

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXVII. Jahrgang.

1924.

Zweites Heft.

Kant als Naturforscher.

IMMANUEL KANT wurde am 22. April 1724 zu Königsberg in Preußen geboren. Die zweihundertjährige Wiederkehr des Tages seiner Geburt gibt Anlaß, uns seine Bedeutung als Naturforscher zu vergegenwärtigen. Sind doch KANT'S Schriften in der ersten Periode seines Lebens, bis etwa zum vierzigsten Lebensjahr, fast durchweg naturwissenschaftlichen Inhalts, und kein Geringerer als HELMHOLTZ bezeugt, „daß diese Schriften mit einer Anzahl der glücklichsten Gedanken ihrer Zeit weit vorausseilen“¹⁾.

Die älteste dieser Schriften stammt aus dem Jahre 1747 und trägt den Titel „Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte“. Sie greift mit scharfsinnigen Untersuchungen in den Streit zwischen den Anhängern des DESCARTES und des LEIBNIZ über die Messung der Wirkungsgröße einer Kraft ein; der erste hatte als Maß dafür die Bewegungsgröße, der zweite die lebendige Kraft im heutigen Sinne des Wortes angesehen. Auch KANT bringt die Sache nicht zur völligen Klärung, aber er zeigt, daß entweder die eine oder die andere Art der Messung geboten sei, je nachdem die Zeit oder der Weg dabei in Anschlag komme.

Weitere Aufsätze geringeren Umfangs beziehen sich auf die Frage, ob die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde seit den ersten Zeiten ihres Ursprungs eine Veränderung erlitten habe, und ob die Erde veralte (1754); auf die Natur des Feuers (1755); auf das Erdbeben von Lissabon und die Ursachen der Erderschütterungen (1756); auf die Theorie der Winde (1756); auf einen „neuen Lehrbegriff der Bewegung und Ruhe und die damit verknüpften Folgerungen in den ersten Gründen der Naturwissenschaft“ (1758), worin hauptsächlich von dem Gesetz der Kontinuität, von der Trägheitskraft und vom Stoß gehandelt ist.

Am bekanntesten von den Schriften jener Periode ist unzweifelhaft die „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (1755) geworden, deren bedeutsamstes Stück die Hypothese über die Entstehung der Welt ist. Die gleiche Hypothese wurde sechs Jahre danach von LAMBERT in seinen kosmologischen Briefen und fünfunddreißig Jahre später von W. HERSCHEL auf Grund lange fortgesetzter Beobachtungen über die Natur der Nebelflecke aufgestellt, was KANT zu großer Befriedigung gereichte, ohne daß er auf seine Priorität Wert legte. Auch LAPLACE hat in seiner *Exposition du système du monde* (1796), also nach vierzig Jahren eine ähnliche, zum Teil von der KANT'SCHEN abweichende Hypothese aufgestellt, weswegen man (seit HELMHOLTZ) heute in der Regel von der KANT-LAPLACESCHEN Hypothese spricht. Ob einer der genannten von der KANT'SCHEN Hypothese Kenntnis gehabt hat, ist nicht festgestellt. Jedenfalls haben wir allen Grund, die der Zeit nach weit vorausgehende Gedankenschöpfung KANT'S schlechthin als die „Kantsche Hypothese“ zu bezeichnen. Die Aufstellung war eine Kühnheit ohnegleichen, der erste Versuch, das uralte Problem nicht in Form eines Mythos, sondern auf der Grundlage astronomisch-physikalischer Forschung in exakt wissenschaftlicher Weise zu behandeln. Es lohnt sich auch heute noch, diese Schrift selbst zur Hand zu nehmen, von der der Verfasser sagt: „Ich hoffe auf unwidersprechliche Gründe die sichere Überzeugung zu gründen, daß die Welt eine mechanische Entwicklung aus den allgemeinen Naturgesetzen zum

¹⁾ Hermann von Helmholtz, Vorträge und Reden, Bd. II, S. 56.

Ursprung ihrer Verfassung erkenne [erkennen lasse?] und daß die Art der mechanischen Erzeugung, die wir vorgestellt haben, die wahre sei.“ HELMHOLTZ hat a. a. O. einen kurzen Abriss der Hypothese gegeben und auch auf die Bestätigungen hingewiesen, die die neuere astronomische Forschung geliefert hat, und zu denen namentlich die Ergebnisse der Spektralanalyse gehören. Auch die Frage des dereinstigen Endes der Welt hat KANT in dieser Schrift bereits erörtert, eine Frage, zu deren Lösung erst die neueste Zeit auf Grund der Entdeckung des Strahlendrucks und der Radioaktivität weiterführende Beiträge (ARRHENIUS, NERNST) geliefert hat.

Das Werk aber, das die engsten Beziehungen zu den Grundfragen der Physik hat, sind die „Metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft“ vom Jahre 1786¹⁾. Einleitend setzt KANT auseinander, daß „alle eigentliche Naturwissenschaft einen neuen Teil bedarf, auf den sich die apodiktische Gewißheit, die die Vernunft in ihnen sieht, gründen könne. Dieser Teil könne nicht empirisch sein, daher setze „jede eigentliche Naturwissenschaft Metaphysik der Natur voraus“. Diese wahre Metaphysik „ist aus dem Wesen des Denkungsvermögens selbst genommen und keineswegs darum erdichtet, weil sie nicht von der Erfahrung entlehnt ist, sondern sie enthält die reinen Handlungen des Denkens, mithin Begriffe und Grundsätze a priori, welche das Mannigfaltige empirischer Vorstellungen allererst in die gesetzmäßige Verbindung bringen, dadurch es empirische Erkenntnis, d. i. Erfahrung werden kann“. Man sieht, daß diese Absicht zusammenstimmt mit dem berühmten Satz im Beginn der Kritik der reinen Vernunft: „Wenngleich alle unsere Erkenntnis mit der Erfahrung anhebt, so entspringt sie darum doch nicht eben alle aus der Erfahrung.“ Wer diesen Satz begriffen hat, der wird den weitverbreiteten horror antimetaphysicus nicht teilen, sondern die Berechtigung der von KANT gestellten Aufgabe zugestehen.

Wir können hier nicht auf eine genaue Darstellung des Inhalts der wertvollen Schrift eingehen, sondern müssen uns mit einigen Hinweisen auf die Beziehungen begnügen, die zwischen ihr und der Physik als Wissenschaft bestehen. Während NEWTON in seinem grundlegenden Werk die „Axiomata sive leges motus“ einfach postulierte und sich darauf beschränkte, sie durch Beispiele zu erläutern, hat man sich später vielfach um ihre Begründung bemüht. THOMSON und TAIT haben sie angesehen als Überzeugungen, die aus Beobachtungen und Versuchen geschöpft sind, andere wie namentlich HERTZ haben auf Unstimmigkeiten in ihnen hingewiesen. KANT hat eine logisch widerspruchsfreie Grundlegung der Prinzipien angestrebt und damit die Vorarbeit für eine Axiomatik geliefert, die für die Physik erheblich größere Schwierigkeiten bietet als für die Mathematik; ist doch das Material der ersten uns von außen gegeben, während es sich bei der zweiten um selbsterzeugte Begriffe handelt.

Die gesamten Untersuchungen der M. A. d. N. schließen sich an die Aufgabe an, den Begriff der Materie festzustellen. Sie zerfallen in vier „Hauptstücke“, deren erstes, die „Phoronomie“ mit der den Begriff der Materie noch nicht erschöpfenden Definition beginnt: „Materie ist das Bewegliche im Raum.“ Daran schließt sich eine Reihe von Erklärungen zur Bewegungslehre und insbesondere der „Lehrsatz“ von der Zusammensetzung der Bewegungen, der aus der Beweglichkeit relativer Räume gegeneinander hergeleitet wird.

Im zweiten Hauptstück, der „Dynamik“, wird der Materie zur Beweglichkeit noch die Raumerfüllung zugeschrieben: „Materie ist das Bewegliche, sofern es einen Raum erfüllt.“ Aber in einem Lehrsatz wird dann dargelegt, daß dieser Umstand zur Annahme einer Repulsivkraft nötigt: „Die Materie erfüllt einen Raum nicht durch ihre bloße Existenz, sondern durch eine besondere bewegende Kraft.“ (Diese Feststellung hat durch die neuere Elektronentheorie der Materie eine anschauliche Ausgestaltung gefunden.) Da aber die Repulsivkraft eine unbegrenzte Zerstreung der

¹⁾ A. Höfler hat die Schrift 1900, im Verlage von C. K. Pfeffer in Leipzig, neu herausgegeben und ein ausführliches Nachwort „Studien zur gegenwärtigen Philosophie der Mechanik“ hinzugefügt.

Materie zur Folge haben würde, so bedarf es noch einer zweiten ihr entgegenwirkenden Kraft: „Die Möglichkeit der Materie erfordert eine Anziehungskraft, als zweite wesentliche Grundkraft derselben.“ Diese ist die unmittelbare Wirkung einer Materie auf andere, sie erstreckt sich im Weltraum von jedem Teil der Materie auf jeden andern unmittelbar ins Unendliche. Es schließen sich hieran noch Erörterungen über die Elastizität und die Molekularkräfte überhaupt, die Unterschiede der Formarten, die chemischen Kräfte u. a. m. Doch stimmt KANT hier der atomistischen Theorie nicht bei, der er in früherer Zeit anhing, sondern betrachtet die Materie als eine stetige Größe von unbegrenzter Teilbarkeit.

Im dritten Hauptstück, der „Mechanik“, tritt zur Begriffsbestimmung der Materie noch die bewegende Kraft hinzu: „Materie ist das Bewegliche, sofern es, als ein solches, bewegende Kraft hat“, d. h. die Kraft, ihre eigene Bewegung einer anderen Materie mitzuteilen. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, die Quantität der Materie durch die Quantität der Bewegung zu messen: „Die Quantität der Materie kann in Vergleichung mit jeder anderen nur durch die Quantität der Bewegung bei gegebener Geschwindigkeit geschätzt werden.“ Dieser Satz kann, nach HÖFLER, als der wichtigste der ganzen Schrift angesehen werden. Die tatsächliche Messung ergibt sich am einfachsten aus Versuchen über den unelastischen Stoß¹⁾.

Es schließt sich daran das I. Gesetz der Mechanik: „Bei allen Veränderungen der körperlichen Natur bleibt die Quantität der Materie im ganzen dieselbe, unvermehrt und unvermindert“, und das II. Gesetz: Alle Veränderung der Materie hat eine äußere Ursache. „Ein jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, wenn er nicht durch eine äußere Ursache genötigt wird, diesen Zustand zu verlassen“. Man vergleiche hiermit die NEWTONsche Fassung des Beharrungsgesetzes: „Jeder Körper verharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmig geradlinigen Bewegung, solange er nicht durch eingeprägte Kräfte (viribus impressis) gezwungen wird, jenen Zustand zu ändern.“ Der geringfügig scheinende Unterschied dieser beiden Fassungen ist bedeutsam²⁾. Während NEWTON von Kräften spricht, legt KANT den Nachdruck auf den Wechsel des Zustands durch irgendwelche äußere Ursachen; auch muß bemerkt werden, daß die eingeprägten Kräfte NEWTONS ein scholastischer Begriff sind, der von modernen Lesern leicht mißverstanden wird, dem aber in der nachgalileischen Physik keine Stelle mehr zukommt. Ferner braucht KANT statt „den Zustand ändern“ den Ausdruck „den Zustand verlassen“. KANT stellt den Satz als einen Sonderfall des Satzes der allgemeinen Metaphysik hin, daß alle Veränderung eine Ursache hat. Darum darf mit Recht gesagt werden, daß erst KANT die Trägheit als eine Anwendung der Kausalität legitimiert und von aller Unbestimmtheit und Dunkelheit befreit hat³⁾. Er setzt den Kraftbegriff nicht voraus, sondern dieser folgt vielmehr aus dem recht verstandenen Trägheitssatz. Allerdings zieht KANT diese Konsequenz nicht ausdrücklich, aber er lehnt anderseits eine Trägheitskraft (vis inertiae) mit Entschiedenheit ab. Neuerdings freilich sieht man in dem Trägheitsgesetz kein aus dem Ursachbegriff logisch ableitbares Gesetz, sondern eine an der Hand der Erfahrung vollzogene Festsetzung (H. DINGLER). Dies tut aber dem Verdienst KANTS keinen Eintrag, sofern man dies Verdienst nicht in der Ableitung, sondern darin erkennt, daß das Gesetz in einen großen systematischen Zusammenhang eingeordnet ist.

Das III. Gesetz der KANTSchen Mechanik endlich ist das Gesetz der Gleichheit von Aktion und Reaktion in der Form: In aller Mitteilung der Bewegung sind

¹⁾ Man vgl. z. B. O. Reichel, Beiträge zur Ableitung der ersten Grundlagen der Dynamik, ds. Zeitschr. II, 265 (1889).

²⁾ H. Keferstein, Die philosophischen Grundlagen der Physik nach Kants metaphysischen Anfangsgründen usw. Hamburg 1892, Pr.-Nr. 733, S. 19. Vgl. auch H. Keferstein, Zum Gedächtnis Immanuel Kants, ds. Zeitschr. 17, 65 (1904).

³⁾ A. Stadler, Kants Theorie der Materie. Leipzig 1883, S. 152.

Wirkung und Gegenwirkung einander jederzeit gleich. Man beachte auch hier die im Vergleich mit NEWTON eingeschränkte Fassung, die namentlich jede Verwechslung mit der Gleichheit von Kraft und Gegenkraft im Falle des Gleichgewichts ausschließt. Auch dieses Gesetz gründet KANT auf einen Satz der allgemeinen Metaphysik, nämlich, „daß alle äußere Wirkung in der Welt Wechselwirkung sei“, unter Zuhilfenahme des Satzes von der Relativität aller Bewegung.

Das vierte und letzte Hauptstück, die „Phänomenologie“, beschränkt sich im wesentlichen auf die Erörterung der Gegensätze von absoluter und relativer, wirklicher und scheinbarer Bewegung. KANTS Standpunkt wird am besten durch die Bemerkung HÖFLERS gekennzeichnet (a. a. O. S. 121), daß „er es versucht, an den absoluten Raum zu glauben und nur an die absolute Bewegung nicht zu glauben“. Die Rotation eines Körpers hat er jedoch als eine wirkliche, nicht bloß eine scheinbare angesehen. —

Wenn wir die M. A. d. N. insgesamt ins Auge fassen, so darf keinesfalls angenommen werden, daß KANT der Naturforschung vom Standpunkt der Metaphysik aus habe Prinzipien vorschreiben wollen. Seine Absicht ging vielmehr, wie schon vorher angedeutet, dahin, die von der Physik aufgestellten oder auch in ihr selbst noch strittigen Prinzipien in ihrem logischen Wert und ihrer Einordnung in das von ihm entworfene System von Erfahrungsgrundsätzen zu prüfen. Er war sich dabei bewußt, in manchem Punkte „noch nicht bis zum Grunde sehen zu können“. Erst die Physik, dann die Philosophie! Das sprechen auch die beiden Leitsätze aus, die HÖFLER an den Anfang seiner letzten Schrift¹⁾ gestellt hat: I. Naturwissenschaft ist ganz unabhängig von Philosophie. II. Philosophie ist vielfach abhängig von Naturwissenschaft. Der erste dieser Sätze bezeichnet den Standpunkt, den wir von der Physik aus gegenüber allen philosophischen Ansprüchen in Prinzipienfragen einnehmen müssen. Andererseits darf nicht verkannt werden, daß Bemühungen in der Art der KANTSchen ganz wesentlich zur Klärung der Grundbegriffe der Wissenschaft selbst beizutragen vermögen; sie können zu einer „logischen Durchleuchtung“²⁾ des empirisch gegebenen Stoffes führen, durch die selbst anfänglich befremdende Zusammenhänge als selbstverständlich erscheinen. Ein Beispiel dafür liefert das oben angezogene Beharrungsgesetz.

Eine wesentliche Ergänzung zu den bisher betrachteten Schriften KANTS bildet das nachgelassene Werk „Übergang von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Physik“, das erst in neuerer Zeit herausgegeben worden ist. Auf dessen Inhalt soll später einmal in dieser Zeitschrift näher eingegangen werden.

F. Poske.

Unterrichtsversuche und Beobachtungen zur Dichteänderung und Entmagnetisierung bei der Umlagerung des α -Eisens in β -Eisen.

Von Wilhelm Hillers in Hamburg.

1. Einleitendes. Die Formarten des Eisens. Bei einer Erhitzung über 765° C ändert Eisen seine sämtlichen physikalischen Eigenschaften: Dichte, Magnetisierbarkeit, elektrische Leitfähigkeit, spezifische Wärme, Wärmeausdehnung usw. nehmen andere Werte an. Ein ähnliches Verhalten ist dem Chemiker bei gewissen Stoffen seit langem bekannt; erinnert sei an Schwefel, Phosphor, Zinn. Man spricht in diesem Falle von verschiedenen Formarten (allotropen Modifikationen, auch Abarten) dieser Stoffe. Jede Formart ist der Regel nach nur in einem ganz bestimmten, ihr zu-

¹⁾ A. Höfler, Naturwissenschaft und Philosophie. Vier Studien zum Gestaltungsgesetz. Heft I, 1920. Sitzungsber. d. Akademie der Wissenschaften in Wien. Philos. hist. Kl. 191. Bd. 3 Abt. In Kommission bei Alfred Hölder in Wien.

²⁾ Vgl. Heymans, ds. Zeitschr. 15, 369.

kommenden Temperaturgebiete beständig. Bei Überschreitung der Grenzen dieses Temperaturgebietes soll daher eine Umwandlung in eine andere Formart stattfinden. In der Tat geht bei sehr langsamem Erwärmen der gewöhnliche rhombische Schwefel (α -Schwefel) bei $95,5^{\circ}$ C in den monoklinen Schwefel (β -Schwefel) über; bei der „Umlagerung“ werden für ein Mol (32 g) 0,64 Kal. Wärme („Bildungswärme“) verbraucht. Bei langsamer Abkühlung von einer höheren Temperatur aus verwandelt sich bei $95,5^{\circ}$ C der β -Schwefel vollständig in α -Schwefel zurück; die vorher verbrauchte Bildungswärme der energiereicheren Schwefelart wird am Umwandlungspunkte $95,5^{\circ}$ C frei. Bei höheren Temperaturen finden Umwandlungen in noch andere Formarten des Schwefels (plastischer Schwefel usw.) statt. Entsprechend pflegt man in den letzten Jahren auch verschiedene Arten des Eisens (Ferrits) als α -, β -, γ -, δ -Eisen (Ferrit) mit den Umwandlungstemperaturen 765° , 898° und 1401° voneinander zu unterscheiden¹⁾.

Zur Wertung dieser Zahlenangaben sei folgendes ausgeführt. Bei den Umlagerungen einer Formart in eine andere machen sich ganz allgemein Verzögerungserscheinungen ähnlicher Art geltend, wie wir sie in der Physik in der Unterkühlung flüssigen Wassers unter den Gefrierpunkt kennen. Bei schneller Abkühlung kann eine Formart mit Aufrechterhaltung ihres gesamten physikalischen Verhaltens einen Umwandlungspunkt weit unterschreiten. Erinnerung sei daran, daß der zwischen 300° und 400° zähflüssig gewordene Schwefel bei plötzlicher Abkühlung auf Zimmertemperatur noch lange Zeit als „plastischer Schwefel“ die zähflüssige Formart beibehält. Weiter sei angeführt, daß die Grenzen für den uns geläufigen metallischen Zustand des Zinns (tetragonales Zinn) 18° C und 160° C sind. Unterhalb 18° C kommt dem Zinn eine Formart zu, die sich durch ihren nichtmetallischen Charakter als graues Pulver der Dichte 5,8 scharf von dem metallischen Zinn der Dichte 7,2 unterscheidet. Die tägliche Erfahrung lehrt nun zur Genüge, daß Zinn sich keineswegs sofort in diese Formart verwandelt, sowie seine Temperatur unter 18° heruntergeht. Erst bei hohen Kältegraden — etwa — 30° C — setzt die Umwandlung, der Zerfall in das graue Pulver (Zinnpest), ein, um sich dann allerdings auch durch Temperaturerhöhung nicht wieder aufhalten zu lassen, so lange man nicht bis auf 20° C hinaufgeht. Die letztgenannte Temperatur erst reicht hin, die Umlagerung in die metallische Form rückwärts zu erzwingen. Während unterkühlter plastischer Schwefel in jedem Falle nach einer gewissen Zeit, die nach Stunden bemessen werden kann, sich in rhombischen Schwefel vollständig zurückverwandelt, scheint eine gewisse nicht zu große Unterschreitung des Umwandlungspunktes von 18° C den metallischen Zustand des Zinns auch für unbegrenzt lange Dauer keineswegs zu gefährden (sog. metastabiler Zustand). Ebenso wie Unterschreitungen der Verwandlungspunkte sind der Wissenschaft für den Übergang verschiedener Formarten ineinander auch Überschreitungen vollkommen geläufig; ein Gegenstück dazu wäre ein über den Schmelzpunkt überhitzter fester Körper, der aber in der Physik unbekannt ist. Man kann z. B. durch starke Wärmezufuhr rhombischen (α -) Schwefel bis zu einem nur dieser Formart eigentümlichen Schmelzpunkt von 115° erhitzen, während der monokline (β -) Schwefel erst bei 120° schmilzt.

Den vorhin angeführten Zahlenwerten für die Umwandlungstemperaturen von α - in β -, in γ - und in δ -Eisen wird somit eine stark eingeschränkte Bedeutung beizulegen sein. Sie sind nur als Grenzen der Temperaturgebiete zu verstehen, innerhalb deren die einzelnen Formarten unter allen Umständen beständig sind; sie beziehen sich ferner auf chemisch reines Eisen. Bei Erhitzungen oder Abkühlungen

¹⁾ Die Zahlenwerte sind dem Lehrbuch der Chemie von Carl Oppenheimer, Leipzig, G. Thieme, 1923, entnommen. In der älteren Literatur findet man vielfach davon abweichende Temperaturangaben; so wird als Verwandlungstemperatur der magnetisierbaren Form des Eisens in die unmagnetisierbare das ganze Temperaturgebiet von 700 — 800° , später meist der Wert 780° angegeben.

wirklich beobachtbarer Umwandlungen können die Temperaturen, bei denen die Umwandlungen einsetzen, jene Grenzen weit überschreiten oder unterschreiten. In hohem Maße sind die Größen solcher Verzögerungen von Beimengungen des Eisens bedingt.

Der Metallographie sind die Begriffe der verschiedenen Formarten des Eisens heute ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden, um die tieferen Zusammenhänge in bezug auf Härte, Festigkeit, Geschmeidigkeit usw. des Werk Eisens zu ergründen. Sehr langsam gekühltes technisches Eisen besteht im wesentlichen aus α -Eisen (α -Ferrit); von γ - und δ -Eisen bei hoher Temperatur gelöste Kohle (Härtungskohle) und gelöstes Eisenkarbid (Fe_3C , Zementit) scheiden sich bei der Abkühlung weitgehend aus, da diese Stoffe in α -Eisen nicht löslich sind. Die Ausfällung des Karbids (Zementits) erfolgt bei 670° (Bildung von Perlit). Schnell gekühltes kohlehaltiges Eisen (Stahl, Martensit) ist als eine unterkühlte (metastabile) Lösung zu betrachten. Im Unterricht kann man an diesen Dingen, die für die Eisentechnik so wichtig sind, nicht mehr vorbeigehen. Praktisch haben sie zweifellos eine um vieles größere Bedeutung als die verschiedenen Formarten des Schwefels.

2. Der Magnetismus von α - und β -Eisen. In physikalischer Hinsicht fällt besonders das eigentümliche magnetische Verhalten des Eisens in diesen Umwandlungspunkten auf. Von allen übrigen Stoffen sondert sich Eisen durch seine große, weit außerhalb sonst bekannter Maße stehende Magnetisierbarkeit ab. Die kleine Gruppe der Stoffe, die dem Eisen darin vergleichbar sind, hat man mit ihm daher auch den anderen Stoffen als ferromagnetisch gegenübergestellt. Bei der Umwandlung des α -Eisens in β -Eisen verliert Eisen aber diese regelwidrige Magnetisierbarkeit vollständig und plötzlich. Die Magnetisierbarkeit des β -Eisens ist nicht größer als diejenige anderer schwach magnetisierbarer Stoffe; ihrem Verhalten nach entspricht sie dem Atommagnetismus¹⁾ des Eisens in chemischen Verbindungen. Daraus entspringt, daß das bei gewöhnlicher Temperatur bestehende α -Eisen ein aus der Reihe der anderen Stoffe herausfallender Zustand ist und daß der Ferromagnetismus keine Atomeigenschaft sein kann. In der Gegend von 765° tritt augenscheinlich eine Umlagerung der den Ferromagnetismus bedingenden Atomanordnungen ein, mögen diese nun als Molekeln, kleine Kristalle²⁾ oder kleine Ringe³⁾ aufzufassen sein.

Die Entmagnetisierung des Eisens bei heller Rotglut ist seit fast 100 Jahren bekannt (SCORESBY 1827); sie pflegt wohl auch im Unterrichte meist erwähnt, vielleicht auch durch den einen oder anderen Versuch unterstützt zu werden⁴⁾. Hingewiesen sei, daß es sich hierbei um zwei wesentlich verschiedene Erscheinungen handelt, die häufig nicht genügend scharf getrennt werden. Ein stählerner Dauermagnet verliert seinen Magnetismus in der Hitze. Das tritt zum Teil schon bei verhältnismäßig geringen Temperaturen ein und hängt mit den „Anlaßerscheinungen“ zusammen. Bei sehr viel höheren Temperaturen erst verliert Weicheisen die Fähigkeit, angezogen zu werden und sich durch äußere magnetische Kräfte magnetisieren zu lassen (induzierter Magnetismus).

In Hinsicht auf die Bedeutung der Umwandlungen des Eisens, für welche die Metallographie Interesse hat, aber auch, weil die magnetische Sonderstellung des Eisens dadurch eigenartig beleuchtet wird, scheint es für den Unterricht erwünscht, durch Versuche die Umwandlung des Eisens bei 765° gleichzeitig durch die eintretende

¹⁾ Der Atommagnetismus der Stoffe steht heute mit im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses (s. dazu *ds. Ztschr.* **37**, S. 52, 1924).

²⁾ Westgren und seine Mitarbeiter (ebenso F. Weyer, 1922) haben nach der Röntgenstrahlenmethode nachgewiesen, daß γ -Eisen ein anderes kristallographisches Raunggitter besitzt als α -, β - und δ -Eisen. Ferner hatten bei 760° gehärtete Stähle vergrößerte Gitterkonstante der Raunggitter gegenüber ungehärteten. Die homogen ausgebildeten Gebiete des gehärteten Stahles (Martensits) waren so klein, daß sie nur mehrere hundert Eisenatome umfassen konnten (*Zeitschr. f. phys. Chem.* **98**, 181, 1921).

³⁾ Theorie von J. A. Ewing.

⁴⁾ S. z. B. Müller-Ponillet, *Lehrb. d. Phys.* 10. Aufl., IV. Bd., § 5, S. 5.

Volumenänderung, das Freiwerden der Bildungswärme und den jähen Abfall der Magnetisierbarkeit eindrucksvoll zur Anschauung zu bringen.

3. Volumenänderung und Bildungswärme. *Vorversuch.* Wir nehmen einen Stahldraht (Klaviersaitendraht) von 0,8 mm Durchmesser und 250 cm Länge, befestigen zwei Klemmschrauben an seinen Enden, klemmen die Schrauben etwa 60 cm hoch über dem Tische in zwei Ständer und rücken diese so weit voneinander, daß der Draht mit geringem Durchhange wagerecht ausgespannt erscheint. Dann schicken wir durch den Draht einen Starkstrom von etwa 15 Ampere hindurch; zu dem Zwecke lassen wir in dem Regelwiderstande unserer 110-Volt-Leitung zunächst beim Einschalten 6 Ohm Widerstand, die wir bei heißer werdendem Drahte allmählich auf 3 Ohm verringern. Der Draht zeigt rasch sich vergrößernden Durchhang. Dieser wird besonders gut sichtbar, wenn wir hinter seiner Mitte einen weißen Schirm stellen, gegen den der Draht sich abhebt.

Bald gerät der Draht in dunkle Rotglut; diese hellt sich mehr und mehr auf. Bei genauer Beobachtung bemerken wir jetzt, daß der Draht sich bei einer gewissen Temperatur kurz und plötzlich zusammenzieht, danach aber seine Ausdehnung mit heller werdender Rotglut beschleunigt fortsetzt. Nun schalten wir den elektrischen Strom des Drahtes ganz aus. Sofort kühlt der Draht sich ab und zieht sich zusammen. Der Durchhang wird geringer. Die fortschreitende Abkühlung können wir ohne Störung verfolgen bis zu fast verschwindender Rotglut. Dann aber dehnt der Draht sich plötzlich wieder aus. Hierbei vergrößert sich der Durchhang um vieles mehr, als er vorhin bei der plötzlichen Zusammenziehung sich verkleinert hatte. Seine schon im Verschwinden gewesene Rotglut wird während der Ausdehnung um vieles heller; der Draht glüht ohne äußere Wärmezufuhr von neuem auf. Besonders im verdunkelten Zimmer ist die Erscheinung eindrucksvoll. Danach erfolgt mit fortschreitender Abkühlung regelmäßiges Zusammenziehen bis zur Zimmertemperatur.

Diese plötzliche, in die sonst regelmäßige Ausdehnung eingeschobene Zusammenziehung beim Anheizen sowie die viel besser beobachtbare plötzliche Ausdehnung während der sonstigen Zusammenziehung beim Abkühlen ist schon seit langer Zeit bekannt (GORE 1869). Die Wärmeentwicklung bei der plötzlichen Ausdehnung (Rekaleszenz, beobachtet von BARRETT 1873) während der allgemeinen Abkühlung ist ein bezeichnendes Merkmal dafür, daß eine Zustandsänderung des Eisens eintritt; es wandelt sich eine energiereichere Form, das β -Eisen, in eine energieärmere, das α -Eisen, um (s. oben 1. Bildungswärme von β -Schwefel). Aus der Helligkeit des Glühens bei den eintretenden Umwandlungen dürfen wir dabei ohne weiteres schließen: Die Umwandlung von α -Eisen in β -Eisen — wir wollen weiterhin den Punkt dieser Umwandlung den β -Punkt nennen — setzt bei höherer Temperatur ein als die rückwärtige Verwandlung — deren Beginn der α -Punkt genannt sei¹⁾. Das kann nach den vorausgeschickten Bemerkungen über Unter-

¹⁾ Bei wissenschaftlichen Untersuchungen ist es üblich geworden, wesentlich drei Umwandlungspunkte A_1 , A_2 , A_3 zu unterscheiden, die sich durch mehr oder weniger starke Wärmetönungen bemerkbar machen. Der erste, etwa bei 700° liegende Umwandlungspunkt ist derjenige, bei dem C-haltiges Eisen beim Abkühlen Eisenkarbid (als Gefügebestandteil Zementit genannt) ausscheidet, beim Erwärmen auflöst. Der zweite bei 765° gibt die Temperatur an, bei welcher mit steigender Temperatur das (ferromagnetisch) magnetisierbare α -Eisen in das unmagnetisierbare (paramagnetische) β -Eisen übergeht und umgekehrt. Der dritte, bei 898°, bezeichnet den Übergang des β -Eisens in das ebenfalls unmagnetisierbare (paramagnetische) γ -Eisen, das aber im Gegensatz zu β -Eisen die Eigenschaft hat, Kohlenstoff in fester Lösung halten zu können. Die erwähnten drei Umwandlungspunkte werden dann meist bei steigender Temperatur mit A_{c_1} , A_{c_2} , A_{c_3} , für fallende Temperatur mit A_{r_1} , A_{r_2} und A_{r_3} bezeichnet (s. E. Gumlich, Elektrotechn. Zeitschr. 1919, Heft 26 bis 30). In unseren wesentlich für die Anschauung bestimmten, mehr orientierenden Versuchen, kommen A_{c_1} , A_{r_1} , A_{c_3} und A_{r_3} nicht zur Geltung. A_{c_2} ist unser β -Punkt, A_{r_2} ist unser α -Punkt. — Bei weichem Eisen fällt A_{c_2} mit A_{r_2} zusammen; bei kohlenhaltigem Eisen (Stählen) rücken A_3

schreitungserscheinungen (s. oben 1.) bei der Verwandlung verschiedener Formarten eines Stoffes ineinander nicht überraschen; augenscheinlich unterschreitet der α -Punkt den β -Punkt beträchtlich.

Um die Sache etwas weiter zu klären, machen wir noch einen *Versuch* gleicher Art. Wir spannen einen Stahldraht (einer anderen Stahlart, Haltedraht für meteorologische Drachen) und einen Weicheisendraht (gewöhnlicher Draht des Handels), beide von 125 cm Länge und von 1 mm Durchmesser, wie vorhin in geringem Abstände übereinander aus und schicken gleichzeitig durch beide denselben Heizstrom. Dabei beobachten wir zunächst ein sehr viel rascheres Aufglühen des Stahldrahtes, bedingt offenbar durch den größeren spezifischen Widerstand des Stahls. Wir stellen weiter fest, daß wir bei keinem der Drähte eine regelwidrige Zusammenziehung während des Anheizens beobachten können. (Der jetzt benutzte Stahl zeigt also ein anderes Verhalten wie der erst benutzte.) Nach einiger Zeit des Heizens glühen beide Drähte für das Auge gleich hell in heller Rotglut. Dann wird der Strom ausgeschaltet. Wir bemerken nun, daß während der Abkühlung der Eisendraht noch in heller Rotglut die plötzliche Ausdehnung zeigt und danach sich viel langsamer abkühlt als der Stahldraht. Hellerwerden der Glut im Augenblicke der regelwidrigen Verlängerung kann beim Eisendrahte nicht beobachtet werden. Die Bildungswärme wird also langsam und allmählich entbunden. Beim Stahldrahte sehen wir, wie im vorigen Versuche die Ausdehnung unter schwachem Wiederaufglühen erst bei dunkler Rotglut einsetzen. Das Ergebnis ist also: Der α -Punkt des Eisens liegt bei höherer Temperatur als der α -Punkt des Stahles; der α -Punkt des zweiten (dickeren) Stahldrahtes scheint höher zu liegen als der α -Punkt des ersten (dünnen) Stahldrahtes einer anderen Stahlart. Über den β -Punkt lehrt der Versuch nichts.

Noch eine Überlegung wollen wir an die bisherigen Versuche anknüpfen. Der Vollzug der Umwandlung der α -Art in die β -Art und die umgekehrte Umwandlung dauert eine gewisse Zeit. Wird die während der ersten Art der Umwandlung von außen dem Drahte zugeführte Wärmeenergie größer sein als die verbrauchte Bildungswärme, so tritt keine Abkühlung des Drahtes ein; die Temperatur des Drahtes wird also dauernd steigen. Daher ist es nicht weiter auffällig, daß in den Versuchen an den Stahldrähten, die ziemlich rasch angeheizt wurden, sich der β -Punkt nicht durch Zurückgehen der Glühelligkeit bemerkbar machte. Nach Ausschalten des Stromes gibt der Draht rasch seine Wärme an die Umgebung ab. Die im α -Punkte frei werdende Wärme wird nur dann eine Temperatursteigerung des Drahtes hervorrufen, wenn die frei werdende Bildungswärme größer ist als die in der Zeit des Umwandlungsvollzuges vom Drahte an die Umgebung abgegebene Wärme. Da eine entsprechende Beobachtung an dem weichen Eisendrahte niemals gemacht wurde, schließen wir: Die im α -Punkte einsetzende Verwandlung vollzieht sich rascher beim Stahl als beim Weicheisen. Offenbar hängt das damit zusammen, daß der α -Punkt bei Stahl die Temperaturgrenze (765°) viel weitgehender unterschreitet als Eisen. Da β -Eisen die spez. Wärme 0,218, α -Eisen eine erheblich kleinere spez. Wärme besitzt — bei Zimmertemperatur etwa 0,11 —, so addiert sich

und A_2 mit steigendem Kohlegehalt mehr und mehr nach A_1 ; in diesem Falle ist auch A_2 nicht mehr gleich A_1 . — Feine magnetische Untersuchungen lassen noch Zustandsänderungen kohlehaltigen Eisens bei etwa 550° und bei 210° erkennen. Erstere Temperatur, der A_0 -Punkt, gibt die Temperatur an, bei welcher der Zementit des Perlits bei langem Glühen (Tempern) in Eisen (Ferrit) und Kohle (Temperkohle) zerfällt. Der zweitgenannte Punkt entspricht einer magnetischen Umwandlung des Zementits in Stählen. Durch eine sehr geringe Änderung des Paramagnetismus ist auch der Übergang des β -Eisens in γ -Eisen am A_3 -Punkt nachweisbar. Der Übergang des γ -Eisens in δ -Eisen, am A_4 -Punkt, macht sich hingegen durch eine starke Änderung des Magnetismus geltend. δ -Eisen ist wieder ferromagnetisch und scheint seinem Verhalten nach eine Fortsetzung der α -Eisen-Form bei hohen Temperaturen zu sein. Die Punkte A_1 , A_0 , sowie der Punkt bei 210° sind im kohlenfreien Eisen nicht vorhanden.

bei Unterschreitungen im α -Punkte noch zu der Bildungswärme ein erheblicher Wärmebetrag, den im Unterschreitungsgebiete wegen der größeren Wärmekapazität das β -Eisen festhalten konnte, der aber bei der Verwandlung in α -Eisen fahren gelassen werden muß. Je größer die Unterschreitung des α -Punktes unter die gemeinsame Grenze der beiderseitigen Temperaturgebiete ist, eine desto größere Wärmemenge im α -Punkte entbunden wird, um so mehr wird der Draht bei der Umwandlung seine Temperatur steigern und sich daher auch wieder ausdehnen müssen. Es ist also nur natürlich, daß die regelwidrige Ausdehnung im α -Punkte sich um vieles größer erweist als die regelwidrige Zusammenziehung im β -Punkte. Man kann sogar auf den Gedanken kommen, daß die regelwidrigen Längenänderungen nicht ursprüngliche Erscheinungen sind, sondern nur die Erwärmung und Abkühlung durch Entbindung und Bindung der Bildungswärme als regelmäßige Wärmeausdehnung widerspiegeln. Dem würde widersprechen, daß — soweit es sich wenigstens nach diesen einfachen Beobachtungen beurteilen läßt — bei der Zusammenziehung im β -Punkte des ersten Stahldrahtes eine sichtbare Temperaturabnahme im Versuche nicht stattfand.

4. Genauere Versuchsanordnung. Wir verfeinern nun unsere Versuchsanordnung. Der ersterwähnte Stahldraht von 0,8 mm Durchmesser und 250 cm Länge

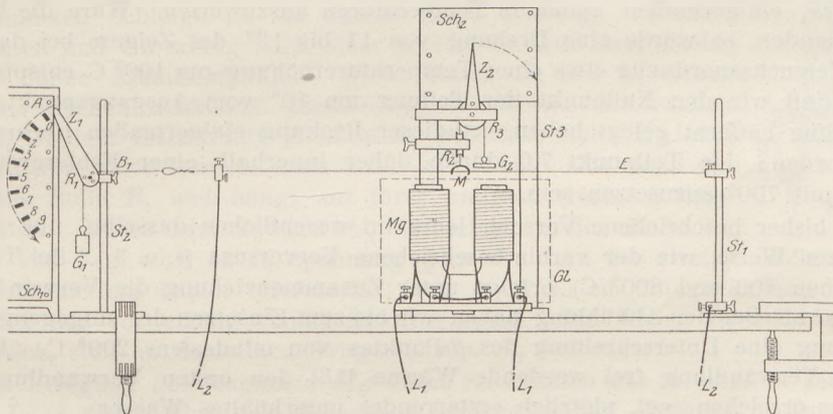


Fig. 1.

wird mit seiner einen (rechten) Endklemme im Ständer St_1 (s. Fig. 1) 60 cm über dem Tische festgespannt. Die zweite Klemmschraube wird in einem Abstände von 220 cm hiervon auf den Draht geschoben und festgeschraubt. Den Klemmen kann Strom von der Starkstromleitung L_2 (110 Volt) zugeführt werden. Das andere (linke) Ende des Drahtes wird zu einer Öse zusammengebogen. Durch die Öse wird ein dünnes Band hindurchgezogen, festgeknüpft und um eine leicht drehbare Holzrolle R_1 vom Durchmesser 3 cm mehrfach herumgeschlungen. Das andere Ende des Bandes wird mit einem Gewichte G_1 von 350 g belastet. (Um Gleiten des Bandes auf der Rolle zu vermeiden, wird eine kleine Schlinge in seiner Mitte auf dem Rollenkörper befestigt.) Auf der Fläche der vorderen Endscheibe der Rolle wird nun ein 35 cm langer Zeiger Z_1 aus steifem Papier (blauer Heftumschlag) gezweckt. Hinter dem Zeiger steht ein weißer Schirm Sch_1 . Auf diesem ist ein Teil einer kreisförmigen Teilung aufgetragen; der Krümmungsmittelpunkte des geteilten Kreisbogens fällt in die Drehachse der Rolle. Der oberste angemerkte Teilpunkt trage die Bezeichnung A (Anfangsstellung); dann sei ein nächster Teilpunkt um eine Winkeldrehung des Zeigers von 10° von A entfernt mit der Bezeichnung 0 vorhanden. Nach je einer weiteren Zeigerdrehung von 11° mögen dann die Teilpunkte 1, 2, . . . , 9 folgen.

Zu Beginn eines jeden Einzelversuches werde der Zeiger bei Zimmertemperatur immer von neuem auf den Teilpunkt A eingestellt. Man erreicht das dadurch, daß

der Draht durch die Klemme an seinem ersten (rechten) Ende entsprechend weit hindurchgezogen wird. Führen wir nun, wie oben, unter Einschaltung einiger Regelwiderstände dem Stahldrahte Strom zu, so kann der Fortschritt der Heizung bequem an der Drehung des Zeigers verfolgt werden¹⁾. Schaltet man die Regelwiderstände nur sehr langsam weiter aus, sobald der Zeiger durch den Teilpunkt 5 hindurchgegangen ist, so bemerkt man etwa an der Stelle 7,7 der Teilung ein plötzliches Stehenbleiben des Zeigers, dann einen kurzen Rückgang bis auf etwa 7,3, dann ein sehr beschleunigtes Vorwärtsschreiten über 8 hinaus, wobei es auffällt, um wie viel rascher als vorher sich jetzt der Zeiger dreht. Bei heller Rotglut des Drahtes, wenn der Zeiger etwa die Stellung 9 erreicht hat, schalten wir den Strom ganz aus. Der Zeiger geht sehr rasch zurück, etwa bis 5,0 und macht dann einen raschen sehr großen Ausschlag in umgekehrter Richtung, bis etwa 7,3. Dann wandert er, sich immer langsamer drehend, wieder der Ausgangsstellung zu.

Doch wird die Ausgangsstellung niemals wieder eingenommen; der Zeiger, der von *A* aus seinen Weg genommen hatte, bleibt bei Abkühlung auf Zimmertemperatur etwa auf Teilpunkt 0 stehen. Es hat also durch das spannende Gewicht in der Glühhitze eine bleibende Ausreckung des Drahtes stattgefunden. Das verhindert genauere Messungen. Daher geht es nicht an, die Teilung auf dem Schirme *Sch₁* einigermaßen genau in Temperaturen auszuwerten. Wäre die Reckung nicht vorhanden, so würde eine Drehung von 11 bis 12° des Zeigers bei der angegebenen Versuchsanordnung etwa einer Temperaturerhöhung um 100° C entsprechen²⁾. Dadurch, daß wir den Nullpunkt der Teilung um 10° vom Ausgangspunkte *A* der Zeigerstellung entfernt gelegt haben, ist dieser Reckung einigermaßen Rechnung getragen worden; der Teilpunkt 7,0 dürfte daher innerhalb einer Fehlergrenze von etwa 50° mit 700° anzusetzen sein.

Der bisher beschriebene Versuch lehrt im wesentlichen dasselbe, nur in etwas bestimmterer Weise, wie der vorhin beschriebene Vorversuch (s. o. 3.). Bei Teilpunkt 7,7 (zwischen 700 und 800° C) erfolgt unter Zusammenziehung die Verwandlung in das β -Eisen. Bei der Abkühlung haben wir bis zum Einsetzen der entgegengesetzten Verwandlung eine Unterschreitung des β -Punktes von mindestens 200° C. Aber die durch die Verwandlung frei werdende Wärme läßt den ersten Verwandlungspunkt fast wieder erreichen (vgl. plötzlich erstarrendes unterkühltes Wasser).

Vertauschen wir nun in unserer Anordnung den Stahldraht mit einem Weicheisendrahte von 1 mm Durchmesser, so ist zunächst darauf Rücksicht zu nehmen, daß die oben erwähnte Ausreckung stärker als bei Stahl ist. Wir stellen daher den Zeiger vor Beginn des Versuches weiter vor als beim Stahldrahte. Der β -Punkt ist nur dann zu erkennen, wenn wir von der Zeigerstellung 6 ab an den Heizstrom durch ganz allmähliches Ausschalten kleiner Widerstandsstufen sehr vorsichtig vergrößern. Bei der angeführten Berücksichtigung der größeren bleibenden Ausreckung findet etwa an derselben Stelle, wo beim Stahl die Rückläufigkeit des Zeigers einsetzte, also bei 7,7, dann ein kurzer Stillstand des Zeigers, manchmal auch ein eben bemerkbarer Rückgang statt. Hingegen ist der α -Punkt stets gut zu erkennen, wenn man die Vorsicht anwendet, den Heizstrom nicht vollständig auszuschalten, sondern zunächst zu verkleinern. Man findet dann den β -Punkt etwa bei 7,0. Der Zeiger wird bis 7,7 rückläufig. Das entspricht unserer früheren Beobachtung; beim Weicheisen liegen α -Punkt und β -Punkt nahe beieinander. Nach mehrfachem Glühen

¹⁾ Diese Anordnung ist schon von K. Rosenberg beschrieben.

