuchsreihe, die auf beide Gesetze hinführt und dabei mit möglichst geringem Aufwand an Mitteln übungsmäßig durchführbar ist. Darunter sind hier Übungen im Klassenverbande verstanden, der bei zu starken Klassen geteilt wird, nicht aber das Experimentieren weniger, ausnehmend geschickter und interessierter Schüler, denen der Lehrer seine ungeteilte Aufmerksamkeit widmen kann.

Wegen der starken Belastung des Obersekundaner-Pensums mit theoretischem Stoff ging der Verfasser erst bei der Behandlung der Leichtmetalle¹ mit einer naturwissenschaftlichen Unterprima eines sächsischen Reformrealgymnasiums an die Bearbeitung, deren Gang im folgenden dargestellt sei, obwohl er den Verfasser selbst als erster Versuch noch nicht vollständig befriedigt, sich vor allem noch nicht ganz in die übrigen Unterrichtskapitel einpaßt. Die chemischen Übungen setzen erst in der Unterprima ein und sind wahlfrei, doch nahmen sämtliche Schüler (19) daran teil, so daß Übung und Unterricht ineinandergreifen konnten.

I.

Zunächst galt es, eine einfache umkehrbare Reaktion zu finden, die von den Schülern selbst ausgeführt werden kann. Sie sollte möglichst in das Stoffgebiet der Leichtmetalle passen und den Nachteil der dem Verfasser bekannten, als Beispiele für umkehrbare Reaktionen aufgeführten Versuche vermeiden, daß der Schüler zwei Versuche anstellt, also beim zweiten die Entstehungsprodukte des ersten als Ausgangsprodukte nimmt, wie etwa bei der Reduktion von Wasserdampf durch Eisenpulver und der Reduktion von Eisenoxyd durch Wasserstoff.

Am frisch gebrannten Kalke läßt sich nach MANNHEIMER (Grundriß II, 1927, S. 149) unter geeigneten Kautelen seine partielle Wiedervereinigung mit Kohlendioxyd zeigen. Für die Übungen macht jedoch seine hohe Dissoziationstemperatur Schwierigkeiten. Leichter dissoziieren Magnesit, den deshalb WINDERLICH² als „Kalkersatz“ für die Übungen benutzt, und die Alkalihydrokarbonate. Magnesit ist in geeigneter Körnung leicht und billig zu beschaffen, und Natriumbikarbonat liefert jede Drogerie.

In ein schwer schmelzbares Reagenzglas werden also etwa 10 bis 15 g gekörnter Magnesit gegeben. Da stets etwas Wasser entweicht, empfiehlt es sich, die Mündung des Reagenzglases etwas nach unten zu neigen, damit das Kondenswasser sich am Stopfen sammelt. Das Reagenzglas wird in der üblichen Weise mit einem Auffangzylinder in einer pneumatischen Wanne verbunden. Das Gasableitungsrohr muß jedoch bis dicht unter den Boden des Zylinders reichen. Das Reagenzglas wird mit dem Schnittbrenner erhitzt. Die Auffangzylinder, in unserem Falle von etwa 130 cm³ Inhalt, füllen sich rasch mit CO₂, das überschüssige Gas entweicht durch das Wasser der Wanne. Nach 20 bis 30 Min. zeigt das Aufhören der Gasentwicklung an, daß der Magnesit vollständig gebrannt ist. Nun läßt man vorsichtig, da die schwer schmelzbaren Reagenzgläser namentlich nach mehrfacher Benutzung leicht springen, abkühlen, und in weiteren 20 bis 45 Min., während das Reagenzglas etwa noch handwarm ist, wird der halbe bis ganze Gasinhalt aus dem Zylinder heraus und Wasser in ihn hineingesaugt.

Der Versuch läßt sich also leicht in einer Übungsdoppelstunde zu Ende führen. Da die Schüler währenddem nicht voll in Anspruch genommen sind, kann die Zeit durch Prüfung der Eigenschaften des ausgegebenen unbekanntes Stoffes ausgefüllt werden. Ebenso findet sich Zeit, Kontrollversuche über die Wirkung der Wärmeausdehnung der Luft und die Absorption des Kohlendioxydes durch Wasser in der gleichen Apparatur ansetzen zu lassen.

Ähnlich verläuft der Vorgang beim Erhitzen von Natriumbikarbonat, nur geht die Zersetzung rascher, die Wiedervereinigung so viel langsamer, daß der Versuch bis zum nächsten Tage stehen muß, damit die Zylinder ausgesaugt werden. Dieser Umstand dürfte ihn also für Schulen, deren Übungszimmer überbesetzt ist, ungeeignet machen.

¹ Zur Stoffverteilung vgl. BREUSCH, FR.: Der Unterricht in Chemie, Karlsruhe; 1927 und MANNHEIMER, E.: Unterrichtsblätter f. Math. u. Naturwiss. 1928, S. 239. Zur Behandlung in den Lehrbüchern besonders ARENDT-DOERMER: Grundzüge d. Chemie u. Mineralogie. Leipzig 1927, Gesamtausgabe, S. 86 ff., und MANNHEIMER, E.: Grundriß d. Chemie und Mineralogie. Leipzig 1927.

² WINDERLICH, R.: Lehrbuch der Chemie, Braunschweig 1926 (Unterstufe S. 9) und WINDERLICH, R.: Diese Zeitschrift 40, 221; 1927.

Für eine quantitative Behandlung der Vorgänge ist der Magnesit nicht brauchbar, da er gewöhnlich stark verunreinigt ist, worauf schon RISCHELIETH¹ hinweist. Dagegen dürfte das beim Natriumhydrokarbonat möglich sein, wenn man hinreichend niedrige und konstante Temperaturen wirken lassen kann, etwa mit Hilfe eines elektrischen Ofens. Doch steht hier ein solcher noch nicht zur Verfügung. Auch sind dann die Versuche kaum in gleicher Front ausführbar. Die langsame Bindung des CO₂ an das Na₂CO₃ und die Reinheit des Ausgangsmaterials NaHCO₃ läßt es auch aussichtsreich erscheinen, die Wiedervereinigung katalytisch zu beschleunigen; Lehrerversuche dazu ergaben aber noch nichts Befriedigendes.

Im Unterricht sind nun analoge, bereits behandelte Versuche zusammengestellt worden. Je nach dem Stand der Klasse passen: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$; $\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{S}$; $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$; $\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}$; $\text{HgO} \rightleftharpoons \text{Hg} + \text{O}$; $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$; $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ und andere. Das Gemeinsame ist die Zersetzung bei Temperaturerhöhung und der Rückgang der Zersetzung bei Abkühlung, also die thermische Dissoziation. Außerdem entsteht bei allen hier aufgeführten Vorgängen wenigstens ein gasförmiger Stoff, während meist ein flüssiger oder fester verschwindet. Das erinnert äußerlich an die physikalischen Erscheinungen des Verdampfens und Sublimierens, wenn man von der stofflichen Änderung einmal absieht.

II.

Es ergibt sich zwanglos die nächste Frage, ob die thermischen Dissoziationsvorgänge ähnlich wie Verdampfen und Sublimieren durch den Druck zu beeinflussen sind. War in den beschriebenen Versuchen der Druck im wesentlichen konstant, und die Temperatur steuerte die Umsetzung, so wird im folgenden die Temperatur konstant zu halten und der Druck zu variieren sein.

Zur Weiterführung des Problems haben interessierte Schüler je einen Zettel mit der folgenden freiwilligen Aufgabe erhalten, die in der nächsten Unterrichtsstunde diskutiert und in den Übungen durchgeführt werden sollte:

„Es ist zu untersuchen, ob NaHCO₃ bei $t = 100^\circ$ unter vermindertem Drucke leichter CO₂ abgibt als bei normalem. Das CO₂ ist mit Kalkwasser nachzuweisen.“

„Durch eine Skizze mit kurzer Erläuterung ist die beabsichtigte Versuchsanordnung so darzulegen, daß sie im nächsten Praktikum nachgebaut werden kann. Auf etwaige Schwierigkeiten, die erkannt wurden, aber nicht beseitigt werden konnten, ist hinzuweisen.“

„Außer dem Inventar des Arbeitskastens werden zur Verfügung gestellt: 1 Wasserstrahlpumpenpumpe, 1 offenes U-förmiges Quecksilbermanometer, 1 Glashahn, Reagenzgläser von 20 mm Weite mit passenden Gummistopfen, Glasröhren und Schlauchstücken, Kalkwasser als Reagenz.“

Gewiß übersteigt diese Aufgabe das Können des Durchschnittsschülers. Deshalb wurde sie ja auch nicht allen gestellt. Aber gilt dasselbe nicht von zahlreichen Aufsatzthemen, mathematischen und künstlerischen Aufgaben? Gibt sich da der Lehrer nicht auch mit einer künstlerisch mangelhaften, aber guten schülerhaften Leistung zufrieden? Soll der Lehrer der Naturwissenschaften nicht jede Gelegenheit ergreifen zu zeigen, daß beim Experimentieren die „Übung der Handfertigkeit“, in der Fernstehende immer noch gern den Haupterfolg der Schülerübungen sehen, ungefähr dieselbe Bedeutung hat wie die Rechtschreibung beim Aufsatz, daß es hier wie da spezifische, schöpferische, ja künstlerische Leistung gibt? Hier wie da kann aber auch nur derjenige Verständnis dafür erwerben, der bei einfachsten eigenen Kunstleistungen zum mindesten einmal — scheiterte!

So haben die Schülervorschläge und ihre Diskussion nicht viel Positives ergeben, vor allem wohl deshalb, weil das Arbeiten mit der Luftpumpe vollständig neu

¹ RISCHELIETH, P.: Quantitative chemische Versuche, Hamburg 1928.

gewesen ist. Erst nach einigen Hilfen ist der Plan der Versuchsanordnung zustande gekommen, wie ihn die Fig. 1 zeigt.

Sie ist wohl ohne weiteres verständlich. Das Sicherheitsrohr ist nötig, um beim Einlassen von Luft oder bei ungleichmäßigem Saugen der Pumpe zu vermeiden, daß das vorgelegte Kalkwasser in das Rohr mit NaHCO_3 zurückschlägt. Der Glashahn dient dazu, das Vakuum abzusperren oder auch Luft einzulassen, indem man seinen Stopfen anhebt. Vor der Gefahr einer Zertrümmerung durch den Luftdruck ist zu warnen. Die Apparatur läßt sich bei Verwendung tadelloser Gummistopfen, neuer Schlauchstücke und sorgfältig verpaßter Röhren durch Aufschmelzen von Vaseline mit einem warmen Glasstabe in einer Weise abdichten, die für die kurze Versuchsdauer vollkommen genügt. Wenn die Versuchsreihe jedoch öfter angestellt werden soll, dürfte es sich empfehlen, eine Serie kleiner Waschflaschen mit eingeschlifften Stopfen anzuschaffen. Bei einer davon wäre dann das innere Glasrohr etwas zu kürzen. Sie sind ja auch sonst mannigfach in den Übungen verwendbar, doch ist bei ihnen vielleicht die Gefahr größer als bei starkwandigen Reagenzgläsern, daß sie zertrümmert werden.

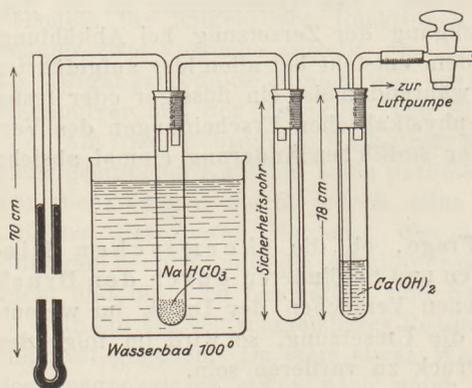


Fig. 1.

Wenn die Glasröhren in einer Stunde vorher gebogen, die Stopfen verpaßt sind, und der Versuchsplan klargelegt ist, läßt sich auch diese Versuchsreihe einschließlich Auf- und Abbau in einer Doppelstunde durchführen. Eine Gruppe von 3 bis 5 Schülern findet an dem ziemlich ausgedehnten Apparat ausreichende Beobachtungs- und Bedienungs-

pflichten. Die Überwachung von mehr als zwei solcher Gruppen, also mehr als 10 Schülern gleichzeitig dürfte allerdings schwierig sein, da in kritischen Augenblicken gern zuerst die Luftpumpe abgestellt wird, und das zurückschlagende Wasser infolgedessen die ganze Versuchsreihe verdirbt.

a) Ist der Apparat fertig, so wird allmählich die Luftpumpe in Betrieb gesetzt. Am Manometer soll sich eine annähernd konstante Differenz von 450 bis 550 mm einstellen. Durch das Kalkwasser entweichen lebhaft Blasen, die es jedoch noch nicht trüben. Läßt der Blasenstrom rasch nach, so ist die Apparatur dicht genug. Schließen des Hahnes und Beobachten des Manometers gibt eine weitere Kontrolle.

Ergebnis: Bei Zimmertemperatur wird auch bei 550 mm Unterdruck Kohlendioxyd in merkbarer Menge nicht abgegeben.

b) Nach dieser Feststellung wird ein Kochtopf mit Wasser, das im Sieden erhalten wird, unter das Gefäß mit NaHCO_3 gehoben. Binnen 5 bis 15 Min. trübt sich das Kalkwasser. Der Eintritt der Trübung läßt sich nötigenfalls durch stärkeres Saugen mit der Pumpe beschleunigen.

Ergebnis: Die Dissoziation des NaHCO_3 wird durch Temperaturerhöhung gefördert. (Dies ist nur eine Bestätigung dessen, was bei normalem Druck bereits bekannt ist.)

c) Jetzt wird der Hahn geschlossen (die Luftpumpe läuft natürlich weiter!) und das Manometer beobachtet. Seine Differenz nimmt anfangs rasch, dann langsam ab und bleibt, wenn die Apparatur dicht ist, bei einer geringeren Höhendifferenz stehen (beobachtet wurden 190 mm). Deren Größe hängt nicht nur von dem Dissoziationsdruck des CO_2 ab, der für NaHCO_3 bei 100° 310 mm^1 beträgt, sondern auch von der hier nicht auszuschließenden, unbekanntem Wasserdampftension.

¹ HOFMANN, K. A.: Lehrbuch der anorganischen Chemie. Braunschweig 1920.

Ergebnis: Trotz konstanter Temperatur läßt die anfangs deutliche CO_2 -Abgabe rasch nach und hört bald ganz auf.

d) Der nächste Versuch beendet die Versuchsreihe und widerlegt zugleich den Verdacht, daß das NaHCO_3 vielleicht schon vollständig zersetzt sei und aus diesem Grunde soeben kein CO_2 mehr abgegeben habe. Nach Einlassen von Luft wird die Luftpumpe abgestellt, das Manometer abgenommen, frisches Kalkwasser vorgelegt, das Gefäß mit NaHCO_3 aber unverändert bei 100° erhalten, und die Luftpumpe so schwach wieder in Betrieb gesetzt, daß der Blasenstrom möglichst nicht rascher als bei den Versuchen a) und b) durch das Kalkwasser streicht. In $\frac{1}{2}$ bis einer Minute ist unter diesen Bedingungen das Kalkwasser stark getrübt.

Ergebnis: Starke Abgabe von CO_2 bei 100° und normalem Druck.

e) Zu Beginn der beschriebenen Versuchsreihe ist ein anderer Versuch zur Abgabe von CO_2 bei 100° und normalem Drucke angesetzt worden, der keiner Wartung bedarf: Ein Reagenzglas wird mit NaHCO_2 beschickt und mit einem Stopfen verschlossen. Durch ihn führt ein U-förmig gebogenes Glasrohr und taucht mit der Mündung in Kalkwasser. Das Reagenzglas steht bis zum Schluß der Übung im Wasserbade bei 100° . Das Kalkwasser ist bis dahin aber nur an der Oberfläche etwas getrübt. Blasen entweichen nur anfänglich, dann nicht mehr.

Dieser Versuch besagt also genau das Gegenteil vom vorhergehenden.

Bis zur folgenden Unterrichtsstunde sind die Schüler vor die Aufgabe gestellt worden, die außergewöhnlich umfangreiche und widerspruchsvolle Versuchsreihe zu durchdenken und nach Möglichkeit eine einheitliche Deutung für das Verhalten des NaHCO_3 zu finden. Zur Kontrolle des Erfolges ist in dieser Stunde unerwartet die Niederschrift des üblichen Versuchsprotokolls verlangt worden. Darin äußerte ein Schüler: Die Luft über dem NaHCO_3 müsse einen bestimmten Prozentsatz CO_2 enthalten. Sei er nicht vorhanden, werde feste Substanz zersetzt; sei er erreicht, so trete kein weiteres CO_2 aus. Ein anderer gab die ebenso zutreffende Deutung, das abgegebene CO_2 hindere die Zersetzung weiterer Bikarbonatmoleküle, wenn es nicht weggespült werde. Der Begriff des Gleichgewichtes war also auf dieser Basis einleuchtend, der Zweck der Versuchsreihe erreicht.

III.

Nach dieser experimentellen Vorbereitung kann nun die theoretische Auswertung nach der in den Schulbüchern üblichen anschaulichen Ableitung folgen, wie sie auch NERNST¹ gibt. Hierzu werden die einfachsten molekularkinetischen Vorstellungen gebraucht.

Betrachten wir zunächst die Rückbildung von NaHCO_3 aus seinen Bestandteilen unter vereinfachenden Annahmen: Eine quadratische Einheitsfläche sei mit A_1 Na_2CO_3 -Molekülen bedeckt. In einem angrenzenden würfelförmigen Einheitsraume seien im Gaszustand A_2 H_2O - und A_3 CO_2 -Moleküle. Dann wird in der Zeiteinheit unter konstanten Außenbedingungen eine konstante Anzahl von Fällen eintreten, wo gleichzeitig ein H_2O -Molekül und ein CO_2 -Molekül mit einem Na_2CO_3 -Molekül zusammentreffen. Von dieser Anzahl von Zusammenstößen mögen w Zusammenstöße wirksam sein, d. h. zur Bildung je zweier NaHCO_3 -Moleküle führen. Wird jetzt die Anzahl der H_2O - oder der CO_2 -Moleküle verdoppelt, so werden wir $2w$ wirksame Zusammenstöße erhalten, bei Verdoppelung der H_2O - und auch der CO_2 -Moleküle also $4w$ Neubildungen (von je 2 NaHCO_3 -Molekülen) pro Zeiteinheit. Belegen wir außerdem statt einer alle 6 Flächen des würfelförmig gedachten Einheitsvolumens gleichmäßig mit je A_1 Molekülen Na_2CO_3 , so ergeben sich $24w$ wirksame Zusammenstöße. Wir erhalten also, ohne daß zahlenmäßig über die Konzentration oder die Anzahl der wirksamen Zusammenstöße etwas bekannt ist, für die Anzahl der in der Zeiteinheit gebildeten Moleküle von NaHCO_3 einen Ausdruck von der Form

¹ NERNST, W.: Theoretische Chemie, Stuttgart 1926; S. 522.

$$v_1 = k_1 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3,$$

wobei k_1 unter konstanten Außenbedingungen eine Konstante ist. Da wir die Anzahl der Moleküle pro Volumeneinheit nicht kennen, ersetzen wir A_1, A_2, A_3 durch den zahlenmäßig vielfach (vgl. Gasgesetze, osmotischen Druck, Maßanalyse) verwerteten Begriff „Mole pro Volumeneinheit“, nennen ihn die „Konzentration“ von H_2O, CO_2, Na_2CO_3 , und schreiben diese $[H_2O]$ bzw. $[CO_2]$ bzw. $[Na_2CO_3]$. Also wird die „Reaktionsgeschwindigkeit“ = v_1 ; und

$$v_1 = k_1 \cdot [H_2O] \cdot [CO_2] \cdot [Na_2CO_3].$$

Für die Zersetzung gilt einfach $v_2 = k_2 \cdot [NaHCO_3] \cdot [NaHCO_3]$.

Damit dürfte die Schwierigkeit, daß das Produkt der Konzentrationen auftritt, und daß im behandelten Beispiel kein homogenes System vorliegt, behoben, das Gesetz ohne Beziehung auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung, ohne nähere Erörterung des Begriffs der Reaktionsgeschwindigkeit und ohne Voraussetzung des Gesetzes vom Partialdruck anschaulich und für die Anwendung auf qualitative Betrachtungen geeignet abgeleitet sein. NERNST betont a. a. O., daß diese kinetische Ableitung nicht den Rang eines Beweises beanspruchen kann. Für die übungsmäßige Behandlung der Reaktionsgeschwindigkeit sei auf MANNHEIMER¹ verwiesen (H_2 -Entwicklung an Mg), für die Bestimmung einer Gleichgewichtskonstante auf RISCBIETH (a. a. O., Wassergasgleichgewicht).

Die Gleichgewichtsbedingung wird nun leicht gefunden. Aus $v_1 = v_2$ folgt

$$K = \frac{[Na_2CO_3] \cdot [CO_2] \cdot [H_2O]}{[Na_2CO_3]^2}; \text{ wobei } K = \frac{k_2}{k_1}.$$

Wird diese Formel an Hand der Versuchsserie diskutiert, dann bestätigt sich die Massenwirkung: Durch das Saugen der Pumpe ist die Konzentration des CO_2 dauernd niedrig gehalten worden, also hat sich dauernd neues CO_2 bilden müssen, damit der Bruch seinen konstanten Wert behielt. Am meisten wirksam ist dabei das Durchspülen der Apparatur mit Luft [Versuch d)] gewesen. In dem Versuch e) dagegen, wo das CO_2 über dem $NaHCO_3$ nicht entfernt wurde, ist sein Druck wegen der niedrigen Temperatur unter dem Atmosphärendruck geblieben, es ist also nicht durch die Kalkwasservorlage entwichen.

IV.

Zur Kontrolle der entwickelten Theorie kann schließlich noch die Frage erhoben und experimentell beantwortet werden, ob sich das Gleichgewicht auch von der anderen Seite her einstellen wird, ob also wieder CO_2 gebunden werden wird, wenn man von den Dissoziationsprodukten ausgeht, die bei den behandelten Reaktionen aufgetreten sind. In der Tat läßt sich die Kontrolle für die hier behandelten Stoffe leicht verwirklichen.

a) Fig. 2. Da U-Röhren von etwa 15 mm Weite, wie sie SCHEID als Kühler für einfache Destillationen empfiehlt, in reichlicher Anzahl zur Verfügung standen, wurden solche mit Magnesiumoxyd beschickt. Es stammte vom Eingangsversuch (Brennen von Magnesit) und wurde erneut gebrannt und grob gepulvert. Die enge Öffnung eines solchen Rohres wird durch ein Stück Gummischlauch mit Quetschhahn verschlossen. In der weiten, nach außen gebogenen Öffnung wird mit Hilfe eines Stopfens ein enges Glasrohr waagrecht befestigt, dessen kurz nach unten umgebogenes Ende in eine Wasservorlage taucht. Dann läßt sich nach Lüften des Quetschhahnes bequem CO_2 in das System einleiten, dessen Überschuß durch die Wasservorlage entweicht. Die Bindung des CO_2 ist durch Einstellen des U-Rohres in siedendes Wasser zu

¹ Diese Zeitschrift 34, 118; 1921.

² Der Einfachheit halber statt der beiden Gleichungen: $K = \frac{[Na_2CO_3][H_2CO_3]}{[NaHCO_3]^2}$ und $K' = \frac{[H_2O][CO_2]}{[H_2CO_3]}$ gesetzt.

beschleunigen. Am Vordringen des Wassers im Glasrohr nach Schluß des Quetschhahns erkennt man den Reaktionsverlauf. Das handelsübliche MgO ist vielleicht zu voluminös oder zu rein, jedenfalls wurde es nicht so wirksam gefunden wie das vom Anfangsversuche her vorhandene. Auch hier wäre Aussicht, die Katalysatorwirkung demonstrieren zu können, doch gibt es dazu ja gangbare Schulversuche¹. Für vergleichende Versuche mit verschiedenen CO_2 -Konzentrationen oder Pulvermengen ist diese Anordnung nicht geeignet, da ja nur die Geschwindigkeit des Verlaufs, nicht aber das Gleichgewicht selbst beobachtet wird, jene aber in unbefriedigend weiten Grenzen schwankt.

b) Schneller und bei Zimmertemperatur wird Kohlendioxyd aufgenommen, wenn man das beschriebene Gefäß mit pulverisierter Soda ($Na_2CO_3, 10 H_2O$) beschickt. Dann spritzt oft in kürzester Zeit das Wasser bis ins U-Rohr. Deshalb empfiehlt sich eine kleine Abänderung: Statt des U-Rohres nimmt man ein weites Reagenzglas mit doppelt durchbohrtem Stopfen. Die eine Bohrung nimmt ein mit Schlauch und Quetschhahn verschlossenes Rohrknief auf, durch das man CO_2 einleitet, die andere das im vorigen Versuche benutzte lange Glasrohr, dessen enger Schenkel jetzt senkrecht gestellt wird und in Quecksilber taucht. In dem Maße wie Kohlendioxyd gebunden wird, steigt das Quecksilber empor. Da es bis zu beträchtlicher Höhe gesaugt wird, verhindern die unvermeidlichen Undichtigkeiten einen gleichmäßigen Ausfall der Versuche. Auch die Verwendung von Waschflaschen mit eingeschliffenen Stopfen statt der Reagenzgläser kann dem Übel nicht abhelfen. Immerhin läßt sich bei vorsichtigem Arbeiten zeigen, daß gut getrocknetes Natriumkarbonat nicht oder viel langsamer Kohlendioxyd bindet als wasserhaltiges, wie es nach der Formelgleichung zu erwarten ist.

c) Alle Nachteile, die ungleichmäßige Dosierung der reagierenden Substanzen, die Undichtigkeiten der Verschlüsse und die Beobachtung der Bildungsgeschwindigkeit statt des Gleichgewichtszustandes selbst werden vermieden durch Verwendung von Sodalösung verschiedener Konzentration in Gefäßen der abgebildeten Art (Fig. 3). Zu deren Herstellung braucht jeder Schüler ein spannenlanges Stück Glasrohr.

