

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XX. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1907.

Vorschläge zur Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten
für Physik.

Von

Dr. Karl T. Fischer,

a. o. Professor und I. Assistent für Physik an der Technischen Hochschule München.

I.

Als ich vor zwei Jahren von hochgeschätzter Seite aufgefordert wurde, mit Vorschlägen zur Hochschulausbildung künftiger Physiklehrer durch eingehendere Besprechung diese von F. KLEIN¹⁾ angeschnittene Frage zu fördern, glaubte ich dieses ablehnen zu müssen, da eine wirkliche Förderung der Angelegenheit in erster Linie von den Ordinarien und Vorständen der physikalischen Institute abhängt. Da aber neuerdings die von der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte eingesetzte Unterrichtskommission an mich mit der gleichen ehrenden Aufforderung herangetreten ist, und ferner bereits einige Aufsätze zu dem Thema erschienen sind, glaube ich mit meiner Meinung nicht länger zurückhalten zu dürfen. Meine Versuche, durch genaue Berichte²⁾ über die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichtes bei uns und in anderen Ländern zur prinzipiellen Verbesserung unseres Elementar-Physik-Unterrichtes durch Schülerübungen nach Möglichkeit beizutragen, haben mich selbstverständlich in erster Linie auf die Frage nach der bestmöglichen Vorbereitung der Lehrer geführt; denn die Lehrer sind und bleiben die Seele des Unterrichtes, und Methode und Apparate müssen durch sie Leben und Wirkung auf den Schüler erhalten.

Meine ursprüngliche Absicht, durch Abhaltung eines besonderen physikalischen Praktikums für Lehramtskandidaten, von dem unten die Rede sein wird, auch durch die Tat etwas zu leisten, habe ich leider nur einmal und nur unter erschwerenden Umständen im Sommersemester 1899 ausführen können, da bei uns ein besonderer für diese Übungen so nötiger Raum nicht vorhanden ist. Meine Erfahrungen in praktischen Übungen, welche speziell den Interessen der Lehramtskandidaten dienen, sind daher nicht so reich wie die des Herren W. KAUFMANN, der in Göttingen spezielle Übungen für Lehramtskandidaten einrichtete, oder der Herren KOENEN und BOSE, K. SCHREBER (ds. Ztschr. XIX 213) und R. BÖRNSTEIN (ebenda 355); ich habe auch

¹⁾ F. Klein, Probleme des mathematisch-physikalischen Hochschulunterrichtes. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung, 14. Band.

²⁾ K. T. Fischer, Der naturwissenschaftliche Unterricht in England, insbesondere in Physik und Chemie. B. G. Teubner, Leipzig, 1901. 94 S. — Der naturw. Unterricht bei uns und im Ausland, Heft 3 der Abhandl. zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaften. Berlin, J. Springer, 1905. 72 S. Quart. — Ziele und Wege des naturw. Unterrichtes. Natur und Kultur. 3. Jahrgang. 1905/06.

nicht die langjährige Erfahrung E. WIEDEMANN'S (ebenda 265) im akademischen Unterricht, aber ich bin während der 14 Jahre, in denen ich als Assistent in dem auch von Lehramtskandidaten stark besuchten physikalischen Praktikum unserer Hochschule wirke, in lebhaftem und offenerem Gedankenaustausch als ein Ordinarius mit Studierenden meines Faches gestanden und kenne infolge engen Verkehrs mit Kollegen an der Mittelschule sowie infolge meiner ausgedehnten Studienreisen nach England und Amerika recht gut die Schmerzen derer, die sich für das Lehramt für Physik und Mathematik vorbereiten, und derer, die bereits seit längerer Zeit im Unterricht tätig sind, und so bin auch ich vielleicht in der Lage, in der gegenwärtig zur Diskussion stehenden Frage der Hochschulausbildung der Lehrer zu dem vielen Guten, was die genannten Herren vorgebracht haben, einiges hinzuzufügen.

In mancher Beziehung scheint mir die Frage der Hochschulausbildung der künftigen Physiklehrer klarer beantwortbar zu sein, als es nach den im Auftrag der Unterrichtskommission erstatteten Berichten von CARL CHUN¹⁾ „Probleme des biologischen Hochschulunterrichtes“ und von C. DUISBERG²⁾ über den „Chemischen Unterricht in der Schule und den Hochschulunterricht für die Lehrer der Chemie“ bezüglich der Biologie und Chemie der Fall ist. Ich werde mir daher erlauben, ganz bestimmte Vorschläge zu formulieren, um eine feste Grundlage für eine Diskussion seitens aller beteiligten Hochschul- und Mittelschulkreise anzubieten.

II.

Das Bedürfnis einer Verbesserung der Vorbereitung der Lehramtskandidaten auf der Hochschule.

Schon ehe die Vorschläge der Unterrichtskommission³⁾ als dritten Grundsatz aussprachen: „Für die physikalische Ausbildung der Schüler sind planmäßig geordnete Übungen im eigenen Beobachten und Experimentieren erforderlich“, und ohne daß dieser Forderung schon Rechnung getragen wird, ist mehrfach öffentlich die Behauptung ausgesprochen worden, daß die Vorbildung unserer Lehramtskandidaten auf der Hochschule lückenhaft ist, weil in den physikalischen Übungen den Kandidaten fast nie Gelegenheit geboten wird, Demonstrationsversuche auszuführen oder selbst Versuchsanordnungen zusammenzustellen. J. NORRENBERG spricht in seiner „Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichtes an den höheren Schulen Deutschlands“⁴⁾ (S. 64—65) „von den berechtigten Klagen über die mangelhafte Vorbildung naturwissenschaftlicher Lehrer“ und erinnert an einen Erlaß vom 26. Juli 1876, in welchem die Unterrichtsverwaltung selbst feststellt, „daß die von der Universität kommenden Lehrer bei ausreichender theoretischer Vorbildung häufig nicht die erforderliche Bekanntschaft mit den physikalischen Lehrmitteln und die wünschenswerte Übung im Experimentieren mitbrächten“. E. GRIMSEHL⁵⁾ urteilt in dem Kapitel „Unterricht in Physik“ des Handbuches für Lehrer höherer Schulen S. 541: „Außer der wissenschaftlichen Ausbildung ist die praktische Ausbildung für den Lehrberuf von größter Wichtigkeit, und zwar für den Physiklehrer

¹⁾ Natur und Schule. 5. Band. 1906. 8 S.

²⁾ Leipzig. O. Spamer. 1906. 48 S.

³⁾ Bericht der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte über ihre bisherige Tätigkeit. Sonderausgabe. Leipzig, F. C. W. Vogel, 1905. 57 S. S. 25—36.

⁴⁾ Erschienen bei Teubner. 1904. 76 S.

⁵⁾ Erschienen bei Teubner. 1906.

insbesondere, damit er in den Stand gesetzt wird, der Forderung der Lehrpläne entsprechend, seinen Unterricht auf experimenteller Grundlage aufzubauen; die wissenschaftlichen Praktiken der Hochschulen erfüllen diese Aufgabe nur in geringem Maße“, und weist nur auf die von W. KAUFMANN in Göttingen begonnenen und von E. BOSE weitergeführten Kurse für Handfertigkeit als Ausnahmen hin. Herr Direktor A. MAURER in St. Johann-Saarbrücken sagt in seinem Aufsatz¹⁾ „Die Notwendigkeit einer besseren Ausgestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichtes an höheren Schulen, mit besonderer Rücksicht auf Physik“ (S. 377): „Es fehlt an der rechten Ausbildung der großen Menge der Lehrer, von denen man durchgängig nicht so viel selbständiges Schaffen erwarten kann“ (bezieht sich auf vereinzelte Versuche den Unterricht zu heben), „weder kümmern sich die Universitäten ausreichend um die Unterrichtsbedürfnisse, noch ist bei den Schulbehörden in ihrer jetzigen Zusammensetzung bei allem guten Willen Verständnis genug für den Bildungswert der Naturwissenschaften und Kenntnis genug von ihrer Methode zu finden — —. Aber die Reform muß bei den Universitäten anfangen, wie dies auch schon von Hochschullehrern anerkannt wurde . . . Tüchtige Menschen werden sich ja immer ihren eigenen Weg suchen, aber das schließt nicht aus, daß man auch den weniger erfinderischen und selbständigen Geist so ausbilden kann, daß er mit Selbstvertrauen in seinen Beruf zu geben und, von einem ersten Gelingen getragen, weiter zu arbeiten vermag. Jetzt heißt es oft gerade von vorne anfangen, wenn man von einer Universität kommt.“ Mündlich kann man ähnliche Äußerungen seitens der jüngeren Physiklehrer und seitens der Schulbehörden oft genug hören. Ihnen gegenüber scheint mir die Auffassung E. WIEDEMANN'S, daß der in Erlangen übliche Unterricht für künftige Lehrer, der sich wohl nicht viel von dem an anderen Hochschulen üblichen unterscheidet, hinreicht, etwas zu optimistisch zu sein.

Vollends ist aber die bisherige Vorbildung der Lehramtskandidaten unzureichend, wenn die so unentbehrlichen und in England und Amerika — vergleiche meine eingangs zitierten Schriften — allgemein eingeführten Schülerübungen an unseren Mittelschulen aufgenommen werden sollen, wie sie höchst erfreulicherweise endlich auch von weiteren Kreisen als ein wesentlicher Bestandteil jedes physikalischen Unterrichtes angesehen werden. „Ich behaupte, daß nicht ein Prozent der Lehrer solche Übungen veranstalten kann“, meinte Herr Oberrealschuldirektor BOBE (ds. Ztschr. XIX 389) bei der Eröffnung des letzten Frankfurter naturwissenschaftlichen Ferienkurses. „Dazu gehört Beherrschung des Faches und manuelle Geschicklichkeit, die uns nicht anezogen sind. Wir müssen unser Augenmerk auf den Nachwuchs richten und sorgen, daß er dazu erzogen wird, so daß das ersehnte Ideal des Unterrichtes nach und nach erreicht werden kann. Auch Hochschulprofessoren geben zu, daß die Ausbildung der Lehrer auf der Universität nicht hinreicht. DRUDE hatte die Absicht, einen Kursus in Berlin einzurichten, in dem die heranzubildenden Lehrer von Grund aus geübt werden sollten.“ Im persönlichen Gespräch haben mir verschiedene Ordinarien zugegeben, daß sie die bisherige Ausbildung der Lehramtskandidaten zu verbessern wünschen. Viele mögen gegenüber den größeren direkten Sorgen, welche die Verwaltung eines Institutes, die Befriedigung einer stets wachsenden Zuhörerschaft in der allgemeinen Vorlesung über Experimentalphysik, die Abhaltung der an großen Hochschulen überstark besuchten Praktika — an unserer Hochschule arbeiten bis zu 300 Praktikanten während eines Semesters — und aus anderen Gründen nicht die

¹⁾ Natur und Schule. 5. S. 377—385. 1906.

nötige Zeit und Lust für die besondere Frage der Lehramtskandidaten haben, Dozenten ernten zurzeit von der für Lehramtskandidaten aufgewendeten Mühe weniger Lorbeeren und Erfolg als von der Durchführung und Veröffentlichung eigener Arbeiten, und so wird wohl an nur ganz vereinzelt Hochschulen den Bedürfnissen der Lehramtskandidaten ernstlich Rechnung getragen.

Um so mehr erscheint es angezeigt, in der Verbesserung des physikalischen Unterrichtes den Schritt, der eigentlich der erste sein sollte und könnte¹⁾, zu tun und zu erwägen, wie die Lehrer für die schwierigen Neuforderungen zweckmäßig vorbereitet werden können, und zwar ist mit frischem Mut ein förmliches Programm zu entwerfen; denn ein klar gestecktes Ziel führt uns sicherer auf dem richtigen Wege nach vorwärts als der immer wieder nach rückwärts schauende Blick.

III.

Die gegenwärtige Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten.

An den Universitäten hört der künftige Physiker im ersten Studienjahr genau die gleiche Experimental-Vorlesung wie der Mediziner, Jurist, Pharmazeut, Chemiker und andere, an den Technischen Hochschulen dieselbe Vorlesung wie der Ingenieur, Chemiker, Architekt und Landwirt — wenigstens bei uns in Bayern. Im zweiten Studienjahr beschäftigt er sich im „allgemeinen physikalischen Praktikum“ nach WIEDEMANN-EBERT oder KOHLRAUSCH mit der Ausführung von Messungen an fertigen und meist gut ausgeführten, oft sogar gebrauchsbereit aufgestellten Apparaten; an größeren Hochschulen machen es die heutigentags meist stark besuchten Praktika trotz der wachsenden Assistentenzahl notwendig, daß die auszuführenden Versuche von den Assistenten so vorbereitet und zurecht gestellt werden, daß alles glatt läuft, damit der Betrieb nicht ins Stocken kommt. An kleineren Hochschulen mag dem Lehramtskandidaten mehr als an größeren Hochschulen wenigstens Zeit und die Möglichkeit geboten sein, Fehler zu machen und aus den Fehlern zu lernen, aber auch hier ist seine Tätigkeit in erster Linie Übung im Gebrauch von Meßapparaten. Was der Lehramtskandidat an Experimenten sieht und selbst ausführen kann, ist damit erschöpft. Nur in wenigen Fällen — z. B. auch in Erlangen²⁾ — werden von Dozenten Experimental-Vorlesungen spezieller Natur abgehalten; denn einerseits erfahren solche Experimental-Vorlesungen eher Schwierigkeiten als Förderung seitens der Institutsvorstände, welche zugleich Konservatoren der Sammlungen sind, und andererseits erfordern Experimental-Vorlesungen zu viel Vorbereitung, als daß ein Dozent, der darauf angewiesen ist, durch Veröffentlichungen sich bekannt zu machen, außer bei sehr großer Liebe zur Sache, dafür viel übrig hat. Es bleibt sonach dem Studierenden in der Regel nur übrig, in Vorlesungen über theoretische Physik sein Wissen zu vertiefen; es fehlt ihm aber die Möglichkeit, zu selbständiger praktischer Arbeit systematisch angeleitet zu werden oder eine exaktere Experimentalphysik kennen zu lernen, die für die Studierenden der Medizin oder der Ingenieurwissenschaften nicht in gleichem Maße nötig ist wie für den künftigen Physiker. In der sehr vollständigen Zusammenstellung über die Laboratorien und Laboratoriumseinrichtungen von BORIS

¹⁾ Vergl. meine Ausführungen und Mitteilungen über mein im S. S. 1899 abgehaltenes Praktikum in dem Bache über den naturwissenschaftlichen Unterricht in England. S. 56–59.

²⁾ Vergl. den zitierten Aufsatz von E. Wiedemann.

WEINBERG¹⁾ sind von solchen speziellen Übungen für Lehramtskandidaten nur jene erwähnt (S. 31), wie ich sie selbst als Privatdozent im Sommersemester 1899 leider nur einmal an unserer Hochschule abhalten konnte, und welche von Lehramtskandidaten höchst begehrt sind; in denselben ließ ich einfache Versuchsanordnungen und einfache Apparate zusammenstellen, welche solcherlei Handfertigungsarbeiten in sich schließen, wie sie für die Vorbereitung von Demonstrationsvorträgen nötig sind.

An der Wiener²⁾ Universität werden im Lehrauftrag drei verschiedene 5stündige Experimental-Vorlesungen gehalten, darunter eine von F. EXNER für Lehramtskandidaten und Fachstudenten, sowie ein eigenes 6stündiges Meßpraktikum für Lehramtskandidaten und ein 6stündiges sogenanntes Demonstrationspraktikum für Lehramtskandidaten, während die Mediziner und Naturhistoriker ein besonderes 6stündiges physikalisches Praktikum besuchen. Von hohem Wert scheint mir für die rechte Durchführung der Praktika die Bestimmung zu sein, daß in Wien nur 24 Praktikanten gleichzeitig arbeiten dürfen; denn der ganze Nutzen des Praktikums, der eine intimere Fühlung mit dem Leiter zur Voraussetzung hat, fällt fort, wenn schließlich, wie es namentlich an Technischen Hochschulen vorkommt, oft über 100 Praktikanten gleichzeitig tätig sind. Seit diesem Wintersemester ist in Wien noch ein 8stündiges Praktikum eingeführt, das für jene bestimmt ist, welche schwierigere Messungen an feineren Apparaten ausführen wollen, um sich damit auf eine selbständige experimentelle Arbeit (Dissertation) vorzubereiten. In Göttingen hat W. KAUFMANN³⁾ im Wintersemester 1902/03 — unterstützt von E. RIECKE und W. VOIGT — mit einem einmaligen Aufwand von 800 Mark und einer jährlichen Summe von 300 Mark ein Praktikum ins Leben gerufen, welches den künftigen Lehrern für Physik ermöglichen soll, alle jene manuellen Fertigkeiten sich anzueignen, welche für die Vorbereitung physikalischer Demonstrationen nötig sind. Soviel ich weiß, hält KOENEN an der Universität Bonn, wohin KAUFMANN 1903 übersiedelte, ein Lehramtskandidaten-Praktikum nach Göttinger Muster ab.

In Greifswald veranstaltet seit einigen Semestern Professor K. SCHREBER (vgl. ds. Ztschr. XIX 213) „Übungen im Demonstrieren physikalischer Apparate“, in welchen die Kandidaten unter Benützung der Apparate der physikalischen Sammlung Demonstrationsvorträge zu halten haben, und zwar trägt in jeder Stunde nur ein Herr vor; zur Vorbereitung erhält er zwei Wochen vor dem Vortragstermin sein Thema und von den von ihm gewünschten Apparaten werden ihm nur solche ausgehändigt, welche wohl auch an einer Mittelschule vorhanden sind. Der Zweck dieser Übungen ist also der, den Kandidaten möglichst direkt vor die gleiche Aufgabe zu stellen, welcher er sich später gegenübergestellt sieht.

An der Berliner Universität leitet R. BÖRNSTEIN (vgl. ds. Ztschr. XIX 355) „Physikalische Übungen für künftige Lehrer“, die wöchentlich einmal am Nachmittag stattfinden. Er stellt den verschiedenen Teilnehmern gleichzeitig verschiedene experimentelle Aufgaben, welche unterrichtsgemäß zu behandeln sind (z. B. Oberflächenspannung, Schallerzeugung, Elektrolyse, Hertz'sche Schwingungen usw.); zur Hilfe bei mechanischen Arbeiten steht der Mechaniker des Institutes zur Verfügung; auch selbstgebaute Apparate dürfen von den Praktikanten verwendet werden. Einer von

¹⁾ Boris Weinberg, L'enseignement pratique de la physique dans 200 laboratoires de l'Europe de l'Amérique et de l'Australie. Odessa. Imprimerie „Economique“. 1902.

²⁾ Ich bin für nähere Mitteilungen hierüber den Herren Professoren Dr. von Schweidler und Stefan Meyer sehr zu Dank verpflichtet.

³⁾ Die physikalischen Institute der Universität Göttingen. B. G. Teubner. 1906. S. 67.

den Herren erläutert dann in der vierten Stunde sein Thema experimentell, und zwar nachdem er schon zwei Wochen vorher dasselbe erfahren hat.

E. WIEDEMANN spricht sich in seinem Aufsatz: „Über den Hochschulunterricht für künftige Lehrer der Physik“ (ds. Ztschr. XIX 265 ff.) dahin aus, daß die Teilnahme am Anfängerpraktikum, die genauere Durchführung der Aufgaben, welche in Wiedemann-Eberts bekanntem Praktikumsbuch enthalten sind, und die Ausführung einer wissenschaftlichen experimentellen Arbeit, die der preußischen Oberlehrerarbeit entspricht, den Kandidaten sicher befähigen, in allen Klassen der Mittelschule mathematischen und physikalischen Unterricht zu erteilen. Bei ihm findet kein besonderes Praktikum für Lehramtskandidaten statt, wohl aber läßt Wiedemann durch seinen Extraordinarius Vorlesungen abhalten, welche höher als die allgemeinen Vorlesungen und zum Teil von Experimenten begleitet sind und den Übergang zu rein theoretischen Vorlesungen vermitteln. Ich selbst habe, wie schon erwähnt, im Sommersemester 1899 ein besonderes Praktikum für Lehramtskandidaten abgehalten. In einigen meiner Vorlesungen, die nicht reine theoretische Physik behandelten, z. B. in jener über physikalische Grundbegriffe und Grundgesetze, das Ohmsche Gesetz und seine Erweiterungen, physikalische Grundlagen der Ionentheorie, über Schwingungen etc. habe ich eine Vertiefung und exakte Formulierung der in der „Allgemeinen Experimentalphysik“ gegebenen Begriffe und Gesetze zum Teil in Anlehnung an die historische Entwicklung zu fördern gestrebt.

E. GRIMSEHL¹⁾ äußert sich als Vertreter der Mittelschul-Interessen zu den genannten drei Aufsätzen, betont, daß eine Verbesserung der Ausbildung der Lehramtskandidaten im Interesse der Mittelschule nötig sei, und daß der gegenwärtige Hochschulunterricht nicht befähige, im Sinne der neueren Unterrichtsbewegung, die prinzipiell Schülerübungen fordert, Unterricht zu erteilen. „Die von den Hochschulen commendenden Kandidaten arbeiten noch vollständig in den alten Ideen des Unterrichts“, sagt er a. a. O. S. 5. . . . „Im günstigsten Falle unterrichtet er in den ersten Jahren so gut oder so schlecht, wie es früher sein eigener Lehrer getan hat.“

Hauptsächlich interessant an dem GRIMSEHLSchen Aufsatz ist die Ansicht, daß die Hochschulen überhaupt nicht die Ausbildung des Lehramtskandidaten für den Lehrberuf in den Mittelpunkt stellen sollen, vielmehr die wissenschaftliche Aus- und Durchbildung zur Aufgabe haben; die Lücken, welche die Hochschulausbildung läßt, will GRIMSEHL in der Mittelschule, und zwar während eines praktischen Jahres, ausfüllen; die richtige Stelle für die Kurse, wie sie K. SCHREBER abhält, ist daher nach seiner Meinung prinzipiell die Mittelschule; nur solange die Mittelschulen die Lücke nicht ausfüllen können, hält GRIMSEHL ähnliche Kurse wie die Greifswalder auch an Universitäten für wünschenswert.

So, wie die Dinge gegenwärtig liegen, ist offenbar der wichtigste Punkt der, daß eine Verbesserung des Mittelschulunterrichtes eine bessere Ausbildung der Lehrer unbedingt verlangt; zunächst muß sie also dort gegeben werden, wo sie gegeben werden kann, und wo man sie geben will. Kümmert sich die Hochschule, wie es an manchen Stellen leider geschieht, nicht um die Frage, so bleibt nur die Mittelschule übrig; es fehlt dann auch sicher nicht an tüchtigen, opferwilligen Kollegen an der Mittelschule, welche, auch ohne Mitwirkung der Hochschule, sich selbst ihre Nachfolger und Mitarbeiter erziehen können. Die Einrichtung von Fortbildungskursen für Mittelschullehrer, welche unter der Leitung von Geh. Regierungs-

¹⁾ Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 20. S. 1—6. 1907.

rat VOGEL, einem der Vorkämpfer für die Schülerübungen, in Berlin stehen und an welchen unter anderen auch H. HAHN mit Schülerübungen in Physik beteiligt ist, ist wohl auch diesem Bedürfnis entsprungen und schafft ihm eine gewisse Abhilfe.¹⁾

IV.

Es scheint mir indessen richtig, die Frage der Ausbildung der künftigen Physik-lehrer unabhängig von der momentanen, teils von Personen, teils infolge der ge-schichtlichen Entwicklung geschaffenen Strömung gründlich und selbst ohne Rück-sicht auf die unmittelbaren Erfolge zu erwägen. Den ersten Punkt bildet die Frage:

Wie weit kann die Hochschule und wie weit kann die Mittelschule den künftigen Physiklehrer am zweckmäßigsten ausbilden?

Der Unterricht verlangt von einem Lehrer der Physik zweierlei: 1. Wie jeder Unterricht die Fähigkeit, sich in die Seele des Schülers zu versenken und insbesondere zu beurteilen, in welcher Form diesem der Lehrgegenstand dargeboten werden muß, 2. muß der Lehrer selbst ein sicheres Wissen in seinem Fache haben, und wenn er Naturwissenschaften unterrichtet, genaue Kenntnis über die Objekte seines Faches, in unserem Falle über die Apparate, die Benützung der Apparate, die Bezugsquellen und die eventuelle Nachbesserung gekaufter Apparate.

Mit einem Wort will ich die erste Forderung die Ausbildung im Unter-richtsverkehr mit den Schülern nennen; diese gehört an die Mittelschule, also in das Probejahr, denn nur hier sind die Schüler vorhanden, aus deren Verhalten und Lernerfolgen geschlossen werden kann, wie weit der Vortrag und die Demonstration ihrer Auffassung angemessen waren, und ob es der Lehrer versteht, nicht bloß seinen Versuch, der intensive Aufmerksamkeit verlangt, sondern auch die Schüler im Auge zu behalten.

Nur die Schule selbst bildet in dieser Hinsicht den Lehrer aus und wird ihm Zeit- und Kraftverbrauch ersparen, wenn er im Probejahr Nutzen von den Erfah-rungen eines Schulmannes ziehen kann, der dem jüngeren Lehrer nicht so sehr Vor-gesetzter als Freund sein will. Daß die Sammlungen der Schulen gerade diejenigen Apparate enthalten, welche im Unterricht benötigt sind, ist ein Vorzug, auf den die Hochschule nicht verzichten dürfte, und der ihr ohne Aufwand zu großer Mittel so-fort verschafft werden kann.

Was aber meines Erachtens völlig außerhalb der Aufgabe und der Leistungs-fähigkeit der Mittelschule liegt, ist die Ausbildung des Lehrers im Fache, wie ich den zweiten Punkt mit einem Wort bezeichnen möchte. Die Ausbildung des Lehrers im Fach und in der Benützung und Beurteilung von Apparaten gehört an die Hochschule; freilich müssen die Hochschulen dem allgemeinen Ruf nach einer Verbesserung der Ausbildung Folge geben. Wie dies geschehen kann, möchte ich im folgenden ausführen.

1. Die Sammlungsfrage. Gemäß der historischen Entwicklung unseres Unter-richtes sind die Naturwissenschaften an den Mittelschulen bei uns Neulinge, und eine wirkliche experimentelle Pflege derselben hat nur an den Hochschulen statt-gefunden. Daher liegt zunächst die größere Erfahrung im naturwissenschaftlichen Unterricht in den Hochschulen und äußert sich dort nicht nur in den weiter vererbten

¹⁾ Anmerkung der Redaktion. Man vergleiche hierzu den Aufsatz von B. Schwalbe: Über praktische Kurse zur Vorbildung und Weiterbildung der Lehrer der Naturwissenschaften, ds. Zeitschr. XII 319 (1899).

Lehrerfahrungen, sondern auch in den Sammlungen, deren historische Entwicklung ein ganzes Stück Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts enthält. Es haben sich nur leider, wie F. KLEIN in den „Problemen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Hochschulunterrichtes“ bemerkte (l. c. S. 10): „Die Universitäts-Seminarien, welche anfangs ausdrücklich für die Ausbildung geeigneter Lehrer gegründet waren, immer ausschließlicher in Stätten für die Heranbildung wissenschaftlicher Forscher verwandelt“. Wenn man nicht dem Unterricht die Begeisterung des Lehrers für den Gegenstand rauben will, so darf man nicht die Sammlungen schablonisieren und womöglich alle Sammlungen gleichartig einrichten; wie viel gründlicher überlegt sich der Lehrer z. B. alle für die Anschaffung eines Galvanometers in Betracht kommenden Gesichtspunkte — Widerstand, Spiegelgröße, Empfindlichkeit, Zugänglichkeit der Konstruktion, Preis usw. — wenn er nach eigener Wahl und auf eigene Verantwortung ein solches Instrument anschaffen darf, als wenn ihm ein bestimmtes Instrument zu kaufen „empfohlen“ wird. Die Sammlungen der Mittelschulen werden zu einseitig sein, als daß der Lehrer ein Urteil über Apparate gewinnt. Einen Apparat kennen heißt eben einen Apparat beurteilen können, und dafür ist der Vergleich verschiedener Apparate Vorbedingung. Besondere, der Ausbildung künftiger Lehrer gewidmete Sammlungen können an den wenigen oder einigen wenigen Hochschulen mit geringem Kostenaufwand so reichhaltig bemessen werden, daß der künftige Lehrer hier verschiedene Konstruktionen, verschiedene Fabrikate und, was das wichtigste ist für den künftigen Verwalter einer, wenn auch bescheidenen Sammlung, die verschiedenen Preise beurteilen lernen kann. B. SCHWALBE¹⁾ hat schon im Jahre 1895 die Errichtung von solchen „Schulmuseen“ als wünschenswert bezeichnet, welche alle Unterrichtsgegenstände berücksichtigen würden, die für die weitere Entwicklung des Unterrichts an höheren Schulen erforderlich sind. Wie leicht läßt sich diese Forderung erfüllen, wenn z. B. an einigen Hochschulen, die als Teilaufgabe die Ausbildung der Lehramtskandidaten zugewiesen erhalten, eine Sammlung physikalischer Lehrmittel geschaffen wird! Diese können Zentralstellen bilden und würden nicht nur den künftigen Lehrern die Instrumente für die Übungen richtig auszuwählen erlauben, sondern würden auch älteren Lehrern als verpflichtete Auskunftsstelle dienen. Die von dem Staate dafür aufzuwendenden Mittel würden sich sicherlich lohnen, da dann den Lehrern bei einer Anschaffung von Apparaten Gelegenheit geboten wäre, in unverbindlichster Weise sich über verschiedene Konstruktionen und Fabrikate zu unterrichten und sachkundigsten Rat zu erholen. Die Instrumenten-Industrie würde daraus einen dauernden Ansporn zur besseren Ausführung ihrer Produkte erhalten.

Auch von den Studenten im Lehramtskandidaten-Praktikum gefertigte, besonders gut gelungene Apparate könnten in dieser Sammlung aufgehoben und besser noch zur Verwendung den Anstalten überlassen werden.

An einer Mittelschule eine solche Sammlung anzulegen, ist sicher viel schwieriger, und während an einer Hochschule die feineren Apparate ohnehin vorhanden sein müssen, und so den Studierenden eine vollständige Kenntnis von Apparaten gegeben werden kann, wird eine Mittelschulsammlung stets nur die unmittelbar für den Unterricht nötigen Apparate enthalten. In einem Gebiet, welches wie die Physik in stetiger Entwicklung begriffen ist, muß eine Hochschule den Zentralpunkt für die Sammlung der Unterrichtsmittel bilden.