²⁾ Es ist dabei eine mittlere Ausdehnungszahl von $14 \cdot 10^{-6}$ für Eisen angenommen. Le Chatelier (1899) gibt an

für das Temperaturintervall	0—100	100—200	200—300	300—400	400—500	500—600	600—700°
Ausdehnungszahl 10^6	11	12	13	14	15	16	16,5

unabhängig vom C-Gehalte, so lange dieser 0,84% nicht überschreitet.

des Weicheisendrahtes ist der β -Punkt aber unverkennbar nach höheren Temperaturen gewandert. Er liegt dann bei etwa 8,2, der α -Punkt bei 7,7¹⁾.

Unser zweiter Stahldraht (1 mm Durchmesser) steht mit seinem Verhalten zwischen dem ersten (0,8 mm Durchmesser) und dem Weicheisendrahte. Der β -Punkt liegt bei 7,7, besser erkennbar als beim Weicheisen, aber auch nicht annähernd so ausgeprägt wie beim ersten Stahldrahte. Der α -Punkt liegt etwa bei 6,0; der hier einsetzende Rückgang reicht bis etwa 7,0.

5. Anordnung für die magnetische Untersuchung. Zur gleichzeitigen magnetischen Untersuchung der Drähte werden folgende Ergänzungen dem Aufbau hinzugefügt. Hinter der Mitte des Eisen- oder Stahldrahtes wird ein Elektromagnet *Mg* (s. Fig. 1 und Fig. 2; diese stellt die Seitenansicht des Aufbaus dar) mit der Stromzuleitung *L*₁ so aufgestellt, daß die Endflächen seiner Schenkel etwa 10 cm hinter dem Drahte und einige cm tiefer stehen. Vor den Magneten ist noch eine Glastafel *Gl* gestellt, welche den Zweck hat, eine unbeabsichtigte zu starke Annäherung des Eisendrahtes an die Magnetschenkel zu verhindern. Vor der Mitte zwischen den Schenkeln wird dann ein zusammengebogener Messingdraht *M* mit seinen zu kleinen Haken umgebogenen Enden an den Eisendraht *E* gehängt. In der von ihm gebildeten Schlinge ist ein dünnes Band befestigt. Es führt nach hinten und ein wenig nach oben (s. Fig. 2) über zwei leichtgängige dünne Aluminiumrollen. Diese Rollen *R*₂ und *R*₃ stehen mit ihren Ebenen senkrecht zueinander; die Ebene der zweiten Rolle *R*₃ ist dem Eisendrahte *E* parallel. Die erste Rolle *R*₂ leitet das Band von unten lotrecht nach oben; es schlingt sich dann um die zweite Rolle *R*₂ und hängt auf ihrer anderen (rechten) Seite nach unten. Durch ein Gewicht *G*₂ an seinem freien Ende im Betrage von 5 g wird es in Spannung gehalten. An der zweiten Rolle *R*₃ ist ein Zeiger aus steifem Papier (Heftdeckel) von etwa 25 cm Länge befestigt und ausbalanciert, der vor einem weißen Schirme spielt. Die Rollen *R*₂ und *R*₃ und der Schirm *Sch*₂ sind an demselben Trägerrahmen *St*₃ befestigt.

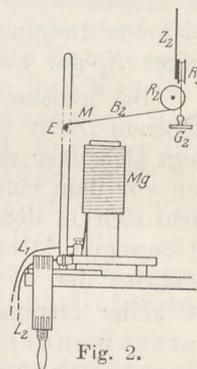


Fig. 2.

Bei Erregung des Magneten *Mg* durch Einschalten des Stromes in seine Speiseleitung *L*₁ (4 Amp.) wird der Eisendraht angezogen und erfährt eine Durchbiegung nach hinten. Das am Messingbügel *M* befestigte Band gibt dadurch nach; das Gewicht *G*₂ zieht es wieder straff und dreht damit die Rollen *R*₂ und *R*₃. Der Zeiger *Z*₂ gibt den Betrag der Drehung an. Bei ungeheiztem Drahte *E* macht die Spitze des Zeigers dann einen Ausschlag je nach Erregung des Magneten von 1–10 cm; nach Ausschalten des Elektromagneten kehrt der Zeiger schnell und sicher in seine Ausgangslage zurück. Übrigens erhält man mit einem Eisendrahte unter sonst gleichen Umständen einen mehrfach größeren Ausschlag als mit einem Stahldrahte, ein anschaulicher Versuch, welcher die größere Magnetisierbarkeit des Weicheisens dartut. Schaltet man bei ausgeschaltetem Elektromagneten den Heizstrom *L*₂ des Eisendrahtes ein, so bleibt praktisch der Zeiger *L*₁ ruhig, denn die Verschiebung, welche der messingne Doppelhaken mit der Ausdehnung des geheizten Drahtes von

¹⁾ Durch wiederholtes Glühen ändert sich der Kohlegehalt des Eisens. Es sei angeführt, daß Le Chatelier die Abhängigkeit der Umwandlungstemperatur vom Kohlegehalte feststellte. Er konnte folgende Tabelle mitteilen:

Eisen mit Kohle in %	0,05	0,20	0,5	0,8	1,21
Umlagerungstemperatur	840	768	728	730	735°
Zusammenziehung in Bruchteilen der Längeneinheit	0,0026	0,0023	0,0021	0,0008	0,001

Es spielen hierbei wohl auch Über- und Unterschreitungserscheinungen eine Rolle.

rechts nach links macht, hat bei der Länge des an den Messingdraht geknüpften Bandes nur eine sehr geringe Mitnahme des Bandes von hinten nach vorn im Gefolge.

6. Der Hauptversuch. Wir arbeiten zunächst mit dem Weicheisendraht. Während wir bei eingeschaltetem Heizstrom I_2 das allmähliche Fortschreiten des Zeigers Z_1 und damit den allmählichen Temperaturanstieg des Eisendrahtes beobachten, schalten wir aufeinanderfolgend die Magnetleitung L_1 wiederholt aus und ein. Sofort gibt zunächst in jedem Falle der Zeiger Z_2 einen Ausschlag. Wir bemerken dabei folgendes: Anfänglich bleiben die Ausschläge von Z_2 von merklich derselben Größe (10 cm), werden dann vielleicht etwas kleiner (7 cm). Auch bei deutlich sichtbarer schwacher Rotglut ist der Draht aber noch fast genau so magnetisch wie am Anfang. Mit fortschreitend heller werdender Rotglut hören die Ausschläge aber plötzlich ganz auf. Das tritt genau in dem Augenblicke ein, wenn der β -Punkt erreicht ist, wie die Zeigerstellung des Zeigers Z_1 erkennen läßt. Jenseits des Umwandlungspunktes, bei heller Rotglut (Zeigerstellung 9) hat dann eine Erregung des Magneten auf den Zeiger Z_2 gar keinen Einfluß mehr.

Bei genauerem Zusehen beobachtet man in diesem Falle allerdings, wie der glühende Draht beim Ein- und Ausschalten seine gerade Gestalt leicht ändert; er biegt sich aber nicht nach hinten, den Magnetpolen zu durch, vielmehr krümmt er sich vor dem einen Schenkel schwach nach oben, vor dem anderen nach unten. Er sucht sich in dem einen und anderen Sinne quer zu den magnetischen Kraftlinien zu bewegen. Genau so würde sich ein biegsamer leitender Kupferdraht unter dem Einflusse der elektrodynamischen Kräfte des Heizstromes verhalten. Die Wirkung ist keine ferromagnetische mehr; der Ferromagnetismus ist vollständig verschwunden. — Da bei diesen elektrodynamischen Verbiegungen des glühenden Drahtes der Zeiger Z_2 vollkommen ruhig stehen bleibt, wird bewiesen, daß die elektrodynamischen Wirkungen des Heizstromes unseren Versuch nicht stören.

Schalten wir nun den Heizstrom wieder langsam aus, so zeigt der Zeiger Z_2 wieder die Magnetisierbarkeit genau in dem Augenblicke an, wenn der Zeiger Z_1 die α -Verwandlung angezeigt hat. Bei mehrfach ausgeglühtem Drahte setzt die Magnetisierbarkeit erst dann ein, wenn der Zeiger Z_1 seine rückläufige Bewegung im α -Punkte beendet hat, Einschaltungen des Elektromagneten während der Rückläufigkeit, also während der α -Verwandlung, zeigen keine Spur Magnetisierbarkeit.

Ein wenig abweichend verhalten sich die beiden Stahldrähte. Bei ihnen ist der β -Punkt ja sehr scharf zu beobachten. Aber auch jenseits des β -Punktes ist noch ein kleiner Rest von Magnetisierbarkeit zurückgeblieben. Allerdings verschwindet dieser rasch und vollständig. Gehen wir von Zeigerstellung 9 an mit dem Heizstrom zurück, so ist keine Spur Magnetismus mehr nachweisbar, sowie der Zeiger Z_1 anfängt eine Abkühlung des Drahtes anzuzeigen. Das hält bis zur Erreichung des α -Punktes an. Sowie aber die α -Verwandlung auch nur eingesetzt hat, der Zeiger Z_1 also die regelwidrige Ausdehnung anzuzeigen beginnt, so ist auch eine geringe Magnetisierbarkeit wieder vorhanden; sie ist also, im Gegensatz zu dem Verhalten des Weicheisens, auch schon während des Umwandlungsvorganges vorhanden. Die Magnetisierbarkeit beginnt dabei mit kleinen Werten, ist aber fast in vollem Betrage dann wieder hergestellt, sowie die α -Verwandlung vollendet ist.

Wir haben oben gesehen, daß der α -Punkt den β -Punkt stets mehr oder minder, bei Stahl um mehrere hundert Grad, unterschreitet. In Verbindung damit stellen wir also fest, daß die Magnetisierbarkeit stets bei tieferen Temperaturen wieder einsetzt als diejenigen sind, bei denen sie verloren gegangen ist. Wir lernen aber einsehen, daß diese Eigentümlichkeit nicht

unmittelbar von der Temperatur abhängt, sondern nur eine Begleiterscheinung für eine viel allgemeinere Zustandsänderung des Eisens ist.

Es möge noch eine Beobachtung an einem Stahldrahte (demjenigen von 1 mm Durchm.) erwähnt werden, die nicht ohne Bedeutung erscheint. Geht man mit dem Heizstrom so hoch, daß der β -Punkt eben noch nicht erreicht ist, also etwa bis zur Zeigerstellung 7, und schaltet nun den Strom aus, so nimmt der Zeiger an der Stelle, wo er nach höherer Heizung seine rückläufige Bewegung begonnen hätte, im sonst regelmäßigen Zurückgehen eine kleinere Geschwindigkeit an, oder er macht gar eine Pause. Das ist ein sicheres Zeichen dafür, daß schon ein geringer Bruchteil von β -Eisen gebildet war, das sich nun zurückverwandelt. Die geringe Abnahme der Magnetisierbarkeit, welche schon vor Erreichung des β -Punktes erkannt werden konnte, darf damit in Zusammenhang gebracht werden.

Zusammenfassend können wir das Ergebnis unserer Beobachtungen so aussprechen: Alle drei Eisensorten zeigten bei der Verwandlung von α -Eisen in β -Eisen, die für alle bei derselben Temperatur von etwa 770° einsetzte, wobei unsere Versuchsanordnung allerdings die Temperatur nur bis auf etwa 50° genau erkennen läßt, Verschwinden der Magnetisierbarkeit. Stahl zeigte über diesen Punkt hinaus zunächst noch einen Rest Magnetisierbarkeit, der aber auch bald verschwand. Ebenso konnte bei Stahl ein Anzeichen gefunden werden, daß ein geringer Bruchteil der Verwandlung sich vor dem eigentlichen Verwandlungspunkte vollzog. Die Magnetisierbarkeit stellte sich erst mit der Rückverwandlung bei tieferen Temperaturen in das α -Eisen wieder her, wobei die Verwandlungstemperatur für Stahl tiefer lag als für Eisen.

7. Außerordentliche Unterschreitungen bei der Wiederherstellung des magnetischen Zustandes von Stahllegierungen. Es sei darauf verwiesen, daß bei gewissen zusammengesetzten Stählen die magnetische Verzögerung überraschende Werte annehmen kann. Bei Manganstahl mit 12% *Mn* verschwindet der kräftige Ferromagnetismus bei 660° . Die Magnetisierbarkeit kehrt aber auch bei Abkühlung auf Zimmertemperatur noch nicht wieder zurück. Ebenso sind die Dichte und die elektrische Leitfähigkeit des Stoffes andere geworden. Erst bei Abkühlung auf -180° stellt sich die ihm eigentümliche Magnetisierbarkeit — ebenso die Dichte und Leitfähigkeit — ganz plötzlich (mit einem hörbaren Knack!) wieder zum ursprünglichen Werte her und bleibt nun auch bei einer Wiedererwärmung bis 660° erhalten. Ein Nickelstahl von 25% Nickel verhält sich ähnlich. Wir gewinnen an der Hand der letzten Versuche (6.) für ein solches Verhalten Verständnis. Es müßten sich Versuche mit Drähten aus solchen Stählen nach unserer Anordnung lohnen.

8. Schlußbemerkung. Zur Lehre von den Umwandlungen des Eisens scheinen mir diese mit den Mitteln einer jeden etwas reichlicher ausgestatteten Schulsammlung leicht ausführbaren Versuche eindrucksvoll und lohnend zu sein. Es dürften sich in so einfach zu handhabender Weise die Unterschreitungen des Umwandlungspunktes kaum bei sonstigen Verwandlungen von Formarten ineinander zeigen lassen. Die Versuche ließen sich durch Auswahl von Drähten geeigneter Eisen- und Stahlsorten auch noch weiter ausbauen. Sollte ein optisches Pyrometer zur Verfügung stehen, so könnte auch dem Mangel der nur unsicheren Temperaturbestimmungen abgeholfen werden ¹⁾.

¹⁾ Würde man sich die Mühe nehmen, gleichzeitig die Stromstärke und die an den Enden des geheizten Drahtes liegende Spannung zu messen, so würde man auch daraus im Anschluß an vorliegende Untersuchungen Schlüsse auf die Temperatur der Heizdrähte (im stationären Zustande) machen können (s. A. Imhof, Phys. Ber. 5, 1924, S. 416).

Über graphische Darstellung von Schwingungen und Schwebungen.

Von J. Neuberger in Freiburg i. B.

MACH hat schon im Jahre 1866 in Pogg. Annalen einen für akustische Untersuchungen bestimmten Apparat beschrieben und schematisch abgebildet, mit dem er auf mechanischem Wege Schwingungskurven graphisch darstellte. Den Apparat, der eine feinmechanische Ausführung erfordert, in der Schulwerkstatt herzustellen, halte ich für ausgeschlossen und noch weniger möglich bei den heutigen Preisen die käufliche Erwerbung für die Schulsammlung. Da war es ein Verdienst des Herrn E. GÜNTHER (ds. Ztschr. 1922, Seite 19) wenigstens teilweise Abhilfe geschaffen zu haben, indem

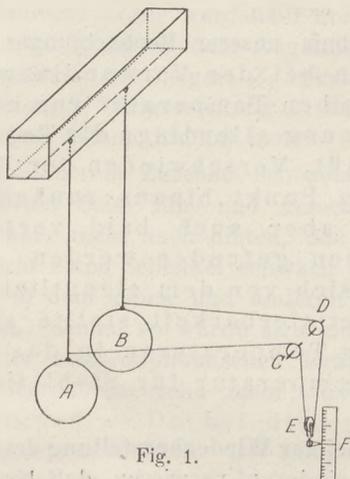


Fig. 1.

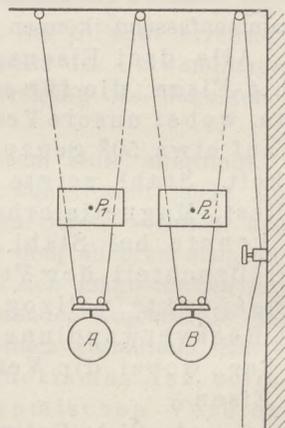


Fig. 1 a.

er an Stelle der Zahn- und Friktionsräder, die MACH zur Erzeugung von Sinusschwingungen verwendete, das billige Pendel angab, das durch Auf- und Abbewegung eines Zeigers einen Schluß auf die Schwingungsform zu machen gestattet. In Figur 1 ist die Versuchsanordnung von E. GÜNTHER den Lesern noch einmal vor Augen geführt. Die Übersetzung der Bewegung in die Kurvenform scheint mir für Schüler

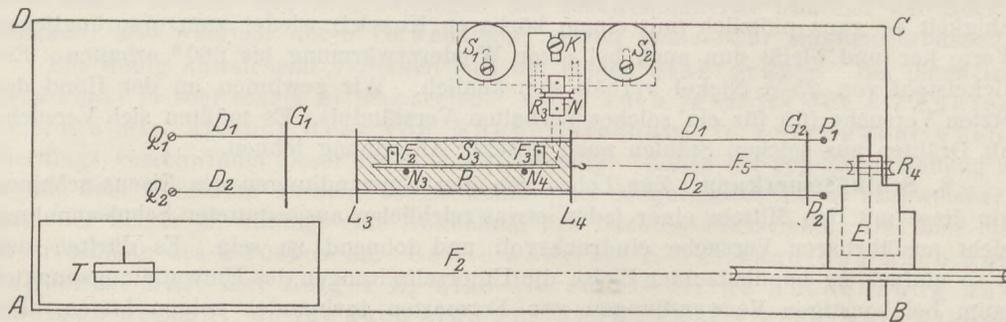


Fig. 2.

ziemlich schwer zu sein. Auch mögen Fig. 3—5 a. a. O. nicht durch den Versuch, sondern durch Konstruktion erhalten sein. Darum habe ich mich bemüht, durch Zufügung eines Schreibapparates an die GÜNTHERSche Ausführung die Sinusbewegung graphisch darzustellen, vermittels der folgenden an den Apparat von E. GÜNTHER anschließenden Anordnung. Die von mir benutzten Pendel (Fig. 1 a) sind je 11 kg schwer an 2,5 m langen Eisenlitzen bifilar hinter dem gewöhnlich geschlossenen Flügel des Einganges zum Lehrsaal aufgehängt. Nach Gebrauch können die Kugeln abgeschraubt

und die Aufhängedrähte an der Wand des Einganges hochgezogen werden. Jedes der einfachen Pappstücke P_1 und P_2 der GÜNTHERSchen Anordnung habe ich durch ein rechteckiges Doppelpappstück ersetzt, dessen Teile nahe an der Mitte durch

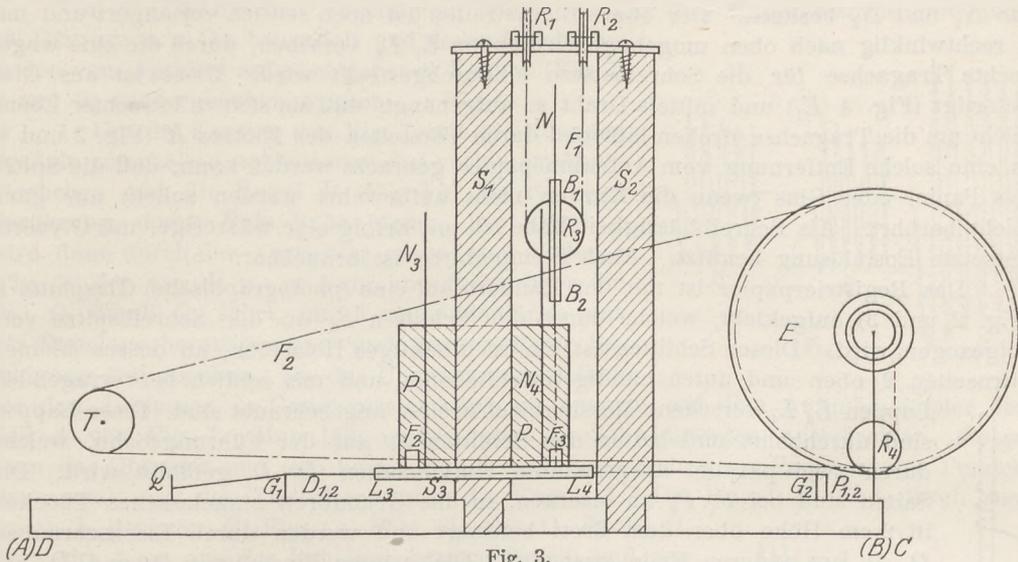


Fig. 3.

Drahtklammern aufeinander befestigt sind und im Mittelpunkt Häkchen für die Fäden tragen, die die Pendelschwingungen nach dem etwa 2 m entfernten, auf dem Experimentiertisch stehenden Schreibapparat fortleiten. An den lotrechten Rändern der Pappstücke werden die Pendel eingeschoben und so durch die steifen Pappdeckel mit für die Sicherheit beim Betrieb und für die Einstellung passender Reibung festgeklemmt. Um Torsionen der Kugeln zu vermeiden, sind diese an wagerechten Haltern festgeschraubt, von wo die Litzen über zwei etwa 3 cm voneinander entfernte Rollen geführt sind.

Ein Hartholzgrundbrett $ABCD$ ($60 \times 20 \times 3$ cm) trägt den Schreibapparat (Fig. 2 Grundriß, Fig. 3 Aufriß). Nahe am Rande DC sind 10 cm voneinander entfernt zwei runde, 32 cm lange Holzsäulen S_1 und S_2 eingeleimt, die oben auf einem in Schlitzen verschiebbaren, mit 2 Rundkopfschrauben feststellbaren, wagerechten Brettchen die beiden Rollen R_1 und R_2 tragen, durch welche die von den Pendeln des GÜNTHERSchen Apparates herkommenden Fäden aus der wagerechten in die lotrechte Richtung L_1 (Fig. 3) übergeführt werden. Die Scheeren von R_1 und R_2 sind um je eine im Brettchen befestigte vertikale Achse drehbar, um ihre Ebene in die Fadenebene leicht einstellen zu können. In der Mitte zwischen S_1 und S_2 liegt ein Holzklötz K $7 \times 4 \times 2$ cm (Fig. 2 und 4), der mit einem Schlitz in der Richtung AD verschiebbar ist und mit einer Rundkopfschraube auf dem Grundbrett festgemacht werden kann. In diesen Klötz sind 2 lotrechte Stricknadeln N_1 N_2 eingelassen, die durch zwei an den Enden übergelötete, 1 mm starke Messingblechstreifen M_1 und M_2 (Fig. 4) in paralleler und lotrechter Lage festgehalten werden. M_2 ist überdies noch auf K festgeschraubt. Diese Nadeln dienen als Führungsbahn für den zwischen ihnen fast reibungslos auf- und abrutschenden Schlitten, der die Schreibspitze trägt. Der Schlitten

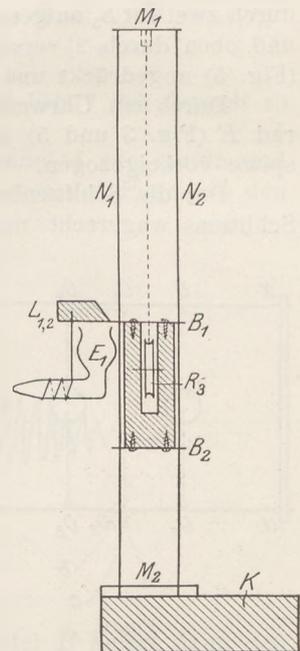


Fig. 4.

ist gabelförmig (Fig. 4) aus leichtem Holz gefertigt, mit der Fadenrolle R_3 zwischen den Zinken und oben und unten mit aufgeschraubten, leichten Blechstreifen B_1 und B_2 versehen, deren seitlich hervorragende Lappen Bohrungen in genau 2 cm Entfernung für N_1 und N_2 besitzen. Der obere Blechstreifen ist noch seitlich verlängert und mit 2 rechtwinklig nach oben umgebogenen Lappen L_1 L_2 versehen, durch die eine wagerechte Tragachse für die Schreibspitze hindurchgesteckt wird. Diese ist aus Glas gefertigt (Fig. 4 E_1) und mittels Draht so aufgehängt, daß sie sich in lotrechter Ebene leicht um die Tragachse drehen läßt und durch Verstellen des Klotzes K (Fig. 2 und 4) in eine solche Entfernung vom Aufnahmepapier gebracht werden kann, daß die Spitze das Papier oder Glas (wenn die Kurven nicht aufbewahrt werden sollen) nur ganz leicht berührt. Als Schreibflüssigkeit habe ich mit Erfolg eine wässrige, mit Glycerin versetzte Eosinlösung benützt. Auch Stempelfarbe ist brauchbar.

Das Registrierpapier ist mit den Rändern auf eine (photographische) Glasplatte P (Fig. 2 und 3) aufgeklebt, welche durch den Schlitten S_3 an der Schreibspitze vorbeigezogen wird. Dieser Schlitten ist ein rechteckiges Holzstück, an dessen kleinen Stirnseiten 2 oben und unten bündig abschließende und mit seitlich hervorragenden



Fig. 5.

Lappen L_3 L_4 versehene Messingblechstreifen angeschraubt sind. Diese Lappen sind durchbohrt und halten den Schlitten S_3 auf der Führungsbahn, welche durch zwei parallel ausgespannte Klaviersaiten D_1 D_2 gebildet wird. Die Saiten sind bei P_1 P_2 an eisernen, in das Grundbrett eingelassenen Pflöcken in 2 cm Höhe über dem Brett befestigt und werden durch Eisenschrauben Q_1 Q_2 am anderen Ende gespannt. Die genaue Einstellung D_1 und D_2 auf Parallelismus und horizontale Lage im richtigen Abstand voneinander wird durch zwei mit Kerben versehene Messingstege (G in Fig. 2 und 3) erreicht.

In den Schlitten S_3 sind in der Mittelebene im Abstand von etwa 9 cm zwei starke Stricknadeln N_3 N_4 lotrecht eingelassen, an die die Glasplatte unten durch zwei auf S_3 aufgeschraubte, rechtwinkelige, aufgebogene Messingblechfedern F_2 F_3 und oben durch 2 verschiebbare, über die Nadeln N_3 N_4 gestreifte Drahtspiralfedern (Fig. 5) angedrückt und in lotrechter Lage festgehalten wird.

Durch ein Uhrwerk (Morsemodell der Sammlung) mit Triebachse T und Stufenrad E (Fig. 3 und 5) wird der Schlitten S_3 an der auf- und abgehenden Schreibspitze vorbeigezogen.

Der die Schlittenbewegung vermittelnde Faden F_5 läuft von einem Häkchen des Schlittens wagerecht nach einer Rolle R_4 (Fig. 2 und 3) und dann aufwärts zum Stufenrad, wo durch passende Wahl der Stufe die Geschwindigkeit eingestellt werden kann.

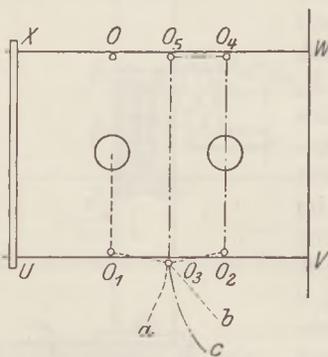


Fig. 6.

Um Amplitude und Phase der Pendel bequem regulieren zu können, sind dieselben in der Höhe der Kugeln mit einem rechteckigen Rahmen $UVWX$ (Fig. 6) umgeben. Die längeren Seiten UV und XW desselben sind kräftige Rundeisenstäbe und in die Holzverkleidung des Lehrsaaleinganges, wo die Pendel hängen, eingeschraubt. UX ist eine mit 2 Bohrungen versehene Holzleiste, die auf die Eisenstäbe aufgeschoben wird, um die parallele und zur Wand senkrechte Lage derselben zu sichern. Da die Schwingungsebenen der beiden Pendel 20 cm voneinander entfernt sind, so sind in diesen Ebenen und der Mittelparallelebene dazu

in die Eisenstäbe rinnenförmige Vertiefungen eingedreht und darin Drahtösen O befestigt, durch die die Auslösungsfäden a , b , c der Pendel hindurchlaufen. Fig. 6 zeigt einen Horizontalschnitt durch die Mittelpunkte der Kugeln.

Wenn nur ein Pendel schwingen soll, so muß das andere in Ruhe gehalten werden. Das gelingt wegen der Koppelung nicht ohne weiteres, trotzdem die Pendel-

kugeln 11 kg schwer sind und die Schreibspitze nur wenige Gramm wiegt. Man schiebt am bequemsten unter die nicht verwendete Pendelkugel von unten her vorsichtig ein in der Höhe verstellbares Tischchen bis zu leiser Berührung.

Von den zahlreichen Variationen sollen hier nur drei Hauptversuche (wie auch bei GÜNTHER a. a. O.) behandelt und deren Ergebnisse in den vom Apparat aufgeschriebenen Kurven (Fig. 7, 8 und 9) wiedergegeben werden.

1. Um die Kurven von Fig. 7 mit gleichlangen Pendeln zu erhalten, schiebt man das vorhin erwähnte Tischchen und die Kugel *B* (Fig. 1a) bis zu leiser Berührung, damit *B* in Ruhe bleibt. Die Kugel *A* wird dann durch den vorsichtig gespannten Faden *a* (Fig. 6), der von *A*, wo er festgeknüpft ist, über die Öse O_1 durch O_0 führt, um 5 cm Fadenlänge aus der Ruhelage herausgezogen und nach völliger Beruhigung frei gegeben. Da das Uhrwerk unmittelbar vor dem Loslassen in Gang gesetzt wird, so entsteht auf dem Aufnahmepapier der Teil *A* von Fig. 7. Man läßt einige (etwa 5) Schwingungen aufschreiben, stoppt dann das Uhrwerk und (am besten durch geeignetes Ziehen am Faden *a*) das Pendel. Dann setzt man das Tischchen unter die Kugel *A*. Die Kugel *B* wird durch den Faden *b*, der von *B* (Fig. 1a) über die Öse O_2 durch O_3 führt, um 5 cm aus der Ruhelage herausgezogen und wie oben losgelassen. Das Pendel *B* schwingt jetzt mit gleicher Phase und Amplitude wie vorhin Pendel *A* und auf dem Aufnahmepapier entsteht jetzt der Teil *B* (Fig. 7). Nach wieder etwa 5 Schwingungen stoppt man Uhrwerk und Pendel und entfernt das Tischchen. Schaltet man jetzt das Uhrwerk wieder ein und zieht beide Pendelkugeln an den Fäden *a* und *b* gleichzeitig um 5 cm aus der Ruhelage heraus und läßt dann los, so erhält man den Teil *C* der Fig. 7 mit doppelt so großer Amplitude als vorhin mit Kugel *A* und *B* einzeln.

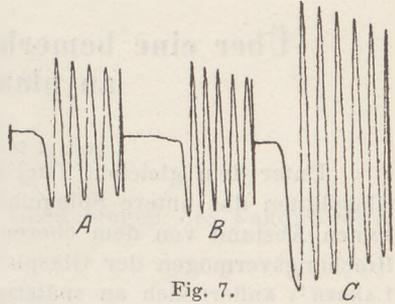


Fig. 7.

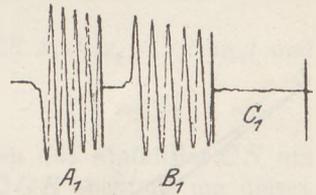


Fig. 8.

2. Um Fig. 8 zu erhalten, verfährt man zunächst mit Pendel *A* wie vorhin und erhält den Teil A_1 der Fig. 8. Für Pendel *B* benutzt man statt des Fadens *b* den

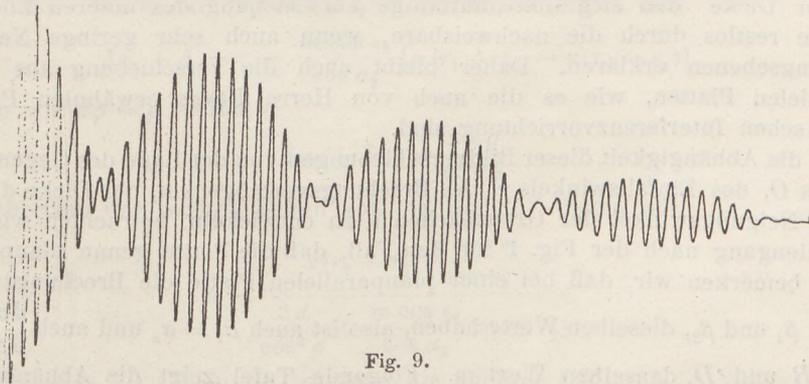


Fig. 9.

Faden *c*, der über die Ösen O_4 und O_5 durch O_3 führt. Pendel *B* liefert dann den Teil B_1 der Fig. 8 mit entgegengesetzter Phase, aber gleicher Amplitude wie Pendel *A*. Bringt man beide Kugeln mit den Fäden *a* und *c* gleichzeitig zum Schwingen, so liefern sie mit der Amplitude Null die Gerade C_1 (Fig. 8). Auffallend ist hier, besonders für Schüler, daß trotz lebhafter Bewegung der Rollen R_1 , R_2 und R_3 (Fig. 3) die Schreibspitze völlig in Ruhe bleibt und die horizontale Gerade aufzeichnet.

3. Für die Fig. 9 verkürzt man die Länge eines der Pendel um etwa 30 cm und läßt dann beide Pendel gleichzeitig mittels der Fäden *a* und *b* los. Dann erhält man die Schwebungen der Fig. 9.

Über eine bemerkenswerte Spiegelungerscheinung an planparallelen Glasplatten.

Von E. Maey in Bonn.

Unter dem gleichen Titel hat Herr A. LEMAN¹⁾ beschrieben, wie bei manchen Glasplatten das untere Spiegelbild bei einer Drehung der Platte um das Einfallslot seinen Abstand von dem oberen Bilde ändert, und dieses durch ein veränderliches Brechungsvermögen der Glasplatte in verschiedener Richtung erklärt. Herr Dr. AL. LANNER²⁾ äußert sich an späterer Stelle hierzu zustimmend. Ich sehe mich nun veranlaßt, gegen diese Erklärung folgendes einzuwenden.

Herr LEMAN nimmt an, daß das Brechungsvermögen der Glasplatte in einer Einfallsebene (*s. Fig. 4 u. 5, a. a. O. S. 104*) nicht nur ein anderes sei als senkrecht dazu, sondern daß es sich auch in dieser Ebene noch von Punkt zu Punkt in einer Richtung ändere. Wenn das in einem besonderen Falle zutreffen sollte, dann müßte auch bei

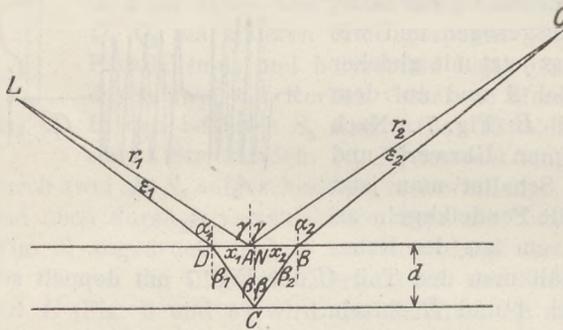


Fig. 1.

einer geringen Verlegung des Einfallslotes in dieser Richtung die Form der geschlossenen Kurve, auf der sich das untere Bild bei der Drehung der Platte bewegt, sich erheblich ändern³⁾. Das konnte ich aber bei geschliffenen Platten niemals beobachten, und auch Herr LEMAN gibt darüber nichts an. Das beweist doch, daß die von ihm gegebene Erklärung in allen diesen Fällen nicht zutreffen kann.

In den von mir untersuchten Fällen an mehreren Platten verschiedener Dicke ließ sich diese auffällige Verschiebung des unteren Bildes gegen das obere restlos durch die nachweisbare, wenn auch sehr geringe Neigung der Begrenzungsflächen erklären. Daher bleibt auch die Verschiebung aus an genau planparallelen Platten, wie es die auch von Herrn LEMAN erwähnten Platten der Classenschen Interferenzvorrichtung sind.

Um die Abhängigkeit dieser Bildverschiebungen von der Lage des Gegenstandes *L*, des Auges *O*, des Einfallswinkels γ , des Brechungsvermögens *n*, der Dicke der Platte *d* und dem Neigungswinkel der Grenzflächen ν zu entwickeln, betrachten wir zunächst den Strahlengang nach der Fig. 1 für den Fall, daß die Platte genau planparallel ist. Zunächst bemerken wir, daß bei einer planparallelen Platte die Brechungswinkel bei *B* und *D*, β_1 und β_2 , dieselben Werte haben, also ist auch $\alpha_1 = \alpha_2$ und auch $\frac{\delta \alpha}{\delta \beta} = n \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$ hat bei *B* und *D* denselben Wert *m*. Folgende Tafel zeigt die Abhängigkeit der Größe *m* von α .

¹⁾ Diese Zeitschr. 27, 103, 1914.

²⁾ Diese Zeitschr. 27, 315, 1914.

³⁾ Diese Folgerung gibt zwar ein notwendiges, aber noch kein hinreichendes Kennzeichen zur Prüfung der Theorie des Herrn Leman. So zeigen die Beobachtungen des Herrn Lanner wohl die verlangte Folgerung, aber auch sie sind zweifellos in erster Linie durch eine veränderliche Neigung der Grenzflächen bei Fensterscheiben bedingt.

α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
m	1,52	1,53	1,57	1,66	1,80	2,04	2,50	3,49	6,67	∞

m nimmt also mit α zu, ist aber für mäßige Einfallswinkel in engen Grenzen wenig veränderlich.

Aus Fig. 1 lesen wir folgende Gleichungen ab

$$(1) \quad \frac{x_1}{r_1} = \frac{\sin \varepsilon_1}{\cos \alpha_1} \quad \text{und} \quad \frac{x_2}{r_2} = \frac{\sin \varepsilon_2}{\cos \alpha_2}.$$

Bei einer Änderung der Strahlenrichtung LD ist

$$\delta x_1 = \frac{r_1 \cos \varepsilon_1 \delta \varepsilon_1}{\cos \alpha_1} + \frac{r_1 \sin \varepsilon_1 \sin \alpha_1 \delta \alpha_1}{\cos^2 \alpha_1}.$$

Da ε_1 nur ein kleiner Winkel ist, kann das zweite Glied wegen des Faktors $\sin \varepsilon_1$ weggelassen werden, und wir erhalten

$$(2) \quad \delta x_1 = \frac{r_1 \cos \varepsilon_1 \delta \varepsilon_1}{\cos \alpha_1} \quad \text{und ebenso}$$

$$(3) \quad \delta x_2 = \frac{r_2 \cos \varepsilon_2 \delta \varepsilon_2}{\cos \alpha_2}.$$

Nun folgt aber aus $\alpha_1 = \alpha_2$ auch $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$. Dann ergibt sich aus (2) und (3)

$$(4) \quad \delta x_1 + \delta x_2 = \frac{\cos \varepsilon_2}{\cos \alpha_2} (r_1 \delta \varepsilon_1 + r_2 \delta \varepsilon_2).$$

Ferner ergibt sich aus dem gleichschenkeligen Dreieck DCB $x_1 + x_2 = 2d \cdot \operatorname{tg} \beta$ und

$$(5) \quad \delta x_1 + \delta x_2 = \frac{2d \delta \beta}{\cos^2 \beta}.$$

Denken wir uns nun die untere Begrenzungsebene, also auch das Einfallslot CN um den kleinen Winkel ν gedreht, so wird erstens das Dreieck DCB ebenfalls um diesen Winkel gedreht, zweitens erfährt es eine geringe Formänderung, z. B. ändere sich dabei β um $\delta \beta = \mu$, und drittens erfährt es eine Verschiebung, z. B. der Punkt D um δx_1 und Punkt B um δx_2 . Dann wird

$$(6) \quad \begin{array}{l|l|l} \delta \beta_1 = \mu + \nu & \delta \alpha_1 = m(\mu + \nu) & \delta \varepsilon_1 = -m(\mu + \nu) \\ \delta \beta_2 = \mu - \nu & \delta \alpha_2 = m(\mu - \nu) & \delta \varepsilon_2 = -m(\mu - \nu). \end{array}$$

Setzen wir diese Werte für $\delta \varepsilon_1$ und $\delta \varepsilon_2$ in (4) ein, so ergibt sich

$$(4)' \quad \delta x_1 + \delta x_2 = - \frac{m \cos \varepsilon_2}{\cos \alpha_2} [\mu(r_1 + r_2) - \nu(r_2 - r_1)]$$

und, indem wir $d\beta = \mu$ setzen,

$$(5)' \quad \delta x_1 + \delta x_2 = \frac{2d\mu}{\cos^2 \beta}.$$

Nach Gleichsetzen der rechten Seiten von (4)' und (5)' finden wir

$$(7) \quad \mu = \frac{\nu(r_2 - r_1) \frac{m \cos \varepsilon_2}{\cos \alpha_2}}{\frac{2d}{\cos^2 \beta} + \frac{m \cos \varepsilon_2}{\cos \alpha_2} (r_1 + r_2)}.$$

Da nun d gegen $r_1 + r_2$ klein ist, während die anderen Faktoren im Nenner alle von mittlerer Größenordnung sind, kann das erste Glied des Nenners mit dem Faktor d gegen das zweite weggelassen werden, und wir erhalten

$$(7)' \quad \mu = \frac{\nu(r_2 - r_1)}{(r_2 + r_1)},$$

$$(6)' \quad \delta \varepsilon_2 = \frac{2m \cdot \nu \cdot r_1}{r_1 + r_2},$$

$$(3)' \quad \delta x_2 = \frac{r_2 \cos \varepsilon_2 \cdot 2 m \nu r_1}{\cos \alpha_2 (r_1 + r_2)} \quad \text{oder auch, da } \varepsilon_2 \text{ ein kleiner Winkel ist,}$$

$$= \frac{2 m \nu r_1 r_2}{\cos \alpha_2 (r_1 + r_2)}$$

Auch die kleinste seitliche Verschiebung des unteren Bildes bei einer Drehung der Glasplatte um 90° läßt sich der Richtung und Größe nach leicht berechnen. Da bei einer Drehung ν des Einfallslotes CN vom Standpunkte des Beobachters in O nach rechts, also senkrecht zur Ebene BCD , auch der Strahl LD bei seiner Reflexion bei C nach rechts abgelenkt wird, so gelangt nur ein von dem Strahl LD nach links abweichender Strahl LD_1 nach Brechung und Spiegelung ins Auge. Die Gerade, in der die neue Einfallsebene $D_1C_1B_1$ im Glase die obere Grenzfläche schneidet, sei D_1B_1 . Der Weg des zentralen ins Auge gelangenden Strahles ist also $LD_1C_1B_1O$ und seine Projektion auf die obere Fläche der Glasplatte in Fig. 2 $L_1D_1M_1B_1O_1$. Da $C_1M_1 \perp$ auf der oberen Fläche und $C_1N_1 \perp$ auf der unteren Fläche steht, ist

$$\sphericalangle M_1C_1N_1 = \nu \quad \text{und} \quad \sin \nu = \frac{M_1N_1}{C_1N_1}$$

$$\sphericalangle N_1C_1B_1 = \beta_2, \quad \text{also} \quad \text{tg } \beta_2 = \frac{B_1N_1}{C_1N_1}$$

$$\text{tg } N_1B_1M_1 = \frac{M_1N_1}{B_1N_1} = \frac{\sin \nu}{\text{tg } \beta_2}$$

Schließen wir nun vorläufig den Fall aus, daß $\alpha_2 < 10^\circ$ ist, so ist $\text{tg } \beta_2$ gegenüber $\sin \nu$ genügend groß, so daß wir statt der letzten Gleichung setzen können:

$$\sphericalangle N_1B_1M_1 = \frac{\nu}{\text{tg } \beta_2}$$

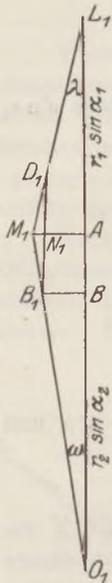


Fig. 2. Die seitliche Verschiebung des Bildes bestimmen wir nun durch die seitliche Verschiebung des zentralen Strahles auf der Glasplatte $\delta y = B_1B$. Es ist dann $\delta y = \omega r_2 \sin \alpha_2$, wobei wieder AB gegen $A O_1$ vernachlässigt ist. Zur Berechnung von ω dienen folgende Gleichungen:

$$\frac{\text{tg } \omega}{\text{tg } \lambda} = \frac{M_1A : r_2 \sin \alpha_2}{M_1A : r_1 \sin \alpha_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

und da ω und λ kleine Winkel sind,

$$\frac{\omega}{\lambda} = \frac{r_1}{r_2} \quad \text{und} \quad \frac{\omega}{\omega + \lambda} = \frac{r_1}{r_1 + r_2}$$

$$\frac{\omega + \lambda}{2} = \sphericalangle N_1B_1M_1 = \nu : \text{tg } \beta_2$$

$$\omega = \frac{2 \nu r_1}{\text{tg } \beta_2 (r_1 + r_2)}$$

$$\delta y = \frac{2 \nu r_1 \cdot r_2 \sin \alpha_2}{\text{tg } \beta_2 (r_1 + r_2)} = \frac{2 n \nu r_1 r_2 \cos \beta_2}{r_1 + r_2} = \frac{2 m \nu r_1 r_2 \cos \alpha_2}{r_1 + r_2}$$

Die obige Einschränkung der Gültigkeit der Ableitung dieses Ergebnisses durch Ausschluß des Falles $\alpha < 10^\circ$ ist nur bedingt durch die Lösung vermittels des Grundrisses des Strahlenganges und den dabei auftretenden Divisor $\text{tg } \beta_2$. Das gleiche Ergebnis erhalten wir jedoch auch für den Fall $\alpha < 10^\circ$, wenn wir den Strahlengang auf eine durch das Einfallslot gelegte Aufrißebene, die zu den Ebenen der Figuren 2 und 3 senkrecht steht, projizieren. Dieser Hinweis mag hier genügen.