Ist dieses mindestens 1 cm weit, so wird es zunächst an einer Stelle etwas seitlich der Mitte schwach gebogen, wie die Zeichnung angibt. Ist es enger, wird besser dort eine schwache Erweiterung geblasen, da sonst die einzufüllende Sodalösung zu stark an der Glaswand adhärirt und vom Kohlendioxydstrom in den langen Schenkel getrieben wird. Diese Vorbereitungen geschehen für ungeübte Schüler am besten vor der Übungsdoppelstunde. In der Stunde läßt man zuerst den kurzen Schenkel in der Flamme des Schnittbrenners erweichen und zu einem kurzen (10 cm), dünnwandigen Rohr ausziehen. Das Rohrende wird abgeschnitten. Dann wird man vom langen Schenkel des Rohres eine möglichst lange Strecke Glas gleichmäßig erweichen und zu einer Kapillare von mindestens 80 cm Länge ausziehen lassen. Zu kurze Kapillaren können für geringere Steighöhen verwendet werden. Nun werden die beiden ausgezogenen Rohrstücke rechtwinklig nach der gleichen Richtung und

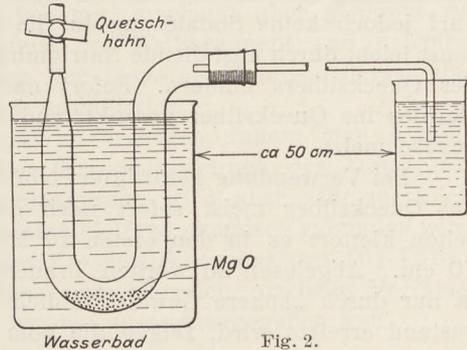


Fig. 2.

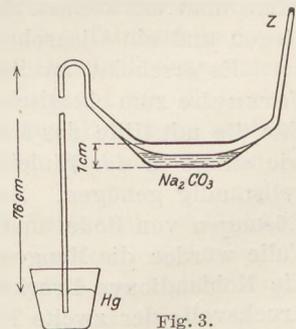


Fig. 3.

¹ Vgl. MANNHEIMER: Diese Zeitschrift 37, 264; 1924, Zersetzung von $HClO_3$ durch MnO_2 und von H_2O_2 durch Pt-Asbest. BATSCHA, B.: Ebenda 40, 258; 1927 und 41, 226; 1928: Die katalytische Wirkung des Pt und das chemische Massenwirkungsgesetz.

in einer Ebene abgebogen, und zuletzt läßt man unter vorsichtigem Erwärmen die lange Kapillare in derselben Ebene um 180° sinken. Möglichst viele der so hergestellten Geräte werden in der gezeichneten Stellung an einem Stativ befestigt, so daß die offenen Enden der langen Kapillare unmittelbar über der Oberfläche von Quecksilber stehen (für ein Gerät genügt 1 ccm in einem Reagenzglas). Von dem kurzen verengten Rohrende aus wird Sodalösung einpipettiert, bis sie den Bauch der Erweiterung anfüllt. Ebendorther wird die Luft durch Kohlendioxyd verdrängt. Dabei darf jedoch keine Sodalösung in die enge Kapillare getrieben werden, weil diese sonst leicht durch ausfallende Natriumbikarbonatkristalle verstopft wird, die den Anstieg des Quecksilbers hindern. Sofort nach der Füllung wird die untere Öffnung des Gerätes ins Quecksilber gesenkt, und die obere (bei „z“ der Fig. 3) vor dem Lötrohr zugeschmolzt.

Bei Verwendung gesättigter Sodalösung und unverdünnten Kohlendioxyds beginnt das Quecksilber meist sofort nach dem Verschuß des Gefäßes zu steigen. Nicht selten klettert es in den ersten 10 Minuten um 20 cm, in einer Stunde auf 60 bis 70 cm. Abgelesen zu werden braucht erst in der nächsten Übung, da die Gefäße ja nur durch „höhere Gewalt“ undicht werden können. Wie gleichmäßig der Endzustand erreicht wird, zeigen die vom Verfasser selbst abgelesenen Steighöhen dreier 4 Tage lang stehender Schülerversuche: Quecksilbersäule 69 bzw. 71,5 bzw. 69 cm. Wasser absorbiert dagegen nur so wenig CO_2 , daß das Quecksilber in den Kontrollversuchen nie über 6 cm gestiegen ist.

Die Höhe der Quecksilbersäule hängt von den äußeren Einflüssen des Luftdrucks, der Temperatur, des Dampfdrucks der Lösung und vor allem der Kapillardepression ab, die das Quecksilber erleidet. Die letztere ruft bei Parallelversuchen mit selbst hergestellten Apparaten Unterschiede hervor. Sie ließe sich in Rechnung setzen, indem man den Kapillardurchmesser in Höhe des Meniskus, etwa mit einem Horizontalmikroskop, mißt. Aber auch dann stünde einer rechnerischen Auswertung der Ergebnisse noch die Verschiedenheit der Volumina der Gefäße entgegen, die durch Füllen mit Wasser oder Quecksilber auszumessen wären. Man müßte also vom Glasbläser gleichgroße Gefäße anfertigen oder eine Versuchsreihe mit einem und demselben Gefäß machen lassen, was entweder kostspielig oder zeitraubend wäre. Vielleicht käme man mit kleinen Meßpipetten noch am billigsten zum Ziel, wenn man sie passend biegen und ein Glasrohr von der Weite des Auslaufrohres anschmelzen würde.

Es erscheint zweifelhaft, ob der Aufwand an Zeit und Arbeit für messende Versuche zum chemischen Gleichgewicht durch den Erfolg gerechtfertigt werden wird. Für die mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes im Unterricht zu behandelnden Fragen, wie einige in der Einleitung angeführt wurden, dürfte die hier gegebene Erörterung vollständig genügen. Man kann leicht noch vergleichende Versuche mit verdünnten Lösungen von Soda und mit luftverdünntem Kohlendioxyd anschließen. Im ersten Falle würden die Mengen von Soda und Kohlensäure annähernd äquivalent und damit die Kohlendioxyd-Drucke im Endzustand höher, der Versuch ist also nicht so eindrucksvoll; der zweite Fall erläutert den Begriff des Partialdrucks näher, der schon in der Versuchsreihe mit der Wasserstrahlpumpe auftauchte. Auch ein Kontrollversuch mit Bikarbonatlösung und Kohlendioxyd ist zu begrüßen, wenn er vorgeschlagen wird. Endlich kann die Temperatur variiert werden, wenn man die Erweiterung des Rohres in ein Heizbad tauchen läßt.

Kaliumbikarbonat dissoziiert bei höheren Temperaturen — der CO_2 -Druck beträgt nur 65 mm bei 100° — also ist von Pottaschelösung eine noch stärkere Kohlensäureaufnahme zu erwarten.

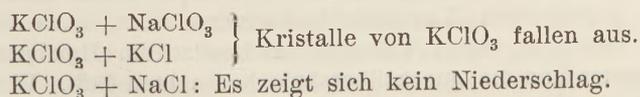
V. Weitere Versuche.

Daß in der Praxis gelegentlich chemische Mittel angewandt werden, um ein Gleichgewicht zu stören, indem man die Entstehungsprodukte „abfängt“, zeigt ein Versuch zum Kalkbrennen: In einem Porzellantiegel werden mindestens 10 Gramm

pulverisierter Marmor heftig geglüht (z. B. in einem HEMPfELschen Ofen), jedoch nicht bis zur völligen Zersetzung, und der Gewichtsverlust festgestellt. Dasselbe geschieht gleich lange mit ebensoviel Marmor, der mit 5 bis 10% Blutkohle innig vermengt wurde. Der mit Kohle vermengte Kalk verliert mehr an Gewicht als der reine, auch wenn die Kohle nicht ins Gewicht eingerechnet wird und nicht vollständig oxydiert ist, wie man an der Färbung des Gemisches nach dem Glühen sieht. Die Reaktion $C + CO_2 = 2CO$ begünstigt die Reaktion $CaCO_3 = CaO + CO_2$ ¹. Der Versuch ist dem Verfasser aus der Schulliteratur bisher nicht bekannt, erscheint aber geeignet zur Einsicht in die alte, empirisch entwickelte Kunst des Kalkbrennens und nebenbei noch zur Vorbereitung auf die Abfangmethoden der neuesten Untersuchungen über die Zwischenprodukte der Gärung, Atmung und Assimilation.

Auch der einfache Versuch, Ammoniakgas zu erzeugen, indem man Ätzkalk und Salmiak zusammen reibt, paßt hierher: Der Dissoziationsdruck des Ammoniaks ist bei Zimmertemperatur gering. Der Ammoniakgeruch wird aber sehr merklich, wenn das andere Entstehungsprodukt, das Chlorwasserstoffgas, chemisch gebunden wird.

Am leichtesten läßt sich die Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes für Ionen zeigen. Wenig in Schulbüchern angeführt, aber sehr lehrreich erscheint Verfasser die Reihe BÖTTGERs²: Konzentrierte Lösungen werden zusammengegeben von



Zum Schlusse seien die Versuche nochmals mit Beschränkung auf das Wesentliche zusammengefaßt, so wie sie mit einer Klasse von Schülern in gleicher Front durchgeführt werden können, wenn die Teilnehmerzahl nicht größer ist als in der Fachliteratur angegeben. Verbrauch und Bedarf sind für jeden Schüler oder jede Arbeitsgruppe hinzugefügt.

1. Umkehrbare Reaktion $MgCO_3 \rightleftharpoons MgO + CO_2$ (S. 152). Verbrauch: 15 g Magnesit (Preis 3 bis 4 Pfg.). Bedarf: 1 schwer schmelzbares Reagenzglas (Preis für 16 × 180 mm 35 Pfg.), pneumatische Wanne mit Auffangzylinder, Schnittbrenner, Stopfen, Röhren, Schlauch.

2. Untersuchung der thermischen Dissoziation von Natriumbikarbonat bei vermindertem Drucke und der Temperatur 100° (S. 153). Verbrauch: 3 g Natriumbikarbonat, 10 ccm Kalkwasser. Bedarf: 1 Wasserstrahlpumpe, 1 offenes Quecksilbermanometer, 1 Glashahn, 3 Reagenzgläser von 20 mm Durchmesser, 1 Kochtopf als Wasserbad, Brenner, Stopfen, Röhren, Schlauch. Druckschlauch läßt sich durch Glasröhren ersetzen, die durch kurze Stücke guten gewöhnlichen Schlauches verbunden und eng aneinandergeschoben werden.

3. Bindung von Kohlendioxyd durch Sodalösung (S. 157). Verbrauch: 20 bis 25 cm Glasrohr von 8 bis 10 mm Weite, 1 ccm Sodalösung, 100 ccm Kohlendioxyd. Bedarf: Schnittbrenner, 1 ccm Quecksilber, eventuell 1 Bürette zum Mischen von Kohlendioxyd und Luft.

Bei dieser Folge von Übungen macht es höchstens Schwierigkeiten, daß der gedanklich zwischen den wöchentlich aufeinanderfolgenden Übungsnachmittagen zu verarbeitende Stoff zu umfangreich ist, um in den zwei chemischen Unterrichtsstunden bewältigt zu werden, die z. Z. für die naturwissenschaftliche Abteilung einer UI eines

¹ Schülerergebnisse:

| Gewicht vor dem Brennen | Gewicht | | |
|-----------------------------------|---------|----------------|---------|
| 12 g Kalk + 0 g Kohle | 9,64 g | } nach 15 Min. | Brennen |
| 12 g Kalk + 1,2 g Kohle | 9,30 g | | |
| 12 g Kalk + 0 g Kohle | 8,16 g | | |
| 12 g Kalk + 0,6 g Kohle | 7,42 g | | |
| | | } nach 25 Min. | |

² BÖTTGER, W.: Qualitative Analyse. Leipzig 1913.

sächsischen Reformrealgymnasiums vorgesehen sind. Andererseits sind wieder die Versuche zu langwierig, als daß in den Übungsstunden selbst Zeit für theoretische Besprechungen bliebe. Dem Verfasser half hier ein glücklicher Zufall, denn zwischen den erwähnten Übungen fiel jedesmal ein Übungsnachmittag aus, so daß vier Unterrichtsstunden dazwischen lagen. Sonst wäre mit anderen Fächern auszutauschen, was einfach ist, wenn der Lehrer in einer Klasse nicht nur mit Chemieunterricht beschäftigt wird.

Die übungsmäßige Einführung der Begriffe des chemischen Gleichgewichts und der Massenwirkung, wie sie hier gegeben worden ist, dürfte also weder in gedanklicher noch in finanzieller Beziehung Ansprüche stellen, denen normale Schüler und eine normal ausgerüstete höhere Schule nicht genügen könnten. Aber in der angeführten Beschränkung dürfte die Behandlung auch nicht mehr Zeit beanspruchen, als durch die umfassende Geltung beider Begriffe im Reiche der Chemie und darüber hinaus und durch deren vielseitige Anwendungsmöglichkeit auf die in jeder höheren Schule lehrplanmäßig zu behandelnden Gebiete gerechtfertigt wird.

Soll das Kapitel umgekehrt weiter ausgebaut werden als hier dargestellt ist¹, so ließe sich wohl zunächst an Versuch I die Reaktionsisochore anschließen. Versuchsdaten dafür könnten vielleicht erhalten werden, indem man das Gerät von Versuch IVc mit gepulvertem Natriumhydrokarbonat oder, nach DOERMER (a. a. O. S. 87), mit Ag_2O beschickt, unter Vakuum zuschmelzt, im Heizbade verschiedenen Temperaturen aussetzt und die Quecksilbersäule beobachten läßt. Wichtiger noch als diese könnte dann das Prinzip des kleinsten Zwangs folgen. Dagegen erscheint dem Verfasser ein systematischer Lehrgang (homogene und inhomogene Gleichgewichte, solche erster, zweiter und höherer Ordnung u. a.), noch mehr etwa ein Anschluß an die Phasenlehre, weit über das Ziel der Schule hinauszugehen, das Verständnis nicht so sehr zu vertiefen als zu erschweren. Unbeschadet des Strebens nach gründlicher und exakter Behandlung eines Problems statt eines extensiven Unterrichts dürfte es hier geraten sein, sich mit der anschaulichen Einführung der Begriffe statt der Gesetze zu begnügen, wie es ja schon die Überschrift andeutet.

Die Erdöldestillation als Unterrichtsversuch².

Von H. Zeitler in Berlin (Kirschnerschule).

Die Zerlegung des Rohöls ist in hohem Grade lehrreich und bietet eine gute Gelegenheit zur Vorführung einer fraktionierten Destillation, bei der sich die verschiedenen Destillate schon durch ihr Aussehen unterscheiden. Es genügt, wenn man von 100 ccm Rohöl ausgeht, das möglichst wasserfrei sein soll. Beschafft man sich von einer der bekannten Petroleumgesellschaften einen Kanister von 5 bis 10 Liter Inhalt, so reicht man für lange Zeit aus. Als Apparatur ist die von SCHEID für Schülerübungen angegebene Destilliervorrichtung vollkommen ausreichend (Fig. 1). Der Fraktionierkolben hat ein Fassungsvermögen von 200 bis 250 ccm, ist also nur zur Hälfte gefüllt. T ist ein bis 360° reichendes Thermometer, die Vorlage v eine U -Röhre von etwa 15 cm Höhe, deren einer Schenkel offen bleibt, während der andere in der aus der Figur ersichtlichen Weise mit dem Kolben verbunden wird. Das Gefäß G ist mit Kühlwasser gefüllt, in das v tief eintaucht. Man muß mit direkter Flamme erhitzen, da sonst nicht die nötige Temperaturhöhe erreicht wird. Um Siede-

¹ Vgl. HILS, E.: Reaktionsgeschwindigkeit und Massenwirkungsgesetz im chemischen Unterricht. Zeitschr. f. d. physik. u. chem. Unterr. **39**, 62; 1926. BAVINK, B.: Die physikalische Methode im chemischen Unterricht. Unterrichtsblätter f. Math. u. Naturwiss. **31** (1925).

² Es handelt sich bei diesem Thema naturgemäß nicht um die Beschreibung eines ganz neuen Versuches, sondern um bis ins einzelne durchgearbeitete Ausführungsvorschläge bezw. Erweiterungen auch sonst schon beschriebener Versuche.

verzug möglichst zu vermeiden, gebe man einen Kaffeelöffel trockenen Sand in den Kolben. Den Brenner behält man ständig in der Hand und reguliert die Temperatur unter fortwährender Beobachtung des Thermometers.

Das von mir angewandte Texasöl kam etwa 5 Minuten nach Beginn des Anheizens zum schwachen Sieden; die Temperatur betrug dann 70°. Eine fast farblose Flüssigkeit von starkem Geruch ging über, die mit blauem Lackmuspapier saure Reaktion zeigte. Nachdem sich einige Kubikzentimeter angesammelt hatten, stieg das Thermometer schnell. Bei 150° wurde die erste Fraktion abgetrennt (I) und die Destillation fortgesetzt, bis 250° erreicht waren. Das Destillat war jetzt hellgelb, die erhaltene Menge betrug 10,5 ccm (II). Oberhalb 250° wurde das Sieden lebhafter, das Destillat (III) sah hellgelb aus, dunkler als II; bis 300° wurde ein Reagenzglas voll (24 ccm) erhalten. Schließlich wurde die Temperatur auf 350° gesteigert. In kurzer Zeit gingen 27 ccm einer Flüssigkeit über, die etwa die Farbe des dunklen Bieres zeigte (IV). Die von etwas Wasser herrührende Trübe der Fraktionen II bis IV läßt sich durch Ausschütteln mit wasserfreiem Chlorcalcium und nachfolgendes Filtrieren leicht beseitigen. Eine Fortführung der Destillation über 350° würde in Nachahmung des technischen Verfahrens die Anwendung von überhitztem Dampf und Vakuum erfordern. Dem erhöhten Aufwand an technischen Hilfsmitteln und an Zeit steht hier kein entsprechender unterrichtlicher Gewinn gegenüber, weshalb man den Versuch hier abbrechen wird. Der im Kolben verbliebene Rückstand war fast schwarz und dickflüssig. Er betrug etwas über 32 ccm. Der ganze Destillationsversuch erfordert bis hierher etwa 40 Minuten Zeit, läßt sich also in einer Kurzhunde durchführen.

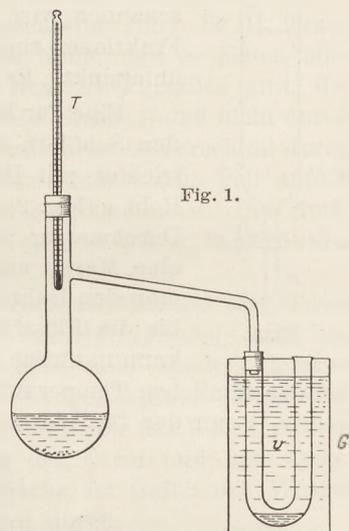


Fig. 1.

Stellt man die erhaltenen Destillate in Reagenzgläsern nebeneinander, so hat man eine Farbenskala von fast Farblos über Gelb bis Braun. Um eine schnelle Orientierung über die spezifischen Gewichte zu ermöglichen, kann man folgendermaßen verfahren. Man stellt sich durch Mischen von Wasser und Methanol vier Flüssigkeiten her von den spezifischen Gewichten $A = 0,800$, $B = 0,850$, $C = 0,900$, $D = 0,950$, von jeder Mischung etwa 100 ccm, womit man dann längere Zeit ausreicht. Man füllt in eine kleine Küvette, allenfalls auch in ein Reagenzglas¹, etwa 5 ccm ein und projiziert auf die Leinwand. Bringt man nun einen Tropfen Rohöl mit Hilfe eines Glasstabs auf die Mischung D , so schwimmt er, sinkt aber in C unter. Das spezifische Gewicht des Rohöls muß also zwischen 0,900 und 0,950 liegen. Ebenso läßt sich für alle übrigen Destillate ein Näherungswert ermitteln. Die Form des Tropfens und die Schnelligkeit, mit der er nach dem Umrühren emporsteigt oder niedersinkt, gestattet Schlußfolgerungen darüber, welchem der beiden Grenzwerte sich das spezifische Gewicht tatsächlich nähert. Es ergibt sich dann folgende Ordnung:

| Destillat | Farbe | Siedepunkt | Spez. Gewicht | Erhaltene Menge |
|---------------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| I | fast farblos | bis 150° | ~ 0,80 | 3,5 ccm |
| II | schwach gelb | 150 bis 250° | ~ 0,86 | 10,5 „ |
| III | stärker gelb | 250 bis 300° | ~ 0,87 | 24,0 „ |
| IV | braun | 300 bis 350° | ~ 0,92 | 27,0 „ |
| Rückstand | fast schwarz | über 350° | ~ 0,98 | 32 „ |
| — | — | — | — | 97 ccm |
| Rohöl | braunschwarz | — | ~ 0,97 | 100 „ |

¹ Über die Projektion von Röhren vgl. diese Zeitschr. 18, 349; 1905.

Wie man sieht, ergab sich ein Verlust von 3 ccm, der sich in der Hauptsache dadurch erklären dürfte, daß beim Umgießen der dickflüssigen Öle immer eine nennenswerte Menge an den Gefäßwandungen hängen bleibt.

Aus den bisherigen Versuchen ergibt sich: das untersuchte Erdöl ist ein zusammengesetzter Stoff, seine höher siedenden Bestandteile haben höheres spez. Gewicht und dunklere Farbe als die niedriger siedenden. Von den bei niedriger Temperatur siedenden Anteilen enthält es nur wenig, seine Hauptanteile liegen im Gebiet der Leucht- und Schmieröle.

Bei dem eben geschilderten Versuch zur Demonstration der Unterschiede im spez. Gewicht der einzelnen Fraktionen ist zu beachten, daß der eingeführte Tropfen infolge der Oberflächenkräfte unter Umständen auch dann schwimmt, wenn er schwerer ist als die Vergleichsflüssigkeit. Man muß ihn in allen Fällen mit einem Glasstab in die Flüssigkeit hineinstoßen und erst dann beobachten. Besonders anschaulich wird der Versuch, wenn man zwei Tropfen von verschiedenen Fraktionen zugleich zeigt, von denen meist der eine schwimmt, der andere untersinkt. Es ist dann eine unmittelbare Vergleichung möglich.

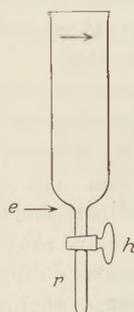


Fig. 2.

Eine für Schmieröle wichtige Eigenschaft ist die Viskosität. Um den Schülern davon einen Begriff zu geben, kann man einen Tropftrichter mit Hahn von etwa 50 ccm Inhalt verwenden, dessen unteres Rohr *r* (Fig. 2) man verkürzt und an der Ausflußöffnung auf etwa 1 mm Durchmesser verengt. Am Trichtergefäß bringt man an geeigneter Stelle eine Marke an, bis zu der in allen Fällen gefüllt wird. Dann öffnet man den Hahn *h* und ermittelt mit der Sekundenuhr die Zeit, die vergeht, bis die Flüssigkeit eine zweite Marke, etwa bei *e*, erreicht hat. Man kann natürlich nur Messungen vergleichen, die mit derselben Vorrichtung

bei der nämlichen Temperatur angestellt worden sind. Man erhält dann etwa folgende Werte, wenn der für Wasser = 10 gesetzt wird:

| | |
|-------------------|------------|
| Benzin (bis 130°) | 8 Sekunden |
| Destillat III | 11 „ |
| Destillat IV | 18 „ |
| Rohöl | 38 „ |

Von der verschiedenen Flüchtigkeit der Destillate gibt der folgende Versuch eine Anschauung. Man bringt von jeder der erhaltenen Fraktionen einen Tropfen auf ein Stück weißes Schreibpapier. Es entstehen „Fettflecke“, die allmählich von selbst wieder verschwinden. Der Fleck von Destillat I verschwand nach 6 Stunden, der von II nach 3 Tagen usw.

Auch die Raffination läßt sich durch einen einfachen Reagenzglasversuch zeigen. Über diesen und andere Versuche mit Erdöl vgl. ARENDT-DOERMER, Technik der Experimentalchemie 1925, 554 bis 556, sowie SCHEID, Vorbereitungsbuch 1926, 413.

Zum Schluß will ich noch einige Vorsichtsmaßregeln angeben, die ich bei der Vorführung der Erdöldestillation anwende. Der Destillierapparat steht zwischen zwei Glasschutzwänden, von denen die eine die Klasse, die andere den Lehrer deckt. Unter den Fraktionierkolben stelle ich einen flachen Blechkasten mit Sand, damit das Öl im Falle eines Glasbruchs am Weiterfließen gehindert ist. Ein in der Nähe liegendes größeres Stück Asbestpappe gestattet, durch Bedecken des Kastens einen etwa entstandenen Brand sogleich zu ersticken. Außerdem habe ich bei feuergefährlichen Versuchen stets die Kohlensäureflasche mit einem entsprechend langen Schlauch in der Nähe stehen — lauter Vorsichtsmaßregeln, die sich für alle derartigen Versuche eigentlich von selbst verstehen. Nimmt man einen Fraktionierkolben aus Jenaer Glas, so ist die Bruchgefahr sehr gering. Unter Befolgung der angegebenen Vorsichtsmaßregeln und bei Anwendung von nicht mehr als 100 ccm Rohöl halte ich den Versuch

auch vor einer großen Klasse für unbedenklich. Als Schülerübungsversuch möchte ich ihn dagegen nicht empfehlen.

Die Reinigung des Kolbens und aller mit dem Öl beschmutzten Gefäße gelingt leicht mit technischem Benzol (Motorenbenzol) oder Benzin. Spült man hierauf mit Spiritus nach, so kann man sogleich wieder wässrige Flüssigkeiten in die Gefäße füllen, ohne das Verdunsten des Benzols (Benzins) abwarten zu müssen.

Kleine Mitteilungen.

Eine Abänderung des Teegeschen Bodendruckapparates.

Von Oberrealschuldirektor a. D. Dr. O. Ehrhardt in Karlsruhe (Helmholtz-Oberrealschule).

Im 22. Jahrgang (1909, S. 87) dieser Zeitschrift beschreibt Herr Dr. H. TEEGE einen von ihm gebauten Bodendruckapparat, bei dem das Neue, das er bietet, eine meines Erachtens glückliche Lösung für den Verschuß des Druckgefäßes gibt, die schwierigste Frage bei allen Bodendruckapparaten, bei denen dieses Gefäß nicht durch eine Gummimembran geschlossen ist. TEEGE stellt den wasserdichten Verschuß durch Quecksilber her, das eine etwa 3 cm tiefe Rinne eines Holzzylinders zum Teil anfüllt und in das der allen Druckgefäßen gemeinsame Unterteil eingetaucht ist. Der Holzzylinder liegt auf der einen Schale einer gleicharmigen Wage, so daß er in vertikaler Richtung beweglich ist.