¹⁾ Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften I. S. 71—75. 1895.

2. Ist ein näherer Zusammenhang zwischen Hochschule und Mittelschule nötig? — Der Hochschullehrer hat die Aufgabe und die Möglichkeit, die Fortschritte in seinem Fach näher kennen zu lernen, und so wird er fortwährend Anregung dazu geben können, wie dieselben auf den Unterricht an Mittelschulen rückwirkend nützlich gemacht werden können. Denn die Physik ist keine tote Sprache, sie ist ein lebender Körper; es liegt daher im Interesse der Mittelschule, daß der Zusammenhang zwischen Hoch- und Mittelschule ein engerer wird. Die bessere Ausbildung der Lehramtskandidaten, die spezielle Rücksicht auf die Forderungen der Mittelschulen nimmt, wird wesentlich dazu beitragen, den Zusammenhang nach beiden Seiten hin zu festigen. Die Erfüllung des Wunsches nach einer besseren praktischen Durchbildung schließt in sich einen engeren Verkehr der Lehramtskandidaten und Lehrer mit den Dozenten der Hochschule, um dessenwillen die Ferienkurse zu aller Zufriedenheit vor einigen Jahren eingeführt wurden. Der Lehrer der Mittelschule, von dem man völlige Hingabe an den Lehrberuf verlangt, hat nicht die Zeit, neuere Erscheinungen zu verfolgen, wie der Hochschullehrer, dessen Pflicht es ist, zu lehren und zu forschen.

Die Sammlung bildet eine wesentliche Basis für die Mithilfe der Hochschulen zur Ausbildung der Lehramtskandidaten. Im folgenden ist sie als gegeben betrachtet. Allein auch außer der Verbesserung der praktischen Unterweisung kann die Hochschule den künftigen Mittelschul-Kollegen in Vorlesungen manches geben, was sie jetzt im allgemeinen nicht gibt.

3. Die Antwort auf die Frage: Was lernt der künftige Physiklehrer jetzt auf der Universität kennen? ist bereits oben gegeben worden: er lernt die Gesetze und Erscheinungen der Physik im allgemeinen Kolleg vom Sehen kennen; er lernt ferner an fertig hingestellten Apparaten Messungen auszuführen, hat auch hier und da einen qualitativen Versuch zur Darstellung von Kraftlinien mit einer gleichfalls vorbereiteten Anordnung anzustellen, ferner hat er die reichlichste Gelegenheit, theoretische Physik in vollem Umfang kennen zu lernen; bei uns in München z. B. wurden im Durchschnitt jedes Semester an Universität und Technischer Hochschule zusammen etwa 8 verschiedene theoretisch-physikalische Vorlesungen abgehalten, während nur 2 reguläre Experimental-Vorlesungen stattfinden. Nur wer eine selbständige physikalische Untersuchung durchführt — das kann aber nur ein geringer Prozentsatz schon aus äußeren Gründen — lernt auch in einem bestimmten Gebiet praktisch arbeiten.

V.

Die Antwort auf die Frage: was muß der Lehrer der Mathematik und Physik für den Unterricht können? führt uns zur näheren Besprechung der größten Lücke, die der gegenwärtige Unterricht läßt. Kurz gesagt ist die Antwort: er muß „praktische Physik“ treiben können. Diese schließt ein, was er schon jetzt im allgemeinen Praktikum lernt, aber sie verlangt mehr:

1. Der Lehrer soll einen Apparat zerlegen und Fehler im Apparat suchen können. Daß man oft von Apparaten hört, die „nicht gehen“, ist oft nicht dem Lehrer zum Vorwurf zu machen, sondern denen, die ihn vorbereiteten für seinen Beruf. Wie will jemand wagen einen Apparat auseinanderzulegen, der jede Schraube, ja jede Lötstelle wie ein über seiner Kraft stehendes Kunstwerk betrachtet?

2. Er soll einen Apparat nach eigenem Überlegen zusammenstellen können, z. B. bei Versuchen über Diffusion, Leitung von Wärme, Pumpenversuchen etc.,

welche erfordern, daß Gefäße und Röhren miteinander verbunden werden. Die Voraussetzung dafür ist eine gewisse Handfertigkeit, die namentlich Werkzeug- und Materialkenntnis einschließt; zu wissen, daß für die Bearbeitung von Eisen und Glas, von Stahl und Messing, oder von Zink und Aluminium andere Werkzeuge nötig sind, ist notwendig und recht nützlich, wo wir heutigentags für billiges Geld die verschiedenartigsten Werkzeuge fertig beziehen und so Zeit sparen können. Das bekannte Wort, daß der Physiker mit der Feile sägen und mit der Säge feilen können soll, halte ich in unserer Zeit nicht mehr für richtig. Ein geringes Maß von Konstruktionskenntnis und von der Herstellung von Werkzeichnungen wird der Lehramtskandidat, der die theoretischen Grundlagen dafür reichlich besitzt, sich leicht aneignen können.

3. Soll er eine Versuchsanordnung aufbauen können, die einen physikalischen Vorgang demonstriert. Übersichtlich, geschmackvoll und kritisch aufbauen, ist hier eine wichtige Forderung. Im Anschluß an diese Aufgabe bietet sich Gelegenheit für den Kandidaten, die Literatur zur Ausführung von Demonstrationsversuchen kennen zu lernen. Weinhold, Frick-Lehmann, Tyndall sind wohl vielen unserer vor der Anstellung stehenden Lehramtskandidaten gänzlich unbekannt.

4. Soll der Mittelschulkollege, namentlich wenn seine Tätigkeit einer kleineren Stadt gewidmet ist, ein gut Teil persönlichen Urteils in physikalischen Fragen haben, das sicher in den letzten Jahren ihm zugemutet wurde, als man in den Tageszeitungen von drahtloser Telegraphie, der Entdeckung aller möglichen Arten von Strahlen, die existieren oder existieren sollten, die Beschreibung der merkwürdigen Eigenschaften von Radium und seinen Abkömmlingen, las. Ich glaube, daß die Anleitung unserer Lehramtskandidaten zur Beschäftigung mit Originalarbeiten, wie z. B. von Galilei, Coulomb, Faraday, Magnus, Kundt, Hertz usw. vieles zur Erweiterung ihrer Kritik beitragen wird. Die Aufsätze von E. MACH zur Entwicklungsgeschichte der physikalischen Begriffe sollten keinem die Hochschule verlassenden Lehramtskandidaten unbekannt sein, und doch bietet zurzeit selten eine Vorlesung Anlaß, auf sie einzugehen.

Um unseren Lehramtskandidaten zur Erfüllung dieser Forderungen schon auf der Hochschule etwas mitzugeben, würde ich folgende Vorlesungen und Übungen für nützlich halten:

1. Eine Vorlesung über die Entwicklung der physikalischen Begriffe (nach E. MACH), 4-stündig während eines Semesters, die eine Überleitung zu rein theoretischen Vorlesungen bilden würde und von Experimenten begleitet sein soll. Ich selbst habe bereits im Wintersemester 1897 eine ähnliche Vorlesung „Entwicklung der physikalischen Grundbegriffe und Grundgesetze“ abgehalten, und wurde durch sie zu vielen Versuchen veranlaßt, die in meinem Büchlein „Neuere Versuche zur Mechanik der festen und flüssigen Körper“ (erschienen bei Teubner, 1902, 68 S.) enthalten sind.

2. Eine Vorlesung „Einleitung in die theoretische Physik“, in welcher gleichfalls noch Experimente vorgeführt werden, etwa in der Weise, wie sie E. WIEDEMANN in Erlangen veranlaßt hat (1 Semester 4-stündig), oder andere zusammenfassende Spezialvorlesungen; ich habe z. B. einmal in einem Kolleg über „Schwingungen“ (3-stündig) alle Schwingungserscheinungen experimentell und mathematisch näher betrachtet, welche im gesamten Gebiet der Physik auftreten.

3. Handfertigungsübungen für Lehramtskandidaten der Physik (1 Semester 4-stündig), die ähnlich angelegt wären wie die von W. KAUFMANN und BÖRNSTEIN abgehaltenen; mein schon früher nämlich im Sommersemester 1899 abgehaltenes Praktikum für Lehramtskandidaten, an dem sich 14 Herren beteiligen durften,

hat dasselbe Ziel gehabt; ich gab allen Herren Gelegenheit, sich mit einfachen Arbeiten am Glasblasetisch, mit Kitten, Löten, Glasbohren, Berußen etc. zu beschäftigen, und zwar in der Weise, daß bestimmte einfache Apparate, die für den Unterricht direkt verwendbar sein mußten, herzustellen waren. Für größere Apparate mußten Werkzeichnungsskizzen angefertigt werden. So z. B. wurden am Glasblasetisch kommunizierende Röhren geblasen, deren eine kapillar verengt war, Kapillartrichter wurden ausgezogen, für Versuche mit Diffusion wurden in Tonröhren mit Siegellack verkleidete Korke eingekittet und in diese Glasrohre eingesetzt, welche dann mit einem selbstgefertigten Manometer durch einen Schlauch zu verbinden waren; mit Hilfe eines Grove- oder Daniellelementes wurden auf Glasplatten die Kraftlinien dargestellt, welche zwei gleichsinnig oder ungleichsinnig durchflossene Parallelliter geben. Die Durchführungsstellen der Drähte mußten die Praktikanten selbst bohren. Einige Herren bauten sich einen Boysschen Fallapparat, ein anderer baute sich ein verkürztes Manometer für Luftpumpenversuche, ein dritter ein Barometer, das ich jetzt noch besitze und benütze. Ein derartiges Praktikum ist wohl zurzeit das dringendste Bedürfnis und von Lehramtskandidaten lebhaft begehrt. Trotzdem wir unter erschwerenden Umständen arbeiteten, blieb der Eifer der Teilnehmer bis zum Ende gleich stark. In einem derartigen Kursus findet sich auch Gelegenheit zur Vermittlung von Werkzeug- und Materialkenntnis; denn es wird von Zeit zu Zeit von dem Leiter des Praktikums ein kurzer Vortrag eingeschaltet werden müssen, der einiges über Werkzeuge und Materialien gibt.

4. Übungen im Aufbau eines Apparates aus gegebenen Elementen (1 Semester 4stündig). Hier sollten fertig zugerichtete Holzstücke, Klötze, Linsen, Schrauben etc. verwendet werden. Zusammenstellung eines Fernrohres (zu dem die Linsen aber nicht vorgegeben werden!), eines Mikroskopes, eines Spektralapparates für objektive Darstellung, einfache Versuche zur Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers, Nachweis des Mariotteschen Gesetzes und Ähnliches wären Aufgaben für diesen Teil. Ferner würde ich das Reinigen und eventuell die Verbesserung mangelhaft gewordener Apparate in diesem Kurse vornehmen lassen; für die Übergangszeit, in welcher wir gegenwärtig im physikalischen Unterricht stehen, würde nach mehr als einer Richtung hin Nutzen fließen, wenn die „nicht gehenden“ Apparate von Mittelschulen für dieses Praktikum den Hochschulen zur Instandsetzung überlassen würden; da an der Hochschule ein Mechaniker zur Verfügung steht, so würde eine ziemlich große Garantie geboten sein, daß der Apparat in gutem Zustand an die Schule zurückkehrt, und schließlich würde das Unglück nicht gar zu groß sein, wenn der Apparat, statt tot in der Sammlung zu stehen, unter der Hand des Praktikanten sogar noch etwas litte, aber so wenigstens dem Praktikanten nützte.

5. Demonstrationsübungen (1 Semester 4-stündig), in der Art wie sie BÖRNSTEIN und SCHREBER befürworteten, würden den Kandidaten Gelegenheit geben, fertige Apparate im Gebrauch kennen zu lernen und beim Vortrag, der in größeren Zwischenräumen vor den Praktikumskollegen stattfände, Gelegenheit zur Kritik und Anlaß zu seminaristischen Besprechungen über Apparate und methodische Fragen bieten. Die Art der Durchführung, wie sie BÖRNSTEIN pflegt, würde ich als die intensivere hier vorziehen. Für diese Vorträge würden sich gleichzeitig mehrere Kandidaten vorbereiten können, wenn dieselben verschiedenen Gebieten entnommen sind; die oben erwähnte Sammlung kann in diesem Falle zwar beschränkt bleiben, bildet aber eine Grundbedingung für die Übungen. Für höchst wünschenswert würde ich es halten, wenn zu diesen Übungen gelegentlich Kollegen von der Mittel-

schule sich einfinden würden. Ist der die Übungen leitende Dozent ein rühriger Mann, so wäre dies sicher der Fall, und so eine ununterbrochene Verbindung von Hochschule und Mittelschule ermöglicht. Ich würde es für richtig halten in diesen Übungen von Zeit zu Zeit wertvolle Originalarbeiten, die reine Demonstrationsversuche behandeln, wie z. B. Faradays „Naturgeschichte einer Kerze“ und ähnliche in allen Einzelheiten nachexperimentieren zu lassen.

6. Seminar über neuere Forschungen, Anleitung zur Lektüre moderner Originalarbeiten (2 Semester, je 2-stündig). Während der drei Jahre zwischen der Absolvierung der „Allgemeinen Experimentalvorlesung“ und der Ablegung des Examens muß dem Kandidaten Gelegenheit geboten sein, sich über laufende experimentelle und theoretische Arbeiten zu unterrichten; außerdem würde in diesem Seminar, soweit nicht wichtige neuere Forschungen vorliegen, die Möglichkeit geboten sein, klassische Arbeiten kennen zu lernen. Die Disposition dieser Übungen muß vollständig in den Händen des Leiters liegen, und die Kandidaten würden zu referieren haben, nachdem sie mit dem Leiter einmal oder mehrere Male gründlich über ihr Thema gesprochen haben.

7. Eine selbständige experimentelle Arbeit (2 Semester je 3 volle Tage) würde die Krone der Ausbildung künftiger Physiklehrer bilden, aber sie wird nur wenigen möglich sein, weil bei starkem Zugang von Lehramtskandidaten die Institutsräume Schranken setzen und weil eine gedeihliche Leitung von selbständigen Arbeiten den Institutsvorstand erheblich in Anspruch nimmt. Einige wenige Studierende können bereits jetzt diese wesentliche Vorbereitung für das physikalische Lehramt sich zu Nutze machen, aber nach unseren mehrjährigen Erfahrungen ist bei dem gegenwärtigen Studiengange unserer Lehramtskandidaten weder der Nutzen für den jungen Kandidaten noch die Freude des Leiters der Arbeiten sehr groß; denn es zeigt sich, da die unter 3) und 4) genannten Übungen vorläufig fast überall fehlen, daß die ersteren auch im 7. Semester für eine selbständige Arbeit nur in Ausnahmefällen besonderer Begabung reif genug sind. Der große Wert, den die Durchführung einer selbständigen Arbeit für den künftigen Lehrer hat, liegt darin, daß eine kritische Beurteilung von experimentellen Versuchen nur jenem möglich ist, der selbst einmal eine gründliche messende Untersuchung durchgeführt hat; nur ein solcher wird den großen Wert und die Schwierigkeit exakter Messungen zu würdigen verstehen und ohne Übertreibung und ohne Schwäche die Grenzen unserer physikalischen Erfahrung und Erkenntnis richtig einschätzen.

VI.

Die Voraussetzung der Erfüllung der vorgeschlagenen Forderungen sind:

an Personen: willige Dozenten und liberale Institutsvorstände, soweit nicht besondere Professuren für die Sache der Lehramtskandidaten eingesetzt werden und diesen kleine von dem großen unabhängige Institute eingeräumt werden können, was ohne Zweifel das aus vielen Gründen Beste wäre. Da die Hauptvorlesungen wohl stets, und meiner Überzeugung nach mit Nutzen von den Lehramtskandidaten besucht werden würden und die unter 7) genannte selbständige Arbeit im Hauptinstitute ausgeführt werden könnte, so brauchten weder Lehramtskandidat noch Ordinarius auf die gegenseitigen Beziehungen zu verzichten, welche jetzt bestehen. An Zeit würde dem Lehramtskandidaten nur in jedem Semester 4 Stunden mehr Beschäftigung mit Physik als bisher zugemutet.

Durchaus notwendig ist, daß für die Übungen ein mechanisch geschulter Diener zur Verfügung steht, während die Aufräumarbeit und die Ordnung der Arbeitsplätze, sowie die Reinigung der benutzten Apparate und Geschirre, Quecksilber etc. von den Kandidaten zu erledigen wäre. Im späteren Berufe müssen sie dies ja auch in fast allen Fällen besorgen!

An Geldaufwand würde die erstmalige Anlage der Sammlung etwa 10000 M erfordern; in den ersten Jahren würde ein Etat für Bestreitung der laufenden Ausgaben und Neuerwerbungen von etwa 1000 M hinreichen, es ist aber dabei nicht zu vergessen, daß manche von den Kandidaten gefertigten Apparate und Hilfsgegenstände sehr wohl für die Schulen direkt brauchbar wären und an diese unentgeltlich oder gegen Ersatz der Materialkosten abgegeben werden könnten. Die Lehramtspraktika würden so auch im schlichtesten Sinne des Wortes Stätten produktiver Arbeit darstellen! Der Hauptnutzen der Sammlung würde unter allen Umständen der sein, daß durch sie Zentralauskunftsstellen für Unterrichtsapparate geschaffen werden können, an welchen die Interessen von Hochschule und Mittelschule in einander laufen.

An Räumen wären schätzungsweise nötig:

1 Sammlungsraum mit ungefähr	100 bis 150 qm
1 mechanische Werkstatt mit	40 bis 60 qm
1 Praktikumsraum, der zum Teil werkstattähnlich einzurichten ist, mit	120 bis 150 qm
1 Hörsaal, der für die Vorlesungen des Dozenten und das Seminar dienen muß und wie ein Schulsaal auszustatten wäre mit	60 bis 80 qm
1 Bibliothekszimmer für Unterrichtsliteratur mit	25 qm
1 Zimmer für den Dozenten, das auch zu dessen eigenen wissenschaftlichen Arbeiten benutzbar sein muß, mit	25 bis 35 qm
1 Dunkelkammer von länglicher Gestalt mit	15 qm

Fläche; das wären zusammen ungefähr 500 qm Bodenfläche.

VII.

Gegenüber dem großen Aufwand, der für die allgemeinen Praktika und Vorlesungen zur Zeit gemacht wird und gegenüber den Kosten, welche die Spezialausbildung unserer Ingenieure, Chemiker, Architekten, Mediziner u. a. an Lehrkräften, Raum und Geld erfordert, scheinen mir die geschilderten Forderungen für Lehramtskandidaten nicht sehr ins Gewicht zu fallen, namentlich, wenn man bedenkt, daß eine richtige praktische Vorbildung künftiger Physiklehrer die beste Gewähr dafür bietet, daß die für Mittelschulen nötigen jährlichen Ausgaben für den physikalischen Unterricht, für Laboratorien und Apparate zweckmäßig und ökonomisch angelegt werden.

An Universitäten könnte die Ergänzung der vorhandenen Übungen, nach den genannten Vorschlägen leicht durchgeführt werden, soweit hier die Praktika vornehmlich den Interessen der Lehramtskandidaten dienen; an den Technischen Hochschulen mit ihren ausgedehnten, den Ingenieuren gewidmeten physikalischen Übungsbetrieben würde es sich empfehlen (vergleiche das kürzlich im selben Sinne sich äußernde Rundschreiben des Vereins Deutscher Ingenieure), besondere Einrichtungen für die Ausbildung der Lehramtskandidaten zu schaffen; denn die allgemeinen

Praktika sind hier sehr stark besucht und müssen den direkten Interessen der technische Ziele verfolgenden und immer mehr sich spezialisierenden Ingenieurkandidaten in erster Linie dienen; daß etwa die Lehramtskandidaten durch das rein äußerliche räumliche Zusammensein mit den Studierenden der Technik an technischen Kenntnissen gewinnen würden, habe ich in den vielen Jahren meiner Tätigkeit als Assistent unserer Hochschule nicht beobachtet.

Unsere Unterrichtsverwaltungen entschließen sich mehr und mehr, die vielbesprochenen Forderungen nach Schülerübungen zu erfüllen, welche die von der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte eingesetzte Unterrichtskommission in ihrem dritten Grundsatz für den physikalischen Unterricht verlangt; möchten sie über der Erfüllung dieser Forderung nicht vergessen, daß auch die beste Methode nichts zu leisten vermag, wenn sie nicht in den Händen tüchtiger Lehrer sich zu voller Wirkung entfalten kann!

Über Schul-Messbrücken.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Als vor etwa $1\frac{1}{2}$ Jahren Herr V. ERLEMANN und ich bei den praktischen Schülerübungen an der St. Petri-Schule in St. Petersburg Widerstandsmessungen vornehmen wollten, waren wir genötigt, die Meßbrücken selbst herzustellen, da die in den Preislisten der bekannten Firmen aufgeführten Apparate uns nicht befriedigten¹⁾, insbesondere, weil sie nicht auch zur Demonstration in der Klasse geeignet waren. Jeder von uns übernahm, 2 Meßbrücken²⁾ anzufertigen. Bei der Ausführung zeigte sich eine individuelle Verschiedenheit in der Auffassung. Während wir beide (nach Verabredung) die 100teilige Skala und die Ziffern weithin sichtbar machten, hatte Herr ERLEMANN möglichste Einfachheit in der Konstruktion erstrebt und daher nur 4 Klemmen (entsprechend $B_1 B_2 G_1 G_2$, Fig. 3, S. 82) verwandt und nur einen Widerstand (bei der einen Brücke 1Ω , bei der anderen $0,5 \Omega$) eingespannt, während ich eine möglichst bequeme Handhabung zu erzielen suchte. Daher wandte ich bei der einen Meßbrücke (Fig. 1) mehrere einschaltbare Widerstände an, um das Meßbereich zu erweitern. Die kleinere Meßbrücke (Fig. 3) richtete ich so ein, daß sie zugleich als Rheostat zur Bestimmung des relativen Widerstandes einiger Metalle dienen kann. Da beide Apparate bei der Demonstration den Beifall der hiesigen Fachkollegen fanden, so gebe ich im folgenden eine Beschreibung von ihnen. Auch schienen mir einige Beobachtungen erwähnenswert, die ich bei der Prüfung der verschiedenen Drahtsorten in bezug auf ihre Tauglichkeit für Widerstände und Meßdrähte machte. Um anderen die Mühe des Rechnens zu ersparen, ist am Schluß die von mir neu berechnete Tabelle zur Herstellung der Gebrauchsskala angegeben.

¹⁾ Am nächsten kam unseren Ansprüchen noch die Meßbrücke von Noack (Aufg. f. physik. Schülerübungen, Jul. Springer 1905, S. 153), doch schien auch dieser Apparat uns nicht für den Gebrauch in der Klasse geeignet. Auch sind Kontaktstüpsel für Schülerhände nicht zweckmäßig.

²⁾ Gleichzeitig stellte ich eine Meßbrücke nach Wheatstone her, wo die beiden rechten Brückenarme je 4 Widerstände ($\frac{1}{10}, 1, 10, 100 \text{ Ohm}$) hatten, wodurch ein sehr großer Meßbereich erzielt wurde. Nach vieler Mühe gelang es mir auch, den Schleifkontakt so zu konstruieren, daß er noch jetzt gut wirkt. Da der Apparat aber sehr kompliziert ist (er kann durch einen Kurbelzug in eine Meßbrücke nach Kohlrausch umgewandelt werden, hat also 2 Gebrauchsskalen), so verzichte ich auf seine Beschreibung.

I. Eine Schul-Meßbrücke nach Kohlrausch.

Das Grundbrett ($78 \times 20 \times 2$ cm) besteht aus drei kreuzweise verleimten und nahe den Enden mit je 4 Holzschrauben verbundenen Brettern aus trockenem Holz. Nachdem alle nötigen Löcher gebohrt worden, wurde die obere Fläche 3 mal (dünn!) mit weißer Emailfarbe gestrichen (die schmalen Seitenflächen dunkel). Die 100 teilige Skala und die Ziffern wurden zuerst mit der Bleifeder vorgezeichnet und dann vermittelst einer stumpfkantigen Reißfeder mit schwarzer Lackfarbe überzogen. Nach völligem Trocknen, wozu in einem geheizten Raume 2×24 Stunden genügen, wurde die Gebrauchsskala in gleicher Weise aufgetragen¹⁾.

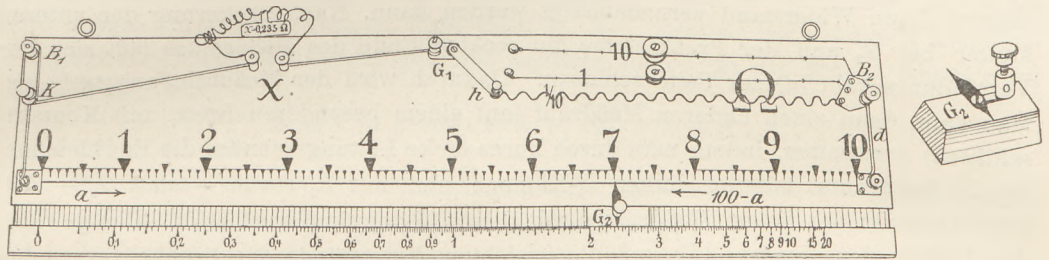


Fig. 1.

Der besseren Sichtbarkeit wegen wurden, wie Fig. 1 zeigt, die Teilstriche der 100 teiligen Skala sowie die Fünfer und Zehner der Gebrauchsskala mit spitzwinkligen Dreiecken versehen.

Um die Zehner der großen Skala mehr hervorzuheben, wurden beim ersten, dritten . . . Zehner die Basen der Dreiecke durch einen 2 mm breiten roten Strich verbunden. Die Anordnung der einzelnen Teile ist aus Fig. 1 ohne weiteres ersichtlich. Die Preßklemmen für die Batterie ($B_1 B_2$) sind schwarz gebeizt, die mit dem Galvanoskop zu verbindenden Klemmen G_1 und G_2 gelb lackiert und die beiden X-Klemmen vernickelt. B_1 und G_1 sowie die X-Klemme n sind Doppelpreßklemmen (Fig. 2, Typ A oder B); B_2 hat 3 Muttern²⁾. Die anderen Klemmen G_2 und die Endklemme des Meßdrahtes (rechts) sind einfache Preßklemmen (Fig. 2, Typ C). Da diese Preßklemmen für viele Versuche sehr bequem zu verwenden sind, haben die am Schluß erwähnten Firmen sich bereit erklärt, sie dutzendweise (auch gemischt) zu liefern (Typ A hat eine Gegenmutter; Typ B und C sind unten mit einer Holzschraube versehen).

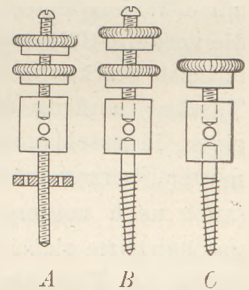


Fig. 2.

Der Meßdraht besteht aus kalibriertem Konstantendraht von 700 mm Länge und 0,4 mm Durchmesser.

Die Widerstände zwischen G_1 und B_2 können vermittelst der Kurbel (h , Fig. 1) eingestellt oder (durch Drehung der Kurbel zur Seite) ausgeschaltet werden, wenn

¹⁾ Nach dem Streichen nahmen die Bretter eine schwache Krümmung an (oben konvex), die aber gar nicht stört, im Gegenteil bewirkt, daß die Meßdrähte fest aufliegen.

²⁾ Für die stärker beanspruchten Klemmen bei X sowie G_1 , B_1 und B_2 ist Typ A (Fig. 2) durchaus vorzuziehen. Natürlich müssen die Gegenmuttern (unten) versenkt werden, auch dürfen die Schraubenenden nicht vorstehen. Füßchen sind am Grundbrett nicht erforderlich, aber erwünscht (15 mm hoch).

ein Extrawiderstand eingeschaltet werden soll (s. w. u. S. 81 und S. 83). Vorgehen sind 3 Widerstände, alle aus Manganindraht:

$\frac{1}{10} \Omega$ von 2 mm Stärke, unbesponnen,

1 Ω von 0,6 mm Stärke, besponnen,

10 Ω von 0,3 mm Stärke, besponnen.

Natürlich kann noch ein vierter Widerstand (100 Ω) angebracht werden. Die längeren Drähte sind induktionsfrei (bifilar) auf Rollen gewickelt, die auf dem Grundbrett verschraubt werden. Neuerdings habe ich beim Kontaktschlitten (Fig. 1, Nebenfig.) die Preßklemme seitwärts angebracht, damit sie den Index nicht verdeckt.

Die Verbindungsdrähte bestehen aus verzinnem Kupferdraht von 3 mm Durchmesser, deren Widerstand vernachlässigt werden kann. Nach Lockerung der unteren Mutter bei G_2 und der Preßklemme am rechten Ende des Meßdrahtes läßt sich der Verbindungsdraht (d) zur Seite schieben. Dadurch wird der Meßdraht ausgeschaltet. Man kann dann einen anderen Meßdraht (auf einem besonderen Brett, mit Kontaktschlitten) verwenden, indem man durch kurze dicke Leitungsschnüre die Endklemmen des II. Meßdrahtes mit der linken X-Klemme und mit B_2 sowie — statt G_2 — den Schleifkontakt des neuen Meßdrahtes mit dem Galvanoskop verbindet. Das gewährt den Vorteil, den Kontakt (K) und die geeichten Widerstände der Brücke verwenden zu können (vergl. II. 1 b, S. 83).

Da die angegebene Länge des Meßdrahtes (700 mm) für Schulzwecke ausreicht, so haben wir diese Größe für unsere auch zur Demonstration bestimmte Meßbrücke gewählt. NOACK (a. a. O.) empfiehlt 500 mm, GRIMSEHL (brieflich) 1000 mm. Letzteres Format ist etwas platzraubend, aber sehr bequem beim Gebrauch und für die Herstellung der Gebrauchsskala, da man (bei Anwendung von Millimeterpapier) noch Zehntel-Millimeter abschätzen kann. Ich stellte mir eine solche Meßbrücke mit 4 Widerständen her, indem ich das Brett ($108 \times 20 \times 2,5$ cm) gut abschliß und die vordere Hälfte (soweit die Skalen reichen) mit quadriertem Millimeterpapier vermittelst Stärkekleister beklebte und die Skalen und Ziffern mit unverwischbarer Tusche¹⁾ auftrug und nach dem völligen Trocknen das ganze Brett einigemal mit einem in geschlagenes Eiweiß getauchten Wattebausch überfuhr, bis ein gleichförmiger matter Überzug entstand. Dieses Verfahren gibt ein besseres Resultat als das Lackieren (auch nach vorhergehendem Gummieren); auch stören radierte Stellen nicht. Sehr gut bewährte sich die Verwendung zweier parallel gespannter Meßdrähte (zu beiden Seiten des Kontaktschlittens), die einzeln oder parallel geschaltet verwandt werden können. Da die Kontaktfeder mit beiden Enden aufliegt, ist der Kontakt sehr weich und sicher.