Ich komme nun zu den Beobachtungen, die ich zur Prüfung der gegebenen Theorie angestellt habe. Die ersten Messungen von δx_2 und δy unmittelbar auf der Glasplatte bei sehr verschiedenen Werten von r_1 und r_2 zeigten zwar, daß die Theorie

das Wesentliche getroffen, jedoch waren diese wegen der verschiedenen Anpassung des Auges zuerst auf den Punkt L , dann auf die Glasplatte so wenig genau, daß sie nicht endgültig befriedigen konnten. Daher wurde bei den folgenden Beobachtungen die Glasplatte mit ihrer oberen Fläche in die Achse eines einfachen Winkelmessers für Spiegelungen gelegt, auf dessen halbkreisförmiger Teilung zwei 15 cm lange Schenkel eingestellt werden konnten. Der eine trug ein kleines Sehloch, der andere zwei Halter für einen Millimeter-Maßstab auf Glas von Zeiß, so daß dieser je nach Bedarf so angebracht werden konnte, daß die Teilstriche senkrecht zu den Verschiebungen δx_2 und δy standen. Es waren demnach r_1 und $r_2 = 15$ cm, also $r_1 + r_2$ die deutliche Sehweite. Ein Strich des Maßstabes diente als Marke L und der Maßstab selbst zugleich zur Beobachtung der Verschiebungen des unteren Bildes in seinen beiden Endstellungen. Es werden also dabei nicht δx_2 und δy selbst, sondern ihre doppelten Projektionen auf den Maßstab

$$2a = \frac{2(r_1 + r_2) \cos \alpha_2 \delta x_2}{r_2} \quad \text{und} \quad 2b = \frac{2(r_1 + r_2) \delta y}{r_2}$$

gemessen. Die erste Gruppe der Messungen wurde an einer Platte mit der Dicke $d = 7,24$ mm und dem Brechungsindex $n = 1,52$ ausgeführt. Mit einer Schraublehre war ihre Dickenänderung und dadurch $\text{tg } \nu = 0,00120$ ermittelt.

ν	1. Gruppe				2. Gruppe			
	2a		2b		2a		2b	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	1,1	1,10	1,1	1,09	1,0	1,05	1,0	1,03
20	1,1	1,13	1,1	1,06	1,0	1,07	1,0	1,01
30	1,2	1,19	1,05	1,03	1,0	1,13	1,0	0,98
40	1,25	1,29	0,95	0,99	1,15	1,23	0,9	0,94
50	1,4	1,47	0,9	0,95	1,25	1,30	0,85	0,89
60	1,9	1,80	0,9	0,90	1,7	1,71	0,85	0,85
70	2,5	2,51	0,85	0,86	2,1	2,38	0,8	0,82
80	4,8	4,80	0,85	0,83	4,5	4,56	0,8	0,80

Wie aus der Gleichung (7) hervorgeht, ist die Verschiebung δx_2 in so geringem Maße von der Dicke d der Platte abhängig, daß diese in dem vereinfachten Ergebnis gar nicht mehr vorkommt. Das ist überraschend. Auch Herr LEMAN scheint nach dem Wortlaut seines ersten Satzes angenommen zu haben, daß dicke Platten besonders geeignet seien, diese Erscheinung zu zeigen. Das kann aber nur insofern zutreffen, als dicke Platten öfters einen größeren Winkel ν aufweisen dürften. Ich hielt daher eine Bestätigung durch Beobachtung für wünschenswert. Es gelang mir, ein Deckglas für mikroskopische Objekte mit der Dicke $d = 0,20$ mm ausfindig zu machen, bei dem $\text{tg } \nu = 0,00114$ war, also fast ebenso groß wie bei der dicken Platte. An ihr erhielt ich die Ergebnisse der zweiten Gruppe. Auch sie sind in befriedigender Übereinstimmung mit der Theorie. Da bei einer so dünnen Platte $x_2 = d \text{tg } \beta < 0,2$ mm ist, während δx_2 mit dem Einfallswinkel von $\pm 0,26$ bis $\pm 6,6$ mm wächst, so haben wir an ihr die merkwürdige Erscheinung, daß das untere Spiegelbild bei der Drehung der Platte auf einer Ellipse wandert, die das obere Spiegelbild umschließt.

Endlich möchte ich noch auf den Zusammenhang obiger Ergebnisse mit der Meßtechnik hinweisen. KOHLRAUSCH¹⁾ prüft mit dem Reflexionsgoniometer bei senkrechtem Einfall, ob eine Platte genau planparallel ist, durch das Ausbleiben von $\delta \epsilon_2$. Wird eine Verschiebung beider Spiegelbilder beobachtet, so ist $\delta \epsilon_2 = 2n\nu$. Die obigen Ergebnisse für δx_2 und δy werden allerdings für paralleles Licht unbrauchbar, da

¹⁾ F. Kohlrausch, Praktische Physik, 10. Aufl., 1905, S. 256.

man in ihnen nicht gleichzeitig r_1 und $r_2 = \infty$ setzen kann. Das liegt daran, daß bei ihrer Ableitung für ein endliches r_1 auch α_1 veränderlich war. Ist aber $r_1 = \infty$, so müssen wir α_1 als Festwert betrachten. Es muß also für diesen Sonderfall eine erneute, allerdings sehr einfache Ableitung eintreten. Es ist dann $\beta_2 = \beta_1 - 2\nu$, also $\delta\beta_2 = -2\nu$, $\delta\alpha_2 = -2m\nu$, $\delta\varepsilon_2 = +2m\nu$ und bei senkrechtem Einfall $\delta\varepsilon_2 = 2n\nu$. Die Genauigkeit dieser Methode beruht darauf, daß der zu messende Winkel $\delta\varepsilon_2$ ein Vielfaches von ν ist.

Ob nun diese Erscheinung eine so eingehende Untersuchung wie die obige verdient? Ihre bisherige Behandlung schien mir eine solche notwendig zu machen. Hat doch ein philosophischer Schriftsteller¹⁾ geglaubt, sie als Beleg dafür ansehen zu können, daß es auch Wirkungen ohne Ursache gebe. Und wenn dann auch Herr LEMAN glaubte, diese Auffassung durch seine Erklärung widerlegt zu haben, so zeigt sich doch, daß eine derartige nur qualitative Theorie ohne messende Nachprüfung zu wenig Vertrauen verdient und daher zur Widerlegung einer anderen Theorie nicht geeignet sein kann.

Bestimmung des Wärmewertes der elektrischen Energie.

Von Karl Wildermuth in Cannstatt.

(Mitteilung aus der Württ. Landesanstalt f. d. Physikunterricht.)

Die bekannte Bestimmung des elektrischen Wärmeäquivalents aus der Temperaturerhöhung, die eine abgewogene Wassermenge durch einen elektrisch geheizten Draht erfährt, erfordert eine ganze Anzahl Korrekturen, wenn das Ergebnis einigermaßen genau werden soll. Dazu kommt als oft nicht genügend beachtete Fehlerquelle die mangelhafte Durchmischung des in den einzelnen Bezirken verschieden temperierten Wassers; daher werden die Resultate genauer, wenn man dem Heizdraht die Form einer ebenen, in der Nähe des Bodens des Kalorimetergefäßes liegenden Spirale gibt. So lehrreich nun auch für den Schüler die Berücksichtigung aller Nebenumstände ist, so wird doch dadurch oft der Kern des Versuchs verdunkelt. Wir benützen daher seit Jahren eine Versuchsanordnung, bei der alle Korrekturen, wie Wasserwert des Gefäßes usw. wegfallen, und bei der auch die unvermeidlichen Strahlungs- und Leitungsverluste so gering sind, daß sie vernachlässigt werden können.

Das wird dadurch erreicht, daß wir auch auf der Wärmeseite stationäre Verhältnisse herstellen, indem wir den elektrischen Strom nicht zur Erwärmung einer abgewogenen Wassermenge, sondern zur Erwärmung eines konstanten Wasserstroms benützen. Messen wir dabei auf der einen Seite die Stromstärke I , die Spannung V (oder den elektrischen Widerstand R) und auf der anderen Seite die sekundliche Wassermenge m und ihre Temperaturen t_0 und t_1 ohne und mit eingeschaltetem Strom, so erhalten wir unmittelbar $J.V. \text{ Watt} = m \cdot (t_1 - t_0)$ Kalorien.

Das Verfahren ist nicht neu — es ist einfach die quantitative Auswertung des Prinzips der direkt an die Wasserleitung angeschlossenen Warmwasserapparate mit elektrischer Heizung — da es aber der kalorimetrischen Methode, wie sie beim Vortrag durchgeführt werden kann, an Übersichtlichkeit und Genauigkeit überlegen ist und trotzdem unseres Wissens kaum angewendet wird, dürfte eine genauere Beschreibung nicht ohne Interesse sein.

Außer einer Mariotteschen Flasche zur Herstellung eines konstanten Wasserstroms, einem Strommesser, einem Spannungsmesser und einem guten Thermometer braucht man ein besonderes, aber leicht herstellbares Heizgefäß.

Die Heizspirale — vgl. die Figur — muß einen kleinen Temperaturkoeffizienten haben, ihre elektrischen Dimensionen sind im Hinblick auf die vorhandenen Meßinstrumente so zu wählen, daß deren prozentuale Fehler möglichst gering werden.

¹⁾ E. Barthel, Ein Beweis für die Unrichtigkeit der Kausalhypothese. Archiv für systematische Philosophie XIX, 355, 1913.

Auf die zu erwartende Erwärmung braucht hierbei weniger Rücksicht genommen zu werden, da diese durch Veränderung des Wasserstroms eingestellt werden kann. Die erste von uns verwendete Spirale bestand aus 1 mm starkem Nickelindraht, hatte 90 Windungen von 16 mm Außendurchmesser und einen Widerstand von 2,64 Ohm (eine zweite aus $\frac{1}{2}$ mm starkem Draht hatte 12,56 Ohm). Sie ist auf eine unten verjüngte Glasröhre von ca. 30 cm Länge und 13 mm Außendurchmesser aufgeschoben und mit beiden Enden an starke Kupferdrähte *Cu* angelötet, die zur Stromzufuhr und zum Halten dienen. Der längere Draht durchsetzt die Glasröhre zentrisch, wird durch dicht schließende Korke festgehalten und ragt oben noch etwa 1 cm über die Lötstelle hinaus, der kürzere geht satt durch einen auf das verjüngte Ende der Tragröhre unten aufgeschobenen, das weiter unten beschriebene Mantelrohr dicht abschließenden Kork *K*₁. Durch Verschieben dieses Drahtes wird die Spirale so weit auseinandergezogen, daß sich die Windungen nirgends berühren; durch Biegen der Enden der Spirale kann man es leicht erreichen, wenn kein zu dünner Draht gewählt wurde, daß die Glasröhre zentrisch liegt und also von der Spirale nirgends berührt wird. Dieser Heizkörper kommt in ein Mantelrohr von etwa 18–20 mm lichter Weite und 45–50 cm Länge, wobei das über die Lötstelle herausragende Ende des Kupferdrahts von einem in der weiten Röhre leicht verschiebbaren Kork *K*₂ zentrisch gehalten wird. Durch den an das Außenrohr angeblasenen Stutzen *S*₁ tritt das Wasser aus der erhöht aufgestellten Mariotteschen Flasche ein. Das seitliche Röhrenchen an *S*₁ gestattet eine bequeme Einführung eines Kontrollthermometers oder der kalten Lötstelle, falls statt des Thermometers ein Thermoelement benützt wird. Das Wasser steigt also an der Heizspirale von unten nach oben und tritt durch eine enge Durchbohrung des Haltekorks *K*₂ in eine etwa 1 cm hohe Mischkammer. Mißt man die Temperatur hier, so erhält man noch kleine Schwankungen, die zum Verschwinden gebracht werden, wenn man das erwärmte Wasser durch den diese Kammer oben dicht abschließenden Kork *K*₃ hindurch in einer Kugelhöhre nach oben steigen und hier das Thermometer umspielen läßt. Wer die Kugeln vermeiden will, kann sich auch — vgl. Figur — mit eingeschobenen Korkscheiben helfen. Die Länge dieser Röhre ist so zu bemessen, daß sie eben noch unter dem durch den Ausflußstutzen *S*₂ bedingten Wasserniveau endigt. Diese Anordnung verhindert auch Leitungsverluste im oberen Teil des Heizgefäßes. Der Stutzen darf keine Biegung nach unten haben, damit keine Heberwirkung auftritt.

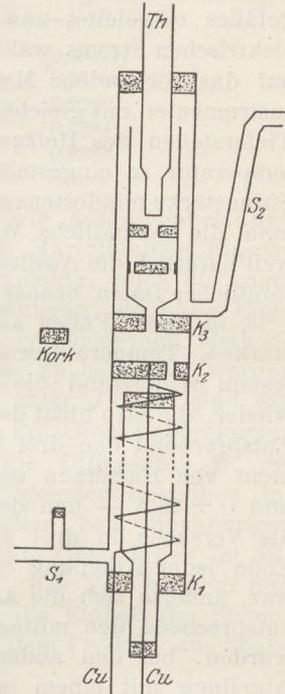


Fig. 1.

Die Mariottesche Flasche ist wesentlich, weil für genaue Versuche weder der Druck noch die Temperatur der Wasserleitung genügend konstant sind. Das Druckrohr muß weit und unten abgeschragt sein. Das Heizgefäß wird am besten an einem in einer Tischklemme steckenden Stativstab befestigt, damit die Druckhöhe durch Heben und Senken dieses Stabs einstellbar ist. Das Druckrohr braucht dann nicht verschoben zu werden, und man kann die Flasche, besonders wenn sie noch ein kurzes Winkelrohr hat — vgl. MÜLLER, Technik S. 107 — oben ein für allemal fest vergießen. Als Stromquelle sind Akkumulatoren am bequemsten, hat man ein Beckmannthermometer, so reichen im Notfall schon 4 Volt; beim Anschluß an die Zentrale ist zum Ausgleich der Schwankungen der Netzspannung Feinregulierung erforderlich, doch braucht der Strom nicht während der ganzen Versuchsdauer unbedingt konstant gehalten zu werden, es genügt, wenn das während der Minute, die der Schlußablesung der Temperatur vorausgeht, der Fall ist.

Die bei Wärmeversuchen oft gebrauchte Vorsicht, die Versuchstemperatur symmetrisch zur Zimmertemperatur zu wählen, ist hier nicht notwendig, weil die Wassertheilchen in ganz kurzer Zeit auf die Endtemperatur gebracht werden und dabei nur mit Wänden in Berührung kommen, deren Temperatur mit der ihrigen übereinstimmt; sie ist nicht einmal erwünscht, denn bei Verwendung hochempfindlicher Thermometer wird die Schlußablesung durch das bei steigender Anfangstemperatur auftretende Kriechen erschwert. Man füllt daher die möglichst große Mariottesche Flasche am besten schon am Tage vor dem Versuch, damit das Wasser von selbst Zimmertemperatur annimmt. Beim Versuch wird der Wasserstrom durch Senken des Heizgefäßes eingeleitet und zunächst die Anfangstemperatur bestimmt. Die Stärke des elektrischen Stroms wählt man bei einem einmaligen Versuch so, wie sie im Hinblick auf das vorhandene Meßinstrument am genauesten abgelesen werden kann, also bei Instrumenten mit gleichem Strichabstand gegen das Ende der Skale; durch Höher- oder Tieferstellen des Heizgefäßes wird dann die Wasserstromstärke und damit die Endtemperatur so eingestellt, daß die Genauigkeit der Temperaturbestimmung der der Stromstärke mindestens gleichkommt. Bis die Endtemperatur völlig gesichert ist, bestimmt man die sekundliche Wassermenge; es darf damit nicht zu früh begonnen werden, weil natürlich die Ausflußgeschwindigkeit von der Temperatur abhängt. Die Gewinnung sämtlicher Daten beansprucht höchstens 5 Minuten, dabei wird der Fehler kleiner als 1%, in vielen Fällen sogar kleiner als $\frac{1}{2}\%$ sein. Um zu zeigen, bei welchen Stromstärken, Temperaturerhöhungen und Ausflußmengen man mit einem Heizgefäß mit festem Widerstand die besten Werte erhält, geben wir eine längere Versuchsreihe wieder, die also nicht den Zweck hatte, den Wärmewert möglichst genau zu bestimmen. Entsprechend den drei Meßbereichen des verwendeten Strommessers — Normalinstrument von Hartmann und Braun, Type W mit den Meßbereichen $0 \div 3$ A, $0 \div 7,5$ A, und $0 \div 15$ A — und dem Fassungsvermögen unserer Mariotteschen Flasche, verliefen die Versuche in drei Abteilungen. Die Anfangstemperatur wurde am Anfang und Ende jeder Abteilung bestimmt; da das Wasser am Vortage bereit gestellt worden war, änderte sich die Anfangstemperatur nur bei der ersten Abteilung um $0,04^\circ$, die entsprechend den mitbeobachteten Ablesungszeiten auf die vier Einzelversuche verteilt wurden, bei den anderen Abteilungen blieb sie konstant; sie wurde bei der ersten Abteilung mit einem in $\frac{1}{100}^\circ$ geteilten Beckmannthermometer, bei der zweiten und dritten mit einem $\frac{1}{10}^\circ$ -Normalthermometer abgelesen. T ist die Temperaturerhöhung, m die Ausflußmenge in 2 Minuten. Bis 7 A wurde der Strom einer 24-Volt-Batterie, von 7,5 A an der städtischen Gleichstromzentrale (110 Volt) entnommen. Der Bequemlichkeit halber wurde die Spannung nicht bestimmt, sondern der Wärmewert a mittels des 2,634 Ohm betragenden Widerstandes des Heizdrahtes berechnet.

J	T°	m	a	J berechnet	Korrektion	
					berechnet	beobachtet
1,5 A	0,432	391,5 g	0,238	1,50	0,04	0,04
2,0 "	0,746	391,5 "	0,237	1,99	0,07	0,08
2,5 "	1,177	391,0 "	0,234	2,47	0,05	0,08
3,0 "	1,720	391,5 "	0,237	2,98	0,08	0,10
4,0 A	3,70	325,5 g	0,238	3,99	0,09	0,10
5,0 "	5,60	332,5 "	0,236	4,96	0,09	0,13
6,0 "	8,15	338,0 "	0,241	6,03	0,23	0,17
7,0 "	10,80	342,0 "	0,238	6,99	0,17	0,18
7,5 A	9,9	431,0 g	0,240	7,51	0,21	0,20
10,0 "	16,9	448,0 "	0,239	10,01	0,20	0,20
12,5 "	25,4	462,0 "	0,238	12,47	—	—
15,0 "	35,5	478,0 "	0,238	14,98	—	—

Die Einstellungen des Thermometers waren bis etwa 10° Erhöhung völlig konstant, von da an traten kurzdauernde Schwankungen auf, die bei 35° bis auf $0,2^{\circ}$ anwuchsen. Sie hängen offenbar damit zusammen, daß bei größeren Temperatursteigerungen aufsteigende Luftblasen die Druckhöhe ändern. Man wird also im allgemeinen nicht über 20° Steigerung hinausgehen, auch scheint es, als ob Heizspiralen mit größeren Widerständen genauere Ergebnisse lieferten, falls entsprechende Spannungen zur Verfügung stehen; so erhielten wir mit 12,56 Ohm Widerstand bei

J	T°	m	a
1,8 A	4,21	4,02 g' sec.	0,238(1)
5 "	14,65	5,12 "	0,2380
5 "	14,72	5,08 "	0,2382
5 "	14,80	5,06 "	0,2384
5 "	14,78	5,06 "	0,2383

Bei dieser Methode sind also zufällige Fehler so gut wie ausgeschaltet, und wenn größere Abweichungen vorkommen, so liegt das an der Mariotteschen Flasche oder an den Meßinstrumenten. Die gewöhnlichen Schulinstrumente, auch die sogenannten Präzisionsinstrumente, sollten bei quantitativen Messungen nie ohne Eichkurve verwendet werden. Im Notfall kann man mit der beschriebenen Methode sogar eine ausreichende Korrekturstabelle gewinnen. Um das zu beweisen, wurden der Tabelle die drei letzten Spalten beigefügt. Die Werte unter J (ber.) sind mit $a = 0,239$ gefunden; sie wurden mit den Angaben eines Präzisionsampèremeters nach HAHN von Gans & Goldschmidt verglichen und die Differenzen in die Spalte „ber.“ eingetragen; die letzte Spalte enthält die Differenzen desselben Instruments gegen unser Normalinstrument. Da die Stromstärken bzw. Spannungen aus Wurzelausdrücken erhalten werden, ist die dabei erreichte Genauigkeit im allgemeinen recht groß. Die Methode ermöglicht es also auch, das Volt bequem und sehr präzis an das absolute Maßsystem anzuschliessen, wenn die Einheit der Stromstärke festgelegt und gezeigt ist, daß die elektrische Energie dem Produkt aus Spannung und Stromstärke proportional ist.

Es war naheliegend, nach dem Vorgang von GRIMSEIL den Heizdraht durch eine Glühlampe zu ersetzen. Am günstigsten wäre nach dem Vorhergehenden eine hochkerzige Kohlenfadenlampe mit großem Wattverbrauch gewesen, da aber kein passendes Gefäß vorhanden war, nahmen wir eine 100-kerzige Bosch-Scheinwerferlampe (ca. 60 Watt), die sich, mit schwarzem Stoff umhüllt, bequem in einem zylindrischen Trinkglas unterbringen ließ. Sämtliche Zuführungen gingen durch den das Gefäß oben dicht abschließenden Kork, die Wasserzulußröhre endigte am Boden, die Abflußröhre am Kork. Bei dieser Versuchsreihe wurde die Spannung von 4–9 Volt, die zugeführte Energie von 23 auf 59 Watt gesteigert. Die Werte für a stimmten weniger gut überein und waren bis zu 5% zu klein. Die zu kleinen Werte rühren zweifellos davon her, daß der Lampensockel nicht ganz in das Wasser tauchte, so daß die Wärmewirkung in den Einschmelzdrähten, deren unbekannter Widerstand gegenüber dem des Glühdrahts (ca. 1 Ohm) nicht vernachlässigt werden darf, verloren ging. Da zudem die endgültige Einstellung des Thermometers beinahe die doppelte Zeit erforderte wie bei Verwendung eines Heizdrahts, ist die Glühlampe zur Bestimmung von a nicht zu empfehlen. Anders verhält es sich, wenn man das Verhältnis der Lichtenergie zur aufgewendeten Energie messen will. Hier hebt sich dieser Fehler heraus, da sich die Lichtenergie — eigentlich Strahlungsenergie, soweit sie nicht von klarem Wasser und vom Glas absorbiert wird — aus der Differenz der Wärmewirkung der geschwärzten und der klaren Lampe ergibt, wobei man natürlich solche Werte aus den beiden Versuchsreihen zusammennimmt, bei denen die Lampe gleich

stark belastet ist. Bei unserer Lampe stieg innerhalb der angegebenen Belastungsgrenzen die Lichtausbeute von 8% auf 28%.

Hier zeigt sich der Vorzug unserer Methode vor der kalorimetrischen besonders deutlich, weil bei dieser ganze Versuchsreihen viel zu viel Zeit beanspruchen, und man nur aus solchen einen klaren Eindruck von der Abhängigkeit der Lichtausbeute von der Belastung erhält. Sie liefert Ergebnisse, wie sie sich sonst nur mit Bolometer oder Vakuumthermosäule gewinnen lassen, also mit Mitteln, die den wenigsten Schulen zur Verfügung stehen und ist dabei so durchsichtig, daß sie sich auch für Schülerübungen eignet. Läßt man bei diesen die Lampe auch noch bei den gleichen Belastungen photometrieren, so wird besonders deutlich, daß Lichtenergie und Helligkeit durchaus nicht parallel gehen.

Korrektionslose Schulmagnetometrie.

Von H. Hermann in Tübingen.

Wie FR. C. G. MÜLLER in dieser Zeitschr. (22, 75) gezeigt hat, muß man beim Nachweis des Coulombschen Gesetzes, wenn die Fehler unter 1% bleiben sollen (mehr ist schon wegen der täglich bis $\frac{1}{2}$ % auf und ab betragenden Intensitätsschwankungen des Erdmagnetismus für Unterrichtszwecke nicht anzustreben) als Mindestabstand das Dreifache der Länge der Polregion eines Fadenmagneten wählen. Unter dieser Bedingung ein Paar gleicher Pole ohne Rücksicht auf die abliegenden weiteren Pole zu meßbarer Wirkung zu bringen, schien bisher unmöglich. Im folgenden soll gezeigt werden, wie man vorgehen kann, wenn man aus Zeitmangel jeder Rücksicht auf andere als die beiden aufeinander wirkenden Pole enthoben sein will.

1. Günstige Polregionsgestaltung. Das Verhältnis v der Kraftflußbrechungsfläche (Austrittsfläche der magnetischen Kraftlinien aus dem Stahl in die Luft) zum Stahlquerschnitt ist bei den äußerst gestreckten MÜLLERschen Magneten trotz ihrer verschiedenen Gestalt eine leidlich feste Zahl: Ein Fadenmagnet aus 2 mm starkem Draht hat 500—600 qmm Brechungsfläche, also $v = 160—190$; ein langer Stabmagnet (1,5 m Länge, 70 qmm Querschnitt) hat 14100 qmm Brechungsfläche, also $v = 200$. Man darf somit vermuten, daß man mit bandförmigen Magneten kürzere, für die Polmagnetometrie günstigere Polregionen erhalten werde als mit den bisher verwandten Formen.

2. Die Polstärke. Die Polstärke eines Fadenmagneten beträgt, wie man aus KOHLRAUSCH, *Praktische Physik, Abschnitt 72c*, leicht entwickeln kann, etwa 10 cg für jedes Quadratmillimeter Querschnitt; die von MÜLLER a. a. O. S. 73 gemachten Angaben stimmen hiermit überein.

Ich versuchte zunächst bandförmige Elektromagnete, wie in dieser Zeitschr. (35, 84) zu anderem Zweck von MÜLLER vorgeschlagen. Bei solchen würde (nach Tafel 34 bei KOHLRAUSCH, Spalte B_0) doppelt soviel Polstärke erreicht werden können, als mit Stahlmagneten. Aber das versuchte Material (Abfall) ließ sich in der a. a. O. beschriebenen Weise nicht durchlaufend magnetisieren, sondern bildete (auf einem Meter Länge) eine größere Anzahl Folgepole aus. Eine starke Bewicklung, wie bei den kurzen Spulen zum Stahlmagnetisieren, würde dem vielleicht abhelfen, ist aber ihres Gewichts wegen nicht zu verwenden.

Ich kehrte daher zu Stahl zurück und verfertigte aus zwei zersprungenen Uhrfedern, 1 cm breit, $\frac{1}{2}$ mm dick, welche über eine Tischkante gezogen, dadurch ziemlich gerade gerichtet, mit den gelochten Enden zusammengenietet und am anderen Ende, wo die eine einen weichen Rest besaß, von diesem durch nasses Dünnschleifen und Abbrechen getrennt wurden, einen „magnetischen Bandwurm“ von $2\frac{1}{2}$ m Länge. Er ließ sich durch Durchziehen durch eine stromdurchflossene Spule gleichmäßig magneti-

sieren. Die Polstärke, gemessen an der mit Korrekptionsrechnung geeichten Ruosschen Polwage, betrug 21 cg, war also niedrig; das Material kommt dem harten MÜLLERschen Draht und Walzgußstahl magnetisch nicht gleich. Die Gestalt der Brechungsfläche aber war sehr günstig; die Polregion oval und nur 2 cm lang.

Es fragte sich, ob der Vorteil der Kürze der Polfläche etwa durch ihre Breite wieder aufgehoben werde. Zur Abschätzung diene die Berechnung der von einem gleichförmig magnetisierten Kreis auf seinem Mittellot erregten Feldstärke. Ist die radiale Koordinate in der Kreisebene x , die Abstandskoordinate auf dem Mittellot r , so ist für einen Kreishalbmesser a und eine magnetische Flächendichte vom Betrag 1

$$\text{diese Feldstärke } H_2 = \int_0^a \frac{2\pi x dx \cdot r}{(r^2 + x^2)^{3/2}} = 2\pi \left(1 - \frac{r}{\sqrt{r^2 + a^2}} \right).$$

Die Polstärke des Kreises wäre dabei $a^2\pi$, die von dieser bei Punktform erregte Feldstärke wäre $H_1 = a^2\pi : r^2 = \pi : n^2$, wenn (wie bei MÜLLER a. a. O.) $r = na$ gesetzt wird. Somit ist $H_2 : H_1 = 2n^2 \left(1 - \frac{n}{\sqrt{1 + n^2}} \right)$. Dies ergibt

n	2	4	6	8
$H_2 : H_1$ für den Kreispol	0,84	0,95	0,98	0,99
$H : H_1$ bei MÜLLER für gerade Polstrecke	0,89	0,97	0,99	0,99

Man darf schließen, daß $n = 8$ bei kreisförmiger Polfläche denselben Dienst leisten wird, wie $n = 6$ bei geradlinigem Pol; für den ovalen Uhrfederpol dürfte somit $n = 7$ genügen.

Die korrektionslose absolute Bestimmung der Uhrfederpolstärke ist in folgender Weise möglich.

3. Die elastische Polwage. Wird den Uhrfedern ein Rest ihrer ursprünglichen Krümmung gelassen und die Mitte mit der hohlen Seite gegen die Innenfläche eines Pfostens (ich verwende dazu das Weinholdsche Rahmengestell von 1 qm Größe) gepreßt, hierauf die obere Hälfte, ihrer Krümmung entgegen, in den Rahmen hereingebracht, allenfalls noch ein wenig zwischen den Fingern geformt, so nimmt sie die Gestalt des Meridians einer liegenden Kochflasche an. Das freie Ende, vor einer senkrechten Teilung spielend, bildet eine empfindliche Federwage; es sinkt bei Belastung mit 1 dg um bis zu 3 cm. Die Mitte ist jedoch dabei überlastet, so daß das Ende dauernd sinkt. Man mußte daher zwischen jede Ablesung eine neue Nullpunktbestimmung einschalten. Zog man das untere Ende der Feder ebenfalls herein und brachte es senkrecht unter das freischwebende obere, so konnte die Anziehung der beiden ungleichnamigen Pole aus der Senkung des oberen berechnet werden. Als Dämpfung der Schwingungen der Feder eignet sich Reibung an einem senkrechten Glaszylinder, der abgerückt wird, wenn Beruhigung eingetreten ist. Ein Versuch mit 10 cm Abstand ergab für die Polstärke 21 cg, übereinstimmend mit der Polwagemessung.

Die Senkung ist hierbei so klein, daß sie an den Plätzen der Schüler nicht erkennbar ist. Ich versuchte daher, sie durch Gaußsche Multiplikation besser sichtbar zu machen. Die Länge der Feder erlaubte nur Einwirkung von unten. Die Theorie dieses Verfahrens erhält man aus der für zweiseitige Einwirkung von Wulf gegebenen Entwicklung (*ds. Ztschr.* 35, 154), wenn man setzt: an Stelle von $\mathcal{G}_0 \dots$ Null, an Stelle von $2\mathcal{G}_0, 6\mathcal{G}_0, 10\mathcal{G}_0 \dots$ $2\mathcal{G}_0, 4\mathcal{G}_0, 6\mathcal{G}_0$; jede folgende Schwingung ist um $2\mathcal{G}_0$ größer als die vorhergehende. Gleichung (1) erhält die Gestalt $(\mathcal{G}_n + \mathcal{G}_0) : \mathcal{G}_{n+1} = k$; Gleichung (2) wird $\mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_0 : (k - 1) = \mathcal{G}_0 N'$; $N' = 1 : (k - 1)$.

Übrigens gelten diese elementaren Betrachtungen nur für sehr kleine Schwingungswerten; denn sie setzen quasi-elastische Schwingungen voraus, die betrachteten aber sind in Wahrheit asymmetrisch. Das Wulfsche Ergebnis zeigt jedoch, daß dort der Asymmetrieeinfluß unter 1% bleibt.

Im Falle des Uhrfedermagneten nahm die Schwingungsweite nach 14 Schwingungen auf die Hälfte ab, woraus $k = \sqrt[14]{\frac{1}{2}} = 1,0283$ und $N' = 36$ folgt. Ein Versuchspaar mit „Aufschaukeln“ ergab, alle Längen in Zentimeter angegeben, die Ausschläge als Kraftmaß P benutzt:

Ausschlag bis	Mittlere Ruhelage bei	P	Polabstand r vom vorderen Pol	Pr^2
1,5	0,1	1,4	10	140
0,8	0,2	0,6	15	135

Die letzte Kolonne bildet eine Bestätigung des Coulombschen Gesetzes. Die Umrechnung von P auf absolutes Maß durch Division mit N' und Multiplikation mit der Empfindlichkeit von 131 Dynen/cm Ausschlag ergab für die Polstärke den Wert $\mu = 22$ eg.

Ich verwandte dieses Verfahren jedoch nur, solange ich die oben genannte Beruhigungsweise der Federschwingungen noch nicht gefunden hatte. Mit ihrer Hilfe wurde es möglich, die den Vorkenntnissen des Schülers besser entsprechende optische Vergrößerung der Ausschläge zu benutzen.

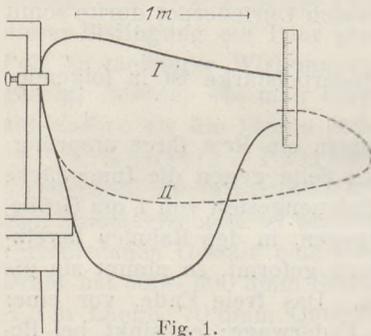
Inzwischen war es mir auch gelungen, besseres Material zu erhalten. Es wurde von dem Kaltwalzwerk Eberle & Cie., Augsburg-Pfersee, entgegenkommend ohne Berechnung geliefert. Für die Vermittlung bemühte sich in freundschaftlicher Weise die

Fachschule für Feinmechanik in Schweningen. Aus dem Verhalten kleiner Proben ergab sich, daß Rohstahl zu weich, federharter und glasharter Stahl fast gleich stark magnetisierbar waren; letzterer etwas stärker und nach dem Magnetisieren magnetisch sehr beständig; aber er ist nach Angabe des Fabrikanten nicht sicher unzerbrochen versendbar. Ich blieb daher bei federhartem, noch nicht poliertem Stahl, wovon mir 4 m von 1 cm Breite und $\frac{1}{2}$ mm Stärke zur Verfügung gestellt wurden. Mit dieser reichlichen Länge ließ sich bequemer arbeiten als mit $2\frac{1}{2}$ m. Der Stahl wurde durch Ziehen über eine Tischkante und mit den Fingern geformt, wie früher magnetisiert

und an den einen Pfosten des Weinholdgestelles geklemmt (Figur). Seine Polstärke war größer als die der Uhrfeder und entsprach dem nach den Angaben bei KOHLRAUSCH zu erwartenden Betrag. Denn bei 10 cm Abstand des ablenkenden Pols von der Ruhelage des freischwebenden und einer Empfindlichkeit von 132 Dynen für 1 cm Hebung oder Senkung [gemessen im 10fach vergrößerten Projektionsbild¹⁾ als 1 dm] ergab sich der Unterschied der Einstellungen, je nachdem der ablenkende Pol von oben oder von unten wirkte, zu 0,44 cm; folglich der Abstand von Pol zu Pol $r = 9,89$ cm; die Anziehung $P = 14,5$ Dynen; somit die Polstärke $r\sqrt{P} = \mu = 37,6$ eg. Eine unmittelbar angeschlossene Messung der Erdfeldstärke im Freien nach dem weiter unten beschriebenen Verfahren (31° Ablenkung in der Mitte eines Polzwischenraumes von 50 cm) ergab den genauen hiesigen Wert 0,20 Gauß für H.

Für den mit dem Coulombschen Gesetz bereits Vertrauten ist somit die Magnetometrie mit der elastischen Polwage brauchbar. Im allgemeinen wird aber zuerst die Gültigkeit dieses Gesetzes zu erweisen sein. Da es nachher durch Kreuzung mit dem Erdfeld schärfer bestätigt wird, genügt für diesen Erweis ein Versuchspaar mit zwei Entfernungen. Hierfür schien jedoch größere Empfindlichkeit der Wage erwünscht,

¹⁾ In Ermangelung einer eisenfreien Laterne genügte für diese Projektion eine gasgefüllte 75-Watt-Lampe ohne Kondensator und eine größere Blende um das lichtstarke Objektiv. Als Zeiger am Ende der Feder wurde eine feine Spitze angeklebt.



da man kleinere Entfernungen nach Abs. 2 nicht verwenden kann, bei größeren aber bei der beschriebenen Wage die Unsicherheit der Kraftmessung auf mehrere Prozent ansteigt.

Das Stahlband wurde daher an der Außenfläche des Weinholdschen Gestellpfostens angeklemt und der freie Teil länger gemacht. Hierbei muß freies Ende und Klemmstelle in gleicher Höhe bleiben, damit die Bewegungen der Spitze senkrecht erfolgen. Hierzu ist starkes Biegen in verkehrtem Sinne nötig, was zwischen den Fingern gemacht werden kann. Die größte erreichbare Ausladung (wagrechter Abstand der Spitze von der Klemmstelle) war 1,4 m; hierbei treten bereits elastische Nachwirkungen des Biegens auf, welche jedoch allmählich abklingen; im $12\frac{1}{4}$ fach vergrößerten Bilde hob sich die Spitze anfangs (einer Senkung in der Wirklichkeit entsprechend) um 4 Bild-mm/Min.; nach einer halben Stunde noch um 0,4 mm/Min. Die Empfindlichkeit betrug im Bilde 4,22 Dynen/cm, also in Wahrheit 51,7 Dynen/cm. Die Versuchspaare aus 10 und 15 cm Abstand des ablenkenden Pols von der Ruhelage des freien oben und unten ergaben $P r^2$ im ersten Fall gleich 1608, im zweiten gleich 1670.

4. Das magnetische Stahlband als geeichter Felderreger. Werden die Enden des Bandes an kräftige unmagnetische Quader, z. B. Holzklötze, befestigt, so hat man mitten zwischen den Polen einen Bereich fast homogener, im absoluten Maß bekannter Feldstärke vom Betrag $8\mu : d^2$, wo d den Polabstand bedeutet. Man hängt dabei das Band über einen Kartenständer oder an die Decke.

Dieses Feld ist zu einer außerordentlich ausgedehnten Prüfung des Coulombschen Gesetzes durch Kreuzung mit dem Erdfeld geeignet. Infolge seiner größeren Gleichförmigkeit im Vergleich mit den bisher (RUOSS, FR. C. G. MÜLLER) hierfür empfohlenen einpoligen Feldern läßt es bei der Feststellung der resultierenden Richtung größere Nadeln und daher leicht zu handhabende Instrumente zu. Man hat daher keine Schwierigkeit, die Messung ins Freie zu verlegen, um ein ungestörtes Erdfeld zur Verfügung zu haben. Ich verwende hierzu die schöne Bussole von Meiser & Mertig (Liste Nr. 10561) mit langem Schneidenzeiger über Spiegelglas (parallaxenfrei) und ein mit Koordinatenpapier beklebtes Reißbrett, auf welchem der Grundriß der Bussole vorgezeichnet ist. Im Mittel einer solchen Meßreihe kann man noch die dritte Ziffer von H erhalten. Natürlich ist in diesem Fall, wenn die Messung wirklich so genau sein soll, auch eine größere Zahl von Eichwägungen in dem hierfür günstigsten Polabstand von etwa 15 cm vorzunehmen. Unter Verwendung einer Feldmesserbussole mit Halbgradteilung kann man noch $d = 60$ bis etwa 90 cm, mit einer Spiegelbussole oder Müllerschen Lichtzeigernadel¹⁾, am Faden oder schwimmend, $d = 1-2$ m benutzen.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten des geeichten Feldes in der Mitte des Polzwischenraumes sind: Astasierung oder auch erhöhte Stabilisierung einfacher Nadelgalvanometer in vorberechnetem Maß (auch als Übungsaufgaben geeignet); relative Eichung eines solchen Instrumentes nach dem Verfahren der Feldzufügung (NOACK, *Leitfaden für physikalische Schülerübungen, Aufg. 151*; auch in der Meiser & Mertigschen Broschüre zum galvanischen Experimentierkasten). Das Benützen von Magneten ist hier zwar bequemer, aber die Konzentration der Aufmerksamkeit auf den stets wiederkehrenden Feldtypus, der später zur Betrachtung des magnetischen Kreises führt, bedeutet einen Gewinn für zielbewußten Unterricht an Anfänger.

¹⁾ Diese Zeitschr. 31, 185 (1918).

Über Versuche mit Wechselstrom.

Von S. Janß in Uetersen (Holstein).

1. Versuche mit dem Klingeltransformator. Der Klingeltransformator ist ein kleiner Manteltransformator (Bleche etwa 8 und 7 cm lang) zum Anschluß an das städtische Netz von 220 oder 110 Volt; die Sekundärwicklung ist angezapft, so daß man 3 oder 5 oder 8 Volt entnehmen kann, bei einer maximalen Stromstärke von 1 Ampère. Technisch wird er benutzt zum Betrieb von Hausklingeln durch Netzstrom und für Kleinbeleuchtung, maximale Belastung etwa 2×3 Taschenlampenbirnen gleichzeitig bei 8 Volt; einige Klingeln sollen allerdings schlecht ansprechen, vermutlich wegen ungünstigen Verhältnisses zwischen Wechselzahl und Frequenz der Klingelfeder. — Meist muß für die Benutzung eines Klingeltransformators eine jährliche Pauschalsumme bezahlt werden, da der Energieverbrauch durch innere Verluste im Jahr immerhin merklich ist, der Zähler aber durch diese nicht anspricht, wohl aber durch den vermehrten Energieverbrauch bei sekundärer Belastung.

An der Primärseite läßt sich die Spannung durch ein Elektroskop mittlerer Empfindlichkeit nachweisen, nicht an der Sekundärseite. Eine niedrigvoltige Glühlampe leuchtet im Sekundärkreis, nicht im Primärkreis. Dadurch sind Strom und Spannung in beiden Wicklungen qualitativ verfolgt. — Falls kein hinreichend empfindliches Wechselstrominstrument vorhanden ist, kann man den Primärstrom qualitativ mit einer Glimmlampe nachweisen; diese leuchtet heller, wenn der Sekundärstrom geschlossen ist, ein Hinweis auf die Energievorgänge im Transformator. Der Sekundärstrom bleibt in diesem Falle allerdings nur schwach, weil an der Primärwicklung nur die Spannungsdifferenz zwischen Netzspannung und Zünd- oder Betriebsspannung der Glimmlampe liegt. — Man bestimmt den Ohmschen Widerstand der Primärrolle durch Gleichstrommessung, hinreichend genau nach $w = e : i$. Legt man dann die Wechselspannung von 220 Volt an die Wicklung, so ist der Strom erheblich schwächer als der nach dem Ohmschen Gesetz berechnete. Dadurch ist der Einfluß der Selbstinduktion gezeigt und erkannt, daß ihr Wechselstromwiderstand erheblich größer ist als der Ohmsche. — Schaltet man in den Primärkreis noch eine Glühbirne von etwa 100 Kerzen, so nimmt aus gleichem Grunde sekundär die Stromstärke nur wenig ab. Hierdurch demonstriert man den relativ geringen Einfluß des Widerstandes der Fernleitung von Überlandzentralen. Der Vorgang ist einem Gleichstromkreis vergleichbar, in dem ein großer (hier Selbstinduktion) und ein kleiner Widerstand (Fernleitung) hintereinandergeschaltet sind. Wird der kleine Widerstand geändert, so hat das auf den Strom wenig Einfluß. Falls man über hinreichend genaue Wechselstrominstrumente verfügt, dürfte unbeschadet einer mehr theoretischen Rechnung folgende Demonstration klärend wirken: Der primäre Wechselstrom i wird gemessen und daraus der äquivalente Widerstand $w = e : i$ berechnet; gegen diesen ist der Widerstand einer hundertkerzigen Metallfadenlampe gering und darum auch ihr Einfluß auf den Strom.