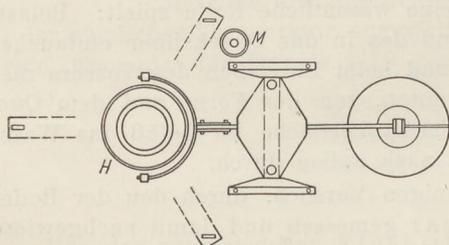
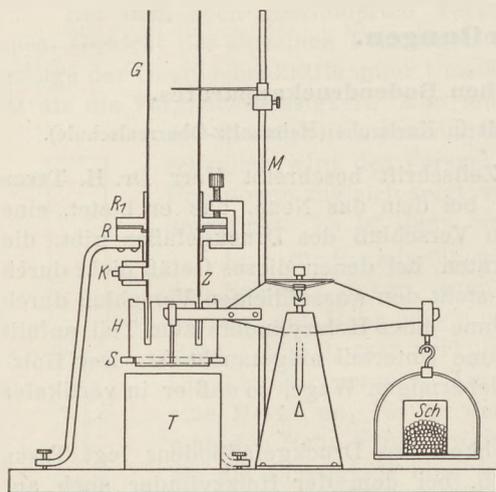
Trotz der hierdurch erzielten Beweglichkeit des Druckgefäßbodens legt TEEGE das Hauptgewicht auf den folgenden Versuch, bei dem der Holzzylinder auch auf dem Tische stehen könnte, die Wage also keine wesentliche Rolle spielt: Belastet man die Gewichtschale, so daß der untere Rand des in das Quecksilber eintauchenden Druckgefäßes am Boden der Rinne steht und beim Eingießen des Wassers diese Lage nicht verläßt, so dringt bei einer bestimmten, von der Form und dem Querschnitt des Gefäßes unabhängigen Höhe der Wasseroberfläche im Gefäß das Wasser unter dem Rande des eintauchenden Zylinders nach außen durch.

Ich lege dagegen mehr Wert auf denjenigen Versuch, durch den der Bodendruck des Wassers in Gewichtmaß unmittelbar gemessen und damit nachgewiesen werden kann, daß im zylindrischen Gefäße der Bodendruck einer bestimmten Wassermenge gleich ihrem Gewichte ist. Von den Bodendruckapparaten, mit denen dieser Nachweis geführt werden kann, bei denen also insbesondere das Druckgefäß unten nicht durch eine Gummimembran verschlossen ist, ist wohl der von WEINHOLD angegebene der beste. Hier ist aber das zylindrische Gefäß so eng, daß z. B. Versuche über Zunahme des Bodendruckes beim Aufsetzen eines Schwimmers auf das Wasser des Gefäßes, bzw. beim Eintauchen eines starren Körpers, so daß eine bestimmte Menge Wasser verdrängt wird, ausgeschlossen sind; auch aus anderen Gründen sind solche Versuche mit dem WEINHOLDschen Apparate wohl kaum möglich. Stellt man diesen aber für ein wesentlich weiteres zylindrisches Gefäß her, so versagt er vollständig, jedenfalls aus dem Grunde, weil bei solchen Zylindern die Adhäsionskraft beim Tragen der Wassersäule nicht in dem Maße mitwirkt wie bei dem üblichen engen Gefäße.

Mein Ziel war die Herstellung eines Apparates, mit dem der Nachweis des PASCALSchen Bodendruckgesetzes mit einer wesentlich größeren Wassermenge, als sie beim WEINHOLDschen Apparate anwendbar ist, möglich sein sollte, so daß auch Versuche mit Schwimmern und ähnliche, wie sie oben angedeutet wurden, durchführbar würden. Dabei sollte der Apparat — und das war ein wesentlicher Teil meines Zieles — beim Experimentieren in seiner Handhabung weniger empfindlich sein als die bisher bekannten, eine einfache, wenig Zeit erfordernde Vorbereitung der Ver-

suche und eine durchaus zuverlässige Durchführung derselben gewährleisten. Es ist mir nach Überwindung von mancherlei Schwierigkeiten gelungen, dem TEEGEschen Apparate eine solche Form zu geben, daß er sich für die von mir vorgezogenen Versuche gut eignet und alle oben gestellten Bedingungen erfüllt. In der folgenden, kurzen Beschreibung des Apparates sind alle weniger wesentlichen Einzelheiten weggelassen und auch in der Skizze nur zum Teil angedeutet.

Die eine Seite des 30 cm langen Wagsbalkens einer gleicharmigen Wage ist gabelförmig (vgl. den Grundriß der Skizze¹). An den beiden Schneiden dieser Seite



einanderliegen der Platten R und R_1 , die durch zwei Zwinge gegeneinander gedrückt werden, gesichert.

Eine mehr als 6 bis 8 mm betragende Abwärtsbewegung der linken Wagschale mit dem Holzzylinder von der Gleichgewichtslage des Wagsbalkens aus muß vermieden werden; dies wird erreicht durch das Tischchen T . Etwa ebensoweit kann die Wage auch nach der anderen Seite ausschlagen. Mit Hilfe der Vorrichtung M kann die Höhe der Wasseroberfläche im Druckgefäß markiert werden.

Gewisse, im Bau des Apparates begründete Umstände, ferner die Tatsache, daß die im Handel zur Verfügung stehenden Glasröhren von 60 mm Weite nie genau zylindrisch und im Querschnitt kreisrund sind, haben zur Folge, daß sich beim ersten Versuche mit 500 g Wasser im zylindrischen Gefäße (vergl. unten!) die Wagschale nicht scharf auf die Marke der Mittellage einstellt; es waren für verschiedene zylindrische Gefäße verschieden große Korrektionsgewichte bis zu 10 g, meist aber unter 5 g, erforderlich. Das Rohr Z wurde deshalb mit einer Korrektionsvorrichtung K versehen für die genaue Einstellung der Wage beim ersten Versuche mit 500 g

¹ Im Grundriß der Skizze ist auf der linken Seite der Wage die Wagschale selbst nicht, sondern nur der auf ihr stehende Holzzylinder mit der Quecksilberrinne gezeichnet, der Dreifuß nur angedeutet und alles oberhalb des Holzzylinders Liegende weggelassen; im Aufriß sind einzelne Teile des Apparates als Vertikalschnitte ausgeführt.

Wasser. Ist K für diesen Versuch einmal eingestellt, so ist daran, solange das zylindrische Gefäß dasselbe ist, nie mehr etwas zu ändern.

Für die Durchführung der Versuche gießt man die erforderliche Menge Quecksilber in die Rinne des Holzzylinders H (sie ist nicht ganz auf $\frac{2}{3}$ ihrer Höhe anzufüllen), bringt den Dreifuß in die durch die Skizze angedeutete Stellung und wählt die Schrotmenge des Bechers Sch so, daß sich die Wagzunge immer wieder genau auf die Marke der horizontalen Gleichgewichtslage einstellt, wenn man die Wage mit dem Finger aus dieser Lage bringt¹. Auf die Gewichtschale legt man nun ein 500 g-Gewicht und gießt in das aufgesetzte zylindrische Gefäß 500 g Wasser²; die Wagzunge stellt sich wieder auf die Marke ein. Darauf legt man ein weiteres Gewichtstück von 200 g auf die Gewichtschale und gießt 200 g Wasser in den Zylinder, legt dann noch ein zweites 200 g-Gewicht auf die Schale und taucht einen von einem Stativ gehaltenen oder am Stativ aufgehängten³, starren Körper so tief in das Wasser des Druckgefäßes, daß 200 g Wasser verdrängt werden, oder setzt einen Schwimmer von 200 g Gewicht auf dasselbe; endlich ersetzt man den eingetauchten Körper oder den Schwimmer durch 200 g Wasser. Bei allen diesen Versuchen stellt sich die Wagzunge immer wieder auf die Marke ein. Es sind nun 900 g auf der Gewichtschale und 900 g Wasser im Zylinder, die größte Wassermenge, die der vom Verfasser benutzte Zylinder aufnehmen kann. Faßt der Zylinder 1000 g, so kann man die Versuchsreihe mit 600 g beginnen oder beim zweiten Versuch 300 g auflegen und 300 g Wasser zugießen oder den dritten Versuch mit einem 300 g-Schwimmer anstellen. — Die Höhenmarke M wird nun auf die Wasseroberfläche im Zylinder eingestellt und darauf das Wasser durch einen Heber abgelassen⁴.

Das zylindrische Druckgefäß wird jetzt durch das oben weiter werdende Gefäß ersetzt und so viel Wasser (beim Apparat des Verfassers etwa 1130 g) eingegossen, daß die Zunge der Wage, auf deren Gewichtschale die 900 g liegen blieben, sich auf die Marke einstellt: die Höhe der Wasseroberfläche ist die gleiche wie beim vorigen Gefäße. Dieser Versuch wird wiederholt mit dem nach oben enger werdenden und mit einem etwa vorhandenen vierten, anders gestalteten Gefäße: die Oberfläche der Wassermenge, die die Wage zum Einspielen bringt, hat immer dieselbe Höhe wie beim ersten Gefäße.

Die ganze Gruppe von Versuchen mit vier Gefäßen nimmt einschließlich der Zeit für die Versuchsvorbereitung nur etwa eine halbe Stunde in Anspruch, dank der Tatsache, daß die Vorbereitung des Apparates für die Versuche, wenn die nötige Quecksilbermenge in einem Fläschchen bereit steht, sehr wenig Zeit erfordert und man während der Versuche den Apparat durchaus nicht so behutsam, wie es bei allen anderen Apparaten gleicher Art nötig ist, zu behandeln braucht; auch bei raschem Arbeiten ist der Apparat in Bezug auf das Gelingen des Versuches zuverlässig.

¹ Ich erwähne bei dieser Gelegenheit, daß die zwischen dem Quecksilber und dem eintauchenden Teile von Z auftretende Reibung nach meiner Erfahrung wesentlich geringer ist als bei dem HÖFLERschen Bodendruckapparat (vgl. diese Zeitschrift XVI., S. 257) die Reibung zwischen dem durch einen Quecksilberring gedichteten Hartgummikolben und dem Glasrohr.

² Die Oberfläche einer kleineren Wassermenge als 500 g läge nicht über der an R_1 sitzenden Gefäßfassung, wäre also von der Seite nicht sichtbar; im übrigen sind die Gewichte bzw. Wassermengen, die bei den hier erwähnten Versuchen beispielsweise genannt sind, beliebig.

³ Versuchstechnisch am einfachsten ist die Verwendung eines Schwimmers; will man diese aus didaktischen Gründen vermeiden, so ist es zweckmäßiger, den Körper aufzuhängen (dann aus einem Material, das im Wasser untersinkt), als ihn mit der Stativklammer zu halten. Die Form des Körpers ist beliebig; es ist zweckmäßig, sie so zu wählen, daß der Körper, wenn er so tief eintaucht, daß er 200 g Wasser verdrängt, an der Stelle, wo er aus dem Wasser austritt, dünn zylindrisch ist.

⁴ Das Zurückbleiben eines kleinen Restes Wasser im Rohr Z ist für den folgenden Versuch ganz belanglos.

Zur experimentellen Behandlung der Strahlungsgesetze im Unterricht.

Von H. Kröncke in Berlin.

Den grundlegenden Gesetzen für die Temperaturstrahlung wird mit Recht im physikalischen Unterricht besonderer Wert beigelegt. Erfahrungsgemäß macht aber die zahlenmäßige Bestätigung der Grundgesetze einige Schwierigkeiten. Die Folge davon ist, daß zur Behebung dieser Schwierigkeiten vielfach Mittel angewendet werden, die eigentlich aus dem Rahmen des physikalischen Schulunterrichts herausfallen, wie die Verwendung von Quarz- und Steinsalzoptik. Bei geeigneter Verwendung der heute verfügbaren und jeder höheren Schule zugänglichen Instrumente lassen sich dagegen die Grundgesetze der Temperaturstrahlung mit verhältnismäßig geringen Kosten ausreichend nachweisen.

1. Der schwarze Körper.

Zu Beginn der Strahlungsversuche empfiehlt es sich, die Abhängigkeit der Wärmestrahlung von der Farbe des Körpers nachzuweisen. Hierzu dient seit langem der „Leslie-Würfel“, an dessen Stelle übrigens ohne Nachteil ein beliebiges rundes oder kastenförmiges blankes Blechgefäß treten kann, dessen eine Seite kräftig berußt wird. Besondere Kosten sind also hierfür nicht aufzuwenden. Wichtig ist dagegen ein geeigneter Strahlungsmesser. Ich verwende für die Versuche mit dem Leslie-Würfel ebenso wie für die späteren Strahlungsversuche eine hochempfindliche Thermosäule von MOLL in Verbindung mit einem Drehspul-Spiegelgalvanometer der Firma Leybold. Da diese Thermosäule in ihrer Wirkungsweise physikalisch interessant und in der Wissenschaft heute von besonderer Bedeutung ist, seien einige Worte zu ihrer Erklärung gesagt.

Die Thermosäule enthält auf einer kreisförmigen Fläche von 10 mm Durchmesser 17 Thermolemente, die aus Manganin- und Konstantanblechen hart zusammengeklötet und dann auf wenige μ Dicke ausgewalzt sind. Der innere Widerstand der Thermosäule ist 10 Ohm. Die Enden der Elementstreifen sind mit verhältnismäßig dicken Kupferklötzen verlötet. Die Oberfläche der Elemente ist geschwärzt.

Absorbiert ein derartiges Thermolement strahlende Energie, so erhöht sich die Temperatur des Streifens mit Ausnahme der mit dem massiven Kupfer verbundenen Enden. Es entsteht also ein Temperatursprung zwischen den beiden Lötstellen und damit eine elektromotorische Kraft, die unmittelbar proportional der Energie der Strahlung ist. Der besondere Vorzug der Thermosäule von MOLL ist, daß infolge der äußerst geringen Dicke der Bleche innerhalb etwa 2 Sekunden völliges Temperaturgleichgewicht erzielt wird. Die Thermosäule zeichnet sich also durch besonders geringe thermische Trägheit aus, was auch bei Schulversuchen sehr erwünscht ist. Weiterhin ist die Wärmeleitfähigkeit von Manganin und Konstantan gering. Die Temperatur der Lötstellen wird daher verhältnismäßig hoch, d. h. die Thermosäule ist auch sehr empfindlich.

Allerdings sind die Elemente der Thermosäule nicht linear angeordnet, was für Spektralversuche vorzuziehen wäre, es zeigt sich aber, daß die Thermosäule trotzdem gerade auch für Spektralversuche durchaus geeignet ist.

Um die hohe Empfindlichkeit und geringe Wärmeträgheit der Thermosäule voll auszunutzen, empfiehlt sich die Verwendung eines Galvanometers von hoher Spannungsempfindlichkeit und geringem inneren Widerstand, das sich schnell und aperiodisch, ohne zu kriechen, einstellt. Das oben erwähnte Instrument von Leybold hat sich hierfür als besonders günstig erwiesen. Die Thermosäule in Verbindung mit diesem Galvanometer hat eine solche Empfindlichkeit, daß die Strahlung einer kleinen Weihnachtskerze in 7 m Entfernung einen Galvanometerausschlag von etwa 50 cm bei einem Skalenabstand von 5 m hervorruft.

Wegen der hohen Empfindlichkeit der Thermosäule muß man bei den Versuchen etwas vorsichtig vorgehen, um Störungen zu vermeiden. Schon die Strahlung des

menschlichen Körpers ist so erheblich, daß dadurch beträchtliche Ausschläge des Galvanometers hervorgebracht werden. Ich verwende daher zum Nachweis der Abhängigkeit der Strahlung eines Körpers von seiner Farbe ein 1 m langes Papprohr von 6 cm Durchmesser, das ich waagrecht in 20 cm Höhe über der Tischplatte anbringe und an dessen einem Ende die Thermosäule einigermaßen luftdicht aufgestellt wird. Zu diesem Zweck schiebe ich nach Fig. 1 über den Reflektor der Thermosäule ein Stück weiße Pappe, in dem ich einen passenden kreisförmigen Ausschnitt angebracht habe. Dieser Pappschirm tut auch bei den späteren Versuchen gute Dienste. Bei Bewegung im Raum, beim Öffnen eines Fensters oder einer Tür treten unter Verwendung des Papprohres keine Ausschläge des Galvanometers mehr ein, solange nicht ein strahlender Körper in die Richtung des Rohrs gebracht wird.

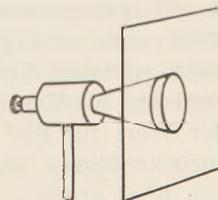


Fig. 1.

Der erste Versuch findet sehr einfach so statt, daß man den Leslie-Würfel oder dessen Ersatz mit kochendem Wasser füllt und dicht am Ende des Papprohres aufstellt (Fig. 2), so daß man ihn jedoch bequem drehen kann, beispielsweise unter Verwendung eines einfachen, drehbaren Tischchens. Kehrt der Würfel der Thermosäule seine schwarze Seite zu, so erhält man bei einer Temperatur, die inzwischen auf 80° gesunken sein mag, einen Ausschlag von etwa 2 m (immer bei 5 m Skalenabstand); dreht man jedoch den Würfel, so daß er der Thermosäule seine metallische Seite zuwendet, so geht der Ausschlag auf etwa 10 cm zurück (Gesetz von KIRCHHOFF). Infolge der geringen Einstelldauer der Anordnung kann man den Würfel in kurzen Abständen mehrmals drehen, so daß jeder Zweifel über die Richtigkeit des Versuchs ausgeschlossen ist¹.

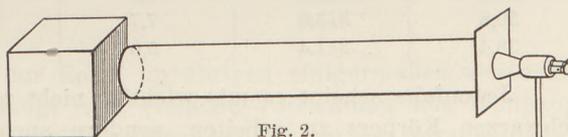


Fig. 2.

Verwendet man einen käuflichen Leslie-Würfel, dessen eine Seite weiß lackiert ist, so ist man zunächst geneigt zu erwarten, daß auch die weiße Seite nur wenig ausstrahlt. Der Versuch zeigt jedoch, daß diese Seite ebenso strahlt wie eine schwarze Fläche. Die scheinbare Abweichung von dem KIRCHHOFFSchen Gesetz erklärt sich dadurch, daß die weiße Lackschicht nur für sichtbares Licht weiß, für die langwelligen Wärmestrahlen dagegen, mit denen man es beim Leslie-Würfel zu tun hat, als schwarzer Körper wirkt, diese also nicht reflektiert. Man sollte daher beim Leslie-Würfel entweder die weiße Seite vermeiden oder aber sie benutzen, um nachzuweisen, daß Absorption und Reflexion Eigenschaften der Körper sind, die wesentlich von der Wellenlänge der Strahlung abhängen.

2. Die Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers.

Die gesamte Ausstrahlung eines schwarzen Körpers ist nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz proportional der vierten Potenz seiner absoluten Temperatur. Dabei ist jedoch vorausgesetzt, daß sich der betreffende schwarze Körper allein im Raum befindet. Jeder Körper, der eine höhere Temperatur hat, als dem absoluten Nullpunkt entspricht, strahlt also Wärme aus, was sich jedoch in einem im Temperaturgleichgewicht befindlichen Raum, wie beispielsweise im Klassenzimmer, nicht bemerkbar macht, weil hier jeder Körper durch Einstrahlung ebensoviel Energie aufnimmt, wie er durch Ausstrahlung abgibt. Eine mittels der Thermosäule nachweisbare Ausstrahlung eines Körpers setzt daher erst dann ein, wenn das Temperaturgleichgewicht aus irgend einem Grunde gestört ist. So ist z. B. die Wärmestrahlung der menschlichen Hand nur nachweisbar, weil die Hand wärmer ist als die sie umgebende Luft und die Thermosäule.

Um die Proportionalität der Strahlung mit der vierten Potenz der absoluten

¹ Bei diesem und den folgenden Versuchen ist das vor den Elementstreifen liegende Schutzscheibchen aus Glas herauszunehmen.

Temperatur nachzuweisen, muß man daher die Einstrahlung durch die Umgebung in Rechnung stellen. Ist T_1 die absolute Temperatur des erwärmten Körpers und T_2 die Temperatur der Thermosäule, so ist die auf sie gelangende Energie

$$E = \text{const.} (T_1^4 - T_2^4).$$

Die Richtigkeit dieser Formel läßt sich mit den gleichen Mitteln wie beim ersten Versuch leicht nachweisen, wobei nunmehr (auch aus Gründen der Meßgenauigkeit) nur die Strahlung der schwarzen Seite verwendet wird. In der folgenden Tabelle sind einige Messungen zusammengetragen, wobei an Stelle der Energie unmittelbar der Ausschlag des Galvanometers in willkürlichen Skaleneinheiten eingesetzt ist. Die Temperaturdifferenzen sind gegen die Zimmertemperatur von $t = 14,6^\circ \text{C}$ gebildet. Wie man sieht, stimmen die Quotienten der letzten Spalte recht gut überein, zumal mit Rücksicht auf die Vergrößerung der Fehler durch die Bildung der vierten Potenzen. Nur der Wert für $8,0^\circ \text{C}$ fällt erheblich heraus, was offenbar auf irgend eine Störung zurückzuführen ist. Eine zweite Messung bei der Zimmertemperatur 14°C mit Wasser von 6°C ergab den Quotienten 5,4.

| t | T | E | $T_1^{4,10^{-8}}$ | $T_1^4 - T_2^4$ | $\frac{T_1^4 - T_2^4}{E}$ |
|------|-------|-------|-------------------|-----------------|---------------------------|
| 14,6 | 287,6 | 0 | 68,4 | — | — |
| 8,0 | 281,0 | - 0,5 | 62,4 | 6,0 | (12) |
| 86,7 | 359,7 | 19,5 | 167,3 | 98,9 | 5,07 |
| 66,8 | 339,8 | 11,7 | 133,7 | 65,3 | 5,58 |
| 50,8 | 323,8 | 7,7 | 109,9 | 41,5 | 5,40 |
| 38,4 | 311,4 | 5,0 | 94,1 | 25,7 | 5,14 |

Jedenfalls scheint es mir wichtig, nicht nur mit der Strahlung eines erwärmten schwarzen Körpers zu arbeiten, sondern auch mit einem Körper, der eine tiefere Temperatur hat als das Zimmer, indem man beispielsweise das Blechgefäß mit recht kaltem Wasser füllt. Wie zu erwarten, gibt dann das Galvanometer einen Ausschlag in entgegengesetzter Richtung, man könnte also fast in Versuchung kommen, von einer „Kältestrahlung“ zu sprechen. In Wirklichkeit liegen die Dinge natürlich so, daß bei Anwesenheit eines kälteren Körpers die Thermosäule an diesen Energie durch Strahlung abgibt und sich dadurch abkühlt.

3. Die Energieverteilung im Spektrum.

Um ein brauchbares Spektrum zu erzeugen, verwendet man im allgemeinen einen Spalt, der kräftig beleuchtet wird, in der Regel mit Bogenlampe und Kondensator. Die Bogenlampe hat jedoch eine Reihe von Nachteilen, unter anderen den, daß die Temperatur ihres positiven Kraters nicht oder nur wenig reguliert werden kann. Ich verwende daher an Stelle einer Lampe mit Kondensator und Spalt eine Einfadenlampe, wie sie auch zur Beleuchtung von Galvanometern zu empfehlen ist, und zwar ist es zweckmäßig, für Spektralversuche eine Nitralampe von 100 Watt für 110 oder 120 Volt zu benutzen, wenn eine Netzspannung von 220 Volt zur Verfügung steht. Man muß dann zwar einen Vorschaltwiderstand gebrauchen, kann aber durch Änderung dieses Widerstands die Temperatur des glühenden Fadens nach Wunsch regulieren. Zu den folgenden Versuchen wurde eine Lampe für normal 120 Volt gebraucht, die also etwa 1 Amp. Strom verbraucht, und die ohne Schaden bis zu 135 Volt belastet wurde. Der Faden der Lampe ist allerdings weder ein schwarzer Körper noch völlig gerade. Durch Drehen der Lampe in eine geeignete Richtung wird jedoch der Faden hinreichend gerade abgebildet, und daß er kein schwarzer Körper ist, tut bei der Untersuchung der Energieverteilung im Spektrum keinen Schaden.

Durch die Verwendung einer solchen Einfadenlampe, deren glühender Draht an Stelle des sonst üblichen Spaltes tritt, erzielt man erhebliche Strahlungsenergie

ohne große Verluste durch Absorption im Kondensator. Zur Abbildung wurde bei den folgenden Versuchen eine Linse von 25 cm Brennweite und 6 cm Durchmesser benutzt, als Prisma ein Kronglasprisma von 30 mm Seite und 60 mm Höhe. Es zeigte sich, daß die Energie auch bei dem in den folgenden Versuchen verwendeten Abstand von 120 cm zwischen Prisma und Schirm noch durchaus genügte. Durch die Wahl der genannten Dimensionen erhält man ein sichtbares Spektrum von etwa 6 cm Breite, das also auch in einiger Entfernung gut zu erkennen ist.

Um ein schmales Wellenlängengebiet jeweils auszublenden, befestigte ich auf dem Trichter der Thermosäule einen etwa 2 mm breiten Spalt aus weißem Papier, den man innerhalb 2 Sekunden mit der Schere anfertigt. Die Thermosäule stellte ich auf das Ende eines aus einem Brett gebildeten schwenkbaren Hebels, dessen anderes Ende sich um die Achse des Prismas drehen ließ. An dem Brett wurde

zugleich eine Marke angebracht, durch die auf einem auf der Tischplatte befestigten Zollstock die jeweilige Stellung des Spaltes der Thermosäule abgelesen werden konnte. Bei den Versuchen ist es nämlich wichtig, daß man sich nicht etwa zur Beobachtung des Spektrums vor der Thermosäule bewegt. Ferner muß die Einfadenlampe so weit abgeblendet werden, daß nur ein schmales Lichtbündel heraustritt, das gleichzeitig zur allge-

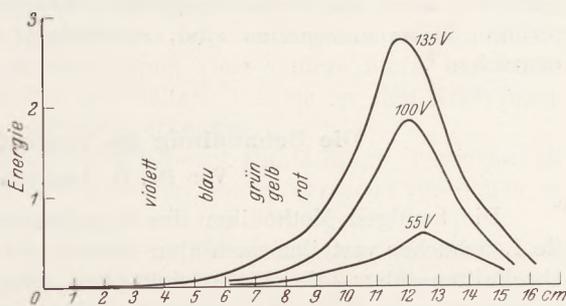


Fig. 3.

meinen Beleuchtung dient, während der Raum im übrigen einigermaßen verdunkelt wird. Zum Ablenden der Lampe genügt eine einfache Vorrichtung aus Wellpappe mit einem etwa 3 mm breiten Schlitz. Vollständige Abschirmung des Strahlenganges ist nicht notwendig, wenn man nicht Wert auf besondere Genauigkeit der Ergebnisse legt. Von der Sauberkeit der Anordnung kann man sich leicht überzeugen, wenn man versuchsweise einige Messungen macht. Sind die Messungen genau reproduzierbar, so darf man mit der Anordnung zufrieden sein.

In Fig. 3 sind einige Kurven wiedergegeben, die mit der beschriebenen Anordnung erhalten wurden. Schon auf den ersten Blick tritt das starke Maximum der Strahlung weit außerhalb des sichtbaren Gebietes deutlich in Erscheinung. Die Kurven zeigen ferner die gewaltige Zunahme der Energie mit der Steigerung der Temperatur, die durch die Spannung an der Lampe gemessen wurde. Endlich ist auch deutlich die Verschiebung des Strahlungsmaximums nach kurzen Wellenlängen zu mit steigender Temperatur zu erkennen.