Da die Gebrauchsskala von $n = 0,1$ bis 20 reicht, so ist das Meßbereich:

Widerstand der Meßbrücke:	$\frac{1}{10} \Omega$	1 Ω	10 Ω	(100 Ω)
Maximales Meßbereich:	0,01 — 2 Ω	0,1 — 20 Ω	1 — 200 Ω	(10 — 2000 Ω)
Genaues Meßbereich:	0,025 — 0,5 Ω	0,25 — 5 Ω	2,5 — 50 Ω	(25 — 500 Ω)

Um das genaue Meßbereich im mittleren Teile des Meßdrahtes ausnutzen zu können, ist es oft erwünscht, die Brückenwiderstände durch andere, zwischen den vorhandenen liegende Widerstände zu ersetzen.

¹⁾ Von verschiedenen „unverwischbaren“ Tuschen bewährten sich nur die von Schleicher & Schüll in Düren. Erhältlich ist diese Tusche schwarz, rot, blau, grün und braun (ca. 1 M).

Mit Hilfe der Meßbrücke lassen sich leicht aus umsponnenem Manganindraht Extra-Widerstände mit hakenförmig gebogenen Enden herstellen, die $\frac{1}{10} \Omega$, 1Ω oder 10Ω entsprechen. Nehmen wir z. B. 1 Extra-Ohm und spannen es zwischen die Klemmen G_1 und B_2 ein und stellen die Kurbel auch auf 1Ω , so beträgt der Brückenwiderstand nur noch $0,5 \Omega$ usw.

Die bequeme Einschaltbarkeit von Extra-Widerständen bei dieser Meßbrücke gestattet auch (bei Schülerübungen) interessante Aufgaben praktisch zu lösen resp. nachzuprüfen. Z. B. welchen Widerstand haben zwei parallel geschaltete Drähte von 2 und 5 Ohm? Zuerst machen wir zwei Drähte von 2 und 5 Ω zurecht und spannen sie entweder bei den X-Klemmen oder zwischen G_1 und B_2 ein (Kurbel zur Seite) und nennen ihren gemeinsamen Widerstand X . Nun spannen wir bei den X-Klemmen 1 Extra-Ohm ein und verschieben den Schleifkontakt, bis die Brücke stromlos ist. Dann haben wir:

$$1 \Omega / X = a / (100 - a) = n; \text{ also } X = 1 \Omega / n.$$

Bei einem Versuche erhielten meine Schüler in diesem Falle $n = 0,705$, woraus $X = 1,42 \Omega$, während die Rechnung¹⁾ $1,43 \Omega$ ergibt.

Gebrauch der Meßbrücke. Zur Batterie eignen sich meiner Erfahrung nach am besten Léclanché- und nächst dem Trockenelemente, die hintereinander zu schalten sind, und zwar je nach dem zu messenden Widerstande 2–6 Elemente. Bei der für Meßbrücken so zweckmäßigen Nullmethode kommt es bei der Stromwirkung auf das Galvanoskop, in erster Linie auf die Potentialdifferenz der Verzweigungspunkte (B_1 und B_2) an, weniger auf die Stromstärke, die bloß $0,1$ – $0,3$ (im Maximum $0,5$) Ampere zu betragen braucht (um den Meßdraht und die Widerstände zu schonen). Die elektromotorische Kraft der Batterie kann unbeschadet 6 – 10 Volt betragen. Ist man gezwungen, Tauch- oder Kupron-Elemente oder gar Akkumulatoren zu verwenden, so ist ein entsprechender Vorschaltewiderstand einzuschalten (5 – 8Ω).

Ein genaueres Resultat erhält man in folgender Weise: Nachdem durch Verschieben des Schleifkontaktes das Galvanoskop auf 0 gebracht worden, drückt man auf die Kontaktfeder (K , Fig. 3) in demselben Tempo, in welchem die Nadel des Galvanoskops schwingt, und reguliert die Stellung des Schleifkontaktes.

Das Galvanoskop muß unbedingt nach beiden Seiten von 0 ausschlagen können und genügend empfindlich sein (1 Skalengrad = 1 – 3 Milliampere genügt für Schulzwecke). Am geeignetsten ist natürlich ein Solenoid-Galvanoskop. Sehr bequem sind die neuerdings in Gebrauch gekommenen Universalgalvanometer dieser Art. Um den Apparat zu schonen, verwende ich ihn bei praktischen Arbeiten zuerst als empfindliches Amperemeter und lasse, nachdem die Nullstellung erreicht worden, den Nebenschluß (Shunt) ausschalten und die Messung wiederholen. Zweckmäßig ist es, das Galvanometer so mit G_1 und G_2 zu verbinden, daß bei einer Verschiebung des Kontaktschlittens der Zeiger des Galvanoskopes in derselben Richtung folgt.

Beim Gebrauche in der Klasse hänge ich die Meßbrücke in Augenhöhe an der den Schülern gegenüberstehenden Wand auf [und eventl. den Rheostaten (Fig. 3, S. 82) höher]. Anfangs ist die Gebrauchsskala durch einen Papierstreifen verdeckt.

¹⁾ Ist die el. Leitungsfähigkeit der betr. Drähte L_1 und L_2 , so ist bei Parallelschaltung die gemeinschaftliche Leitungsfähigkeit = $L_1 + L_2$, also der Widerstand = $1 / (L_1 + L_2) = 1 / \left(\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} \right) = 1 / \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5} \right) = 10/7 = 1,43$.

Auf einem an die Wand gerückten Nebentische stehen, etwas seitlich, das Vertikalgalvanometer (s. o.) und die Batterie. Ersteres ist durch grüne, letzteres durch rote isolierte, feine Kupferdrähte mit der Meßbrücke verbunden. Die Drähte sind so geführt, daß sie nicht stören. Nun lasse ich je zwei Schüler herantreten. Der eine stellt den X -Draht und die Widerstände ein, worauf der andere auf die Kontaktfeder drückt und den Schleifkontakt einstellt. Ist die Brücke stromlos, so liest der erste den Wert von a ab, und der zweite berechnet an der Tafel den Wert $n = a/(100 - a)$ und hieraus X .

Als Versuchsdrähte dienen Lamettafäden, Drähte von gleichem Material und gleicher Länge, aber (gemessener) verschiedener Dicke oder von gleicher Länge und Dicke aus verschiedenem Material, z. B. die des Rheostaten, Fig. 3.

Nachdem die Schüler diese Rechnung einige Male gemacht, also die Bedeutung des Quotienten $a/(100 - a)$ kennen gelernt haben, wird der Papierstreifen entfernt und auf die Gebrauchsskala hingewiesen (die natürlich nur von den Näherstehenden abgelesen werden kann).

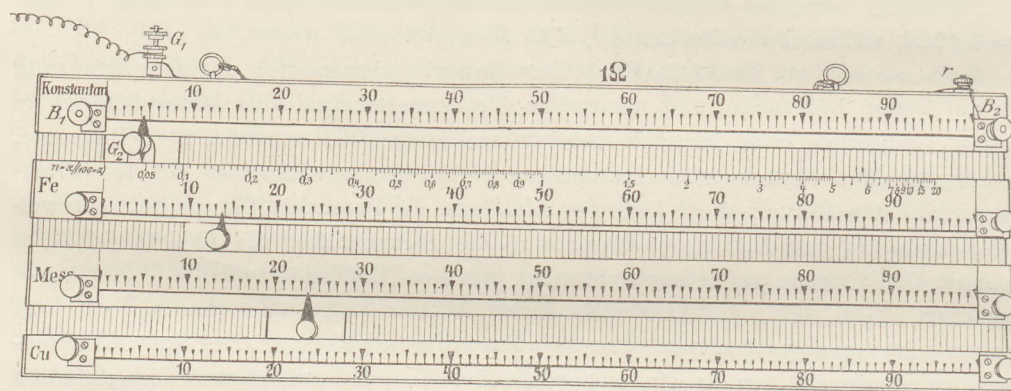


Fig. 3.

Ich kann nicht zugeben, daß der pädagogische Wert des jedesmaligen Berechnens von $n = a/(100 - a)$ groß genug ist, um den Zeitverlust aufzuheben. Auch das Nachschlagen in einer Tabelle (vergl. Noack, Aufgaben f. prakt. Schülerüb., S. 166, wo $n = a/(50 - a)$ angegeben ist) scheint mir für praktische Übungen noch zu zeitraubend. Übrigens ist es durchaus wünschenswert, daß die Schüler die Gebrauchsskala kennen lernen, da alle Präzisionsmeßbrücken nur mit einer solchen versehen sind. Die größere Genauigkeit (Noack gibt n auf 4 Dezimalen an) wird illusorisch, wenn der Meßdraht nicht sehr gleichförmig ist oder die Brückenwiderstände nicht sehr genau justiert sind.

II. Rheostat zur Demonstration des relativen Widerstandes (zugleich als Meßbrücke verwendbar).

Die Bestimmung des relativen Widerstandes kann ohne weiteres mit Drähten von gleicher Dicke und Länge vorgenommen werden, doch sind längere blanke Drähte unbequem, da leicht Nebenschlüsse eintreten, und bei umsponnenen Drähten kann man nicht die gleiche Dicke erzielen; auch sind einige für Schulzwecke wichtige Drähte (Messing, Eisen u. a.) gar nicht umspinnen erhältlich.

Der Rheostat (Fig. 3) ist leicht herstellbar und bequem zur Bestimmung des relativen Widerstandes oder der relativen el. Leitungsfähigkeit von 4 Metallen (Kupfer,

Messing, Eisen, Konstantan) zu verwenden und kann zugleich (bei praktischen Übungen) als Meßbrücke nach Kohlrausch verwandt werden.

Das Grundbrett ($58 \times 20 \times 2$ cm) besteht aus einem doppelten unteren Brett, dessen Fasern (oben) quer zur Länge gerichtet sind. Auf dieses sind 4 Holzleisten (Fasern der Länge nach) geleimt und von unten mit Holzschrauben befestigt. In den Falzen können die Kontaktschlitten aus demselben Holz (deren Querschnitt ein Trapez bildet) mit leichter Reibung gleiten.

Die Oberseite des Brettes ist mit einem Stück quadrierten Millimeterpapiers mittelst Stärkekleister beklebt. Nachdem das Papier trocken geworden, wird es an den Falzen beschnitten. Die Skalen und Ziffern werden mit unverwischbarer Tusche [von Schleicher & Schüll in Düren (s. o. S. 80)] aufgetragen. Nach völligem Trocknen (d. h. nach 24 Stunden) überzieht man das Papier mit geschlagenem Eiweiß.

Acht vernickelte oder verzinnte Messingplatten ($25 \times 15 \times 1,5$ mm) mit drei Löchern, darunter einem größeren für die Preßklemme, dienen zur Befestigung der Drähte. Die Drähte haben eine Länge von 500 mm (von einem Plattenrand zum anderen) und einen Durchmesser von 0,3 mm. Ihre Enden sind unterhalb der Messingplatten angebracht. Sie müssen genügend stramm gezogen werden (natürlich sind alle durch dasselbe Ziehisen gezogen, also von genau gleicher Dicke).

Da, wie wir w. u. sehen werden, nur Konstantandraht zu Meßdrähten geeignet ist, so hat nur dieser Draht Doppelpreßklemmen und einen Index am Kontaktschlitten. Die folgende Leiste ist um 15 mm breiter, um Platz für die Gebrauchsskala zu bieten. Die anderen Drähte können beiderseits mit Endklemmen versehen werden, doch genügt es, die oberen 3 Drähte links durch einen 3 mm dicken verzinnenden Kupferdraht mit der obersten linken Klemme zu verbinden. Da der Kupferdraht hier als Vergleichsdraht dient, braucht er keinen Schleifkontakt. Falls man das Brett für 5 Drähte, also mit 4 Schiebern, einrichtet, so ist es zweckmäßig, 1 Manganindraht (als 2 ten von oben) einzuschalten.

Dieser Rheostat kann in verschiedener Weise verwandt werden.

1. *Widerstandsvergleich.* a) Die Endklemmen der einzelnen Drähte werden durch dicke Leitungsschnüre mit den X-Klemmen der Meßbrücke verbunden und der Widerstand bestimmt. (Sehr brauchbar sind hierbei Leitungsschnüre von 75 cm Länge und 3 mm Drahtdicke, deren Enden mit 6 cm langen Stücken von verzinnendem Messingdraht von 2 mm Stärke verlötet sind. Die Messingdrähte werden erst rechtwinklig, dann am Ende halbkreisförmig gebogen und hier flach gehämmert.) Will man den relativen Widerstand für $Cu = 1$ erhalten, so braucht man nur den Widerstand des betreffenden Drahtes durch den des Kupfers zu dividieren, oder man benutzt

b) die direkte Methode. Die Widerstände der Meßbrücke werden ausgeschaltet (s. o. S. 80) und der Kupferdraht des Rheostaten durch dicke Leitungsschnüre mit G_1 und B_2 verbunden, ebenso die Endklemmen eines der anderen Drähte mit den X-Klemmen der Meßbrücke.

2. *Bestimmung der relativen el. Leitungsfähigkeit.* a) Aus den beim vorigen Versuch (1a) gefundenen Werten läßt sich die relative el. Leitungsfähigkeit leicht berechnen ($Cu = 1$). Da die Leitungsfähigkeit (L) dem reziproken Werte des betr. Widerstandes (W) entspricht ($L = 1/W$), so ist z. B. für Messing

$$L_m / L_{Cu} = W_{Cu} / W_m; \text{ also } L_m = L_{Cu} \cdot W_{Cu} / W_m.$$

Setzen wir die Leitungsfähigkeit des Kupfers $L_{Cu} = 100$, so ist

$$L_m = 100 \cdot W_{Cu} / W_m.$$

b) Direkte Methode. Weniger genau, aber sehr anschaulich ist folgendes Verfahren: Zuerst wird, wie oben (1 a) der Widerstand des Kupfers bestimmt. Nun verbindet man die linke Endklemme und den Schleifkontakt eines anderen Drahtes des Rheostaten, z. B. des Eisens, mit den X-Klemmen der Meßbrücke. Ohne an der Meßbrücke etwas zu ändern, verschiebt man den betreffenden Schleifkontakt des Rheostaten, bis die Brücke wieder stromlos ist. Ebenso verfährt man mit den anderen Drähten. Jetzt haben wir gleiche Widerstände eingestellt, und die an der Skala abzulesenden Längen der Drähte entsprechen direkt der relativen Leitungsfähigkeit der Drähte für $Cu = 100$ (vergl. die Stellung der Schleifkontakte bei Fig. 3).

3. *Der Rheostat als Meßbrücke.* An der oberen schmalen Fläche des Grundbrettes ist eine Preßklemme (G_1) mit 3 Muttern eingeschraubt. Ein Manganindraht von 1 Ohm Widerstand ist mit der Platte der rechten Endklemme des Konstantandrahtes verschraubt, während das andere Ende durch die unterste Schraubenmutter mit G_1 verbunden wird. (Diese Verbindung kann nach Bedarf leicht gelöst werden.) Der Ohmdraht ist längs der oberen Kante geführt. (Da der Draht länger ist als die Strecke $G_1 B_2$, so ist ein Teil induktionsfrei auf eine kleine Rolle (r , Fig. 3) gewickelt, die auf dem Brett verschraubt ist). Die anderen Drähte werden durch einen Pappdeckel geschützt, der Ausschnitte für die Preßklemmen hat.

Nun verbindet man das Galvanoskop mit G_1 und G_2 (dem Schleifkontakt des Konstantandrahtes), den X-Draht mit B_1 und G_1 und endlich die Batterie mit B_1 und B_2 . Hierbei schaltet man entweder einen Kontaktschlüssel in den Stromkreis, oder man bringt, wenn nötig, mit der linken Hand den einen Poldraht in Berührung mit der Klemme B_1 .

Die anderen Drähte können benutzt werden, um zu zeigen, daß sie nicht zu Meßdrähten geeignet sind. (Um zu diesem Zweck auch den Kupferdraht verwenden zu können, braucht man nur die Preßklemme des nächsten Kontaktschlittens zu lockern, die Kontaktfeder um 180° zu drehen und die Klemme wieder anzuziehen.)

III. Das Kalibrieren der Drähte.

Bei jeder Meßbrücke hängt die zu erreichende Genauigkeit einerseits von der genauen Eichung der Brückenwiderstände, andererseits von der gleichförmigen Beschaffenheit des Meßdrahtes ab. Ersteres läßt sich mit einer Präzisions-Meßbrücke oder mit Hilfe von Normalwiderständen kontrollieren, und der Fehler nach Bestimmung der Konstanten in Rechnung ziehen. Eine Ungleichförmigkeit des Meßdrahtes zeigt sich (bei geeichten Widerständen) darin, daß die übergreifenden Meßbereiche nicht stimmen. Spannt man z. B. einen Draht von 3 Ohm bei den X-Klemmen ein, so muß die Brücke stromlos sein:

- a) beim Brückenwiderstand 1 Ω , wenn $n = 3$
 b) - - - 10 Ω , - $n = 0,3^1$).

Bei der Selbsterstellung einer Meßbrücke, wobei man natürlich eine Präzisionsmeßbrücke zur Bestimmung der Widerstände verwenden wird, kommt es also darauf an, den zum Meßdraht bestimmten Draht auf seine Güte zu prüfen.

¹⁾ Von 6 Präzisionsmeßbrücken bekannter Firmen, mit denen ich arbeiten konnte, stimmten nur bei zweien die verschiedenen Meßbereiche überein (bei einer genau). Derselbe Draht gab bei den Meßbrücken verschiedene Werte, die um 2–5 % (in einem Fall um 10 %) abwichen. Offenbar hat hier der Meßdraht sich mit der Zeit resp. beim Gebrauch geändert, oder er bestand nicht aus geeignetem Material. Vielleicht lag die Schuld an den Widerständen, resp. dem Stöpsel-Kontakt.

Da es in unserem Falle nur darauf ankommt, zu entscheiden, ob der betreffende Draht geeignet ist oder nicht, kann man mit einfachen Hilfsmitteln zum Ziele kommen.

Auf zwei Holzleisten von ca. 24 und 104 cm Länge und 2×5 cm Querschnitt werden in 20 resp. 100 cm Abstand 2 Preßklemmen (Fig. 2, Typ C) eingeschraubt und mit der Holzschraube jeder Klemme das Ende einer genügend langen Leitungsschnur festgeklemmt. Bei dünneren Drähten (0,1—0,3 mm) spannt man den zu prüfenden Draht stramm in die Klemmen der langen Leiste (deren Klemmen durch Klötzchen von der Dicke der kurzen Leiste erhöht sind). Stellt man nun die kurze Leiste auf die lange, so kann man ein Stück Draht von 20 cm Länge einklemmen und vermittelt der Leitungsschnüre mit den X-Klemmen der Meßbrücke verbinden und den Widerstand bestimmen. Beginnt man bei dem einen Ende der langen Leiste und rückt von 10 zu 10 cm weiter, so kann man in kurzer Zeit erkennen, ob der Draht genügend gleichförmig ist oder nicht.

Für dickere Drähte (0,4 mm und darüber) empfiehlt es sich, an den Seiten der Experimentiertische in passendem Abstand 2 Holzklötzchen festzuklemmen, die mit einer Preßklemme versehen sind. Der Draht wird zwischen diesen Klemmen eingespannt und die lange Leiste zum Kalibrieren verwandt. Da es sich hier nur um den Nachweis etwaiger Differenzen des Widerstandes handelt, so kann man entsprechend lange Leitungsschnüre verwenden. Diese einfache Messung bildet eine brauchbare Aufgabe für praktische Schülerübungen. [Es empfiehlt sich, die zwischen die Preßklemmen kommenden Teile des Drahtes (etwa 5—6 mm breit) mit Stanniol zu unwickeln. Das schützt sie vor Deformation und gibt auch bei leisem Druck einen guten Kontakt.]

Von verschiedenen Firmen bezog ich Drähte von 0,3, 0,4, 0,5 und 0,6 mm Dicke aus Manganin, Konstantan, Nickel, Neusilber und Messing und spannte sie in der angegebenen Weise parallel auf einem 100 cm langen Brette aus und bestimmte den Widerstand jedes Drahtes. Darauf ließ ich Gleich- und Wechselstrom einige Wochen lang täglich (in Pausen) mehrere Stunden hindurch. Die Stromstärke wurde so gewählt, daß Wachs- oder Paraffinkugeln gerade abschmolzen. Als Resultat dieses Versuches und der Kalibrierung ergab sich folgendes:

I. Nickel. Der Widerstand der einzelnen Sorten variiert stark. Einige waren recht gleichförmig (und gaben anfangs als Meßdrähte sehr gute Resultate). Nach der Belastung durch den Strom hatte sich der Widerstand merklich vergrößert, und zwar in den einzelnen Teilen ungleich, so daß eine Verwendung für Meßdrähte nicht zu empfehlen ist.

II. Manganin. Diese Legierung zeigte die größte Unempfindlichkeit gegen selbst andauernde Belastung sowie gegen Temperaturschwankungen des Zimmers (zwischen $9,5$ und $23,8^{\circ}$ C.). Für Widerstände stellt also Manganin weitaus das beste Material dar, ist aber für Meßdrähte nicht geeignet, da die Struktur zu ungleichförmig ist; auch ist es zu weich.

III. Konstantan. Der Widerstand ändert sich merklicher mit der Temperatur als beim Manganin, dagegen ist — vor und nach der Belastung — der Widerstand sehr gleichförmig, weshalb Konstantan sehr geeignet zu Meßbrücken ist, wie auch Noack und Grimsehl betonen.

IV. Neusilber. Der Widerstand ist bei den einzelnen Sorten sehr verschieden und variiert sehr stark nach der Belastung. Außerdem ist es meist ungleichförmig.

V. Messing. Ein in jeder Hinsicht unzuverlässiges Material.

Die im vorstehenden beschriebene Meßbrücke (Fig. 1) und der Rheostat (Fig. 3) sowie alle Utensilien [wie Preßklemmen (Fig. 2), Leitungsschnüre mit angelöteten Enden, Extrawiderstände, Drähte, usw.] liefern die Firmen: Ferdinand Ernecke (Berlin-Tempelhof), Max Kohl (Chemnitz), und E. Leybolds Nachf. (Köln a/Rh.).

Tabelle für die Gebrauchsskala der Meßbrücke

$$[n = a/(100-a); a = 100n/(n+1)].$$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
0,0	—	—	—	—	—	4,76	5,66	6,54	7,41	8,16	0,0
0,1	9,09	9,91	10,72	11,50	12,28	13,09	13,79	14,53	15,25	15,97	0,1
0,2	16,67	17,36	18,03	18,70	19,44	20,00	20,63	21,25	21,92	22,48	0,2
0,3	23,07	23,67	24,25	24,82	25,37	25,93	26,47	27,00	27,53	28,06	0,3
0,4	28,57	29,08	29,58	30,07	30,56	31,03	31,51	31,97	32,43	32,86	0,4
0,5	33,33	33,77	34,21	34,64	35,06	35,48	35,90	36,31	36,71	37,11	0,5
0,6	37,50	37,89	38,27	38,65	39,02	39,39	39,76	40,12	40,48	40,83	0,6
0,7	41,18	41,52	41,81	42,18	42,53	42,86	43,18	43,50	43,82	44,14	0,7
0,8	44,44	44,70	45,05	45,36	45,65	45,94	46,23	46,48	46,81	47,09	0,8
0,9	47,37	47,64	47,90	48,19	48,45	48,73	48,97	49,24	49,49	49,74	0,9
1	50,00	52,38	54,54	56,52	58,33	60,00	61,54	62,96	64,29	65,51	1
2	66,67	67,74	68,75	69,70	70,60	71,43	72,22	72,98	73,70	74,36	2
3	75,00	75,60	76,19	76,74	77,27	77,78	78,26	78,72	79,17	79,59	3
4	80,00	80,40	80,78	81,13	81,48	81,81	82,14	82,45	82,76	83,05	4

Fortsetzung:

$n =$	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5
$a =$	83,33	84,61	85,71	86,67	87,50	88,24	88,89	89,47	90,00	90,48	90,91	91,34	91,67	92,00

$n =$	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	16	17	18	19	20
$a =$	92,31	92,59	92,85	93,10	93,33	93,55	93,75	94,12	94,44	94,74	95,00	95,24

Ergänzungstabelle:

$n =$	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55	1,65	1,75	1,85	1,95	2,05	2,15	2,25	2,35	2,45
$a =$	51,22	53,49	55,56	57,45	59,18	60,78	62,26	63,64	64,91	66,10	67,21	68,25	69,23	70,15	71,01
$n =$	2,55	2,65	2,75	2,85	2,95	3,05	3,15	3,25	3,35	3,45	3,55	3,65	3,75	3,85	3,95
$a =$	71,83	72,60	73,33	74,03	74,68	75,31	75,90	76,47	77,01	77,53	78,02	78,49	78,95	79,38	79,80

Für kürzere Meßbrücken genügen die angegebenen Werte. Bei Meßdrähten von 70 oder 100 cm Länge kann man die zwischen $n = 1$ und $n = 4$ (resp. 5) liegenden Teilstrecken in je 5 gleiche Teile teilen. Der größte mögliche Fehler ist bei $n = 1,01$ und beträgt 50,248 (berechnet) — 50,244 (interpoliert) = 0,004. — Bei einer Drahtlänge von 100 cm ist der Fehler 0,004 cm = 0,04 mm, fällt also in das Bereich der Ablesungsfehler.

Ein Apparat zur Demonstration langsam fortschreitender Wellen.

Von

Dr. W. H. Julius in Utrecht.

Bei der Einführung in die Wellenlehre soll man das Entstehen, die Fortpflanzung und die Zurückwerfung von Gleichgewichtsstörungen in einer durch elastische Kräfte zusammengehaltenen Punktreihe der ruhigen Beobachtung zugänglich machen. Da in den unmittelbar vorliegenden Fällen der Wellenbewegung die Fortpflanzung meistens zu schnell erfolgt, hat man einerseits Wellenapparate konstruiert, in denen die eigentümliche Bewegung der Punktreihe mit Hilfe rotierender oder gleitender Schablonen nachgeahmt wird, indem die treibenden elastischen Kräfte fehlen und hinzugedacht werden müssen; andererseits benutzt man wohl die stroboskopische Methode, um eine wirkliche Wellenbewegung verlangsamt vorzuführen.

Einfacher und anschaulicher ist ein drittes Verfahren, bei welchem man eine wirkliche Wellenbewegung in einem System mit kleinen elastischen Kräften und großer bewegter Masse hervorruft. Dabei stellt sich nur die technische Schwierigkeit ein, daß man den Einfluß der Reibung genügend herabsetzen muß, damit die Bewegung nicht allzu schnell gedämpft werde.

Schon seit vielen Jahren (zuerst 1898) bediene ich mich beim Unterricht gelegentlich des hier zum ersten Male zu beschreibenden Apparates, in welchem die

angegebenen Hauptbedingungen erfüllt sind. Die geradlinige Punktreihe wird von einer Anzahl Messingkügelchen gebildet; entfernt man einen dieser Punkte in transversaler Richtung aus der Gleichgewichtslage, so wird ein dünner Metalldraht tordiert und liefert die (kleinen) elastischen Kräfte, welche die (relativ großen) Massenpunkte des Systems in Bewegung versetzen.

Durch die obere Querleiste eines 2,10 m hohen, 0,45 m breiten Holzrahmens ist ein kurzer Messingstab vertikal hindurchgeführt. Derselbe trägt oben einen Griff, mittels dessen man ihn, mit ziemlich starker Reibung, in beliebigem Azimut einstellen kann; an seinem unteren Ende ist der 192 cm lange, 0,6 cm dicke Torsionsdraht aus hartgezogener

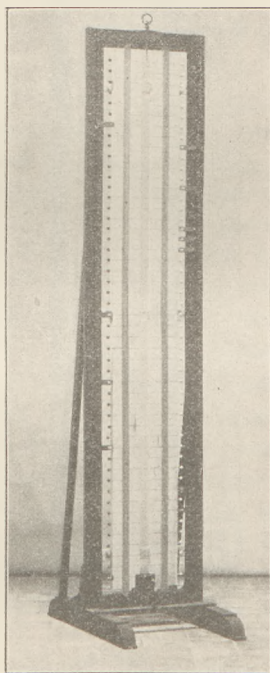


Fig. 1.

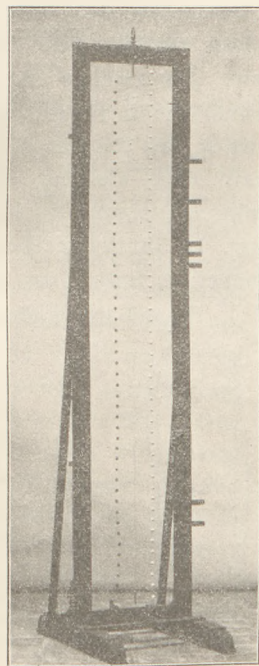


Fig. 2.

Neusilber- oder Siliziumbronze zentrisch angelötet. Der Draht endigt unten in einem kurzen, zylindrischen Messingstücke, welches sich erforderlichenfalls mittels einer an der unteren Leiste des Rahmens befestigten Klemmvorrichtung einklemmen läßt. Soll das Ende des Systems frei sein, so klappt man die Klemmvorrichtung nach hinten.

An den Draht sind, in Abständen von 4 cm, 49 Querstäbchen derart angelötet, daß sie genau in einer Ebene liegen, wenn der Draht ganz ohne Torsion ist. Die Querstäbchen sind 30 cm lang, 0,17 cm dick und an beiden Enden mit aufgesteckten Messingkugeln von 1,2 cm Durchmesser versehen. Die eine Kugelreihe ist weiß, die andere schwarz angestrichen. Jedes belastete Stäbchen muß selbstverständlich in seinem Schwerpunkte befestigt sein.

Die Fig. 1 zeigt den Apparat, so wie er in der Sammlung aufgehoben und von einer Stelle zu einer anderen transportiert werden soll. Die Stäbchen befinden sich in der Ebene des Rahmens; sie werden dort in den entsprechenden Rinnen eines Schutzbrettes mittels zweier aufgeschraubter dünner Latten festgehalten.