Will man zu Versuchen über Selbstinduktion die Netzspannung von im allgemeinen 220 Volt benutzen, so sind sehr große Spulen erforderlich. Verwendet man aber die Sekundärspannung eines Klingeltransformators, dann reichen die kleinsten Apparate aus. Der im folgenden benutzte Elektromagnet hat 4 Lagen von je 25 Windungen eines 2 mm dicken Drahtes auf einer Spulenlänge von 5,5 cm. Die benutzten Rollen für die Grundversuche über Induktion haben entsprechend 8,5 cm Länge, 2 oder 3 Lagen je 75 oder 100 Windungen von 1 mm oder 0,5 mm dicken Draht. — Man schaltet die Primär-Induktionsrolle mit einem Ampèremeter in den Sekundärkreis für 3 Volt. Dann ersetzt man sie durch einen Ohmschen Widerstand gleicher Größe; der Strom ist stärker. Dadurch wird der Wechselstromwiderstand der Selbstinduktion demonstriert. — Der durch Ampèremeter oder Glühbirne für Taschenlampen gemessene Strom nimmt ab, wenn man in die Rolle den Eisenkern schiebt. Eine Birne, die der

Spule parallel liegt, leuchtet ohne Eisenkern kaum, mit Kern deutlich. Also erhöht der Eisenkern den Wechselstromwiderstand, da der Strom abnimmt, die Spannung an den Enden dagegen zunimmt¹⁾. — Statt der Induktionsrolle schaltet man den Elektromagneten mit einem Strominstrument in den Kreis. Der Strom nimmt bedeutend ab, wenn man den Eisenkreis durch einen Anker schließt. Der geschlossene Eisenkreis erhöht demnach die Selbstinduktion. Auch das Nähern des Ankers hat schon Einfluß. (Ein Hinweis auf die Tatsache, daß ein an beide Pole eines Hufeisenmagnets gelegter Anker über das Doppelte der Tragkraft jedes einzelnen Pols belastet werden darf, dürfte sich empfehlen.) — In den Stromkreis von 8 Volt Spannung schaltet man nur die Wicklung eines Schenkels des Elektromagneten als Primärwicklung eines Transformators. An den zweiten Schenkel als Sekundärwicklung legt man eine Taschenlampenbirne; bei offenem Eisenkreis leuchtet sie schwach, bei geschlossenem stärker. Der „belastete“ Sekundärkreis bedingt Stromzunahme im Primärkreis gegenüber dem „unbelasteten“. Für diese Versuche ist eine Glühbirne wegen ihres hohen Widerstandes als Meßinstrument kaum geeignet. Interessant ist auch zu verfolgen, daß bei Belastung dieses 2. Transformators der Strom in der Zuleitung zum Klingeltransformator wächst. Will man sekundär höhere Spannungen entnehmen, so kann man über den Schenkel leicht eine zweite Wicklung schieben. — Wenn man über hinreichend große Kapazitäten verfügt, dürften auch damit Versuche möglich sein. Der von TRAUTMANN²⁾ angegebene Nachweis des Stroms im Kreis mit Leidener Flaschen gelingt auch mit 8 Volt des Klingeltransformators in Einzelbeobachtung. Beim Zuschalten neuer Flaschen ergibt sich Tonverstärkung.

Der Sekundärstrom des Klingeltransformators ist ferner geeignet für Galvanometerbeleuchtung mit Taschenlampenbirnen oder kleinen Birnen mit geradem Faden (3 Volt), für kleine Induktorien mit Hammerunterbrecher zum Anregen von Spektralröhren, in Verbindung mit einer winzigen Grätzschen Zelle für Galvanoplastik. Auch kann man eine schwingende Feder durch einen Elektromagneten mittels des Sekundärstroms anregen, um Kapazitäten zu messen³⁾ und stehende Wellen an gespannten Fäden zu erzeugen⁴⁾. Gibt man dem Elektromagneten eine zweite Wicklung für Gleichstrom oder betreibt man ihn mit Strom durch eine größere Grätzsche Zelle, so wird $n = 50$. — Mit einer Schreibspitze am Ende (stumpfe, gebogene Spitze anfeilen und um 90° verdrehen) wird diese Feder auch für Fallkurven nach FR. C. G. MÜLLER brauchbar. Namentlich bei 50 Schwingungen hat man den Vorteil, daß schon die erste Schwingung deutlich wird, wenn auch die Phase beim Beginn der Bewegung unentschieden bleibt. Sie läßt sich aber durch sinngemäße Anwendung der Verfahren von MÜLLER⁵⁾ und HAHN⁶⁾ ermitteln. Da die Bewegung beim Nähern und Entfernen in bezug auf den Elektromagneten mit verschiedener Geschwindigkeit erfolgt, muß man gleiche Phasen der Kurve zum Messen verwenden⁷⁾.

2. Nebenschluß zum Netzstrom. Die einfachen Versuche über Selbstinduktion und Transformator mittels Induktionsrollen und Elektromagneten lassen sich auch im Nebenschluß zur Lichtleitung ausführen. Als Hauptwiderstand benutze ich einen Glühlampenwiderstand, der etwa 1,5 Ampère liefert; abgezweigt wird an einem kleinen Schieberwiderstand; er ist vorteilhaft möglichst klein, damit der Nebenschluß-

¹⁾ Müller-Pouillet, 10. Aufl. IV. 866.

²⁾ Diese Zeitschr. 36, 176; 1923. Der dort unter 1b angegebene Versuch gelingt vor einem mäßig dunklen Hintergrunde auch mit einfachen Metallfadenlampen bis mindestens 100 Kerzen, wenn auch nicht so deutlich, methodisch aber infolge einer wiederholenden Beobachtung im Haus erwünscht.

³⁾ Hochheim, Diese Zeitschr. 35, 201; 1922.

⁴⁾ Gründler, Diese Zeitschr. 27, 36; 1914.

⁵⁾ Diese Zeitschr. 35, 224; 1922.

⁶⁾ Diese Zeitschr. 35, 257; 1922.

⁷⁾ Es erscheint möglich, daß die von Volkmann (diese Zeitschr. 36, 133; 1923) erwähnten Lichttransformatoren sich noch besser eignen als ein Klingeltransformator.

strom möglichst unabhängig vom Hauptstrom bleibt. Die Versuche sind bei der angegebenen Stromstärke nicht ganz so deutlich wie beim Klingeltransformator, aber merklich genug. — Diese Anordnung ist im Energieverbrauch allerdings erheblich unwirtschaftlicher als die mit dem Klingeltransformator.

3. Anziehung nach Johnsen-Rahbek. Man verbindet den Phasenleiter des Netzes mit einer blanken Metallfläche, stellt sich selbst auf trockenes Holz und reibt mit sehr trockenem Finger auf der Metallfläche hin und her. Man hört je nach den Bedingungen leise oder deutlich ein Summen in der Höhe für $n=100$. Auch kann man über einem angefeuchteten Finger einen Lederhandschuh¹⁾ ziehen und dann mit einem Finger über der Platte hinfahren. — Man kann an folgende Erscheinung aus der Elektrostatik erinnern. Ist der Faden eines Holundermarkpendels ein Isolator, so wird es von einem elektrischen Körper bis zum Augenblick der Berührung angezogen, dann aber abgestoßen. Hängt es dagegen an einem Halbleiter, so wird es dauernd angezogen, weil der Halbleiter die Elektrizität schnell genug abgibt, so daß keine Abstoßung eintritt.

4. Induktorbetrieb mit Wechselstrom ohne Unterbrecher. Bei unterbrochenem Gleichstrom erhält man an der Sekundärspule erhebliche Funkenlänge; beim Parallelschalten von Leidener Flaschen sinkt sie ganz beträchtlich. Dadurch wird hohe Spannung, aber geringe Elektrizitätsmenge angezeigt, bedingt durch die steile Stromänderung bei der Unterbrechung (hohe Spannung) in der kurzen Zeit des Unterbrechens (geringe Menge). Schickt man durch die Primärspule Wechselstrom ohne Unterbrecher, dann erhält man ohne Flaschen relativ kleine Funken, die aber durch Flaschen bei weitem nicht in gleichem Maße wie oben kleiner werden. Die Spannung bleibt geringer, weil die Stromänderungen geringer sind als bei eingeschaltetem Unterbrecher; die Menge nimmt aber zu, weil während der relativ langen Zeit von einem Scheitelwert zum nächsten in gleichem Sinn indiziert wird. — Wegen dieser Verhältnisse ist ohne Flaschen die Anregung von Spektralröhren bei schwachem primären Wechselstrom bequem, mit Flaschen bei mäßig starkem Strom desgleichen die Versuche über elektrische Schwingungen (einfache Anordnung nach FEDDERSEN ohne Spiegelarme, weil die Zahl der Funken so groß ist, daß man zu jeder Zeit im Spiegel Funkenbilder sieht; gekoppelte Schwingungen, diese Zeitschr. 35, 82; 1922; Versuche nach LODGE, TESLA, SEIBT; drahtlose Telegraphie; für Drahtwellen ist scheinbar die Funkenzahl zu groß) und die Versuche über Spektralanalyse der Metaldämpfe im elektrischen Funken (geringe Selbstinduktion im Flaschenkreis ist erwünscht). Magnesiumband verbrennt allerdings bei etwas anhaltendem Betrieb sehr bald. — STARKE²⁾ benutzt die Flaschenfunken auch für stroboskopische Beobachtung (der Phasenverschiebung). Das setzt voraus, daß während der Änderung des Primärstroms von einem Scheitelwert zum andern immer nur je ein Funke in ziemlich regelmäßigen Zeitabständen von $1:2n$ auftritt. Dies habe ich nicht erreichen können; ich fand selten unter 3 Funken. Immerhin kann man bei dieser Beleuchtung die Zunahme der Fallgeschwindigkeit mit der Zeit augenfällig machen, indem man ein Stück Kreide aus größerer und kleinerer Höhe fallen läßt.

5. Überlegungen zum Transformator. Mir scheint, daß man unter Ausschaltung der Wechselwirkung beider Wicklungen aufeinander ohne Rechnung verdeutlichen kann, warum ein Transformator sekundär bei hoher Spannung geringen Strom liefert und umgekehrt. — Zunächst ist einleuchtend, daß ein Kreis aus 2 Wicklungen mehr als doppelte Selbstinduktion als ein Kreis aus einer Wicklung hat; doppelt so groß schon deshalb, weil er noch einmal dasselbe hinzufügt, abermals verdoppelt, da der Strom jeder Wicklung jetzt auf 2 Wicklungen einwirkt. Allgemein wächst die Selbstinduktion quadratisch mit der Windungszahl, wenn die Windungen

¹⁾ Diese Zeitschr. 35, 279; 1922.

²⁾ Starke, Experimentelle Elektrizitätslehre, 2. Aufl. S. 323.

einander unendlich nahe sind (beim Transformator trotz der Ausdehnung der Spulen infolge des Eisenkerns annähernd verwirklicht). Ein Transformator mit gegebener Wicklungszahl n gibt eine bestimmte Spannung e und einen bestimmten Strom i . Nimmt man mn Wicklungen, so wird die Spannung me ; der Strom würde die gleiche Stärke haben wie vorhin, wenn L_1 auch nur mL wäre. Da aber $L_1 = m^2L$ ist, ist der Strom $\frac{i}{m}$. — Wählt man umgekehrt $\frac{n}{m}$ Windungen, so ist $e_1 = \frac{e}{m}$, $L_1 = \frac{L}{m^2}$ und darum $i_1 = mi$. — Da im ersten Fall die Selbstinduktion nur einen relativ schwachen Strom zuläßt, kann die Wicklung so dünnrätig gewählt werden, daß trotzdem ihr Ohmscher Widerstand gegenüber der Selbstinduktion gering bleibt. Will man im zweiten Falle die nach Spannung und Selbstinduktion mögliche volle Stromstärke erhalten, so muß die Wicklung dicke Drähte haben, damit ihr Ohmscher Widerstand gegenüber L den Strom nicht merklich beeinflusst.

Photographische Schülerübungen.

Von K. Gentil in Elberfeld.

Vorbemerkung. Mit einer vom Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht in Elberfeld veranstalteten pädagogischen Woche war eine Ausstellung von Arbeiten der Schüler und Schülerinnen sämtlicher Schulen verbunden. Das städtische Oberlyzeum (Wissenschaftliche Klassen und Seminar-klassen) beteiligte sich mit einer Ausstellung von Arbeiten aus dem Gebiete der praktischen Photographie, als Ergebnis der seit Herbst 1920 eingeführten photographischen Übungen. Diese Übungen sollen bei den Teilnehmerinnen Fertigkeit in Aufnahme, Entwicklung und Fixieren, Herstellung der Positive erzielen und zugleich Verständnis für die der Photographie zugrunde liegenden physikalischen und chemischen Vorgänge wecken. Es hat sich gezeigt, daß ein nicht geringer Prozentsatz der Teilnehmerinnen mit der praktischen Photographie schon vertraut war, und daß das Interesse der Schülerinnen seither unvermindert anhält.

Die photographischen Übungen können sich auf drei Gebiete erstrecken, von denen jedes ausgedehnt genug ist, um Arbeitsstoff für ein ganzes Schuljahr zu liefern. Der vorliegende Bericht befaßt sich nur mit der physikalischen Seite der Photographie, ohne Anspruch auf Vollständigkeit erheben zu wollen. So sind z. B. Aufgaben über die bekannte Beziehung $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ fortgelassen. Nicht berücksichtigt ist weiterhin das Gebiet der Photochemie und der künstlerischen Photographie, es sei denn nur insoweit als es der Zusammenhang mit der Photophysik erfordert.

Ausgangspunkt für die Übungen in der praktischen Photographie ist die Camera obscura. Besondere Bedeutung kommt der Untersuchung des Objektivs zu. Einfache Linse mit und ohne Blende, Aplanat, Anastigmat sind hier die Entwicklungsstufen. Der Einfluß der Brennweite auf die Größe des Bildes wird beobachtet und errechnet. Bei der leicht auszuführenden Fernrohrphotographie werden die Versuchsanordnungen und Berechnungen nur mäßig erschwert. Die Untersuchung der Blendensysteme führt zu interessanten Beziehungen zwischen Belichtungszeit und relativer Öffnung. Bekanntlich wird bei photographischen Aufnahmen viel zu wenig mit der Irisblende gearbeitet, und doch hängt gerade die so wichtige Tiefenschärfe vom Durchmesser der Blende ab. Die Abhängigkeit der Perspektive und der Bildwirkung von der Brennweite und vom Standort des Apparates ist wohl allgemeiner bekannt. Von besonderen Anwendungsgebieten, die sich gut zu Schülerübungen eignen, seien genannt: Photographie in natürlichen Farben, Mikro- und Fernrohrphotographie, Röntgen- und Radiophotographie¹⁾.

¹⁾ Die genannten Anwendungsgebiete sind, um den Aufsatz nicht zu umfangreich zu gestalten, sehr kurz behandelt. Über die Farbenphotographie hat der Verfasser in Nr. 11 u. 24 der Deutschen Opt. Wochenschr., 8. Jahrg., 1922, S. 188 u. 459, zwei Aufsätze veröffentlicht.

Bei den heutigen Preisen von Negativ- und Positivmaterial ist unbedingt erforderlich, daß man mit Platten und Plattenersatz, Tages- und Kunstlichtpapier so umzugehen weiß, daß keine Fehlbelichtungen mehr vorkommen. Belichtungstabellen, optische und aktinische Photometer sind unerläßlich im Gebrauch und in ihren Ergebnissen miteinander zu vergleichen. Besonderes Eingehen bedarf die Momentaufnahme im Gegensatz zur Zeitaufnahme. Bei der Untersuchung des Negativmaterials sind verschiedene Plattensorten, Rollfilm und Filmpack, Plattenersatz wie Bayer-Plattenfort und Mimosa-Abziehfilm auf Verarbeitung und Farbenwiedergabe zu prüfen, und der Einfluß von Farbfiltern, insbesondere von Gelscheiben festzustellen. Man muß den Unterschied zwischen einem normal-, unter- und überbelichteten Negativ kennen lernen und die Fehler schon möglichst während der Entwicklung zu beseitigen wissen. Sehr starke Überbelichtungen führen zu Lichthofbildung und Solarisation. Der Positivprozeß erfordert eine eingehende Behandlung der Verarbeitung der Tageslicht- und Kunstlichtpapiere, der Herstellung von Diapositiven und der Umwandlung von Aufnahmen auf Negativpapier in Positive. Es erübrigt sich, noch darauf hinzuweisen, daß die Zahl der verschiedenen Arten von Hand- und Stativkameras (Magazin-Spiegelreflex-Klappkamera mit Spreizen, Klappkamera mit Laufboden usw.), von Verschlüssen (Zentral-Blenden-Rulo und Schlitzverschluß) und von Kassetten recht beträchtlich ist.

A. Die Lochkamera und das photographische Objektiv.

1. Aufgabe. Es soll eine Aufnahme mit einer Lochkamera¹⁾ (Durchmesser der Öffnung 0,4 mm, Bildweite 100 mm) gemacht werden. Die Belichtungszeit ist zu berechnen.

Das Öffnungsverhältnis ist für $d = 0,4$ mm und $b = 100$ mm $\frac{0,4}{100} = \frac{1}{250}$. Ein solches Öffnungsverhältnis kommt aber in den gebräuchlichen Belichtungstabellen und an den Irisblenden der photographischen Apparate nicht mehr vor. Wohl findet man $F/32$ oder $\frac{1}{32}$, für das die Belichtungszeit vergleichsweise bestimmt wird. Die Belichtungszeiten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Öffnungsverhältnisse: $B_{250} : B_{32} = \left(\frac{1}{32}\right)^2 : \left(\frac{1}{250}\right)^2 = \frac{1}{1024} : \frac{1}{62500} = \text{rund } \frac{60}{1}$; d. h. mit der Lochkamera $d = 0,4$ mm und $b = 100$ mm muß man etwa 60mal so lange belichten wie mit einem auf $F/32$ abgeblendeten Objektiv. Für dieses kann man die Belichtungszeit einer Tabelle entnehmen. Man erhält ein Bild, das die Erwartungen der meisten hinsichtlich der Bildschärfe weit übertrifft und etwa ebensoviel Einzelheiten zeigt wie eine Autotypie mit größerem Raster.

2. Aufgabe. Die Brauchbarkeit einer gewöhnlichen Bikonvexlinse für photographische Aufnahmen ist zu untersuchen.

An Stelle des Objektivs einer photographischen Kamera wird mit Klebwachs eine Bikonvexlinse befestigt.

a) Durchmesser der Linse $d = 15$ mm, $f = 50$ mm, $b = 50$ mm. Das Öffnungsverhältnis wird berechnet und einer Belichtungstabelle die Belichtungszeit entnommen. Diese ist wesentlich kürzer als die für Lochkameraaufnahmen notwendige Belichtungszeit. Jedoch ist das erhaltene Bild fast gänzlich unbrauchbar infolge einer Reihe von Fehlern der gewöhnlichen Bikonvexlinse, wie u. a. Bildfeldwölbung, sphärische und chromatische Abweichung, Astigmatismus.

b) Durchmesser der Linse $d = 2$ mm, $f = 50$ mm, $b = 50$ mm. Das jetzt bei Anwendung einer Blende erhaltene Bild ist etwas besser, da Bildfeldwölbung und

¹⁾ W. Volkmann, Praxis der Linsenoptik. S. 76. — Derselbe, Photographie ohne Linse. Diese Zeitschr. 1889/1890. S. 150.

sphärische Abweichung fast ganz aufgehoben werden. Bei beiden Aufnahmen ist das brauchbare Bildfeld durch einen Kreis zu umgrenzen.

3. Aufgabe. Es ist die Brauchbarkeit einer plankonvexen Linse für die Photographie zu untersuchen¹⁾.

Man benutzt zweckmäßig den halben Kondensator des Bildwerfers unter Anwendung einer Blende oder eine Plankonvexlinse von kleinerem Durchmesser. Die gewölbte Seite ist der Platte zuzuwenden, die Blende steht vor der ebenen Seite im Abstand $\frac{r-d}{n}$, worin d die Dicke der Linse, r den Krümmungsradius und n den Brechungsindex bedeutet. Da bei dieser Blendenstellung auch der Astigmatismus beseitigt ist, ist das erhaltene Bild wesentlich besser als die durch 2a und 2b erzielten Aufnahmen.

4. Aufgabe. Aufnahme mit einer Landschaftslinse (achromatische Linse: Sammellinse aus Kronglas, Zerstreuungslinse aus Flintglas).

Die Landschaftslinse kann wegen der schädlichen Randstrahlen nur mit einer Blende gebraucht werden, die als größte brauchbare Öffnung etwa den 12. Teil der Brennweite gibt; z. B. beträgt bei 24 cm Brennweite die brauchbare Öffnung nur 20 mm. Das Objektiv ist nicht frei von der Verzeichnung oder Distorsion, d. h. gerade Linien erscheinen nach dem Bildrande zu gekrümmt. Der Grad der Verzeichnung hängt von dem Krümmungsverhältnis der Linsen und vom Verhältnis des Blendenabstandes zur Brennweite ab; ihr Zustandekommen ist durch Fig. 21 in VOLKMANN'S Praxis der Linsenoptik erläutert.

5. Aufgabe. Aufnahme mit einem Aplanat (symmetrisch gebautes Doppelobjektiv, bestehend aus zwei Landschaftslinsen).

Das Bild ist vollkommen frei von Verzeichnung, außerdem ist die sphärische und chromatische Abweichung beseitigt, so daß die Bilder eine sehr gute Mittenschärfe und gute Randschärfe besitzen, sofern man von der Irisblende Gebrauch macht. Arbeitet man mit voller Öffnung, dann erhält man ein Bild, das einer Lochkameraaufnahme ähnlich sieht. Insbesondere ist es der Fehler des Astigmatismus und der Bildfeldkrümmung, der dem Aplanat noch anhaftet, und der sich allerdings durch passende Wahl eines mittleren Abstandes der beiden Linsenpaare und durch Verwendung neuerer Glassorten auf ein erträgliches Maß zurückführen läßt.

6. Aufgabe. Aufnahme mit einem Anastigmat (symmetrische und asymmetrische Doppelobjektive).

Mit dem Namen Anastigmat bezeichnet man alle Objektive, bei denen nicht nur der Astigmatismus, sondern auch die Bildfeldwölbung beseitigt ist, und verlangt gute Auszeichnung des Plattenformates bis zum Rande, selbst bei voller Öffnung. Vergleicht man zwei Aufnahmen ($d = 18$ mm, $f = 135$, $b = 135$ und $d = 3$ mm, $f = 135$, $b = 135$), eine mit voller Öffnung und eine mit auf F 32 abgeblendetem Objektiv, miteinander, so muß man schon scharf beobachten, um Unterschiede in der Bildschärfe zu erkennen. Dieser Unterschied macht sich ausschließlich an den im Vordergrund befindlichen Gegenständen bemerkbar, während die Tiefe gleich scharf ausgezeichnet ist.

7. Aufgabe. Es ist durch Aufnahmen nachzuweisen, daß die Tiefenschärfe eines Objektivs von dem Durchmesser des Objektivs und dessen Entfernung von den aufzunehmenden Gegenständen abhängt.

a) Ist z. B. das Objektiv auf F/5 abgeblendet, so ist für ein Objektiv mit 150 mm Brennweite der nächste Punkt des Vordergrundes, der mit der Ferne zusammen noch gleichmäßig scharf erscheint, etwa 43 m vom Objektiv entfernt, wohingegen bei einem auf F/30 abgeblendeten Objektiv diese Entfernung nur etwa 6,5 m ist. Diese Angaben sind einer Tabelle und einem Nomogramm über Tiefenschärfe entnommen. Man kann

¹⁾ A. Gleichen, Photographische Optik. S. 146. Der Verfasser verdankt diese Aufgabe der frdl. Mitteilung des Herrn Dr. W. Volkmann.

mit Hilfe einer einfachen Formel $D = f^2 \times 100 \times \text{Öffnungsverhältnis}$ die Tiefenschärfe auch angenähert berechnen. So ergibt sich für das auf F/5 abgeblendete Objektiv: $15^2 \cdot 100 \cdot \frac{1}{5} = 45 \text{ m}$; für das auf F/30 abgeblendete Objektiv: $15^2 \cdot 100 \cdot \frac{1}{30} = 7,50 \text{ m}$ bei Einstellung der Mattscheibe auf Unendlich.

b) Man stellt die Mattscheibe des photographischen Apparates einmal auf Unendlich und dann auf sehr nahe Gegenstände ein und beobachtet die scharf ausgezeichneten Tiefen.

8. Aufgabe. Es ist die wirksame Öffnung eines Objektivs zu bestimmen¹⁾.

Man stellt das Objektiv auf Unendlich ein und belichtet durch eine feine Öffnung von der Mattscheibe aus ein auf die Vorderlinse des Objektivs gepreßtes kreisrundes Stück Bromsilberpapier. Der Durchmesser der bei der Entwicklung sichtbar werdenden Kreisfläche ist die wirksame Öffnung. Eine andere Lösung der Aufgabe besteht darin, daß man das Objektiv, so wie es beansprucht wird, gegen den Himmel richtet und an das rückwärtige Objektivende ein in Millimeter geteiltes Papier legt, an welchem die wirksame Objektivöffnung abgelesen werden kann.

9. Aufgabe. Die Lichtstärke verschiedener Objektivs zu bestimmen.

Das Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite heißt Lichtstärke. Man bestimmt also nach Aufgabe 8 die wirksame Öffnung und setzt sie ins Verhältnis zur Brennweite. Statt der wirksamen Öffnung kann man, ohne einen zu großen Fehler zu begehen, die wahre Öffnung (Durchmesser des Objektivs) einsetzen. Für $f = 135 \text{ mm}$ und $d = 20 \text{ mm}$ wahre Öffnung ist die Lichtstärke $135:20 = 6,75$, für $f = 135 \text{ mm}$ und $d = 19,85 \text{ mm}$ wirksame Öffnung ist die Lichtstärke $135:19,85 = 6,8$. Geschrieben: F, 6,8, F : 6,8, 1 : 6,8.

10. Aufgabe. Untersuche die Gesetzmäßigkeit, die der gebräuchlichsten aller Blendenskalen F/6,8, F/9, F/12,5, F/18, F/25, F/36 zugrunde liegt²⁾.

Aus all den möglichen Öffnungsverhältnissen hat man solche herausgegriffen, daß der nächst kleineren Blende das Doppelte der Belichtungszeit entspricht. Die zu der angegebenen Reihe gehörigen Blendendurchmesser und angenähert auch wirksamen Öffnungen heißen: 16, 12, 8, 6, 4, 3. Aufeinanderfolgende Blendendurchmesser verhalten sich demnach ungefähr wie 1:0,71 (Mittelwert). Da sich nun die Belichtungszeiten umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Öffnungsverhältnisse, so gilt die Gleichung: $t:t' = \left(\frac{0,71}{f}\right)^2 : \left(\frac{1}{f}\right)^2$; daraus folgt: $\frac{1}{f^2} \cdot t = \frac{0,5}{f^2} \cdot t'$. Diese Gleichung ist richtig, wenn $t' = 2t$ ist; d. h. wenn die Belichtungszeit bei kleiner Blende das Doppelte der Belichtungszeit der vorhergehenden größeren Blende beträgt.

11. Aufgabe. Vergleiche die verschiedenen Hilfsmittel zur Bestimmung der Belichtungszeit miteinander³⁾.

Man verwendet für das gleiche Aufnahmeobjekt Belichtungstafeln, Belichtungstabellen, Aktinometer und Expometer und erhält nicht gerade sehr übereinstimmende Werte. Bei dem auf optischer Grundlage beruhenden Aktinometer und dem auf chemischer Grundlage beruhenden Exponometer ist der subjektive Fehler bemerkbar. Bei den Belichtungstabellen und Belichtungstafeln wird den die Belichtungszeit ausmachenden Faktoren gewöhnlich Rechnung getragen durch die Bezeichnungen: Plattenempfindlichkeit, Tages- und Jahreszeit, Blende, Beleuchtung, Aufnahmegegenstand. Die Belichtungszeit erhält man als Ergebnis der Multiplikation der fünf genannten Faktoren. Die Unsicherheit liegt hier in dem Begriff Aufnahmegegenstand.

¹⁾ O. Prelinger, Die Photographie. N. u. G. 414. S. 35. — Die 2. Lösung verdanke ich der frdl. Mitteilung des Herrn R. Schmechlik in Berlin-Dahlem.

²⁾ David, Photographisches Praktikum.

³⁾ Derselbe, Bestimmung der photographischen Expositionsauer bei Momentverschluß. D. Z. 1898. S. 199.

12. Aufgabe. Es ist das Gesichtsfeld und das Bildfeld eines Objektivs zu bestimmen.

Man befestigt das Objektiv an einer Kamera mit großer Mattscheibe und erhält ein kreisrundes Bild mit verschwommenen Randpartien. Den Durchmesser dieses Lichtkreises nennt man Gesichtsfeld. Brauchbar für die Photographie ist offenbar nur ein kleiner Teil des Kreises, innerhalb dessen ohne Anwendung einer Blende das Bild scharf ausgezeichnet ist, das Bildfeld.

13. Aufgabe. Den Bildfeldwinkel eines Objektivs zu bestimmen.

Man stellt die Mattscheibe des photographischen Apparates auf eine Skala mit cm-Teilung scharf ein und markiert die äußersten im Bildfeld noch sichtbaren Zahlen, bestimmt dann die Gegenstandsweite in Zentimeter und berechnet mit Hilfe der Tangensfunktion den halben Bildfeldwinkel.

14. Aufgabe. Welche Beziehung besteht zwischen Bildfeld und Plattengröße?

Einem jeden Durchmesser des Bildfeldes entspricht eine bestimmte Plattengröße, z. B. 118 mm \sim 6 \times 9, 150 mm \sim 9 \times 12, 225 mm \sim 13 \times 18 usw.: Beziehungen, die sich leicht aus dem pythagoreischen Lehrsatz berechnen lassen. Auch die Brennweite des Objektivs muß dem Plattenformat angepaßt sein, so daß als Mindestbrennweite die größte Plattenlänge, als größte Brennweite die Plattendiagonale in Frage kommt.

B. Fernrohrphotographie.

15. Aufgabe. Es soll mit einfachen Hilfsmitteln eine Fernrohraufnahme hergestellt werden¹⁾.

Man benutzt einen photographischen Apparat mit doppeltem Bodenauszug. Bei Apparaten mit einfachem Bodenauszug ist die Einschaltung einer Fernglaslinse von nicht zu großer Dioptrie notwendig; doch ist hier dem Vergrößerungsfaktor eine untere Grenze gesetzt. Teuere Apparate haben ein Objektiv, das sich durch Zusatzlinsen — Teleansätze — zu Fernrohraufnahmen verwenden läßt. Für gewöhnliche Apparate mit einfachem oder doppeltem Bodenauszug kommen das KEPLERSche, GALILEISche und PORROSche System in Frage. Beim KEPLERSchen Fernrohr spielt die Umkehrlinse keine Rolle. Sie könnte sogar am besten wegb bleiben, da dann das Bild auf der Mattscheibe aufrecht erscheint und lichtstärker ist. Das gleiche gilt auch für das PORROSche Prismensystem. Die bei den Übungen benutzte Versuchsanordnung besteht aus einem Prismenmonokel 9 \times (Goerz) und einer Ernemannkamera 9 \times 12 mit doppeltem Bodenauszug und Doppelanastigmat Ernon f/6,8. Eine lichtdichte Verbindung zwischen Monokel und Objektiv des photographischen Apparates ist nicht notwendig.

C. Mikrophotographie.

16. Aufgabe. Es soll mit einfachen Hilfsmitteln eine mikrophotographische Aufnahme einer Dreifarbenraasterplatte gemacht werden²⁾.

Das Mikroskop wird in horizontale Lage gebracht und mit einem photographischen Apparat mit doppeltem Bodenauszug verbunden. Eine lichtdichte Verbindung ist nicht erforderlich. Bedingungen für das Gelingen einer mikrophotographischen Aufnahme sind: Starke Lichtquelle von etwa 100 HK. ab, gutes Mikroskop, lichtstarkes Objektiv und hoch lichtempfindliche und farbenempfindliche Platte neben absolut erschütterungsfreier Aufstellung der Versuchsanordnung, sofern man mit einigen Sekunden Belichtungszeit auskommen und ein der Helligkeit der Farben entsprechendes Negativ erhalten will. Andernfalls genügt eine Lichtquelle von 16 HK. ab selbst bei Verwendung der gewöhnlichen billigen Plattensorten.

¹⁾ W. Saebisch, Fernrohrphotographie im Felde. Aus der Natur. 12. Jahrg. 1916. S. 433. 13. Jahrg. 1916/17. S. 130. 14. Jahrg. 1917/18. S. 248.

²⁾ R. Schmehlik, Einiges über Mikrophotographie. Phot. Rundschau 1913. Heft 23. S. 358. — Derselbe, Die Anwendung des Mikroskops. Berlin 1922. Union Deutsche Verlagsgesellschaft und diese Zeitschr. 35, S. 288.

D. Photographie in natürlichen Farben.

16. Aufgabe. Herstellung der Entwicklungsstufen einer Farbenraster-Aufnahme.

Wegen technischer Einzelheiten muß auf die ausführliche photographische Literatur¹⁾ verwiesen werden. Die Entwicklungsstufen sind für den physikalischen Unterricht von großem Interesse, da sie auf dem Gesetz der Farbensubtraktion und Farbenaddition beruhen. Die erste Belichtung und Entwicklung liefert ein Negativ in den Komplementärfarben. Die zweite Behandlung im Umkehrbad (Lösung von Permanganat oder Dichromat) zerstört das durch Belichtung und Entwicklung ausgeschiedene metallische Silber. Dann bringt man (3. Vorgang) die Platte in einen Entwickler und entwickelt bei Tageslicht. Das Ergebnis ist ein Bild in den richtigen Farben.

17. Aufgabe. Herstellung der Entwicklungsstufen einer Dreifarbenphotographie²⁾.

Das Verfahren (Uvachromie) beruht auf dem Gesetz der Farbensubtraktion. Die Entwicklungsstufen sind folgende:

1. Herstellung von 3 Teilnegativen, die durch Belichtung hinter einem Rotfilter, einem Grünfilter und einem Blaufilter gewonnen werden.
2. Belichtung, Entwicklung, Fixieren und Waschen der zugehörigen Filmdiapositive.
3. Waschen, Baden in der Umwandlungslösung und abermaliges Waschen der Filmdiapositive.
4. Anfärben der 3 Diapositive in den komplementären Farbstofflösungen.
5. Abspülen, Baden in einem Klärbad und längeres Auswaschen in ruhigen Wasser.
6. Trocknen der auf Glasplatten befestigten Diapositive.
7. Übereinanderpassen der Teilbilder zu einem farbigen Diapositiv.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß man auch heute noch mit bescheidenen Mitteln, die dem physikalischen Unterrichtsbedarf gewöhnlich zur Verfügung stehen, auskommen kann. Plattenersatz, wie Bayer-Plattenfort und Mimosa-Abziehfilm ist beträchtlich billiger als photographische Platten und recht gut. Viele Aufnahmen, bei denen es nicht auf eine Umkehrung des Negativs ankommt, lassen sich auf gewöhnliches Kunstlichtpapier machen. Besonders präpariertes Kunstlichtpapier läßt auch gut eine Umkehrung ins Positiv zu. Fehlbelichtungen vermeidet man durch Gebrauch eines Belichtungsmessers. Beim Kopieren von Negativen bestimmt man, um Materialverschwendung zu vermeiden, die notwendige Kopierzeit durch stufenweises Abdecken eines schmalen Streifens des lichtempfindlichen Materials.

Folgende in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsätze geben noch wertvolle Anregungen zu neuen Aufgaben: Über photographische Aufnahmen zur Erleichterung des physikalischen Unterrichts (BRUNO KOLBE). 1898. S. 169. — Photographie im Dunkeln (W. J. RUSSELL). 1900. S. 40. — Direkte und umgekehrte photographische Bilder (F. E. NIPHER). 1902. S. 173. — Verschiedene Wirkungen auf photographische Platten (G. W. A. KAHLBAUM, M. STEFFENS, W. J. RUSSELL, W. MERCKENS, C. GUTTON). 1905. S. 167. — Photographische Fixierung der Aufzeichnungen von Stimmgabeln, Fallkörpern (R. NIMFÜHR). 1907. S. 124. — Photographische Übungen (P. JOHANNESSEN). 1911. S. 67. — Zur Orientierung photographischer Aufnahmen einer Sonnenfinsternis (K. HORCKEN). 1912. S. 278. — Photographie im lebenden Laubblatt (H. MOLISCH). 1915. S. 156.

¹⁾ A. v. Hübl, Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochrom- und anderen Rasterfarbenplatten. Halle: W. Knapp 1921.

²⁾ E. König, Die Farbenphotographie. G. Schmidt. Berlin 1904. A. Miethe, Dreifarbenphotographie nach der Natur. W. Knapp. Halle 1908. In dieser Zeitschrift sind bereits folgende Aufsätze über Farbenphotographie veröffentlicht: Über die direkten Verfahren der Farbenphotographie nach Lippmann und Lumière. 1908. S. 194. — Die Farbenphotographie; ihre Entwicklung und gegenwärtige Ausbildung. 1908. S. 267 u. 338. — Farbenphotographie bei prismatischer Dispersion. 1907. S. 180. — Interferenzfarbenphotographie mit festem Metallspiegel. 1910. S. 112. — Photographie in natürlichen Farben 1890/1891. S. 200.

Kleine Mitteilungen.

Interferenzen an dünnen Blättchen.

Von S. Janß in Uetersen (Holstein).

W. VOLKMANN¹⁾ macht darauf aufmerksam, daß man im Natriumlicht die Interferenzen dünner Blättchen leichter sieht, wenn man sich beträchtlich entfernt. Außer der dort als Ursache angegebenen Lage der Streifen zu den Grenzflächen kommt auch noch folgendes in Betracht. Nach Fig. 1²⁾ gelangen über P Strahlen von den leuchtenden Punkten zwischen L_1 und L_2 in die Pupille. Die von L_1 ausgehenden Strahlen haben in P einen anderen Gangunterschied als die von L_2 ausgehenden, wodurch die Erscheinung gestört wird, zum ersten Male deutlich dann, wenn die eine Hälfte des Bündels zwischen $L_1 P$ und $L_2 P$ ein Maximum, die andere ein Minimum gibt.

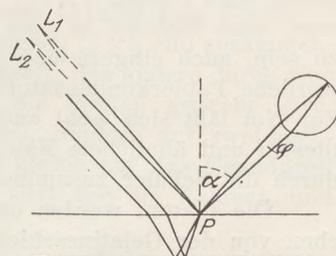


Fig. 1.

Für die Beobachtung eignen sich leicht aufeinander gelegte Spiegelglasstreifen; dann ist die Wegdifferenz der von L_1 ausgehenden Strahlen $A_1 = 2d \cos \alpha_1$ (vgl. B. WALTER, *ds. Ztschr.* 22, 93, 1909 und Fig. 2). Die Störung der Strahlen zwischen L_1 und L_2 wird dann gemessen an $A = A_1 - A_2 = 2d$

$[\cos \alpha - \cos (\alpha + \varphi)] = 4d \sin \left(\alpha + \frac{\varphi}{2} \right) \sin \frac{\varphi}{2}$. — 1. Hierdurch ist ausgedrückt, daß die Unschärfe mit d zunimmt; dies macht man sich auch leicht durch Verschiebung einer Ebene klar. Bestätigt wird es mittels Stanniolstreifen, die man zwischen die Glasstreifen legt. 2. Entfernt man sich von der dünnen Schicht, dann wird φ wegen unveränderter Pupillenöffnung kleiner und die wechselseitige Störung nimmt ab (Beobachtung von VOLKMANN). 3. Verwendet man

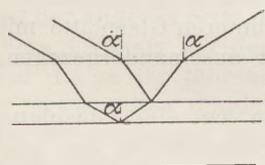


Fig. 2.

nach Vergrößerung des Abstandes eine Konvexlinse L (Fig. 3), so nimmt die Unschärfe wieder zu, entsprechend der Vergrößerung von φ . 4. Bei streifender Inzidenz verschwinden Streifen an Stellen, an denen sie bei steilerem Einfall noch sichtbar sind; mit Zunahme von α bleibt φ konstant, $\sin \left(\alpha + \frac{\varphi}{2} \right)$ wird also größer.

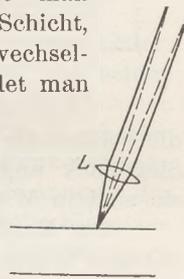


Fig. 3.

Daß A mit α zunimmt, kann man auch an der unveränderten Beziehung $A = 2d$ $[\cos \alpha - \cos \left(\alpha + \frac{\varphi}{2} \right)]$ ablesen. Da der Kosinus sich bei kleineren Winkeln weniger ändert als bei größeren, gehört zu dem konstanten Winkelunterschied φ bei kleineren Winkeln ein geringerer Unterschied der Funktionen als bei größeren Winkeln; entsprechend ändert sich auch der die Unschärfe bedingende Phasenunterschied. 5. Gleichmäßige Helligkeit kann noch in Streifen aufgelöst werden, resp. unscharfe Streifen werden schärfer, wenn man eine kleine Lochblende vor das Auge hält, in Übereinstimmung mit dem Einfluß der Änderung von φ . Bewegt man die Blende, so wandern auch die Streifen; dadurch wird verdeutlicht, warum bei voller Pupille keine Streifen sichtbar sind; es überlagern sich die bei der Blendenbewegung nacheinander beobachteten Helligkeiten. Diese letzte Erscheinung zu berücksichtigen, etwa in einem Kreis interessierter Schüler, empfiehlt sich deshalb, weil nach Theorie und Versuch der Vorstellungsinhalt als durch den Bau des Sinnesorgans bedingt erscheint.

¹⁾ Diese Zeitschr. 22, 34; 1909.

²⁾ Müller-Pouillet, 10. Aufl., Bd. IV.

Kondensatoren für elektrische Schwingungskreise aus alten photographischen Platten.

Von Dr. Walter F. Zorn in Berlin-Schöneberg.

Bei Versuchen mit elektrischen Schwingungen braucht man häufig Kondensatoren, die Spannungen von einigen Tausend Volt und mehr aushalten. Gebräuchlich sind hierfür Leidener Flaschen. Sie sind aber meist nicht in der erforderlichen Zahl und Größe vorhanden und heute sehr teuer. Man kann nun Kondensatoren fast ohne Kosten aus alten photographischen Platten und Stanniolstücken herstellen. Zweckmäßig sind Platten 9×12 ; sie sind am leichtesten durch die Schüler zu bekommen, auch altes Stanniol ist hier und da noch vorhanden, es braucht durchaus nicht glatt zu sein, auch eingerissene und kleine Stücke sind zu brauchen. Unbrauchbar gewordene Papierkondensatoren (Telephonkondensatoren) liefern brauchbares Stanniol. Zur Not läßt sich wohl auch dünnes Blech (aus Konservendbüchsen) verwenden. Von diesem und ähnlichem Material sollte jede physikalische Sammlung sich einen Vorrat durch die Schüler zusammenholen lassen.

Die Platten werden einige Zeit gewässert, durch Schaben mit einem Holzbrettchen von der Gelatineschicht befreit, durch Waschen und Bürsten von den Resten gesäubert und gut getrocknet. Das Stanniol wird ausgebreitet, mit der Hand glatt gestrichen, mit einem Bogen Papier auf ein stärkeres Glasrohr gewickelt und unter dem Druck der flachen Hände oder eines Brettes auf einer ebenen Fläche gerollt; man braucht Stücke von höchstens 7×10 cm.

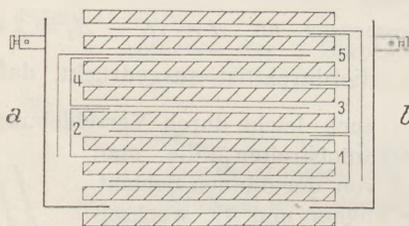


Fig. 1.

Die Figur zeigt einen senkrechten Querschnitt durch einen Kondensator mit 7 Belegungen. Die Glasplatten sind schraffiert, die Zahlen 1–5 bezeichnen die Stanniolbelegungen. *a* und *b* sind die Messingblechwinkel mit den Klemmschrauben, die seitlich die Belegungen federnd berühren; sie sind auf der unteren Glasplatte mit Siegellack angekittet. Alle Teile sind zur besseren Übersicht auseinandergezogen, sie sind in Wirklichkeit fest aneinandergedreht.

Der Kondensator wird in folgender Weise aufgebaut: Man legt eine Glasplatte mit der langen Seite vor sich auf den Tisch und auf sie ein Stanniolblatt, das von den langen Seitenkanten je 1 cm, von der linken schmalen Seite 3 cm entfernt ist, die rechte schmale Seite des Stanniolblattes überragt die Glasplatte um 1 cm. Hierauf kommt eine Glasplatte, dann ein Stanniolblatt, das jetzt aber auf der linken Seite die Glasplatte überragt. Eine Glasplatte. Jetzt wird zuerst das rechts überstehende Ende des Stanniolblattes 1 über die Glasplatte gebogen, hierauf kommt Stanniolblatt 3 wie 1. Eine Glasplatte. Stanniol 2 wird links herübergeklappt, hierauf Stanniol 4 usw. Durch die herübergeklappten Enden sind alle geraden und ebenso alle ungeraden Stanniolblätter unter sich verbunden und bilden zwei große, durch Glasplatten getrennte Belegungen; jedes Stanniolblatt wird auf beiden Seiten ausgenützt. Die etwas länger überstehenden Enden der beiden letzten Blätter werden nach unten geklappt und an die einzelnen Stanniolagen angedrückt, so daß hierdurch noch einmal alle Belegungen einer Seite verbunden werden.