Die Gesetze, die durch die Kurven der Fig. 3 ausgedrückt werden, sind das Wiensche Verschiebungsgesetz, das aussagt, daß die dem Maximum der Strahlung entsprechende Wellenlänge umgekehrt proportional der absoluten Temperatur ist:

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const.},$$

und das Gesetz für die Energie bei λ_{\max} :

$$E_{\max} = \text{const.} \cdot T^5.$$

Diese Gesetze gelten allerdings streng nur für den absolut schwarzen Körper. Um sie aus den Kurven der Fig. 3 ableiten zu können, müßten zunächst die Wellenlängen ermittelt werden, die den vorläufig willkürlichen Abszissen entsprechen. Aber auch dann würden sich die Gesetze nicht genau ergeben, weil, wie schon bemerkt, der Wolframfaden kein schwarzer Körper ist, und weil durch die Verluste an Strahlungsenergie im Glas der Linse und des Prismas unkontrollierbare Änderungen eintreten.

Dazu kommt noch der wesentliche Nachteil, daß bei Verwendung eines Prismas zur Erzeugung des Spektrums keine auch nur annähernd lineare Verteilung nach Wellenlängen eintritt, sondern daß die roten Strahlen beträchtlich mehr zusammengedrängt werden als die blauen. So tritt im infraroten Gebiet verhältnismäßig mehr Energie durch den Spalt in die Thermosäule ein, als im sichtbaren Gebiet, und das Maximum der Energiekurve erscheint zu hoch und zu weit vom sichtbaren Spektrum weg verschoben. Um einen Überblick zu gewinnen, welche Größenordnung der dadurch entstehende Fehler hat, habe ich versucht, mit bedeutend empfindlicheren Hilfsmitteln, deren Anschaffung des Preises wegen für Schulen im allgemeinen nicht in Frage kommt, die gleichen Versuche mit einem Gitterspektrum auszuführen. Die Energie war aber mit einem auf Glas geätzten Gitter trotz recht guter Lichtstärke so gering, daß keine verwertbaren Ergebnisse zu erzielen waren. Da die obigen Versuche aber die Strahlungsgesetze wenigstens qualitativ wiedergeben und mit geringer Mühe anzustellen sind, so dürften sie für die Zwecke der höheren Schule ausreichen¹.

Die Behandlung des Magnetismus im Unterricht.

Von Dr. H. Aschenborn in Bonn.

Die heutigen Methodiker des Physikunterrichtes z. B. K. HAHN und somit auch die Lehrbücher verteilen nach alter Tradition die Lehre vom Magnetismus in getrennten Abschnitten über die Elektrizitätslehre. K. HAHN empfiehlt folgenden Lehrplan: 1. Magnetismus, 2. Elektrostatik, 3. Influenz, 4. Einführung in die Elektrodynamik, die elektromagnetischen Meßinstrumente, 5. die Gesetze des Stromkreises, 6. Strom, Magnetfeld und Bewegung, 7. die stromerzeugenden Maschinen, 8. elektrische Energieumwandlung, Elektromotore, 9. elektrische Zeichenübermittlung.

Solche Vierteilung eines innig zusammenhängenden Tatsachenkomplexes belastet den Lehrgang mit Um- und Irrwegen, beansprucht mehr das Gedächtnis als die Denktätigkeit und erregt daher den Wunsch, durch Herstellung der natürlichen Einheit der Ökonomie der Arbeit mehr als bisher Genüge zu tun.

K. HAHN erteilt der Magnetostatik die Sonderaufgabe, den Begriff magnetisches Kraftfeld herauszuarbeiten. Dieser Begriff ist keine Vorbedingung für das Verständnis des elektrischen Kraftfeldes, für das genügende Unterrichtsversuche zur Verfügung stehen. Ebenso wenig ist die Magnetostatik eine Voraussetzung für die Einführung in die strömende Elektrizität.

„Die Parallele von Magneto- und Elektrostatik ist vorzüglich geeignet, das Charakteristische beider deutlich hervortreten zu lassen.“ Wird diese Parallele — wohl das eigentliche Motiv für die Abtrennung der Magnetostatik — wirklich das charakteristisch Unterschiedliche vom typisch Gemeinsamen zu scheiden vermögen? Die unterscheidende Grundtatsache, daß die elektrischen Erscheinungen in einer Eigenschaft der Materie ihre Ursache haben, die magnetischen aber die Äußerungen eines Vorganges, des elektrischen Stromes, sind, kann hier noch nicht festgestellt werden. Das Gemeinsame beider liegt in der mehr äußerlichen Erscheinung, daß beide Zustände durch Anziehung und Abstoßung erkannt werden. K. HAHN warnt daher ausdrücklich vor der Verwechslung von Parallele und Analogie im Vorgehen, eine Warnung, die den Schüler nicht sicher vor Irrwegen schützt.

Die Schüler werden zu den konkreten Teilchen der Elektrizität eine Analogie im Magnetismus suchen, zumal K. HAHN und E. GRIMSEHL sich genötigt sehen, die Theorie der Molekularmagnete in der Unterstufe zuzulassen. Beide wünschen zwar, aus dieser Not eine Tugend zu machen, indem sie später das Werden und Vergehen einer

¹ Die Thermosäulen nach Professor MOLL (Utrecht) werden von der Firma Kipp & Zonen, Delft, hergestellt, deren Vertretung für Deutschland die Firma E. Leybolds Nachfolger A.G., Köln und Berlin, hat.

Theorie an diesem Beispiel aufzeigen, ohne sicher zu sein, daß der Schüler dann aus der Verwirrung seiner Molekularvorstellung herausfindet.

Von der Elektrostatik findet der Schüler den anschaulichen Übergang zur Elektrodynamik, indem er sich die elektrischen Ladungen fließend vorstellt. Der Schüler wird eine ähnliche Gedankenbrücke zwischen Magnetostatik und Elektromagnetismus erwarten und nicht leicht einsehen, daß diese beiden Erscheinungsgruppen ihrem Wesen und ihren Äußerungen nach qualitativ ein und dasselbe sind. Die Magnetostatik im bisherigen Sinn, ein alter Zopf der Fluidumhypothese, hat keine eigene Daseinsberechtigung mehr. Der ganze Magnetismus ist statisch, solange nicht, wie in der Elektroinduktion, die Wirkung sich ändernder Magnetfelder untersucht wird.

In einer Beziehung wäre die Parallele der Magneto- und Elektrostatik bedeutsam; aber gerade hier versagen die Versuche. Die Schüler erfahren durch eigene Beobachtung, daß alle Stoffe elektrisch, daß aber nur Eisen magnetisch gemacht werden kann. Sie werden sich erst einprägen, Magnetismus ist eine Eigenschaft des Eisens, bis sie später sehen, daß ein kräftiger Elektromagnet viele andere Stoffe beeinflußt. Sie werden die Pole für Zentren materieller Art halten, bis sie in den Kraftlinienbildern eines Solenoids diese als fingierte Punkte erkennen.

Der Elektromagnetismus bietet viel anschaulichere, sinnfälligere Versuche als die Magnetostatik. Wäre es nicht didaktisch richtiger, solche Versuche vor denen zu zeigen, die eine genauere, verständnisvollere Beobachtung verlangen?

Die Erscheinungen der Magnetostatik werden im Elektromagnetismus wiederholt. Der Lehrer wird solche Wiederholungen nicht unter dem Zwange einer starren Methodik, sondern nach eigenem Bedarf einrichten wollen. Es liegt kein Grund vor, ihm hier diese Freiheit zu nehmen, die ihm sonst zugebilligt wird.

Dem Einwande, daß schon vor dem geschlossenen Lehrgang des Magnetismus die Strommeßinstrumente benötigt werden, begegnet die starke Neigung der Methodiker E. GRIMSEHL, K. HAHN und B. BAVINK, die Elektrodynamik mit der Wärmeerzeugung des Stromes zu eröffnen. Damit wird dem Lehrer sofort das Hitzdrahtampèremeter in die Hand gegeben. Die elektromagnetischen Meßinstrumente verlangen ohnehin die Kenntnis des Magnetismus.

Zwischen die elektromagnetischen Meßinstrumente und die Elektromotore legt K. HAHN den ganzen übrigen Lehrgang der Elektrodynamik. Und doch macht schon ein Kommutator, also nur eine besondere Stromführung aus einem Drehspulgalvanometer einen Elektromotor. Für dessen Verständnis ist bei den Meßinstrumenten schon die ganze Vorarbeit geleistet. Zudem sind die viel größeren Schwierigkeiten, die die stromerzeugenden Maschinen dem Verständnis entgegenstellen, mit der Kenntnis der stromverbrauchenden Maschinen schon zum großen Teil fortgeräumt. Beide Maschinen werden dann zusammen durch das Gemeinsame ihrer Arbeitsweise wie ihrer wirtschaftlichen Bedeutung Magnetismus und Induktion noch einmal verknüpfen.

Durch die Zersplitterung des Unterrichtsganges werden Tatsachenkomplexe in beziehungslose Erscheinungen aufgelöst. Die Anziehung bzw. Abstoßung der Pole, die Untrennbarkeit von Nord- und Südmagnetismus, die Kraftwirkung zwischen Strom und Magnet, alle Richtungsregeln, die Magnetinduktion und anderes lassen sich ihrer Qualität nach aus einem Fundamentalversuch: der magnetischen Wirkung des Stromes, logisch und anschaulich entwickeln. Der alte historische Weg ist in diesem Gebiet nicht der kürzeste und durchsichtigste zur Einsicht, wie K. HAHN ihn verlangt.

Diese Vorschläge entsprechen der methodischen Forderung der Konzentration des Faches in sich, sowie der Forderung des Arbeitsunterrichtes. Nur da ist Arbeitsunterricht möglich, „wo ein Stoff zum Problem gemacht werden kann“. Isolierte Beobachtungstatsachen, die nicht als Folge einer früheren Beobachtung gedeutet werden können, bieten kein Problem. Je inniger aber sich Erkenntnis an Erkenntnis schließt, um so weniger wird das Gedächtnis, um so mehr wird der Arbeitwille der Schüler in Anspruch genommen.

Das Skelett eines solchen Lehrganges des Magnetismus sei nun skizziert.

1. Fundamentalversuch: die dynamische Wirkung zweier paralleler Ströme aufeinander. Entgegengesetzte Ströme stoßen sich ab, gleichgerichtet ziehen sie sich an. Aus diesem Grundversuch lassen sich die übrigen Erscheinungen erschließen.

Gekreuzte Ströme werden sich parallel und gleichgerichtet einzustellen streben. Versuch!

2. Zwei stromdurchflossene Rechtecke verhalten sich entsprechend. Umdrehen des einen kehrt auch die Wirkung um. Die Kraft ist also räumlich polar zum Rechteck verteilt. Die Resultante ist ein Kraftpfeil in der Mittelsenkrechten, dessen Richtung von der Stromrichtung bestimmt wird.

3. Das Solenoid zeigt eine unerwartete Erscheinung: es stellt sich in Nord-Südrichtung ein. Bei Stromumkehr wendet es sich. Die Polflächen sind frei von Materie und lassen gar nicht erst stoffliche Vorstellungen aufkommen.

Ein Stromfaden längs einer Mantellinie des Solenoids ruft die Wirkung gekreuzter Ströme hervor. Über und unter dem Solenoid führt er daher zu jedesmal entgegengesetzter Bewegung. Die Ampèresche Schwimmerregel ergibt sich als Folge des Grundversuches.

Bei zwei gekreuzten Solenoiden kreuzen sich auch die benachbarten Leitungstücke. Sie stellen sich daher parallel und gleichsinnig und drehen dabei ungleichnamige Polflächen aufeinander zu. Zwei Solenoide, axial hintereinander gebracht, verhalten sich wie parallele Stromrechtecke. Die Tatsache der Anziehung ungleichnamiger, der Abstoßung gleichnamiger Pole, bisher eine Aufgabe für das Gedächtnis, ist hier als denknötwendige Folge dargetan.

4. Ein Eisenkern im Solenoid wirkt wie eine Stromverstärkung quantitativ, in keiner Weise qualitativ verändernd. Er behält seine magnetische Kraft — je härter er ist, um so länger — und wird selbst daher wie eine Stromspule auch ein anderes Eisenstück induzieren. Auch die übrigen Stoffe reagieren magnetisch, wenn auch viel schwächer.

Die Frage nach der Trennbarkeit des Nord- und Südmagnetismus hat in diesem Lehrgang so wenig Sinn, wie die nach der Teilbarkeit der Richtung eines Pfeiles. Dieses Grundkriterium des Magnetismus gegenüber den elektrischen Ladungen ist hier selbstverständlich.

5. Wie die Magnetonen werden sich auch die Teilchen des Eisenfeilichtes einstellen. Sie werden daher konzentrische Kreise um die Strombahn bilden. Zwei parallele Ströme werden bei gleicher Stromrichtung die Eisenteilchen zwischen sich im Sinne der Anziehung also in ihre Verbindungsebene drehen, bei entgegengesetzter Stromrichtung dazu senkrecht anordnen. Aus diesen Kraftlinienbildern setzt sich das des Solenoids zusammen. Von genügender Entfernung eines Solenoidendes aus scheinen die Linien von einem Punkt, dem Pole, auszustrahlen. Beim Bilde des permanenten Magneten bleiben die inneren Kraftlinien natürlich unsichtbar. Induziertes Eisen wird zum Magneten und liefert die gleichen Bilder.

6. Die Theorie der Ampèreschen Kreisströme, d. h. der schwingenden Elektronen innerhalb der Moleküle ergibt sich hier von selbst aus den Kreisströmen des Solenoids.

7. Wie der Strom, bzw. eine Stromspule, auf den Magneten dynamisch wirkt, so wirkt natürlich der Magnet auf jene. Für die elektromagnetischen Meßinstrumente, wie für die Elektromotore ist das Verständnis damit vorbereitet.

In diesem geschlossenen Lehrgange braucht die Induktion nicht hinter der Deduktion zu kurz zu kommen. Der Arbeitsunterricht verfährt deduktiv, wenn das gestellte Problem vom Schüler gelöst und im Experiment bestätigt wird — induktiv, wenn das Experiment eine unerwartete Antwort gibt und deren Begründung verlangt. So wird es sehr häufig von der Begabung und der Mitarbeit der Schüler abhängen, auf welchem der beiden Wege sie zu Erkenntnissen gelangen. Niemals ist aber ein Arbeitsunter-

richt möglich, wo es keine gedankliche Brücke zwischen den gewonnenen Erkenntnissen gibt. Es ist daher nach K. HAHN „Aufgabe der Methodik, so lange nach einer Lösung zu suchen, die ein lückenloses Vorwärtsschreiten gestattet, bis sie gefunden wird“.

Röntgenaufnahmen mit schulmäßigen Mitteln.

Von L. Reich in Berlin.

Der Wert der Röntgenphotographie für medizinisch-diagnostische Zwecke ist heute allgemein anerkannt. Sie darum auch in den naturwissenschaftlichen Schulunterricht einzuführen, dürfte zur allgemeinen Orientierung empfehlenswert sein. Selbstverständlich kommen dafür nur die einfachsten Apparate, wie sie in den Schulen vorhanden sind, in Betracht: entweder eine Influenzmaschine, am besten mit elektrischem Antrieb, oder ein Induktor mit WAGNER'schem Hammer, der besser durch einen



Fig. 1. Fledermaus.

DESPREZ'schen Unterbrecher zu ersetzen ist. Einen dieser etwa vorhandenen Apparate verbindet man durch Drähte oder Ketten mit einer kleinen Röntgenröhre, die man für 15 bis 20 Mk. beim Optiker erhält. Dabei muß man auf die richtige Polung achten, die man daran erkennt, daß im halbdunklen Zimmer die Glaskugel der Röhre zur Hälfte hellgrün aufleuchtet, während sich bei umgekehrtem Anschluß unregelmäßige Striche und Ringe bilden. Als Anhaltspunkt für die Größe der Röntgenröhre diene folgende Angabe: eine Influenzmaschine mit einem Scheibendurchmesser von 40 cm oder ein Induktor mit 5 cm Funkenlänge erfordern eine Röhre mit einem Durchmesser von 8 cm. Zu beachten ist ferner, daß die Influenzmaschine mit eingeschalteten Leydener Flaschen verwendet wird, und es ist zu empfehlen, eine Funkenstrecke von 2 bis 3 mm zwischen zu schalten.

Als photographisches Material benutzt man zweckmäßig doppeltbegossenen Röntgenfilm, wie ihn z. B. die Agfa in den Handel bringt. Durch seinen zweiseitigen Guß erlaubt er eine weit kürzere Expositionszeit als anderes photographisches Material. Im verdunkelten Raum entnimmt man der Packung einen Film, den man in doppeltes schwarzes Papier wickelt. Dabei ist zu beachten, daß der Filmkarton nicht in der Nähe der Röntgenröhre liegen bleibt und so vorbelichtet wird; denn es dürfte bekannt sein, daß die Röntgenstrahlen ungehindert den ganzen Karton durchdringen.

Was die Wahl der Objekte anlangt, so ist davon abzuraten, öfters dieselben menschlichen Glieder, etwa die Hand, zu benutzen, da bekanntlich die Summierung von Röntgenstrahlen zu Schädigungen führen kann. Die Energien für einzelne Aufnahmen sind jedoch so geringe, daß Überängstlichkeit unnötig ist. Interessanter sind

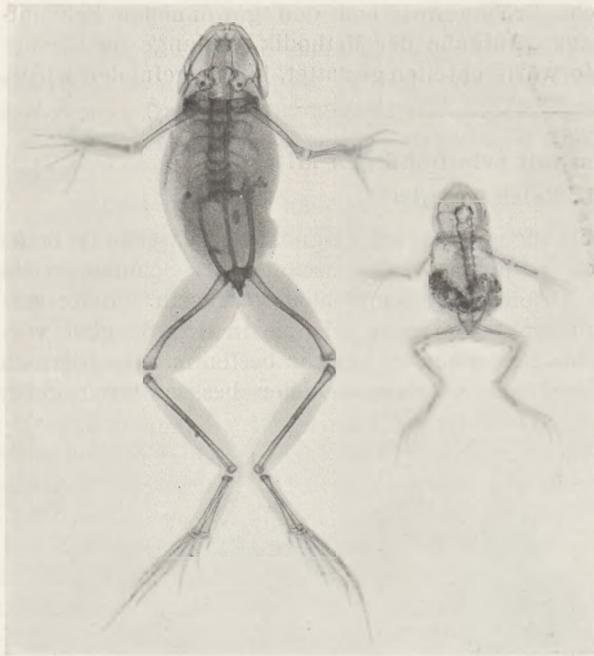


Fig. 2. Frösche.

Aufnahmen zoologischer Objekte, beispielsweise Fledermäuse, Frösche, wie sie die beigegebenen Figuren darstellen, Salamander u. dergl., die man zweckmäßig vorher tötet. Man dürfte für solche Aufnahmen je nach der Größe der Apparatur etwa 2 bis 8 Minuten Belichtungszeit brauchen bei einer Fokus-Film-Distanz von etwa 25 cm. Der Film wird dann in der Dunkelkammer in Rodinal 1:20 oder Glycin 1:4 entwickelt, wobei er öfter gewendet werden muß. Glycin braucht etwa 5mal so viel Zeit zur Ausentwicklung. Danach wird der Film in der üblichen Weise gespült, fixiert, gewässert und getrocknet.

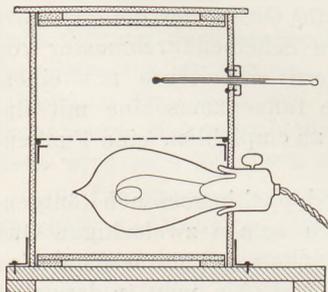
Anstatt der photographischen Aufnahmen kann man selbstverständlich auch durch die Fluoreszenz eines Baryumplatincyanschirms im verdunkelten Raume eine Röntgendurchleuchtung vor-

führen. Doch ist auch dabei zu beachten, daß nicht längere Zeit hindurch dasselbe menschliche Objekt benutzt wird. Sehr hübsch ist es, hierfür ein mit Münzen gefülltes Portemonnaie oder einen Reißzeugkasten zu gebrauchen.

Für die Praxis.

Elektrisch beheiztes Luftbad zur Selbsterstellung. Von W. Flörke in Gießen.

— Mit einfachen Mitteln kann man sich leicht ein brauchbares elektrisch beheiztes Luftbad herstellen, das bequem in der Anwendung und sicher im Betrieb ist und keinerlei Wartung braucht. Auf ein rechteckiges Brett von geeigneter Größe nagelt



man unter Zwischenschaltung von zwei doppelten Asbestpappstreifen ein rechteckiges Stück Asbestpappe, das den Boden des Luftbades bildet (siehe die Figur). Aus 4 weiteren Stücken Asbestpappe fügt man die Seitenwände zusammen. Die Stücke werden aneinander gefügt mit Hilfe von winklig gebogenen Blechstreifen. Diese werden mittels Durchschlags mit Löchern versehen, durch die später Drahtklammern hindurchgesteckt werden, die nach dem Umschlagen Blech und Asbest fest verbinden. Man steckt die Drahtklammern (2 × 3 an jeder Ecke) erst durch den Asbest und dann durch den Blechstreifen und schlägt die Enden auf den Blechstreifen

um. Das aus den Seitenwänden gebildete Prisma wird so groß gemacht, daß es über den Asbestboden gestülpt werden kann. Ehe man es auf dem Grundbrett befestigt, werden auf einer Seite runde Öffnungen ausgeschnitten, durch die später die Fassungen der Heizglühlampen gesteckt werden. Diese Fassungen werden einfach durch Zwischenklammern der Asbestwand zwischen Porzellanring und Metallfassung befestigt. Die Seitenwände werden durch je einen Blechwinkel, der außen auf dem Grundbrett aufgenagelt

oder aufgeschraubt wird, mit Hilfe von Drahtklammern befestigt. Als Klammerdraht eignet sich galvanisierter Eisendraht von 1,5 bis 2 mm Durchmesser. Für die Blechstreifen und Winkel benutzt man kräftiges verzinktes Eisenblech. Für den Deckel des Luftbades benötigt man zwei Asbestscheiben. Davon paßt die eine gerade in den Kasten des Luftbades, die andere steht ringsum etwa 1 cm über. Die beiden Scheiben werden unter Zwischenschalten von 2 doppelten Asbeststreifen mittels Drahtklammern verbunden. An den Seitenwänden werden innen mit Drahtklammern 4 Blechwinkel in geeigneter Höhe befestigt. Auf diese Winkel legt sich ein Drahtrahmen, der mit weitmaschigem Drahtnetz überzogen wird, und zur Aufnahme der zu erwärmenden Gegenstände dient. An einer Seitenwand befestigt man über einem Loch außen einen durchbohrten Kork mit zwei Schraubchen, die man von innen her einschraubt. Der Kork hält das Thermometer. Bringt man noch ein kleines Glimmerfensterchen an, so kann man jederzeit von außen feststellen, ob die Lampen brennen. Als Heizlampen benutzt man normale Kohlefadenlampen. Durch geeignete Wahl der Lampen kann man die gewünschte Temperatur erhalten.

Ich benutze solche Luftbäder verschiedener Größe seit mehr als 10 Jahren im Laboratorium und bin immer sehr zufrieden damit gewesen. Die Maße eines Modells seien noch angeführt. Länge 20 cm, Breite 15 cm, Höhe 20 cm. Höhe der Fassungsmitte über dem Boden 5 cm. Grundbrett 25 × 25 cm. 2 Kohlefadenglühlampen von 10 bzw. 32 HK. Erreichte Temperaturen 60 bzw. 80 bzw. 110 Grad. Als Fassungen verwendet man zweckmäßig Hahnfassungen, so daß man jede Glühlampe einzeln schalten kann. Bei 2 Lampen hat man dann 3 verschiedene Temperaturen. Auch höhere Temperaturen lassen sich erreichen, nur muß man dann ausschließlich Asbest und Metall als Baustoffe verwenden. Dann eignen sich die Heizkörper der sogenannten elektrischen Sonnen, die in jede Glühlampenfassung passen, als Wärmequelle. Auch für niedrige Temperaturen, wie sie für biologische Zwecke (40 Grad) gebraucht werden, lassen sich solche Luftbäder herstellen. Man kann dann sogar die Asbestpappe durch gewöhnliche Pappe ersetzen. So gab ein Bad in den Abmessungen 10 × 10 × 20 cm konstant 42 Grad bei Verwendung einer 15 Watt-Metalldrahtlampe.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Über ein Bellatidynamometer sehr hoher Empfindlichkeit¹. Bericht von CARL HEINRICH in Berlin.

Die vorliegende experimentelle Arbeit beschäftigt sich eingehend mit der Verbesserung eines Meßinstruments, dessen Konstruktionsprinzip 1883 von BELLATI angegeben wurde, und das nach ihm als Bellatidynamometer benannt wird. In dem magnetischen Felde einer Stromspule befindet sich, an einem Faden drehbar aufgehängt, ein Stück weiches Eisen — die sog. „Nadel“ —, das wesentlich in der Richtung der Spulenchse ausgedehnt ist. Die Längsachse der Nadel ist gegenüber der Richtung der magnetischen Kraftlinien der Spule um 45° gedreht. Fließt ein Strom durch die Spule, so wirkt ihr magnetisches Feld in zweifacher Weise auf die Nadel ein. Einerseits magnetisiert die der Achse des Weicheisens parallele Komponente des Magnetfeldes das Weicheisen in seiner Längs-

richtung, andererseits übt die zu der Achse des Weicheisens senkrechte Komponente auf das Eisenstück eine ablenkende Kraft aus. Wie man sich sofort klar machen kann, wird der Sinn der Ablenkung durch Änderung der Stromrichtung der Spule nicht geändert, da sich mit dem erregenden Magnetfeld gleichzeitig die Magnetisierung im Weicheisen umkehrt. Das Bellatidynamometer ist daher für Wechselstrommessungen geeignet.

Ein Vergleich mit einem Nadelgalvanometer zeigt, daß sich das Bellatidynamometer von diesem durch die Verwendung weichen Eisens und durch die Schrägstellung der Nadel unterscheidet.

Nach dem genannten Prinzip hat GILTHAY im Jahre 1885 zuerst ein Instrument gebaut, das später (1901) von M. WIEN verbessert wurde, der die inzwischen bei dem Bau von empfindlichen Galvanometern gewonnenen Erfahrungen auf den vorliegenden Fall übertrug. Eine Reihe neuer theoretischer und experimenteller Erkenntnisse auf dem Gebiet des Galvanometerbaues und der magnetischen Eigenschaften von Weicheisen-

¹ Nach der gleichnamigen Arbeit von ALFRED PFEIFFER: Ann. der Physik (4) Bd. 84, S. 395 bis 428, 1927. S. dort auch die Literatur.

Jegierungen ließen abermals die Möglichkeit einer Verbesserung des Bellatiinstruments erhoffen. In dieser Erkenntnis gab daher Prof. NERNST die Anregung zu der vorliegenden experimentellen Untersuchung.