Will man den Apparat benutzen, so stellt man ihn zunächst dort auf, wo er vorgeführt werden soll; sind nämlich einmal die zwei dünnen Latten abgeschraubt und das Schutzbrett vorsichtig entfernt, so daß der Apparat nach Drehung des oberen Griffes um 90° aussieht wie in Fig. 2, so soll man ihn nicht mehr von der Stelle rücken. Das Senkrechtstellen geschieht, falls keine Stellschrauben vorgesehen sind, mittels Keilen; es soll das untere Drahtende frei in der Öse hängen, wenn die Klemmvorrichtung zurückgeklappt ist.

Fortschreitende Wellen beliebiger Form erzeugt man am besten durch passendes Bewegen des freien Endes der Punktreihe. Man fasse z. B. die untere Kugel der vorderen Reihe mit der Hand und lenke das Stäbchen um höchstens 90° ab, ohne es nachher zurückzuführen. Die Gleichgewichtsstörung erreicht in etwa 8 Sekunden das feste Ende, kehrt mit entgegengesetzter Phase zurück, wird unten ohne Phasenwechsel reflektiert, usw. Als zweites Experiment führe man die untere Kugel schnell nach rechts und wieder in die ursprüngliche Lage zurück, wo sie mit der Geschwindigkeit Null anlangen soll; man sieht alsdann eine Ausbuchtung rechts aufsteigen, links absteigen, nachher links auf- und rechts absteigen, usw. In ähnlicher Weise kann man die Fortpflanzung und Zurückwerfung einer ganzen Schwingung beobachten.

Wegen der äußerst geringen Dämpfung dauert es sehr

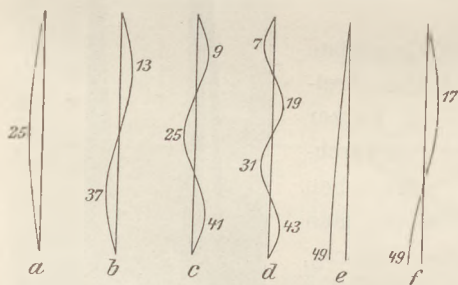


Fig. 3.

lange, bis der Apparat von selbst wieder ganz zur Ruhe gekommen ist. Will man die Punktreihe rasch in die Gleichgewichtslage zurückführen, so benutze man die beiden Schutzlatten. Diese

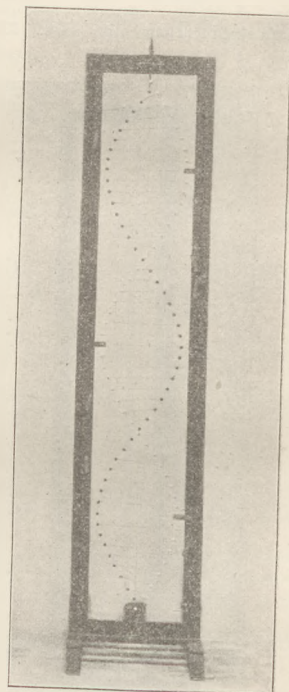


Fig. 4.

sind zu dem Zwecke unten schräg abgeschnitten; sie werden mit den scharfen Enden in den doppelten V-förmigen Ausschnitt des Fußbrettes gestellt und nun wie die beiden Hälften einer Schere einander genähert, bis alle Stäbchen eingefangen und beruhigt sind; dann werden sie rasch entfernt.

Stehende Wellen kann man dadurch hervorrufen, daß man eines der Kügelchen im richtigen Tempo hin- und herbewegt. Es ist aber nicht leicht, das richtige

Tempo ohne besondere Hilfsmittel einzuhalten. Damit man dennoch gut ausgebildete stehende Wellen vorführen könne, sind an den vertikalen Leisten des Rahmens lange, dünne Latten mittels Ösen um je drei Stifte drehbar befestigt; diese tragen einige Metallplättchen, auf welchen die Nummern der entsprechenden Stäbchen verzeichnet sind¹⁾. Die in Fig. 3 dargestellten stehenden Wellen lassen sich nun leicht verwirklichen, indem man die angedeuteten Stäbchen mit Hilfe der nummerierten Plättchen in abgelenkter Lage festhält, das System in diesem Zwangszustande zur Ruhe kommen läßt (man sehe z. B. Fig. 4) und nun plötzlich die beiden dünnen Latten zu gleicher Zeit zurückdreht. Das System führt dann geraume Zeit die entsprechenden Schwingungen aus.

Bei *a*, *b*, *c* und *d* sind beide Enden der Punktreihe fest, bei *e* und *f* ist das untere Ende frei. In Fall *f* sollte man theoretisch Stäbchen 17 festhalten; die betreffende Schwingungsform bildet sich aber schöner aus, wenn man außer 17 auch 18, oder gar 18 allein statt 17 ablenkt, was wohl davon herrührt, daß das freie Ende des Systems wegen der Extrabelastung des unteren Stäbchens etwas niedriger als Punkt 49 liegt.

Beiträge zur geometrischen Optik.

Von

Hans Keferstern in Hamburg.

1. Das Minimum der Ablenkung beim Durchgang des Lichtes durch ein Prisma.

Für den Satz, daß das Licht beim symmetrischen Durchgang durch ein Prisma das Minimum der Ablenkung erfährt, ist eine große Zahl von Beweisen aufgestellt worden. Die elegante Ableitung mit Hilfe der Differentialrechnung ist auf der Mehrzahl der Schulen ausgeschlossen, der Satz selbst aber von solcher Bedeutung für die Optik, daß man allgemein das Bedürfnis empfindet, ihn nicht nur rein experimentell, sondern auch durch eine Deduktion aus dem Brechungsgesetz herzuleiten. Die üblichen Beweise nehmen entweder den Gang der Differentialrechnung, fallen aber infolge des erzwungenen Verzichts auf deren kurze Bezeichnungsweisen mehr oder minder schwerfällig und umständlich aus, oder sie zeigen die Identität des zu erweisenden Minimums mit irgend einem geometrisch leicht evident zu machenden Minimum auf; die Beweise der letzten Art sind oft überraschend scharfsinnig, wie z. B. der im 1. Band dieser Zeitschrift von unserem Altmeister Schellbach gegebene, aber eigentlich völlig unphysikalisch. Das Ideal eines „physikalischen“ Beweises ist unseres Dafürhaltens ein solcher, der mit den Tatsachen in steter Fühlung bleibt, dessen einzelne Schritte in der Erscheinung selbst verfolgt werden können, bei dem man also nie das Heft aus der Hand verliert. Wir wollen versuchen, hier einen solchen Beweis für den Satz vom Minimum der Ablenkung zu geben.

Er stützt sich auf den zum gleichen Zwecke auch bei Müller-Pouillet (*Lehrbuch der Physik II, 1, S. 49, 55 u. 56*) benutzten Satz, „daß namentlich für größere Brechungswinkel β die Ablenkung weit schneller wächst, als die Werte von β zunehmen“, weicht jedoch sowohl in der Begründung wie in der Verwendung dieses Satzes erheblich von dem dort eingeschlagenen Wege ab. Im Unterrichtsgang wird man seinen Beweis unmittelbar an die Erörterung des Brechungsgesetzes $\sin \alpha = n \sin \beta$ anknüpfen. Aus der Trigonometrie ist bekannt, daß die Sinus eines spitzen Winkels um so schneller wachsen, je kleiner der Winkel ist. Jedenfalls ist nun beim Übergang vom Licht aus einem dünneren in ein dichteres

¹⁾ Diesen Zusatz verdanke ich meinem damaligen Assistenten, Herrn F. L. Bergansius.

Mittel der Einfallswinkel α größer als der Brechungswinkel β (außer für $\alpha = 0$). Aus $\sin \alpha - \sin \beta = (n - 1) \sin \beta$ folgt nun, daß der Unterschied von $\sin \alpha$ und $\sin \beta$, also auch von α und β selbst mit wachsendem β wächst. Also: Je größer der Brechungswinkel ist, um so größer ist die zu einer Änderung von ihm gehörige Änderung des Einfallswinkels.

Wir gehen nun zum Prisma über. Sein brechender Winkel sei γ . Ein in einem Hauptschnitt des Prismas verlaufender Lichtstrahl möge den Einfallswinkel α_1 und den Austrittswinkel α_2 besitzen (Fig. 1); β_1 sei der zu α_1 und β_2 der zu α_2 gehörige Brechungswinkel im Prisma. Der Brechungsindex des Prismas gegen Luft sei n , so daß

$$\sin \alpha_1 = n \sin \beta_1; \quad \sin \alpha_2 = n \sin \beta_2.$$

Die Größe der gesamten Ablenkung δ , die der Lichtstrahl nach dem Durchgang durch das Prisma erfahren hat, bestimmt sich dann bekanntlich durch die Gleichung

$$\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \gamma; \quad \text{weil } \beta_1 + \beta_2 = \gamma.$$

Zunächst ist nun hervorzuheben, daß, wenn das Licht überhaupt wieder aus dem Prisma austreten soll, β_2 den Wert des Grenzwinkels ε der totalen Reflexion für das Material des Prismas nicht übersteigen darf. Da selbstverständlich auch $\beta_1 \leq \varepsilon$ ist, so ergibt sich als notwendige Bedingung für den Durchgang von Licht durch ein Prisma

$$\beta_1 + \beta_2 \leq 2\varepsilon, \text{ d. h. } \gamma \leq 2\varepsilon.$$

Für $\gamma = 2\varepsilon$ kann hiernach Durchgang des Lichtes durch das Prisma nur dann stattfinden, wenn $\beta_1 = \beta_2 = \varepsilon$ ist; nur der symmetrische Durchgang ist in diesem Falle möglich.

Wir setzen nun für das Weitere voraus, daß $\gamma = \beta_1 + \beta_2 < 2\varepsilon$ ist. Dann ist unter allen Umständen der kleinste mögliche Wert von β_1 kleiner als der gleichzeitig auftretende größte Wert von β_2 , also auch der kleinste Wert von α_1 kleiner als der zugehörige größte Wert von α_2 . Jetzt lassen wir das Licht auf das Prisma zunächst unter dem kleinsten Winkel α_1 auffallen, für den noch Durchgang des Lichtes durch das Prisma erfolgt, und drehen dann das Prisma so, daß α_1 allmählich wächst. Bei jeder Zunahme von α_1 vergrößert sich β_1 um einen gewissen Betrag $\Delta\beta$; gleichzeitig nimmt β_2 wegen $\beta_1 + \beta_2 = \gamma$ genau um den gleichen Betrag $\Delta\beta$ ab. Der kleinste Wert von β_1 ist kleiner als der zugehörige größte von β_2 , das Entsprechende gilt für α_1 und α_2 , also ist die zu $\Delta\beta$ gehörige Zunahme von α_1 kleiner als die zu demselben $\Delta\beta$ gehörige Abnahme von α_2 . In dem Ausdruck $\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \gamma$ nimmt α_1 bei der Drehung des Prismas langsamer zu, als α_2 abnimmt, der Wert von δ wird immer kleiner. Je mehr sich β_1 und β_2 und damit α_1 und α_2 der Gleichheit nähern, um so geringer werden die Unterschiede in den Zuwächsen von α_1 einerseits, den Abnahmen von α_2 andererseits, d. h. δ ändert sich anfangs schnell, nach und nach immer langsamer, wie das Experiment in der Tat deutlich erkennen läßt. Für $\beta_1 = \beta_2$ und $\alpha_1 = \alpha_2$ sind Zunahme von α_1 und Abnahme von α_2 gleich, der abgelenkte Lichtfleck steht still. Wächst α_1 weiter, so muß α_2 weiter abnehmen; jetzt ist aber dauernd $\alpha_1 > \alpha_2$, die Verhältnisse kehren sich um, zu der gleichen Änderung $\Delta\beta$ von β_1 und β_2 gehört eine größere Zunahme von α_1 als Abnahme von α_2 , δ muß daher wieder wachsen, der Lichtfleck wieder rückwärts wandern. Das Minimum der Ablenkung ist folglich bei dem symmetrischen Durchgang des Lichtes durch das Prisma vorhanden.

2. Bestimmung des Krümmungsradius von Bikonvexlinsen.

Man pflegt die Krümmungsradien der beiden, eine Bikonvexlinse begrenzenden Kugelflächen bekanntlich dadurch zu ermitteln, daß man die Lage der virtuellen Bilder der Lichtquelle bestimmt, die durch die als Konvexspiegel wirkenden Flächen entworfen werden. Ein wesentlich einfacheres Verfahren ergibt sich, wenn man die reellen Bilder benutzt, die jene Kugelflächen durch Reflexion an ihrer konkaven Seite erzeugen. Trotz der zweimaligen Brechung und einmaligen Reflexion sind diese Bilder so lichtstark, daß sie selbst

in einem mäßig verdunkelten Zimmer leicht auf dem Auffangschirme wahrgenommen werden können. Wir zeigen, daß sich die innere konkave Seite jeder Begrenzungsfläche einer Bi-konvexlinse gegenüber auftreffenden Lichtstrahlen verhält wie ein Hohlspiegel mit gesetzmäßig verändertem Krümmungsradius. Beim Beweise benutzen wir die bei der Ableitung der Linsenformel üblichen vereinfachenden Annahmen, setzen also nahezu achsenparallel verlaufende Lichtstrahlen und eine Linse verschwindender Dicke voraus, so daß das Brechungsgesetz in der Gestalt $\gamma = n\delta$ benutzt werden kann, wo γ den Einfallswinkel in Luft, δ den zugehörigen Brechungswinkel in der Linse und n den Brechungsexponenten des Stoffes der Linse bezeichnet.

Von einem auf der Hauptachse der Linse L (vergl. Fig. 2) liegenden Objektpunkte A soll der Strahl AD die vordere Linsenfläche mit dem Krümmungsradius r_1 im Punkte D treffen, er schließe mit der Achse den Winkel α ein. Der Einfallswinkel, den er mit dem Krümmungsradius MD bildet, sei γ , der zugehörige Brechungswinkel δ , der Winkel, den MD mit der Achse einschließt, ε .

Ginge der gebrochene Strahl dauernd in dem Glase der Linse weiter, so würde er bekanntlich auf der Achse einen zu A konjugierten Bildpunkt B erzeugen; der Strahl BD bildet mit der Achse

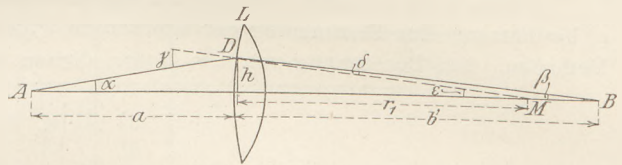


Fig. 2.

den Winkel β . Die Entfernung des Punktes A von der vorderen Linsenfläche sei a , die des Punktes B von derselben Fläche sei b' . a und b' geben wegen der verschwindenden Dicke der Linse gleichzeitig die Entfernungen der Punkte A und B von der hinteren Linsenfläche an, deren Krümmungsradius wir mit r_2 bezeichnen. Nun ist

$$\gamma = n\delta$$

oder

$$\alpha + \varepsilon = n(\varepsilon - \beta)$$

$$\alpha + n\beta = (n - 1)\varepsilon.$$

Fällen wir von D das Lot h auf die Achse, so kann h infolge unserer Voraussetzungen als Bogen eines Kreises betrachtet werden, der A oder B oder M zum Mittelpunkt hat, so daß $h = a \cdot \alpha = b' \cdot \beta = r_1 \cdot \varepsilon$ ist. Unsere Gleichung geht daher über in

$$\frac{1}{a} + \frac{n}{b'} = \frac{n-1}{r_1} \dots \dots \dots 1)$$

Für den von der hinteren Linsenfläche gebildeten Hohlspiegel mit dem Krümmungsradius r_2 ist jetzt B ein — allerdings virtueller — Objektpunkt im Abstand $-b'$ von diesem Spiegel. Verliefe das an der hinteren Linsenfläche reflektierte Licht dauernd im Glase der Linse, so würde sich der Abstand a' des durch dieses reflektierte Licht erzeugten, zu B konjugierten, Bildpunktes nach der Hohlspiegelformel ergeben, nämlich

$$-\frac{1}{b'} + \frac{1}{a'} = \frac{2}{r_2} \quad \text{oder} \quad -\frac{n}{b'} + \frac{n}{a'} = \frac{2n}{r_2} \dots \dots \dots 2)$$

Das reflektierte Licht tritt aber durch die vordere Linsenfläche wieder in Luft. Wir haben jetzt genau den Fall vor uns, der zu Formel 1) führte, nur daß das Licht jetzt im Glase kein reelles Bild erzeugt, sondern nach einem virtuellen Bildpunkt konvergiert, dessen Abstand von der vorderen Linsenfläche daher gleich $-a'$ zu setzen ist. Der Abstand b des zugehörigen Bildpunktes in Luft von der vorderen Linsenfläche bestimmt sich also gemäß Formel 1) durch die Gleichung

$$\frac{1}{b} - \frac{n}{a'} = \frac{n-1}{r_1} \dots \dots \dots 3)$$

Verbinden wir die linken und rechten Seiten der gewonnenen 3 Gleichungen durch Addition, so erhalten wir

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2(n-1)}{r_1} + \frac{2n}{r_2}.$$

Setzen wir

$$\frac{n-1}{r_1} + \frac{n}{r_2} = \frac{1}{\varrho_2},$$

so erhält diese Gleichung die Gestalt der gewöhnlichen Hohlspiegelgleichung für einen Hohlspiegel mit dem Krümmungsradius ϱ_2 , nämlich

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{\varrho_2} \dots \dots \dots 4)$$

Bringt man das Objekt auf die entgegengesetzte Seite der Linse in den Abstand a_1 von der nächstgelegenen Linsenfläche, so wirkt die andere Linsenfläche als Hohlspiegel und erzeugt ein Bild im Abstand b_1 . Man erhält jetzt

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{2}{\varrho_1}, \quad \text{wo} \quad \frac{1}{\varrho_1} = \frac{n}{r_1} + \frac{n-1}{r_2} \text{ ist.}$$

Durch zwei Versuche, besser natürlich durch zwei Versuchsreihen, kann man ϱ_2 und ϱ_1 bestimmen. Zur Bestimmung der Brennweite f der Linse gibt es bekanntlich mehrfache Methoden. Der Berechnung von n , r_1 und r_2 dienen dann die drei Gleichungen

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right),$$

$$\frac{1}{\varrho_2} = \frac{n-1}{r_1} + \frac{n}{r_2},$$

$$\frac{1}{\varrho_1} = \frac{n}{r_1} + \frac{n-1}{r_2}.$$

Man erhält

$$n = \frac{\left(\frac{1}{\varrho_2} + \frac{1}{\varrho_1} \right) \cdot f - 1}{\left(\frac{1}{\varrho_2} + \frac{1}{\varrho_1} \right) \cdot f - 2},$$

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{2n-1} \left(\frac{n}{\varrho_1} - \frac{n-1}{\varrho_2} \right),$$

$$\frac{1}{r_2} = \frac{1}{2n-1} \left(\frac{n}{\varrho_2} - \frac{n-1}{\varrho_1} \right).$$

Im Unterrichte hat man es meist mit Bikonvexlinsen zu tun, deren Begrenzungsflächen gleiche Krümmungsradien besitzen, man kommt daher im allgemeinen mit den vereinfachten Formeln aus, die sich für $r_1 = r_2$ ergeben. Dann wird auch $\varrho_1 = \varrho_2 = \varrho$ und

$$r_1 = r_2 = (2n-1)\varrho; \quad n = \frac{\frac{2f}{\varrho} - 1}{\frac{2f}{\varrho} - 2}.$$

Richtet man den Versuch so ein, daß Objekt und Bild gleichen Abstand von der Linse haben, also z. B. $a = b$ ist, so wird auch $a = b = \varrho$, und man erhält den verkürzten Krümmungsradius ϱ ohne jede Rechnung durch eine einzige Messung. Für gleichseitige Bikonvexlinsen und $n = \frac{3}{2}$ ist dann auch ohne weiteres $r_1 = r_2 = 2\varrho$ bekannt. Da sich in diesem Falle die theoretische Ableitung ganz kurz und einfach gestaltet, kann man ihn recht wohl für eine Schülerübung nutzbar machen.

Zum Schlusse möge die Mitteilung einiger vom Verfasser durchgeführter Versuchsreihen die Brauchbarkeit der angegebenen Methode veranschaulichen. Am vorteilhaftesten ist es, die Gegenstandsweite größer als die Bildweite zu wählen, da andernfalls die helle Beleuchtung des Auffangschirmes eine scharfe Einstellung sehr erschwert; die nachstehenden Tabellen lassen diese Unsicherheit erkennen. Für Linsen kürzerer Brennweite, etwa mehr als 10 Dioptrien, ist das Verfahren nicht ohne weiteres geeignet, da dann die Abstände des

Schirmes bezw. der Lichtquelle von der Linse zu klein werden. Die erste unserer Tabellen bezieht sich auf eine gleichseitige Glaslinse, die zweite auf eine gleichseitige Quarzlinse, die dritte auf eine ungleichseitige Glaslinse. Die Entfernungen sind in cm gemessen.

1. Gleichseitige Glaslinse.

a	b	ϱ	f	n	r
9	16	11,5			
12	12	12			
15	10,5	12,4	25,6	1,4	21,6
22	8,5	12,2			
36	7	11,7			

2. Gleichseitige Quarzlinse.

a	b	ϱ	f	n	r
3,5	9,5	5,1			
4	4	4	9,5	1,5	9
9	3	4,5			
27	2,5	4,6			

3. Ungleichseitige Glaslinse.

a_1	b_1	ϱ_1	a	b	ϱ_2	f	n	r_1	r_2
8,5	17,5	11,4	29	36	32				
10,5	10,5	10,5	32	32	32				
16,5	9,5	12	40	30,5	34,6	37,5	1,4	16	238
21	8	11,6	52,5	24	33				
30	7,2	11,6							
37	7	11,8							

Einfache Versuche zur Demonstration der Lichttelephonie.

Von

Georg Weidhaas in Greiz i. V.

Die Vorführung der interessanten Versuche über Lichttelephonie scheidet wohl zumeist an dem hohen Preis der dafür zu benützenden Apparate. Im folgenden soll eine Reihe von Experimenten angegeben werden, die sich ohne große Kosten ausführen lassen.

Das Hauptfordernis zur Anstellung der Versuche ist die Anschaffung einer guten Selenzelle. Von den deutschen Firmen — es kommen dabei Ruhmer und Clausen & von Bronk in Berlin in Betracht — werden drei verschiedene Arten von Selenzellen hergestellt und zwar solche mit quadratischer, kreisförmiger und zylindrischer lichtempfindlicher Fläche. Die letzteren sind in evakuierte Glasbirnen eingeschmolzen. In der Praxis kommen wohl meist nur solche mit zylindrischer lichtempfindlicher Fläche zur Verwendung, deren Preis allerdings ziemlich hoch ist. Die kleinste Nummer bei Ruhmer kostet 30 M und bei etwas höherer Lichtempfindlichkeit — ich benutzte zu Versuchen eine solche, die 100000 Ohm im Dunklen und 7000 Ohm Widerstand bei grellster Beleuchtung hatte — 40 M. Infolge des hohen Widerstandes ist diese Zelle für Relaisversuche nicht geeignet. Für Schulzwecke empfehle ich die billigsten Zellen mit quadratischer Oberfläche. Eine solche von Bronk hatte im Dunklen 4000 Ohm Widerstand, der bei Belichtung bis auf 200 Ohm sank. Alle mit dieser Zelle angestellten Relais- und lichttelephonischen Versuche gelangen vorzüglich.

Die Versuche würden etwa in folgender Reihenfolge anzustellen sein:

I. Versuche zum Nachweis der Lichtempfindlichkeit des Selens.

1. Man schaltet die verdunkelte Zelle mit einem gewöhnlichen Zeigergalvanometer in einen Stromkreis von 4–10 Volt (bei allen Versuchen genügen Taschenbatterien). Das Galvanometer zeigt nur geringen Strom an. Bei Belichtung mittels eines Streichholzes oder

einer Glühlampe wird der Ausschlag bedeutend größer. Durch Zwischenschaltung von gefärbten Gelatinefolien kann man den Einfluß der verschiedenen Farben auf die Lichtempfindlichkeit des Selen zeigen.

2. An Stelle des Galvanometers wird ein polarisiertes Relais in den Stromkreis eingeschaltet. Zur Selbstanfertigung eignet sich das von Weinhold für seinen Apparat zur drahtlosen Telegraphie angegebene. Fig. 1 zeigt es in einer für unsere Zwecke etwas umgestalteten Form.

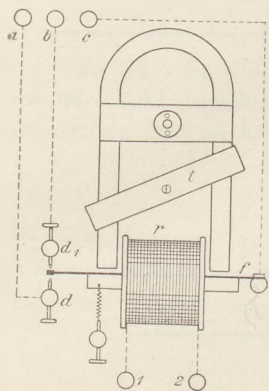


Fig. 1.

Bei der Herstellung ist zu beachten, daß die Feder f nur kurz und dünn ist und daß beide Kontakte d und d_1 mit Platin versehen sein müssen. Die Einstellung erfolgt am besten mittels eines drehbar über den Magneten angebrachten Eisenstückes t . Der Widerstand der Drahtrolle r beträgt bei 0,15 mm Drahtstärke 150 Ohm.

Mit Hilfe des Relais kann man eine elektrische Glocke, die mit einem Element in die Klemmen a und c eingeschaltet ist, betätigen und durch Belichtung und Verdunkelung der Selenzelle Glockenzeichen geben.

3. Schaltet man in die Klemmen b und c des Relais eine kleine Glühlampe mit Akkumulator ein, so leuchtet die Lampe, wenn die Zelle verdunkelt ist. Belichtet man sie, so legt sich der Anker an Kontakt d an, der Lampenstromkreis wird geöffnet und die Lampe verlöscht. Diese Anordnung zeigt die Verwendung der Selenzelle bei der Konstruktion eines selbsttätigen Laternenanzünders.

4. Stellt man den vorigen Versuch im verdunkelten Zimmer an und hält die Selenzelle so, daß sie von der im Nebenstromkreis befindlichen Glühlampe beleuchtet wird, so tritt ein fortgesetztes Aufflackern und Verlöschen der Glühlampe ein, weil durch das Licht der Lampe der Widerstand der Selenzelle herabgesetzt wird, was ein Abstoßen des Relaisankers und damit ein Öffnen des Lampenstromkreises zur Folge hat. Dadurch aber verlöscht die Glühlampe, der Widerstand der Zelle wird größer, der Anker legt sich an Kontakt d_1 und bringt die Glühlampe wieder zum Leuchten.

5. Um nachzuweisen, daß das Selen auch auf Lichtschwankungen reagiert, die weniger als $\frac{1}{100}$ Sek. andauern, fertigt man eine Pappscheibe von 25 cm Durchmesser an und versieht sie mit einer Anzahl radialer Ausschnitte. Die Zahl der Ausschnitte ist beliebig, jedenfalls sollen die Zwischenräume breiter sein als die Öffnungen selbst. Zweckmäßig belegt man die Ausschnitte mit Gelatine- oder Glimmerblättchen, um bei rascher Umdrehung der Pappscheibe eine allzu große Reibung der Luft und damit ein störendes Geräusch zu verhindern. Nachdem die Pappscheibe noch mit einem Mittelloch versehen ist, befestigt man sie auf die Schwungmaschine und bringt die Selenzelle so an, daß sie durch die Fensterchen der Pappscheibe von einer kräftigen Lichtquelle beleuchtet wird. Am besten wirken die durch eine Linse parallel gerichteten Strahlen einer elektrischen Bogenlampe. Die Selenzelle ist in einen Stromkreis von 20 Volt mit 1 oder 2 Telephonen eingeschaltet. Beim Drehen der Schwungmaschine hört man anfangs ein Sausen, das bei schneller Umdrehung in einen Ton übergeht, dessen Höhe man aus der Umdrehungszahl der Pappscheibe und der Zahl der Ausschnitte leicht berechnen kann.

Dieser Versuch bildet den Übergang zur Lichttelephonie, indem er zeigt, daß man mit Hilfe des Selen durch Lichtschwankungen Töne hervorbringen kann. Um nun unsere Sprache, die aus Tönen besteht, zu übertragen, ist es nötig, die Schallwellen in Lichtschwankungen umzuwandeln. Der einfachste Apparat dazu ist das Königsche Flammenmanometer. Als Beweis dafür wird der bekannte Versuch der Zerlegung des Flammenbildes im rotierenden Spiegel vorgeführt. Um reine Flammenbilder der Vokale zu erhalten, ist es nötig, sie mit Kopfstimme zu singen.

II. Lichttelephonische Versuche.

6. Für eine Übertragung der Sprache auch auf kleinere Entfernungen ist das Leuchtgas zu lichtschwach. Es ist daher zweckmäßig, an Stelle des Leuchtgases Acetylen gas, das in einer gewöhnlichen Radfahrerlaterne entwickelt wird, in das Manometer einzuführen. Der Gasstrom wird so reguliert, daß eine 3 cm hohe, nicht rußende, helleuchtende Flamme entsteht. Stellt man die Selenzelle, die, wie bei allen folgenden Versuchen, mit 2 Telephonen in einen Stromkreis von 20 Volt eingeschaltet ist, in eine Entfernung von 20—30 cm von der Acetylenflamme auf, so kann man in den Telephonen jedes in das Flammenmanometer hineingesprochene Wort mit größter Deutlichkeit hören. Die Telephone kommen dabei in ein benachbartes Zimmer.

7. Will man die Sprache auf etwas größere Entfernung übertragen, so bringt man das Manometer in eine Projektionslampe, von der eine Beleuchtungslinse und der Vorderteil mit Objektiv entfernt worden ist, und sucht die Strahlen möglichst wenig zerstreut nach der bis zu 8 m entfernt aufgestellten Empfangsstation zu werfen. Hier befindet sich eine größere Sammellinse von etwa 15 cm Durchmesser, in deren Brennpunkt die Selenzelle mit der Anordnung wie unter 6 aufgestellt ist. Sonderbarerweise ist die Lautstärke nicht dann am größten, wenn die Selenzelle voll beleuchtet ist, sondern wenn sie möglichst im Brennpunkt steht und nur ein kleines Flammenbildchen auf ihr sichtbar ist.

Die beiden letzten Versuche lassen sich auch mit Hilfe eines manometrischen Telephons ausführen, das sehr einfach nach den in dieser Zeitschrift, Jahrg. 1902, veröffentlichten Angaben herzustellen ist.

8. Für Übertragung der Sprache auf noch größere Entfernungen eignet sich am besten der sprechende elektrische Flammenbogen. Von den mancherlei dafür verwendeten Schaltungen ist in Figur 2 eine schematische Anordnung wiedergegeben, die bei großer Einfachheit von guter Wirkung ist.