Als Zuleitung biegt man zwei rechteckige Blechstücke (4×6 cm) je zur Hälfte längs der langen Seite rechtwinklig in die Höhe, so daß zwei Winkelschienen entstehen, und lötet auf die Mitte der beiden hochstehenden Seiten außen je die Hälfte einer durchsägten Klemmschraube auf. Die beiden anderen Seitenflächen kittet man mit Siegellack auf eine Glasplatte, so daß die gebogene Kante die Glasplatte längs ihrer schmalen Kante ein wenig überragt, damit die Kondensatorplatten mit einiger Reibung zwischen den hochstehenden Seiten geschoben werden können. Nötigenfalls

wird durch Zwischenlagen von Stanniol für einen guten Kontakt der Blechschienen mit den Stanniolbelegungen gesorgt. Schaltet man den Kondensator jetzt in einen Schwingungskreis ein, so kann man diesen durch Fortnehmen oder Hinzufügen von Stanniolblättern auf eine bestimmte Schwingungszahl oder auf Resonanz mit einem zweiten Kreise abstimmen.

Zur bequemeren Handhabung wird der Kondensator in einen senkrecht stehenden Rahmen eingespannt. In ein Brett (9×16 cm) läßt man in der Mitte der langen Seiten rechtwinklig zur Fläche zwei 14 cm lange, 1,5 cm breite, runde oder quadratische Holzleisten ein, die oben durch ein Querholz zu einem Rahmen verbunden sind. In diesen Rahmen werden die Platten hochkant — lange Seite parallel zum Boden — hineingeschoben und zwischen den Pfosten durch zwei Brettchen (5×5 cm) zusammengepreßt, von denen das eine an den einen Pfosten angenagelt, das andere durch eine den zweiten Pfosten durchsetzende Holzschraube gegen die Platten gepreßt wird. Zur besseren Isolation ruhen die Platten nicht auf dem Brett, sondern auf zwei hochkant stehenden Glasstreifen (6×2 cm), die je durch zwei kleine auf das Grundbrett genagelte Leisten gehalten werden. Der Kondensator sitzt fest im Rahmen und läßt sich am Querholz bequem handhaben.

Die hier beschriebene Befestigung der Klemmschrauben auf den festgekitteten Blechen hat den Vorzug der Billigkeit, da zum Isolieren nur Glasplatten verwendet sind, sie darf jedoch mechanisch nicht zu stark beansprucht werden. Verfügt man über geeignetes Isoliermaterial, so befestigt man zwei gut isolierte Klemmen auf dem Brett und verbindet sie durch biegsame Litze mit den Belegungen; auch kann man in diesem Falle die Platten in einem Kästchen unterbringen, das außen die Klemmen trägt. Ähnlich konstruierte Kondensatoren werden von Schott & Gen. unter dem Namen „Minos-Verstärker“ hergestellt.

Vorteilhaft ist es, sich zwei gleiche Kondensatoren herzustellen, die man hintereinandergeschaltet benutzt, indem man sie parallel zueinander aufstellt, die beiden Klemmen auf der einen Seite durch die Funkenstrecke verbindet und an die Klemmen auf der anderen Seite den Schwingungskreis, etwa eines Teslatransformators, anschaltet. Diese Schaltart hat den großen Vorzug, daß nur die kurzen Drähte der Funkenstrecke und die zu ihr führenden Zuleitungen vom Induktor die unangenehme Spannung des Induktors offen führen, daß dagegen der Schwingungskreis selbst nur beim Einsetzen der Schwingungen die schnell wechselnde ungefährliche Spannung der Schwingungen führt. Bei zwei gleichen Leidener Flaschen legt man die Funkenstrecke zwischen die ja gut isolierten inneren Belegungen, den Schwingungskreis an die äußeren. Ferner kann die Funkenstrecke größer gewählt werden, da jeder Kondensator nur die halbe Funkenspannung erhält. Die beiden gleichen Kondensatoren eignen sich auch gut zur Herstellung der Lodgeschen Schwingungskreise zur Demonstration der Resonanz.

Bei Versuchen mit elektrischen Schwingungen ist darauf zu achten, daß in den Belegungen des Kondensators nicht Wirbelströme induziert werden. Dies ist meist bei der gewöhnlichen Anordnung des Tesla-Apparates (horizontaler Schwingungskreis, stehende Leidnerflasche) der Fall. In der Belegung werden starke Wirbelströme erzeugt, die die Wirkung des Apparates stark beeinträchtigen. Die Flasche müßte liegend benutzt werden. Der Plattenkondensator mit senkrecht stehenden Platten kann stets so gedreht werden, daß keine Wirbelströme entstehen. Ferner soll man die Zuleitungen vom Induktor möglichst direkt an die Elektroden der Funkenstrecke legen, damit der dem Induktorkreis und Schwingungskreis beim Funkenübergang gemeinsame Teil der Selbstinduktion möglichst klein und damit auch die Koppelung der beiden Kreise lose wird.

Fünf Versuche zur Demonstration der Phasenverschiebung beim Wechselstrom.

Von Dr. Ernst Magin in Hamburg.

1. Man schickt, wie Fig. 1 zeigt, den Wechselstrom durch einen dünnen, etwa 50 cm langen Kupferdraht AB , der durch ein vom Elektromagneten NS erzeugtes konstantes, magnetisches Feld geführt ist. Der Draht gerät durch die Impulse, welche der Wechselstrom im magnetischen Feld erfährt, in gleichmäßige Rotation. Ein Punkt P des Drahtes beschreibt dabei den zur Zeichenebene senkrechten Kreis K . Man beleuchtet den umlaufenden Draht durch intermittierendes Licht, dessen Periode der Umlaufzeit des Drahtes gleichgemacht wird, was sich sehr einfach dadurch erzielen läßt, daß man auf der Achse des Wechselstrommotors eine mit einem Schlitz versehene Pappscheibe befestigt, so daß bei einem Umlauf des Motors das Licht einmal auf den kreisenden Draht fällt. Es ist klar, daß das Licht den Draht jedesmal in derselben Phase seiner Bewegung trifft, da ja beide Bewegungen zwangsläufig miteinander verbunden sind. Im verdunkelten Zimmer bietet der so beleuchtete umlaufende Draht den Eindruck, als ob er in einer bestimmten Stellung, z. B. K_1 , ruhte. Schaltet man nun in den Wechselstromkreis eine Selbstinduktion ein oder, was bequemer ist, vergrößert man eine solche durch Einschieben des Eisenkerns, so tritt eine Phasenverschiebung des Stromes gegen die EMK des Motors ein, was sich außerordentlich überzeugend darin zeigt, daß sich der im intermittierenden Licht scheinbar ruhende Draht von K_1 nach K_2 verschiebt.

2. Man bringt eine gut magnetisierte, in horizontaler Ebene drehbare Nadel in das Feld eines Elektromagneten, durch welchen man den Wechselstrom hindurchschickt. Das magnetische Wechselfeld bringt die Nadel, wenn man sie bei zunächst geringer Frequenz anstößt, leicht in Umdrehung. Läßt man im verdunkelten Zimmer, wie oben angegeben, intermittierendes Licht auf die Nadel fallen, so scheint sie in einer bestimmten Stellung zu ruhen. Die Einschaltung einer Selbstinduktion oder Kapazität verschiebt die scheinbare Ruhestellung der Nadel. (Entgegengesetzte Wirkungen.)

3. Man befestigt senkrecht zur Achse des Motors eine Scheibe aus schwarzer Pappe (Radius ca. 10 cm), auf welcher man längs eines Radius mit Kreide einen mäßig breiten Strich zieht. In großer Entfernung von der Scheibe stellt man einen Oszillographen auf und richtet die Beleuchtung so ein, daß der vom Spiegel des Oszillographen reflektierte Lichtfleck in seiner Nullstellung die Scheibe gerade deckt. Läßt man den Motor laufen, so wird der Lichtfleck die Scheibe immer in derselben Phase passieren. Da der Lichtfleck bei einem Motorumlaf die Scheibe zweimal überschreitet, wird man auf ihr einen scheinbar ruhenden Durchmesser erkennen. Das Einschalten von Selbstinduktion oder Kapazität hat eine Drehung dieses Durchmessers zur Folge.

4. Ein wenig komplizierter für die Beobachtung, aber sehr deutlich im Resultat, ist die folgende Anordnung. Man befestigt auf der Achse des Motors einen ebenen quadratischen Spiegel Sp von etwa 10 cm Seitenlänge und zwar, wie Fig. 2 angibt, derart, daß er um ein geringes von der senkrechten Lage abweicht. Man stellt dann senkrecht zum Spiegel einen Schirm S auf, auf den man sich zunächst das Bild S eines Spaltes projiziert denkt (parallel zur Motorachse). Läuft der Motor um, so beschreibt das Spiegelbild von S einen Kegelmantel, den man für geringe Länge von S durch einen Zylindermantel ersetzen kann. Wirft man statt des Lichtspaltes S den in Richtung S pendelnden möglichst punktförmigen Lichtfleck des Oszillographen auf den Schirm, so beschreibt das Spiegelbild des Lichtflecks

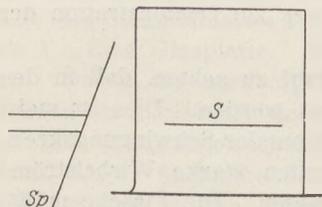


Fig. 2.

eine auf dem Zylinder liegende Ellipse. Die Einschaltung einer Selbstinduktion bewirkt an dieser Ellipse zwei Veränderungen. Einmal wird die Amplitude des Wechselstroms verringert, was für die Ellipse zur Folge hat, daß ihre Ebene gegen die Zylinderachse einen kleineren Winkel bildet. Die zugleich eintretende Phasenverschiebung ruft außerdem eine Drehung der Ellipsenebene um die Zylinderachse hervor.

5. Eine Einrichtung, welche messende Versuche gestattet, ist in Fig. 3 skizziert. $BCWD$ ist die Wechselstromleitung. Über dem kleinen Widerstand W ist die Nebenschlußleitung $SKAW$ mit dem empfindlichen Galvanometer G abzweigt. S ist eine aus Holz gefertigte Scheibe, welche auf der Achse des Motors befestigt ist. Sie trägt längs eines Radius einen Kupferstreifen K . Im Mittelpunkt S ist eine dauernde Verbindung zwischen K und Leitung SG hergestellt. A ist ein Schleifkontakt. Man kann nun leicht den Schleifkontakt A so lange auf die Scheibe S verschieben, daß die Verbindung SKA in dem Augenblick besteht, in welchem die vom Wechselstrom durchflossene Leitung BD gerade stromlos ist. Ein geringes Abweichen des Schleifkontaktes A von dieser Stellung vor und zurück bringt einen Ausschlag am Galvanometer nach der einen oder anderen Seite hervor. Hat man diese Nullstellung gefunden und schaltet nun Selbstinduktion oder Kapazität in den Wechselstromkreis, so zeigt das Galvanometer sofort einen Ausschlag und man hat, um das Galvanometer wieder auf Null zu bringen, den Schleifkontakt um einen bestimmten Winkel (den Winkel der Phasenverschiebung) vor oder zurück zu verschieben.

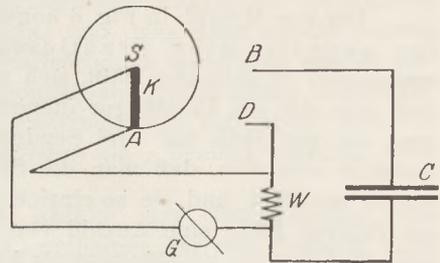


Fig. 3.

Einige Ergänzungen zur Demonstration elektrischer Schwingungen.

Von Dr. Ludwig Bergmann in Charlottenburg

Vor kurzem berichtete W. MÖLLER¹⁾ über einige selbstgefertigte Geräte zur Demonstration elektrischer Schwingungen. Ich habe vor Jahren fast die gleichen Versuche mit ganz ähnlichen Apparaten angestellt und dieselben häufig zu Demonstrationszwecken, besonders bei Vorführungen über drahtlose Telegraphie, mit gutem Erfolg angewandt. Ich möchte nun einige von mir gemachte Erfahrungen den Ausführungen von MÖLLER hinzufügen.

Was zunächst die Versuche mit den drei Strahlspulen anbetrifft, die man durch Variation der Selbstinduktion des Primärkreises einzeln zum Schwingen anregen kann, so nimmt man insbesondere bei Benützung eines kleineren Induktoriums das Strahlen der Spulen nur bei völlig verdunkeltem Raum aus größerer Entfernung wahr. Das gänzliche Abdunkeln des Zimmers hat aber den Nachteil, daß man nicht wahrnehmen kann, was der Vortragende am Primärkreise ändert. Wie MÖLLER bereits angibt, ist es nicht möglich, auf den Spulen als Indikatoren kleine Geißlerröhren anzubringen, da diese auch bei nicht im Maximum schwingenden Spulen bereits zum Leuchten angeregt werden. Man kann sich in diesem Falle aber leicht mit alten, durchgebrannten 4- bzw. 6 Volt-Glühlampen behelfen, die man einpolig an das obere Ende der Spulen anschließt. Diese luftleeren Lampen leuchten nur auf, wenn sie stark angeregt werden und sind weitaus unempfindlicher als Geißlerröhren. Man kann dann aus weiter Entfernung deutlich das Ansprechen der einzelnen Spulen bei Resonanz sehen. Man achte aber auf genügend weiten Abstand der einzelnen Spulen, damit sie sich nicht gegenseitig beeinflussen.

¹⁾ Diese Zeitschr. 36 (1923), S. 233.

Bei dem Versuch der Resonanzwirkung zweier Strahlspulen, von denen die eine als Sender, die andere als Empfänger wirkt, habe ich die als Indikator dienende Glimmlampe parallel zur Empfängerspule geschaltet und den unteren Pol der Spule mit der Erde verbunden. Versieht man ferner das obere Ende beider Spulen mit je einem etwa 1 m langen senkrechten Draht, der als Antenne wirkt, so kann man noch auf mehrere Meter Entfernung eine gute Resonanzwirkung zwischen beiden Spulen erzielen.

Der von MÖLLER in Fig. 6 angedeutete Versuch zur Veranschaulichung des Wesens der abgestimmten drahtlosen Telegraphie mit Benützung von drei verschiedenen Strahlspulen läßt sich noch dadurch wesentlich anschaulicher gestalten, daß man die als Empfänger dienende Spule IV ebenfalls abstimmbar macht, damit man sie auf jede der drei Senderspulen ansprechen lassen kann. Dies kann man dadurch erreichen, daß man die Spule IV etwas größer als die größte der Senderspulen ausführt, und sie so einrichtet, daß man etwa durch einen kleinen Gleitkontakt am unteren Ende eine Anzahl von Windungen ausschalten kann. Dann läßt sich je nach Belieben die Empfängerspule bald auf die Senderspule I, bald auf Spule II oder III abstimmen und dadurch erst richtig das Prinzip der abgestimmten Wellentelegraphie, bei der ja sowohl Sender wie Empfänger variabel sind, demonstrieren. Die Variation der Empfängerspule läßt sich auch bequem durch einen der Spule parallel geschalteten variablen kleinen Plattenkondensator bewirken. In diesem Falle muß die Spule etwas kleiner als die kleinste der Senderspulen hergestellt werden.

Bei den Impedanzversuchen und ihrer Anwendung auf den Blitzableiter läßt sich bei dem Versuch Fig. 10 noch sehr schön zeigen, wie durch eine Spule aus nur wenigen Windungen die Impedanz stark vergrößert wird. Zu diesem Zweck vergrößert man bei eingeschaltetem geraden Draht b (Fig. 10 a. a. O.) die Funkenstrecke B so lange, bis die Funken gerade zu springen aufhören. Dann ersetzt man den Draht b durch einen ebenso langen zu einer Spule von wenigen Windungen gewundenen Draht. Die Funken bei B setzen dann sofort in verstärktem Maße infolge der großen Spulenimpedanz wieder ein. Eine praktische Anwendung gerade dieser Erscheinung macht die Hochspannungstechnik überall da, wo sie verhindern will, daß durch Blitzschlag hervorgerufene Überspannungen, die ja meistens oszillatorischer Natur sind, in bestimmte Leitungen oder Apparate gelangen können.

Was zum Schluß noch das Teslainstrumentarium, mit dem man ja alle die obigen Versuche anstellt, anbetrifft, so verwendet MÖLLER als Kapazität des Primärschwingungskreises verhältnismäßig kleine Leidenerflaschen. Dies ist natürlich immer dann richtig, wenn man zum Betrieb nur einen kleinen Induktor verwendet. Steht aber ein größeres Induktorium (Funkenlänge mindestens 80 mm) zur Verfügung, das womöglich noch mit einem elektrolytischen Unterbrecher betrieben werden kann, so empfiehlt es sich, mit wesentlich größeren Kapazitäten etwa in der Größenordnung von 3000—4000 cm zu arbeiten. Man erhält dann zwar größere Schwingungsdauer, aber die im Primärkreis fließende Energie ist weitaus größer geworden und die Versuche fallen viel glänzender aus. Als Kondensatoren mit solch hoher Kapazität eignen sich vorzüglich die von Schott u. Gen. in Jena hergestellten Minos-Plattenverdichter, die in Kastenform gebaut werden und bei denen als Dielektrikum das Minos-Glas mit seiner hohen Dielektrizitätskonstanten und großen elektrischen Festigkeit verwendet wird¹⁾.

Von großem Wert ist schließlich noch die Konstruktion der Funkenstrecke. Als Elektroden kommen nur Zinkelektroden in Frage, und zwar möglichst in Plattenform. Ich benutzte plattenförmige Elektroden von etwa 40 mm Durchmesser und 10 mm Stärke. Bei diesen findet eine gute Funkenlöschwirkung und somit ein rasches Abreißen der einzelnen Funken statt. Die günstigste Funkenlänge muß man natürlich durch Versuche feststellen.

¹⁾ Diese Schott-Kondensatoren sind heute zu wohlfeilem Preise im Handel und bilden einen guten Ersatz für größere uphandliche Leidenerflaschenbatterien.

Über einen Versuch mit Thoriumemanation.

Von Dr. Bernhard Batscha.

Es braucht nicht erst hervorgehoben zu werden, daß ein Versuch mit Thoriumemanation für das Verständnis radioaktiver Erscheinungen von großem Werte ist. Durch ihn werden die Schüler mit einem einfachen Zerfallsprodukt einer radioaktiven Substanz, die sie vor Augen haben, bekannt gemacht; und, was nicht minder wichtig ist, die große Geschwindigkeit, mit der dieses Zerfallsprodukt seinerseits wieder zerfällt (Halbwertszeit = c^{008} 54 Sek.), gestattet die unmittelbare Beobachtung dieser Erscheinung und vermittelt so die Erkenntnis ihres gesetzmäßigen Verlaufes. Von der Versuchsanordnung, zu der die Angaben von RUTHERFORD¹⁾ benützt wurden, wird später die Rede sein.

Zunächst sei darauf hingewiesen, daß sich Abfälle von Glühstrümpfen, die bekanntlich zu ungefähr 99% Thoriumoxyd (ThO_2) enthalten, für den Versuch nicht eignen, weil dieses ein zu geringes Emanierungsvermögen besitzt. RUTHERFORD gibt (*Radioaktive Umwandlungen*, S. 41) an, daß von den Verbindungen des Thoriums die Emanation vom Thoriumhydroxyd ($\text{Th}(\text{OH})_4$) reichlich abgegeben wird, von den anderen Verbindungen hingegen nur in sehr geringem Maße, trotzdem das Emanierungsvermögen eine atomistische Eigenschaft ist. RUTHERFORD und SODDY klärten diese merkwürdige Erscheinung auf, indem sie nachwiesen, daß der Unterschied in der Fähigkeit, Emanation abzugeben, nicht in der verschiedenen Bildungsgeschwindigkeit der Emanation begründet ist, sondern in der Art, wie sie von den verschiedenen Thoriumverbindungen in die Luft entweicht. Kürzer gesagt, die physikalischen Bedingungen für die Abgabe der Emanation an die Luft sind beim Thoriumhydroxyd günstiger als bei den anderen Thoriumverbindungen.

Will man daher den Versuch mit der Emanation erfolgreich ausführen, so ist es notwendig, sich das Thoriumhydroxyd zu verschaffen oder es sich selber darzustellen. Hat man ein käufliches Thoriumsalz, $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ oder $\text{Th}(\text{SO}_4)_2$, zur Verfügung — 5 bis 10 g genügen —; so löst man es im Wasser und fällt das Hydroxyd einfach mit Ammoniak aus. Schwieriger ist es, das ThO_2 der Glühstrumpfabfälle in $\text{Th}(\text{OH})_4$ umzuwandeln. Diese Aufgabe stellte sich der Verfasser dieses Aufsatzes, da er gerade über eine reichliche Menge von Glühstrumpfabfällen verfügte. Nach den spärlichen Literaturangaben, die er sich verschaffen konnte, glaubte er, am ehesten in der Weise zum Ziele zu kommen, daß er das ThO_2 der Glühstrümpfe — die geringen Beimengungen (Ceroxyd) können als gewissermaßen indifferente Stoffe mitgenommen werden — durch Einwirkung von Natriumhydrosulfat (NaHSO_4) in das Thoriumsulfat und dieses in das Hydroxyd überführte. Dieser Bemühung war nun auch, wie aus dem folgenden ersichtlich ist, ein wenigstens teilweiser Erfolg beschieden. Zur Ausführung dieses chemischen Prozesses wurden 5 g von pulverisierten Glühstrumpfabfällen mit der ungefähr 6fachen Menge von NaHSO_4 in einer Platinschale — man kann auch eine Eisenschale verwenden — zur Rotglut erhitzt, bis die ganze Masse gerade in Schmelzfluß kam; ein zu scharfes und zu langes Erhitzen scheint den Prozeß infolge Zersetzung des eben gebildeten Sulfates ungünstig zu beeinflussen. Beim Abkühlen entstand eine glasige, weißliche, an der Schale festhaftende Masse. Es empfiehlt sich, zur besseren Loslösung derselben die noch heiße Schale von außen abzukühlen, worauf die Masse von selbst abspringt. Sie wurde hierauf zerkleinert und in eine reichliche Menge Wasser (im Becherglase) eingetragen, in welchem sich bloß ein Teil, ungefähr die Hälfte von dem Ausgangsmaterial, löste. Eine Wiederholung des Versuches ergab dasselbe Resultat. Der Rückstand bestand jedenfalls aus unaufgeschlossenem Thoroxyd. Von einer näheren Untersuchung wurde aber Abstand genommen, weil es für das Endziel des Versuches nicht darauf ankam, daß das ganze ThO_2 in Hydroxyd

¹⁾ Radioaktive Umwandlungen, übersetzt von M. Levin, Braunschweig, Fr. Vieweg & Solm, S. 40.

umgewandelt wurde. Denn nach RUTHERFORD genügen schon wenige Milligramm dieser Verbindung, um die Emanation nachweisen zu können. Der Inhalt des Becherglases wurde nun erhitzt, mit Ammoniak das $\text{Th}(\text{OH})_4$ ausgefällt und das Ganze filtriert. Der Rückstand auf dem Filter wurde getrocknet und pulverisiert. Wie ein Versuch mit dieser Substanz bewies, gab sie hinlänglich Emanation ab, um die Entladungserscheinung beobachten zu können. Schließlich sei noch auf einen wichtigen Umstand hingewiesen. RUTHERFORD und SODDY fanden, daß die eigentliche Muttersubstanz der Emanation, die sie Thorium X benannten, bei der Fällung des Hydroxyds in der Lösung bleibt und daß dieses sein Emanierungsvermögen in demselben Maße zurückgewinnt, als sich das Thorium X wieder zurückbildet. In etwa 4 Tagen wird der halbe Wert des vollen Emanierungsvermögens erreicht.

Was nun die Versuchsanordnung zum Nachweise der Emanation betrifft, so ist sie, wie eingangs bemerkt wurde, von RUTHERFORD angegeben worden. Sie ist, wie die schematische Figur zeigt, einfach und bedarf keiner näheren Erklärung. L bedeutet

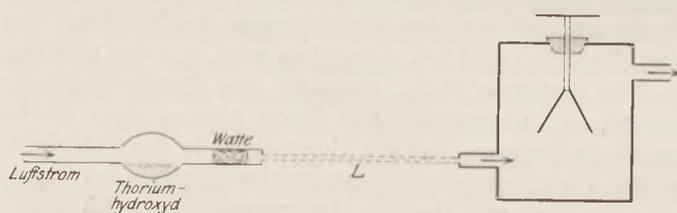


Fig. 1.

eine enge, etwa 1 m lange Röhre, doch kann sie durch einen Gummischlauch ersetzt werden. Die Figur läßt auf ein besonderes Elektroskop mit Ionisierungsraum schließen, wie man es zur Bestimmung von Emanation in Gasen verwendet. Es genügt aber auch ein einfaches ein-

oder zweiblättriges Elektroskop mit Gradeinteilung (Elektrometer). Über dieses stürzt man eine entsprechend weite Glasglocke, deren Hals durch einen zweifach durchbohrten Stopfen verschlossen wird. Durch die Bohrungen steckt man eine längere und eine kürzere Glasröhre zum Ein- bzw. zum Austritt der Luft. Sehr vorteilhaft ist es, den Verlauf der Entladung auf die Wand zu projizieren. Zur Erzeugung des Luftstromes kann ein kleiner Lederblasbalg dienen. Ferner ist es zweckmäßig, zuerst durch eine leere Kugelhöhle Luft einzublasen, um zu beweisen, daß die gewöhnliche Luft keine wesentlich zerstreue Wirkung auf das geladene Elektroskop hat. Dann erst leitet man die Luft über das Thoriumpräparat in die Glocke ein, was durch mehrmaliges, rasch aufeinanderfolgendes Auf- und Zusammenziehen des Blasbalges bewerkstelligt wird. Wie oft dies zu geschehen hat, hängt selbstverständlich von dem Emanierungsvermögen des Präparates und von der Empfindlichkeit des Elektroskopes ab. Nun beobachtet man die Geschwindigkeit des Zusammenfallens der Blättchen während 54 Sekunden und ebenso in den folgenden gleichen Zeitabständen. Die Schüler werden nunmehr aus eigener Beobachtung erkennen, daß die Strahlung bzw. die Aktivität der Emanation nach einem Exponentialgesetz abklingt. Es wird von ihren mathematischen Kenntnissen abhängen, ob auch die mathematische

Formulierung dieses Gesetzes $\left(\frac{J_t}{J_0} = e^{-\lambda t}\right)$ besprochen werden kann. Wenngleich das

Zerfallen der Emanation nur mittelbar, durch das Abklingen der Aktivität und nicht durch den direkten Nachweis ihrer Zerfallsprodukte, bewiesen wird, so wird zweifelsohne der bestimmte Eindruck entstehen, daß hier ein Stoff entsteht und rasch wieder vergeht. Dadurch wird den Schülern ein wertvoller Stützpunkt für das Begreifen der Zerfallstheorie der Elemente geboten. Im Lichte dieser Theorie werden sie auch die Bedeutung

der Zerfallskonstante (λ), der mittleren Lebensdauer $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ und des radioaktiven Gleichgewichtes erfassen.

Quantitative Synthese des Quecksilberchlorids zum Nachweis des Gesetzes der konstanten Gewichtsverhältnisse.

Von E. Winterhalder in Villingen (Baden).

Die Erarbeitung dieses Gesetzes gipfelt in dem Nachweis, daß die Zahlen, nach denen sich irgend zwei Elemente mit einer bestimmten Menge eines dritten (des Bezugslements) verbinden, auch für die Verbindung dieser Elemente untereinander gelten; indessen ist die Zahl der wirklich durchführbaren Verfahren ziemlich gering. Die von mir in dieser Zeitschrift (36, 117) beschriebene indirekte Synthese des Wassers liefert unmittelbar die Äquivalent- bzw. Verbindungsgewichte des Wasserstoffs, Sauerstoffs und Quecksilbers. Ebenso läßt sich auf nachfolgend dargelegte Weise unschwer das Verbindungsverhältnis zwischen Quecksilber und Chlor bestimmen. Nimmt man dazu noch jenes zwischen Wasserstoff und Chlor, das ja in jedem Unterricht irgendwie ermittelt wird, so hat man eine ganze Auswahl brauchbarer quantitativer Beziehungen zwischen den vier genannten Elementen. Am einfachsten gestaltet sich die Auswertung dieser Untersuchungen, wenn man ihnen dieselbe Quecksilbermenge zugrunde legt (z. B. 0,463 g entsprechend 0,5 g Oxyd), indem die dabei auftretenden Raummengen Wasserstoff, Chlor und Sauerstoff sich wie 2 : 2 : 1 verhalten.

Die quantitative Synthese des Quecksilberchlorids wird wie alle quantitativen Versuche mit Chlor vor allem durch die starke Löslichkeit desselben in Wasser erschwert; durch Verwendung völlig konzentrierter Kochsalzlösung als Sperrflüssigkeit kann sie indessen auf ein hinreichend geringes Maß herabgedrückt werden. Nicht weniger mißlich ist der Umstand, daß Chlor fast alle Stoffe, vor allem auch Gummi stark angreift, wodurch beträchtliche Verluste an Chlor entstehen. Es kommt daher an zu verhindern, daß das Chlor während des Versuchs mit solchen Stoffen in Berührung kommt, was sich auf folgende Art leicht erreichen läßt.

Als Reaktionsraum für die Synthese (wie übrigens auch für die Reduktion des Quecksilberoxyds durch Wasserstoff) verwendet man am besten eine Röhre (Probierglas) aus Jenaer Geräteglas von 160—180 mm Länge und 16—18 mm Durchmesser (Figur), das einerseits in ein kurzes Ansatzrohr (*R*) übergeht.

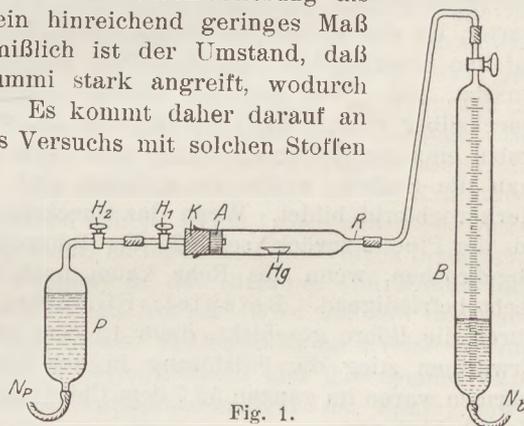


Fig. 1.

An die Stelle des Verbindungsschlauches mit der Chlorbürette (*B*) tritt ein passend gebogenes Glasrohr, und zwar werden die Glasröhrenteile durch ganz kurze, aber gute Schlauchstücke so verbunden, daß sie einander möglichst vollkommen berühren, was durch Befeuchten mit Kochsalzlösung erleichtert wird. Der Verschluß der Röhre auf der anderen Seite erfolgt durch einen Gummistopfen (*K*), durch welchen ein Hahnrohr (*H*₁) so hindurchgesteckt wird, daß es auf der anderen Seite noch etwa 1,5 cm herausragt. Um diesen Teil wickelt man einen ebenso breiten Streifen mäßig starker Asbestpappe zu einer festen Rolle (*A*) auf, die gerade noch in das Rohr hineingeht. Ihr etwas zugespitztes Ende läßt sich durch bloßes Befeuchten dauernd festkleben. Diese Rolle verhindert den Zutritt des Chlors zum Gummistopfen, der die eigentliche Dichtung bewirkt. Das Hahnrohr wird auf der andern Seite, Glas an Glas wie oben, mit einer kleinen Pipette (*P*) verbunden. Als solche verwende ich ein zylindrisches Gefäß von etwa 50 ccm Inhalt, das oben ein engeres, rechtwinklig gebogenes, unten ein weiteres Ansatzrohr für den Verbindungsschlauch mit dem Niveauglas besitzt.

Zur Ausführung des Versuchs füllt man in die Bürette die erforderliche Menge Chlor ein (aus Permanganat und Salzsäure in einem kleinen Probierglas mit seitlichem Ansatzrohr und Tropftrichter) und stellt die Verbindung mit der Röhre her. Zu

0,463 g Quecksilber sind je nach den Umständen 100—120 ccm Chlor erforderlich. Dann, sofern es nicht bereits vorher geschehen ist, wägt man in einem möglichst kleinen Schiffchen — geeignet sind solche aus Berliner Porzellan von 46 mm Länge, 9 mm Breite und 8 mm Höhe — das Quecksilber ab. Dies läßt sich sehr rasch und genau bewerkstelligen, wenn man dasselbe aus dem Tropfglas aus geringer Höhe in eine Schale mit flachem Boden fallen läßt, wobei sich Tröpfchen von verschiedenster Größe bilden, die man nach Bedarf mit der Quecksilberzange aufnimmt. Das Schiffchen wird nun in die Röhre hineingebracht und diese verschlossen. Dann öffnet man den Bürettenhahn und läßt etwa soviel Chlor durch die Röhre hindurchtreten, als der Inhalt derselben beträgt, also ungefähr 30 ccm. Ein geringer Luftgehalt des Chlors beeinträchtigt das Ergebnis keineswegs. Um das dabei in geringer Menge entweichende Chlor unschädlich zu machen, versieht man das Hahnrohr H_1 mit einem kurzen Schlauchstück, das anderseits in ein mit Ammoniakflüssigkeit getränktes Schwämmchen gesteckt ist. Hierauf wird der Hahn H_1 geschlossen, rasch der Stand des Chlors abgelesen und die Verbindung mit der vollständig gefüllten Pipette hergestellt. Nachdem man das Niveauglas derselben entsprechend gesenkt hat, führt man ungefähr 10—15 ccm Chlor in sie über unter Markierung des entstandenen Niveaus. Das Quecksilber wird jetzt recht vorsichtig erhitzt, wobei man den Brenner stets in der Hand behält. Bald beginnt das Aufwirbeln der Chloriddämpfe, gleichzeitig zerreißt die graue Kruste, mit der sich das Quecksilber bedeckt hat, und die Sperrflüssigkeiten beginnen zu steigen. Jetzt nimmt man die Flamme weg und wartet, bis das Steigen nachläßt. Dann bringt man das Chlor in der Pipette wieder auf den ursprünglichen Stand zurück und erhitzt von neuem, bis die Reaktion wieder einsetzt, usf. Man darf nie solange erhitzen, bis die gelbgraue Kruste auf dem Quecksilber vollständig verschwunden ist, weil dann das Quecksilber in Brand gerät, wobei einzelne Tröpfchen fortspritzen. Sollte dies trotzdem einmal eintreten, so muß man die Stellen, wohin sie gefallen sind, nochmals erhitzen, da sich sonst z. T. Merkurochlorid bildet. Wenn das Quecksilber aufgebraucht ist, saugt man das Chlor aus der Pipette zurück, schließt das Hahnrohr H_1 und läßt erkalten. Der Versuch wird abgebrochen, wenn das Rohr kaum noch fühlbar warm ist; das Ergebnis ist dann recht befriedigend. Beispiel: Es wurden vor Anschluß der Pipette 30 ccm Chlor durch die Röhre geschickt, dann 12 ccm in die Pipette gedrückt. Nach dem ersten Erwärmen stieg die Salzlösung in der Bürette um 9 ccm. Nach dem letzten Erwärmen waren im ganzen 52,7 ccm Chlor verbraucht; die berechnete Menge für 0,463 g Hg ist 51,8 ccm.

Ein regelmäßiger Mehrverbrauch von 1—2% Chlor ist im wesentlichen auf Absorption zurückzuführen. Man kann den Fehler daher etwas verringern, wenn man auch in die Pipette vorher etwas Chlor einfüllt und die Kochsalzlösung durch Schütteln teilweise mit Chlor sättigt. Nach Beendigung des Versuchs wird das Niveauglas der Bürette tief gesenkt und das Hahnrohr H_1 geöffnet; dadurch wird das Chlor fast vollständig in die Bürette gesaugt, so daß man den Apparat ohne Belästigung zwecks Besichtigung des gebildeten Chlorids auseinander nehmen kann. Zur Ausführung durch Schüler ist der Versuch natürlich kaum geeignet; anderseits besteht kein Bedenken, daß man diese während desselben an den Apparat herantreten läßt, um den Verlauf des Vorgangs zu beobachten.

Für die Praxis.

Selbstblasende Sirenen. Von H. Hermann in Tübingen. Solche Sirenen (vgl. ds. Ztschr. 35, 116; 1922), trommelförmig mit Elektromotor, liefert die Telephonfabrik Mix & Genest A.-Ges. in Berlin-Schöneberg. Sie eignen sich außer zum Gabelzeichen

(vgl. dazu auch LANDAU, *ds. Ztschr.* 25, 299; REBENSTORFF 30, 146) als Schallquelle für Szymanskische (*ds. Ztschr.* 1, 149) Schallventilmanometer. Ein Ventilmanometer, das in der Mundhöhle beim Anrufen kräftig anspricht, spricht noch $1\frac{1}{2}$ m von der Sirene ebenfalls an, wenn man folgendermaßen verfährt. Die Sirene wird in eine Kiste gesetzt, damit die von ihr verursachten Luftströmungen nicht unmittelbar auf das Manometer wirken. Neben der Kiste in $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ m Entfernung steht der Manometertrichter mit dem Ventil; die Trichteröffnung und die Kistenöffnung sind parallel gerichtet, z. B. beide nach oben. Ferner wird ein Reißbrett als Reflektor in der dem Reflexionsgesetz entsprechenden Stellung zu den beiden Öffnungen aufgestellt. etwa $\frac{3}{4}$ m von ihnen entfernt. Man läßt die Sirene mit zugedeckter Saugöffnung anlaufen und gibt diese Öffnung frei, solange volle Schallstärke erforderlich ist. Übrigens ist in geschlossenem Raum bei weitem nicht die ganze Betriebsspannung anwendbar; auch muß der Versuch in einer Pause gemacht werden. Bei Anwesenheit von Schülern ist es bedenklich, das Schutzdrahtnetz zu entfernen. Die schwere Sirenentrommel hat auch ohne Motorantrieb, beim bloßen Andrehen mit den Fingern so viel Wucht, daß ein in eine Öffnung gebrachter Finger schwer verletzt werden könnte.

Nachweis der Zug- und Druckwirkung im magnetischen Kraftfeld. Von **Arnold Deutscher** in Wien X. Verwendet wurde eine Spule von 6 cm Wicklungslänge, 4,5 cm lichter Weite, mit 230 Windungen 2 mm starken Kupferdrahts, die bei einer Strombelastung von etwa 20 Ampère einen Eisenkern von 2,5 kg frei schwebend zu tragen vermag. Um die Zugwirkung längs der Kraftlinien zu zeigen, hält man bei horizontal liegender Spule an beide Enden je eine Eisenkugel von 4 cm Durchmesser, diese werden bei Erregung der Spule in diese förmlich hineingesaugt. Bei senkrecht stehender Spule kann man eine Kette von 5—6 solcher Kugeln bilden, die dann im inneren Spulenraum frei schwebt. Die Druckwirkung quer zu den Kraftlinien zeigt man mit 4—5 walzenförmigen Eisenstäben von je 10 cm Länge und 1 cm Dicke. Wird dieses Bündel in die erregte Spule gebracht, so legen sich die Walzen (manchmal mit etwas Nachhilfe, um die Enden zu trennen) in der Richtung von Mantellinien an die innere Fläche der Spule symmetrisch verteilt fest an. Wird nun mit der Hand eine dieser dünnen Eisenwalzen entlang der inneren Spulenfläche im Kreise herumgeführt, so wandern alle anderen mit, wobei sie ihren Abstand und ihre symmetrische Lage beibehalten. Erwünscht wären größere Radialabmessungen der Spule, sowie recht glatte Flächen im Spuleninneren und an den Walzen.

Einfache Versuche über Wirbelströme. Von **Arnold Deutscher** in Wien X. Man stelle einen kräftigen Hufeisenelektromagneten so auf, daß seine Pole nach oben weisen. Eine Länge des Eisenkernes von 12 cm und ein Durchmesser von 2 cm genügen; die Pole haben etwa 10 cm Abstand. Eine Kupfer- oder noch besser eine Aluminiumscheibe von etwa 15 cm Durchmesser und 3 mm Dicke wird in ihrem Zentrum an einem 2—3 m langen Faden so befestigt, daß sie wie ein Pendel in der Ruhelage symmetrisch über dem Elektromagneten, möglichst nahe und horizontal über den Polen, schwebt; bringt man die Scheibe durch Drillen des Fadens in Rotation oder versetzt sie in Pendelschwingungen senkrecht zur Verbindungslinie der Pole, so kommt sie bekanntlich beim Schließen des Stroms fast plötzlich zur Ruhe. Schaltet man aber nur einen Magnetschenkel in den Stromkreis ein, stellt ihn etwa 1 oder 2 cm exzentrisch zum Scheibenzentrum auf und drillt den Faden kräftig, so wird im Moment der Magneterregung die rotierende Scheibe in einer schönen Spiralbewegung hinausgeworfen und beschreibt dann meistens eine Ellipse, wobei sie das intensivste Kraftfeld meidet. Es ist dies die Umkehrung zu dem bekannten Versuch mit ARAGOS-Scheibe.

Benützt man beide Magnetschenkel und zwar in unsymmetrischer Lage, so kann man recht komplizierte Pendelbewegungen erzielen. Alle diese Versuche eignen sich auf der Oberstufe als Ergänzungen zum LENZschen Gesetz und sind mit den einfachsten Mitteln durchführbar.

Thermoströme aus Kohlenstäben. Von **Arnold Deutscher** in Wien X. Neben dem gebräuchlichen Thermoelement wird man im Unterrichte auf der Oberstufe auch zeigen, daß durchaus nicht zwei verschiedene Metalle nötig sind, um Thermoströme zu erzeugen, sondern daß es genügt, einen der kupfernen oder eisernen Anschlußdrähte eines Galvanometers zuerst an dem freien Ende zu erhitzen, sodann mit dem kalten Ende des andern Drahtes zu berühren, worauf das Instrument Strom anzeigt. Viel stärkere Ströme erhält man aber mit Kohlenstiften, die man wie die Drähte behandelt. Da die elektromotorische Kraft mit dem Temperaturunterschiede zunimmt, empfiehlt es sich, den einen Kohlenstift elektrisch zu heizen, z. B. ihn als positive Lichtkohle im Bogenlicht anzuwärmen, sodann den Lichtstrom zu unterbrechen, indem man die Kohlen der Bogenlampe rasch auseinander zieht und einen dritten kalten Kohlenstift in den noch weißglühenden Krater der positiven Lichtkohle preßt. Der erhaltene Thermostrom ist erstaunlich stark und von ziemlicher Dauer. Das Galvanometer wird hierbei zur Bogenlampe im Nebenschluß geschaltet, jedoch nur der eine Draht mit der positiven Kohle verbunden. Der andere Anschlußdraht des Galvanometers liegt an der dritten kalten Kohle.

Reinigung von Quecksilber. Von **Arnold Deutscher** in Wien X. Um eine rasche Reinigung des Quecksilbers zu erzielen, sind zwei Möglichkeiten offen: entweder sehr lange Wege in der Waschflüssigkeit, oder sehr weitgehende Zerstäubung des Quecksilbers. Der erste Weg hat zur Konstruktion von Waschapparaten mit mehrere Meter langen Röhren, oder auch mit Spiralaröhren zur Aufnahme der Waschflüssigkeit geführt; jedenfalls sind dies recht unhandliche und teure Vorrichtungen. Diese langen Wege sind bedingt durch die Tropfengröße des Hg, die bei den gebräuchlichen Apparaten meist 2—3 mm beträgt. Der Waschprozeß geht aber nur an der Oberfläche vor sich. Gelingt es also, die Tropfen zu verkleinern, so wird in kurzer Zeit mit kurzen Flüssigkeitsschichten mindestens eine gleich gute Reinigung des Quecksilbers erreicht werden wie in den langen Röhren. Nun ist es nicht gerade leicht, das aus verstellbaren Hähnen oder aus Spitzen ausfließende Quecksilber zu kleinster Tropfenform zu zwingen. Es gelingt aber sehr einfach nach folgender Methode. Ein Glasrichter mit etwa 15 cm Stengellänge wird am Ausfluß mit 2—3fach gelegter fester Leinwand überbunden und in einem Stativ mit schwerem Fuß befestigt; darunter stellt man einen Standzylinder von 40—50 cm Höhe mit der (eventuell erwärmten) Waschflüssigkeit. Gießt man etwas Quecksilber in den Trichter, so durchdringt es die Leinwand und bildet die gewöhnlichen großen Tropfen. Ganz anders aber, wenn man den Trichter so weit senkt, daß er mit seinem Ausfluß unter die Flüssigkeitsoberfläche zu stehen kommt; jetzt tritt das Hg in Form eines feinen grauen Staubes aus, der eine ungemein große Oberfläche für die chemische Angriffstätigkeit bietet. Die Reinigung und das Auswaschen gehen äußerst rasch vor sich. Sehr bequem wäre ein Standzylinder, der unten einen Tubus hat, damit man einen Überfallsyphon für das Quecksilber improvisieren kann. Man spart hierdurch das lästige Ausleeren und Trennen des Quecksilbers von der Waschflüssigkeit. Dieses Verfahren liefert Quecksilber von einer Reinheit, wie sie für Schulzwecke völlig genügt und kann mit den einfachsten vorhandenen Mitteln durchgeführt werden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Glimmlampe als Zählkammer. Von O. v. BAEYER und E. KUTZNER (*Ztschr. für Physik*, 21, S. 46, 1924).