Die Theorie des Bellatiinstruments hat für kleine Ausschläge GILTHAY entwickelt. Es bedeute: α den Drehwinkel der Nadel, M das magnetische Moment der Nadel, D die zum Drehwinkel Eins gehörige Direktionskraft und H das magnetische Feld im Innern der Spule. Dann gilt:

$$\alpha = \frac{H \cdot M}{2 D} \dots \dots \dots (1)$$

H läßt sich durch den Ausdruck $c \cdot i$ darstellen, wo bei Wechselstrom der Effektivwert einzusetzen ist, und sich die „Spulenkongstante“ c auch durch den Widerstand W der Spule in der Form $c = \cdot c' \sqrt{W}$ ausdrücken läßt. — Bezeichnet weiter v das Eisenvolumen der Nadel und k die Suszeptibilität des Eisens, so läßt sich M gleichsetzen dem Werte $M = v \cdot k \cdot H \cdot \cos 45^\circ$. Führt man weiter statt der Direktionskraft D die (halbe) Schwingungsdauer T und das Trägheitsmoment K des schwingenden Systems ein, so wird nach einer kleinen Umformung, die die Kleinheit des Ausschlagswinkels α voraussetzt:

$$\alpha = \frac{1}{2 \pi^2} \cdot \frac{v \cdot k \cdot c^2 \cdot T^2}{K} \cdot i^2 \dots \dots (2)$$

Die Ausschläge wachsen also mit dem Quadrat der Stromstärke. — Unter der „Empfindlichkeit“ soll wie üblich der Strom verstanden werden, der bei Spiegelablesung auf der ein Meter entfernten Skala eine Verschiebung des Lichtzeigers um ein Millimeter bewirkt. — So erreichte M. WIEN bei einer (halben) Schwingungsdauer von 5 Sek. und einem Spulenwiderstand von 800 Ohm eine Empfindlichkeit von $1,16 \cdot 10^{-6}$ Amp.

Wichtig sind weiter die magnetischen Verhältnisse im Bellatiinstrument; vor allem wesentlich ist die Tatsache, daß das Weicheisen ausschließlich kleinen Feldern ausgesetzt wird, für die die Permeabilität konstant, d. h. unabhängig von der Feldstärke und der Größe ihrer Änderung sowie der Vorgeschichte des Eisens ist, und Hysteresiserscheinungen nicht vorhanden sind. Daher bedingt das Vorhandensein von permanentem Magnetismus im Weicheisen, sowie ein nicht zu starkes äußeres Magnetfeld (— Erdfeld —) nur eine Änderung der Direktionskraft. Allerdings bewirken diese Fremdeinflüsse weiter, daß der Gleichstromausschlag im allgemeinen vom Wechselstromausschlag gleicher Effektivstärke verschieden und beim Gleichstrom von der Stromrichtung abhängig ist. „Indessen stimmt bei nicht zu weit auseinanderfallenden Ausschlägen das arithmetische Mittel der Gleichstromausschläge mit dem Ausschlag für den Wechselstrom gleicher effektiver Stärke annähernd überein.“ Die zunächst theoretisch hergeleiteten Ergebnisse werden in der Arbeit durch Messungen belegt.

Diese Messungen konnten selbstverständlich erst durchgeführt werden, nachdem es gelungen war, die Einflüsse äußerer magnetischer Störungen

vom Instrument fernzuhalten, die schon bei verhältnismäßig unempfindlichen Modellen ein Schwanken des Nullpunktes von einigen Zentimetern bei einem Skalenabstand von einem Meter bewirkten. Der Gedanke, das Erdfeld unwirksam zu machen durch Einstellung der Nadel in eine Richtung senkrecht zum magnetischen Meridian, liegt nahe; doch zeigen Versuche und eine theoretische Überlegung, daß durch eine solche Einstellung die Störungsausschläge gegenüber der meridionalen Lage der Nadel nicht verringert werden. Wirksam ist nur eine Astasierung des Erdfeldes mit Hilfe eines Stabmagneten, der ein dem Erdfeld im Mittel gleich großes, aber entgegengesetzt gerichtetes Feld an der Stelle der Nadel erzeugt. Für die hochempfindlichen Instrumente ist auch dieser Störungsschutz noch nicht ausreichend. Vielmehr führte hier erst die Anwendung der Weicheisenpanzerung des Instruments nach DU BOIS und RUBENS zum Ziele. Diese ist hier (— bei Abwesenheit von permanentem Magnetismus —) besonders wirksam, werden doch durch den Panzer sowohl das Erdfeld als auch die Störung auf den n -ten Teil ihrer Stärke herabgesetzt, so daß die resultierende Schwankung, die dem Produkt beider Größen proportional ist, auf den n^2 -ten Teil sinkt. — Mechanische Störungen wurden unwirksam gemacht durch eine Aufhängung des Instruments in der Art, wie sie JULIUS allgemein für empfindliche Instrumente angegeben hat.

Das Problem der Empfindlichkeitssteigerung des Instruments faßt man am besten von Formel (2) aus an. Diese zeigt zunächst, daß der Ausschlag bei konstantem Strom um so größer ist, je höhere Werte die Anfangssuszeptibilität k annimmt. Ein in dieser Hinsicht besonders günstiges Material liegt vor allem in der zu 78% aus Nickel bestehenden Legierung „Permalloy“¹ vor, das bei geeigneter thermischer Behandlung eine Anfangssuszeptibilität von 500 bis 600 ergibt gegenüber Werten von 10 bis 20 bei weichem Eisen. Die Sachlage wäre ungemein günstig, wenn nicht eine Erscheinung störend dazwischen treten würde, die man gewöhnlich als „Entmagnetisierung“ bezeichnet, und die darin besteht, daß in jedem Magneten der freie Magnetismus der Pole das Feld im Innern des Magneten schwächt. An die Stelle der wahren Suszeptibilität k tritt dadurch die kleinere scheinbare Suszeptibilität k' , die mit dem sog. „Entmagnetisierungsfaktor“ N des Magneten durch die Beziehung verknüpft ist:

$$k' = \frac{k}{1 + k \cdot N}$$

Hier hängen N und damit auch k' wesentlich von der Form des Magneten ab. So war mit der Wahl der günstigen Legierung Permalloy die Arbeit nicht erledigt, sondern es kam nunmehr darauf an, dem Nadelssystem eine solche Form zu geben, daß die Entmagnetisierung möglichst klein, also k' möglichst groß wurde. Zunächst

¹ ARNOLD und ELMEN: Permalloy, an alloy of remarkable magnetic properties. Electrician, S. 669 u. 672, 1923.

dachte man daran, die Entmagnetisierung dadurch zu verkleinern, daß man nach dem Vorbilde von DU BOIS, RUBENS und PASCHEN die Nadel in ein System möglichst dünner, voneinander getrennter Teile auflöste (40 Permalloydrähtchen, 3 mm lang, 0,1 mm dick; Höhe des Systems 8 mm). In der Tat erreichte man dadurch eine Steigerung der Empfindlichkeit (— Instrument A —), doch zeigten weitere Überlegungen und Versuche, daß man die Drähte des Systems weiter als bisher auseinanderrücken mußte, um eine Erhöhung der scheinbaren Suszeptibilität zu erreichen. Da dies konstruktiv nicht möglich war, so mußte man zu einer Verminderung der Zahl der einzelnen Drähte schreiten und gelangte hierbei schließlich zu einer Konstruktion, die wesentlich als Nadel ein Permalloydrähtchen von 3 mm Länge und 0,1 mm Dicke enthielt, das an einem Quarz-faden von 2 μ Durchmesser aufgehängt war (— Instrument B —). Allerdings bedeutet eine Verminderung des wirksamen Eisenvolumens v eine Abnahme der Empfindlichkeit (— s. Gl. 2 —), doch wird dieser Einfluß durch die gleichzeitig hiermit eintretende Verringerung des Trägheitsmomentes K ausgeglichen. Ja, man erreichte durch Anwendung eines sehr kleinen Spiegels (1 mm \times 1 mm), der eine besondere Methode der Ablesung notwendig machte, daß K stärker abnahm als v , woraus eine Erhöhung der Empfindlichkeit folgte (— s. Gl. 2 —). Schließlich gelang eine weitere Steigerung der Empfindlichkeit dadurch, daß man als Spulenkern in geeigneter Weise magnetisch weiches Material verwandte (— Instrument C —). Dies setzt voraus, daß jede Spur von permanentem Magnetismus sowohl aus dem Weicheisen der Spule als auch dem der Nadel entfernt ist.

Eine Übersicht möge die Abschnitte der erreichten Empfindlichkeiten erläutern. Dabei beziehen sich die Werte auf 1 Ohm Spulenwiderstand, 5 Sek. (halbe) Schwingungsdauer und einen Skalenabstand von 1 m.

| Instrument | „Empfindlichkeit“ | Ausschlag bei 10 ⁻⁴ Amp. Effektivstrom |
|------------|------------------------------------|---|
| M. WIEN | 3,28 \cdot 10 ⁻⁵ Amp. | 9,3 mm |
| A | 1,91 \cdot 10 ⁻⁵ „ | 27,5 „ |
| B | 9,75 \cdot 10 ⁻⁶ „ | 104,5 „ |
| C | 4,14 \cdot 10 ⁻⁶ „ | 585 „ |

Da das Bellatiinstrument vorwiegend für Wechselstrommessungen in Frage kommt, so liegt die Frage nahe, innerhalb welcher Grenzen die

Empfindlichkeit des Instruments von der Frequenz des angewandten Wechselstromes unabhängig ist. Wie neuere Untersuchungen zeigen, sind die magnetischen Eigenschaften des Weicheisens unterhalb der sehr hohen Eigenfrequenz des Eisens von der Frequenz nicht abhängig, so daß von dieser Seite her kein Einfluß der Frequenz auf die Empfindlichkeit zu erwarten ist. Wohl aber kann das Auftreten von Wirbelströmen in Eisenmassen, die den Spulen nahe liegen, ein beträchtliches Nachlassen der Empfindlichkeit herbeiführen, wie diesbezügliche Versuche klar zeigen. Daher wird die genannte Frage unter Anwendung eines Instruments mit wirbelstromfreiem Gehäuse aus Hartgummi nachgeprüft, das größere Metallteile nur am Fuß und Torsionskopf enthielt. Bis 12 000 Schwingungen in der Sekunde wurde Frequenzunabhängigkeit festgestellt, was um so bedeutsamer ist, als die Empfindlichkeit der Vibrationsgalvanometer mit wachsender Frequenz schnell auf Null sinkt. —

In dem letzten Teil der Arbeit geht der Verfasser auf die Konstruktion eines Wattmeters ein, die wenigstens im Prinzip kurz wiedergegeben sei. In einer Spule von 2,5 cm Länge mit vertikal stehender Längsachse hängt vertikal ein 4 cm langer, 0,2 mm dicker Weicheisendraht, dessen Enden um etwa 2,5 mm nach entgegengesetzten Seiten aus der Längsachse herausgebogen sind, so daß das ganze Gebilde die Form eines langgestreckten S mit geradlinigem Mittelstück hat. Die umgebogenen Enden befinden sich im Felde je eines kleinen Spulenpaares, dessen Achse senkrecht auf der Achse der großen Spule, der Magnetisierungsspule, und der Ebene des S-förmigen Drahtes steht. Der Draht stellt im Felde der großen Spule einen Magneten dar, auf den bei geeigneter Schaltung die kleinen Spulen bei Stromdurchgang ein Drehmoment ausüben. Die Größe der eintretenden Drehung, die um den langen geraden Teil des Drahtes als Achse erfolgt, ist dem Produkt aus ablenkender und magnetisierender Stromstärke proportional und ändert bei Stromumkehr seinen Sinn nicht, da sich beide Felder gleichzeitig umkehren. Schaltet man etwa die Magnetisierungsspule parallel zu einem Leistungsverbraucher und die untereinander parallel geschalteten Spulenpaare in Reihe mit dem Verbraucher, so ist der erfolgende Ausschlag proportional mit dem Wattverbrauch. Wie die in der Arbeit angeführten Messungen zeigen, ist die Wattermpfindlichkeit des Instruments von etwa 2,8 \cdot 10⁻⁸ Watt um zwei Zehnerpotenzen höher als die mit dem Wattmeter von PALM erreichte, das bisher als das empfindlichste seiner Art galt.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über neuere experimentelle Untersuchungen zur Relativitätstheorie¹. Bericht von R. PYRKOSCH in Breslau.

Die Kondensatorversuche von Tomaschek (vgl. TOMASCHEK: Über Versuche zur Auf-

findung elektrodynamischer Wirkungen der Erdbewegung in großen Höhen I und II; Ann. d. Phys. 78, S. 743 und 80, S. 509).

Bei den Untersuchungen von TOMASCHEK handelt es sich um zwei Kondensatorversuche, von denen der erste im Prinzip von RÖNTGEN, der zweite von TROUTON und NOBLE herrührt. Der

¹ Vgl. den vorausgegangenen Bericht in dieser Zeitschrift, 42, 127; 1929.

erste wurde seinerzeit angestellt, um das magnetische Feld nachzuweisen, das zu erwarten war, wenn ein Dielektrikum translatorisch zwischen den Platten eines geladenen Kondensators parallel zu diesen bewegt wurde [vgl. Wied. Ann. 35, 26 (1888)]. Der Versuch wurde zwar nicht mit translatorischer Verschiebung ausgeführt, sondern, indem Scheiben von Glas oder Hartgummi um die Achse des Kondensators gedreht wurden, doch ist dieser Unterschied von nebensächlicher Bedeutung. Nach der Elektronentheorie von H. A. LORENTZ war es der Anteil der elektrischen Verschiebung, der durch die Polarisierung des Dielektrikums bedingt ist, der bei der Bewegung einen elektrischen Strom, den Röntgenstrom, verursacht, während der am Äther haftende Anteil keine Wirkung hervorbrachte. Umgekehrt war zu erwarten, daß ein Ätherwind zwischen den Platten eines geladenen Kondensators einen Röntgenstrom zur Folge haben würde, der sich in einem magnetischen Feld senkrecht zur Richtung des Windes und des elektrischen Feldes äußert. Bereits RÖNTGEN hatte diesen Strom in einer Höhe von 177 m ohne Erfolg nachzuweisen gesucht.

Die Versuche von TOMASCHEK wurden zunächst vom August bis November 1925 in verschiedenen Höhen ausgeführt, nämlich in dem 120 m hoch gelegenen radiologischen Institut von Heidelberg, dann auf der 570 m hohen Königstuhlsterntur und schließlich am Jungfraujoch in einer Höhe von 3450 m. Die bei dem Röntgenversuche benutzte Anordnung war folgende. Der Kondensator bestand aus zwei 4 mm dicken Messingplatten, von denen die obere 18, die untere 14 cm Durchmesser hatte. In die obere Platte war an der Oberseite eine kreisförmige Vertiefung gedreht, so daß die Dicke der Platte dort nur 1 mm betrug und die Magnetnadel möglichst nahe an das Kondensatorfeld gebracht werden konnte. Die Entfernung der Platten voneinander betrug 2 cm mit Luft und 1,5 cm mit Schwefel als Dielektrikum. Das astatische Nadelpaar befand sich in einem Messinggehäuse, das der oberen Platte aufgeschraubt war. Die Ablesung geschah mit Fernrohr und Skala. Die Spannung wurde mit einer kleinen Influenzmaschine unter Parallelschaltung einer Leidener Flasche erzeugt und betrug 10000 bis 15000 Volt.

Die auf Grund eines etwaigen Ätherwindes zu erwartenden Wirkungen ergaben sich in folgender Weise: Ist die Ladungsdichte der Kondensatorplatten gleich η und die Relativgeschwindigkeit der Erde gegen den Äther gleich v , so ist die Stromdichte gleich $\eta \cdot v$ oder gleich $\frac{\epsilon \cdot V}{4\pi d} \cdot v$, wo ϵ die Dielektrizitätskonstante, V die Spannung und d der Plattenabstand ist. Auf Grund dieses Ausdrucks und von Vorversuchen, die die Empfindlichkeit der Anordnung ermittelten, hätte noch eine Geschwindigkeit $v = 100$ m/sec nachgewiesen werden können, bei Schwefel als Dielektrikum sogar noch von 20 m/sec.

Indem die Schwingungen des astatischen Systems abwechselnd bei geladenem und un-

geladenem Kondensator abgelesen wurden, wurden im ganzen etwa 100 Meßreihen mit verschiedenem Azimut der Magnetnadel und zu verschiedenen Tageszeiten ausgeführt. Die Beobachtungen ergaben sämtlich keinen merklichen Effekt.

Während dieser Versuch, wie der Ausdruck für die Stromdichte lehrt, von erster Ordnung ist, gehört der zweite, wie der Versuch von MICHELSON, zu den wichtigeren, bei denen Größen zweiter Ordnung in $\frac{v}{c}$ entscheidend sind. Der Versuch ist zuerst von TROUTON und NOBLE im Jahre 1904 ausgeführt worden (Phil. Trans. Roy. Soc. London 202, S. 165). Das Prinzip, auf dem er beruht, ist von den Autoren in der Originalabhandlung folgendermaßen auseinandergesetzt: „Wenn ein geladener Kondensator mit seiner Ebene in die Richtung des Ätherwindes gestellt wird, so wird auf Grund der Annahme, daß eine bewegte Ladung ein magnetisches Feld hervorruft, mit dem Kondensator ein solches Feld senkrecht zur Bewegungsrichtung und den elektrischen Kraftlinien verbunden sein. Wenn die Kondensatorplatte senkrecht zum Ätherwind steht, werden die Wirkungen der beiden entgegengesetzten Ladungen einander aufheben. Auf diese Weise ist magnetische Energie in dem Raum zwischen den Platten aufgespeichert, wenn die Richtung des Ätherwindes und die Plattenstellung übereinstimmen, und es ist deshalb zu erwarten, daß unter diesen Umständen der frei aufgehängte Kondensator bestrebt sein wird, sich in die Stellung zu drehen, wo seine Platten senkrecht zum Ätherwind gestellt sind. Wenn der Kondensator senkrecht aufgehängt und α der Winkel zwischen der Horizontalkomponente v der Erdgeschwindigkeit und der Normalen zur Plattenplatte ist, ferner U die elektrostatische Energie des Kondensators bedeutet, so ist der Betrag des Drehmoments gleich $U \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^2 \cdot \sin 2\alpha$.“

Die schon bei TROUTON und NOBLE sehr vollkommene Versuchsanordnung wurde von TOMASCHEK noch wesentlich verfeinert, so daß die Empfindlichkeit auf das 20fache gesteigert und die Störungen entsprechend verkleinert wurden. Die letzteren waren elektrostatischer und thermischer Art, und in der Abhandlung von TROUTON und NOBLE findet man die Bemerkung, daß bei den anfänglichen Formen des Apparats die berechnete Ablenkung durch solche Störungen vollkommen verdunkelt wurde und der Verlauf der Versuche hauptsächlich darin bestand, eine nach der andern von ihnen allmählich auszumerzen. Außer auf den elektrostatischen und Wärmeschutz bezogen sich die Verbesserungen hauptsächlich auf die Verwendung eines dünneren Aufhänge drahts und den Bau eines feineren Kondensators. Dieser bestand aus 0,005 cm dicken Glimmerblättchen von 2,5 cm Radius, die nach sorgfältiger Prüfung auf Durchschlagfestigkeit und Reinigung mit alkoholischer Schellacklösung überzogen und getrocknet wurden. Auf beiden Seiten dieser Blättchen wurden kreisförmige Scheiben von 0,006 mm dicker Aluminiumfolie von 1,5 cm

Halbmesser aufgeklebt, die mit Fortsätzen zur Verbindung miteinander versehen waren. Nach abermaligem Überzug mit Schellack und Trocknung wurden sechzehn solcher Kondensatorelemente zwischen heißen Eisenplatten zusammengepreßt und erkaltet gelassen. Der auf diese Weise hergestellte Kondensator hatte eine Kapazität von 0,015 Mikrofarad. Seine Isolation war so gut, daß die Spannung innerhalb der etwa 30 Minuten dauernden Beobachtung nur um 10 bis 12% sank. Zum Schutze gegen elektrostatische Störungen und Luftströmungen war der Kondensator von einer Halbkugel von 3 cm Radius aus versilbertem Glas und einem aufgesetzten Kegel von Aluminiumblech umgeben. Die untere Vereinigung der Kondensatorbelegungen führte durch eine Öffnung der Halbkugel und trug das Spiegelchen und weiterhin einen dünnen Platindraht, der in die zur Ableitung dienende Schwefelsäure tauchte. Das Gewicht der ganzen Anordnung war 15 g. An der oberen Vereinigung der Belegungen war ein Häkchen angebracht, mit dem der Kondensator an einen Draht aus Phosphorbronze von 0,015 mm Durchmesser und 50 cm Länge gehängt wurde. Sämtliche Teile des Apparats mit Ausnahme der isolierten Aufhängevorrichtung waren geerdet. Das Ganze war von zwei Zinkzylindern umgeben, die an zwei gegenüberliegenden Seiten durch Glas verschlossene Öffnungen für die Beobachtung enthielten. Der Raum zwischen den Zylindern war mit Watte gefüllt, der äußere außerdem mit einem dicken Wattemantel umgeben und oben mit einem wattierten Deckel versehen, durch den die Hochspannungsleitung mittels eines Quarzrohrs isoliert hindurchführte. Die Ladung erfolgte mit einer kleinen Influenzmaschine, die Spannung wurde mit einem BRAUNschen Elektrometer gemessen. Zur Vermeidung elektrostatischer Störungen war es wesentlich, den Kondensator genau zu zentrieren. Zu diesem Zwecke war die Anordnung auf einer Grundplatte angebracht, die durch Stellschrauben verstellbar war.

Die Schwingungsdauer betrug 8 Minuten; abgelesen wurde mit Fernrohr und Skala. Zunächst wurde etwa eine halbe Stunde lang die Schwingung des ungeladenen Kondensators beobachtet, indem jede Minute abgelesen wurde. Dann wurde geladen und wiederum 20 bis 30 Minuten lang minutlich abgelesen, hierauf wieder entladen und in derselben Weise verfahren. Meistens wurden die Messungen 3 bis 4 Stunden lang in ununterbrochener Reihe vorgenommen. An den 3 Beobachtungsorten wurden im ganzen etwa 40 Reihen mit ungefähr 10 000 Beobachtungen ausgeführt. Aus der Direktionskraft des Drahtes, der Kapazität des Kondensators und seiner mittleren Spannung (1280 Volt) ergab sich bei der vollen Erdbahngeschwindigkeit von 30 km/sec und günstigster Kondensatorstellung ein Drehmoment, das einem Ausschlag von 547 mm an der 1 m entfernten Skala entsprach, für eine Relativgeschwindigkeit von nur 3 km/sec ein Ausschlag von 5 mm. Die Versuche wurden an allen 3 Beobachtungsorten über alle Tageszeiten erstreckt und in zwei etwa

um 45° voneinander verschiedenen Azimuten der Kondensatorebene vorgenommen. Es zeigte sich keine die Fehlergrenzen überschreitende Wirkung.

Es schien wünschenswert, diese Versuche 6 Monate später zu wiederholen, da sich im Frühjahr die Bahngeschwindigkeit der Erde und die des Sonnensystems gegen die Fixsterne addieren. In der Zwischenzeit wurde der Apparat noch weiter vervollkommen, so daß die Genauigkeit der schließlich benutzten Anordnung etwa das 800fache der ursprünglichen Messungen von TROUTON und NOBLE und das 30fache der mit dem Interferometer von MICHELSON ausgeführten betrug. Im besonderen besaß der jetzt verwandte Kondensator 288 Elemente und eine Kapazität von 0,210 Mikrofarad. Die Versuche wurden auf dem Jungfrauoch in den ersten Wochen des April 1926 unternommen. Unter den neuen Bedingungen war bei einer mittleren Spannung von 1660 Volt jetzt bei voller Erdbahngeschwindigkeit von 30 km/sec und günstigster Kondensatorstellung ein Ausschlag von 1320 mm/m zu erwarten. Selbst bei einer Relativgeschwindigkeit von 500 m/sec wäre ein Effekt noch nachweisbar gewesen. Die Versuche von MILLER hatten in 1750 m Höhe eine Relativgeschwindigkeit von 9 km/sec ergeben. Extrapoliert man die Geschwindigkeit des Ätherstroms linear mit der Höhe, was bei so geringer Höhendifferenz berechtigt ist, so ergibt sich in 3450 m Höhe eine Relativgeschwindigkeit von 18 km/sec, der ein Ausschlag von 344 mm/m entsprochen hätte. Die Stellung der Kondensatorebene war Südwest-Nordost, da diese sowohl für die Bewegung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne und die der Sonne im Fixsternsystem als auch bei der STRÖMBERG'schen Bewegung des Fixsternsystems gegen die Kugelsternhaufen, von der schon früher die Rede war, am günstigsten ist.

Wiederum war aber der Effekt durchaus negativ. Es zeigte sich keine Schwankung in den Beobachtungen, die größer gewesen wäre als $\frac{1}{1500}$ der Wirkung, die zu erwarten war bei alleiniger Berücksichtigung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn, bzw. $\frac{1}{11000}$ derjenigen, die sich aus der Summe der vollen Erdbahngeschwindigkeit und der der Sonne im Fixsternsystem ergeben hätte.