Die Induktionsspule J besteht aus 8 Lagen à 112 Windungen eines 2 mm starken Kupferdrahtes. Der Eisenkern hat 300 mm Länge bei 25 mm Durchmesser. Der Bogenlampenwiderstand W wird so groß gewählt, daß die Bogenlampe mit ca. 10 Ampère brennt. B ist eine Handregulierungslampe einfacher Konstruktion mit Effektkohlen. Es genügt bei der Länge des Lichtbogens ein mit der Hand zu bewirkendes Nachschieben der Kohlen. Im Nebenschluß zur Induktionsspule befindet sich das Kohlenkörnermikrophon M (am besten eins von Berliner), das Galvanoskop G (eine Drahtschleife mit Magnetnadel) und der Regulierungswiderstand R , der aus 0,5 mm starkem Nickelindraht gewickelt ist und etwa 5 Ohm Widerstand hat.

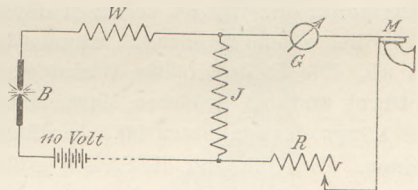


Fig. 2.

G und M kommen in einen Raum, der so weit entfernt ist, daß man Sprechen, Pfeifen etc. im Experimentierzimmer nicht hören kann. Beim Einschalten des Stromes ist streng darauf zu achten, daß R stets ganz eingeschaltet ist und erst, nachdem die Kohlen auseinandergezogen sind, auf beste Lautstärke reguliert wird. Zur Erklärung der Wirkung ist es angebracht, daß man an Stelle von M einen Wagnerschen Hammer mit Elektromagneten, etwa eine elektrische Glocke oder einen kleinen Induktionsapparat, einschaltet. Die sich über den Speisestrom der Bogenlampe lagernden Induktionsströme bringen im Lichtbogen ein stark knatterndes Geräusch hervor.

9. Beim Gebrauch der sprechenden Lampe als Sendestation bei einer lichttelephonischen Übertragung kommt die Bogenlampe in das Gehäuse der Projektionslampe. (Versuch 7.) Der Bogenlampenwiderstand W wird so vergrößert, daß die Lampe nur noch mit 2—4 Ampère brennt, und der Lichtbogen sehr klein ist. Man vermag dadurch die positive Kohle leicht in den Brennpunkt der Kondensatorlinse einzustellen und kann auch Sende- und die in Versuch 7 angegebene Empfangsstation in einem Zimmer aufstellen, da das Sprechen der Lampe jetzt so leise ist, daß man nur in ihrer allernächsten Nähe ein leises Summen hören kann.

Mit dieser Anordnung vermag man bis auf Entfernungen von 100 m die Sprache licht-telephonisch zu übertragen. Der Abstand der beiden Stationen läßt sich noch mehr erweitern, wenn man die Linse der Empfangsstation größer nimmt. Da aber große massive Glaslinsen ziemlich teuer sind, benutzt man dann Flüssigkeitslinsen, die aus Uhrschalen, zu beziehen von Klönne & Müller, Berlin NW 6, für ein paar Mark leicht herzustellen sind.

Über einen Apparat zum Beweis des Coulombschen magnetischen Gesetzes.

Von

Dr. Johannes Russner in Chemnitz.

In neuerer Zeit sind mehrere Apparate bekannt geworden, mit denen das Coulombsche Gesetz im Unterricht bewiesen werden soll. Ich habe auch Versuche darüber angestellt und mich der Anordnung bedient, welche ODSTRÖM zum Nachweis des elektrischen Coulombschen Gesetzes angegeben hat.¹⁾ Nach diesem hängt man die zu ladende kleine und leichte Kugel an einen langen Kokonfaden und nähert derselben eine gleiche und gleichnamig geladene Kugel. Die Kraft, mit der die Schwerkraft die Pendelkugel in die Gleichgewichtslage zurück zu drehen strebt, ist gleich der Kraft, mit der die angewendeten Elektrizitätsmengen aufeinander wirken. Ist P das Gewicht der Pendelkugel, so ist die Größe der zurückführenden Kraft

$$P_1 = P \frac{a}{l},$$

in welcher Formel a den Abstand der Pendelkugel von der Gleichgewichtslage und l die Pendellänge bedeutet. Sind beide Kugeln klein und die Entfernung derselben beim Versuche nicht zu gering, so kann man sich die aufeinander wirkenden Elektrizitätsmengen im Mittelpunkt der Kugel vereinigt denken.

Bei einem Magnetstab nimmt der freie Magnetismus von den Enden nach der Mitte zu ab. Die Stelle größter Wirkung, der Pol, liegt nicht am Ende, sondern etwas davon entfernt und bei größeren Magnetstäben kann man als Polabstand $5/6 l$ annehmen, wenn l die Länge des Magneten ist. Je dünner ein Magnet ist, desto mehr rücken die Pole an die Enden. Die Pole sind die Stellen größter Tragkraft und man kann dieselbe ermitteln, indem man untersucht, wo ein eben hängenbleibender Eisendraht oder Eisenzylinder am längsten genommen werden kann. Zweckmäßig ist es, mehrere kurze Eisenzylinder zu nehmen und die Stelle zu suchen, wo man die meisten anhängen kann.

Die zu meinen Versuchen verwendeten Magnete stellte ich mir durch Streichen aus den dünnsten Stricknadeln her. Solche sind 200 mm lang, 1,3 mm stark und wiegen durchschnittlich 2 g. Sucht man aus einer größeren Menge gleich starke aus und streicht dieselben gemeinschaftlich, so wird man auch ziemlich gleich starke Magnete erhalten. Ob mehrere gleich stark sind, kann man mit einem Spiegelgalvanometer untersuchen. Lenken zwei Magnete die Magnetnadel des Galvanometers aus gleicher Entfernung um gleichviel ab, so kann man dieselben als gleich stark magnetisch betrachten.

Um das Coulombsche Gesetz zu beweisen, hänge ich einen Magnet mit zwei etwa 50 cm langen Kokonfäden horizontal auf. Die Befestigung der Fäden erfolgt ganz an den Enden des Magneten. Fig. 1 ist von der Versuchsanordnung eine Seitenansicht, Fig. 2 eine Draufsicht und Fig. 3 und 3a zeigen den ganzen Versuchsapparat. Nähert man dem leicht beweglich aufgehängten Magneten ns (Fig. 2) zwei andere Magnete n_1 und s_1 in vertikaler Stellung, so daß sie den Polen n, s die gleichnamigen Pole zuwenden, so tritt durch die abstoßenden magnetischen Kräfte eine Ablenkung auf. Setzt man den Apparat auf den

¹⁾ Vgl. Einführung in die Elektrizitätslehre von Bruno Kolbe, 1893, S. 55.

Projektions-Apparat, so können die Schüler die auftretende Abweichung von der Gleichgewichtslage gleichzeitig beobachten. Als Zeiger oder Marke dient das untere Ende des Kokonfadens, von dem man ein Bild auf dem Projektions-
schirm entwirft.

In 20 cm Entfernung tritt noch keine merkliche Ablenkung ein, in 11 cm beträgt dieselbe 0,25 mm und in 5,5 cm Entfernung 1 mm, wodurch bewiesen ist, daß die abstoßende Kraft von zwei Magnetpolen mit dem Quadrate der Entfernung zu- und abnimmt. Würde man die Entfernung 5,5 cm nochmals halbieren, so würde man finden, daß das Coulombsche Gesetz nicht mehr Gültigkeit hat. Dies hat seinen Grund darin, daß die magnetische Kraftwirkung nicht von einem Punkte der Magnete, sondern von vielen Punkten ausgeht. Geht man aus der Entfernung von 5,5 cm auf 2,75 cm über, so wird zwar der Polabstand um die Hälfte geringer, nicht aber auch der der übrigen wirkenden Stellen.

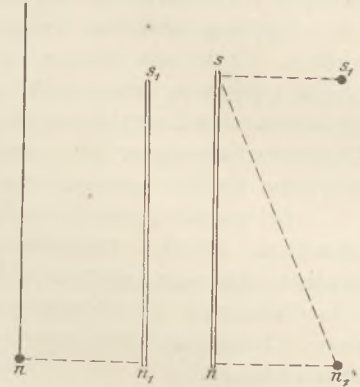


Fig. 1.

Fig. 2.

Bei dieser Versuchsanordnung wirken nur die Pole $n_1 n_2$ und $s_1 s_2$ aufeinander ein (Fig. 2), weil die Entfernung $n_1 s_2$ und $n_2 s_1$ (Fig. 2) mehr als 20 cm beträgt und in dieser Entfernung die Pole keine merkliche Wirkung aufeinander ausüben.

Nun nimmt man statt der zwei Magnetstäbe $n_1 s_1$ zwei andere und zeigt wieder die Gültigkeit des Coulombschen Gesetzes aus den genannten Entfernungen. Ist die Stärke dieser Magnete dem ersteren gleich, so muß, wenn man jetzt auf jeder Seite des beweglichen Magneten zwei Magnete wirken läßt, in 11 cm Entfernung die Ablenkung $2 \cdot 0,25 = 0,5$ mm und in 5,5 cm Entfernung $2 \cdot 1$ mm = 2 mm betragen. Der Versuch ergibt, daß die Wirkung zweier Magnetpole proportional dem Produkte aus den Polstärken ist.

Wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, können die Magnetstäbe $n_1 s_1$ dem aufgehängten Stabe $n_2 s_2$ mit Hilfe eines leicht beweglichen Schlittens genähert und die Entfernung kann an einer, auf dem Grundbrett angebrachten Millimeter-Teilung, abgelesen werden. Ist der aufgehängte Magnet nicht im magnetischen Meridian, so wirkt

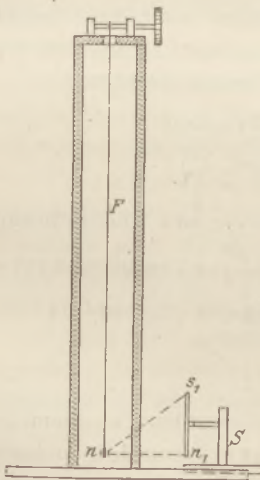


Fig. 3.

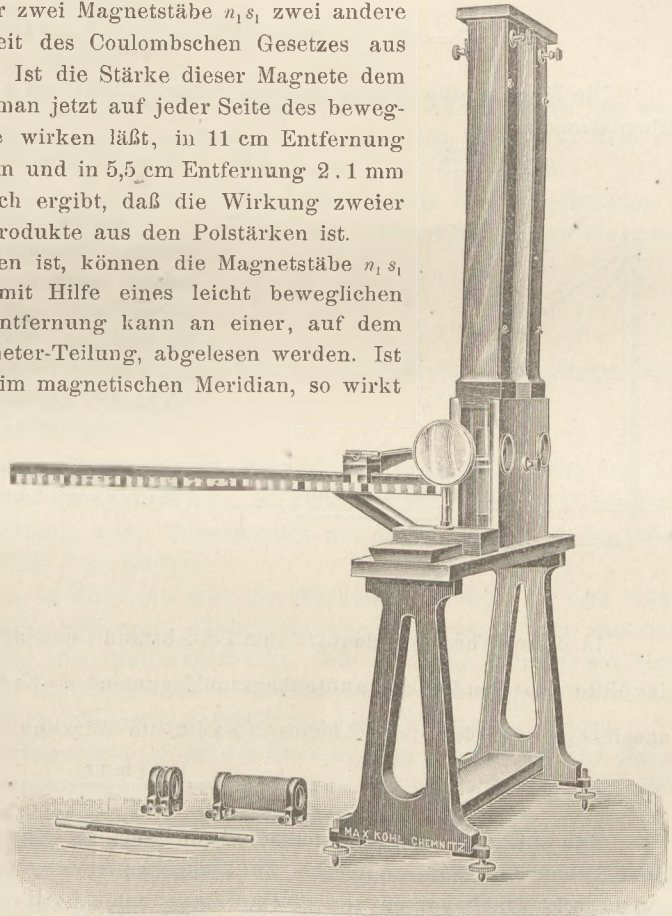


Fig. 3 a.

ein Kräftepaar, welches ihn in den Meridian zu drehen strebt. Die Wirkung dieses Kräftepaars wird aber durch die Aufhängung an Fäden aufgehoben und bei einem Versuche
U. XX.

wird dasselbe parallel verschoben. Wo es angeht, wird man aber den beweglichen Magnet mit Hilfe einer Deklinationsnadel in den magnetischen Meridian bringen. Eisen, welches 15 bis 20 cm entfernt ist, wirkt auf die Versuche nicht störend ein.

Die Empfindlichkeit des Apparates kann nur durch die Länge der Kokonfäden geändert werden. Wollte man dünnere Magnete nehmen, so hätte man dann auch geringere Polstärken. Längere Magnete zu nehmen empfiehlt sich auch nicht, da dann das Gewicht derselben größer ist. Der aufgehängte Magnet kommt fast nie zur Ruhe und man muß deshalb eine Dämpfung anbringen. Bei meinen Versuchen wendete ich ein Kupferblech an, welches dem Magneten von der unteren Seite so viel als möglich genähert wurde.

Bei meinen ersten Versuchen ließ ich zwei Magnete auf die Pole des aufgehängten einwirken. Weitere Versuche zeigten aber, daß man nur einen Magneten anzuwenden braucht. Läßt man nur den Pol n_1 auf n wirken (Fig. 2), so ist die Aufhängung beim Pole s der Drehpunkt des Magneten ns . Vielleicht wird man den Pol s auch durch ein kleines festes Eisenstück oder durch einen anderen festgemachten Magneten an seiner Stelle halten können.

Mit diesem Apparate kann man nicht nur die Richtigkeit des Coulombschen Gesetzes beweisen, sondern auch die Polstärken der angewendeten Magnete bestimmen. Bei meinen Versuchen betrug die Länge der Kokonfäden 51,3 cm und ein Faden hatte das Gewicht von $0,978 \text{ g} = 981 \cdot 0,978 = 959 \text{ Dyn}$ zu tragen. Wird der Magnetstab um 0,1 cm aus der Gleichgewichtslage abgelenkt, so ist die wirkende Kraft

$$K = P \frac{a}{l} = 959 \frac{\text{g cm}}{\text{sec}^2} \cdot \frac{0,1 \text{ cm}}{51,3 \text{ cm}} = 1,869 \frac{\text{g cm}}{\text{sec}^2} \text{ (Dyn)}$$

Die Magnetstäbe waren ziemlich gleich stark und es ist dann nach dem Coulombschen Gesetze

$$K = \frac{m \cdot m}{r^2} \quad \text{und} \quad m = r \sqrt{K} = 5,5 \text{ cm} \sqrt{1,869 \frac{\text{g cm}}{\text{sec}^2}} = 7,48 \frac{\text{g}^{1/2} \cdot \text{cm}^{3/2}}{\text{sec}}$$

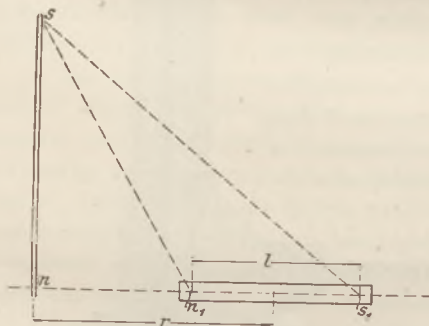


Fig. 4.

Kennt man nun die Polstärke des aufgehängten Magneten, so kann man auch die Polstärke anderer Magnete bestimmen. Letztere dürfen aber nur so stark sein, daß sie aus der Entfernung, welche ihrer Länge gleich ist, keine merkliche Wirkungen auf den aufgehängten Magneten ausüben.

Die Wirkung beider Pole eines Magnetstabes auf einen Pol in der Achse desselben (Fig. 4) wird nach der Formel berechnet:

$$K = \frac{2 l r m \cdot m_1}{\left(r^2 - \frac{l^2}{4}\right)^2}$$

In dieser Formel bedeutet l den Pol-Abstand des Magneten $n_1 s_1$ und r die Entfernung der Mitte von dem Pol des aufgehängten Magneten ns . Kann man $\frac{l^2}{4}$ im Vergleich zu r^2 vernachlässigen (großes r und kleines l), so ist die Wirkung des Magneten $n_1 s_1$ auf den Pol n

$$K = \frac{2 l m m_1}{r^3}$$

Die Wirkung eines Magnetstabes auf einen in seiner Achse liegenden Pol nimmt mit dem Kubus der Entfernung ab. Zu Versuchen verwendete ich zwei verschiedene starke zylindrische Stahlmagnete von 20 cm Länge und 1,5 cm Stärke. Der stärkere von diesen beiden Magneten lenkte den aufgehängten Magneten in 27,8 cm Entfernung um 2 mm ab und in der doppelten Entfernung von 55,6 cm nur um ungefähr 0,25 mm. Der zweite und schwächere Magnet bewirkte die Ablenkung von 2 mm aus einer Entfernung von 25,9 cm

und 0,25 mm Ablenkung aus der doppelten Entfernung von 51,8 cm. Der Apparat gestattet daher auch die Richtigkeit dieses Gesetzes durch Versuche zu beweisen.

Bei letzteren Versuchen wird auch der Pol s des aufgehängten Magneten von dem Magnetstabe $n_1 s_1$ abgelenkt. Die Ablenkung beeinflusst jedoch nicht die Bewegung des Poles n , da dessen Aufhängung den Drehpunkt für den Pol s bildet.

In obiger Formel ist m die Polstärke des aufgehängten Magneten ns und m_1 die Polstärke des Magneten $n_1 s_1$. Aus dieser Formel folgt das magnetische Moment $m l$ des Magnetstabes $n_1 s_1$:

$$m_1 l = \frac{K \left(r^2 - \frac{l^2}{4} \right)^2}{2 r m}.$$

Der oben genannte stärkere Magnetstab lenkte den Pol n in einer Entfernung $r = 34,8$ cm um 1 mm ab. Die Kraft K ist wie anfangs berechnet wurde

$$1,869 \text{ Dyn}, r = 34,8 \text{ cm}, l = 20 \cdot \frac{5}{6} = 16,67 \text{ cm} \text{ und } m = 7,48 \frac{g^{1/2} \text{ cm}^{3/2}}{\text{sec}}.$$

Aus obiger Formel folgt dann

$$m_1 l = 4676 \frac{g^{1/2} \text{ cm}^{-3/2}}{\text{sec}},$$

und

$$m_1 = \frac{4676 \frac{g^{1/2} \text{ cm}^{-3/2}}{\text{sec}}}{16,67 \text{ cm}} = 280,5 \frac{g^{1/2} \text{ cm}^{-1/2}}{\text{sec}}.$$

Im hiesigen elektrotechnischen Laboratorium bestimmten 5 Schülergruppen das magnetische Moment $m_1 l$ dieser Magnete mit dem Magnetometer zu 4750, 5450, 4830, 5140 und 4700; der Mittelwert ist 4974.

Der zweite und schwächere der genannten Magnetstäbe lenkte den aufgehängten in $r = 32,3$ cm Entfernung um 1 mm ab, und das magnetische Moment $m_2 l$ dieses Magneten ist nach diesem einen Versuche

$$3634 \frac{g^{1/2} \text{ cm}^{-1/2}}{\text{sec}}.$$

Im elektrotechnischen Laboratorium wurde für diesen Magnetstab das magnetische Moment zu $3760 \frac{g^{1/2} \text{ cm}^{-3/2}}{\text{sec}}$ gefunden.

Wie schon erwähnt, bewirkte der stärkere Magnetstab in 27,8 cm Entfernung eine Ablenkung des Poles n um 2 mm und die Kraftwirkung ist dann $2 \cdot 1,869 \text{ Dyn} = 3,7 \text{ Dyn}$. Setzt man in die Formel für die Wirkung eines Magnetstabes auf einen Magnetpol den Wert $r = 27,8$ cm ein, so erhält man für $K = 3,9 \text{ Dyn}$.

Bei allen diesen Versuchen bediente ich mich der direkten Ablesung. An dem Pole n war ein kleiner Γ -förmiger Zeiger aus einer dünnen Stecknadel (Messing) und unterhalb desselben eine Millimeter-Teilung auf Glas angebracht. Die Ablesung erfolgte mit einer Linse von größerer Brennweite. Mit Hilfe eines Fernrohres wird man noch genauere Resultate erzielen und vielleicht auch die Magnetisierbarkeit von Eisen bestimmen können.

Nach meinen ersten Erfahrungen bin ich zu der Überzeugung gelangt, daß aus diesem Apparate ein brauchbarer Schulapparat gemacht werden kann, und ich hoffe, daß recht viele Kollegen sich mit demselben beschäftigen und ihre Erfahrungen mitteilen.

Nachtrag.

Bei meinen ersten Versuchen stellte ich den Polen des horizontal aufgehängten Magneten zwei Magnete in vertikaler Richtung (Fig 1) mit den gleichnamigen Polen gegenüber. Viel einfacher und richtiger ist es jedoch, dem aufgehängten Magneten nur einen, und zwar auch in horizontaler Lage zu nähern (Fig. 5).

Nach dem Biot-Savartschen Gesetz erzeugt eine kurze Drahtspule S (Fig. 6) von n Windungen und dem Halbmesser R in einem auf der Achse liegenden Punkte P eine Feldstärke

$$\mathfrak{H} = \frac{0,2 \cdot n \cdot \pi \cdot i}{R} \sin^3 \alpha.$$



Fig. 5.

Bei einem Versuche wurde eine Drahtspule von 7 Windungen und 3,1 cm mittlerem Halbmesser angewendet. Als diese Spule von dem Pole des aufgehängten Magneten 13,1 cm Abstand = a hatte und die Stromstärke 13 Ampere betrug, wurde der Pol um 1 mm aus der Gleichgewichtslage abgelenkt. Um diese Ablenkung zu bewirken ist eine Kraft von 1,869 Dyn erforderlich. Nun ist $\mathfrak{H} m = K$ und

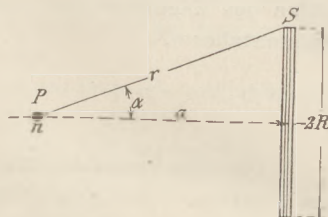


Fig. 6.

$$\mathfrak{H} = \frac{K}{m} = \frac{1,869 \frac{\text{cm} \cdot \text{g}}{\text{sec}^2}}{7,48 \frac{\text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2}}{\text{sec}}} = 0,25 \frac{\text{cm}^{-1/2} \cdot \text{g}^{1/2}}{\text{sec}}.$$

Nach obestehender Formel soll die Spule eine Feldstärke erzeugen:

$$\mathfrak{H} = \frac{0,2 \cdot 7 \cdot 3,14 \cdot 13 \frac{\text{cm}^1 \text{g}^{1/2}}{\text{sec}}}{3,1 \text{ cm}} \cdot 0,0122 = 0,225 \frac{\text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2}}{\text{sec}}.$$

Wie man aus diesem Resultate ersieht, stimmt der durch einmaligen Versuch erhaltene Wert mit dem durch Rechnung erhaltenen ziemlich gut überein.

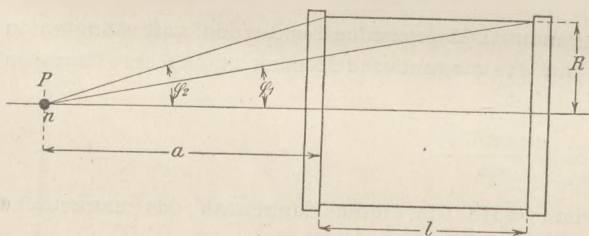


Fig. 7.

Hat man eine Spule von der Länge l (Fig. 7), so ist die im Punkte P erzeugte Feldstärke

$$\mathfrak{H} = \frac{0,2 \cdot n \cdot \pi \cdot i}{l} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2).$$

Zu einem Versuche verwendete ich eine Drahtspule von 11 cm Länge und 984 Windungen in 12 Lagen übereinander. Da man es hier nicht mit einer Lage zu tun hat, muß man für

R den mittleren Halbmesser nehmen, und dieser betrug 2,45 cm. Bei einem Strome von 3,5 Ampere wurde der Pol des aufgehängten Magneten bei $a = 24$ cm um 1,9 mm abgelenkt. Eine Ablenkung von 1 mm bewirkt eine Kraft von 1,869 Dyn und bei der genannten Ablenkung $1,869 \cdot 1,9 = 3,55$ Dyn. Da nun $\mathfrak{H} m = K$ ist, ist

$$\mathfrak{H} = \frac{K}{m} = \frac{3,55}{7,48} = 0,47 \frac{\text{cm}^{-1/2} \cdot \text{g}^{1/2}}{\text{sec}}.$$

Nach obiger Formel erhält man $0,45 \frac{\text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2}}{\text{sec}}$. Mit derselben Spule, demselben a und einer Stromstärke von 4,3 Ampere wurde der Magnetpol um 2,4 mm abgelenkt. Der Versuch ergibt für die erzeugte Feldstärke den Wert 0,6 und die Rechnung nach der Formel 0,604.

Eine andere Spule hatte 12 Lagen und 2050 Windungen und war 23,5 cm lang. Der mittlere Halbmesser betrug wie bei der ersten Spule 2,45 cm. Ein Strom von 3,2 Ampere und bei einer Entfernung $a = 38,8$ cm lenkte den Magnetpol um 1 mm ab. Nach diesem Versuche ist die erzeugte Feldstärke 0,25 und nach der Rechnung 0,204.

Als in den lichten Hohlraum dieser Spule ($d = 3,2$ cm) ein 2,7 cm dicker Eisenstab (aus Eisenblechen zusammengesetzt) gebracht wurde, wurde der Magnetpol um 11 mm abgelenkt und die erzeugte Feldstärke war 2,75 oder 11 mal größer als die von der Spule allein erzeugte.

Einige physikalische Vorlesungsversuche.

Von

Prof. G. C. Schmidt in Königsberg i. Pr.

(Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität.)

1. Ein Versuch zur Demonstration der Zentrifugalkraft. Wenn man einen an einem Faden befestigten Körper, z. B. einen Stein, schnell im Kreis herumschwingt, so wird der Faden bekanntlich infolge der Zentrifugalkraft gespannt. Es schien mir nun wahrscheinlich, daß man auf diese Weise rotierendes Papier würde so stark spannen können, daß man Holz und andere feste Körper würde zersägen können. In der Tat gelang dies leicht auf folgende Weise.

Auf der Achse eines kleinen Elektromotors, der unbelastet ca. 6000 Umdrehungen in der Minute machte, wurde ein Holzzylinder von ungefähr 7 cm Durchmesser befestigt. Auf denselben wurde eine kreisrunde Papierscheibe aus gutem weißen Papier von ungefähr 20 cm Durchmesser gelegt; darauf wurde ein kreisrundes Brettchen, ebenfalls von 7 cm Durchmesser, gebracht und schließlich das Papier und die beiden Holzzylinder mit Schrauben fest angezogen. Bei der Rotation wurde das Papier so steif, daß man leicht damit dicke Pappe durchsägen konnte. Anfangs hatte ich Schwierigkeiten, dickere Stücke Holz zu durchsägen, da das Papier bald rauh wurde. Es zeigte sich, daß dies daher rührte, daß die Scheibe nicht absolut genau im Mittelpunkt befestigt war. Letzteres läßt sich leicht auf folgende Weise erreichen. Man schneidet das Papier zunächst ungefähr kreisrund, befestigt es, wie oben beschrieben, und läßt rotieren, indem man gleichzeitig einen feststehenden Bleistift sanft dagegen drückt. Man erhält dann einen absolut genauen Kreis, den man sorgfältig ausschneidet. Versetzt man jetzt das Ganze in Rotation, so gelingt es leicht, Holzstücke, z. B. von Zigarrenkisten und bedeutend dickere Stücke, zu durchsägen. Man muß hierbei darauf achten, daß man das zu durchschneidende Stück nicht seitlich verschiebt, da dann das Papier sofort zerreißt. Ich pflege, um dies zu vermeiden, so zu verfahren, daß ich das Holz mit beiden Händen anfasse, dieselben auf den Experimentiertisch oder bereit gelegte Klötzchen stütze und nun langsam das zu durchsägende Stück der Papierscheibe nähere. Besser wäre es natürlich, das letztere zu befestigen und mittels einer Schraube langsam der rotierenden Scheibe zu nähern, doch ist das Verfahren umständlich, und wenn man nur ein klein wenig Übung hat, mißlingt der Versuch nach der ersten Methode nie.

Ich will noch erwähnen, daß das Holz an der durchsägten Stelle schwach braun wird; es rührt dies von der entwickelten Wärme her.

Nach diesen Versuchen glaubte ich, daß es auch gelingen würde, Metalle zu durchsägen. Die Scheibe von der erwähnten Größe schnitt in Messing nur wenig ein. Offenbar war das Papier nicht steif genug, um tiefer einzudringen. Als ich die Scheibe größer machte, versagte mein Motor. Der Reibungswiderstand war zu groß, infolgedessen bewegte sich der Motor zu langsam, und die Scheibe bog sich wegen des Windes hin und her. Daß es mit einem kräftigeren Motor gelingen wird, daran zweifle ich nicht, doch kann ich aus Mangel an einer geeigneten Maschine den Versuch nicht anstellen.

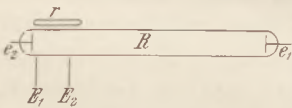
Wie ich vor kurzem gelesen¹⁾, werden bei Krupp starke Panzerplatten mittels schnell rotierender Eisenscheiben durchsägt; z. B. werden Panzerplatten von 15 cm Stärke und 3 m Breite glatt durchschnitten. Der eben beschriebene Versuch kann als Erläuterung dieser Wirkung dienen. In der Diskussion, die sich an den betreffenden Vortrag anschloß, wurde über die Ursache der Erscheinung debattiert, und, soweit sich das aus dem kurzen Referat entnehmen läßt, scheint man zu dem Ergebnis gekommen zu sein, daß eine Er-

¹⁾ Deutsche Mechaniker-Ztg. 1906, Heft 22, S. 217.

klärung noch ausstehe. Ich habe die betreffenden Versuche bei Krupp nicht gesehen; nach dem oben beschriebenen Experiment zweifle ich nicht daran, daß es die Zentrifugalkraft ist, welche die Scheibe derart spannt, daß sie ganz starr wird. Auf optischem Wege werden sich Spannungen im rotierenden Glase leicht nachweisen lassen.