Zum Nachweis und zur Zählung von α -, β -, γ - und Röntgenstrahlen verwendet man meist die von Geiger angegebene Zählkammer, die mit Spitzenentladung arbeitet, oder Kammern, die mit verdünnten Gasen gefüllt sind. Alle diese Apparate sind für Demonstrationen weniger geeignet. Dagegen ist auch zu letzterem Zweck als einfach zu handhabende Zählkammer für durchdringende Strahlen die in dieser Zeitschrift früher (35, Heft 4; 1922) beschriebene Glimmlampe, namentlich die sog. Mikrofonlampe der Julius Pintsch A.-G. in Berlin verwendbar, bei der zwischen ein U-förmiges Eisenblech als Kathode ein zweites ebenes Eisenblech eingesetzt ist. Legt man an die Lampe eine geeignete Gleichspannung (150 bis 200 Volt) unter Vorschalten eines hohen Widerstands (1 bis 10 Megohm), so könnte man die Lampe durch eine ionisierende Strahlung zum Zünden bringen, sie würde aber nicht wieder verlöschen. Um letzteres zu erreichen, legt man parallel zur Lampe oder zu dem hohen Widerstand einen kleinen Drehkondensator (eine schon von Schröter und Vieweg 1923 angewandte Schaltung). Dann fängt die Lampe an periodisch aufzuleuchten. Die Zahl der Zündungen pro Sekunde läßt sich durch Variation von Widerstand, Spannung und Kapazität in weiten Grenzen ändern (Die Erscheinung scheint daher zu rühren, daß beim Zünden der Lampe Schwingungen und dadurch Gegenspannungen hervorgerufen werden.)

Man wählt nun die Spannung so, daß zunächst, bei Ausschluß jeder Strahlung, kein periodisches Zünden erfolgt. Dann setzen beim Nähern eines γ - oder β -Präparats unregelmäßige Zündungen ein, die den einzelnen, die Lampe treffenden Strahlen entsprechen. Vermehrt man die Strahlen, so steigt entsprechend die Zahl der Zündungen bis zu einem durch die Schaltung bedingten Grenzwert (allerdings ist die Zahl dieser Zündungen bei konstanter Strahlungsquelle nur in sehr kleinen Spannungsbereichen von der Spannung unabhängig). Die einzelnen Zündungen kann man mit dem Auge verfolgen oder durch ein eingeschaltetes Telephon hörbar machen; für Demonstrationszwecke schaltet man noch einen Verstärker ein.

Die so hergerichtete Lampe reagiert nicht nur auf die genannten Strahlenarten, sondern auch auf gewöhnliches Licht, und zwar würdigerweise auch auf solche Lichtstrahlen, die nicht dem kurzwelligen Ultraviolett angehören, sondern etwa die Wellenlänge $380 \mu\mu$ haben, während nach gewöhnlicher Angabe die Grenze der lichtelektrischen Empfindlichkeit für Eisen bei $287 \mu\mu$ liegt. Auch wenn keine Bestrahlung stattfindet, treten vereinzelt spontane Zündungen auf, auch werden solche durch elektrostatische

Einflüsse hervorgerufen. Auch normale Beleuchtungsglimmlampen verhalten sich ähnlich wie die oben verwandten, aber weniger zuverlässig. Namentlich hört die Wirksamkeit sofort auf, wenn ein Isolationsfehler zwischen den Elektroden vorhanden ist.

Über die Geeignetheit des Verfahrens zu quantitativen Messungen werden noch weitere Untersuchungen angestellt. P.

Elektrische Ventile und Gleichrichter. Hierüber macht A. GÜNTHER-SCHULZE in den „*Naturwissenschaften*“ 12, Heft 3 (1924) ausführliche Mitteilungen, denen wir folgende Angaben entnehmen.

Elektrische Ventile sind solche Vorrichtungen, die dem Durchgang des Stroms bzw. der Elektronen oder Ionen in den beiden entgegengesetzten Richtungen ein verschiedenes großes Hindernis bieten. Dies ist nur möglich, wenn die beiden Elektroden verschiedenartig sind. In Betracht kommen folgende Verbindungen: Metall-Metall, Metall-Gas, Metall-Elektrolyt, Gas-Elektrolyt; die Verbindungen Gas-Gas und Elektrolyt-Elektrolyt sind bisher nicht für den genannten Zweck verwandt worden. Ihre Hauptanwendung finden die elektrischen Ventile als Gleichrichter, die schon aus dem Grunde, weil sie automatisch funktionieren, vor den rotierenden Umformern den Vorzug verdienen, ihnen aber auch an Wirkungsgrad beträchtlich überlegen sind.

1. Die Verbindung Metall-Metall ist nur durch Vermittlung der Thermokräfte zu einer Art von Ventil geeignet. Man bringt zwei Berührungsstellen eines Metalls mit einem zweiten durch den hindurchgeschickten Wechselstrom auf verschiedene Temperaturen; gibt man der einen Berührungsstelle einen großen Querschnitt, so daß sie kalt bleibt, der anderen einen sehr geringen, so daß sie sich erhitzt, so erhält man zwischen beiden einen Thermogleichstrom, der sich dem Wechselstrom überlagert. Erst durch Verwendung von Kapazitäten und Induktivitäten oder durch Kombination mehrerer Ventile lassen sich beide Ströme trennen. Der Vorgang ist in den „*Thermogalvanometern*“ zur Messung geringer Wechselströme angewandt worden.

2. Auf der Verbindung Metall-Gas beruhen die wichtigsten Ventile und Gleichrichter. Ihre Wirksamkeit rührt daher, daß die Elektronen in einem auf gewöhnlicher Temperatur befindlichen Metalle ohne besondere Vorkehrungen nicht imstande sind, in das Gas überzutreten, während sich die im Gase befindlichen Elektronen ohne weiteres in das Metall begeben können. Um aber dem Gase beständig neue Elektronen zuführen zu können, bedarf es einer besonderen, der eigentlichen Ventilelektrode gegenübergestellten Zuführungselektrode, aus der die Elektronen unter geringem Spannungsverlust in das

Gas übertreten können; dies wird auf eine der folgenden fünf Arten ermöglicht.

a) Die lichtelektrischen Ventile. Die Elektronen, die in den elektropositiven Metallen nur lose mit den Atomen verbunden sind, geraten unter der Einwirkung des Lichtes in Resonanzschwingungen, so daß sie, wenn das mit ihnen behaftete Atom an der Oberfläche liegt, aus dem Metall herausfliegen. ELSTER und GEITEL haben nach diesem Prinzip empfindliche photoelektrische Zellen hergestellt, indem sie die innere Wandung eines mit stark verdünntem Wasserstoff gefüllten Glasgefäßes mit einer Kaliumschicht überzogen und diese mittels eines Glimmstroms mit einem hochlichtempfindlichen Überzug bedeckten. Wurde nun der Wasserstoff durch sehr verdünntes Helium oder Argon ersetzt (da der Überzug in einer Wasserstoffatmosphäre seine Empfindlichkeit mit der Zeit verliert), und der Kaliumelektrode als zweite Elektrode ein Drahtnetz gegenübergestellt, so erhielt man ein recht vollkommenes Ventil, das allerdings nur für sehr schwache Ströme verwendbar ist, entsprechend der geringen Menge der lichtelektrisch ausgestrahlten Elektronen.

b) Die glühelektrischen Ventile. Bei ihnen kommt das Wehnelt'sche Glühkathodenrohr zur Verwendung. Die Glühkathode besteht aus einem schraubenförmigen Iridiumdraht, der mit einem Erdalkali von geheimgehaltener Zusammensetzung bedeckt ist; sie wird durch einen besonderen Heizstrom auf Gelbglut erhitzt und gibt dann schon bei geringem Spannungsgefälle große Mengen von Elektronen ab. Die Anode besteht aus Eisen. Die Füllung ist bei Anschluß an 110 oder 220 Volt Wechselspannung Argon von 1 bis einigen mm Druck, für Hochspannung Neon von noch geringerem Druck. Diese Wehneltgleichrichter sind schon bei den geringsten Strömen wirksam. Die von der Akkumulatorenfabrik A. G. hergestellten Niederspannungstypen sind für Gleichstromstärken bis 3, 6, 10 und 20 Amp. eingerichtet und liefern 35 bzw. 80 oder 110 Volt. Die Hochspannungstypen liefern 1 Amp. bei 3000 Volt. Die Lebensdauer ist infolge des langsamen Verschwindens der Gasfüllung während des Betriebes begrenzt. Sie beträgt bei der Niederspannungstypen 800, bei der Hochspannungstypen 200 Betriebsstunden.

c) Die Glimmlichtventile (vgl. *ds. Zeitschr.* 35, 168) beruhen darauf, daß durch ein verdünntes Gas so lange kein selbständiger Strom zu fließen vermag, als nicht eine ganz bestimmte Spannung an der Kathode, der sogenannte normale Kathodenfall, erreicht ist. Dieser ist nur durch die Art des Gases und das Material der Kathode bedingt. Man erhält ein Ventil, wenn man zwei Elektroden wählt, von denen die eine, z. B. Kalium, einen sehr niedrigen, die andere, z. B. Eisen, einen viel höheren normalen Kathodenfall hat. Bleibt die gleichzurichtende Spannung unter dem letzteren, so vermag nur in der einen Richtung Strom zu fließen. Beim Ansteigen der Stromstärke, bis die ganze Kathode mit Glimmlicht bedeckt ist, steigt auch der Ka-

thodenfall (anormaler Kathodenfall). Stellt man zwei Elektroden aus gleichem Material, aber verschieden großen Oberflächen einander gegenüber, so wird bei gleicher Spannung in der einen Richtung eine sehr große, in der anderen eine sehr geringe Stromstärke hindurchgelassen. Bei den Gleichrichtern der Julius Pintsch A. G. und der Osram G. m. b. H. sind beide Verfahren kombiniert. Die Kathode besteht bei den Gleichrichtern für 220 Volt Wechselspannung aus einem großen zylindrischen Blech aus reinem Eisen, das für 110 Volt nach innen mit einer bei Zimmertemperatur flüssigen K-Na-Legierung überzogen wird. Die Anode ist ein dünner Eisenstab mit einer Schutzhülle aus Porzellan bedeckt, die nur die Spitze freiläßt. Die Füllung besteht aus stark verdünntem Neon. Die Verwendbarkeit geht bis 0,3 Amp., die Verwendung für stärkere Ströme stößt auf Schwierigkeit, da die erforderlichen Abmessungen zu groß werden. Auch ist der Wirkungsgrad recht gering.

d) Die Lichtbogenventile. Die Elektronenerzeugung durch den Kathodenfleck eines Lichtbogens ist die ergiebigste von allen und demzufolge auch die Lichtbogenventile die wichtigsten, sie werden zum Gleichrichten von Strömen bis zu mehr als 1000 Amp. benutzt. Um die Erforschung der physikalischen Eigenschaften solcher Ventile ist der Verfasser des Aufsatzes besonders bemüht gewesen. Der gewöhnliche Lichtbogen wirkt in der Regel nicht als Ventil. Sobald man aber zu Abständen der Elektroden von mehr als 4 mm übergeht und nur die eine Elektrode aus Kohle, die andere aus Metall wählt, so geht der Strom nur in der Richtung über, in der die Kohle Kathode ist. Die Erklärung hierfür stützt sich auf die beiden Umstände, daß die Wärmeleitfähigkeit der Kohle sehr viel schlechter ist als die der Metalle, und daß die Temperatur von etwa 3000°, die für eine hinreichende Elektronenemission erforderlich ist, unterhalb der Siedetemperatur der Kohle, aber weit über der der meisten Metalle liegt. Infolgedessen werden die Oberflächenteilchen der Metallkathode, wenn durch Aufprall der Kationen die genügend hohe Temperatur erreicht ist, als kräftiger Dampfstrahl weggeschleudert. Mit dem Aufhören des Ionenaufpralls verschwindet aber die hohe Temperatur und der Strom kann nur auf dem Umwege über die sehr viel mehr Spannung verbrauchende Glimmentladung von neuem entstehen. Bei der Kohle dagegen bleibt über eine halbe Periode hinaus soviel von der Temperatur übrig, daß der Strom, wenn auch zuerst mit erhöhter Spannung, wieder einsetzen kann.

Jeder Metallkohlenbogen läßt sich also als Gleichrichter verwenden. Das Quecksilber hat vor den anderen Metallen voraus, daß es nach dem Verdampfen immer wieder sich an den Wänden niederschlägt und zur unten angebrachten Quecksilberkathode zurückkringt, daß zweitens der Spannungsverlust im reinen Quecksilberdampf sehr gering ist, drittens infolgedessen die Anode von der Kathode genügend weit entfernt

bleiben kann, so daß sie von der Kathodenstrahlung nicht mehr getroffen wird, und viertens die Anode verhältnismäßig kalt bleibt. Über die Wärmevergänge in der Kathode vgl. den Bericht in d. Ztschr. 36, 200, woraus hervorgeht, daß der überwiegende Teil des Stromes durch Kationen transportiert wird, die auf die Kathode zufliegen, während gleichzeitig Elektronen in geringerer Zahl auf die Anode übergehen; doch kommen wegen ihrer großen Geschwindigkeit hauptsächlich die letzteren für den Stromtransport in Frage. Über die Temperaturen im Lichtbogen vgl. ebenfalls die Berichte a. a. O.

Fremdgase, die dem Lichtbogen zugesetzt werden, bewirken einen Spannungsverlust, infolge des Energieverlustes durch Zusammenstoß der Elektronen mit den Molekülen des Fremdgases und auch wegen der größeren Wärmeleitfähigkeit der letzteren, so daß z. B. in Sauerstoff bei 60 Volt Spannungsverlust der Lichtbogen noch völlig lichtlos ist. Ferner bewirken die Fremdgase eine Verschlammlung des zerstäubten Quecksilbers. Hieraus entspringen Störungen, die die Wirkung des Gleichrichters stark beeinträchtigen können.

In bezug auf die Anode ist das wichtigste Ergebnis der Versuche, daß die unterste Grenze für die Anregung der Atome oder Moleküle durch Elektronenstoß bei 4,68 Volt Spannung liegt; schon wenig darüber beginnt die Ionisierung. Von größerer Bedeutung sind die Vorgänge an der Kathode der Spannungsrichtung, d. h. der sogenannten Anode des Gleichrichters. Der Verwendbarkeit des Gleichrichters wird dadurch ziemlich früh eine Grenze gesetzt, daß sich der Glimmstrom bei einer bestimmten Spannung in den punktförmig auf der Kathode aufsitzen Lichtbogenstrom zusammenzieht. Der Strom schwillt dadurch gewaltig an, die Gleichrichtung hört auf und es tritt die gefürchtete Rückzündung ein. Immerhin lassen sich bei guter Kühlung noch Wechselspannungen von 20 000 Volt ohne Gefahr gleichrichten. Namentlich Fremdgase und Unreinigkeiten an der Kathode erleichtern andererseits das Umschlagen in die Lichtbogenentladung. Die Dichtung gegen das Eindringen von Fremdgasen (Luft) wurde neuerdings dadurch gesichert, daß es gelang, eine Glassorte, das sogenannte Molybdänglas herzustellen, in das sich Molybdänstäbe luftdicht einschmelzen lassen. Ferner hat es sich bewährt, eine becherförmige Platinkappe am dünnen Rande ringsum mit der Glaswand zu verschmelzen und die stromzuführenden Metallstäbe mit dem Boden der Kappe zu verschweißen. Man hat so Apparate hergestellt, die sich betriebsmäßig bis 250 Amp., probeweise sogar bis zu 500 Amp. tauglich erwiesen haben. Großgleichrichter mit Eisengehäusen, bei denen die Elektroden durch große Porzellanisolatoren gegen das Gehäuse isoliert sind, hat man sogar für Stromstärken bis 2000 Amp. hergestellt.

Zwischen Glimmlicht- und Quecksilberdampfgleichrichter steht der Argonalgleichrichter, der von den deutschen Telephonwerken hergestellt

wird. Er enthält neben dem Quecksilberdampf als Füllung Argon und einen Zusatz von metallischem Natrium zum Quecksilber der Kathode; infolgedessen bleibt er bei noch viel geringeren Strömen als der Dampfgleichrichter betriebsfähig; auch besitzt er eine besondere Zündanode, die den Gleichrichter, wenn er einmal erlischt, automatisch wieder einschaltet.

e) Funkenventile. Ein Funke ist physikalisch als fast momentaner Übergang einer Glimmentladung in einen Lichtbogen und dessen unmittelbar darauf folgendes Erlöschen infolge von ausbleibender Energienachlieferung anzusehen. Da die Glimmentladung bei einer bestimmten Feldstärke an der Kathode einsetzt und diese an einer Spitze viel größer ist als an einer Platte, so erhält man ein Ventil, wenn man Spitze und Platte bei Atmosphärendruck einander gegenüberstellt. Eine Störung des Betriebes durch die hohe Temperatur des Lichtbogens vermeidet man nach WOLCOTT und ERIKSON dadurch, daß man einen Lichtstrom von der Spitze zur Platte bläst.

3. Metall-Elektrolyt. Die Ventilwirkung beruht darauf, daß jedes Anion oder Kation bei gegebener Konzentration des Elektrolyten zu seiner Abscheidung einer ganz bestimmten Spannung bedarf. Durch eine Zelle mit saurer Kupfersulfatlösung zwischen Platin und Kupfer fließt z. B. ein Strom vom Kupfer zum Platin schon bei der geringsten Spannung, dagegen muß in der Richtung vom Platin zum Kupfer die Zersetzungsspannung des Wasserstoffes an der Platinelektrode 0,8 Volt betragen, ehe ein Strom zu fließen vermag. Der Strom in der Richtung Kupfer-Platin schlägt aber Kupfer auf dem Platin nieder, der Strom vermag nunmehr auch in der entgegengesetzten Richtung ohne merkliche Mindestspannung zu fließen, die Kombination ist also zum Gleichrichter unbrauchbar. Brauchbar dagegen sind z. B. Ventile mit Quecksilber, das von geeigneten Kathodenflächen nahezu vollständig herabrinnt, so in einer Zelle aus Quecksilberelektrode, Platiniridiumelektrode und dem komplexen Salz K_2HgI_4 als Elektrolyt, wenn die erstere Elektrode am Boden des Gefäßes angebracht ist; der Strom kann dann in der Richtung vom Hg zum PtIr mit beliebig geringer Spannung beliebig lange ohne Änderung der Zelle fließen, während die entgegengesetzte Stromrichtung eine minimale Zersetzungsspannung von 0,6 Volt erfordert. Die Verwendbarkeit als Ventil stellt sich jedoch erst her, wenn durch die Zelle eine gewisse geringe Strommenge geflossen ist. Dies ist bei der Umformung von Wechselstrom störend, da bei fünfzigperiodischem Wechsel der Strom ziemlich stark sein muß, um in der kurzen Zeit eines Wechsels jedesmal die erforderliche Elektrizitätsmenge zu liefern.

4. Gas-Elektrolyt. Die Wirkung der sogenannten Elektrolytgleichrichter scheint nach einer Theorie von GÜNTHER-SCHULZE darin zu bestehen, daß Elektrolyt und eine Elektrode durch einen sehr dünnen Gasraum voneinander

getrennt sind. Diese Anordnung bildet sich selbsttätig bei der Formierung des einen Ventilmaterials. Aus der Fülle denkbarer Kombinationen dieser Art haben sich jedoch nur zwei als brauchbar erwiesen, nämlich Aluminium in Ammoniumborat und in Ammoniumkarbonat; doch nimmt selbst bei diesen der Wirkungsgrad bei Dauerbelastung sehr schnell auf unzureichende Beträge ab, ihr Anwendungsgebiet liegt nur da, wo gelegentlich Gleichstrom in geringen Mengen gebraucht wird, beispielsweise zum Laden einzelner kleiner Akkumulatoren. Das gleiche gilt bezüglich des Tantalgleichrichters.

5. Detektoren. Dies sind bekanntlich Vorrichtungen, die Hochfrequenzschwingungen in sehr geringer Intensität nachzuweisen ge-

statten. Nur die Kontaktdetektoren beruhen auf echter Ventilwirkung. Sie zerfallen in Ventildetektoren mit einer Flüssigkeit, wie die Schlämmlchzelle, und in solche mit sich berührenden Halbleitern wie Graphit, Silizium, Karborundum, Tellur, Blenden und Kiesen. Ihre Wirkung gründet sich nach den Forschungen von ROTHE und HOFFMANN und der Theorie von SCHOTTKY auf den unmittelbaren Übergang von Elektronen unter der Einwirkung außerordentlich hoher Feldstärken in den sehr dünnen Ionenschichten zwischen den Elektronen, indem die für den Übergang erforderliche Feldstärke in der einen Richtung größer als in der andern ist. Eine genauere Theorie der Erscheinungen steht indessen noch aus. P.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die elektrische Struktur der Materie. Über dieses Thema hat bei der Eröffnung der letzten Versammlung der British Association zu Liverpool am 12. September 1923 SIR ERNEST RUTHEFORD eine inhaltreiche Rede gehalten, deren Wortlaut in ausgezeichnete Übersetzung in der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“, 12 (1924), Heft 1, veröffentlicht ist. Der Vortrag schildert die Entwicklung unserer Kenntnis vom Bau der Atome von der Entdeckung der selbständigen Existenz des Elektrons (1897) an, er behandelt insbesondere den Nachweis, daß die α -Strahlen der radioaktiven Körper geladene Heliumatome sind und als Geschosse zur Zerlegung gewisser anderer Atome dienen können, die Bestimmungen von Ladung und Masse der Atome, die Untersuchungen über den Kern des Wasserstoffatoms (das „Proton“), die Ermittlung der Kernladungszahl der Atome mit Hilfe der Röntgenstrahlen, die Bedeutung der Quantentheorie und das Bohrsche Atommodell, die Aston'schen Forschungen über Isotopie u. a. m. Höchst interessant sind die Ausblicke auf die nächsten weiteren Aufgaben der Forschung, die den Schluß des Vortrags bilden. Wir entnehmen daraus die folgenden Ausführungen:

„Während wir darauf vertrauen dürfen, daß das Proton und das Elektron beim Aufbau aller Kerne die letzten Einheiten sind, und wir mit einiger Sicherheit die Anzahl von Protonen und Elektronen in den Kernen aller Atome ableiten können, haben wir nur geringe, wenn überhaupt irgendwelche Kenntnis von der Verteilung dieser Einheiten in dem Atom oder von der Natur der Kräfte, die sie im Gleichgewicht halten. Während es bekannt ist, daß das Gesetz des umgekehrten Quadrates für die elektrischen Kräfte in einigem Abstand von dem Kerne gilt, scheint es sicher, daß das Gesetz innerhalb des Kerns nicht zutrifft. Gewisse Einzelheiten beim Zusammenstoße zwischen α -Teilchen und Wasserstoffatomen, wobei die Kerne sehr dicht aneinander herankommen, zeigen, daß die zwischen den Kernen wirkenden Kräfte schließlich sehr viel rascher wachsen, als nach dem Gesetze vom umgekehrten Quadrat zu

erwarten ist, und es kann sein, daß bei den sehr kleinen Abständen zwischen Protonen und Elektronen im Kern neue und unerwartete Kräfte zu Bedeutung gelangen. Bis wir Genaueres wissen von der Natur der Kräfte im Innern des Kerns und von dem Gesetz ihrer Zu- und Abnahme, wird es schwer sein, in der Kenntnis des Kernaufbaues noch weiter zu kommen. Aber andeuten lassen sich gewisse Richtungen, von denen her ein Angriff auf dieses schwierigste aller Probleme einige Aussicht auf Erfolg hat: Ein genaueres Studium der γ -Strahlen aus radioaktiven Körpern gibt vielleicht Aufschluß über die Bewegung der Elektronen im Kerne, und möglicherweise herrschen, wie Ellis angedeutet hat, Quantengesetze im Innern des Kerns wie draußen. Aus den relativen Mengenverhältnissen der Elemente in der Erdrinde hat HARKINS geschlossen, daß Elemente von gerader Atomnummer viel reichlicher vorkommen als Elemente von ungerader — ein Hinweis auf einen deutlichen Unterschied in der Stabilität der beiden Gruppen von Elementen. Jeder Prozeß einer Sternentwicklung ist wahrscheinlich mit dem Aufbau von komplexen Kernen aus einfacheren eng verbunden, und sein Studium daher vielleicht instande, Licht über die Entwicklung der Elemente zu verbreiten.

Der Kern eines schweren Atoms ist zweifellos ein sehr verwickeltes Gebilde, in gewissem Sinne eine Welt für sich, und nur wenig, wenn überhaupt, den gewöhnlichen physikalischen und chemischen Angriffsmitteln zugänglich. Vergewöhnlichen wir uns die Masse eines Kerns im Verhältnis zu seinem Volumen, so scheint seine Dichte viele Billionen mal so groß zu sein wie die unseres schwersten Elementes. Könnten wir aber ein Bild dieses Kerns in ausreichender Vergrößerung herstellen, so würde er wahrscheinlich einen diskontinuierlichen Aufbau zeigen, der eingenommen — nicht ausgefüllt — wird von den winzigen Baueinheiten, den Protonen und Elektronen, die sich in rastloser rapider Bewegung befinden und von den wechselseitig zwischen ihnen winkenden Kräften beherrscht werden.“

Über die Energiebeziehungen, die bei der Bildung und Zerlegung von Atomkernen mitspielen, sagt RUTHERFORD folgendes:

„Die bei der vollkommenen Zerlegung von 1 g Radium insgesamt entwickelte Energie ist viele Millionen mal größer als die bei der vollständigen Verbrennung eines gleichen Gewichts Kohle entwickelte. Diese Energie wird ursprünglich größtenteils in kinetischer Form von schnellen α - und β -Teilchen ausgesendet, und die kinetische Energie dieser Teilchen am Ende, wenn sie durch Masse gebremst werden, in Wärme verwandelt. Da man glaubt, daß die radioaktiven Elemente den gewöhnlichen inaktiven Elementen analog aufgebaut sind, so lag der Gedanke nahe, die Atome aller Elemente enthielten eine ähnliche Konzentration von Energie, deren man habhaft werden würde, wenn man nur eine einfache Methode entdeckt hätte, ihre Zerlegung zu befördern und zu beherrschen. Die Möglichkeit, neuer und billiger Energiequellen für den praktischen Gebrauch habhaft zu werden, war natürlich verlockend für Gelehrte wie für Laien. Es ist schon wahr, daß, wenn wir die radioaktiven Vorgänge im Uran und im Thor beschleunigen könnten, so daß sich die ganze Zerlegung in wenigen Tagen abspielen würde anstatt in Tausenden von Jahrillionen, diese Elemente sehr bequeme Energiequellen von beträchtlicher praktischer Wichtigkeit sein würden. Leider haben wir trotz vieler Versuche nach dieser Richtung hin keinerlei Aussicht, die Zerlegungsgeschwindigkeit dieser Elemente selbst durch die stärksten Laboratoriumsmittel auch nur im entferntesten zu ändern. Mit der Zunahme unserer Kenntnis des Atombaus hat sich unser Standpunkt dieser wichtigen Frage gegenüber allmählich verändert, und heutzutage ist man keineswegs so sicher wie vor einem Jahrzehnt, daß die Atome eines Elementes verborgene Energievorräte enthalten. Es lohnt sich wohl, den Grund für diesen Anschauungswechsel zu erörtern; am besten durch eine interessante Analogie zwischen der Umwandlung eines radioaktiven Kernes und den Veränderungen in der Elektronenanordnung eines gewöhnlichen Atoms. Wir wissen jetzt recht gut: man kann durch ein Elektronenbombardement oder durch geeignete Strahlung ein Atom derartig anregen, daß eines seiner Oberflächenelektronen von seiner gewöhnlichen stabilen Lage weg in eine andere vorübergehend stabile Lage, die sich weiter weg vom Kern befindet, versetzt wird. Dieses Elektron fällt im Laufe der Zeit wieder in seine alte Lage zurück und während dieses Vorganges wird seine potentielle Energie in Strahlung verwandelt. Wir haben Grund zu der Annahme, daß das Elektron in der neuen Lage eine bestimmte mittlere Lebensdauer hat und daß die Aussicht auf seine Rückkehr in die erste Lage von den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit abhängt. In gewisser Hinsicht ist ein „angeregtes“ Atom also einem radioaktiven Atom analog, aber natürlich ist die bei der Zerlegung eines Kernes entbundene Energie von ganz anderer Größenordnung als die

in dem angeregtem Atom durch die Rückkehr des Elektrons ausgelöste. Vielleicht sind Uran und Thor die letzten Überlebenden eines Typus von Elementen, die in längst vergangenen Zeiten zu den weit verbreiteten auf der Erde gehörten, als die Atome, aus denen die Erde jetzt besteht, in der Bildung begriffen waren. Ein Bruchteil der Atome des Uran und Thor, die damals gebildet wurden, hat den langen Zwischenraum infolge der Langsamkeit der Umwandlung überlebt. Man kann sich so vorstellen, daß diese Atome die Stufenfolge von Umwandlungen, die die gewöhnlichen Atome seitdem längst durchlaufen haben, noch nicht abgeschlossen haben, und daß die Atome noch in dem „angeregten“ Zustande sind, in dem die Kerneinheiten noch nicht die endgültigen Gleichgewichtslagen einnehmen, sondern noch einen Überschuß an Energie haben, der nur in der Form der charakteristischen Strahlung aus der aktiven Materie entbunden werden kann. Auf Grund dieser Vorstellung ist die Anwesenheit eines zur Entbindung fertigen Energievorrates nicht eine Eigenschaft aller Atome, sondern nur einer besonderen Klasse von Atomen, wie der radioaktiven, die den endgültigen Gleichgewichtszustand noch nicht erreicht haben.

Man kann einwenden: Die künstliche Zertrümmerung gewisser Elemente durch Bombardement mit schnellen α -Teilchen gibt einen bestimmten Anhalt für einen Energievorrat in gewissen gewöhnlichen Elementen, denn es ist bekannt, daß einige der Wasserstoffkerne, z. B. die aus Aluminium in Freiheit gesetzten, mit so großer Geschwindigkeit herausschießen, daß das Teilchen eine größere Eigenenergie hat als das auslösende α -Teilchen. Leider ist es sehr schwer, darauf eine endgültige Antwort zu geben, ehe wir mehr von den Einzelheiten der Zertrümmerung wissen.

Während der letzten Jahre ist ein anderes Verfahren zum Angriff dieser Frage wichtig geworden, das auf dem Vergleiche der relativen Massen der Elemente beruht. Wir erläutern den Gedanken am besten durch einen Vergleich der Atommassen des Wasserstoffs und des Heliums. Helium ist sehr wahrscheinlich keine letzte Einheit in der Kernstruktur, sondern eine sehr enge Verbindung von vier Wasserstoffkernen und zwei Elektronen. Die Masse des Heliumkernes, 4,00 bezogen auf $O = 16$, ist beträchtlich kleiner als die Masse 4,03 von 4 Wasserstoffkernen. Nach moderner Anschauung sind Masse und Energie eng verknüpft, und dieser Verlust an Masse bei der Bildung des Heliumkernes aus Wasserstoffkernen deutet darauf hin, daß ein großer Energiebetrag in Form von Strahlung beim Aufbau des Heliumkernes aus seinen Komponenten in Freiheit gesetzt worden ist. Es ist leicht, aus diesem Massenverlust zu berechnen, daß die bei der Bildung von 1 g Helium entbundene Energie sogar im Vergleich mit der bei der gesamten Zerlegung von 1 g Radium entbundenen groß ist. Die Rechnung lehrt z. B., daß die bei der Bildung von einem

Pfund Heliumgas entbundene Energie äquivalent ist der Energie, die bei der vollkommenen Verbrennung von etwa 8000 Tonnen reiner Kohle ausgesendet wird. Eddington und Perrin haben die Vermutung ausgesprochen, daß wir hauptsächlich auf diese Energiequelle zu sehen haben, um die Wärmeausstrahlung der Sonne und der heißen Sterne über lange Zeitperioden behaupten zu können. Berechnungen des Wärmeverlustes der Sonne zeigen, daß diese Heliumsynthese nur langsam vor sich zu gehen braucht, um die gegenwärtige Strahlungsgeschwindigkeit auf Tausende von Jahrmillionen zu unterhalten. Freilich sind diese Argumente etwas spekulativen Charakters, denn noch ist kein sicherer experimenteller Nachweis geglückt, daß Helium aus Wasserstoff entstehen kann.

Die Evidenz der Langsamkeit der Sternentwicklung deutet aber mit Sicherheit darauf hin, daß die Heliumsynthese und vielleicht auch die Synthese anderer Elemente von größerem Atomgewicht im Innern heißer Sterne langsam vor sich geht. Während wir in der elektrischen Entladung durch Wasserstoff bei niedrigem Druck die Bedingungen im Innern des heißesten Sternes leicht herstellen können, soweit sie die Bewegungsenergie der Elektronen und der Wasserstoffkerne angehen, können wir doch nicht darauf hoffen, die enorme Strahlungsdichte zu reproduzieren, die im Innern eines Riesensternes herrschen muß. Aus diesen und ähnlichen Gründen kann es sehr schwer, ja sogar unmöglich sein, unter Laboratoriumsbedingungen Helium aus Wasserstoff herzustellen.

Ist die Ansicht über die große Wärmeausstrahlung bei der Heliumbildung richtig, so ist klar, daß der Heliumkern von allen Kernen der stabilste ist, denn um ihn in seine Komponenten zu zerreißen, wäre eine Energie erforderlich, die drei oder vier α -Teilchen entspräche. Überdies — da die Masse des Protons in den Kernen nahezu 1,000 ist anstatt 1,0072, wie im freien Zustande, so muß man viel mehr Energie in das Atom hineinstecken, als es bei seiner Zerlegung in seine letzten Einheiten hergibt. Im Sauerstoffatom dagegen, das wir aus vier Heliumkernen als sekundären Einheiten aufgebaut annehmen können, ändert sich die Masse bei seiner Synthese aus bereits gebildeten Heliumkernen so wenig, daß wir nicht sicher sein können, ob durch die Zerlegung in die Heliumkerne ein Gewinn oder ein Verlust an Energie eintreten wird; aber auf alle Fälle wird die Energie sehr viel kleiner sein als die zur Synthese des Heliums aus Wasserstoff erforderliche. Unsere Kenntnis der Energieänderungen bei dem Aufbau oder bei der Zerlegung von Atomen ist bisher zu problematisch, als daß wir sehr entschiedene Ansichten über die sich hieran knüpfenden zukünftigen Möglichkeiten haben könnten.“ —

„Nichts läßt darauf schließen, daß die Periode der großen Fortschritte zu Ende ist. Nie war der Enthusiasmus der Gelehrten größer, und nie war die Erwartung großer unmittelbar bevorstehender

Fortschritte hoffnungsvoller. Dieses Gefühl ist zweifellos zum Teil den großen Verbesserungen der technischen Verfahren während dieser Epoche zu danken, denn Probleme, die zu Zeiten unangreifbar schienen, scheinen jetzt den neuen Methoden weichen zu müssen. Im großen und ganzen war dieses Zeitalter, das wir hier betrachten, eine Periode des Experiments, wo der Experimentator der Pfadfinder beim Angriff auf neue Probleme gewesen ist. Aber gleichzeitig war es auch ein Zeitalter kühner theoretischer Gedanken, wie die Quantentheorie und die Relativitätstheorie so deutlich zeigen.“

„Von großem Interesse war es, die verhältnismäßige Einfachheit der Gedanken zu bemerken, die schließlich aufgetaucht sind. Niemand hätte z. B. voraussagen können, daß die allgemeine Beziehung zwischen den Elementen einen so einfachen Charakter haben würde, wie wir ihn jetzt zu erkennen glauben. Die Natur scheint einfach zu arbeiten, und je fundamentaler das Problem oft ist, desto einfacher sind die Begriffsbildungen, die zu ihrer Erklärung notwendig sind. Die Geschwindigkeit und die Sicherheit des Fortschrittes in dieser Zeit beruhen weitgehend darauf, daß es möglich war, Versuche mit nur wenigen Variablen zu ersinnen. So ist z. B. das Studium des Atombaus durch die Möglichkeit begünstigt worden, die Wirkungen zu untersuchen, die von einem einzelnen Atom ausgehen, oder, wie z. B. in der Radioaktivität oder bei den Röntgenstrahlen, Vorgänge zu studieren, die sich in dem einzelnen Atom abspielen, aber durch äußere Bedingungen überhaupt nicht beeinflußt werden.

Bedenkt man die Schnelligkeit des Fortschrittes in der Physik, so empfindet man immer stärker, was für eine Macht die wissenschaftliche Methode ist, die unsere Kenntnis von der Natur erweitert. Das Experiment, das von der in Zucht gehaltenen Phantasie eines einzelnen — oder noch besser: einer Gruppe von zusammen Arbeitenden von verschiedenartigem geistigen Habitus — geleitet wird, ist imstande, Ergebnisse zu zeitigen, die die Phantasie des größten Naturforschers weit übersteigen. Das Experiment ohne die Phantasie oder die Phantasie ohne Rückhalt am Experiment kann nur wenig leisten, der wirksame Fortschritt setzt die glückliche Legierung beider Kräfte voraus. Das Unbekannte erscheint vor den Augen des Menschen wie ein dichter Nebel. Um in das Dunkel einzudringen, können wir nicht die Hilfe von Übermenschlichen anrufen, sondern wir müssen uns auf die vereinigten Anstrengungen einer Anzahl von angemessen geschulten gewöhnlichen Menschen mit wissenschaftlicher Phantasie stützen. Jeder einzelne ist kraft des wissenschaftlichen Verfahrens in seinem eigenen Arbeitsgebiet imstande, eine kurze Strecke vorzudringen, und seine Arbeit wirkt zurück auf die Gesamtheit seiner Mitarbeiter. Von Zeit zu Zeit erhebt sich ein erleuchtender Gedanke, der sich auf zusammengetragenen Wissen aufbaut und der ein großes Gebiet erhellt und die Verbindung zwischen den vereinigten Anstrengungen

zeigt, so daß ein allgemeiner Fortschritt erfolgt. Der Angriff setzt auf einer breiteren Front auf neue ein und oft mit verbesserten technischen Waffen. Der Gedanke, der zu diesem Fortschritt führte, erscheint oft einfach und selbstverständlich, wenn er einmal geäußert ist. Das ist eine gewöhnliche Erfahrung, und der wissenschaftlich Geschulte empfindet oft ein Gefühl der Enttäuschung, daß er nicht selber eine Entwicklung vorausgesehen hat, die am Ende so klar und zwingend erscheint.“ P.

Magnetooptik und Atombau. Von Dr. ALFRED WENZEL zu Brandenburg a. H.

Jede Linie eines einfachen Serienspektrums (Wasserstoff z. B.) wird in zwei Komponenten zerlegt, wenn der Lichtstrahl in der Richtung der magnetischen Kraftlinien verläuft (Zeemandublett, Längseffekt). Geht der Strahl senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien, so wird jede Linie in drei Komponenten zerlegt (Zeemantriplett, Quereffekt), von denen die mittlere an der Stelle der unzerlegten Linie liegt, die beiden anderen an derselben Stelle wie die Komponenten des Längseffektes. Die Verschiebung, ausgedrückt in Schwingungszahlen, beträgt:

$$\Delta \nu = \frac{e}{m} \cdot \frac{H}{4\pi c} = 4,7 \cdot 10^{-5} \cdot H, \dots (1)$$

worin e die Ladung, m die Masse des Elektrons, c die Lichtgeschwindigkeit und H die Stärke des magnetischen Feldes ist. Die äußeren Komponenten des Quereffektes sind senkrecht zur Feldrichtung, die mittleren parallel derselben polarisiert, während die beiden Dublettlinien zirkuläre Polarisation aufweisen.

Die einfachen am Zeemaneffekt beobachteten Tatsachen hat schon bald nach ihrer Entdeckung Lorentz theoretisch vollständig wiedergegeben, an dem heute bekannten großen Tatsachenkomplex ist seine Theorie aber gescheitert. Denn neben den einfachen obengenannten Zerlegungen gibt es noch zahlreiche sehr komplizierte Zeemantypen, indem zu den einfachen Komponenten oft schwache Nebenlinien hinzutreten und zuweilen die Komponenten nochmals aufgespalten werden. Runge hat die hierbei auftretenden Verschiebungen gemessen und gefunden, daß sie sich stets als ganze Vielfache einer Grundschiebungsdifferenz $\Delta \nu_r$ erweisen, die ein Bruchteil der normalen Lorentzschwingungsdifferenz (1) ist, d. h.

$$\Delta \nu_r = \frac{\Delta \nu}{r} \dots \dots \dots (2)$$

worin r die Rungesche Zahl des Zeemantypus heißt. Letztere ist z. B. bei den D-Linien des Natriums 3 und bei einem Hg-Triplett 2.

Aus dem großen Tatsachenmaterial sei noch hervorgehoben, daß die Rungesche Zahl und der Zeemantyp bei verwandten Elementen, die zur gleichen Gruppe des periodischen Systems gehören, und bei verwandten Serienlinien gleich ist. Dies scheint doch eine eingehende Berücksichtigung des Atombaus zu bedingen, insbesondere scheint die Ganzzahligkeit der Rungeschen

Zahl auf quantenhafte Zustände bei der Entstehung des Effekts hinzuweisen.

Die quantentheoretische Untersuchung des einfachen sogenannten „normalen“ Zeemaneffektes ist von P. Debye (1) und A. Sommerfeld (2) begonnen und von A. Rubinowicz (3) und Bohr (4) vollendet worden. Die endgültige Lösung der quantentheoretischen Probleme, wie sie bei komplizierten Typen, beim sogenannten „anomalen“ Effekt, auftreten, steht noch aus.

Betrachtet man ein Wasserstoffatom im Magnetfelde, so ist die Aufgabe, die theoretischen Grundlinien des Zeemaneffektes seiner Spektrallinien zu finden, identisch mit dem Problem, die Bewegungsverhältnisse eines Massenpunktes m unter dem Einfluß von Kräften, die um eine Achse symmetrisch verteilt sind, festzulegen einmal unter der Annahme, daß das Bezugssystem ruhe, dann, daß dasselbe sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit drehe. Damit ist allgemein das vorausgesetzt, was Larmor als Voraussetzung hinstellt, wenn er behauptet, daß das Magnetfeld H die Form der Bahnen der Elektronen, die Neigung der Bahnen gegen die magnetischen Kraftlinien und ihre Bewegung in der Bahn ungeändert läßt und nur eine gleichförmige Präzession der Bahn um die Richtung der Kraftlinien hinzufügt mit der Präzessionsgeschwindigkeit:

$$V = \frac{1}{2} \frac{e H}{m c} \dots \dots \dots (3)$$

Die mathematische Behandlung des genannten mechanischen Problems ergibt denn auch, daß das Elektron im Magnetfelde dieselbe Bahn beschreibt wie ohne dasselbe, jedoch relativ zu einem Bezugssystem, das sich mit der durch Gleichung (3) bestimmten Geschwindigkeit dreht. Zur Auffindung der Quantenbahnen der Elektronen müssen zunächst die Energie der Elektronen und ihre Bewegungen ohne Magnetfeld berechnet werden und dann die Zusatzenergie gesucht werden, die durch die Präzessionsgeschwindigkeit v (3) hervorgebracht wird. So ergeben sich die möglichen Quantenbahnen. Die Differenz der magnetischen Zusatzenergien zwischen Anfangs- und Endzustand des Übergangs eines Elektrons von einer dieser Quantenbahn zur anderen gibt dann nach Bohrs Frequenzbedingung die mit h multiplizierte Zusatzschwingungszahl $\Delta \nu$ (Gleichung 1), die die Abweichung der Aufspaltungskomponente von der unzerlegten Linie angibt. Mit zunehmender Feldstärke H geht den einzelnen möglichen Quantenbahnen entsprechend die Aufspaltung der Spektrallinien stufenweise vor sich, wie es auch die Rungesche Regel auf Grund des Beobachtungsmaterials angibt. Nicht nur die Verschiebung der Zeemankomponenten, sondern auch ihre Polarisation ließ sich durch die quantentheoretische Behandlung des Problems für die Spektrallinien des Wasserstoffatoms angeben. Während beim Längseffekt die Theorie die Beobachtung eindeutig wiedergibt, läßt sie beim Quereffekt für die mittlere Komponente neben der Polarisationsrichtung parallel

zu den Kraftlinien auch andere Möglichkeiten offen.

Was theoretisch aus dem Wasserstoffatommodell hergeleitet wurde, gilt naturgemäß auch für alle wasserstoffähnlichen Atome, wie z. B. für das ionisierte Helium He^+ oder das ionisierte Lithium Li^{++} . Die wasserstoffähnlichen Atome, das sind alle mit mehr als einem Elektron in der äußeren Elektronenschale, zeigen den normalen Zeemaneffekt, wie er bisher behandelt wurde, nur an einfachen Linien. Die Mehrfachlinien-dubletts, wie z. B. D_1 und D_2 des Natriums, Triplets usw. dieser Elemente aber zeigen im Magnetfeld sehr komplizierte Zeemaneffekte. Bei der Durchmusterung aller bisher bekannter Zeemantypen erweist sich sogar der „normale“ Effekt als seltener Fall, während der „anomale“ als allgemeiner Fall zu betrachten ist. Wesentlich für die spektroskopische Serienforschung wurde die Erkenntnis, daß jede Serienart von Mehrfachlinien ihren charakteristischen anomalen Zerlegungstypus aufweist. Gerade die hierin liegende Prestonsche Regel dient oft als Wegweiser zur Einordnung von Spektrallinien in bestimmte Serien.