Die Scheidung des Goldes auf elektrolytischem Wege (vgl. F. CHEMNITZ in Chemiker-Zeitung 52, 385; 1928) ist nur dann lohnend, wenn die zu scheidende Goldlegierung reich an Platin oder an Platinmetallen ist, oder wenn durch die Scheidung größerer Mengen Silber entsprechend große Mengen von goldhaltigem Anodenschlamm sich gebildet haben, die weiter verarbeitet werden müssen. Das Platin und von den Platinmetallen das Palladium gehen bei der elektrolytischen Goldscheidung, bei der als Elektrolyt die salzsaure Lösung der Goldchlorwasserstoffsäure mit 3 bis 4% Gold und 3% freier Salzsäure verwendet wird, teils in Lösung, teils fallen sie zusammen mit fein verteiltem Gold unverändert von der

Anode ab und finden sich im Anodenschlamm, der außerdem noch Iridium, Rhodium und Ruthenium, mithin alle Platinmetalle außer dem Osmium enthält. Zu diesen metallischen Bestandteilen kommen ferner Bleisulfat, das durch Fällen des aus der Anode gelösten Bleies durch Schwefelsäure, und Silberchlorid, in welches das in der Anode enthaltene Silber bei der Elektrolyse übergeht. Man elektrolysiert, um einen möglichst kompakten Niederschlag auf der aus Feingoldblech bestehenden Kathode zu erhalten, bei 70°, und um die Dauer der Elektrolyse möglichst abzukürzen, was angesichts des hohen Preises der an den elektrolytischen Vorgängen beteiligten Metalle wünschenswert ist, mit hoher Stromdichte (etwa 12,5 Amp./qdm), bei der Badspannung 1 Volt. Während der Elektrolyse reichert sich der Elektrolyt durch Auflösen des Platins und Palladiums mehr und mehr an diesen beiden Metallen an und sein Gehalt an Gold nimmt entsprechend ab, so daß man ihm von Zeit zu Zeit Goldchlorwasserstoffsäure hinzufügen muß. Ist sein Gehalt an Platin auf 50 bis 60 g, der an Palladium auf 5 g im Liter gestiegen, so wird er erneuert, um die kathodische Ausscheidung dieser Metalle neben der des Goldes zu verhüten. Das noch gelöste Gold wird durch schweflige Säure, die beiden Platinmetalle werden durch Zink gefällt. Man löst ihr Gemenge in Königswasser, fällt das Platin durch Salmiak, filtriert,

macht das Filtrat ammoniakalisch und fällt das Palladium durch Salzsäure als Palladosamminchlorid, $\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$. Bei höherem Silbergehalt der Anode liegt die Gefahr vor, daß diese Elektrode von einer zusammenhängenden Schicht von Silberchlorid überzogen wird, wodurch sie passiv wird, so daß an ihr eine Chlorentwicklung stattfindet. Die Anode darf deshalb nicht mehr als 5% Silber enthalten. — Der Anodenschlamm wird zunächst mit Natriumkarbonatlösung gekocht, um das Bleisulfat in das Karbonat umzuwandeln, das man dann in Salpetersäure löst. Der Rückstand wird behufs Auflösung des Silberchlorids mehrere Male mit Ammoniak behandelt, so daß aus ihm hergestellte Anoden, die unter denselben Umständen wie die zuvor benutzten wiederum bei der Elektrolyse Verwendung finden, einen goldärmeren, an Platinmetallen reicheren Anodenschlamm liefern, aus dem schließlich nach Wiederholung des Verfahrens die einzelnen dieser Metalle gewonnen werden. Der Feinheitsgrad des an der Kathode abgeschiedenen Goldes ist im Durchschnitt 999⁰/₁₀₀; es wird in Tiegeln unter Zusatz von Borax und Salpeter umgeschmolzen. Über die ziemlich verwickelten Vorgänge bei der Elektrolyse der Goldchlorwasserstoffsäure vergleiche man F. FOERSTER, Elektrochemie wässriger Lösungen. Leipzig 1923, J. A. Barth, 3. Aufl. S. 531.

H. Böttger.

5. Technik und mechanische Praxis.

Einteilung und Beurteilung der elektrischen Meßgeräte auf Grund der „Regeln für elektrische Meßgeräte“. Von CARL HÖLCKE, Elektro-Ingenieur in Hamburg.

Die Herstellung der elektrischen Meßinstrumente hinsichtlich Art, Verwendungszweck u. dgl. mehr, lag früher einzig und allein im Belieben des Fabrikanten. Hierin ist seit einigen Jahren ein

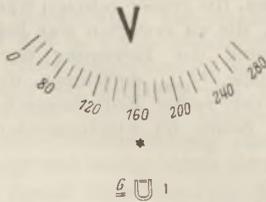


Fig. 1.

Wandel eingetreten, und zwar durch das Inkrafttreten der vom Verband Deutscher Elektrotechniker ausgearbeiteten „Regeln für Meßgeräte“. Diese Regeln befassen sich nicht nur mit der Festlegung von Klasseneinteilungen, Begriffserklärungen usw., sondern sie führen auch bestimmte Normalbezeichnungen und Symbole ein, wodurch es möglich geworden ist, alle die für den Praktiker notwendigen Angaben, wie z. B. Güte, Art, System usw., auf der Skala zu ersehen.

Im nachfolgenden soll eine Besprechung der „Regeln für Meßgeräte“ in der vom V. D. E. heraus-

gegebenen Fassung vom 1. Juli 1923 unter besonderer Berücksichtigung der den Lehrer interessierenden Fragen durchgeführt werden.

Sieht man sich ein nach den erwähnten „Regeln für Meßgeräte“ hergestelltes Meßinstrument an, so wird man verschiedene Zeichen und Abkürzungen bemerken, deren Angabe auf alten Instrumenten fehlt, die jedoch für die Verwendung des Instruments unter Umständen von großer Wichtigkeit sind.

Fig. 1 zeigt beispielsweise die Skala eines Drehspulspannungsmessers, Klasse G, für Gleichstrom, Meßbereich: 0 bis 250 Volt, senkrechte Gebrauchslage, roter Stern, da die Spannung gegen das Gehäuse über 100 Volt beträgt.

Im allgemeinen gelten die Regeln (gemäß § 2) für:

- Strommesser,
- Spannungsmesser,
- Leistungsfaktor- und Phasenmesser,
- Leistungsmesser
- und Frequenzmesser,

jedoch mit der Einschränkung, daß Meßgeräte über 1000 Amp. und über 20000 Volt nicht unter diese Regeln fallen. Diese Einschränkungen haben ihren Grund in der Hauptsache darin, daß die relativ scharfen Forderungen der Regeln sich für die vorgenannten Instrumente aus Gründen, die auf der Konstruktion und der Genauigkeit beruhen, nicht einhalten lassen. Da jedoch der größte Teil der in der Elektrotechnik verwendeten Meßgeräte im Meßbereich unter 1000 Amp. und

unter 20000 Volt liegt, so ist diese Einschränkung für normale Verhältnisse ohne Belang.

Spezialmeßgeräte wie Meßbrücken, Isolationsmesser, schreibende Meßgeräte, Frequenzmesser für höhere Periodenzahlen usw. fallen vorläufig ebenfalls noch nicht unter diese Regeln.

Nach § 3 werden 4 Genauigkeitsklassen unterschieden, und zwar:

| | | | | |
|-------------------|-----------|-----|----------------|---|
| Feinmeßgeräte | 1. Klasse | . . | Klassenzeichen | E |
| " | 2. " | . . | " | F |
| Betriebsmeßgeräte | 1. Klasse | . | " | G |
| " | 2. " | . | " | H |

Die Begründung für diese Einteilung liegt in den Forderungen, die an die Genauigkeit bzw. an die Größe des Anzeigefehlers gestellt werden. Es ist wohl ohne weiteres klar, daß Betriebsmeßgeräte mit ihrer breiten, bereits auf größere Entfernungen sichtbaren Zeigerspitze einen größeren Anzeigefehler haben als Feinmeßgeräte in Laboratoriumsausführung mit Messerzeiger und spiegelunterlegter Skala.

Eine Trennung der Feinmeßgeräte in die zwei Klassen E und F ist erforderlich, um den Ansprüchen an Meßgenauigkeit genügen zu können, die bei feinen Messungen im Laboratorium oder beim Gebrauch der Feinmeßgeräte als Normal-

instrumente gestellt werden. Diese Ansprüche sind jedoch für die meisten in der Praxis verwendeten Feinmeßgeräte zu weitgehend, so daß die Schaffung der Klasse F notwendig wurde.

Die Klasse G: „Betriebsmeßgeräte erster Klasse“ umfaßt die Mehrzahl der sog. Schalttafelinstrumente und der Montageinstrumente. Die Klasse H: „Betriebsmeßgeräte zweiter Klasse“ berücksichtigt solche Instrumente des Betriebes, bei denen die Meßgenauigkeit eine geringe Rolle spielt, oder bei denen die Art der Ausführung von Skala und Zeiger nur eine grobe Ablesung ermöglicht. Ferner fallen alle Betriebsmeßgeräte kleineren Durchmessers (unter 100 mm) unter Klasse H.

Die Größe des Anzeigefehlers, d. i. der Unterschied zwischen der Anzeige des Instruments und dem wahren Wert der Meßgröße, welcher lediglich durch die mechanische Unvollkommenheit des Meßgerätes und durch die Unvollkommenheit der Eichung verursacht wird, wird in Prozenten des Endwertes des Meßbereiches angegeben. Zahlenmäßig schwankt nach § 31 der prozentual zulässige Anzeigefehler für Instrumente der Klassen E und F zwischen $\pm 0,2$ v. H. und $\pm 0,8$ v. H. als Maximalwerte je nach der Art des Meßwerkes und des Instrumentes:

| Art des Instrumentes | Art des Meßwerkes | Anzeigefehler in % des Endwertes des Meßbereiches | |
|--------------------------------|-------------------------------|---|-----------|
| | | Klasse E | Klasse F |
| Strom- und Spannungsmesser | Drehspulinstrumente | $\pm 0,2$ | $\pm 0,3$ |
| Spannungs- und Leistungsmesser | Weicheiseninstrumente | $\pm 0,3$ | $\pm 0,5$ |
| | elektrodynamische Instrumente | | |
| | Drehfeldinstrumente | | |
| | Hitzdrahtinstrumente | | |
| Strommesser | elektrostatische Instrumente | $\pm 0,4$ | $\pm 0,6$ |
| | Weicheiseninstrumente | | |
| | elektrodynamische Instrumente | | |
| | Drehfeldinstrumente | | |
| | Hitzdrahtinstrumente | | |

Der Anzeigefehler der Meßgeräte der Klassen E und F vergrößert sich bei Meßbereichen für mehr als 250 Volt am Spannungspfad um $\pm 0,1$ v. H., bei Meßbereichen mit austauschbaren Vorwiderständen um weitere $\pm 0,1$ v. H., bei Meßbereichen mit austauschbaren Nebenwiderständen um $\pm 0,2$ v. H.

Für Betriebsmeßgeräte der Klasse G liegen die prozentual zulässigen Anzeigefehler zwischen ± 1 und $\pm 1\frac{1}{2}$ v. H., wohingegen für Instrumente der Klasse H die doppelten Anzeigefehler, also ± 2 bis ± 3 v. H., zugelassen sind.

| Art des Instrumentes | Art des Meßwerkes | Anzeigefehler | |
|--|---|--|--|
| | | Klasse G | Klasse H |
| Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser | Drehspulinstrumente Weicheiseninstrumente elektrodynamische Instrumente Hitzdrahtinstrumente | $\pm 1,5$ v. H. des Endwertes des Meßbereiches | ± 3 v. H. des Endwertes des Meßbereiches |
| Leistungsfaktormesser | elektrodynamische Instrumente Drehfeldinstrumente | ± 2 Winkelgrade | ± 4 Winkelgrade |
| Frequenzmesser | Vibrationsinstrumente | ± 1 v. H. des Sollwertes | ± 2 v. H. des Sollwertes |

Alle genannten zulässigen Anzeigefehler gelten für die Raumtemperatur 20° C und setzen ferner voraus, daß keine Beeinflussungen durch Temperaturveränderungen, fremde Felder usw. auftreten.

An sich sollten die Angaben der Instrumente von äußeren Einflüssen möglichst unabhängig sein. Da diese sich jedoch oft nicht vermeiden lassen, sind für die etwa auftretenden Einflußgrößen zusätzliche Fehler gestattet.

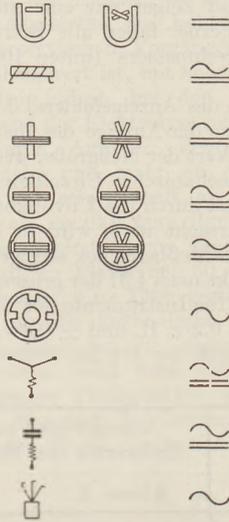


Tabelle 1.

Nach § 32 bis 36 werden folgende Einflüsse unterschieden:

1. Temperatureinfluß, möglichst zu vermeiden durch Leitungsmaterial, dessen Widerstand von der Temperatur nicht beeinflusst wird, z. B. Manganin (zugelassener Zusatzfehler, je nach der Klassifizierung des Meßgerätes, $\pm 0,3$ bis 3 v. H.).

2. Frequenzeinfluß, möglichst zu vermeiden durch entsprechende Konstruktion und Verwendung von Eisen, bei welchem der remanente Magnetismus, die Hysteresisverluste und die Wirbelströme sich möglichst wenig bemerkbar machen (zugelassener Zusatzfehler je nach der Klassifizierung des Meßgerätes $\pm 0,1$ bis 2 v. H.).

3. Spannungseinfluß bei Leistungs-, Leistungsfaktor- und Zungenfrequenzmesser (zugelassener Zusatzfehler je nach der Klassifizierung des Meßgerätes $\pm 0,2$ bis 2 v. H.).

4. Fremdfeldeinfluß durch fremde magnetische und elektrische Felder, möglichst zu vermeiden durch zweckentsprechende Abschirmungen (zugelassener Zusatzfehler je nach der Klassifizierung und Art des Meßgerätes ± 3 bis 5 v. H.).

5. Lageeinfluß bei Instrumenten ohne Libelle, möglichst zu vermeiden durch sorgfältige, zweckentsprechende Lagerung des beweglichen Systems (zugelassener Zusatzfehler je nach der Klassifizierung des Instrumentes $\pm 0,2$ bis 2 v. H.).

Die Kennzeichnung des betreffenden Systems (Meßwerk) wird durch Angabe bestimmter Symbole auf der Skala erzielt. Die Form und Bedeutung der Symbole ist aus der Tabelle 1 zu ersehen.

Da die Wirkungsweise der Meßgeräte sehr verschieden ist, so ist, wie aus dem vorstehenden Verzeichnis der Anzeigefehler ersichtlich, die erreichbare Genauigkeit nicht nur von der Güte des Instrumentes, sondern auch vom Meßsystem abhängig.

Beim Vergleich der zulässigen Fehlergrenzen ersieht man beispielsweise, daß die Meßgenauigkeit der Drehspulinstrumente am größten ist.

Nach § 10 und § 11 wird auf der Skala zwischen einem Meßbereich und einem Anzeigebereich unterschieden. Man versteht unter Anzeigebereich den Bereich, in dessen Grenzen die Meßgröße ohne Rücksicht auf die Genauigkeit angezeigt wird, wohingegen unter Meßbereich der Teil des Anzeigebereiches verstanden wird, für den die Bestimmungen über die Genauigkeit (Anzeigefehler) einzuhalten sind. Der Meßbereich umfaßt bei Instrumenten mit durchweg genau oder annähernd genau gleichmäßiger Skalenteilung (z. B. Drehspulinstrumente, elektrodynamische Instrumente) den ganzen Meßbereich vom Anfang bis zum Ende der Skala. Bei Instrumenten mit ungleichmäßiger Skalenteilung (z. B. Weicheiseninstrumenten, Hitzdrahtinstrumenten) dagegen umfaßt der Meßbereich nur den besonders gekennzeichneten Teil des Anzeigebereiches, während die zusammengedrängten Teile am Anfang und Ende der Skala ausgeschlossen sind. Zum Verständnis dieser beiden Begriffe diene Fig. 2, welche die Skala eines Weicheisen-Strommessers mit erweitertem Anzeigebereich zeigt. Das Instrument ist für einen Dauerstrom von 25 Amp. bestimmt, gestattet jedoch, kurzzeitige Überlastungen bis 50 Amp. abzulesen.

Bei diesem Instrument wäre also:

der Anzeigebereich 0 bis 50 Amp.,
der Meßbereich 5 bis 25 Amp.

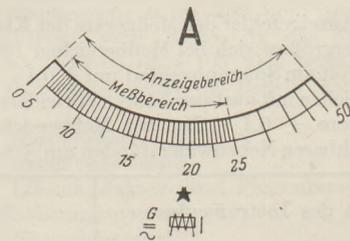


Fig. 2.

Die Beruhigungszeit, d. i. die Zeit in Sekunden, die der vorher auf Null stehende Zeiger braucht, um auf einen etwa in der Mitte der Skala liegenden Teilstrich einzuspielen, wenn plötzlich eine ihm entsprechende Meßgröße eingeschaltet wird, ist unter Berücksichtigung der Zeigerlänge festgelegt. Unter der Annahme der Zeigerlänge L mm darf die Beruhigungszeit nicht überschreiten:

Bei Instrumenten der Klassen E u. F: $3 + \frac{L}{100}$ Sek.

Bei Instrumenten der Klasse G: $3 + \frac{L}{50}$ Sek.

Bei Instrumenten der Klasse H: $4 + \frac{L}{50}$ Sek.

Ausgenommen von diesen Bestimmungen sind Hitzdraht-, elektrostatische und Vibrationsinstrumente, weil bei ihnen die Bedingungen zum Teil nicht zu erfüllen sind, zum Teil die Erfüllung schwierig nachzuprüfen ist.

Die Anforderungen an die Überlastbarkeit der Meßgeräte, früher ein wunder Punkt, werden durch die neuen Regeln wesentlich verschärft. Feinmeßgeräte müssen z. B. dauernd innerhalb ihres Meßbereiches belastbar sein, wohingegen die Betriebsmeßgeräte dauernd den 1,2fachen Betrag des Endwertes ihres Meßbereiches aushalten müssen. Ferner müssen Strom- und Leistungszeiger der

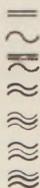


Tabelle 2.



Tabelle 3.

Gruppe G und H (Hitzdraht- und elektrodynamische Instrumente ausgenommen) eine erhebliche Überlastungsprobe aushalten, und zwar kurzzeitig den 10fachen Betrag des Endwertes ihres Meßbereiches.

Sämtliche Instrumente sind gemäß § 29 einer Durchschlagsprobe zu unterwerfen, die mit Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes und des Personals geboten ist. Beispielsweise war man bislang völlig im unklaren darüber, für welche Spannung ein Strommesser gegen Erde isoliert war. Durch die Angabe der Prüfspannung läßt sich jetzt genau beurteilen, ob das Instrument die Spannung gegen Erde aushält, wenn es direkt, und nicht über einen Meßwandler, angeschlossen wird. Die Größe der Prüfspannung wird durch einen farbigen Stern auf der Skala angegeben.

Um keinen Lagefehler zu schaffen, muß jedes Meßgerät eine Angabe tragen, aus welcher die Betriebslage, für die das Gerät geeicht ist, sich ersehen läßt (s. Tab. 3).

Alle Abkürzungen für die Einheiten der Meßgrößen müssen den Festsetzungen des A. E. F. (Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen) entsprechen, weil diese international verständlich sind.

Zusammenfassend sei festgestellt, daß sämtliche Instrumente die den „Regeln für Meßgeräte“ entsprechen sollen, folgende Angaben auf der Skala tragen müssen:

1. Meßwerkzeichen (s. Tab. 1),
2. Klassenzeichen E, F, G, H (s. S. 181),
3. Stromartzeichen [bei Wechsel- und Drehstrom unter Angabe der Frequenz (s. Tab. 2)].
4. Prüfspannungszeichen,

5. Lagezeichen (s. Tab. 3),

6. Übersetzungsangabe des Meßwandlers, sofern das Meßgerät über einen Meßwandler angeschlossen wird.

Die vorstehenden Angaben erscheinen reichlich, erfordern jedoch unter Verwendung der vorgesehenen Zeichen nur wenig Platz, wie die beiden Fig. 1 und 2 zeigen.

Auf Grund der vorstehenden Ausführungen dürfte es auch Personen, die seltener Messungen auszuführen haben, möglich sein, das erforderliche Instrument richtig zu beurteilen, auszuwählen und anzuwenden.

Anschließend sollen noch die wichtigsten Begriffserklärungen über Meßgeräte und ihre Bestandteile aus den „Regeln für Meßgeräte“ im Originaltext wiedergegeben werden.

§ 4.

Meßwerk ist die Einrichtung zur Erzeugung und Messung des Zeigerausschlages.

Bewegliches Organ ist der Zeiger einschließlich der sich mit ihm bewegenden Teile.

Instrument ist das Meßwerk zusammen mit dem Gehäuse und gegebenenfalls eingebautem Zubehör.

Meßgerät ist das Instrument zusammen mit sämtlichem Zubehör, also auch mit solchem, das nicht untrennbar mit dem Instrument verbunden, sondern getrennt gehalten ist. Getrennt gehaltene Meßwandler gelten nicht als Zubehör.

Der Strompfad des Meßwerkes führt unmittelbar oder mittelbar den ganzen Meßstrom oder einen Bruchteil von ihm.

Der Spannungspfad des Meßgerätes liegt unmittelbar oder mittelbar an der Meßspannung.

Nebenwiderstand ist ein Widerstand, der parallel zum Strompfad und diesem etwa zugeschalteten Stromvorwiderständen liegt.

Vorwiderstand ist ein Widerstand, der im Spannungspfad liegt.

Drossel ist ein induktiver Widerstand (Vor- oder Nebendrossel).

Kondensator ist ein kapazitiver Widerstand (Vor- und Nebenkondensator).

Meßleitungen sind Leitungen im Strom- und Spannungspfad des Meßgerätes, die einen bestimmten Widerstand haben müssen.

§ 8.

Die Bezeichnung der Instrumente ergibt sich aus der Art des Meßwerkes; man unterscheidet:

M. 1. Drehspulinstrumente besitzen einen feststehenden Magnet und eine oder mehrere Spulen, die bei Stromdurchgang elektromagnetisch abgelenkt werden.

M. 2. Weicheisen (Dreheisen-)Instrumente besitzen ein oder mehrere bewegliche Eisenstücke, die von dem Magnetfeld einer oder mehrerer feststehender, stromdurchflossener Spulen abgelenkt werden.

M. 4. Elektrodynamische Instrumente haben feststehende und elektrodynamisch abgelenkte bewegliche Spulen. Allen Spulen wird Strom durch Leitung zugeführt.

Man unterscheidet:

- a) eisenlose elektrodynamische Instrumente,
- b) eisengeschirmte elektrodynamische Instrumente.
- c) eisengeschlossene elektrodynamische Instrumente,

Eisenlose elektrodynamische Instrumente sind ohne Eisen im Meßwerk gebaut und besitzen keinen Eisenschirm.

Eisengeschirmte elektrodynamische Instrumente sind ohne Eisen im eigentlichen Meßwerk gebaut und besitzen zur Abschirmung von Fremdfeldern einen besonderen Eisenschirm. Ein Gehäuse aus Eisenblech gilt nicht als Schirm im Sinne der Begriffserklärung.

Eisengeschlossene elektrodynamische Instrumente besitzen Eisen im Meßwerk in solcher Anordnung, daß dadurch eine wesentliche Steigerung des Drehmomentes erzielt wird. Sie können mit oder ohne Schirm ausgeführt werden.

M. 4. Induktionsinstrumente (Drehfeldinstrumente) besitzen feststehende und bewegliche

Stromleiter (Spulen, Kurzschlußbringe, Scheiben oder Trommeln), mindestens in einem dieser Stromleiter wird Strom durch elektromagnetische Induktion induziert.

M. 5. Hitzdrahtinstrumente. Die durch Stromwärme bewirkte Verlängerung eines Leiters stellt unmittelbar oder mittelbar den Zeiger ein.

M. 6. Elektrostatische Instrumente. Die Kraft, die zwischen elektrisch geladenen Körpern verschiedenen Potentials auftritt, stellt den Zeiger ein.

M. 7. Vibrationsinstrumente. Die Übereinstimmung der Eigenfrequenz eines schwingungsfähigen Körpers mit der Meßfrequenz wird sichtbar gemacht.

Literatur.

ETZ 1922, S. 290, 858 u. 519.

STRECKER, K.: Hilfsbuch für die Elektrotechnik, Starkstromausgabe. 10. Aufl. S. 148. Berlin, J. Springer.

KEINATH, G.: Technik der elektrischen Meßgeräte. München 1928, Oldenbourg.

Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. 15. Aufl. S. 367. Berlin 1928, J. Springer.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Mathematische Strömungslehre. Von Dr. WILHELM MÜLLER, Privatdozent an der Techn. Hochschule Hannover. Mit 137 Textabbildungen. IX, 239 Seiten. Berlin 1928. Verlag von Jul. Springer. RM 18.—, geb. RM. 19.50.

Die Strömungslehre spielt heute in so vielen physikalischen und technischen Gebieten eine bedeutsame Rolle, daß der physikalische Unterricht an unseren höheren Schulen wohl nicht mehr an ihr vorbeigehen kann. Vor allem liefern ja die Strömungsvorgänge beim Flugzeug und beim Luftschiff und die dabei auftretenden Luftkräfte besonders schöne Beispiele für den Unterricht in der Mechanik, die wohl geeignet sind, zu seiner Belebung beizutragen. Das vorliegende schöne und recht klar abgefaßte Buch von MÜLLER wird hoffentlich dazu helfen, dem Lehrer das Einarbeiten in die nicht überall so ganz einfache Theorie zu erleichtern. Zur Lektüre des Buches sind außer sicherer Kenntnis der höheren Analysis die Grundzüge der Vektoranalysis erforderlich, von der der Verfasser ausgiebigen Gebrauch macht.

Im I. Kapitel werden die hydrodynamischen Grundlagen der Strömungslehre entwickelt. Bekanntlich spielt die klassische Theorie der Strömungsvorgänge in einer inkompressiblen Flüssigkeit in der Theorie der Luftkräfte beim Flugzeug und Luftschiff deshalb eine hervorragende Rolle, weil ja die hier vorkommenden Druckunterschiede zu klein sind, um wesentliche Volumenänderungen der Luft zu bewirken. Im II. Kapitel lernt der Leser die Bedeutung der Theorie der Funktionen einer komplexen Variablen für die Strömungslehre kennen. Im III. Kapitel werden Strömungen um feste Körper behandelt. Hier findet man z. B. die von KÁRMÁNSCHE Theorie der Strö-

mung um einen Luftschiffkörper und die Strömung um einen Kreiszyylinder, sowie den Übergang von ihr zur Strömung um andere Konturen mit Hilfe der Methode der konformen Abbildung. Es folgen dann im IV. Kapitel Stromfelder mit freien und gebundenen Wirbeln. Hier wird z. B. der Verlauf der Stromlinien bei den von KÁRMÁNSCHEN Wirbelstraßen dargestellt.

Im V. Kapitel werden die Kräfte am bewegten Kreiszyylinder behandelt. Hier findet man z. B. etwas über die Widerstandstheorie, die sich aus den von KÁRMÁNSCHEN Wirbelstraßen ergibt und lernt die Kräfte am rotierenden Zylinder (MAGNUS-Effekt) kennen, die ja in den letzten Jahren durch den Flettnerrotor weiteren Kreisen bekannt geworden sind. Im VI. Kapitel wird die Theorie des unstetigen Potentials auseinandergesetzt, das zur Erfassung des Widerstandes, den ein durch die Flüssigkeit bewegter Körper erfährt, notwendig ist. Außer der klassischen Theorie der Diskontinuitätsfläche nach HELMHOLTZ, KIRCHHOFF und LORD RAYLEIGH, werden Erweiterungen dieser Theorie sowie neuere Ansätze von JACOB und LEVI-CIVITA auseinandergesetzt.