2. Romershausens Glockenmagnet. Trotzdem dieser Glockenmagnet bereits im Jahre 1850 beschrieben worden ist¹⁾, scheint er keine große Beachtung gefunden zu haben, wenigstens habe ich ihn in keinem Institut bisher gefunden. Deswegen mag eine kurze Beschreibung hier folgen, um so mehr, da man mit demselben sehr schön die Streuung der Kraftlinien zeigen und nachweisen kann, wie stark der Magnetismus zunimmt, wenn man den ganzen Elektromagneten in Eisen hüllt. Das Exemplar, welches ich in der Vorlesung vorführe, besteht aus einem Eisenzylinder von ungefähr 2,5 cm Durchmesser und 13 cm Höhe. Um diesen sind 4 Lagen von dickem isolierten Draht aufgewickelt, und damit diese ihre Lage beibehalten, sind oben und unten am Zylinder Messingscheiben aufgelötet. Das Ganze kann mittels eines Hakens, der in den Zylinder geschraubt wird, aufgehängt werden. Schickt man nun den Strom eines kleinen Akkumulators oder Trockenelements hindurch, so kann man mit Eisenfeilicht leicht die Kraftlinien sichtbar machen. Der Magnet ist jetzt so schwach, daß er kaum eine unten befindliche, aufgeschliffene Eisenplatte (den Anker) trägt. Jetzt nimmt man die Schraube, welche zum Aufhängen dient, ab und stülpt über die Drahtspirale einen genau passenden Zylinder von weichem Eisen (Durchmesser der eisernen Wand ca. 2 mm), der oben mit einer dicken Eisenplatte bedeckt ist. Die letztere enthält in der Mitte eine Öffnung für die Schraube mit dem Aufhängehaken. Schickt man jetzt den Strom hindurch, so trägt der Magnet leicht einen Zentner und noch mehr. Der Apparat ist von meinem Institutsmechaniker W. Prill hergestellt.

3. Schirmwirkung der Gase. Werden verdünnte Gase durch Ströme, die in ihrer Nähe verlaufen, und deren Intensität sich schnell ändert, zum Leuchten erregt, so leuchten überwiegend die der Erregungsstelle zunächst gelegenen Teile derselben. Die weiter entfernt liegenden Teile werden durch die ersteren gegen eine Erregung geschirmt. Besonders deutlich tritt dies hervor, wenn man die Gase in 2 Röhren (s. Figur) bringt, an denen die eine R der erregenden Ursache näher liegt, die andere r von ihr weiter entfernt ist. Für die Ströme eines Induktoriums ist die Erscheinung von J. Moser²⁾, für die Entladungsströme von Leydener Flaschen durch J. J. Thomson³⁾ untersucht worden. In diesen Fällen waren die benutzten Schwingungen schnell gedämpfte.



Für die langsam gedämpften Schwingungen eines Lecherschen Drahtsystems haben E. Wiedemann und K. Ebert⁴⁾ die Schirmwirkung eingehend untersucht, indem sie zwischen eine leicht ansprechende elektrodenlose Röhre r und die Endkondensatorplatten E_1 und E_2 des Lecherschen Systems allmählich immer weiter ausgepumpte Röhren R brachten. In den beiden Platten entwickelten sich Kathodenerscheinungen: Kathodenstrahlen und dunkler Kathodenraum, Glimmlicht, während daneben im Rohr r die positive Lichtsäule auftritt. Die Versuche ergaben, daß die Schirmwirkung aufhört, sobald die um die Kondensatorplatten E_1, E_2 sich bildenden und in das Gas eindringenden dunklen Räume fast ganz oder ganz bis zur gegenüberliegenden Seite des Rohres reichen. In diesen Räumen wird von dem Kondensator ausgehende Energie nicht absorbiert.

Mit reinen und leicht übersehbaren Versuchsbedingungen arbeiteten E. Wiedemann und G. C. Schmidt⁵⁾. Es wurde zwischen e_1, e_2 bei verschiedenen Drucken ein Strom hindurch-

¹⁾ Romershausen, Dingl. Journ. 120, p. 358, 1850. G. Wiedemann, Lehre von der Elektr. III, p. 376, 1895.

²⁾ J. Moser, Compt. rend. 110, p. 397; Beibl. 14, p. 409, 1890.

³⁾ J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 32, p. 321 und 445; Beibl. 16, S. 560, 1892.

⁴⁾ H. Ebert und E. Wiedemann, Wied. Ann. 49, p. 43, 1893.

⁵⁾ E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. 62, p. 460, 1897.

geschickt und nun beobachtet, wann das kleine Rohr r unter der Einwirkung der Lecherschen Schwingungen ansprach. Es ergab sich jetzt: Durch den Strom zum Leuchten erregte, also elektrolumineszierende Gase absorbieren, auch wenn sie dies in stromlosem Zustande nicht tun, auf sie treffende Schwingungen; der dunkle Kathodenraum absorbiert elektrische Schwingungen nur sehr schwach; er verhält sich hierin wie ein Nichtleiter.

Die Erklärung für die Erscheinung liegt auf der Hand. Eine stromdurchflossene Röhre ist von Ionen bezw. Elektronen erfüllt, sie stellt also einen Leiter dar und schirmt daher. Der dunkle Kathodenraum, welcher ebensowenig wie ein Dielektrikum Ionen enthält (er ist der Verarmungsbereich der Ionen) schirmt nicht.

Sehr schön läßt sich diese Schirmwirkung mit Hilfe einer Heliumröhre zeigen. Bringt man zum Beispiel zwischen die Platten der Teslaanordnung eine Stickstoff oder atmosphärische Luft enthaltende ausgepumpte Röhre, so leuchtet dieselbe, wenn sie passend ausgepumpt ist, sehr hell. Ich verwende zu diesem Zweck, um den Versuch möglichst eindringlich zu machen, eine große Röhre von 40 cm Länge und zirka 3,5 cm Durchmesser. Nähert man jetzt eine Heliumröhre — ich benutze eine gewöhnliche kleine Geißlersche Röhre — so erlischt die erstere sofort, dafür leuchtet die Heliumröhre sehr intensiv, selbst wenn sie sich von den Endkondensatoren des Lecherschen Systems weiter weg befindet als die Stickstoffröhre. Die Heliumröhre schirmt nicht nur den Raum hinter, sondern auch vor sich.

Einige Bemerkungen über die Verwendung des Calciummetalles beim Unterricht.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a/H.

Mit Bezugnahme auf den in ds. Zeitschr. XVIII 234 gegebenen Bericht über neuere, das Calciummetall betreffende Forschungen, und im Anschluß an die wertvollen Untersuchungen von OHMANN (ds. Zeitschr. XIX 83) dürften auch die nachfolgenden Mitteilungen aus der Praxis nicht unwillkommen sein.

Hinsichtlich der Zerkleinerung des Calciums trifft es sich günstig, daß dieses sonst recht widerspenstige Metall sich sehr gut drehen läßt. Die sorgfältig vom anhaftenden Chlorcalcium zu befreienden knolligen Zylinder geben auf der Drehbank nach dem Abschropfen lange, lockige Drehspäne. Außerordentlich dünne Späne in Gestalt zusammengeknitterter Streifen von kaum 0,01 mm Dicke erhält man, auch aus freier Hand, mittels des Flachstahls von einem sauber vorgedrehten Calciumzylinder. Sie bewahren im Exsikkator oder in einem kleinen Pulverglas mit gefettetem Stopfen längere Zeit ihren mattgelben Metallglanz. Derartiges Versuchsmaterial soll im folgenden unter „Spänen“ verstanden werden.

Ein mittels des Supports gedrehter exakter Zylinder dient zur Bestimmung des Volumgewichts, und zwar durch Ausmessung mittels des Schraubenmikrometers; wir gelangen so zu der Zahl 1,52. Ein Häufchen Calciumdrehspäne verbrennt, mit einer Flamme entzündet, mit blendendem Glanz. Aber das Calcium zeigt im Gegensatz zum Magnesium die Unannehmlichkeit, auch bei feinsten Zerkleinerung nicht vollständig zu verbrennen. Es verbleiben zusammengeschmolzene Metallteilchen inmitten eines ebenfalls gesinterten Oxyds. Das Verbrennungsprodukt zeigt also beim Verreiben mit Wasser nicht den Charakter des gebrannten Kalkes. Das Verbrennen des Calciums geschieht stets unter Knattern und Spritzen, wahrscheinlich infolge der Chlorcalciumeinschlüsse. Leider bleibt auch die Wasserzersetzung unvollkommen. Ein blankes Calciumstück gibt, in Wasser geworfen, nur ganz kurze Zeit eine lebhaftere Wasserstoffentwicklung. Auch die erwähnten Späne hinterlassen trotz ihrer Feinheit grauen Rückstand, der sich auch bei tagelangem Stehen mit Wasser

nicht weiter verändert, aber noch reichlich Metall enthält, wie sich bei Zusatz von Salzsäure zeigt.

Bei meinen ersten Experimenten ereignete es sich einige Male, daß mit dem Meißel abgetrennte Calciumstücke in Wasser schnell und vollständig zu Kalkhydrat wurden. Als dies später nicht geschah, fiel mir auf, daß ein sehr geringer, bei weitem nicht zur Neutralisation ausreichender Zusatz von Salzsäure eine stürmische und vollständige Reaktion zur Folge hatte. Darnach war die Vermutung nahe gelegt, daß die Ursache dieser beschleunigten Wasserzersetzung in der Anwesenheit geringer Mengen von Chlorid zu suchen sei. In der Tat zeigte es sich, daß ein kleiner Zusatz von Chlorcalcium zum Wasser die gleiche Wirkung hatte wie Salzsäurezusatz. Andere Chloride sind ebenso wirksam. Im Wasser mit nur 1% Kochsalz werden grammschwere Calciumstücke binnen einer Minute völlig zu weißem Kalkhydrat. Auf feine Späne wirkt Kochsalzlösung fast explosionsartig. Das so entstandene Kalkhydrat läßt sich vor der Klasse leicht identifizieren. Abfiltriert gibt das schwach alkalische Filtrat beim Einleiten von Kohlensäure einen Niederschlag; auf dem ausgebreiteten Filter erhärtet der fette Niederschlag an der Luft wie gewöhnlicher Kalkbrei und entwickelt darauf mit Salzsäure Kohlendioxyd. Es bleibe dahingestellt, wie die Wirkung des Kochsalzes zu erklären ist. Die Tatsache als solche kann uns im Interesse des Experimentalunterrichts nur willkommen sein.

Es sei bemerkt, daß auch Nitrate ähnlich wirken wie die Chloride, nur daß das Wasservolumen infolge von Nitritbildung etwas geringer ist, als es sein sollte. Karbonate, Sulfate, Phosphate erwiesen sich unwirksam.

Die käuflichen Calciumstangen sind an der Oberfläche sowie in Hohlräumen und Spalten mit größeren Stücken Chlorcalcium behaftet¹⁾. Trennt man nun, wie ich es bei meinen ersten Experimenten getan, ohne weiteres davon Proben mit dem Meißel ab, so kann es kommen, daß eine genügende Menge des Salzes mit erfaßt wird, um eine schnelle Wasserzersetzung zu veranlassen. Nach den mitgeteilten Erfahrungen liegt weiter auf der Hand, daß anhaftendes Chlorcalcium an offener Luft eine sehr schnelle Oxydation des Metalles veranlassen muß. Deshalb ist es geraten, die bezogenen Calciumstangen unter weitgeöffnetem Wasserhahn mit einer Bürste gründlich zu reinigen. Dann können sie ohne Schaden eine Weile an der Luft liegen und geben beim Bearbeiten weniger Anlaß zum Verrosten der Drehbank und Werkzeuge. Auch die scheinbar homogenen Stücke elektrolytischen Calciums enthalten in gleichmäßiger Verteilung nach Art einer Emulsion feine Einschlüsse von Chlorcalcium, welche auf blanken Flächen nach einigen Tagen mit dem Auge wahrnehmbare Punkte erzeugen und chemisch nachzuweisen sind, indem man feine, blanke Drehspäne mit destilliertem Wasser behandelt, den Rückstand abfiltriert und das Filtrat nach dem Ansäuern mit Salpetersäure und Silberlösung versetzt.

Neben dem Chlorcalcium sind noch erheblichere Mengen anderer Fremdstoffe im käuflichen Calciummetall vorhanden, und es ist zweifelhaft, ob man es demnächst in einigermaßen reinem Zustande zu annehmbaren Preisen liefern können. Das heute produzierte Calcium entwickelt 4–5% weniger Wassertoff, als die Rechnung verlangt, weshalb es nicht zur Bestätigung stöchiometrischer Gesetze geeignet ist, sei es auf azidimetrischem Wege oder vermittelt des Gasvolums. Übrigens ist der von diesem Calcium entwickelte Wasserstoff ziemlich rein; im besonderen ließ sich in den Verbrennungsprodukten mit einfachen Mitteln kein CO₂ nachweisen, wonach Kohlenwasserstoffe kaum vorhanden sind. Der Geruch des Metalles und des Gases dürfte von Spuren Phosphorwasserstoff herrühren.

¹⁾ Vergl. auch ds. Zeitschr. XVIII 235.

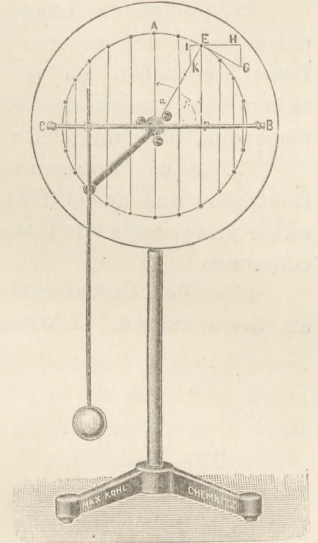
Kleine Mitteilungen.

Ein Apparat für Kreis- und harmonische Bewegung.

Von Prof. **W. Weiler** in Eßlingen a. N.

Eine senkrecht stehende Metallscheibe von 3 mm Dicke ist auf der vorderen Seite mit weißer Farbe bedeckt, darauf ein Kreis von 20 cm Durchmesser gezeichnet, der Umfang des Kreises in 24 gleiche Teile geteilt und je zwei dieser Umfangspunkte sind so verbunden, daß die mit roter Farbe gezogenen Verbindungslinien oder Sehnen senkrecht auf dem horizontalen Durchmesser *CB* (s. Figur) stehen, also vertikal laufen. Durch den Mittelpunkt des Kreises geht eine horizontale Achse, welche zwei Kurbeln trägt, von denen die hintere zum Antrieb der vorderen dient. Diese vordere Kurbel trägt am Ende eine kleine Scheibe. In diese Scheibe ist die Stange eines Pendels eingelassen, dessen schwere Kugel die Stange stets in vertikaler Richtung hält. Wird nun die hintere Kugel von Hand gedreht, so bewegt sich die kleine Scheibe längs des Kreisumfanges, während die Pendelstange eine Rolle auf dem Draht hin- und herschiebt, der vor dem horizontalen Kreisdurchmesser *CB* angebracht ist. Die Scheibe und die Rolle bewegen sich also stets über- oder untereinander in der Richtung der Sehnen.

Die solide und schöne Ausführung des Apparates hat die Firma Max Kohl, Werkstätten für Präzisionsmechanik und Elektrotechnik in Chemnitz, zum Preise von 33 M übernommen.



Das verbesserte Gabelelektroskop.

Von Prof. **Busch** in Arnberg.

Im 10. Jahrgange dieser Zeitschrift S. 247 habe ich ein Elektroskop beschrieben, dem ich wegen der Beschaffenheit des festen Leiters die Bezeichnung Gabelelektroskop gegeben hatte. Obschon die damalige Form dieses Elektroskops allmählich als Mängel die nicht dauernde Isolierfähigkeit des Hartgummifußes und die geringe Festigkeit des als Zeiger verwendeten Papierröhrchens erkennen ließ, so hat doch das Prinzip seiner Konstruktion allgemein Anklang und Beachtung gefunden. Diese Wahrnehmung hat mich veranlaßt, dem Elektroskop von neuem näher zu treten und die bezeichneten Mängel gänzlich zu beseitigen. Der Apparat hat in seiner neuen Gestalt die folgende einfachere und ganz erheblich vorteilhaftere und bessere Einrichtung (s. Fig. 1).

Auf einem eleganten Fuße aus bestem Hartparaffin steht senkrecht ein etwa 20 cm langes schmales Rechteck aus verzinktem Stahldraht, welches oben einen mit starker Bleifolie belegten horizontalen Ring trägt. Die Höhe des ganzen Apparates beträgt 30 cm, der Abstand der beiden vertikalen Seiten des Rechtecks 1 cm. Diese Seiten sind in der Mitte mit Ösen versehen, in denen die Achse (Nadel) eines 25 cm langen sehr leichten und mit der Achse fest verbundenen Zeigers ruht. Solange das Elektroskop unelektrisch ist, hängt der Zeiger senkrecht herab. Er ist aus einem sehr elastischen und daher dem Zerschlagen oder Verbiegen nicht leicht ausgesetzten Grashalme hergestellt und durch Vergoldung zu einem unter allen Umständen guten Leiter gemacht. An seinem untern Ende trägt er behufs Dämpfung seiner Schwingungen bei der elektrischen Ladung ein kreisförmiges Blättchen aus farbigem Seidenpapier.

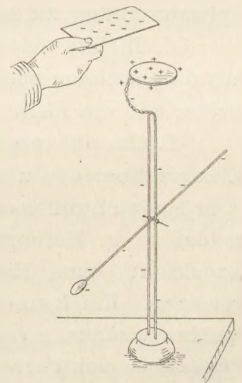


Fig. 1.

Es sei mir gestattet, die Vorzüge dieser Konstruktion sowie ihre vielseitige Brauchbarkeit für den Unterricht kurz hervorzuheben.

1. Das verbesserte Gabelelektroskop ist infolge der vorzüglichen Isolierung durch Hartparaffin im höchsten Grade unabhängig von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft. Es versagt überhaupt nie; auch behält es auffallend lange eine ihm erteilte Ladung, wenn keine radioaktiven Körper in seiner Nähe sind. Es kommt in dieser Beziehung den teuersten Elektroskopen mit Bernsteinisolierung gleich.

2. Infolge der Länge und Vergoldung seines Zeigers können Stellung und Bewegung desselben in den größten Schulräumen von allen Plätzen deutlich wahrgenommen werden. Diese Eigenschaft im Verein mit der Einfachheit und Übersichtlichkeit der Konstruktion sichert dem verbesserten Gabelelektroskop einen Vorzug vor den andern der Demonstration dienenden, aber ungleich teureren Elektroskopen.

3. Da das verbesserte Gabelelektroskop nicht von einer Hülle umgeben ist, so können elektrische und unelektrische Körper unmittelbar an den Zeiger herangebracht werden. Bei seiner Anwendung kann man daher eine ganze Reihe von Vorrichtungen für die Grundversuche entbehren.

Um den Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern zu zeigen, bedient man sich am besten zweier Elektroskope und des beigegebenen isolierten Verbindungsdrahtes, von dessen Enden man einen Lamettafaden bzw. einen Zwirn- oder Seidenfaden nach dem Halse des Elektroskops führt.

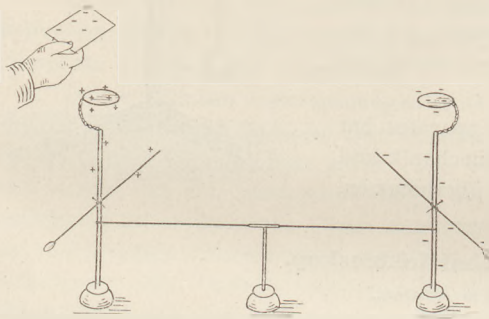


Fig. 2.

4. Mit Hilfe zweier Gabelelektroskope und des Verbindungsdrahtes läßt sich außer dem unter 3. angedeuteten Leitungsversuche auch der entscheidende Influenzversuch unter allen Umständen und mit absoluter Sicherheit ausführen. Siehe Fig. 2, wo der Verbindungsdraht stark verkürzt gezeichnet ist. In dem in dieser Figur dargestellten Augenblicke hebt man einfach die Verbindung auf, usw.

5. Die Spitze der als Achse des Zeigers dienenden Nadel gestattet, ohne weitere Hilfsmittel die Ladung des Elektroskops durch Spitzenwirkung zu zeigen.

6. Mit Hilfe eines auf den Teller des Elektroskops zu setzenden Bechers aus Goldpapier mit durchlochem Boden (Boden nach oben) und einer elektrischen Sonde zeigt man leicht und sicher, daß die Elektrizität ihren Sitz nur auf der Oberfläche eines Leiters hat.

7. Um die gegenseitige Abhängigkeit von Potential und Kapazität bei gleicher Elektrizitätsmenge zu zeigen, bedient man sich am einfachsten eines etwa 10 cm breiten und $\frac{1}{2}$ m langen Streifens aus Goldpapier, den man in Abständen von je 10 cm hin und her faltet, so daß er in Heftform zusammengelegt werden kann. Das unterste Blatt wird mit zwei Nadeln auf einer Hartparaffinplatte befestigt und das oberste mit einer kleinen Fadenöse versehen. Ein Lamettafaden verbindet eine der Nadeln mit dem Halse des Elektroskops, welches alsdann geladen wird. Bei der Entfaltung des Streifens mit Hilfe einer in die Öse gesteckten elektrischen Sonde geht dann der Zeiger um 20° und mehr zurück, usw.

8. Der Nachweis der Ionisierung der Luft durch Röntgenstrahlen gestaltet sich besonders instruktiv, wenn man zwei oder mehrere Elektroskope in verschiedenen Entfernungen von der Röntgenröhre aufstellt. Die Ionisierung der Luft durch Flammengase zeigt man, indem man eine Gasflamme, Kerzenflamme oder auch eine brennende Petroleumlampe dem geladenen Elektroskop nähert.

9. Die Empfindlichkeit des Gabelelektroskops reicht aus, um die galvanische Ladung eines guten Kondensators nachzuweisen: die mit einer Batterie von 3 bis 4 Volt geladene Kondensatorplatte stößt den Zeiger des gleichnamig geladenen Elektroskops kräftig zurück.

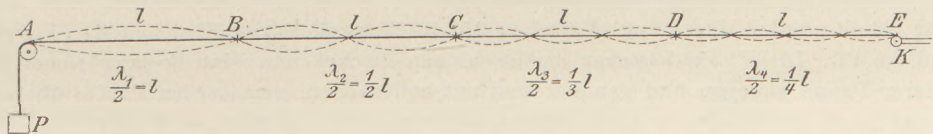
10. Das Gabelelektroskop ist hervorragend geeignet für den Nachweis, daß die Entladungsdauer in kleinen Räumen ganz außerordentlich anwächst. Während die Dauer der Entladung des frei im Zimmer stehenden Elektroskops $\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden beträgt, bedarf ein etwa in einem Apparatschranke stehendes geladenes Elektroskop eines Zeitraumes von einem ganzen Tage zur gänzlichen Entladung. Ein in einem noch kleineren Raume, z. B. unter einer Glasglocke oder in dem Gehäuse einer Wanduhr aufgestelltes Elektroskop erfordert sogar 2 bis 3 Tage zur Selbstentladung. — Abhängigkeit der Jonenzahl von der Größe des abgeschlossenen Raumes.

11. Um die entladende Wirkung radioaktiver Substanzen zu zeigen, bringt man zu dem geladenen Elektroskop ein Schälchen mit Gasglühstrumpfasche in den kleinen Raum. Dann tritt die Entladung in 10 bis 20 Minuten ein, infolge der Radioaktivität des Thors. Ein Stück des radiumhaltigen Uranpecherzes führt die Entladung schon in 2 bis 3 Minuten herbei.

Das beschriebene Elektroskop, welches in die Gebrauchsmusterrolle des deutschen Patentamtes eingetragen ist, wird unter meiner Kontrolle vom hiesigen Uhrmacher J. E. Evers hergestellt und kann von demselben zum Preise von 4 M bezogen werden. Das Paar einschl. eines Verbindungsdrahtes für die unter 3. und 4. beschriebenen Versuche kostet 8 M.

Versuche mit einfachen Mitteln.

3. Versuch über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit transversaler Wellen. Von Prof. Kleinen in Darmstadt. AB, BC, CD, DE sind 4 Seile von gleicher Länge l (ca. 120 cm), deren Querschnitte sich wie 1:4:9:16 verhalten (2, 8, 18, 32 Zwirnsfäden zusammengedreht). Diese sind zu einem Seile verbunden, das am einen Ende E an den Klöppel einer elektrischen Schelle (ohne Glocke) fest angeknüpft, am andern Ende A lose über eine Rolle gelegt ist und durch ein passendes Gewicht P (20 bis 30 g) gespannt gehalten wird. Wird nun das Seil in Schwingungen versetzt und die Spannung so eingerichtet, daß sich auf AB eine halbe stehende Welle ausbildet, so entstehen auf BC 2, auf CD 3 und auf DE 4 halbe stehende Wellen, während die Schwingungszahl für alle gleich ist.



Die Geschwindigkeiten auf AB, BC, CD, DE seien v_1, v_2, v_3, v_4 , die zugehörigen Wellenlängen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$, so muß $v_1 : v_2 : v_3 : v_4 = \lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 : \lambda_4 = \frac{1}{2} \lambda_1 : \frac{1}{2} \lambda_2 : \frac{1}{2} \lambda_3 : \frac{1}{2} \lambda_4$ sein.

Nun ist $\frac{1}{2} \lambda_1 = \frac{1}{1} l$, $\frac{1}{2} \lambda_2 = \frac{1}{2} l$, $\frac{1}{2} \lambda_3 = \frac{1}{3} l$, $\frac{1}{2} \lambda_4 = \frac{1}{4} l$ und somit $v_1 : v_2 : v_3 : v_4 = 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4}$ während

$$\frac{1}{\sqrt{q_1}} : \frac{1}{\sqrt{q_2}} : \frac{1}{\sqrt{q_3}} : \frac{1}{\sqrt{q_4}} = 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4}.$$

Hierdurch ist nachgewiesen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dem reziproken Wert der Quadratwurzel aus dem Querschnitt proportional ist.

Die Schelle wird am besten in den Nebenschluß gelegt und muß flott gehen. Wenn sich ein Knoten z. B. in C nicht gut ausbildet, so hält man kurze Zeit 2 Finger gabelförmig an das Seil in C ziemlich dicht heran, bis der Knoten sich bildet. Selbstredend kann auch die Rolle schon in B sein oder das Seil in D befestigt werden. Die Verbindung mit dem Klöppel muß fest sein, sonst wird die Bewegung unrein.

4. Ein einfacher Erreger für Wasserwellen. Von W. Weiler in Eßlingen. Als Wellenerreger dient mir ein Elektromagnet, an dessen nach unten gerichtetem Anker sich eine dünne Stricknadel befindet, die bei der Bewegung des Ankers auf und ab bewegt wird. Die Geschwindigkeit kann durch Korkstücke, die auf die Nadel aufgeschoben werden, verändert werden. Der Elektromagnet hängt an einem Holzgestell.

Für die Praxis.

Pappkästen für physikalische Sammlungen. Von Wilhelm Volkmann in Berlin. In Sammlungsschränken sind gerade kleine Apparate und Apparateanteile einerseits leicht gefährdet, andererseits erschweren sie das Ordnunghalten ungemein, weil es so wenig auffällt, wenn sie an einen falschen Platz geraten. Viele dieser kleinen Stücke haben eine gewisse Zusammengehörigkeit, z. B. die Ausrüstungsstücke eines Spektr-Goniometers oder der Fallmaschine, die Präparate für Interferenz, Beugung und Polarisation des Lichtes, ferner Prismen, Linsen usw.; andere sollen in großer Zahl zur Hand sein, wie Korke, Klötzchen, Keile, Kopierklammern, Klemmschrauben, Kupferdrähte. All dies wäre bequem in Kästen unterzubringen, die wohlbezeichnet ihrerseits entweder in einem Regal oder auf einem schmalen Schrankboden Platz finden könnten, wenn nicht fast jeder dieser Fälle eine andere Einteilung des Kastens verlangte. Den großen Nutzen der Kästen überhaupt zur Entlastung der Schränke lernte ich im mathematisch-physikalischem Institut der Universität Königsberg kennen, diese Kästen waren Buchbinderarbeit mit jedesmal besonders entworfener Einteilung und darum ziemlich teuer. Für die physikalische Sammlung der landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin habe ich deshalb Kästen mit veränderlicher Einteilung entworfen, die die Lederpappenfabrik Pischwitz bei Limmritz in Sachsen aus sehr widerstandsfähiger Lederpappe zu billigen Preisen und in sauberster Ausführung angefertigt hat. Die Hauptkästen sind Klappdeckelkästen mit den Außenmaßen 23 . 15,5 . 9 cm. Kasten und Deckel sind aus je einem Stück gebogen, genietet und verleimt und mit zwei Zeugstreifen (innen und außen) an einander gelenkt. Sie sind mit zähem hellbraun gemasertem Papier überzogen und kosten je 30 Pf. In diese Kästen stellt man, wenn man sie nicht für Korke u. dergl. ungeteilt verwenden will, als unterste Lage entweder vier offene Kästchen von 11 . 7 . 4 cm oder sechs Kästchen von 7 . 7 . 4 cm oder zwei von jener und drei von dieser Art oder drei von jener Art in Querstellung. In diesem Falle bleibt ein langer schmaler Raum frei, der manchmal sehr erwünscht ist. Die Preise sind 5 und 4 Pf. Als obere Lage kann man hierauf zwei offene Kästchen von 14,3 . 11 . 4 cm zu 6 Pf. stellen und diese können weiter geteilt werden durch zwei Kästchen 6,5 . 10 . 2 cm oder vier Kästchen 6,5 . 5 . 2 cm zu 4 und 3,5 Pf. Die Einsatzkästchen haben keinen Deckel und sind je aus einem Stück dünnerer Pappe gebogen und genietet und mit hellbraunem gemasertem Papier überzogen. Sie sind auch außerhalb der Deckelkästen für viele Fälle nützlich, z. B. für Tarierschrot, für Schrauben beim Zerlegen von Apparaten, für Stücke, die wegrollen könnten usw.

Stellt man die Kästen in Schränke, so vermeide man es, mehrere auf einander zu stellen, weil dadurch ein gut Teil des Vorteils verloren geht. Am besten bringt man in Augenhöhe etwa 11 cm unter einem die ganze Tiefe des Schrankes füllenden Boden ein Brett von nur 21 cm Tiefe an. Die darauf stehenden 23 cm tiefen Kästen stehen dann ein wenig vor, so daß sie sehr bequem mit einer Hand zu greifen sind.

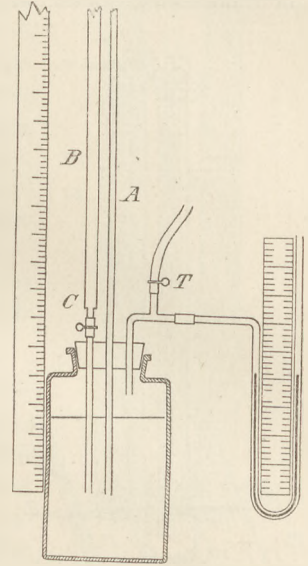
Bequeme Herstellung der Linienspektren von Metallen. Von Prof. Kleinen in Darmstadt. Seither wurde empfohlen, die untere Kohle der elektrischen Lampe auszubohren und mit dem betreffenden Metall oder Metallsalz zu füllen. Es ist viel einfacher, wenn man folgendermaßen verfährt.