Der Liniencharakter eines Elements hängt ab von der Zahl der äußeren Elektronen seines Atoms. Daher haben alle Elemente derselben Vertikalreihe des periodischen Systems denselben Serientypus und folglich auch denselben Zeemantypus bei entsprechend gebauten Linien. Daraus kann man entnehmen, daß vornehmlich die äußeren Elektronen mit ihrem eigenen magnetischen Feld den Typus des Zeemaneffekts bedingen. Da die Wechselwirkung zwischen Atomrumpf (Atom ohne äußere Elektronen) und äußere Elektronen nach Bohr die Ursache der Mehrfachlinien sein muß, so hängt also die Theorie des anomalen Zeemaneffekts eng mit der theoretischen Aufklärung der Mehrfachlinien zusammen.

Bohr nimmt nun an, daß diese Komplexstruktur der Spektrallinien durch eine geringe Abweichung von zentraler Symmetrie in den Kräften bewirkt wird, denen das äußerste Elektron während seiner Bindung durch das Atom unterworfen ist. Eine solche Abweichung muß bewirken, daß das Elektron sich nicht in einer Ebene bewegt, sondern daß die Bahnebene gleichmäßig um eine feste Achse rotiert. Außer den beiden Quantenzahlen n und k , die mit großer Annäherung die Bewegung des Elektrons in der augenblicklichen Bahnebene im stationären Zustande des Atoms darstellen, muß noch eine dritte Quantenzahl zur Festlegung der stationären Zustände selbst auftreten. Diese „innere“ Quantenzahl bestimmt die Orientierung der Bahnebene des äußersten Elektrons zur Konfiguration der Bahnen der inneren Elektronen in der Art, daß das resultierende Impulsmoment des Atoms gleich einem ganzen Vielfachen der Planckschen Konstanten h dividiert durch 2π ist.

Bohr hat auch untersucht, welchen Einfluß die Abweichung der Konfiguration der inneren

Elektronen von der einfachen radialen Symmetrie auf die verschiedenen Typen von Übergängen zwischen den stationären Zuständen ausüben kann, und dabei gefunden, daß im allgemeinen keine neuen Übergangstypen zu erwarten sind als diejenigen, die man schon für reine Zentralbewegungen kennt. Wird dagegen das Atom einem magnetischen Feld unterworfen, so können, wie F. Paschen und E. Back (5) gefunden haben, neue Komponenten der Komplexlinien erscheinen, die man bei dem ungestörten Atom nicht kennt. Erwähnt sei noch, daß A. Landé (6) auf Grund der Einführung der „inneren“ Quantenzahl durch Sommerfeld einen Weg gezeigt hat, der zur quantentheoretischen Erfassung des anomalen Zeemaneffekts führen kann. Bisher hat er nur die Termanalyse der anomalen Typen durchzuführen vermocht, auf deren Wiedergabe ihres rein formalen Charakters wegen hier verzichtet werden soll.

Hat die Entstehung des anomalen Effekts ihre Ursache in der Wechselwirkung der Magnetfelder der inneren Elektronen (Atomrumpf) und des äußeren Elektrons mit dem äußeren Magnetfeld H , so ist leicht einzusehen, daß die Wirkung der inneren Elektronen nur solange von Einfluß sein kann, als das äußere Magnetfeld H relativ schwach ist. Mit zunehmender Stärke des äußeren Magnetfeldes muß die Wirkung der inneren Elektronen mehr und mehr verschwinden, d. h. der anomale Effekt sich mehr und mehr in den normalen zusammenschließen. F. Paschen und E. Back (5) haben nun in der Tat beobachtet, daß bei sehr starken Magnetfeldern sich die anomalen Typen derart verändern, daß eine Verschmelzung der Komponenten benachbarter Linienaufspaltungen eintritt. Mit wachsender Feldstärke nähert sich die Erscheinung dem normalen Triplett, als sei der Effekt nicht an einer komplexen Linie, sondern an einer einfachen hervorgerufen. Zur Aufdeckung der formalen Verhältnisse beim Paschen-Back-Effekt haben neuerdings die Arbeiten von W. Pauli (10) viel beigetragen, die rein formal die Zusammenhänge zwischen dem normalen und dem anomalen Effekt festlegen. Eine Theorie der Entstehung dieser Erscheinungen ist bisher nur für die Dubletts von W. Voigt (7) gegeben, indem er in phänomenologischer Weise gewisse Koppelungen zwischen Elektronen einführt. Diese Theorie ist besonders in der quantentheoretischen Form, die ihr A. Sommerfeld (2) gegeben hat, imstande, die Wandlungen der anomalen Aufspaltung in das normale Triplett gut wiederzugeben. Eine umfassendere modellmäßige Deutung dieser Erscheinungen hat W. Heisenberg (8) zu geben versucht, doch ist seine Theorie, wie Bohr (9) zeigt, nicht zur Klärung des vorliegenden Beobachtungsmaterials geeignet.

Überblickt man die Fülle der Arbeiten, die die Erforschung des Zeemaneffekts zum Gegenstand haben, so sieht man, daß beide Ziele, das rein spektroskopische, serientheoretische und auch das atomphysikalische, noch nicht erreicht sind.

Die Überfülle des Tatsachenmaterials dieser anscheinend regellosen Erscheinungen im anomalen Effekt sind bisher stets dem weiteren Fortschritt hinderlich gewesen. Da ist es als ein glücklicher Gedanke zu bezeichnen, wenn E. Back (11) es unternimmt, mit verfeinerten Meß- und Versuchsbedingungen das Tatsachenmaterial zu sichten, was ihm beim Beryllium und einigen Linien anderer Elemente gelingt. Denn nicht mit Unrecht scheint er anzunehmen, daß die scheinbare Regellosigkeit der Erscheinungen ihre Ursache auch in Ungenauigkeiten bei den Beobachtungen haben kann.

Sind wir so einerseits auf dem Wege, den Zeemaneffekt atomphysikalisch zu erfassen, so sind andererseits einige andere magneto-optische Erscheinungen noch gänzlich ungeklärt. Hierher gehört z. B. der Effekt, den W. Steubing (12) entdeckt hat. Wird Joddampf durch Bestrahlung oder elektrische Entladung zum Leuchten gebracht und dann einem magnetischen Felde unterworfen, so wird die Helligkeit des Leuchtens von 500 $\mu\mu$ an aufwärts mit zunehmender magnetischer Feldstärke stärker herabgesetzt. Die Ursache dieser noch ungeklärten Erscheinung ist in einer Einwirkung des Magnetfeldes auf den Emissionsvorgang zu suchen.

Etwas ähnliches fanden J. Franck und W. Grotrian (13) beim Quecksilberdampf. Sobald durch Bestrahlung mit Licht der Wellenlänge 2536,7 Å (Resonanzlinie) sich angeregte Hg-Atome mit anderen zu Molekülen vereinigt haben, zerfallen sie wieder unter Aussendung des Bandenspektrums. Dieser Zerfall kann z. B. hervorgerufen werden durch Zusammenstoß mit anderen Atomen des Quecksilberdampfes, der um so leichter eintreten wird, je höher der Dampfdruck ist. Ein Strahl angeregter Hg-Dampfmoleküle leuchtet also nur soweit, als die Dampfdichte hoch genug ist, daß wirklich Zusammenstöße stattfinden können. Mit sinkendem Dampfdruck sinkt auch

die Leuchtkraft. Sobald aber der dunkle Strahl in ein Magnetfeld gebracht wird, erscheint sofort wieder die Bandenemission. Die Ursache scheint hier eine Änderung des Zerfallsmechanismus oder eine Abkürzung der Lebensdauer der angeregten Moleküle zu sein.

Schließlich sei hier noch der Cotton-Mouton-Effekt erwähnt, der darin besteht, daß isotrope Flüssigkeiten in einem Magnetfeld derart anisotrop werden, daß sie sich wie ein einachsiger Kristall verhalten. Ob dieser Effekt eine allgemeine Eigenschaft aller Moleküle oder an bestimmte Moleküle gebunden ist, ist noch nicht erforscht. Da dieser Effekt durch die Wärmebewegung der Moleküle, die doch dauernd die Lage der Molekülachsen im Raume ändert, überlagert wird, ist die Frage der Temperaturabhängigkeit dieses Effekts von besonderer Bedeutung. Irgend eine theoretische Deutung fehlt aber noch gänzlich. Sie ist für alle diese Moleküleffekte auch erst dann zu erwarten, wenn man bestimmte theoretisch begründete Molekülmodelle der Elemente anzugeben vermag.

Literaturverzeichnis.

1. P. Debye: Phys. Zeitschr. 17. 507. 1916.
2. A. Sommerfeld: Phys. Zeitschr. 17. 491. 1916; Annalen d. Phys. 63. 121. 1920. Zeitschr. f. Phys. S. 257. 1922. Atombau u. Spektrallinien 1919. S. 422ff.
3. A. Rubincowicz: Phys. Zeitschr. 19. 441. 1918.
4. N. Bohr: Zeitschr. f. Phys. 9. 1. 1922.
5. F. Paschen u. E. Back: Annalen d. Phys. 39. 897. 1912; Physika I. 261. 1921 (Zeemanfestschrift).
6. A. Landé: Zeitschr. f. Phys. 5. 231. 1921; 15. 192. 1923. Vgl. auch Fortschritte der exakten Naturwissenschaften. Bd. II. 153. 1923.
7. W. Voigt: Annalen d. Phys. 41. 403. 1913.
8. W. Heisenberg: Zeitschr. f. Phys. 8. 273. 1922.
9. N. Bohr: Drei Aufsätze über den Atombau, Braunschweig 1922. S. 89.
10. W. Pauli: Zeitschr. f. Phys. 16. 155. 1923 u. 20. 371. 1924.
11. E. Back: Annalen d. Phys. 70. 333. 1923.
12. W. Steubing: Annalen d. Phys. 58. 55. 1919.
13. J. Franck u. W. Grotrian: Zeitschr. f. Phys. 6. 35. 1921.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Kants Erkenntnislehre und die Relativitätstheorie. Orig.-Bericht von E. SELLIEN.

In jeder geistigen Leistung steckt ein zeitlich bedingter Kern, und es wäre aussichtslos, etwa jede einzelne Stellungnahme Kants vor der Entwicklung der Wissenschaft aufrecht erhalten zu wollen. Kant war als Kind seiner Zeit an die Mathematik und Physik in der Form gebunden, in der sie damals vorlag. „Der feste Punkt, von dem Kant ausgegangen ist, ist die Tatsache der Newtonschen Wissenschaft; deren Begriff zu bestimmen, gilt ihm als die erste Aufgabe der Philosophie“¹⁾.

Wenn nun heute in der Einsteinschen Relativitätstheorie (R. Th.) ein physikalisches System vorliegt, das sowohl in den Grundlagen wie in den Ergebnissen wesentlich von dem Bilde abweicht, das Kant vor Augen hatte: muß dann

nicht auch die Philosophie eine Revision ihrer Prinzipien vornehmen, muß nicht „über Kant hinausgegangen“ werden?

Die Vertreter der empiristischen Philosophie, M. Schlick und H. Reichenbach, haben diesen Schluß gezogen. Bei den Ergebnissen der R. Th. ist Kants Raum-Zeit-Lehre nicht mehr zu halten. Raum und Zeit sind in der R. Th. nicht bloße „Formen“, sondern „physikalische Bestimmungsstücke der Körper“¹⁾. „Die Metrik bedeutet nicht etwa bloß eine Messung des physikalischen Realen, sondern drückt selbst dessen Vorhandensein aus“²⁾. „Raum und Materie gehören nicht mehr verschiedenen Klassen von Objektbegriffen an; ihr prinzipieller Unterschied ist gefallen. Auch Kants „reine Anschauung“ verliert ihre Bedeutung. Denn wenn Kant die „apodiktische Sicherheit, mit der wir die Axiome der Geometrie

¹⁾ H. Cohen, Kants Theorie der Erfahrung. 2. Aufl. S. 55.

¹⁾ Schlick, Kantstudien, Bd. 26, S. 105.

²⁾ Schlick, a. a. O., S. 105.

aussprechen“, auf die reine Anschauung gründet, die uns „zur Anerkennung der Axiome zwingt“, so fragt Reichenbach: „Was für einen Sinn hätte aber diese Antwort, wenn dieselbe reine Anschauung uns auch zur Anerkennung des kontradiktorischen Gegenteils der Axiome zwingt¹⁾?“ Der Grundfehler Kants aber liegt darin, daß er seinem Begriff des Apriori die Eigenschaft der für alle Zeiten apodiktisch-gewissen Erkenntnis gegeben hat. Apriori darf nur gleich „wissenschaftsbegründend“ sein²⁾. Man muß die Erkenntnistheorie in der jeweiligen Wissenschaft verankern, aus den vorliegenden exakten Ergebnissen die notwendigen Erkenntnisprinzipien aussondern und so die „Bedingungen der Erfahrung“ aufsuchen. Diese Prinzipien sind logischer Natur und stammen nicht aus der Erfahrung; sie ändern sich mit der Entwicklung der Wissenschaft. Der Stand der Forschung entscheidet über die Prinzipiensysteme, deren Grundcharakter nicht die Notwendigkeit, sondern gerade die Willkürlichkeit ist³⁾, die Anpassungsfähigkeit an den Erfahrungsbestand. In diesem Sinne ist „Wissenschaft zu begründen“ — und Kant hätte Axiome, nicht Kategorien aufstellen müssen. —

Ist damit aber Kants Lehre in ihrem tiefsten Sinn erfaßt? Von neukantischer Seite (von Natorp, Hönlwald, Cassirer, Schneider, Winternitz, Bollert und vom Ref.) ist diese Frage verneint worden. So richtig es ist, daß Kant vom „Faktum der Newtonschen Wissenschaft“ ausgegangen ist, so ist doch zweierlei zu bedenken: selbst als Physiker hat sich Kant die Freiheit des Denkens gewahrt (z. B. in der Lehre von der Trägheit und vom absoluten Raum), mehr aber noch als Philosoph⁴⁾. Allerdings ist Wissenschaft Kants Voraussetzung, aber weniger im Sinne einer bestimmten, speziellen Ausführung — der er natürlich seine Beispiele entnehmen mußte —, als vielmehr im Sinne einer „Wissenschaft überhaupt“. Lange ehe die R. Th. vorlag, wandte sich H. Cohen dagegen, daß man die Aufgabe der Philosophie in jener „relativen Analyse dessen, was uns jeweilig so weit gebracht“, sehen dürfe. „Was ist nicht alles als eine ewige Wahrheit . . . ausgegeben worden, während die nächste Prüfung es als eitel vernichtet hat⁵⁾!“ Man darf eben bei Kant die „Möglichkeit der Erfahrung“ nicht mit ihrer Wirklichkeit verwechseln.

Um die weit allgemeinere Stellungnahme Kants zu verstehen, sei z. B. auf jene Stellen in den „Metaphysischen Anfangsgründen“ hingewiesen, wo er die Grundsätze der Substantialität, Kausalität und Wechselwirkung auf den

Begriff der Materie anwendet: „Aus der allgemeinen Metaphysik wird der Satz zugrunde gelegt, daß bei allen Veränderungen in der Natur keine Substanz weder entstehe, noch vergehe, und hier wird nur dargetan, was in der Materie die Substanz sei¹⁾.“ Es sei hingewiesen auf die Einleitung zu demselben Werke, wo er den transzendenten Teil der Metaphysik als den bezeichnet, in dem ohne Beziehung auf ein bestimmtes Erfahrungsobjekt Gesetze aufgestellt werden, die „den Begriff einer Natur überhaupt möglich machen“²⁾. Das ist die Aufgabe der „Kritik der reinen Vernunft“, der Erkenntnistheorie — und nicht aus Newtons Prinzipien, sondern aus der Tafel der Urteile werden dort die Kategorien abgeleitet!

Für den Naturbegriff, die „Erfahrung überhaupt“ will Kant den Erkenntnischarakter im strengen Sinn absoluter Notwendigkeit nachweisen. Solche Notwendigkeit ist nur in der Sphäre des Begrifflichen, in „reiner Vernunft“ zu finden, d. h. das, was den Erkenntniswert begründet, muß logischer Natur sein, denn Wahrnehmung und Erfahrung geben nur Wahrscheinlichkeit, nur „komparative Allgemeinheit“. Wie aber kann etwas von der Erfahrung, von den Dingen gelten, wenn es selbst unabhängig von dieser Erfahrung ist? Wie ist es zu begreifen, daß Urteile a priori sein und doch von Dingen gelten können? — Das ist die transzendente Frage, die Kant durch die „Kopernikanische Wendung“ löst. Das ist nur möglich, wenn jene Urteile und Sätze die Grundvoraussetzungen der Erfahrung überhaupt sind, wenn ihre Funktion darin besteht, den Begriff der Erfahrung „allererst möglich zu machen“; es ist nur begrifflich, „wenn der Verstand der Natur die Gesetze vorschreibt“. — Aber natürlich können „empirische Gesetze als solche ihren Ursprung keineswegs vom reinen Verstande herleiten“. „Es muß Erfahrung dazu kommen, um jene kennen zu lernen³⁾.“ Kants Lehre ist Kritik, nicht „Doktrin“. Aber neben den empirischen Gesetzen stehen die „Gesetze des Empirischen“, die sich auf „die allgemeine Form der Erfahrung, auf die Natur überhaupt, auf den logischen Schematismus der Erfahrung, und nur vermittels derselben auf die besonderen Naturgesetze“ erstrecken⁴⁾. So ist der Grundsatz der Substantialität die Anweisung, das Beharrliche in der Erscheinung zu suchen, — je nach dem Stande der Forschung wird dieses Beharrliche ein anderes sein: Masse oder Energie oder der Energie-Impuls-Tensor.

In ähnlich allgemeiner Weise ist die Raum-Zeit-Lehre aufzufassen. Man muß zwischen dem „reinen Raum“ und den empirischen Raumbestimmungen unterscheiden. Jener bedeutet die ganz allgemeine Funktion der Räumlichkeit,

¹⁾ Reichenbach, Logos, Bd. X, S. 345.

²⁾ Reichenbach, Relativitätstheorie und Erkenntnis a priori. Berlin 1920.

³⁾ Reichenbach, Logos X, S. 374.

⁴⁾ Vgl. dazu Cohen, S. 69 und A. Riehl, Der philos. Kritizismus, Bd. I, 2. Aufl., z. B. S. 470.

⁵⁾ Cohen, S. 69.

¹⁾ Kants Werke (Ausg. v. Meiner), S. 289.

²⁾ Kants Werke (Ausg. v. Meiner), S. 192.

³⁾ Kant, Kr. d. r. V., S. 174.

⁴⁾ Riehl, a. a. O., S. 518.

„dasjenige, welches macht, daß das Mannigfaltige der Erscheinung in gewissen Verhältnissen geordnet werden kann“¹⁾, und ist daher unabhängig von jeder Erfahrung, da er erst verständlich macht, daß überhaupt räumliche Messungen ausgeführt werden können. In diesem Sinne ist er die „Form“ der Anschauung, die „reine Anschauung“, wobei im Gedanken der Form jene Möglichkeit des Nebeneinander, in dem der reinen Anschauung die eigentümliche Eigenschaft des Raumes. Nicht-Empfindung und Nicht-Allgemeinbegriff zu sein, ausgedrückt werden soll²⁾. Sie zwingt daher auch nicht zur Anerkennung der Axiome, sie macht aber begreiflich, daß geometrische Sätze sich nicht auf Dinge beziehen können. Die Bestimmung der Raumstellen ist Sache der Erfahrung; hier spielen die physikalischen Gesichtspunkte eine Rolle.

Nach dieser Auffassung bezieht sich die R. Th. auf die Lehre vom empirischen Raum und von der empirischen Zeit. Auf Grund bestimmter Naturgesetze wird gezeigt, daß die Zeit- und Raummessungen vom Beobachter abhängen. Damit wird die objektive Bestimmung komplexer als Newton und Kant es als Physiker annehmen konnten. So heißt es bei Einstein: „Bei der Aufstellung meines Begriffsystems ist es für mich maßgebend gewesen, elementare Erfahrungen in Zeichensprache zu bringen. Die raum-zeitlichen Abstände sind mit Hilfe von Maßstäben und Uhren physikalisch definiert“³⁾ und auch Petzoldt gibt zu, daß die R. Th. keinen neuen Zeitbegriff, sondern einen neuen Begriff der Bestimmung von Zeitstrecken gibt⁴⁾. Die Methoden sind dabei prinzipiell dieselben, wie sie immer in der Physik verwandt wurden. Es geht also nicht um das, was erkenntnistheoretisch bei jeder Messung vorausgesetzt werden muß, sondern um die Art dieser Messung, um die Maßverhältnisse des Empirischen⁵⁾. Die Frage dann, ob auch nicht-

euklidische Maßverhältnisse für die Physik verwandt werden können, ist eine Frage des Systems der Physik¹⁾ und kann nicht aus der Kantischen Lehre vom reinen Raum und von der reinen Zeit beantwortet werden.

Das Wesentliche dieser ganzen Unterscheidungen des Kritizismus gegenüber dem Empirismus liegt offenbar darin, daß vom Standpunkt der Philosophie nicht zugegeben werden kann, daß ein Begriff erst dann existiert, wenn man eine Methode zu seiner Messung angeben kann. Gewiß ist er dann erst für den Physiker brauchbar, aber die Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse z. B. wird doch durch die Messung nicht erst geschaffen, sondern nur determiniert. Man muß den Begriff haben, ehe man an die Methode seiner Bestimmung denken kann²⁾! —

Durch die Betonung des streng-formalen Charakters der Kantischen Erkenntnistheorie, die sich nicht auf spezielle Erfahrungen, sondern auf die „Erfahrung überhaupt“ bezieht, ist offenbar eine Verbindung des Kritizismus mit den Ergebnissen der R. Th. sehr wohl möglich. Ein Widerspruch entsteht nur, wenn man mit Schlick und Reichenbach die Kantischen Lehren in ein Verhältnis zur Einzelwissenschaft setzt, die dem Sinn der transzendentalen Methode geradezu widerspricht und die „Kritik der reinen Vernunft“ zu einer Methodenlehre der Geometrie und Physik macht. Durch die strenge Fassung des Kantischen Idealismus wird die Freiheit der Forschung gewahrt, — und der Eigenwert der Philosophie bleibt erhalten. „Der kritische Idealismus vereinigt Idealismus und Realismus im Begriff der Erfahrung. Die Kritik deckt die Grundbegriffe auf, welche der Realismus, als Wissenschaft gedacht, der Philosophie entlehne, und sie zeigt andererseits dem Idealismus, daß er . . . allerwegen der Beziehung auf die Erfahrung bedürfe . . .“³⁾. So werden — nach einem Worte von B. Bauch — die Tatsachen der Logik nicht gegenüber der Logik der Tatsachen vergessen, und es kann heißen: Kant und Einstein. —

¹⁾ Kantisches Zitat, vgl. Cohen, a. a. O. S. 151.

²⁾ Riehl, a. a. O., S. 457.

³⁾ Bericht über die Nauheimer Tagung, Phys. Zeitschr. XXI, S. 651.

⁴⁾ J. Petzoldt, Die Stellung der R. Th. in der geistigen Entwicklung der Menschheit, S. 61.

⁵⁾ Cassirer, Zur Einsteinschen R. Th. (1920), S. 101.

¹⁾ Vgl. z. B. R. Carnap, Der Raum; ders., Kantstudien, Bd. 28, S. 90/107.

²⁾ Vgl. Cassirer, a. a. O., S. 91.

³⁾ Cohen, a. a. O., S. 578/9.

4. Unterricht und Methode.

Die Behandlung der chemischen Technik im Unterricht¹⁾. Von H. ZEITLER. Selbstbericht über einen in der biologisch-chemischen Ortsgruppe des „Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts“ zu Berlin gehaltenen Vortrag.

Die Frage, ob die Anwendung der che-

mischen Wissenschaft auf die Technik in den Bereich des Chemieunterrichts auf den höheren Schulen gehört, wird zwar allseitig bejaht werden, doch läßt die tatsächliche Durchführung dieses Gedankens in der Praxis noch manchen berechtigten Wunsch unerfüllt. Die Notwendigkeit technologischer Belehrungen folgt schon aus der Tatsache, daß Deutschland auf diesem Gebiete allmählich die Führung übernommen hatte, und Deutschlands jetzige Lage erfordert solche Berücksichtigung in besonderem Maße. — Was kann und soll aus dem Gebiet der chemischen

¹⁾ Vgl. hierzu die bezüglichen Ausführungen in dem Originalbericht von O. Ohmann: „Grundfragen der chemischen Methodik“, ds. Zeitschr. 35, 190 b/191.

Technik berücksichtigt werden? Vom pädagogischen Standpunkt aus wird man verlangen müssen, daß die in Frage kommenden chemischen Vorgänge dem Schüler theoretisch verständlich gemacht werden können. Dem Heimatsprinzip folgend, wird man die Industriezweige des Schulorts und seiner Umgebung in erster Linie heranziehen, auch schon der Besichtigungen wegen. Die wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung der Prozesse wird weiterhin für die Auswahl entscheidend sein und typische Beispiele chemisch-technischer Arbeit wird man vor weniger charakteristischen bevorzugen. So ergibt sich eine ganze Anzahl unterrichtlich wertvoller Beziehungen, die zu Heimatkunde und Erdkunde, zu Volkswirtschaft, Industrie, Handel wie auch zu Landwirtschaft und Hauswirtschaft hinführen. Daß man an Problemen wie dem der Zentralisierung der Energieerzeugung, der Energieverteilung, der Wärmewirtschaft, der Verwertung aller Nebenprodukte u. a. nicht vorbeigehen wird, ohne ihre allgemeine Bedeutung gerade für unser Vaterland zu betonen, ist selbstverständlich.

Die Darbietung des Stoffes, der eine induktive Behandlung oft nicht gestattet, ermöglicht eine intensive Heranziehung der Schüler, falls man die Hauptthemen auf einzelne Referenten verteilt, die sich an der Hand der vom Lehrer gebotenen Literatur vorzubereiten haben. Zu diesen Vorträgen stellt man den Schülern natürlich alles zur Verfügung, was die Schulsammlungen an Demonstrationsmaterial, Lichtbildern usw. besitzen. Für das Vorhandensein eines möglichst reichen und für diese Zwecke geeigneten Materials Sorge zu tragen, ist eine wichtige Aufgabe des Lehrers. Ohne solche Anschauungsmittel wird auch der schönste Vortrag ziemlich wirkungslos bleiben. Wie man sich ohne große Geldausgaben eine technologische Sammlung anlegen kann, wurde dann näher dargelegt; (die Sammlung der Kirschner-Oberrealschule [Berlin NW 87] wurde nach dem Vortrage gezeigt). Die Hauptquelle dafür werden immer die Betriebe selbst sein, die in ihrer übergroßen Mehrzahl derartige Bestrebungen gern unterstützen. Schülereltern, die Beziehungen zur Industrie haben, können hier sehr förderlich wirken.

Wenn irgend möglich, sollten diese Maßnahmen durch Betriebsbesichtigungen unterstützt werden. Dabei wird oft viel zu wenig methodisch vorgegangen, so z. B. wenn Untersekundaner in moderne Riesengasanstalten geführt werden, die mit ihren vielen Nebenbetrieben zwar sehr interessant, aber für den technischen Neuling zu unübersichtlich sind. Für

die ersten Besichtigungen wähle man möglichst einfache Verhältnisse, wie man sie z. B. vielfach bei Wasserwerken findet. Überhaupt verdient die Technologie des Wassers mehr Berücksichtigung, als ihr oft zuteil wird. Alle Besichtigungen müssen gründlich vorbereitet sein, sie erfordern auch so noch viel geistige Arbeit von seiten des Schülers, der ja hier zunächst in eine ihm noch ganz fremde Welt versetzt wird. Die vielen Fragen, die während und nach der Besichtigung auftauchen, machen eine „Nachbereitung“ erforderlich. Hier bietet sich eine gute Gelegenheit, auch auf die sozialen Fragen des Arbeiterschutzes durch Unfallverhütung, der Arbeitszeit usw. einzugehen und die Achtung vor der Leistung des Qualitätsarbeiters zu wecken. Die hierfür verwandte Zeit ist sicher nicht schlecht verwendet. Die Übersicht über das Ganze eines Betriebs, die dem Anfänger oft nur zu leicht verloren geht, wird sehr erleichtert, wenn man über Betriebsschemata verfügt, die man sich am besten in Zusammenarbeit mit den Schülern im Anschluß an ausgeführte Besichtigungen selbst herstellt. So können große Wandtafeln entstehen, die das Zusammenarbeiten der Teilbetriebe, die Verwendung der Nebenprodukte, etwa vorhandene Kreisläufe der Stoffe und ähnliches fast mit einem Blick übersehen lassen. Dabei läßt man die Rohmaterialien, die die Fabrik beziehen muß, die Fertigfabrikate, die den Betrieb verlassen und etwaige nicht weiter verwertbare Abfälle durch Anwendung verschiedener Farben besonders hervortreten.

Solche Besichtigungen führen zu den Quellen des technischen Schaffens, mitten hinein ins tätige, pulsierende Leben. Sie sind bei richtiger Leitung höchst anregend für die Schüler und auch der Lehrer lernt viel dabei. Für die staatsbürgerliche Erziehung bilden sie eine wertvolle Grundlage, an die auch im Geschichtsunterricht angeknüpft werden sollte. Eine schätzenswerte Ergänzung kann der technologische Unterricht erhalten, wenn ein naturwissenschaftlicher Schülerverein in derselben Richtung arbeitet.

Bei aller Wertschätzung der technischen Belehrung, die in dem Schüler Verständnis für die Großtaten der Technik sowie für technisches Denken und Schaffen wecken will, ist zu betonen, daß die Technologie weder als Ausgangs- noch als Mittelpunkt des chemischen Unterrichts gedacht ist. Hauptsache wird immer die Erkenntnis der allgemeinen Gesetzmäßigkeit des Naturgeschehens auch auf dem Gebiet der Chemie sein, und die chemische Technologie behandelt nur eine der mannigfachen Anwendungen.

5. Technik und mechanische Praxis.

Zur Geschichte der Elektronenröhre in der drahtlosen Telegraphie. Nach OTTO VON BRONK. *Telefunken-Zeitung* VI (1923), Nr. 32/33. Man vgl. auch d. *Zeitschr.* 32, 27 (1919).

1. Die Röhre als Detektor. Schon 1884 beobachtete Edison an einer Kohlefadenlampe, daß der evakuierte Raum den Strom leitet, wenn

der Glühfaden leuchtet, und zwar ging der Strom von einer im Innern der Lampe angebrachten kalten Elektrode zum Glühfaden, aber nicht umgekehrt. Ferner beobachteten Elster und Geitel 1889, daß ein in verdünntem Sauerstoff oder in verdünnter Luft glühender Platindraht negative Elektrizität leichter entladet als positive

Wied. Ann. 38, 27; 1888): Der „Edison-effekt“) wurde dann 1903 von Wehnelt zur Konstruktion eines Wechselstrom-Gleichrichters benutzt. Wehnelt erkannte, daß jene Leitfähigkeit durch den Austritt von Elektronen aus der glühenden Kathode verursacht wird und daß insbesondere Metalloxyde und -chloride bei verhältnismäßig niedriger Temperatur verhältnismäßig starke Ströme auslösen. Das Patent des Wehnelt-Gleichrichters vom 15. Januar 1904 wurde von der Akkumulatorenfabrik Hagen A.G. übernommen und der Apparat zu seiner heutigen Vollkommenheit entwickelt.

In die drahtlose Telegraphie wurde der Glühkathodengleichrichter zuerst von Fleming eingeführt und der Marconi-Gesellschaft auf dessen Benutzung ein Patent erteilt (Brit. Priorität vom 16. Nov. 1904, D.R.P. vom 12. April 1905). Die älteste Form der Flemingröhre von 1904 zeigt Fig. 1. Die Anode war, wie bereits Wehnelt vorgeschlagen, zylindrisch, die Glühkathode war innerhalb der Anode angebracht. Das Verdienst Flemings erscheint gering, doch hat er angesichts der damals noch ungeklärten Wirkungsweise der Detektoren zuerst klar erkannt, daß zur Erzielung einer Empfangswirkung in der drahtlosen Telegraphie nur die

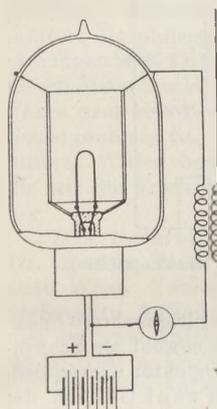


Fig. 1.

Gleichrichtung der hochfrequenten Schwingungen erforderlich sei.

Die Ventilröhren von Wehnelt und Fleming hatten nur zwei Elektroden. Erst de Forest fügte als dritte Elektrode das Gitter hinzu und brachte die Gitterröhren als „Audione“ auf den Markt (amerik. Patent von 1907, D.R.P. vom 23. Jan. 1908). Diese Röhren wurden jedoch in der drahtlosen Telegraphie bald durch die Kristalldetektoren, die vor jenen den Vorzug weit größerer Einfachheit in Schaltung und Bedienung hatten, verdrängt.

2. Die Röhre als Verstärker. Eine Elektronenröhre als Verstärker schwacher elektrischer Ströme zu benutzen hat zuerst Cooper Hewitt (U.S.A. Patent, 16. Mai 1902) vorgeschlagen. Ein durch eine Geißleröhre fließender Strom sollte in seiner Intensität durch ein Magnetfeld geändert werden, das in der Nähe der Röhre durch eine von den zu verstärkenden Strömen durchflossene Spule erzeugt wurde. Der Vorschlag hat keinerlei praktische Bedeutung erlangt. Erst Robert von Lieben hat ein wirkliches Glühkathodenrelais gebaut (D.R.P. vom 4. März 1906). Das von der Glühkathode ausgehende Kathodenstrahlenbündel tritt in einen Faradayschen Drahtnetz käfig ein und verändert dessen Leitfähigkeit, so daß Stromschwankungen gleicher

Periode aber größerer Amplitude hervorgerufen werden. Etwas später hat auch de Forest die Verwendbarkeit seiner Röhre als Verstärkeröhre erkannt und zum Patent angemeldet (U.S.A., 25. Okt. 1906). Es handelt sich hier um eine Drei-Elektrodenröhre mit Niederfrequenz-Verstärkerschaltung, doch ist die Anordnung des Gitters zur Kathode sehr ungünstig, da letztere innerhalb der Gitterplatten angebracht ist. Die rechte Wirkung des Gitters und die Bedeutung seiner richtigen Anordnung hat zuerst R. von Lieben klar erkannt. Die ihm im D.R.P. vom 4. September 1910 geschützte Verstärkeröhre arbeitet allerdings noch mit ionisiertem Entladungsraum, aber sie hat folgende zwei Merkmale, die auch für die späteren Hochvakuum-Verstärkeröhren ausschlaggebend sind, nämlich, daß das Gitter zwischen Kathode und Anode befindlich sein und daß es eine konstante, einstellbare Spannung besitzen muß. Die ersten Liebenröhren hatten riesige Dimensionen, ihr Betrieb war infolge des veränderlichen Vakuums unsicher. Die Gesellschaft Telefunken ließ die Liebenschke Konstruktion deshalb bald wieder fallen und baute eine kleinere Röhrentype mit blanker Wolframkathode und möglicher Luftverdünnung (D.R.P. vom 3. Okt. 1914). Die Kathode (2) war hier in möglichster Nähe des Gitters (3) angebracht, dem auf der anderen Seite die Anode (5) dicht gegenüber stand (Fig. 2).

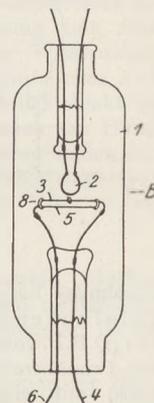


Fig. 2.

Inzwischen ging auch in den Vereinigten Staaten eine entsprechende Entwicklung vor sich. Auf Grund der Untersuchungen von Langmuir über das Verhalten von Kathodenstrahlen im luftleeren Raum hatte die General Electric Company in New York ein amerikanisches Patent (23. Aug. 1913) genommen, das indessen vom Deutschen Patentamt zurückgewiesen wurde.

In der drahtlosen Telegraphie kamen die Vorzüge der Verstärkeröhren erst zur vollen Geltung durch die Einführung der Hochfrequenzverstärkung durch Rückkoppelung (v. Bronk, D.R.P., 3. Sept. 1911). Wenn die eintreffende Energie erst durch einen Detektor gleichgerichtet und dann erst der Verstärkeröhre zugeführt wurde, so war ein Empfang aus sehr großen Entfernungen ausgeschlossen, da wegen der Reizschwelle des Detektors verhältnismäßig große Amplituden erforderlich waren. Wurden die Hochfrequenzströme erst verstärkt und dann gleichgerichtet, so fiel dieser Nachteil fort.

3. Die Röhre als Schwingungserzeuger. Erst das Prinzip der Rückkoppelung hat auch dem Röhren-Generator den Weg in die drahtlose Telegraphie gebahnt. Der Gedanke der Rückkoppelung ist lange bekannt. Schon 1904 (D.R.P. vom 27. Sept.) machten Ruhmer und Pieper

den Vorschlag, mit einer Quecksilberdampfampe ungedämpfte Schwingungen zu erzeugen, indem der Quecksilberlichtbogen beim Erlöschen durch Rückkoppelung wieder gezündet werden sollte. (Die vorherigen Versuche zur Erzielung ungedämpfter Schwingungen waren fehlgeschlagen, weil der Lichtbogen gewöhnlich schon nach einigen Sekunden erlosch. Die von den beiden genannten geschaffene Anordnung zeigt Fig. 3. Vorschläge zur Anwendung des Prinzips auf Elektronenröhren machten Vreeland (U. S. A., Patent vom 28. Febr. 1905) und Sinding-Larsen (Norweg. Patent vom 8. Febr. 1908). Beide haben sich aber nicht bewährt. Praktisch brauchbare

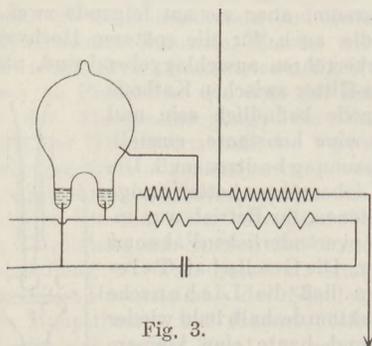


Fig. 3.

Ergebnisse hat zum ersten Male die Gesellschaft Telefunken mit der Erfindung von Dr. Meißner (D.R.P. vom 10. April 1913) erzielt, der sowohl den Primärkreis wie den Sekundärkreis (Gitterkreis) mit einem schwingungsfähigen System verband und beide Kreise induktiv derart koppelte, daß die erregten Anfangsschwingungen durch das Relais verstärkt und aufrecht erhalten wurden (Fig. 4). Allerdings hatte vier Monate vorher (11. Aug. 1912) Sigmund Strauß, ein Mitarbeiter von Lieben, in Österreich ein Patent angemeldet, dem der gleiche Gedanke zugrunde liegt. Doch scheint er selbst den Wert seiner Erfindung nicht genügend erkannt zu haben, während Meißners Erfindung von der Telefunken-Gesellschaft durch eine Reihe weiterer Patente ausgebaut wurde und Anfechtungen

anderer, namentlich amerikanischer Erfinder, erfolglos blieben. Auch eine angeblich rückkopplungsfreie Schaltung von Dr. Kühn, von der Firma Dr. E. F. Hath, ist als abhängig vom Meißnerschen Patent erklärt und im Patentprozeß zurückgewiesen worden.

4. Die Röhre als Überlagerer und Schwingaudion. Mit der Dreielektrodenröhre in Rückkoppelungsschaltung war es nun nicht nur möglich, ohne komplizierte Einrichtungen ungedämpfte Schwingungen jeder beliebigen Schwingungszahl in jeder gewünschten Energiestufe am Empfänger zu erzeugen, sondern man

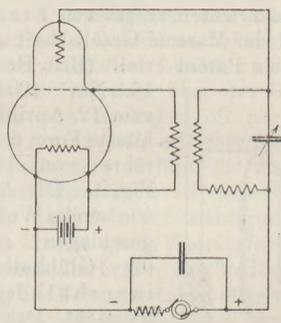


Fig. 4. Meißnersche Rückkoppelung.

konnte der Röhre auch gleichzeitig mehrere Funktionen geben, indem man sie sowohl als Schwingungserzeuger, wie auch als Detektor wirken ließ. Fast gleichzeitig schlugen Franklin von der Marconi-Gesellschaft (Brit. Patent vom 12. Juli 1913) und Meißner-Telefunken (D.R.P., 16. Juli 1913) Hochfrequenz-Rückkoppelungsschaltungen zum Empfang elektrischer Schwingungen vor. Franklin hob auch zum ersten Male die Wirkung der Dämpfungsreduktion beim rückgekoppelten Audion hervor, ihm wurde auch in Amerika die Priorität hierfür zuerkannt, die aber in den übrigen Kulturstaaten für das Meißner-Patent bedeutungslos ist, da diesem dort überall auch die Priorität für das rückgekoppelte Audion zugestanden ist. P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Grundlagen der Physik. Synthetische Prinzipien der mathematischen Naturphilosophie. Von HUGO DINGLER, a. o. Professor a. d. Universität München. Zweite völlig neubearbeitete Auflage. 336 S. Berlin und Leipzig, Walter de Gruyter u. Co. 1923. Goldmark 8.—

Das zum ersten Male im Jahre 1919 erschienene Buch (vgl. *d. Ztschr.* 33, 120), das hier in neubearbeiteter und stark erweiterter Auflage vorliegt, hängt eng mit der gesamten Weltansicht des Verfassers zusammen. Es wendet sich, wie in einem der letzten Abschnitte ausgeführt, gegen die auf Descartes zurückgehende, einseitig mechanistische Auffassung, die die Welt

als eine Maschine denkt, in der nichts real ist als Ausdehnung, Zahl und Bewegung. Dagegen ist dem Verfasser die Mechanik nur eine Darstellungsart der irrationalen Gesamtwelt, in dieser letzteren aber erblickt er die unendliche Fülle eines niemals ausgeschöpften noch auszuschöpfenden Seins unter Formen, die letzten Endes auf unseren eigenen Festsetzungen beruhen. Von hier aus begreift man die Triebkraft, die dem alten Problem der Allgemeingültigkeit der Naturgesetze zu einer neuen und überraschend einfachen Lösung verhilft, der gegenüber selbst Kants Kategorienlehre nur eine vorläufige Lösung bedeutet. Von hier aus wird man auch die eingehenden erkennt-

nistheoretischen Erörterungen des Buches leichter verstehen und würdigen. Wir haben darin den ersten Versuch einer physikalischen Axiomatik vor uns, der alles das umfaßt, was der Verfasser als synthetische Physik bezeichnet, insofern es sich auf gewissen Grundfestsetzungen aufbauen läßt. Von den vier Abschnitten des Buches behandelt der erste die Fundamente, ferner die synthetische Logik, besonders im Hinblick auf die synthetische Mathematik, und den Begriff der Einfachheit in der Methodik der Physik und der exakten Wissenschaften. Der zweite Abschnitt handelt von den Grundlagen der synthetischen Physik, Raum, Zeit und Kausalität, der dritte von den Grundlagen der synthetischen Mechanik, dem weiteren Aufbau der reinen Synthese und von der praktischen Physik (Experiment, Atomistik). Der vierte Teil endlich erörtert die philosophischen Grundlagen, die Beziehungen zu Kant und Hume und das Verhältnis zur Metaphysik. Hier ergibt sich auch, daß die Frage nach der Realität der Außenwelt nur ein Scheinproblem ist, die Naturgesetze aber durch unseren Willen bedingte logische Schemata, in die wir die Erscheinungswelt einordnen. P.

Das Naturbild der neuen Physik. Von Dr. ARTHUR HAAS, a. o. Professor der Universität Wien. Zweite, wesentlich vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 17 Figuren im Text und auf zwei Tafeln. Berlin u. Leipzig, Walter de Gruyter u. Co. 1924. 160 S. G.-M. 5.—

Die erste Auflage dieser trefflichen Schrift wurde in ds. Zeitschr. 34, 90 (1921) angezeigt. Sie ist inzwischen auch in englischer Übersetzung erschienen. Die vorliegende zweite Auflage bringt zu den früheren fünf Vorträgen noch drei neue: über die Theorie der Grundstoffe, worin das auf Elektronenforschung beruhende neue System der Elemente behandelt wird; die Physik der Sterne mit ihren jüngsten namentlich durch Kohlschütter und Eddison erschlossenen Ergebnissen, endlich über das Weltall nach seinen Dimensionen und den durch die Spektralforschung ermittelten Abstufungen in der Entwicklung der Sterne. Hier werden neueste Ergebnisse in gut verständlicher Darstellung dargeboten. Weniger gelungen erscheint die Ergänzung des Vortrags über die Relativitätstheorie durch den Versuch, die Einsteinsche Lehre von der Identität der schweren und der trägen Masse dem allgemeinen Verständnis näher zu bringen. P.