Das VII. Kapitel ist der Tragflügeltheorie gewidmet. Hier findet man die Konstruktion des JOUKOWSKY-Profiles, die Strömung um den unendlich breiten Flügel mit Zirkulation und die PRANDTLSCHE Tragflügeltheorie des Flügels von endlicher Breite. Man lernt die neuerdings von WITOSZYNSKI gegebenen Ansätze kennen, die sich eines unstetigen Potentials bedienen, und findet auch die Ansätze, die gemacht worden sind, um die nichtstationäre Strömung um Körper zu erfassen. Das VIII. Kapitel enthält die der Tragflügeltheorie verwandte Theorie des Propellers. Man findet hier Zirkulations- und Wirbel-

fadentheorie des Propellers, den Propeller mit geringstem Energieverlust, sowie Kraft- und Drehmoment beim günstigsten Propeller. Das IX. Kapitel endlich enthält die Strömungsvorgänge in Kreis- und Turbinenrädern.

Man kann diesem sehr schönen und inhaltreichen Buche nur recht weite Verbreitung auch im Kreise der Lehrer an unseren höheren Schulen wünschen.

R. Fuchs.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Bd. 22: Elektronen. Atome. Moleküle. Redigiert von H. GEIGER. Mit 148 Abbildungen. VIII und 568 Seiten. Berlin 1926. Julius Springer. Geh. RM 42.—; geb. RM 44.70.

Die 6 Kapitel des Buches behandeln durchweg aktuelle Probleme. In dem Abschnitt „Elektronen“ gibt W. GERLACH-Tübingen nach einer historischen Einleitung eine Übersicht über die Methoden zur Bestimmung des Elementarquantums und der spezifischen Ladung des Elektrons. Eingehend werden die Messungen von EHRENFEST besprochen, durch die angeblich Subelektronen festgestellt worden sind, sowie die Versuche, aus denen die Vortäuschung der Subelektronen durch Gasadsorption usw. erschlossen wird. Die einzelnen Abschnitte des zweiten Kapitels stammen von verschiedenen Autoren: Kernladung und Kernmasse von K. PHILIP-Berlin, α -Teilchen als Heliumkerne von O. HAHN-Berlin, Kernstruktur von LISE MEITNER-Berlin, Atomzertrümmerung von H. PETERSSON-Göteborg und G. KIRSCH-Wien. Es handelt sich durchweg um Autoren, die auf den betreffenden Gebieten erfolgreich gearbeitet haben, und die daher auch kritisch zu den Problemen Stellung nehmen. Experimentell interessant ist die Schwierigkeit, die α -Strahlen magnetisch abzulenken (wegen der großen Masse beträgt selbst bei Feldern von 10000 Gauß der Krümmungsradius der Bahn nicht weniger als 60 cm). Im letzten Abschnitt tritt die bekannte, noch unentschiedene Streitfrage auf: die Wiener Experimentatoren sind der Meinung, daß die Atome aller Elemente durch α -Strahlen zertrümmert werden können; die Engländer (RUTHERFORD, CHADWICK) halten bestimmte Elemente für zerstörbar, andere nicht. Weitere Versuche werden die Entscheidung bringen. Ebenso interessant wie die beiden ersten ist auch das dritte Kapitel: Radioaktivität. W. BOTHE-Charlottenburg behandelt den radioaktiven Zerfall, seine Unabhängigkeit von äußeren Umständen (Zeit; Druck bis 2000 Atmosphären; Temperaturveränderungen von -250° bis $+1500^{\circ}$; sehr lange Einwirkung starker Magnetfelder von 83000 Gauß; Bestrahlung mit Kathodenstrahlen; verschiedene Seehöhen bis 3500 m usw.), ferner Messungen und Experimente, die die Zerfallstheorie sehr gut bestätigen. Auch die noch ungeklärte Tatsache, daß die experimentell gemessene Wärmewirkung der α -Teilchen größer ist als die theoretisch errechnete, wird eingehend besprochen. STEFAN MEYER-Wien behandelt Nachweis und Messung von Aktivitäten und die Radioelemente. (Einheiten: Die mit 1 g Radium

im Gleichgewicht stehende Menge RaEm heißt ein „Curie“; 10^{-10} Curie = 1 Eman. Diejenige Menge RaEm, die allein, ohne Zerfallsprodukt, bei voller Ausnutzung ihrer Strahlung einen Sättigungsstrom von 10^{-3} stat. Einheiten zu unterhalten vermag, heißt eine Mache-Einheit; meist verwendet man diese Einheit als Konzentrationseinheit für den Emanationsgehalt im Liter; 1 Mache-Einheit = $3,64 \cdot 10^{-10}$ Curie/Liter.) OTTO HAHN-Berlin endlich behandelt die Bedeutung der Radioaktivität für chemische Untersuchungsmethoden und für die Geschichte der Erde. HAHN, der über das letzte Thema wiederholt geschrieben hat, beleuchtet eingehend die verschiedenen hierher gehörigen Probleme. Altersbestimmungen von Mineralien durch Bestimmung des Gehaltes an Helium, Blei, Thorium oder aus sog. pleochroitischen Höfen führen für das Alter der festen Erdkruste auf etwa 10^9 Jahre. Interessant ist die Tatsache, daß, wenn der mittlere Urangehalt der sauren Gesteine der äußersten Erdkruste für das Material des ganzen Erdballs gälte, die Gesamtmasse an Uran 150 mal so groß wäre wie die, die nötig ist, um den gesamten Strahlungsverlust der Erde zu decken. Nach innen wird also der Urangehalt abnehmen.

K. PRZIBRAM-Wien spricht im 4. Kapitel über die Ionen in Gasen, und zwar über Ionenbeweglichkeit, Diffusion, Wiedervereinigung und Adsorption, über die aufgestellten Theorien und über magnetische und andere Effekte. (Hierher gehört z. B. auch der Ionenwind, der bei Spitzenentladungen auftritt.) Das nächste Kapitel (teils von K. F. HERZFELD-München, teils von H. G. GRIMM-Würzburg) ist der Größe und dem Bau der Moleküle gewidmet. Verfasser besprechen den Begriff des Moleküls in Gasen, Flüssigkeiten und Kristallen, die Methoden zur Bestimmung der Größe und des Baues der Moleküle, die auftretenden Anziehungs- und Abstoßungskräfte, die Atomkerne und die Elektronenhüllen, endlich die Größenverhältnisse. Hier gibt es trotz aller Bemühungen noch sehr viele ungeklärte Fragen. Den Beschluß des Buches macht das Kapitel über das natürliche System der chemischen Elemente von F. PANETH-Berlin. Hier wird von den experimentellen Tatsachen das gebracht, was für die theoretische Erkenntnis des natürlichen Systems in erster Linie maßgebend ist, und daran anschließend die Deutung der experimentellen Ergebnisse vom Standpunkt der RUTHERFORD-BOHRschen Theorie.

Der Titel des Bandes klingt aktuell, und der Inhalt hält, was der Titel verspricht. Es wird eine vorzügliche Zusammenstellung der experimentellen Tatsachen und der Theorien gegeben; das Buch ist für das erste Studium der besprochenen Gebiete wie als Nachschlagewerk gleich wertvoll und geeignet. Es gehört zu den Bänden des Handbuches, auf die die Lehrerbücherei nicht verzichten sollte. E. Lamla.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band 23: Quanten. Redigiert von H. GEIGER. X und 782 Seiten,

225 Abbildungen. Berlin 1926. Julius Springer. Geh. RM 57.—; geb. RM 59.70.

Auch dieser Band behandelt durchaus aktuelle Fragen der Physik. Er enthält 7 Kapitel. Das erste bringt eine Darstellung der Quantentheorie von W. PAULI-Hamburg. Verf. gibt eine kurze geschichtliche Darstellung, behandelt dann die BOHRschen Ansätze und ihre Anwendungen, insbesondere den Compton-Effekt, das Adiabatenprinzip, das Korrespondenzprinzip, die Übergangswahrscheinlichkeiten. Bei Besprechung des Verhältnisses zwischen Wellen- und Quantentheorie wird auch die 1924 von BOHR, KRAMERS und SLATER geäußerte Ansicht, daß das Energie- und Impulsgesetz nur statistische Bedeutung haben und demnach auf Elementarprozesse nicht streng anwendbar sind, behandelt und ebenso die experimentelle Widerlegung dieser Hypothese durch GEIGER und BOTHE. Einen breiten Raum nimmt die Theorie des Spektrums von Atomen mit einem einzigen Elektron ein, der sich die Theorie der Spektren von Atomen mit mehr als einem Elektron anschließt. Verfasser behandelt dabei eingehender auch die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten bei Serienspektren. Hierher gehört auch die BOHRsche Theorie des natürlichen Systems der Elemente, die sich wesentlich auf die Analyse der Spektren stützt. Zusammenfassend ist über das erste Kapitel zu sagen, daß die Darstellung sehr sorgfältig, eingehend, klar und übersichtlich ist; sie ist auch keineswegs etwa rein theoretisch, nimmt vielmehr ständig Bezug auf das Experiment. Bedauerlich ist nur, daß die nach dem 1. 9. 1925 erschienenen Arbeiten nicht mehr haben berücksichtigt werden können (also alle die neueren Arbeiten von JORDAN, BOHR, HEISENBERG, DE BROGLIE, SCHRÖDINGER u. a.). Im zweiten Kapitel bespricht R. LADENBURG (Berlin-Dahlem) ausführlich die verschiedenen Methoden zur Bestimmung des PLANCKschen elementaren Wirkungsquantums h , dessen Größe ja für die gesamte Quantentheorie von grundlegender Bedeutung ist, und das am genauesten aus den Röntgen-Grenzfrequenzen und aus der BOHRschen Formel für die Rydbergkonstante ermittelt werden kann. W. BOTHE-Charlottenburg behandelt die Absorption und die Zerstreuung von Röntgenstrahlen. Bei der Streuung können Wellenlänge und Polarisationszustand geändert werden; auf jeden Fall handelt es sich um unmittelbare Energieumwandlung. Bei der Absorption findet eine Umwandlung in andere Energiearten statt. Die Messung der Absorption, der ausgelösten Photoelektronen und der Fluoreszenzstrahlung wird ausführlich besprochen. Bei der Streuung findet der Compton-Effekt und die Theorie von BOHR, KRAMERS und SLATER (s. o.) nochmals eine eingehende Behandlung. Das vierte Kapitel (von H. KULENKAMPFF-München) ist dem kontinuierlichen Röntgenspektrum gewidmet. Eine besondere Rolle spielt hier das Gesetz von DUANE und HUNT (Produkt aus Grenzwellenlänge und Röhrenspannung = $\lambda_0 \cdot V = \text{Const.} = 12340 \text{ \AA} \cdot \text{Volt}$) und seine experimentelle Bestätigung. Die Messung der Intensitätsverteilung im Spek-

trum ist wegen der Absorptionserscheinungen besonders schwierig, doch liegt eine große Reihe wertvoller Messungen vor. Untersuchungen über Polarisaton und Richtungsverteilung beschließen das Kapitel. P. PRINGSHEIM-Berlin behandelt die Anregung der Emission durch Einstrahlung. Eine Lichtemission durch Molekel, die durch Einstrahlung erregt werden, heißt Fluoreszenz, wenn die Dauer der Emission nur von der für atomare Vorgänge charakteristischen Größenordnung ist, also mit Abschneiden der erregenden Strahlung praktisch momentan aufhört; sie heißt Phosphoreszenz, wenn zwischen Absorption und Emission eine meßbare Zeit verfließt (Bruchteil einer Sekunde bis zu mehreren Jahren). In Gasen und Dämpfen wird fast stets nur Fluoreszenz, in festen Körpern meist Phosphoreszenz beobachtet. Nachleuchtdauern von 10^{-4} bis 10^{-6} Sekunden lassen sich mit Hilfe rotierender Scheiben und Spiegel leicht messen; mit manchen Konstruktionen kommt man bis zu $3 \cdot 10^{-9}$ Sekunden. Der einfachste Fall der Fluoreszenz ist die Resonanzstrahlung (hier ist das emittierte Licht von gleicher Wellenlänge wie das eingestrahlete; der Vorgang ist wohl stets mit Streuung verbunden). Aus versuchstechnischen Gründen ist die reine Resonanzstrahlung bisher am besten bei Quecksilber und Natrium untersucht (Halbwertszeit der Abklingung der Linien 10^{-7} bzw. 10^{-8} Sekunden); in anderen Fällen, z. B. beim Helium und beim Jod, werden bei monochromatischer Erregung mehrere Linien ausgestrahlt. Durch Zusatz anderer Gase wird die Fluoreszenz abgeändert infolge der Zusammenstöße der Molekeln. Die Fluoreszenz und Phosphoreszenz organischer und komplexer anorganischer Verbindungen (Benzol und seine Derivate, Uranylsalze usw.) sind komplizierterer Natur. Die durch Fremdatome aktivierten anorganischen Phosphore (Kristallphosphore; hierher gehört auch der Bologneser Leuchtstein) sind am längsten bekannt, aber erst durch LENARD planmäßig untersucht worden. Ihre Theorie ist noch ungeklärt. W. NODDACK-Charlottenburg beschäftigt sich im nächsten Kapitel mit der Photochemie, d. h. mit den chemischen Veränderungen der Materie, die durch Wirkung des Lichtes entstehen. Solche Wirkungen waren schon im Altertum bekannt (z. B. beim Bleichen), aber erst aus dem Jahre 1694 stammt die erste sichere Nachricht über die Bekanntschaft mit der Lichtempfindlichkeit des Silbernitrats. Voraussetzung für die chemische Wirkung ist Absorption von Licht (DRAPER 1845). Den exakten Gesetzen liegt die Quantentheorie zugrunde. Bei den Messungen benutzt man als Lichtquelle vor allem die Quecksilber-, auch die Kadmiumpulve und für alle längeren Wellen ($1-2 \mu$) die Heliumlampe mit monochromatischen Lichtfiltern. Verfasser behandelt nacheinander Meßmethoden, photochemische Reaktionen, Energieumsatz, chemische Wirkungen der Röntgen- und der Korpuskularstrahlen, Chemilumineszenz. Lichtunempfindliche Körper können durch Zusatz äußerst geringer Mengen bestimmter Stoffe (Katalysatoren oder Sensibilisatoren) lichtemp-

findlich gemacht werden. Zusatz anderer Stoffe wiederum setzt die Lichtempfindlichkeit herab. Interessante Versuche sind gemacht worden, um die kleinste Lichtmenge zu ermitteln, die auf die photographische Platte oder auf das menschliche Auge wirkt. Das dunkeladaptierte Auge nimmt noch Licht vom Energiebetrage 10^{-13} Lumen · sec wahr; das sind (bei $\lambda = 5400 \text{ \AA}$) $30 h \cdot \nu$; die Rechnung zeigt, daß dann auf ein Stäbchen annähernd ein $h \cdot \nu$ entfällt. Für die Chemilumineszenz (die alle Tierarten außer den Säugern und den Vögeln zeigen) sind die Meßmethoden noch wenig ausgebildet. Überhaupt gibt es, trotz der in letzter Zeit geleisteten intensiven Arbeit, auf allen Gebieten der Photochemie noch viele ungelöste Fragen. Das letzte Kapitel über die Anregung von Quantensprüngen durch Stöße (mit Ausschluß der Erscheinungen an Korpuskularstrahlen hoher Geschwindigkeiten) stammt von J. FRANCK und P. JORDAN in Göttingen. Die Verfasser sind wie wenige andere berufen, über das Thema zu schreiben; hat doch FRANCK in Gemeinschaft mit G. HERTZ die grundlegenden, epochemachenden Versuche zur Bestimmung der kritischen Potentiale (Anregungs- und Ionisationspotential) durch Elektronenstöße gemacht. Dieselben Verfasser haben auch die bei der Anregung ausgestrahlten Linien zuerst spektroskopisch gemessen, wobei die gemessenen und die aus den spektroskopischen Daten errechneten Potentiale gut übereinstimmen. Die Versuchsergebnisse allgemein haben den quantenhaften Austausch zwischen kinetischer und innerer Energie zusammenstoßender atomarer Gebilde bewiesen. Auch die sog. Stöße zweiter Art und die Stöße und Quantensprünge bei Molekeln werden ausführlich behandelt.

Der vorliegende Band des Handbuches führt in allen Kapiteln an aktuelle, hochinteressante Probleme der Physik heran und behandelt diese in ganz ausgezeichneter Darstellung.

E. Lamla.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS. Bd. 23, 1. Teil. Phosphoreszenz und Fluoreszenz. Von P. LENARD, FERD. SCHMIDT und R. TOMASCHKE. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 743 S. mit 162 Abb. Brosch. RM 69.—; geb. RM 71.—.

Wenn dem Leser dieser starke Band über die Phosphoreszenz und Fluoreszenz in die Hand kommt, wird er erstaunt sein, daß dieses früher zu den physikalischen Kuriositäten gehörende Gebiet hier solche eingehende Bearbeitung gefunden hat. Zweierlei berechtigt aber diese ausführliche Darstellung. Einmal spielen die Fluoreszenz und Phosphoreszenz heute in der Atomphysik eine grundlegende Rolle. Dann aber hat LENARD mit seinen Mitarbeitern hier ein Lebenswerk der Nachwelt geschenkt, das in allen seinen Teilen gerade für die zukünftige Forschung von größtem Wert ist. Trotz genauester, alle notwendigen Einzelheiten berücksichtigender Darstellung liest sich das ganze Werk doch gut, spürt man doch in

allen Teilen die gewissenhafte und tieferschürfende Forschungsarbeit LENARDS. Nach einem historischen Überblick (bis 1889) wird zunächst über die reinen Erdalkaliphosphore berichtet, wobei auch die Temperatureigenschaften der erregten Banden sowie ihre spektrale Verteilung untersucht wird. Das Abklingen der Phosphoreszenz und die Lichtsummen werden eingehend behandelt. Dies führt hinüber zur lichtelektrischen Wirkung bei Phosphoren und gestattet einen Einblick in das Wesen der behandelten Vorgänge. Eingehende Untersuchungen werden dann nach Arbeiten von F. SCHMIDT aus den Jahren 1921, 1924 und 1927 angestellt über die Dauererregungsverteilungen der Phosphore, wobei die Dielektrizitätskonstante der Phosphore, die Wellenlängen der Dauererregungsverteilungen sowie die Absorptionskantenserien der Phosphore eine große Rolle spielen. Das nun folgende Kapitel ist ganz der praktischen Arbeit gewidmet; es enthält die Methoden der Herstellung und Angabe der Eigenschaften der phosphoreszierenden Stoffe im einzelnen, eine Fundgrube für jeden, der auf diesem Gebiet sich praktisch betätigen will. Hierbei werden die Phosphore in drei Gruppen zerlegt, die anorganischen Fremdstoffphosphore, die anorganischen Reinstoffphosphore und die organischen Phosphore. Dann wird über die Ergebnisse der Forschungen an Schmalbanden- und Linienphosphoren berichtet und die Zerstörung der Leuchtfähigkeit durch Druck und durch Licht erörtert. Auch die absolute Größe der Energie, die die Phosphore aufspeichern können, ist von LENARD und HAUSER untersucht worden. Mit einem Kapitel über die Lichtabsorption und die Energieverhältnisse bei der Phosphoreszenz schließt dieser inhaltsschwere Teilband. Im zweiten Teilband soll noch über die Ausleuchtung und Tilgung der Phosphore, über die molekularen Eigenschaften der Phosphoreszenzzentren und Fluoreszenzzentren, über Fluoreszenz, Trennungsleuchten und Reaktionsleuchten sowie schließlich über das Leuchten der Lebewesen berichtet werden. Wie diese kurze Inhaltsübersicht zeigt, liegt hier ein Werk vor, das für die praktische Physik dieses Teilgebiets von großer Wichtigkeit ist, zumal überall die Erfahrungen jahrzehntelanger Praxis niedergelegt sind. Doch eine Ausstellung muß man an diesem Werk machen: nur in diesem Teilband des Handbuches der Experimentalphysik ist an Stelle des in der ganzen Welt seit Jahrzehnten üblichen „Ampère“ als Stromstärkeinheit die Bezeichnung „Weber“ gesetzt. Warum wird allein hier von dem Gebrauch der ganzen Welt abgewichen?

A. Wenzel.

Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. Zweiter (physikalischer) Teil. Herausgegeben von PHILIPP FRANK. XXIII und 863 Seiten, 88 Abbildungen. Braunschweig 1927, Verlag Fr. Vieweg & Sohn. Geh. RM 53.—, geb. RM 58.—.

Der vorliegende Band ist der zweite Teil des von PH. FRANK und R. V. MISES als 7. Auflage

von RIEMANN-WEBERS partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik herausgegebenen zweibändigen Werkes. Wir alle kennen aus unserer Studienzeit den RIEMANN-WEBER, die älteren von uns kennen auch noch die von HATTENDORFF besorgten Ausgaben der RIEMANNschen Vorlesungen. Vor mir liegt die 2. Auflage dieser Vorlesungen (von 1876), sie umfaßt insgesamt 328 Seiten. Dagegen zählt der zweite Teil des jetzt vorliegenden Werkes 863 (größere) Seiten. Auch hierin spiegelt sich die Entwicklung unserer Wissenschaft. Die Verfasser nehmen auch für sich die Worte in Anspruch, mit denen H. WEBER 1900 die erste von ihm besorgte Auflage der RIEMANNschen Vorlesungen eingeleitet hat: „... So war es keine Frage, daß ein unveränderter oder wenig revidierter Abdruck jener Vorlesungen gar nicht mehr zeitgemäß gewesen wäre, sollte das Buch mehr als bloß historischen Wert haben. . . Es mußte also zu einer vollständigen Neubearbeitung gegangen werden. . .“ Das Buch soll kein Lehrbuch der theoretischen Physik sein; grundsätzlich werden keine Erörterungen über physikalische Hypothesen (z. B. Quantentheorie) oder Vergleiche von Rechnungsergebnissen mit Experimenten gegeben, sondern nur die Ableitungen und Rechnungen selbst. Das Buch soll mit den mathematischen Methoden der Physik bekannt machen, die bei allem Wechsel der Hypothesen und Anschauungen verhältnismäßig konstant bleiben. Und dabei spielen diese mathematischen Theorien in der Physik nicht etwa bloß eine dienende Rolle; es ist vielmehr so, daß neue Hypothesen sehr häufig so aufgestellt werden, daß sie ein bereits vorhandenes mathematisches Werkzeug zu ihrem Ausbau benutzen können. Was die Stoffauswahl anbetrifft, so wurden — lediglich um den Umfang des Buches nicht noch weiter zu vergrößern — diejenigen Probleme ganz oder zum Teil ausgeschieden, die an Statistik und Relativitätstheorie anknüpfen (bis auf die BROWNSche Bewegung und die spezielle Relativitätstheorie). Die Bearbeiter der einzelnen Abschnitte haben im übrigen naturgemäß ihre eigenen Arbeitsgebiete stärker berücksichtigt als andere. Behandelt werden analytische Mechanik (von PH. FRANK-Prag; hierher gehören auch die Beziehungen der Theorie periodischer Systeme zur Quantentheorie, Flugzeugbewegung, Himmels- und Atommechanik), Wärmeleitung und Diffusion (R. FÜRTH-Prag), das stationäre und quasi-stationäre elektromagnetische Feld (F. NOETHER-Breslau), elektromagnetische Schwingungen (A. SOMMERFELD-München), Mechanik der Kontinua (E. TREFFTZ-Dresden, TH. v. KARMAN-Aachen, H. FAXÉN und C. W. OSEEN-Upsala). Schon die Namen der Bearbeiter bürgen für die Güte des Buches, und eine kurze Durchsicht bestätigt, daß hier für jeden, der sich mit der theoretischen Physik beschäftigt, ein vorzügliches Lehr- und Nachschlagewerk vorliegt, das über alle einschlägigen Fragen aufs beste orientiert. Es ist zu wünschen, daß trotz des (wenn auch nicht relativ, so doch absolut) hohen Preises auch recht viele oder möglichst alle Physikstudenten das Buch

in die Hand bekommen. Die Benutzung setzt wegen vielfacher Verweisungen zum Teil den Besitz des vor 2 Jahren erschienenen ersten (mathematischen) Bandes voraus. *Lamla.*

Materiewellen und Quantenmechanik. Eine elementare Einführung auf Grund der Theorien DE BROGLIES, SCHRÖDINGERS und HEISENBERGS. Von ARTHUR HAAS. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 160 S. Brosch. RM 6.50; geb. RM 7.50.

Seit der Begründung der HEISENBERGSchen Quantenmechanik und der SCHRÖDINGERSchen Wellenmechanik sind erst drei Jahre verflossen, und doch ist schon eine so große Zahl von Arbeiten auf diesem Gebiet erschienen, daß ein Neuling sich nur mit größter Anstrengung und Ausdauer in diese Materie einzuarbeiten vermöchte, wozu ihm übrigens das Rüstzeug der höheren Mathematik zu Gebote stehen müßte. Für den mathematisch weniger Vorgebildeten würden sich aber fast unüberwindliche Schwierigkeiten beim Studium der Originalarbeiten DE BROGLIES, SCHRÖDINGERS und HEISENBERGS ergeben. Daher ist eine Einführung, die das Wesentlichste der Gedankengänge dieser Forscher bringt, sehr zu begrüßen. Diese Aufgabe, nicht nur Berufsphysikern, sondern auch interessierten Laien den Weg in diesen jüngsten physikalischen Forschungszeit zu ebnen, hat sich das vorliegende Bändchen gestellt. Es geht von den Problemen der Atommechanik aus, bringt das FERMATSche Prinzip und die LORENTZ-Transformationen und geht dann auf die Wellenmechanik von DE BROGLIE ein, wobei auch der Zusammenhang zwischen Wellenmechanik und Relativitätstheorie sowie die Beugung der Materiewellen erörtert wird. Dann folgt mit Beispielen zur Eigenwertmechanik die Theorie SCHRÖDINGERS und die Quantenmechanik HEISENBERGS, deren exakte Durchführung BORN und JORDAN durch die Schaffung der Matrizenmechanik ermöglicht haben. Die Äquivalenz der SCHRÖDINGERSchen Eigenwertmechanik mit der Matrizenmechanik läßt sich unter Verwendung des Begriffs des mathematischen Operators nachweisen. In den weiteren Abschnitten sind behandelt: Die kausale und statistische Auffassung der Atomphysik, das PAULISChe Prinzip und die Quantentheorie des Grundstoffsystems, die BOSESche Quantenstatistik, die FERMISChe Statistik nebst Anwendungen der Quantenmechanik sowie der Einfluß der Quantenmechanik auf die Naturphilosophie. Zusammenfassende Inhaltsübersicht, Literaturverzeichnis sowie Namen- und Sachregister beschließen diesen kleinen, aber inhaltsreichen Band. Die Darstellung ist soweit als möglich elementar, schließt aber damit auch manche Feinheiten der Theorien aus dem Kreis der Betrachtungen aus, da ihre Behandlung oft mehr mathematische, weniger physikalische Bedeutung hat. Doch hilft das ausführliche Literaturverzeichnis dem interessierten Leser die Originalabhandlungen finden. So haben wir hier ein Buch vor uns, das jeder Physiker eifrigst studieren sollte, trotz

mancher mathematischen Anstrengung, denn hier wird ihm der Weg zu diesen neuesten Gedankengängen erheblich erleichtert. *A. Wenzel.*

Graphische Darstellung der Spektren von Atomen und Ionen mit ein, zwei und drei Valenzelektronen. Von W. GROTRIAN. Erster Teil: XIII, 245 S. mit 43 Abb. Zweiter Teil: X, 168 S. mit 163 Abb. Berlin 1928, Julius Springer. Geh. RM 34.—; geb. RM 36.40.