Man stellt sich aus dem feinen Pulver des Metalls und Gummilösung einen dicken Brei auf einer Glasplatte her und trägt von diesem eine genügende Menge auf die untere Kohle ringsherum auf. Es bildet sich auf diese Weise zwischen den Kohlen ein dichter Mantel glühender Gase von starkem Emissionsvermögen. Dieser Mantel besitzt auch große Absorptionskraft, sodaß das Verfahren auch für die Umkehrung der Linien brauchbar ist.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

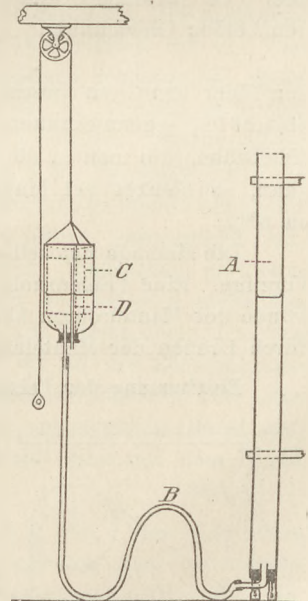
Ein Apparat für die Gesetze des Flüssigkeitsdruckes. Von H. CLYDE KRENERICK in Berwin, Illinois, U. S. A. (*School Science and Math.* vol. VI No. 8, Nov. 1906.) In eine größere Flasche sind zwei Röhren *A* und *B* von 1 Meter oder mehr Länge eingesetzt, von denen *B* aus zwei Teilen besteht, derart, daß der obere Teil durch Röhren von anderer Weite ersetzt werden kann. Die Flasche ist zum größten Teil mit Flüssigkeit gefüllt, und zwar wird eine sehr verdünnte Lösung von Kaliumpermanganat angewandt. Ein drittes Rohr ist mit einem Manometer und einem Zweigrohr *T*, das mit einem Kautschuckschlauch und Quetschhahn versehen ist, in Verbindung. Man bläst nun, während das Rohr *B* durch den Hahn *C* zunächst abgesperrt bleibt, durch das geöffnete Rohr *T* Luft in die Flasche und drückt dadurch die Flüssigkeit bis zu einer beliebigen Höhe empor. Man liest den zugehörigen Druck am Manometer ab, und kann durch eine Reihe solcher Ablesungen bei verschiedenen Druckhöhen feststellen, daß Flüssigkeitshöhe und Druck einander proportional sind. Um ferner den Einfluß der Dichtigkeit zu zeigen, kann man verschiedene Lösungen in das Rohr *B* füllen und dieses durch Öffnen des Hahnes mit dem Gefäß verbinden.



Um die Unabhängigkeit des Druckes von der Gestalt des Gefäßes zu zeigen, ersetzt man den oberen Teil von *B* durch solche von anderem Durchmesser, besonders aber auch durch solche, die mit mehreren kugeligen Erweiterungen versehen sind, und auch durch eine Röhre, die gegen die Vertikale geneigt ist. In der Regel sind die Schüler überrascht, wenn sie durch das Rohr *T* Luft in die Flasche blasen, daß das Heben von Flüssigkeit in beiden Röhren zugleich ebenso leicht ist wie das Heben in der einen Röhre.

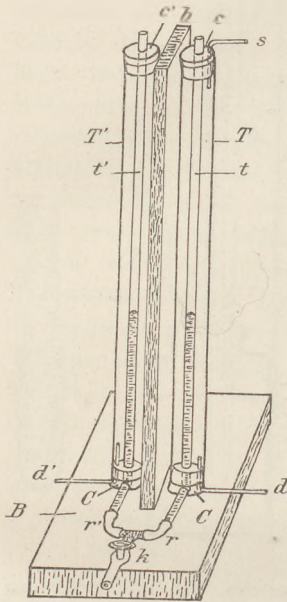
Sollten Bedenken gegen die Anwendung des Manometers bestehen, das in der Regel erst später zur Besprechung kommt, so kann man es auch durch einen einfachen Druckmeßapparat anderer Art ersetzen.

Eine Abänderung des Versuches zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit durch Resonanz. Von A. HAVEN SMITH in Sioux City, Iowa, U. S. A. (*School Science and Math.* vol. VI No. 7, Okt. 1906.) In der Figur bedeutet *A* ein offenes Rohr, das durch einen Schlauch *B* mit dem verstellbaren Gefäß *C* in Verbindung steht. Dieses besteht in einer gewöhnlichen Flasche *C* mit doppelt durchbohrtem Kork, durch dessen eine Öffnung eine Röhre *D* hindurchgeht, um den Aus- und Eintritt der Luft zu ermöglichen. Die Flasche läßt sich durch ein Seil, das über eine Rolle geführt ist, bequem auf und ab bewegen. Die ganze Vorrichtung wird am bequemsten in einer Ecke des Raumes für die praktischen Übungen angebracht und hat den Vorzug, daß dabei das sonst leicht vorkommende Verschütten von Wasser vermieden wird.



Bestimmung der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers. Von ARTHUR L. FOLEY, Indiana University, U. S. A. (*School Science and Math.* vol. VI No. 7, Okt. 1906.) Eine Ab-

änderung der Methode von Dulong und Petit zum Gebrauch bei Schülerübungen stellt der hierneben abgebildete Apparat dar. Auf das Grundbrett *B* ist ein hölzernes Brett von etwa 1 m Länge aufgesetzt, das sowohl als Stütze für die beiderseits angebrachten Röhren, wie auch als Wärmeschirm dient. Die zwei Glasröhren *t* und *t'* von entsprechender Länge sind etwa 15 cm vom unteren Ende rechtwinklig nach vorn umgebogen und durch Schlauchstücke *r r'* mit einander verbunden. Zweckmäßig wird in die Schlauchstücke ein Gabelrohr mit Hahn eingeschaltet, so daß Quecksilber aus den Röhren abgelassen werden kann, ohne



daß eine Störung verursacht wird. Wollte man die Schlauchstücke durch ein Glasrohr ersetzen, so würde die Genauigkeit der Messungen erhöht, aber auch die Zerbrechlichkeit des Apparates vergrößert werden. Die beiden breiten Glasröhren *T* und *T'* dienen als Mantelröhren, durch die man einerseits den Dampf von siedendem Wasser, andererseits Wasser aus der Leitung hindurch strömen läßt, wenn man nicht vorzieht, das eine Rohr mit Eisstückchen zu füllen. In letzterem Falle muß man Vorkehrung treffen, daß die Quecksilberhuppe sichtbar bleibt, bezw. durch Ablassen oder Nachfüllen von Quecksilber für eine passende Höhe des Quecksilbers sorgen. Gute Resultate erhält man auch, wenn man das eine Mantelrohr ganz wegläßt und für das Quecksilber auf dieser Seite die Temperatur der benachbarten Luft in Rechnung setzt. Der Versuch wird in der Weise angestellt, daß man zuerst nur wenig Quecksilber einfüllt, so daß die Höhe in jedem Arm nur einige cm beträgt. Wenn beide Quecksilbersäulen die entsprechenden Temperaturen angenommen haben, liest man die Höhen mit dem Kathetometer ab. Darauf füllt man mehr Quecksilber in die Röhren und liest, nachdem wieder die Temperaturen angenommen sind, von neuem die Höhen

ab. Die Differenzen der Höhen und die zugehörigen Temperaturen sind alles, was man zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten nötig hat. Nach Regnault ist zwar $\alpha = a + b t$, aber b ist zwischen 0 und 100° so klein, daß man es weglassen kann. Es bleibt also, aus den beiden Gleichungen

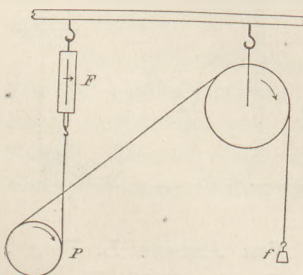
$$h_1 = h_0 (1 + \alpha t_1) \quad \text{und} \quad h_2 = h_0 (1 + \alpha t_2)$$

der Wert von α zu bestimmen. Der Wert wird bei einigermaßen sorgfältiger Ablesung bis auf $\frac{1}{2}\%$ genau erhalten. Mißt man nicht mit dem Kathetometer, sondern mit gewöhnlichen Maßstäben, die man in die Mantelröhre stellt, wobei man noch Zehntel Millimeter schätzen kann, so beträgt bei langen Quecksilbersäulen der Fehler angeblich immer noch weniger als 3%.

Die Methode hat selbst vor denen von Dulong und Petit und von Regnault einige Vorzüge. Eine Fehlerquelle dagegen liegt darin, daß man die Ablesungen durch die Glaswände der Mantelröhren hindurch vornehmen muß; diese aber ist nicht erheblich und kann durch Drehen der Mantelröhren und wiederholte Ablesungen sehr gering gemacht werden.

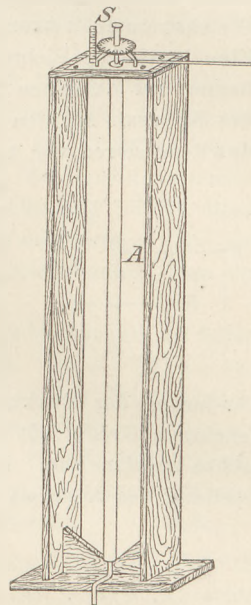
Bestimmung der Leistung eines Dampfmaschinenmodells.

Von C. H. PERRINE, Chicago, U. S. A. (*School Science and Math.* vol. VI No. 9. Dez. 1906.) An einem Dampfmaschinenmodell von der Art, wie sie als Spielzeuge im Gebrauch sind, kann die Leistung in Pferdekraften leicht auf folgende Art bestimmt werden. Um das Triebrad *P* der Maschine wird eine Schnur gelegt, deren eines Ende an einer Federwage *F* befestigt ist, während das andere Ende über eine Rolle geführt und durch ein Gewicht *f* gespannt wird. Ist die Maschine in Gang gesetzt, so variiert man das Gewicht *f* so lange, bis man die Umdrehungen des Rades bequem zählen kann. Der Reibungswiderstand, den die Maschine zu über-



winden hat, wird gemessen durch die Differenz zwischen der von der Federwage angegebenen Kraft F und dem Gewicht f , das dazu dient, die Größe der Reibung nach Bedarf zu verändern. Zur Bestimmung der Leistung sind außer dieser Differenz nur noch der Umfang des Triebrades und die Zahl der Umdrehungen in einer Minute erforderlich.

Messung der Ausdehnung durch die Wärme. (*School Science and Math. vol VI No. 9, Dez. 1906.*) Ein Apparat, der zum größten Teil durch Selbstanfertigung herstellbar ist, wird von R. O. AUSTIN, Columbus, Ohio, U. S. A., beschrieben. In ein passendes Holzgestell, wie es die Figur zeigt, wird ein Glasrohr von etwa 25 mm Durchmesser eingesetzt, das an beiden Enden durch doppelt durchbohrte Korke verschlossen ist. In dieser befindet sich der Metallstab, dessen Ausdehnung untersucht werden soll. Auf das obere Ende des Gestelles ist eine ebene Metallplatte aufgelegt und auf diese ein Sphärometer aufgesetzt, mit dem die Verlängerung des Stabes gemessen wird. Durch das Rohr wird der Dampf von siedendem Wasser geleitet; zur Bestimmung der Temperatur des Dampfes genügt es, das Barometer abzulesen und die entsprechende Siedetemperatur aus der Tabelle zu entnehmen.



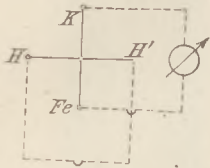
Eine neue Methode zur Erzeugung von Schwingungsfiguren beschreibt S. MIKOLA (*Ann. d. Physik 20, 619; 1906*). Eine rotierende Zylinderfläche ist abwechselnd mit weißen und schwarzen Streifen versehen und ergibt während der Drehung einen schleierartigen grauweißen Schirm. Wird auf dieses Streifensystem eine Saite projiziert, so bekommt man bei passender Rotationsgeschwindigkeit eine Wellenlinie, entstehend durch die in aufeinander folgenden Schwingungsphasen erfolgende Projektion der Saite auf die weißen Streifen der rotierenden Fläche. Enthält die Trommel a weiße Streifen, und ist ihre Tourenzahl f , so wechseln die weißen Streifen an jedem Orte $N = af$ mal pro Sekunde. Ist n die Schwingungszahl der Saite, so erhält man dann eine stehende Wellenlinie, wenn $N = n$ ist; die Wellenlänge λ fällt dann zugleich mit der Distanz d der Streifen zusammen. Ist $N = 2n$, so bilden sich 2 stehende Wellenlinien, die gegeneinander um $\frac{1}{2} \lambda$ verschoben sind; ist $N = 3n$, so erhält man 3 Wellenlinien mit $\frac{1}{3} \lambda$ Verschiebung u. s. w. Ist $N = k.n$, so erhält man k zusammen geflochtene Wellenlinien, deren Wellenlänge $k.d$ ist. Ist $N = kn \pm \delta$, wo δ eine sehr kleine Größe ist, so erhält man fortschreitende Wellen, deren Richtung von dem Vorzeichen von δ abhängt. Bei gewissen Grenzwerten von δ treten Wellenlinien höherer Ordnung auf. Ist $N < n$, so wird $\lambda < d$.

Mit der beschriebenen Anordnung lassen sich leicht die Schwingungszahlen von Saiten bestimmen. Der die Trommel drehende Motor wird mit einem Tourenzähler verbunden; man bestimmt die Tourenzahl, wenn die erste stehende Wellenlinie erscheint. Dann ist $N = n$, also $n = f.a$. Zur Kontrolle kann man auch die späteren stehenden Wellen benutzen, wo $n = fa/k$ ist. Auch die Schwingungszahlen von Stimmgabeln, Glocken und Platten lassen sich in dieser Weise bestimmen, indem man ein an den Schwingungsbauch geklebtes Holzstäbchen auf die Trommel projiziert. Die Methode gestattet auch eine Analyse der Schwingungen, indem die Schwingungsfigur eine verschiedene Gestalt hat, je nachdem die Saite in der Mitte oder nach dem Ende hin gezupft oder mit dem Bogen angestrichen wird.

Schk.

Ein neues Vakuummeter. Von W. VOEGE (*Phys. Zeitschr. 1906, S. 498*). Der Verf. hatte einen Apparat zum Messen schwacher Wechselströme konstruiert, der sich auch zur Anwendung als Vakuummeter eignet. Die von dem zu messenden Wechselstrom im Hitzdraht HH' (Figur) erzeugte Wärme erhöht die Temperatur der Lötstelle P des Thermoelements $K - Fe$, das mit dem Hitzdraht im Punkte P metallisch verbunden ist. Die der Temperaturerhöhung entsprechende E.M.K. wird mit einem Gleichstrommeßinstrument bestimmt. Durch Ver-

wendung sehr feiner Drähte gelang es, eine schnelle, genaue Einstellung und hohe Empfindlichkeit zu erzielen. Die Empfindlichkeit erhöht sich bedeutend, wenn man das Glasgefäß, in dem das Drahtkreuz befestigt ist, evakuiert; man erhält mit dem gleichen Heizstrom bei fortgesetztem Evakuieren den zehnfachen und mehr Ausschlag. Gibt man aber dem Heizstrom einen bestimmten unveränderlichen Wert, so kann man aus dem Ausschlag des Gleichstrommeßinstruments auf die Höhe des erzielten Vakuums in dem Gefäß schließen. Eine bestimmte Lichterscheinung bei einer mit dem Gefäß verbundenen Röntgenröhre trat immer bei derselben Zeigerstellung des Meßinstruments ein. Ein Vergleich der Angaben des Apparats mit den Ablesungen eines Quecksilber-Vakuummeters nach MacLeod zeigte, daß die ersteren von 1 mm Druck an zunächst ziemlich proportional mit abnehmendem Druck wuchsen; von 0,3 mm ab erfolgte das Wachsen schneller als der Druck abnahm, und zwischen 0,1 und 0,01 mm Druck erreichte die Beziehung von Druck und Vakuummeterangabe darstellende Kurve die größte Steigung. Spuren von Feuchtigkeit verändern die Empfindlichkeit wesentlich, müssen daher peinlichst vermieden werden. Zur praktischen Anwendung muß das Vakuummeter geeicht werden. Die Verwendung ist äußerst einfach; man kann jeden Fortschritt, jede



Änderung der Evakuierung sofort am Zeiger des Meßinstruments beobachten. Bei seiner geringen Größe läßt sich der Apparat leicht an jeder Pumpe anbringen, an jede Vakuumröhre anschmelzen. Die Firma F. Ehrenberg in Hamburg, Herrlichkeit 49, hat die Herstellung des Apparats und der dazu nötigen Glasteile übernommen. Schk.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Zur Theorie des Abtropfens. Nach der Kapillaritätstheorie wurde bisher das Gewicht eines an einer kreisförmigen Öffnung vom Radius r sich bildenden Tropfens gleich $2r\pi\alpha$ angenommen, wo α die Kapillaritätskonstante der betreffenden Flüssigkeit ist. Mit Hilfe dieser Formel hatte Quincke die Kapillaritätskonstanten geschmolzener Metalle aus deren an dünnen Drähten abfallenden Tropfen berechnet. Doch hat schon Traube 1886 darauf aufmerksam gemacht, daß die Theorie sich höchstens auf den hängenden, nicht aber auch auf den abfallenden Tropfen beziehen könne. Th. LOHNSTEIN suchte nun nach einem genaueren analytischen Ausdruck für die Beziehung zwischen der Kapillaritätskonstante und dem Gewicht des hängenden Tropfens (*Ann. der Physik* 20, 237 u. 606; 1906). Er ging aus von der Differentialgleichung der Meridiankurve der Tropfenoberfläche und suchte diese für eine Anzahl von Fällen durch ein Näherungsverfahren zu lösen. Das Gewicht des hängenden Tropfens ergab sich dann gleich $2r\pi\alpha \cdot f(r/a)$, wo $f(r/a)$ ein von dem Verhältnis r/a abhängiger Ausdruck ist, in dem a durch die Beziehung $a = \frac{1}{2} a^2 \sigma$ (σ spezifisches Gewicht der Flüssigkeit) definiert ist. Der Verfasser bestimmte die Funktion $f(r/a)$ für verschiedene Werte von r/a und fand, daß ihr Wert, der stets < 1 ist, mit wachsender Tropfengröße zunimmt und für einen bestimmten Krümmungsradius ein Maximum wird. Ist dieses Maximum erreicht, so fällt der Tropfen ab. Das Maximalgewicht eines Tropfens berechnete der Verfasser = $18,83 \cdot a^{3/2} / \sigma^{1/2}$; für Wasser ergab sich hieraus das Gewicht des größten Tropfens = 0,395 g.

Um das Gewicht des abfallenden Tropfens zu erhalten, braucht man auch noch das Gewicht des zurückbleibenden Tropfenmeniskus. Um dieses zu bestimmen, nimmt LOHNSTEIN an, daß der hängenbleibende Tropfen mit der Haftfläche den gleichen Randwinkel bildet wie der Gesamttropfen vor dem Abreißen. Auf Grund dieser Annahme wird der Tropfenrest berechnet; die berechneten Reste übersteigen grobenteils die Hälfte des fallenden Tropfens. Der nun wirklich fallende Tropfen läßt sich ebenfalls durch einen Ausdruck $2r\pi\alpha \cdot f(r/a)$ darstellen. Der Verfasser gibt eine Tabelle der Werte von f für verschiedene r/a und berechnet daraus auf Grund von Messungen von Traube und Eschbaum Tropfengrößen bei gegebener Kapillaritätskonstante sowie Kapillaritätskonstanten aus

Tropfenversuchen. Die in dieser Weise für eine Anzahl von Flüssigkeiten (Wasser, Alkohol, Glycerin, Äther, Ameisensäure, Essigsäure u. s. w.) gefundenen Werte der Kapillaritätskonstanten stimmen mit den aus Steighöhenversuchen erhaltenen Werten gut überein und bestätigen die Richtigkeit der von dem Verfasser gegebenen Theorie. Allerdings gilt diese nur für sehr langsame Tropfenbildung, da eine Beschleunigung der Tropfenfolge eine Vergrößerung des Tropfengewichts veranlaßt.

Wie F. KOHLRAUSCH (a. a. O. S. 798) angibt, sind bereits 1899 von Lord Rayleigh Untersuchungen veröffentlicht worden, die zu Ergebnissen von derselben Form führen, wie sie in der Lohnsteinschen Arbeit enthalten sind. Das Gewicht G des Tropfens ist bei Lord Rayleigh $= \alpha \cdot r \cdot F(\alpha/g r^2)$, wobei sich die Funktion F mit der Lohnsteinschen Funktion f in eine sehr einfache Beziehung bringen läßt. Zur Ermittlung von F diente die Wägung sehr langsam aus dünnwandigen Röhren austretender Wassertropfen. Ein Vergleich der beiderseitigen Resultate ergibt eine teilweise gute Übereinstimmung der von beiden Verfassern gefundenen Funktionswerte.

Auch die von Perrot und Guye bei 16 Körpern durchgeführten Messungen an fallenden, bei Zimmrtemperatur langsam gebildeten Tropfen enthalten, wie Kohlrausch weiterhin ausführt, geeignetes Material, um die Rayleigh-Lohnsteinschen Funktionen zu prüfen (a. a. O. Bd. 22, S. 161; 1907). Die aus dem von Perrot und Guye bestimmten Tropfengewicht mit Hilfe jener Funktionen berechneten Werte der Oberflächenspannung stimmten mit den von denselben Verfassern aus kapillaren Steighöhen berechneten Werten bei 15 Flüssigkeiten bis auf eine Abweichung von $\pm 1\frac{1}{2}$ Proz. überein. Schk.

Eigenschaften verflüssigter Gase. 1. Nach H. ERDMANN (Ber. d. Deutschen chem. Ges. XXXIX, 1207; 1906) ermöglicht es das von den Sauerstoffwerken in Berlin in den Handel gebrachte, auf 100 Atm. komprimierte Stickgas flüssigen Stickstoff literweise herzustellen. Der Verf. läßt das Stickgas aus der Bombe direkt in ein mit flüssiger Luft gekühltes, auf 6 Atm. geprüftes zylindrisches Kupfergefäß treten, wo es sich bei einem Überdruck von $2-2\frac{1}{2}$ Atm. rasch verflüssigt; nach 5 Min. kann man $\frac{1}{2}$ Liter flüssigen Stickstoff in ein Weinholdsches Gefäß ablassen. Nach Filtration zeigt sich der Stickstoff als völlig farblose Flüssigkeit, die sich von der bläulich gefärbten „flüssigen Luft“ — die im besten Falle 40–50% Nichtstickstoff enthält — wesentlich unterscheidet. Während Eis auf flüssiger Luft schwimmt, sinkt es in flüssigem Stickstoff unter; das gleiche tut absoluter Alkohol. Gießt man auf einen mit trockenem Sauerstoffgas gefüllten Ballon, der oben eine kleine Einbuchtung hat, flüssigen Stickstoff, so kondensiert sich der Sauerstoff in dem Ballon und fällt von der tiefsten Stelle der Einbuchtung in bläulichen Tropfen herab. Infolge seiner niederen Temperatur eignet sich der flüssige Stickstoff gut als Kühlmittel bei Versuchen über das Spektrum des reinen Stickstoffs, das nach Goldstein bei fortgesetzter Kühlung aus dem Bandenspektrum in das Linienspektrum übergeht. Flüssiger Sauerstoff und flüssiges Ozon gehen in jedem Verhältnis mit flüssigem Stickstoff in Lösung (vergl. d. Ztschr. XVII 361). Läßt man aus einer Lösung von Ozon in Sauerstoff diesen verdampfen, so bleibt das Ozon als blau-schwarze dickliche Flüssigkeit zurück. Bringt man auf diese flüssigen Stickstoff, so tritt nur langsam Diffusion ein; beim Schütteln erhält man aber eine klare, himmelblaue Lösung des Ozons in Stickstoff. Der flüssige Stickstoff erscheint zunächst ebenso indifferent wie der gasförmige; doch läßt sich eine Mischung von Calciumgries mit flüssigem Stickstoff mit Hilfe einer entzündeten Goldschmidtschen Zündkirsche entzünden, wobei die ganze Masse unter Funkensprühen und Erglühen in Calciumnitrit übergeht. Eine Bestimmung des Molekulargewichts des flüssigen Stickstoffs aus der Oberflächenspannung will der Verf. demnächst vornehmen; daraus würde sich erst ergeben, ob der Stickstoff unter allen Verhältnissen das Molekül N_2 besitzt.

2. Die Oberflächenspannung von verflüssigtem Sauerstoff und Stickstoff wurde von L. GRUNMACH mit der Kapillarwellenmethode bestimmt (Ann. d. Physik Bd. 22, S. 107; 1907; vgl. auch d. Ztschr. XX 56). Bei dieser Methode taucht eine an einer Stimmgabel befestigte Spitze in die Oberfläche der Flüssigkeit; die Stimmgabel wird angeschlagen und

erzeugt auf der Oberfläche die Kapillarwellen, deren Länge gemessen wird. Ist diese $= \lambda$, die Dichte der Flüssigkeit σ , die Schwingungszahl der Stimmgabel n , die Erdbeschleunigung g , so ist die Oberflächenspannung $\alpha = \frac{\sigma n^2 \lambda^3}{2\pi} - g \frac{\lambda^2 \sigma}{4\pi^2}$ dyn/cm. Bei den Versuchen waren Gefäße und Stimmgabelspitzen sorgfältig zu reinigen; dann erhielt man die Kapillarwellen mit einer Schärfe und Unveränderlichkeit wie auf reinstem Quecksilber. Der Siedepunkt des Sauerstoffes wurde mit einem Pentanthermometer zu $-182,65^\circ$ C. bei dem Barometerstande 762,22 mm bestimmt; die Dichte des verflüssigten Sauerstoffes wurde bei jener Temperatur $= 1,135$ angenommen. Die Schwingungszahl der Stimmgabel war $n = 156,95$, die halbe Länge einer Kapillarwelle, die mikrometrisch gemessen wurde, betrug im Mittel aus vier Beobachtungsreihen $\lambda/2 = 0,07274$ cm. Daraus berechnete sich im Mittel bei der Siedetemperatur $-182,7^\circ$ C. die Oberflächenspannung des flüssigen Sauerstoffes $\alpha = 13,074$ dyn/cm und die spezifische Kohäsion des flüssigen Sauerstoffes $a^2 = \frac{2\alpha}{\sigma} = 23,038$. — Der Siedepunkt des Stickstoffes wurde mit dem Pentanthermometer beim Barometerstande 749,1 mm zu $-195,9^\circ$ C. bestimmt; für die entsprechende Dichte des verflüssigten Stickstoffes wurde der Wert 0,791 angenommen. Die halbe Länge einer Kapillarwelle war beim flüssigen Stickstoff $\lambda/2 = 0,07108$ cm. Daraus berechnete sich bei der Siedetemperatur $-195,9^\circ$ C. die Oberflächenspannung des verflüssigten Stickstoffes zu $\alpha = 8,514$ dyn/cm und die spezifische Kohäsion des verflüssigten Stickstoffes zu $a^2 = 21,527$.

Aus der Oberflächenspannung läßt sich das Molekulargewicht M mit Hilfe der Formel $M = \sigma \sqrt{\left(\frac{2,227(\theta - T)^3}{\alpha}\right)^3}$ berechnen, in der θ die kritische Temperatur und T die Beobachtungstemperatur der Flüssigkeit in Celsiusgraden ist. Setzt man für Sauerstoff bzw. Stickstoff $\theta = -118^\circ$ C. bzw. -146° C., so erhält man mit den früheren Werten von σ , α und T : $M_{O_2} = 41,51$, $M_{N_2} = 37,30$. Da die Molekulargewichte der beiden Stoffe im gasförmigen Zustande 32,00 bzw. 28,08 sind, so scheinen sich Sauerstoff und Stickstoff (ebenso wie Chlor und Brom) wie assoziierende Flüssigkeiten zu verhalten.

Schk.

Eine Messung elektrischer Felder vermittelt einer schwingenden elektrischen Nadel hat D. OWEN ausgeführt (*Phil. Mag.*, Vol. 11, 402; 1906). Das Feld wurde erzeugt zwischen zwei parallelen kreisförmigen Platten von 12 cm Durchmesser, die mit einer Kelvinschen Batterie in Verbindung standen; durch diese konnte eine Potentialdifferenz von 400 Volt abwärts hergestellt werden. Die Nadel war aus Kupferdraht, 1,4 cm lang und 2 mm dick, und hing an einem Quarzfaden parallel der Feldrichtung zwischen den Platten. Die Schwingungen der Nadel wurden mit Spiegel und Fernrohr beobachtet. Ist N die Schwingungszahl, F die Feldstärke, so ist $N = b \cdot F$, wo b eine von der Nadel abhängige Konstante ist. Ist die Torsion des Fadens zu berücksichtigen, so ist $N = \sqrt{N'^2 - N_0^2}$, wo N' die Schwingungszahl im Felde, N_0 die Schwingungszahl ohne Feld bedeutet. Eine Untersuchung der störenden Wirkung, die die Nadel selbst auf das Feld ausübt, zeigte, daß diese Störung unerheblich war, wenn die Entfernung zwischen den Platten 4,5 cm, d. h. mehr als die dreifache Nadellänge, betrug. Die elektrische Nadel kann zur Messung der elektrischen Kraft dienen; sie bestimmt die Feldstärke bei irgend einer Anordnung von Leitern, bei Veränderung ihrer Stellung oder ihres Potentials. In einigen Fällen, wie bei dem Vergleich der an verschiedenen Punkten einer leitenden Oberfläche gebildeten Felder, macht die Veränderung des Feldes durch die Nadel selbst exakte Resultate nicht möglich. Man kann mit der elektrischen Nadel auch zeigen, daß innerhalb eines geladenen Leiters die elektrische Kraft Null ist. Befand sich die Nadel innerhalb eines Zylinders von Glas oder Glimmer, so wurde sie von den stärksten elektrischen Feldern nicht beeinflusst. Der Zylinder wirkte also wie ein Leiter als Schirm, wahrscheinlich infolge niedergeschlagener Feuchtigkeit. Ein Überzug des Zylinders mit Paraffin beseitigte zuerst die Schirmwirkung; mit der Zeit nahm aber auch jetzt die Feldstärke innerhalb des Zylinders ab. Es hatte in der Zylindermasse eine elektrische Polarisation stattgefunden; denn wenn die das Feld erzeugenden Platten entladen

wurden, zeigte sich innerhalb des Zylinders ein Feld, das langsam abnahm. Zylinder von Papier schirmten das Innere auch vollständig vor einem umgebenden elektrischen Felde. Wurde das Papier für kurze Zeit über einer heißen Platte erwärmt, so verschwand die Schirmwirkung, war aber nach einer Minute wieder vorhanden. Trocknes Papier wirkt also wie ein vollkommener Isolator, wird aber durch die Feuchtigkeit der Luft sofort leitend. Paraffiniertes Papier hatte dauernd keine Schirmwirkung; von allen untersuchten Stoffen ließ es allein die elektrische Kraft längere Zeit unvermindert hindurch.