Die Dekadenz der Arbeit. Von THE SVEDBERG, Professor an der Universität Upsala. Nach der 2. Auflage aus dem Schwedischen übersetzt von Dr. B. FINKELSTEIN. Leipzig, Akadem. Verlags-Ges. m. b. H. 1923. 160 S. Goldmark 5.—, geb. Goldmark 6.—

Das Buch trägt seinen Titel nach dem ersten der neun Aufsätze, die in ihm vereinigt sind, und die der Verfasser selbst als Essais bezeichnet. Die Degradation der Energie vermöge des Entropiegesetzes ist der nächst der Relativitätstheorie

wohl am schwierigsten populär darzustellende Gegenstand; der Verfasser gibt keine Umschreibung des Begriffs, sondern stützt sich auf den Quotienten Q/T , womit die Betrachtung von vornherein einen mehr mathematischen Einschlag erhält. Besonders berücksichtigt ist die Beziehung zu dem Gegensatz wahrscheinlicher und unwahrscheinlicher Zustände im Anschluß an Untersuchungen von v. Smoluchowski und Boltzmann. Die übrigen Aufsätze behandeln die Kälte, Moleküle und Atome, Berzelius' Grundstoffe und die Radioelemente, moderne Transmutationsversuche, Zeit, Raum und Bewegung, kristallinische Flüssigkeiten und flüssige Kristalle, die Kolloide, Lichtreaktionen. Bei mehreren dieser Gegenstände ist der Verfasser selbst forschend tätig gewesen, dadurch erhält das Buch den Charakter des Persönlichen und unmittelbar Erlebten. Es bringt die Überzeugung zum Ausdruck, daß die Entwicklung der Wissenschaft mehr und mehr von der anthropozentrischen Auffassung aus zur Anerkennung wirklich objektiver Tatbestände führt. Ob freilich auch die Hypothese einer diskontinuierlich fortschreitenden Zeit (S. 116) als derartiger Tatbestand angesehen werden kann, dürfte doch wohl noch zu bezweifeln sein. P.

Kritik der Relativitätstheorie. Gesamelte Schriften über absolute und relative Bewegung. Von E. GEHRCKE. H. Meusser, Berlin. 1924. 99 S. Geh. G.-M. 240.

Einer der entschiedensten Gegner der Relativitätstheorie hat hier seine Arbeiten gegen Einstein zusammengestellt. Als Physiker wendet sich GEHRCKE gegen die unzureichende experimentelle Bestätigung, vor allem der allgemeinen Relativitätstheorie, und betont die Möglichkeit, daß andere physikalische Hypothesen ebenso gut zum Ziele führen. So läßt sich der Michelsonsche Versuch, der übrigens bei seinen Wiederholungen eigenartige Abweichungen von den bisherigen Beobachtungen ergeben hat, im Sinne Stokes' unter Verzicht auf ideale Wirbellosigkeit des Äthers sehr wohl erklären. Methodisch bekämpft GEHRCKE den Formalismus der Relativitätstheorie, der den rechten Physiker besonders in der Ätherfrage und beim Äquivalenzprinzip, nicht befriedigen kann. Und auch als Philosoph zeigt GEHRCKE sich als Kritiker, der das Recht des Denkens neben das der Erfahrung stellt, und dem Sinn und physikalische Bestimmung eines Begriffes, z. B. der Gleichzeitigkeit, nicht dasselbe sind. Er untersucht den Begriff der absoluten Bewegung und die Zeitrelativierung und erkennt, daß es sich um „Maßzahlen“ der Zeit, nicht um die Zeit handelt. — Man wird den Gedankengängen des Verf. gern folgen, auch wenn man nicht überall zustimmen kann. Oft wird der Leser wünschen, auch die andere Seite zu hören. Beim Uhrenbeispiel ist noch nicht alles geklärt. Aber nicht einzusehen ist, warum durch die Relativitätstheorie die Einheit der Natur zerstört werden soll. Auch ist die

Relativitätstheorie nicht nur formal: ihre Formeln sind Symbole für physikalische Beobachtungen und nicht nur mathematische Konstruktionen, so daß Einstein sich gerade aus diesem Grunde gegen Weyl gewandt hat. S.

Der Äther und die Relativitätstheorie. Sechs Vorträge von Dr. LEO GRAETZ. Mit 19 Abbildungen. Stuttgart, Engelhorn's Nachf. 80 S.

Die Vorträge behandeln folgende Gegenstände: 1. Der Äther in der Physik als Vermittler des Lichts und der scheinbaren Fernkräfte. 2. Die Quanten der Energie. 3. Die Bewegung der Körper im Äther (Michelsons Versuch und Lorentzkontraktion). 4. Die spezielle Relativitätstheorie (mit dem Motto: „Da seht, daß Ihr tief-sinnig faßt, was in des Menschen Hirn nicht paßt“). 5. Folgerungen aus der speziellen Relativitätstheorie (die Trägheit der Energie). 6. Die verallgemeinerte Relativitätstheorie (Trägheit und Gravitation). Die Darstellungskunst des Verfassers bewährt sich auch an diesen schwierigen Problemen, soweit es überhaupt möglich ist, sie dem Anschauungsvermögen näher zu führen. Der Verfasser sagt aber auch selbst am Schlusse seiner Darlegungen: Mit der Relativitätstheorie wird die Physik eine rein begriffliche Wissenschaft. Definitionen und Begriffe und Formeln, nicht Tatsachen und Bilder bilden den Inhalt der physikalischen Naturerkenntnis . . . Immerhin wird dabei die fruchtbare Methode der Physik, welche in der Gastheorie und der Elektronenlehre so reiche Erfolge gezeitigt hat, die Methode der anschaulichen Bilder, aufgegeben“. Das bisher Gewonnene ist noch keine Lösung, es „scheint nur zu neuen Versuchen, das Wesen des Äthers zu ergründen, einzuladen“. P.

Das Deutsche Farbenbuch unter Berücksichtigung der bisherigen Vorarbeiten und Beschlüsse als Entwurf herausgegeben von HEINRICH TRILLICH. I. Allgemeiner Teil mit einer Farben-tafel. 136 S. München, B. Heller. 1923. Grundpreis Goldmark 4.—.

Die bisherigen Bestrebungen, den Verkehr mit Farbmitteln auf deren zuverlässige Beschaffenheit und Benennung zu gründen, haben keinen durchschlagenden Erfolg gehabt. Der Verfasser will durch seinen groß angelegten Entwurf den weiteren Bemühungen um dieses Ziel einen gut vorbereiteten Boden schaffen und es ist wohl anzunehmen und jedenfalls zu hoffen, daß sein Fleiß und Eifer nicht vergeblich sein wird. Den Nachweis, daß die gegenwärtigen Zustände unhaltbar sind, hat Verf. überzeugend erbracht. Leider ist der von der physikalischen Farbenlehre handelnde Abschnitt durch Irrtümer und unhaltbare Begriffsbestimmungen entstellt, hier muß bei Neudruck ein Physiker zu Rate gezogen werden. Im ersten Teil werden die rechtlichen Verhältnisse beim Verkehr mit Farbmitteln, die Benennungen und Preise der Farbmittel und die Forderung genauer Angabe über die Bestand-

teile behandelt. Die weiteren Teile werden sich auf die einzelnen Verwendungsgebiete, z. B. Künstlerfarben, Anstrichfarben, Druckfarben beziehen. W. Vn.

Das Entwerfen von graphischen Rechen-tafeln (Nomographie). Von Prof. Dr.-Ing. P. WERKMEISTER. Mit 164 Textabbildungen. Berlin, Julius Springer, 1923. 194 S. Goldmark 9.—, Dollar 2.15; geb. Goldmark 10.—, Dollar 2.40.

Die Schrift will dazu helfen, daß die graphische Tafel (das Nomogramm) immer noch mehr Verwendung beim praktischen Rechnen findet; sie verzichtet deshalb auf weitergehende Behandlung theoretischer Probleme und hält die Entwicklungen insofern elementar, als nur von kartesischen Koordinaten Gebrauch gemacht wird. Die behandelten Tafeln sind in drei Gruppen eingeteilt, die als Tafeln mit Kurvenskalen, mit Punktskalen, und mit Kurven- und Punktskalen bezeichnet sind. Der Inhalt gliedert sich in: Tafeln für Funktionen von 1 Veränderlichen oder für Gleichungen mit 2 Veränderlichen, Tafeln für Funktionen von 2 Veränderlichen oder für Gleichungen mit 3 Veränderlichen und Tafeln für Gleichungen mit mehr als 3 Veränderlichen. Die beigefügten Beispiele sind einfacher Art, von unmittelbarer Beziehung auf praktische Aufgaben ist absichtlich abgesehen. P.

Handbuch der technischen Meßgeräte. Bearbeitet von Dr. WALTER BLOCK. Mit 88 Abbildungen. Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung. Berlin W 15, Kurfürstendamm 193—194. 392 S. Geb. Mk. 10.—.

Der Verfasser, der der Reichsanstalt für Maße und Gewichte angehört, hat mit diesem Buche ein wertvolles Hilfs- und Beratungsmittel für alle die geschaffen, die für irgend einen besonderen Zweck ein Meßgerät bedürfen. Er dient damit auch den Physikern und Chemikern, indem er sie auf die in der Technik erprobten Meßgeräte hinweist, die vielfach auch im wissenschaftlichen Laboratorium gute Dienste leisten können. Das Buch wird daher auch eine willkommene Ergänzung zu Kohlrauschs Lehrbuch der praktischen Physik sein. Die technischen Geräte entsprechen allerdings anderen Anforderungen als die wissenschaftlichen; sie gehen in der Regel nur bis zu einer Genauigkeit, wie sie der praktische Meßzweck verlangt, und da es sich meist um häufigere Ausführung desselben Meßvorgangs handelt, spielt die Schnelligkeit des Arbeitens eine wesentliche Rolle.

Der Inhalt des Buches umfaßt die Messung folgender Größen: Zahlen, Winkel, Zeiten, Längen, Flächen und Räume, Massen und Gewichte, Dichten, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Schwingungen und Erschütterungen, Kräfte an festen Körpern, Druck und Zug in Flüssigkeiten und Gasen, Lautstärken, Elastizität, Festigkeit und Reibung, Arbeit und Leistung, Temperaturen, Wärmemengen, Feuchtigkeit bei Gasen und Dämpfen, Lichtstärken, optische Konstanten,

Farben, elektrische Normale, elektrische Hilfsapparate und Meßgeräte; Magnetische Messungen; auch der Photographie als Meßgrundlage ist ein besonderer Abschnitt gewidmet. Die Zahl der Abbildungen ist relativ gering, doch ist es dem Verfasser gelungen, meist in wenigen kennzeichnenden Sätzen eine gute Vorstellung von dem Wesentlichen und von den Besonderheiten eines jeden Gerätes zu geben und auch für die Handhabung nützliche Winke hinzuzufügen. Angehängt ist noch ein sehr verdienstlicher Abschnitt über vollständige Versuchsanordnungen, bei denen mehrere der beschriebenen Geräte erforderlich sind, überdies ein reichhaltiges Bezugsquellenverzeichnis und eine nur das wichtigste heraushebende Literaturübersicht. Register sind nicht nur in deutscher, sondern auch in englischer, spanischer und französischer Sprache beigegeben.

P.

Sternbuch für Anfänger. Eine Anleitung zum Auffinden der Sterne und zum astronomischen Gebrauch des Opernglases, des Feldstechers und des Teleskops. Von KELVIN Mc KREADY. Übersetzt von Dr. MAX IKLÉ. 3. erweiterte Auflage, bearbeitet von Dr. J. WEBER. Mit 78 Abbildungen und 2 Tafeln, 150 S. gr. 4^o. Leipzig, Joh. Ambr. Barth 1923, geb. Goldmark 15.—.

Der Titel weist schon deutlich auf Ziel und Inhalt des Buches hin, das mit ungemeiner Begeisterung und mit Verständnis für die Bedürfnisse des Anfängers geschrieben ist. Den wichtigsten Bestandteil des Buches bilden zwölf Himmelskarten auf schwarzen Grund für die zwölf Monate des Jahres, denen Erläuterungstafeln mit den Verbindungslinien und den Namen der Sternbilder gegenüberstehen, unter beiden befinden sich nähere Angaben über die aufzusuchenden Sternbilder und die für das Fernrohr geeigneten Objekte. Ein späteres Kapitel ergänzt diese letzteren Angaben durch eine systematische Übersicht aller in Betracht zu ziehenden teleskopischen Gegenstände. Genauere Beschreibung erfahren die unserem Sonnensystem angehörigen Weltkörper, sowie Kometen und Meteore. Die für den Anfänger geeigneten Beobachtungsinstrumente, darunter auch ein Schulfernrohr, werden in populärer Weise beschrieben. Den Schluß bilden Mitteilungen der neueren Forschungen über Sternspektren, Sternentfernungen, Sternbewegungen, Sterngrößen usw., und Winke zu nützlicher Arbeit für den Amateur. Die Ausstattung ist glänzend. Der Verfasser, selbst Amerikaner, hat u. a. hervorragende schöne Aufnahmen aus amerikanischen Sternwarten dem Buch eingefügt, das auch bei uns weiteste Verbreitung verdient.

P.

Littrows Atlas des gestirnten Himmels für Freunde der Astronomie. Taschenausgabe. Mit einer Einleitung von Prof. Dr. J. PLASSMANN. 3. Auflage, 48 S. und 17 Tafeln. Berlin, Ferd. Dümmler, 1924, geb. Goldmark 2,50.

Das Büchlein soll dem Anfänger das Kennenlernen der dem freien Auge sichtbaren Sterne

ermöglichen. Zu diesem Zweck ist der Sternhimmel in 14 Kärtchen zerteilt, deren erste beide die nördliche und die südliche Hemisphäre darstellen. Zwei weitere Kärtchen geben einzelne besonders bemerkenswerte Sternbilder wieder, das letzte die Oberfläche des Mondes. Bei dem kleinen Format des Buches (10 cm: 16 cm) bedarf es allerdings wohl guter Augen oder eines Vergrößerungsglases, um alle Feinheiten zu erkennen. Die Einleitung des Herausgebers gibt Anweisungen für den Gebrauch der Kärtchen und macht Angaben über eine Reihe der bekannteren Sternbilder und deren Auffindung. Beigefügt ist auch eine Tabelle der Örter der Wandelsterne in den Jahren 1922—1925 (besser wäre wohl 1924—1927 gewesen). Das Büchlein wird sicherlich der Freude an astronomischen Beobachtungen förderlich sein.

P.

Kleine Himmelskunde. Versuch einer gemeinfaßlichen Darstellung des Wissenswertesten aus der Astronomie. Von Dr. JOSEPH PLASSMANN, Prof. a. d. Universität zu Münster. 136 S. mit vielen Abbildungen. Berlin und Bonn, Ferd. Dümmler, 1924. Geb. Goldmark 6.—.

Die Schrift ist ein Meisterstück des ebenso als Forscher wie als Schriftsteller geschätzten Verfassers. Auf engem Raum ist hauptsächlich das Wissenswerteste über das Sonnensystem und dessen Glieder in astronomischer wie in physischer Hinsicht dargestellt; in volkstümlicher Schreibweise und zugleich auf ernste Belehrung gerichtet, was sich namentlich darin zeigt, daß, soweit irgend möglich, auch die Wege und Hilfsmittel der Forschung angegeben sind. Dies, und daß überall auch auf die jüngsten Entdeckungen eingegangen ist, gibt dem Buche einen Vorzug vor vielen ähnlichen Veröffentlichungen. Den Fixsternen und dem Aufbau des Himmels sind nur zwei kürzere Schlußkapitel gewidmet, hier ist das Gebiet der veränderlichen Sterne besonders eingehend und reizvoll geschildert. Für die Hand angehender junger Himmelsforscher ist das Buch sehr zu empfehlen.

P.

Der Radio-Amateur. Zeitschrift für Freunde der drahtlosen Telephonie und Telegraphie. Organ des deutschen Radio-Klubs. Herausgeber Dr. EUGEN NESPER. Verlag von Julius Springer und M. Krayn, Berlin.

Seit August 1923 in monatlichen Heften von 16—20 Seiten Text und 16 Seiten Anzeigen erscheinend, bringt die Zeitschrift eine Fülle von Aufsätzen, die sich mit der drahtlosen Telephonie und Telegraphie, besonders mit den Empfangsmöglichkeiten durch den Liebhaber beschäftigen. So enthalten die ersten Hefte z. B. Aufsätze über folgende Gegenstände: Elektronenrohrinstrumentarium, Selbstherstellung eines Einröhren-Empfangsapparates, Überlagerungsempfang mit Detektor und Glimmlampe, Herztonverstärkung, Einfaches elektrostatisches Relais, Führende Männer der drahtlosen Technik, Stundenplan der europäischen Telephoniesender, Rahmenantenne,

Patentschau u. a. Einen breiten Raum beanspruchten naturgemäß die Erörterungen über die Beschränkung des Liebhaberempfangs durch die gesetzlichen Bestimmungen und die Möglichkeiten ihrer Beseitigung oder Milderung. Die Zeitschrift will im Bunde mit dem Deutschen Radio-Klub das Liebhaberkfunkwesen in Deutschland verbreiten und in weitere Kreise Verständnis ihrer physikalischen und technischen Grundlagen hineintragen. Die höhere Schule hat sich mit der drahtlosen Telegraphie besonders seit ihrem außerordentlichen Aufschwunge im Kriege sehr lebhaft beschäftigt, mehr jedoch mit den Grundzügen der Schwingungserzeugung — wofür die Aufsätze in dieser Zeitschrift Zeuge sind —, als mit dem Abhören von Nachrichten. Allerdings ist auch dieses nicht selten geschehen, bald aber infolge der liebevollen Teilnahme, die die Oberpostdirektion durch Entsendung eines Beamten zur Besichtigung der Empfangsanlage bekundete, wieder aufgegeben worden. Wir begrüßen daher das Erscheinen der neuen Zeitschrift mit Freuden und hoffen, daß sie uns die erwünschte Bewegungsfreiheit auf dem Gebiete des Funkenempfanges miterkämpft und es uns durch den Aufschwung, den die Herstellung von Empfangsgeräten in diesem Falle nehmen wird, ermöglicht, mit Kosten, die den geringen Geldmitteln der Schulen entsprechen, Empfangseinrichtungen zu beschaffen.

W. Zorn.

Radio im Heim. Anleitung zum Betrieb einer eigenen Radiostation. Von OTTO KAPPELMAYER. Mit 30 Figuren und 20 Abbildungen im Text. 120 S. Berlin, August Scherl, G. m. b. H. 11.—18. Tausend. Goldmark 1.75.

Das kleine Buch bringt eine recht beachtenswerte Anleitung zum Betriebe einer eigenen Radio-Empfangsstation. Es ist sehr leichtfaßlich geschrieben, die Darstellung ist kurz und bündig unter Weglassung aller überflüssiger Theorie, die Schaltungszeichnungen sind sehr übersichtlich. Am Schlusse des Büchleins sind in völlig objektiver Weise die deutschen Radioerzeugnisse besprochen und die liefernden Firmen genannt, ohne daß für diese oder jene besondere Reklame gemacht wird.

R. Schmeelik.

Radio für alle. Unabhängige Zeitschrift für Radiosport und Radiotechnik. Herausgeber HANNS GÜNTHER und Dr. FRANZ FUCHS. Monatlich ein Heft von mindestens 64 S. Franckh'scher Verlag, Stuttgart. Jedes Heft G.-M. 1.—.

Die Zeitschrift ist Organ des Radiovereins München, des Württembergischen Radioklubs usw., scheint also hauptsächlich für süddeutsche Amateurrunde bestimmt zu sein. Heft 1 bringt Belehrungen über Wellentelegraphie und Ätherschwingungen im allgemeinen, den Weltstrahler in Nauen, den Fading-Effekt, die Ortsbestimmung durch Radiowellen, ferner über Anlage von Innenantennen, Rechenschieber zur Bestimmung der Wellenlänge, den Bau eines Wellenmessers, Winke über den Bau einer Hochantenne u. a. m. Auch Mitteilungen über behördliche Bestimmungen und

praktische, den Gegenstand betreffende Rechtsfragen sind in Aussicht gestellt. Die Zeitschrift wird sicher in den beteiligten Kreisen großen Anklang finden.

P.

Bibliothek des Radio-Amateurs. Herausgegeben von Dr. EUGEN NESPER. Berlin, Julius Springer. 1924. 1. Band: Meßtechnik für Radio-Amateure. Von Dr. EUGEN NESPER. Mit 48 Textabbildungen. 50 S. G.-M. 0.90, Dollar 0.25. — 2. Band: Die physikalischen Grundlagen der Radiotechnik. Mit besonderer Berücksichtigung der Empfangseinrichtungen. Von Dr. WILHELM SPREEN. Mit 111 Textabbildungen. 137 S. G.-M. 2.10, Dollar 0.50.

Der erste Band bringt Beschreibungen der in Betracht kommenden Meßinstrumente, die in keinem Amateurlaboratorium fehlen dürfen, und kurzgefaßte Anleitungen für die wichtigsten Meßschaltungen, so zur Messung der Grundschwingung einer Antenne, der Wellenlänge eines Empfängers, Messung von Selbstinduktion und Kapazität, Eichung von Wellenmessern, Messung von Koppelungskoeffizienten u. a. m. Wer über einige Experimentiertechnik verfügt, wird von der Schrift gewiß Nutzen ziehen können.

Der zweite Band, der wohl den Beginn der Serie hätte bilden sollen, bietet eine recht geschickte Übersicht über die physikalischen Grundlagen in steter Beziehung zu den Erfordernissen der Radiotechnik und unter Einfügung darauf bezüglicher Rechenaufgaben. Es werden besonders auch der Wechselstromwiderstand, die elektromagnetischen Schwingungen und Wellen, die Theorie der Elektronenröhre und deren Verwendung behandelt. Die Grätzschen Drosselzellen zur Gleichrichtung von Wechselströmen dürften wohl für den vorliegenden Zweck doch nicht empfehlenswert sein.

P.

Konduktometrische Titrationen. Von Dr. J. M. KOLTHOFF, Konservator am pharm. Labor. der Reichsuniversität Utrecht. Mit 26 Abbildungen. Dresden u. Leipzig. Th. Steinkopff. 1923. VIII + 94 S. Geb. G.-M. 2.75.

Die bequeme und schnelle Maßanalyse, die in ihrer bisherigen Form stets Farbänderungen benutzte, um das Ende der Reaktion zu erkennen, ist in den letzten Jahren von der Elektrochemie her ausgebaut worden, indem man entweder Änderungen des Leitvermögens oder der elektromotorischen Kraft zur Erkennung des Endpunktes hinzunahm. Die potentiometrische Methode ist von Erich Müller-Dresden in einer im gleichen Verlage erschienenen Monographie behandelt worden. Für die hauptsächlich von Dutoit-Lausanne eingeführte konduktometrische Methode ist das vorliegende Büchlein die erste Zusammenfassung, bei der der Verf. hauptsächlich auf eigenen Arbeiten fußt. Da das Leitvermögen die Summe aus Ionenkonzentration mal Ionenbeweglichkeit darstellt, kann man jede Reaktion konduktometrisch verfolgen, bei der sich eine von beiden Größen ändert. Die Zahl dieser

Reaktionen ist so groß, daß dadurch das Anwendungsgebiet der Maßanalyse sehr erweitert wird. Neuerdings hat der Ref. die Apparatur so vereinfacht und verbilligt, daß die Methode auch in schlecht dotierten Laboratorien angewendet werden kann.

Der Verf. gibt eine kurze theoretische Einleitung, in der auf Grund der Arrheniusschen Theorie die Eigenschaften der Elektrolyte auseinandergesetzt werden. Im zweiten Teil nimmt die konduktometrische Alkali- und Azidimetrie den breitesten Raum ein, die Fällungsanalyse könnte noch weiter ausgebaut werden. Eine gute kritische Übersicht und eine Zusammenstellung der technischen Anwendungsmöglichkeiten schließt das Buch. Für eine neue Auflage ist es wünschenswert, daß die Korrektur von einem Deutschen gelesen wird, um gewisse Unebenheiten zu beseitigen. Störend wirken auf den Deutschen gewisse Formelzeichen, z. B. die Benutzung von Ω für das molekulare Leitvermögen (Λ).

W. Roth, Braunschweig.

A. WERNERS Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. Neu bearbeitet von PAUL PFEIFFER, o. Prof. d. Chemie an der Univ. Bonn. Fünfte Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, A.-G. 1923. (Band 8 der Sammlung „Die Wissenschaft“). XIV + 444 S. Geb. G.-M. 16.—

Nach WERNERS Tode hat sein Schüler PFEIFFER das als Ariadnefaden in dem Labyrinth der „Verbindungen höherer Ordnung“ unentbehrliche Buch neu bearbeitet. Einzelne Abschnitte sind unter vollständiger Umarbeitung den neuesten Ergebnissen der Atomphysik angepaßt worden, im ganzen hat er auch in seinen Leistungen dem Meister nahestehende Schüler mit „konservativer Chirurgie“ gearbeitet. Die neue Auflage ist durch straffere Anordnung des Stoffes für den Gebrauch bequemer als die früheren; alle bis zum Herbst 1923 erschienenen Arbeiten sind, so weit sie wichtig erschienen, berücksichtigt worden. Eine Empfehlung des unentbehrlichen Werkes erübrigt sich.

W. Roth, Braunschweig.

Die quantitative organische Mikroanalyse. Von FRITZ PREGL, o. ö. Prof. d. med. Chemie an der Universität Graz. Zweite durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 42 Textabbildungen. Berlin, Julius Springer, VIII + 217 S. Geb. G.-M. 12.—

Die Not der Nachkriegszeit hat dem Bestreben, seine Forschungen mit wenig Material vorzunehmen, neue Nahrung gegeben; so ist es verständlich, daß schon nach 6 Jahren, von denen 4 Kriegsjahre waren, eine neue Auflage des „Mikro-Pregl“ erforderlich war. Die Methoden und die Apparaturen sind verbessert worden, so daß man jetzt mit 4–8 mg eine sichere Analyse von Substanzen beliebiger Zusammensetzung ausführen kann — vorausgesetzt, daß man sich genau an die minutiös durchgearbeiteten Vor-

schriften des Schöpfers der Methode hält. Daß fast der gesamte Inhalt des Buches dem Institut des Verfassers entstammt, gibt dem Buch eine sehr persönliche Färbung. Die Schwierigkeit der Materie geht daraus hervor, daß die auf tausendstel mg zu wägenden Verbrennungsprodukte, CO_2 und H_2O , als Verunreinigungen in der Luft enthalten sind, das Material für die Verbindungsstücke, der Kautschuk, für CO_2 , bis zu einem gewissen Grade durchlässig ist und Laboratoriumsluft und Kautschuk ebenfalls verbrennliche Stoffe in Dampfform enthalten! Den Ref., der viele Molekulargewichtsbestimmungen ausführen gehabt hat, wundert es sehr, daß gerade die so kitzliche Siedepunktmethode als Mikromethode benutzt wird, nicht die kryoskopische, die der normale Chemiker der ebullioskopischen wegen ihrer viel geringeren Fehlerquellen vorzieht!

W. Roth, Braunschweig.

Das Weltreich der Technik. Entwicklung und Gegenwart. Von ARTHUR FÜRST. I. Band: Telegraphie und Telephonie. 322 S. Folio. Ullstein-Verlag, Berlin. Goldmark 30.—

Das Buch zeigt alle Vorzüge, die dem Verfasser, dem bekannten Mitarbeiter der Verlage Ullstein und Mosse eigentümlich sind: Eingehende Bekanntschaft mit den verschiedensten Seiten des Gegenstandes, besonders nach der technischen und wirtschaftlichen Seite, sicheren Blick für das, was weitere Kreise interessiert und ihnen verständlich ist, einfache und klare, niemals langweilige Form der Darstellung. Behandelt werden: Die Lichttelegraphen bis zu den Blinkapparaten, die im Kriege eine so große Rolle gespielt haben. Sodann folgt der elektrische Telegraph, dessen Erfindungsgeschichte eingehend dargestellt wird. Sie wird fortgeführt bis zu den neuesten Erfindungseigenschaften, z. B. dem Prinzip von Johnsen-Rahbek. Weiterhin folgt ein Abschnitt über Unterseetelegraphie, Bildtelegraphie und Fernmeldetechnik; schließlich kommt die Fernsprechtechnik zu Worte.

Die „Telegraphie und Telephonie im Äther“ beginnt mit den Hertzschen Versuchen und führt über alle Entwicklungsstufen, wie Frequenzwandler, Kathodenröhren, Hochfrequenztelephonie längs Leitungen usw., die uns den Verkehr mit fahrenden Zügen und dergleichen schöne Neuerungen gebracht haben.

Das Buch ist glänzend ausgestattet. Es enthält außer den 561 Abbildungen 23 künstlerisch ausgeführte — auch farbige — Tafeln. Als Beispiel sei die Fackeltelegraphie angeführt, die außer einer Karte des Weges von Troja bis Argos eine große Wiedergabe des Aquarells von A. Roloff bringt.

In bezug auf die Wissenschaftlichkeit wäre eine Revision der Auffassung des Verfassers von den elektrischen Schwingungen zu wünschen. Die einleitende Darstellung und auch andere Stellen des Buches können den Anschein erwecken, als ob der Verfasser auch den gewöhnlichen elektrischen Strom auf Schwingungen zurückführen

wollte. Ferner wird die Entstehung wirklicher Schwingungen, im besonderen des Stromes von umgekehrter Richtung, durch die Abnahme der magnetischen Kraftlinien während der zweiten Viertelperiode einer Entladung erklärt. In Wirklichkeit ist sie auf die umgekehrte Ladung des Kondensators am Schlusse der zweiten Viertelperiode zurückzuführen, hat also eine elektrostatische, nicht eine elektromagnetische Ursache und ist von der vorhergehenden Halbperiode durch eine vollständige Ruhepause getrennt.

Solche Einzelheiten werden aber den Erfolg des schönen Buches nicht beeinträchtigen.

Spies.

Alltägliche Wunder. Etwas aus der neuzeitlichen Ernährungslehre. Von RAGNER BERG. 41 S. Dresden, Emil Pahl, 1924. Goldmark 0.85.

Den Physiker und Chemiker wird es gleich sehr interessieren, näheres darüber zu erfahren, inwiefern die Kalorien keinen Maßstab für die Nährkraft eines Nahrungsmittels abgeben, daß hierfür vielmehr in erster Reihe die sogen. Vitamine in Betracht kommen.

P.

Denkmethode der Chemie. Von GEORG BREDIG, o. Prof. der phys. Chemie und Elektrochemie a. d. Techn. Hochschule in Karlsruhe. Leipzig, J. A. Barth, 1923. 54 S. G.Z. 1,2.

Die Schrift, eine Rektoratsrede, ist nach Form und Inhalt eine herrliche Leistung. Es handelt sich bei den „Denkmethode“ nicht etwa um logische oder methodologische Erörterungen, sondern vielmehr um die Klarlegung der Wege, die das menschliche Denken einschlagen mußte, um dem gewaltigen Problem der Wirksamkeit der chemischen Elemente allmählich beizukommen. In reizvollem Vergleich wird daher von der „Gefügelteure oder Anatomie der Materie“ und von der „Kräftelehre oder Physiologie der Materie“ gesprochen. In erster Hinsicht werden die Hauptentwicklungsstufen der chemischen Erkenntnis wie im Fluge berührt und werden die Taten der historischen Größen mit wenigen aber treffenden Strichen gezeichnet (nur bei Stahl hätten wir eine modernere Auffassung gewünscht). Insbesondere wird der Atombegriff von Dalton an bis zur jetzigen „intraatomistischen Astronomie“ verfolgt — alles durchsetzt mit poetischen, auch auf die Nichtchemiker unter den Zuhörern Bedacht nehmenden Bildern. Die Durchführung der zweiten Aufgabe, die Kennzeichnung der Kräfte und Leistungen bei chemischen Vorgängen, geschieht gleich von Anfang an vom Gesichtspunkt des Ingenieurs aus — unter geistvoller Rechtfertigung dieses etwas ungewöhnlichen Standpunktes. Hier tauchen bald einige wirtschaftspolitische Streiflichter auf, die sich weiterhin häufen, wenn vom „Vampirvertrag von Versailles“, von der Notwendigkeit „in friedlichen Verträgen die Schätze der Erde zu verteilen“, und zwar unter maßgebendem Einfluß der Ingenieure aller Länder, und von anderem die Rede ist, und die zur hellen Fackel auflodern, wenn der Verfasser das „unausweichliche“ Problem

der „Vereinigten Staaten von Europa“ bespricht. Hier weist er den Ingenieuren und der akademischen Jugend, besonders der der Technischen Hochschulen, die führende Rolle zu. Hoffentlich pflanzt sich von der bedeutsamen Schrift eine tiefgehende, wohl aufrüttelnde, aber nicht zerstörende Welle weithin fort.

O. Ohmann.

Explosivstoffe. Auf Grund des in der Literatur veröffentlichten Materials bearbeitet von Prof. Dr. H. BRUNSWIG, Leiter der „Zentralstelle für wissensch.-techn. Untersuch.“ in Neubabelsberg. 2. verm. Aufl. mit 56 Abb. und 64 Tabellen. Bd. X des Handbuch der angew. physik. Chemie von G. BREDIG. Leipzig, J. A. Barth, 1923. XIII u. 215 S. G.Z. 8, geb. 12.

Entsprechend der Eingliederung des Buches in das genannte Hauptwerk verfolgt der Verfasser das Ziel, das gesamte von den Sprengstoffen handelnde Material vom Standpunkt der physikalischen Chemie aus zu ordnen und zu durchdringen. Das Thermochemische, die Geschwindigkeit explosiver Vorgänge, Explosionsdruck, -Temperatur und -Stoß sind daher weitgehend in die Betrachtung einbezogen und finden an der Hand vorzüglicher Figuren und zahlreicher graphischer und sonstiger Tabellen eine sorgfältige und gründliche Bearbeitung. Auch der chemische Schulunterricht wird dem Buche die mannigfaltigsten Anregungen entnehmen können, zumal die Primaner erfahrungsgemäß für eine gründlichere Durchnahme dieser Dinge sehr empfänglich sind. Das Problem, vor das die Sprengstofftechnik durch die neueren großen Unglücksfälle, besonders von Oppau, gestellt wurde, scheint nicht berührt zu sein; im Sachverzeichnis fehlt jedenfalls Oppau sowie Ammonsulfatsalpeter. In didaktischer Hinsicht hätten einige Zersetzungs-gleichungen vielleicht durch bestimmte „Zersetzungs-bilder“ veranschaulicht werden können. Das vortreffliche Buch, von dem bereits eine englische Ausgabe vorliegt, verdient einen weiten Leserkreis.

O. Ohmann.

H. Rosenbuschs Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Ein Hilfsbuch bei mikroskopischen Gesteinsstudien. Bd. I. Erste Hälfte: Die petrographisch wichtigen Mineralien. Untersuchungsmethoden. 5. völlig umgestaltete Aufl. von Dr. E. A. WÜLFING, Prof. d. Min. u. Petrogr. a. d. Univ. Heidelberg. 1. Lieferung, mit 192 Abb. und 1 farbigen Tafel. Stuttgart, Schweizerbart (E. Nägele) 1921. XVI u. 252 S.

Das anerkannte, in dieser Zeitschrift noch nicht angezeigte Werk ist in der vorliegenden Bearbeitung so erheblich umgestaltet, daß es sich „fast um ein neues Werk handelt“. Die vorliegende, einen gewissen Abschluß darbietende Lieferung führt in ausgezeichnete Weise in die Praxis der mikroskopischen Untersuchung der Mineralien, besonders der gesteinsbildenden, ein. Die „Präparationsmethoden“ (S. 4/41), insbesondere die Technik der Dünnschliffe, für die der Neubearbeiter einen eigenen Schleifapparat kon-

struiert hat, sind demgemäß mit besonderer Liebe behandelt. Den Hauptteil bilden jedoch die „Optischen Untersuchungsmethoden“, in welchen Theorie und Praxis der Kristalloptik an der Hand vorzüglicher Figuren eine außerordentlich anschauliche, auch in den mathematischen Ableitungen durch eigenartige Konstruktionsbilder gestützte

Darstellung erfahren. Allenthalben sind auch die historischen Zusammenhänge vortrefflich herausgearbeitet. Alles in allem enthält bereits der vorliegende Teil auch für den chemisch-mineralogischen Unterricht soviel Wertvolles, daß seine Anschaffung aufs wärmste zu empfehlen ist.

O. Ohmann.

Aus Werkstätten.

Glasfilter aus Jenaer Glas. Von Schott und Genossen in Jena.

Die Fabrik stellt insbesondere für chemische Laboratorien Glasfilterplatten her, die aus einer zusammengesinterten Masse von Jenaer Geräteglas bestimmter Korngröße bestehen. Sie werden in verschiedenen Flächenmaßen, in verschiedener Dicke und von verschiedener Porenweite angefertigt und lassen sich in beliebige Apparateile völlig dicht einschmelzen. Es werden Glasiegel mit filtrierenden Böden (Fig. 1), Nutschen und sonstige Filtriergefäße hergestellt, die mit der Bezeichnung der Glasorte (G Jenaer Geräteglas, N Normalglas, S Supraxglas, F Fiolaxglas), der Dicke der Filterplatten und der Korngröße versehen sind. Letztere ist von grob nach fein abgestuft nach den Nummern 2-3, 3-4, 4-5, 5-7 und >7. Auch lassen sich größere Diaphragmenplatten vorläufig bis zu etwa 250 mm Durchmesser herstellen.



Fig. 1.

Fig. 2 stellt eine Nutsche auf einem Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr dar, an das ein zur Evakuierung dienender Gummischlauch angesetzt ist.

Über die Verwendbarkeit für quantitative und qualitative Analyse sowie für präparative Zwecke hat Dr. Gustav F. Hüttig auf der Herbstversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Jena im September 1923 eingehend berichtet. (Vergl. Zeitschr. f. angewandte Chemie 37, Nr. 4, 1924.) Die Angreifbarkeit der Filter durch Säuren ist minimal, ebenso durch konzentriertes Ammoniak, etwas größer durch Natron-

lauge. Eine Angreifbarkeit selbst durch heißes Königswasser kommt für qualitative Versuche gar nicht in Frage. Das Auswaschen trüber Niederschläge gelingt bei einiger Vorsicht tadellos. Ein Vorzug der Vorrichtung ist, daß Niederschläge mit Lösungsmitteln unmittelbar weiter

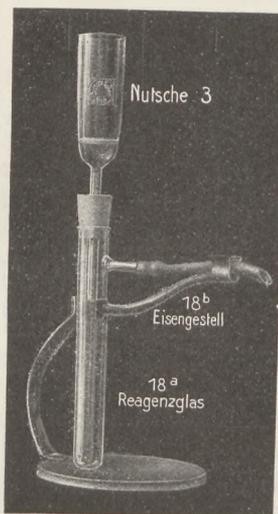


Fig. 2.

behandelt und somit leicht entfernt werden können. Die Tiegel lassen sich bis 600° bei langsamem An- und Abstieg der Temperatur erhitzen, sie sind bei Erhitzung auf 110° schon nach kurzer Zeit gewichtskonstant.

Die Fabrik liefert auch Kolben, Kochbecher, Schalen, Meßzylinder, Reagenzgläser usw. aus Jenaer Geräteglas in den Abmessungen des Normenausschusses der deutschen Industrie.

Korrespondenz.

Die 88. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte findet in Innsbruck vom 21. bis 28. September 1924 statt. Anmeldungen von Vorträgen für Abteilung 15 (Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht) werden an den Einführenden, Professor Dr. Josef Dinkhauser in Innsbruck, Hofburg bis 1. Juni erbeten.

Funkenempfangsanlagen bei Schulen. Verfügung des telegraphentechnischen Reichsamts vom 10. März 1924. Gymnasien und ähnliche höhere und gehobene Lehranstalten sowie Mittel- und Fachschulen werden zur Einrichtung und zum Betrieb von Versuchs-Funkenempfangsanlagen zugelassen. Die Grundgebühr für solche Anlagen beträgt vierteljährlich 2.50 Goldmark.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1924.

Stundenzählung astronomisch. 0h = Mittag, 12h = Mitternacht,
z. B. Juli 4. 17h 44m = Juli 5. 5h 44m vormittags bürgerlich.

MEZ	Juli						August						Sept. 2	
	0h	4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23		28
♄	AR	6h 47m	7.33	8.17	8.57	9.31	10.2	10.25	10.53	11.12	11.28	11.38	11.42	11.38
	D	+ 24,2 ^o	+ 23,4	+ 21,6	+ 19,1	+ 16,1	+ 12,9	+ 9,6	+ 6,4	+ 3,4	+ 0,8	- 1,2	- 2,4	- 2,4
♃	AR	6h 32m	6.20	6.11	6.6	6.5	6.8	6.14	6.23	6.35	6.49	7.5	7.23	7.41
	D	+ 19,3 ^o	+ 18,5	+ 18,0	+ 17,7	+ 17,5	+ 17,6	+ 17,8	+ 18,0	+ 18,2	+ 18,4	+ 18,4	+ 18,4	+ 18,2
♁	AR	6h 53m	7.13	7.34	7.54	8.14	8.34	8.53	9.12	9.31	9.50	10.8	10.27	10.45
	D	+ 22,9 ^o	+ 22,4	+ 21,7	+ 20,9	+ 19,9	+ 18,8	+ 17,5	+ 16,2	+ 14,7	+ 13,1	+ 11,5	+ 9,7	+ 7,9
♂	AR	22h 26m	22.31	22.34	22.36	22.38	22.37	22.36	22.33	22.29	22.25	22.20	22.14	22.9
	D	- 14,9 ^o	- 14,8	- 14,8	- 14,9	- 15,1	- 15,4	- 15,8	- 16,3	- 16,7	- 17,2	- 17,7	- 18,0	- 18,3
♃	AR	16h 41m		16.38		16.35		16.34		16.34		16.36		16.38
	D	- 21,6 ^o		- 21,5		- 21,5		- 21,5		- 21,5		- 21,6		- 21,7
♁	AR	13h 39m				13.41				13.45				13.51
	D	- 7,6 ^o				- 7,8				- 8,3				- 8,9

Δ = Sternzeit i. mittl. Mittag v. Stargard; für östl. bzw. westl. Länge λ^o v. Greenwich.
± λ · 0.657^s + 9.86^s

Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

Zeitgl.	6h	7.	7.	7.	8.	8.	9.	9.	9.	10.	10.	10.
	48m 42s	8.25	28.8	47.51	7.34	27.16	46.59	6.42	26.25	46.7	5.50	25.33
+ 4m 10s	+ 4.59	+ 5.38	+ 6.5	+ 6.18	+ 6.18	+ 6.2	+ 5.31	+ 4.45	+ 3.45	+ 2.33	+ 1.9	- 0.20

Breite v. Berlin (52^o 30'). Länge v. Stargard. Untergang u. folg. Aufgang d. ob. ☉-Randes. ME Z.

Unterg.	8h 25m	8.22	8.17	8.12	8.5	7.57	7.49	7.39	7.30	7.19	7.8	6.58	6.46
Aufg.	15h 44m	15.49	15.55	16.1	16.8	16.16	16.24	16.32	16.40	16.49	16.57	17.5	17.13

Breite v. Berlin (52^o 30'). Länge v. Stargard. Aufgang u. folg. Unterg. d. ob. ☾-Randes. ME Z.

Aufg.	19h 3m	(25.0)	6.7	9.52	11.49	14.55	20.21	1.20	6.40	9.5	11.20	15.47	21.54
Unterg.	34h 5m	(36.11)	14.51	20.51	26.28	30.57	33.27	11.15	15.55	22.2	27.15	30.39	32.47

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
	Juli 1.	18h 35.0m	Juli 9.	10h 46.0m	Juli 16.	0h 49.0m	Juli 23.	5h 35.8m
Juli 31.	8h 41.9m	Aug. 7.	16h 41.3m	Aug. 14.	9h 19.0m	Aug. 21.	22h 10.4m	
Aug. 29.	21h 36.8m	Sept. 5.	21h 45.5m					

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

I		II		III	
Juli 5.	12h 19,6m A	Aug. 6.	8h 55,2m A	Juli 21.	9h 59,8m A
Juli 21.	10h 37,3m A	Aug. 13.	10h 50,0m A	Aug. 22.	9h 51,5m A
		Aug. 29.	9h 8,5m A	Aug. 29.	10h 0,6m E
				Juli 12.	9h 43,5m A
				Juli 19.	11h 10,7m E
				Aug. 24.	9h 43,8m A

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

MEZ	♃ Abendstern	♀ Abendstern	♂ (L, J)	♃ (Wg)	♁ (Jungfrau)
Juli 1.	—	—	A 11,0h D _m 14,9h	D _a 9,4h U 14,1h	D _a 9,5h U 12,4h
" 11.	—	Morgenstern	A 10,5h D _m 15,0h	D _a 9,3h U 13,3h	D _a 9,4h U 11,8h
" 21.	(8,9h)	A 14,4h D _m 15,1h	A 9,9h D _m 15,2h	D _a 9,2h U 12,5h	D _a 9,3h U 11,1h
" 31.	D _a 8,7h U 8,8h	A 13,8h D _m 15,4h	A 9,3h D _m 15,5h	D _a 9,0h U 12,0h	D _a 9,1h U 10,4h
Aug. 10.	(8,4h)	A 13,5h D _m 15,7h	A 8,6h D _m 15,8h	D _a 8,6h U 11,3h	D _a 8,7h U 9,8h
" 20.	—	A 13,2h D _m 16,0h	D _a 8,1h D _m 16,1h	D _a 8,2h U 10,7h	D _a 8,3h U 9,2h
" 30.	—	A 13,1h D _m 16,2h	D _a 7,8h U 16,0h	D _a 7,9h U 10,1h	D _a 8,0h U 8,6h

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

Mars in Konjunktion mit dem Mond Juli 19.2h. Merkur in Konjunktion mit α Leonis, Merkur 18' N, Juli 29.9h. Venus im größten Glanz, August 6. Merkur in gr. östl. Elongation 27^o 26', August 14.22h. Mars in Opposition August 23.6h. Totale Mondfinsternis August 14, Anfang 7h 31,3m, Ende 11h 8,6m MEZ. A. Weill.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

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