Das vorliegende Werk ist nicht nur für den praktisch forschenden Spektroskopiker geschrieben, sondern kann auch seiner ganzen Anlage nach gut zur Einführung in die Gesetzmäßigkeiten der Linienspektren für den Physiklehrer dienen. Der Umstand, daß die graphischen Darstellungen selbst im zweiten Teil gesondert zusammengebunden sind, erleichtert ihr Studium an der Hand des Textes. Mathematische Ableitungen sind gänzlich vermieden; nur die Ergebnisse theoretischer Berechnungen sind angegeben und zur Deutung der spektralen Gesetzmäßigkeiten herangezogen. Im allgemeinen beschränkt sich die Darstellung auf eine qualitative Deutung der Gesetze mit Hilfe der Vorstellungen, die sich auf Grund des BOHR'Schen Atommodells ergeben, wobei die BOHR'Schen Elektronenbahnen nur als anschauliche Hilfsvorstellung bewertet werden, denen Realität bisher nicht zugeschrieben werden kann. An einigen Stellen werden auch Ergebnisse der modernen Quantenmechanik herangezogen. Zunächst werden die Spektren der Atome und Ionen mit einem einzigen Elektron betrachtet. Dann folgen die Spektren der Atome und Ionen mit einem und mit zwei und drei Valenzelektronen. Nach der Betrachtung der wahren Hauptquantenzahlen und ihres Zusammenhanges mit dem periodischen System geht Verf. auf die Röntgenspektren ein, bespricht Größe und Frequenzdifferenz der optischen Terme und behandelt dann eingehend die anomalen Terme und zum Schluß die serienlosen Spektren einiger Ionen mit zwei Valenzelektronen (Sc II, Ti III und Y II, La II). Der zweite Band enthält nur die graphischen Darstellungen, 163 sehr sorgfältig ausgeführte und gut wiedergegebene Niveauschemata, Termsysteme und Moseleydiagramme, die eine riesige Fülle von Forschungsergebnissen umfassen. Sach- und Namenregister beschließen jeden Band und tragen besonders im 2. Band wesentlich zur Erleichterung des Auffindens von Spektren bestimmter Stoffe bei. Jahrelange Arbeit und hervorragende Sachkenntnis haben hier ein ausgezeichnetes Werk geschaffen, das sowohl auf die praktische Forschungsarbeit als auch auf die Fortbildung des Physikers befruchtend einwirken wird. *A. Wenzel.*

Physikalisch-chemisches Unterrichtswerk. Von H. DÖRRIE und W. JAECKEL. Lehrbuch der Chemie von W. JAECKEL. 1. Teil: Einführung in die Chemie. Breslau 1928, Hirt. 184 Seiten. Geb. RM 4.—.

Mit dem ersten Teil dieses Unterrichtswerkes ist ein Lehrbuch erschienen, das in großen Kreisen

seine Anerkennung finden wird, und für gewisse Schultypen, die mehr eine Übermittlung der notwendigen chemischen Kenntnisse, wie sie das moderne Leben erfordert, anstreben, als in dem naturwissenschaftlichen Unterricht einen wesentlichen Teil ihres Bildungsganges überhaupt sehen, erscheint mir das Buch außerordentlich geeignet. Es führt den Neuling in methodischer Weise von seinem bisherigen Anschauungskreise ausgehend an Hand weniger Beispiele, die dann in sehr geschickter Weise benutzt werden, um ähnliche Stoffe neu in den Kreis der Betrachtungen einzubeziehen, in die Chemie ein. Vor allem werden die Chemie des täglichen Lebens und die chemisch-technischen Vorgänge den Schülern nahe gebracht. So werden bei der Behandlung von Luft, Wasser und Kochsalz die chemischen Grundbegriffe: physikalisches Gemisch, chemische Verbindung, Oxydation, Reduktion, Säure, Lauge und Salz behandelt, auch die Begriffe Atom, Molekül und Wertigkeit in allgemein verständlicher Form ohne wissenschaftliche Strenge zu übermitteln versucht, chemische Formeln, weil sie den Schülern im täglichen Leben begegnen, als Abkürzung für Namen ohne tieferen Inhalt benutzt. Mit Recht ist die exakte Behandlung dieser Dinge für den 2. Teil dieses Werkes zurückgestellt, da das Verständnis einer höheren Altersstufe vorbehalten bleibt.

Die Beziehungen der Chemie zur Biologie sind in den Kapiteln über Atmung und Ernährung und über die Gärung angeknüpft, denen die Behandlung der dort benötigten Elemente in den Kapiteln über Schwefel, Kalkstein, Kohle und Ammoniak vorausgeht, Stoffe, die sehr geeignet sind, in die chemische Großindustrie einzuführen. Der Abschnitt Quarz und Feldspat gibt Gelegenheit, Brücken zur Geologie zu schlagen, die chemische Verwitterung, sowie die Herstellung von Baumaterialien und Schmucksteinen zu besprechen. Die Gewinnung des Eisens und seine Veredelung ist ans Ende gerückt, die Herstellung der übrigen Metalle ganz kurz besprochen. Den Beschluß bildet sodann recht eingehend behandelt die Photographie, die ja fast stets das besondere Interesse der Schüler dieses Alters erweckt. Die nicht sehr zahlreichen Versuche sind einfach gehalten, die Versuchsanordnungen durch eine große Anzahl trefflicher Abbildungen erläutert, wie auch eine Anzahl technischer Anlagen durch schematische Abbildungen leichter verständlich werden.

Als Ganzes betrachtet ist das Buch sehr geeignet, auf elementarster Grundlage in die anorganische und organische Chemie des täglichen Lebens einzuführen und das Wissen zu vermitteln, das ein Untersekundaner mit ins Leben nehmen oder für ein erfolgreiches Arbeiten auf der Oberstufe mitbringen muß. *Dr. Isberg.*

Aus der Praxis des chemischen Arbeitsunterrichtes im Lehrsaal. Von Dr. GUSTAV A. WEISS. Mit 22 Figuren und 35 Seiten. Berlin 1928, Julius Springer. Preis RM 2.80.

Die als 13. Heft der Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft

(Sonderheft dieser Zeitschrift) erschienene Abhandlung wird unzweifelhaft vielfach willkommen sein, namentlich dort, wo ein Unterrichtsraum für die im chemischen Schulunterricht von den Schülern auszuführenden Versuche neu eingerichtet oder ein bereits vorhandener zweckmäßiger gestaltet werden soll. Jeder Fachgenosse, der einmal vor einer solchen Aufgabe stand, kennt die mit ihrer Lösung verbundenen Schwierigkeiten, die sich restlos beim ersten Anlauf überhaupt kaum überwinden lassen, und wird dem Verfasser der vorliegenden Schrift für deren Veröffentlichung und für die zahlreichen Einzelangaben, die er für seine Zwecke verwenden kann, dankbar sein. Es handelt sich insofern um etwas ganz Neues, als dem Wesen des Arbeitsunterrichtes gemäß, in dem Raum, dessen an seiner Anstalt als zweckmäßig erprobte Einrichtung der Verfasser hier beschreibt, der gesamte Chemieunterricht in unmittelbarem Anschluß an die von den Schülern auszuführenden Versuche erteilt werden soll, so daß seine Ausstattung mit Subsellen von der sonst in Schulräumen üblichen völlig abweicht; sie wird eingehend und mit genauen Maßangaben neben dem außerdem vorhandenen Experimentiertisch und den Schränken, die zum Aufbewahren der erforderlichen Reagenzien und der von den Schülern zu benutzenden Gerätschaften dienen, beschrieben. Der Beschreibung dieser Versuche ist ein besonderer Abschnitt gewidmet; sie sind so ausgewählt, daß in der Regel dieselbe Anordnung für verschiedene Versuche gebraucht werden kann, auf deren methodische Bedeutung zuvor hingewiesen wurde. Hier wird, wie der Verfasser auf S. 14 selbst bemerkt, der persönliche Geschmack des Unterrichtenden die eine oder andere Abänderung anbringen, was jedoch an dem Gesamtbild wenig ändern dürfte. Nicht recht verständlich ist dem Referenten die Versuchsanordnung 8 auf S. 29, mittels deren die Abhängigkeit der Stromstärke von Dissoziation, Konzentration, Weg und Spannung beim Durchgang von Wechselstrom durch Elektrolyte dargestellt werden soll. Da die Anwendung von Wechselstrom, bei der für den Schüler schwerer verständliche Verhältnisse geschaffen werden, doch nur den Zweck haben kann, die Polarisation an den Elektroden zu vermeiden, ließe sich der von dem Verfasser angestrebte Zweck bei Benutzung nicht polarisierbarer Elektroden in einem zweckmäßig ausgewählten Elektrolyten wohl auch mittels Hindurchleitens von Gleichstrom erreichen, bei dem die Verhältnisse ungleich einfacher sind. Auf das auf S. 21 sich findende Versehen bei der Drucklegung, wo mehrere Male nacheinander in den Formeln für das Manganat- und das Permanganat das n im Symbol des Mn als Index (M_n) gedruckt ist, sei für eine Neuauflage aufmerksam gemacht. Auffallend ist die durchweg angewandte Schreibweise ERLMEYER. Der im Jahre 1909 in Aschaffenburg in seinem 85. Lebensjahr im Ruhestand verstorbenen frühere Professor an der Technischen Hochschule in München, auf den die Erfindung und die Einführung des in

vieler Beziehung zweckmäßigen Glasgefäßes in den Laboratoriumsbetrieb zurückzuführen ist, war doch R. A. C. EMIL ERLLENMEYER. *Böttger.*

Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von KARL JELLINEK. Bd. 1. Grundprinzipien der physikalischen Chemie, Lehre vom fluiden Aggregatzustand reiner Stoffe. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Stuttgart 1928, Ferdinand Enke. LIII und 966 Seiten mit 162 Tabellen und 337 Textabbildungen. Lex. 8°. Preis geh. RM 82.—, geb. RM 86.—.

Von der zweiten Auflage dieses Werkes — die erste, die kurz vor dem Kriege zu erscheinen begann, ist unvollendet geblieben — liegt nunmehr der erste Band vor. Er enthält nach einem Abschnitt über die allgemeinen Grundprinzipien der physikalischen Chemie (Atom- und Molekulartheorie, Gasgesetze, Hauptsätze der Thermodynamik) die Lehre vom „fluiden“ Aggregatzustand, worunter der gasförmige und der flüssige Zustand verstanden werden. Nach der Art der Darstellung und nach dem Umfang — für das Gesamtwerk sind fünf Bände vorgesehen — nimmt das Werk eine Art Mittelstellung zwischen Lehr- und Handbuch ein. Obgleich der Verfasser es mehr als Lehrbuch gedacht zu haben scheint, möchte der Referent es eher als Nachschlagewerk für den Lehrer und Forscher, der sich über einzelne Teilgebiete näher unterrichten will, empfehlen. Für diesen Zweck sind die außerordentlich zahlreichen Literaturangaben, die bis Mitte 1926 reichen, besonders wertvoll. Hervorzuheben ist noch, daß im Gegensatz zum bekannten Lehrbuch von OSTWALD, welches mehr die chemische Seite der allgemeinen Chemie betont, in diesem Werk die physikalische Seite besonders eingehend behandelt wird, was der neueren Entwicklung dieses Fachgebiets auch durchaus entspricht. Von der für diese Behandlungsweise erforderlichen Mathematik wird lediglich die Kenntnis der Differential- und Integralrechnung vorausgesetzt, während alle anderen nötigen Rechenmethoden ausführlich entwickelt werden. Zu einzelnen Punkten möchte der Referent bemerken, daß es wohl zweckmäßiger gewesen wäre, bei der Besprechung der Grundprinzipien der physikalischen Chemie auch den dritten Hauptsatz der Thermodynamik (NERNSTschen Wärmesatz) etwas ausführlicher zu behandeln, und ihn nicht nach einer langen Erörterung der beiden ersten Hauptsätze auf einer halben Seite zu erledigen und auf spätere Bände zu verweisen. Hervorzuheben ist die ausführliche Darstellung der kinetischen Gastheorie, bei der auch die wichtigen Untersuchungen über sehr verdünnte Gase den ihnen gebührenden Platz finden. Dagegen erscheint dem Referenten der Abschnitt über die verschiedenen empirischen Zustandsgleichungen eher etwas zu ausführlich. Alles in allem dürfte das Werk — besonders wegen der vielen Tabellen und Literaturangaben — eine fühlbare Lücke in der physikalisch-chemischen Literatur ausfüllen. Die äußere Ausstattung des Buches ist in jeder Beziehung mustergültig. *Estermann.*

Korrespondenz.

Herbstferienlehrgang 1929 der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin vom 1. bis 12. Oktober.

I. Vorlesungen.

1. Ministerialrat RICHERT: Die preußische Schulreform. 2 Std. — 2. Prof. Dr. ROTHE: Ausgewählte Fragen aus der Schulmathematik. 4 Std. — 3. Geh. Regierungsrat Prof. Dr. SCHEFFERS: Lineal und Zirkel. Geschichte, Theorie und Praxis. 4 Std. — 4. Prof. Dr. KIEBITZ: Die Strahlungsvorgänge der drahtlosen Telegraphie. 2 Std. — 5. Prof. Dr. HAUSER: Neuerungen für die Auflichtbeleuchtung in der Mikroskopie, Mikrophotographie und -projektion. 2 Std. — 6. Hr. FRICKE: Die Förderung des Luftfahrtgedankens in der Schule. 1 Std. — 7. Die Junkers-Werke in Dessau. (Als Vorbereitung für die Besichtigung.) 1 Std.

II. Übungen.

1. Studiendirektor Dr. KRAMER: Eigenschaften und Darstellung der Kegelschnitte und ihrer Projektionen. 16 Std. — 2. Studiendirektor Dr. KRAMER: Darstellung der Kugel mit Anwendung auf die mathematische Erd- und Himmelskunde. 8 Std. — 3. Oberstudiendirektor ROHRBERG: Anwendungen der Mathematik in der Wirtschaft. 16 Std. — 4. Prof. Dr. BRENNECKE: Einführung in die Geodäsie (mit Übungen). 16 Std. — 5. Oberstudienrat Dr. VOLKMANN: Experimentalvortrag: Ausgewählte physikalische Unterrichtsversuche mit besonderer Berücksichtigung neuer vereinfachter Ausführungsformen. 8 Std. — 6. Oberstudienrat Dr. VOLKMANN: Übungen: Ausgewählte physikalische Unterrichtsversuche mit besonderer Berücksichtigung neuer vereinfachter Ausführungsformen. 16 Std. — 7. Studienrat NIX: Ausgewählte Schülerversuche aus verschiedenen Teilen der Physik. 16 Std. — 8. Dr. MOELLER: Übungen zur Hochfrequenzphysik (Untersuchungen mit dem Wellenmesser und an Elektronenröhren). 16 Std. — 9. Prof. Dr. HAUSER: Übungen an Mikroskopen, Projektionsapparaten und anderen optischen Instrumenten. 16 Std. — 10. Dozent R. SCHMEHLIK: Übungs- und Schauversuche über die Entstehung des Bildes im Mikroskop, in der Mikrophotographie, in der Mikro- und Makroprojektion und im Auge. 16 Std. — 11. Studienrat Dr. ZORN: Übungen in der Werkstatt zur Anfertigung einfacher Apparate, unter besonderer Berücksichtigung der physikalischen Schülerübungen. 16 Std. — 12. Prof. Dr. KÖNIG: Ausgewählte Kapitel aus dem Gesamtgebiet der Meteorologie. 16 Std. — 13. Regierungsbaumeister Dr. EWALD: Luftbild im Unterricht. 8 Std. — 14. Studienrat WEILL: Praktische Schulastronomie mit Übungen am Universalinstrument und Fernrohr. 16 Std. — 15. Studienrat WEILL: Astronomische Übungen mit einfachen Hilfsmitteln. 8 Std. — 16. Dr. KOHL: Astronomische Übungen mit dem Universal- und Durchgangsinstrument. 16 Std. — 17. Dipl.-Ing. BLECH: Flugmodellbau und Versuche zur Strömungslehre. 16 Std. — 18. Prof. Dr. FUCHS: Strömungslehre und Mechanik des Fluges. — Dipl.-Ing. RITZ: Arbeitsweise und Aufbau der Verbrennungskraftmaschinen. 16 Std. — 19. Dr. BECK: Einführung in die Photographie mit praktischen Übungen. 16 Std. — 20. Dr. BECK: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der Photographie. 16 Std. — 21. Prof. Dr. THIEM: Die Photographie im Dienst der Schule unter Berücksichtigung der Farbenphotographie. 16 Std.

III. Besichtigungen.

1a. Besichtigung des Meteorologisch-magnetischen Observatoriums Potsdam. — 1b. Besichtigung der Rechenorganisation des Wernerwerks Siemens & Halske, Berlin-Siemensstadt. — 1c. Besichtigung des Reichspostzentralamts, Berlin-Tempelhof. — 2. Besichtigung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Apparatefabriken, Berlin SO 36, Hoffmannstraße 15/23. — 3. Besichtigung der Junkers-Flugzeugfabrik Dessau.

Unterrichtsapparat für praktische Dynamik von Friedrich Allmendinger. Dieser Apparat ist in dieser Zeitschrift in dem Abschnitt „Aus Werkstätten“ 30, 50; 1917 beschrieben. Schulen, die im Besitz der Allmendingerschen Unterrichtsapparate für Elektrotechnik sind, werden von dem Hersteller darauf aufmerksam gemacht, daß zur Ausführung eines weiteren Versuches, des Dreiphasenkollektormotors, eine dreiteilige Bürstenbrille (120°) unentgeltlich nachbezogen werden kann von F. Allmendinger in Schwäbisch Gmünd, Weißensteinerstr. Nr. 24/I.

Bemerkung zu der Kleinen Mitteilung von L. DOERMER: Die Synthese des Magnesiumsulfids; diese Zeitschrift 42, 70; 1929. Von K. SCHEID in Freiburg i. B.

Der Vorschlag von L. DOERMER, die Synthese des Magnesiumsulfids und ähnlicher Sulfide im Unterricht wegfällen zu lassen, erscheint mir vollkommen gerechtfertigt. Die genannte Synthese wurde in mein Vorbereitungsbuch (3. Aufl. 1926, S. 336) aufgenommen, weil in dieser Zeitschrift 33, 102; 1920 von R. WINDERLICH der Wunsch geäußert war, auch die Synthese solcher Sulfide dem Unterricht nutzbar zu machen. Ich selbst habe den Versuch mit dem damals gelieferten Magnesiumgrieß und gepulvertem Schwefel geprüft, die bereits von WINDERLICH (l. c.) beobachtete starke Glüherscheinung gesehen, ohne eine Explosion zu beobachten, und habe dann die Reaktion in mein Vorbereitungsbuch aufgenommen, ohne sie aber je im Unterricht zu verwenden, da sie mir persönlich recht überflüssig erschien. Nach den eingehenden Untersuchungen von DOERMER nach den Bedingungen für den allzu heftigen Verlauf wird selbstverständlich die weitere Beschreibung des Versuchs in der nächsten Auflage unterbleiben, um so mehr, als die Aufnahme wichtigerer Schulversuche ein Einsparen an Platz verlangt.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1929.

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

| W. Z. | September | | | | | | Oktober | | | | | | Nov. 2 |
|-------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | |
| ♃ | AR 12h 17m | 12.38 | 12.56 | 13.11 | 13.19 | 13.20 | 13.10 | 12.51 | 12.35 | 12.31 | 12.43 | 13.5 | 13.32 |
| | D - 3,1° | - 6,2 | - 8,9 | - 11,0 | - 12,3 | - 12,5 | - 10,9 | - 7,7 | - 4,2 | - 2,2 | - 2,6 | - 4,6 | - 7,5 |
| ♀ | AR 8h 21m | 8.45 | 9.9 | 9.33 | 9.57 | 10.20 | 10.44 | 11.7 | 11.30 | 11.52 | 12.15 | 12.38 | 13.1 |
| | D + 19,1° | + 18,0 | + 16,6 | + 15,0 | + 13,2 | + 11,3 | + 9,3 | + 7,1 | + 4,8 | + 2,5 | + 0,1 | - 2,3 | - 4,8 |
| ☉ | AR 10h 46m | 11.4 | 11.22 | 11.40 | 11.58 | 12.16 | 12.34 | 12.52 | 13.11 | 13.29 | 13.48 | 14.7 | 14.27 |
| | D + 7,8° | + 6,0 | + 4,1 | + 2,2 | + 0,2 | - 1,7 | - 3,7 | - 5,6 | - 7,5 | - 9,4 | - 11,2 | - 12,9 | - 14,5 |
| ♂ | AR 12h 29m | 12.41 | 12.53 | 13.5 | 13.18 | 13.30 | 13.43 | 13.56 | 14.9 | 14.22 | 14.35 | 14.49 | 15.3 |
| | D - 2,6° | - 4,0 | - 5,3 | - 6,6 | - 7,9 | - 9,2 | - 10,4 | - 11,7 | - 12,9 | - 14,1 | - 15,2 | - 16,3 | - 17,4 |
| ♃ | AR 4h 54m | | 4.58 | | 5.0 | | 5.1 | | 5.1 | | 4.59 | | 4.56 |
| | D + 21,8° | | + 21,9 | | + 21,9 | | + 22,0 | | + 21,9 | | + 21,9 | | + 21,8 |
| ♃ | AR 17h 34m | | | | 17.36 | | | | 17.40 | | | | 17.47 |
| | D - 22,3° | | | | - 22,4 | | | | - 22,5 | | | | - 22,6 |

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

| Δ | 22h | 23. | 23. | 23. | 0. | 0. | 1. | 1. | 1. | 2. | 2. | 2. | |
|----------|---------|------|-------|-------|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | 46m 34s | 6.17 | 25.59 | 45.42 | 5.25 | 25.8 | 44.51 | 4.33 | 24.16 | 43.59 | 3.42 | 23.24 | 43.7 |
| Zeitgl. | -0m25s | -2.4 | -3.48 | -5.34 | -7.21 | -9.4 | -10.41 | -12.11 | -13.30 | -14.37 | -15.30 | -16.5 | -16.20 |

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

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Aufg. | 5h 15m | 5.23 | 5.31 | 5.40 | 5.48 | 5.57 | 6.5 | 6.14 | 6.23 | 6.32 | 6.41 | 6.50 | 6.59 |
| Unterg. | 18h 43m | 18.31 | 18.20 | 18.8 | 17.56 | 17.44 | 17.32 | 17.21 | 17.9 | 16.58 | 16.48 | 16.37 | 16.28 |

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

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|------|-------|-------|-------|
| Aufg. | 4h 36m | 11.26 | 16.43 | 18.24 | 19.39 | (24.40) | 6.23 | 12.49 | 16.4 | 17.8 | 19.44 | 1.18 | 8.1 |
| Unterg. | 19h 12m | 20.20 | 23.34 | 4.32 | 11.16 | 16.37 | 17.57 | 19.38 | (24.53) | 6.6 | 13.7 | 15.40 | 16.45 |

| Mondphasen | Neumond | Erstes Viertel | Vollmond | Letztes Viertel |
|------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| W. Z. | Sept. 3. 11h 47,5m | Sept. 10. 22h 57,1m | Sept. 18. 23h 15,8m | Sept. 26. 2h 6,8m |
| | Okt. 2. 22h 19,3m | Okt. 10. 18h 5,2m | Okt. 18. 12h 5,9m | Okt. 25. 8h 21,2m |
| | Nov. 1. 12h 0,9m | | | |

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

| I | | II | | III | | IV | |
|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--|----|--|
| Sept. 8. 3h 16,7mE | Okt. 1. 3h 26,9mE | Sept. 6. 21h 16,1mE | Okt. 1. 20h 39,6mA | Sept. 16. 20h 54,3mE | | | |
| „ 9. 21h 45,1mE | „ 2. 21h 55,3mE | „ 6. 23h 37,3mA | „ 8. 20h 52,0mE | „ 16. 23h 3,7mA | | | |
| „ 16. 23h 39,0mE | „ 9. 23h 49,4mE | „ 13. 23h 51,0mE | „ 15. 23h 26,5mE | „ 24. 0h 53,5mE | | | |
| „ 24. 1h 33,0mE | „ 17. 1h 43,5mE | „ 14. 2h 12,4mA | „ 23. 2h 0,7mE | „ 24. 3h 3,9mA | | | |
| „ 25. 20h 1,4mE | „ 18. 20h 12,1mE | „ 21. 2h 25,7mE | „ 30. 4h 35,0mE | Okt. 29. 20h 50,6mE | | | |
| | „ 24. 3h 37,7mE | | Nov. 2. 17h 52,1mE | „ 29. 23h 6,3mA | | | |
| | „ 25. 22h 6,3mE | | | | | | |
| | Nov. 2. 0h 0,6mE | | | | | | |

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

| M. E. Z. | ♃ | ♀ | ♂ | ♃ | ♃ |
|----------|----------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| Sept. 3. | — | A 1,7h D _m 4,8h | — | A 21,9h D _m 4,2h | D _a 19,9h U 22,7h |
| „ 13. | — | A 2,1h D _m 5,0h | — | A 21,3h D _m 4,5h | D _a 19,5h U 22,1h |
| „ 23. | — | A 2,6h D _m 5,3h | — | A 20,7h D _m 4,8h | D _a 19,1h U 21,5h |
| „ 3. | — | A 3,1h D _m 5,6h | — | A 20,1h D _m 5,1h | D _a 18,7h U 20,8h |
| „ 13. | — | A 3,6h D _m 5,9h | — | A 19,4h D _m 5,4h | D _a 18,4h U 20,2h |
| „ 23. | A 4,8h D _m 5,9h | A 4,1h D _m 6,2h | — | A 18,7h D _m 5,7h | D _a 18,0h U 19,6h |
| Nov. 2. | A 5,4h D _m 6,1h | A 4,6h D _m 6,5h | — | A 18,0h D _m 6,0h | D _a 17,7h U 19,0h |

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

W. Z. Merkur in gr. östl. Elongation 26°48' Sept. 12. 17h. Jupiter stationär Okt. 5. 11h. Merkur in gr. westl. Elongation 18°23' Okt. 23. 19h. Ringförmige Sonnenfinsternis Nov. 1., größter Betrag für Mitteleuropa 0,07. Herbstäquinoktium: Sept. 23. 12h 53m. 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.