Auch Versuche mit Wechselfeldern wurden angestellt, zu deren Herstellung der singende Lichtbogen diente; die akustisch festgestellte Wechselzahl betrug 1700 pro Sekunde. Die Schwingungszahl der Nadel war diesmal innerhalb und außerhalb des Glas- oder Glimmerzylinders gleich groß. Daraus ergibt sich, daß man überall, wo man durch Messung der elektrischen Kraft die Dielektrizitätskonstante bestimmen will, Wechselfelder anwenden muß. — Zum Schluß bestimmte der Verf. mit der elektrischen Nadel die von einer Wimshurstschen Maschine mit Leidener Flasche zwischen zwei Kondensatorplatten erzeugte Spannung zu 27 800 Volt.

Schk.

Spektra von Metaldämpfen im elektrischen Funken. Nach den Untersuchungen von Schuster und Hemsalech verschwinden in dem Spektrum einer oszillierenden Entladung, sobald man eine Selbstinduktion einschaltet, nicht nur die Luftlinien, sondern auch gewisse, von den Elektroden herrührende Metalllinien (vergl. d. Ztschr. *XV 38 u. 367*). Dieser Einfluß der Selbstinduktion macht sich nach KOWALSKI und HUBER in verschiedener Weise bemerkbar, je nachdem die Elektroden aus reinem Metall oder aus einer Legierung bestehen (*C. R. CXLII 994; 1906*). Es wurden Legierungen von Kupfer und Magnesium sowie von Kupfer und Zink, andererseits auch die reinen Metalle untersucht. Der Funken einer Kondensatorbatterie wurde teils ohne, teils mit einer Selbstinduktionsrolle von 0,1 Henry erzeugt; sein Spektrum wurde photographisch aufgenommen. Waren die Elektroden von reinem Metall, so verschwanden bei Einschaltung der Selbstinduktion eine größere Anzahl Linien, als wenn die Elektroden aus einer Legierung bestanden. Die Linien, die im Legierungsspektrum nicht verschwanden, waren bei beiden Legierungen dieselben und gehörten dem Kupfer an. Den Grund dieser Erscheinungen suchen die Verfasser in einer höheren Verdampfungstemperatur der Legierungen im Vergleich zum reinen Kupfer.

Zu einer ganz anderen Auffassung gelangt B. WALTER (*Ann. d. Physik 21, S. 223; 1906*). Er wiederholte die beschriebenen Versuche, fand aber, abweichend von den vorigen Beobachtern, daß bei Messingelektroden mit einer Selbstinduktion von 0,0197 Henry viele Linien des Funkenspektrums — namentlich die des Zinks — schwächer waren als bei Benutzung der reinen Metalle. Bei Vergrößerung der Selbstinduktion verschwanden die Linien des Zinks schneller als die des Kupfers. Daß dieses aber nicht auf Rechnung der Legierung geschoben werden konnte, ging daraus hervor, daß die Erscheinung ebenso war, wenn die eine Elektrode aus Zink, die andere aus Kupfer bestand. In photographischen Darstellungen der bei diesen Funken stets stattfindenden sehr schnellen elektrischen Schwingungen bemerkte der Verfasser, daß die Bildung des Metaldampfs, der sich durch seine unregelmäßigen Umrisse sehr deutlich von der Funkenbahn unterscheidet, so gut wie ausschließlich am jedesmaligen negativen Pole der Funkenstrecke stattfindet. Aus dieser Beobachtung ergibt sich, daß die Metaldampfbildung nicht allein auf kalorische Ursachen zurückzuführen ist, sondern daß die Elektrizität selbst dabei eine wesentliche Rolle spielt. WALTER sieht die Ursache der Erscheinungen in der Art der verschiedenen elektrischen Zerstäubung der Metalle, so daß „im elektrischen Funken die Linien desjenigen Metalles vorwiegen werden, das unter den obwaltenden Umständen kathodisch am leichtesten zerstäubt wird“.

Um diese Annahme experimentell zu begründen, ließ WALTER drei gleiche zylindrische Spektralröhren herstellen, deren Anode aus Aluminium, deren Kathode bezw. aus Kupfer, Zink und Messing bestand. Derselbe Induktionsstrom ging durch die drei parallel geschal-

teten Röhren. Bei 5 mm Druck zeigten sich nach etwa 30 Minuten Stromdurchgang in den beiden Röhren mit der Kupfer- und Messingkathode die ersten Spuren des zerstäubten Metalls, während bei der Zinkkathode diese Spuren erst nach 100 Sekunden auftraten, als die beiden anderen Röhren schon einen glänzenden Metallbeschlag zeigten. Bei 0,35 mm Druck hatte sich dagegen schon nach 10 Minuten ein dicker Zinkniederschlag gebildet, während die Beläge in den beiden anderen Röhren noch ganz durchsichtig waren. Im allgemeinen zeigte sich, daß bei nicht sehr starker Erhitzung die kathodische Zerstäubung des Kupfers bei höherer Temperatur die des Zinks überwiegt. Da im Spektrum des oszillierenden Funkens bei Erhöhung der Selbstinduktion die Linien des Kupfers rascher verschwinden als die des Zinks, so dürfte die Temperatur der Elektroden zuerst stark erniedrigt werden und daher die kathodische Zerstäubung des Kupfers die des Zinks immer mehr übertreffen.

Auch der Unterschied der eigentlichen „Funkenlinien“ von den „Bogenlinien“ (die der Funke mit dem Lichtbogen gemein hat) findet hier seine Erklärung. WALTER ist der Ansicht, daß die Metallteilchen bei der kathodischen Zerstäubung eine mehr oder weniger große elektrische Ladung mit sich nehmen, die sie erst in den mittleren Teilen der Funkenbahn allmählich verlieren. Das Licht der eigentlichen „Funkenlinien“ würde dann von den noch elektrisch geladenen glühenden Metallteilchen, das Licht der „Bogenlinien“ von den nicht mehr geladenen Teilchen ausgesandt werden. Hiermit wäre das verschiedene Verhalten der betreffenden Linien im Magnetfelde in Übereinstimmung. Das durch eine Selbstinduktion veranlaßte schnellere Verschwinden der Funkenlinien würde darauf beruhen, daß durch die Verlängerung der Schwingungsdauer die Stromstärke in den einzelnen Schwingungen des Funkens herabgesetzt wird, so daß das Glühendmachen der zerstäubten Metallteilchen längere Zeit dauert, wobei eine größere Zahl von Teilchen ihre Ladung verloren haben, mithin die Zahl der ungeladenen Teilchen im Verhältnis zu den geladenen zunimmt. *Schk.*

Temperaturbestimmung leuchtender Flammen. VON R. LADENBURG (*Phys. Zeitschr.* 1906, S. 597). Um mit Hilfe der Emissionskurve einer Flamme Temperaturmessungen der in ihr glühenden Kohlenstoffteilchen vornehmen zu können, muß man die Abhängigkeit der Absorption dieser Teilchen von der Wellenlänge bestimmen und daraus die Energieverteilung desjenigen schwarzen Körpers berechnen, der dieselbe Temperatur besitzt wie die Kohlenstoffteilchen. Die Messungen erfolgten an einer Hefnerkerze und an einer Acetylenflamme. Vor der Absorptionsmessung wurde zunächst der durch Reflektion der Flamme entstandene Fehler bestimmt; er betrug bei der Hefnerlampe im Mittel 1 Proz. Dann wurde die Emissionskurve mit Spiegelspektrometer, Quarzprisma, Thermosäule und Panzergalvanometer aufgenommen und die Resultate auf das Normalspektrum reduziert. Dabei wurde das Bild der Flamme mit einem Hohlspiegel auf den Spalt geworfen, so daß nur ein genau definierter Teil der Flamme zur Untersuchung gelangte. Bei den Absorptionsmessungen wurde das von einem Hohlspiegel reflektierte Licht einer Nernstlampe durch denselben Teil der Flamme geschickt und von einem Spektrometer zerlegt. Zwischen 0,7 und 3,1 μ wurde für je eine Wellenlänge die Energie der Flamme, die Energie der Nernstlampe, die Energie der Flamme + Nernstlampe u. s. f. bestimmt. Die Emissionen und Absorptionen wurden als Funktion der Wellenlängen in Kurven dargestellt. Dividiert man die Emissionen durch die zugehörigen Absorptionen, so erhält man die Energiekurven der „geschwärzten“ Flammen, d. h. die Energiekurven von Körpern, die bei der Temperatur der glühenden Kohlenstoffteilchen in den betreffenden Flammen als Absorptionsvermögen Eius besitzen. Die Maxima rückten dadurch für die beiden Flammen von 1,54 μ bzw. 1,2 μ nach 1,75 μ bzw. 1,39 μ , so daß sich aus der Gleichung $\lambda_{\max} \cdot T = 2940$ die Temperatur der glühenden Kohlenstoffteilchen in der Flamme der Hefnerkerze zu 1678° abs., die in der Acetylenflamme zu 2115° abs. berechnet. Mit Hilfe der Wienschen Formel für die Strahlung erhielt der Verfasser aus seinen Absorptionsmessungen nach Bestimmung der „schwarzen“ Temperatur, unter Berücksichtigung der Reflektion für die Hefnerkerze $T = 1704^{\circ}$ abs., für die Acetylenflamme $T = 2111^{\circ}$ abs. *Schk.*

Kanalstrahlen. Die Untersuchungen von J. STARK und seinen Mitarbeitern über den Dopplereffekt bei Kanalstrahlen (ds. Ztschr. XIX 238) werden in mehreren Abhandlungen der *Annalen der Physik* (Bd. 21, S. 401—469) ausführlicher wiedergegeben. Wir fügen unserem früheren Berichte noch hinzu, daß der Dopplereffekt auch bei Kanalstrahlen im Natriumdampf, aber nur bei der ersten Nebenserie beobachtet werden konnte, während dieses bei den D-Linien und der zweiten Nebenserie nicht der Fall war. Zur leichteren Beobachtung des Dopplereffekts bei Kanalstrahlen benutzten STRASSER und WIEN die von WIEN und ZENNECK angegebene Methode des Teleobjektivs (*Verh. d. Dtsch. Phys. Ges.* 1906, S. 494 u. 537.) Hierbei wird zu Spektralaufnahmen dem gewöhnlichen Objektiv des Spektralapparats ein Telenegativ hinzugefügt; man erhält dann leicht ein fünf bis achtmal größeres Bild, als es das Objektiv allein liefert. Ein solches Teleobjektiv ergibt z. B. beide Natriumlinien scharf getrennt und löst die Stickstoffbanden in feine Linien auf. Bei Kanalstrahlen im Wasserstoff wurde die „bewegte“ Linie $H\gamma$ deutlich beobachtet; aus ihrer Breite (bei 4000 Volt) konnte auf eine Geschwindigkeit der Lichtträger zwischen $2 \cdot 10^7$ und $8 \cdot 10^7$ cm/sec geschlossen werden. Schon unmittelbar hinter der Kathode besitzen die Kanalstrahlen sehr verschiedene Geschwindigkeiten. Dagegen war vor der Kathode in der ersten Kathodenschicht der Dopplereffekt nicht zu beobachten.

S. KINOSHITA erzeugte die Kanalstrahlen in mehreren chemisch zusammengesetzten Gasen (Acetylen, Leuchtgas, Stickstoffoxyd, Kohlensäure) und untersuchte deren Emissionsspektren in Bezug auf den Dopplereffekt (*Phys. Ztschr.* 1907, S. 35). Es zeigte sich, daß die Kanalstrahlen diese Gase dissoziieren und in ihnen die Linien- und Bandenspektren ihrer elementaren Bestandteile, gleichzeitig aber auch Bandenspektren von Verbindungen (z. B. die Cyanbanden) zur Emission bringen. Die Linienspektren zeigten den Dopplereffekt; die Kanalstrahlenteilchen selbst sind also in chemisch zusammengesetzten Gasen positive Atomionen. Die Bandenspektren zeigten dagegen keinen Dopplereffekt. In Kohlenstoff enthaltenden Gasen traten positive Kohlenstoffionen als Kanalstrahlen auf; der Träger der Kohlenstofflinie 4267,5 ist wahrscheinlich ein einwertiges positives Kohlenstoffion. Die maximale Verschiebung $\Delta\lambda$ betrug für diese Linie bei Acetylen 2,03 Å. E; daraus erhält man (wenn c die Lichtgeschwindigkeit ist) die maximale Geschwindigkeit des positiven Kohlenstoffions $v = c \cdot \Delta\lambda/\lambda = 1,43 \cdot 10^7$ cm/sec. Ferner wird bei dem Kathodenfall V die spezifische Ladung $e/m = v^2/2V = 5,1 \cdot 10^2$ elm. Einh. Bei Kohlensäure waren die entsprechenden Werte größer und kamen dem, aus dem elektrochemischen Äquivalent des Wasserstoffes berechneten Werte von $e/m = 7,9 \cdot 10^3$ näher.

Die durch Auftreffen von Kanalstrahlen auf eine Metallplatte erzeugte Sekundärstrahlung (ds. Ztschr. XIX 239) ist von L. W. AUSTIN näher untersucht worden; die diffuse Emission negativ geladener Partikeln konnte hierbei bestätigt werden (*Physical Review* 22, S. 312; *Natw. Rdsch.* 1906, S. 460). Diese negative Emission nimmt zu, wenn der Einfallswinkel der Kanalstrahlen wächst; sie war bei 70° mehr als 40 Proz. größer als bei 0° . Die Geschwindigkeit der Emission wurde annähernd aus der Größe der magnetischen Ablenkung zu ermitteln gesucht. Dabei ergaben sich sehr verschiedene Geschwindigkeiten der Teilchen, einige sehr langsame und einige, deren Geschwindigkeit nicht viel geringer war als $0,2 \times 10^{10}$ cm/sec. Im allgemeinen zeigte die Sekundärstrahlung einen ähnlichen Charakter wie die von Kathodenstrahlen erzeugte sekundäre negative Emission.

Über eine Beobachtung der Kanalstrahlen in dem Raum zwischen Kathode und Anode berichtet P. VILLARD (*C. R.* CXLIII 674; 1906). Schon 1897 hatte J. J. Thomson, nachdem er die Kathodenstrahlen einer Crookeschen Röhre durch einen Magneten abgelenkt hatte, an ihrer Stelle schwach sichtbare Strahlen bemerkt, die nicht abgelenkt waren, auch die Glaswand nicht zur Fluoreszenz brachten. Diese Strahlen sind immer rosa und zeigen das Spektrum des Wasserstoffs. VILLARD vermutete daher, daß die in diesen Strahlen bewegten Teilchen nur den Wasserstoff zur Lumineszenz bringen. In der Tat wurden die Strahlen, die in trockenem Gase kaum sichtbar waren, sehr deutlich, sobald man etwas Wasserdampf oder Wasserstoff hinzufügte. War das Vakuum in Sauerstoff hergestellt, so

war das abgelenkte Kathodenstrahlenbündel hell goldgelb und zeigte das Sauerstoffspektrum, während die nicht abgelenkten Strahlen das Wasserstoffspektrum zeigten. Auf der Glaswand erzeugten diese Strahlen ein sehr schwaches gelbes Licht, ähnlich dem, wie es die Goldsteinschen Kanalstrahlen hervorrufen. Daß sie mit diesen in der Tat identisch sind, bewies der Verfasser durch die Beobachtung ihrer magnetischen und elektrostatischen Ablenkung, wobei sie stets der Richtung positiv geladener Teilchen folgten; auch die Größenordnung der Ablenkung stimmte mit der der Kanalstrahlen überein. Den Ursprung dieser Strahlen findet VILLARD in dem dunkeln Kathodenraum, von dem aus die positiven Teilchen nach der Kathode hingetrieben werden; ist diese durchlöchert, so treten sie als „Kanalstrahlen“ in den jenseitigen Raum, sonst prallen sie zurück und bilden die eben beschriebenen Strahlen. Daß sie dann sogar über den dunkeln Raum hinwegfliegen, erklärt der Verfasser aus der Diskontinuität der Entladung. Das eigentümlichste ist jedenfalls, daß in einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff (oder Wasserdampf) die negativen Korpuskeln vorzugsweise den Sauerstoff, die positiven den Wasserstoff zur Lumineszenz bringen.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Naturwissenschaft und Weltanschauung. Einen Vortrag über dieses Thema hat TH. LIIPS, ord. Professor an der Universität München, auf der 78. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart gehalten¹⁾. War es auch ein bemerkenswertes Ereignis, daß einem Philosophen auf dieser Versammlung das Wort gegeben wurde, so ist doch, soweit man hört, die Verständigung zwischen Philosophie und Naturwissenschaft, wenn eine solche beabsichtigt war, dadurch nicht erheblich gefördert worden. Die Schuld daran liegt zum Teil gewiß auf Seiten der Naturforscher, die mit der Sprache des Philosophen zu wenig vertraut sind, zum größeren Teil aber auf Seiten des Vortragenden, der dem naturwissenschaftlichen Denken und seiner Eigenart nicht genügend gerecht geworden ist. Es ist freilich schwer, in dem Rahmen eines kurzen Berichtes den Inhalt des Vortrages zu skizzieren, noch schwerer, eine davon abweichende Auffassung zum Ausdruck zu bringen. Wir beschränken uns notgedrungen darauf, die Hauptpunkte des Vortrages hervorzuheben.

Die Naturwissenschaft „beschreibt nicht etwa die Dinge nur eben so wie sie erscheinen“, sie geht vielmehr auf Naturgesetze, d. h. auf „notwendige Abhängigkeitsbeziehungen zwischen reinen Bedingungen und ihren Erfolgen“. Wir können die Naturgesetze auch allgemeine Tatsachen nennen; diese aber sind „nicht in der erfahrbaren Wirklichkeit vorkommende, also nicht empirische, sondern reine oder ideale allgemeine Tatsachen“. Eine solche ist etwa das Fallgesetz. „Es charakterisiert das reine oder das ideale Fallen, das nirgendwo anders als im Geiste des Naturforschers vorkommt.“ Als solche ideale Tatsachen können die Naturgesetze nicht einfach aus der Erfahrung abgelesen oder sonstwie gewonnen werden, sondern sie sind „vom denkenden Geiste der Wirklichkeit gegeben“, sie sind, wenn man will, erdacht, sie sind als ideale allgemeine Komponenten in einen Umkreis erfahrbarer Tatsachen hineingedacht. Das Erklären ist demnach das denkende Auflösen eines erfahrbaren Wirklichen in solche vom Geiste aus dem Material der Erfahrung geschaffene konstante ideale Komponenten. Aber der Geist schafft diese idealen Komponenten nach seinem Gesetz, sie sind zwar aus dem von der Erfahrung gelieferten Material zusammen gesetzt, wie ein Bau aus rohen Bausteinen, aber sie stammen nicht aus der Erfahrung, sondern aus dem denkenden Geiste. Es ist dann freilich ein „großes Rätsel“, wie es zugeht, daß die idealen Komponenten bei ihrer Anwendung auf die Erfahrung wieder mit den Tatsachen zusammentreffen.

Gegen diese grundlegende Betrachtung des Vortragenden richtet sich der Hauptwiderspruch des Naturforschers; er wird sich nicht wegdisputieren lassen, daß die Natur-

¹⁾ Der Vortrag ist im Druck erschienen bei Carl Winter, Heidelberg. 1906.

gesetze, z. B. das „ideale“ Fallgesetz, aus der Erfahrung selbst gewonnen sind; daß dies durch eine geistige Operation geschieht (Galileis *Mente concipio!*), ist noch kein Beweis dafür, daß das Resultat der Operation nur aus dem Geiste stammt; der Vortragende berührt diesen Zusammenhang ebenfalls, wenn er sagt, daß die „idealen Komponenten“ in die erfahrbare Wirklichkeit hineingedacht sind „weil diese ein solches Hineindenken erlaubt“. Dieses Zugeständnis aber — ähnlich wie bei Kants Behandlung der berühmten Streitfrage — reicht aus, die Auffassung des Naturforschers zu rechtfertigen; für diese ist hier kein Rätsel vorhanden, da die idealen Komponenten aus der Erfahrung selbst, wenn auch nicht unbeeinträchtigt, entnommen sind.

Die Aufgabe der Naturwissenschaft bestimmt der Vortragende dahin, sie sei die Darstellend des Wirklichkeitszusammenhangs als eines Systems gesetzmäßiger Abhängigkeitsbeziehungen zwischen räumlichen, zeitlichen und Zahlgrößen; insofern sei die Naturwissenschaft eine lediglich formale, keine materiale Wissenschaft. Es bedürfe aber des Hinzutritts qualitativer, inhaltlicher, „materialer“ Bestimmungen, wenn das Wirkliche von uns solle gedacht werden können. Hierfür nun biete sich der Begriff der Masse dar. Hierdurch aber werde, wie man diesen Begriff auch wenden möge, zu jenen der Erfahrung entnommenen raumzeitlichen und Zahlbegriffen ein Unbekanntes, ein X hinzugefügt. Der Begriff der Masse sei ein bloßer Beziehungsbegriff, d. h. „der Begriff eines X, an das und sofern an dasselbe eine bestimmte Tatsache gesetzmäßig sich knüpft oder vom denkenden Geiste geknüpft werden kann“.

Hiervon dürfte die naturwissenschaftliche Auffassung nicht zu weit abweichen, wenn sie die Masse (oder vielmehr Materie) als Träger von gewissen gesetzmäßigen Beziehungen vorstellt, die innerhalb der Erfahrung sich vorfinden.

Zwei weitere Wege, in das Materiale der Wirklichkeit einzudringen, seien diese: Entweder man denke die aus der Welt des Wirklichen ausgewiesenen sinnlichen Qualitäten doch wieder in die naturwissenschaftliche Welt des räumlichen Daseins und Geschehens hinein (hiermit ist wohl die Atomistik gemeint) oder man führe anthropomorphistische Begriffe (Kraft, Fähigkeit, Arbeit, Widerstand, Spannung, Energie) in die Welt der Dinge ein. Beide Wege seien illusorischer Natur. Dies wird insbesondere hinsichtlich des zweiten Weges näher ausgeführt. Aber selbst angesichts der heute herrschenden phänomenalistischen Richtung in der theoretischen Naturwissenschaft dürfte damit das letzte Wort in dieser Sache noch nicht gesagt sein. Zustimmung verdient, was der Vortragende über den Mißbrauch des Energiebegriffes sagt: „Man ‚löst‘ das Rätsel der gesetzmäßigen Wechselbeziehung dessen, was man als physisch bezeichnet, einerseits, und des Psychischen oder des Bewußtseinslebens andererseits: Man nennt einfach beides Energie, und nennt die Wechselbeziehung der beiden Wandlung physischer in psychische Energie, bzw. umgekehrt. Und gewiß kann man dies ja tun. Aber gesagt ist damit doch nur das Allerbekannteste, nämlich, daß Psychisches und Physisches demselben gesetzmäßigen Wirklichkeitszusammenhang angehören.“

Weitere Ausführungen beziehen sich auf Vitalismus und Zwecktätigkeit, die der Vortragende ebenfalls auf das Hineintragen anthropomorphistischer Begriffe in die Natur zurückführt. Eingehender beschäftigt er sich mit Mechanismus und Materialismus; er gesteht der Naturwissenschaft die Berechtigung zu, nicht nachzulassen in dem Versuch, die Gesetzmäßigkeiten des Wirklichen immer weiter und weiter (auch in das Bereich des Gehirngeschehens hinein) als Gesetzmäßigkeit eines räumlichen Daseins und Geschehens darzustellen oder in Raum-, Zeit- und Zahlbegriffe zu fassen. In dem Glauben an die Möglichkeit hiervon bestehe ein Stück des notwendigen Materialismus der Naturwissenschaft; man könne in diesem Sinne von einem notwendigen psychophysischen Materialismus der Naturwissenschaft reden.

Ob es eine naturwissenschaftliche Weltanschauung geben könne — diese Frage verneint der Vortragende, denn nach ihm darf Weltanschauung allein die Anschauung vom Wesen des Wirklichen heißen, wobei freilich ungesagt bleibt, was man unter Wesen des Wirklichen zu verstehen habe. Aus späteren Ausführungen wird ersichtlich, daß der Vortragende auf dem Standpunkt des psychischen Monismus steht und demnach unter Wesen

der Welt ein Geistiges, Bewußtseinswirkliches versteht. „Ist das Wirkliche Bewußtsein, Ich, Geist, ein Weltbewußtsein, ein Welt-Ich, ein Welt-Geist, dann, aber auch nur dann ist es für uns etwas Bestimmtes und als wirklich Denkbare. Die Welt, die unseren Sinnen sich darstellt, ist dann die Sprache, in welcher die Wirklichkeit zu unseren Sinnen und durch diese hindurch zu unserem individuellen Bewußtsein redet; und die Welt der Naturwissenschaft, ihre „Natur“, ist die Weise, wie die Gesetzmäßigkeit dieses Wirklichen in der räumlichen Sprache der Naturwissenschaft sich ausnimmt, und soweit sie in dieser Sprache darstellbar ist.“

Wir können uns wohl denken, daß der „absolute Idealismus“ des Verfassers in dieser aphoristischen Kürze den Hörern des Vortrages nicht recht hat einleuchten wollen. Andererseits ist ein psychischer Monismus auch mit dem oben geltend gemachten Standpunkt des Naturforschers durchaus verträglich; wer ihm nachgehen will, findet darüber namentlich in dem Werke von Heymans, „Einführung in die Metaphysik“ (vgl. d. Ztschr. XVIII 114) beachtenswerte, den Gedankengängen des Naturforschers sich anschließende Darlegungen.

P.

4. Unterricht und Methode.

Organisation und Lehrplan der künftigen Oberrealschulen in Bayern. Hierzu hat die Sektion Bayern des deutschen Vereins zur Förderung des Unterrichts in Mathematik und Naturwissenschaften Wünsche und Vorschläge veröffentlicht, die sich speziell auf den mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrplan beziehen. Zugrunde gelegt wird die nachstehende Stundenverteilung:

Klasse	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Sa.
Religion	2	2	2	2	2	2	1	1	1	15
Deutsch	5	5	4	4	2	2	2	3	3	30
Französisch	6	6	5	5	3	3	3	3	3	37
Englisch	—	—	—	—	5	4	3	3	3	18
Geschichte	—	—	—	2	2	2	2	2	2	12
Erdkunde	2	2	2	2	2	2	2	1	1	16
Mathematik und Rechnen	4	4	4	5	5	5	7	6	6	46
Physik	—	—	—	—	3	3	3	4	4	17
Chemie und Mineralogie .	—	—	—	—	—	2	3	3	3	11
Biologie und Geologie . .	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
Zeichnen	2	2	4	4	2	2	2	2	2	22
Schreiben	2	2	2	—	—	—	—	—	—	6
Turnen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
	27	27	27	28	30	31	32	32	32	266

In diesem Lehrplan ist, wie man leicht erkennt, den Meraner Vorschlägen der Unterrichtskommission deutscher Naturforscher und Ärzte Rechnung getragen, insofern in VIII und IX für die Naturwissenschaften einschließlich der Schülerübungen 9 Stunden in Ansatz gebracht sind. In VII ist diese Zahl um 1 vermindert, augenscheinlich zugunsten der Mathematik, die in allen drei Oberklassen auch darstellende Geometrie (in VIII und IX mit je 2 Stunden) obligatorisch umfassen soll. Es ist sehr fraglich, ob dies gerechtfertigt ist, in anbetracht daß z. B. auf den Hamburger OR dieses Kapitel nur als wahlfreier Unterricht ausführlicher behandelt wird. Es dürfte sich nicht empfehlen, den Umfang des mathematischen Stoffes für die Gesamtheit der Schüler in dieser Richtung zu weit auszudehnen, während andererseits die Einbeziehung der Elemente der Differential- und Integralrechnung vollste Zustimmung verdient.

Für die Klassen VIII und IX sind physikalische Schülerübungen vorgeschlagen, für welche die Zeit von den lehrplanmäßigen Stunden in der Weise abgezweigt wird, „daß jeder Schüler alle 14 Tage 2 Stunden zur Ausführung von planmäßig geordneten messenden Versuchen verwendet“; und zwar sind Versuche „in gleicher Front“ vorgesehen. Dagegen ist

nicht angegeben, wie es mit den chemischen Versuchen gehalten werden soll. Zweckmäßig wäre es wohl, von Physik und Chemie je 1 Stunde für die Übungen zu bestimmen, und die so verfügbaren 2 Wochenstunden abwechselnd für physikalische und für chemische Übungen zu verwenden. Für biologische Übungen würde nur durch Vermehrung der Stunden in VII (wie vorher angedeutet) Raum gewonnen werden können.

Für den physikalischen Unterkursus ist ein zweijähriger Lehrgang von je 3 Stunden angesetzt. Hierfür wird besonders auch graphische Darstellung der im Unterricht gewonnenen Versuchsergebnisse und Gesetze, sowie Verwendung praktischer Methoden zur Lösung von Aufgaben empfohlen. Schülerübungen werden hier nicht erwähnt.

Für die Verteilung des Lehrstoffes auf der Oberstufe werden die Vorschläge der Unterrichtskommission deutscher Naturforscher und Ärzte zu Grunde gelegt. *P*

Ein anderer Entwurf zu einem Lehrplan für die Oberrealschule ist soeben von Dr. G. HERBERICH veröffentlicht worden¹⁾. Über diesen äußert sich unser Mitarbeiter Herr Prof. Grimsehl wie folgt:

Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, die Stundenzahl und den Unterrichtsstoff der Oberrealschule wesentlich zu vermindern, ohne doch ihr Bildungsziel oder die Erfüllung berechtigter Forderungen zu gefährden. Er erkennt gleichzeitig an, daß außer den bisherigen Lehrgegenständen auch Biologie und Geologie, Wirtschafts- und Verkehrsgeographie, Fortführung der Geschichte bis zu den politischen und sozialen Problemen der Gegenwart, endlich auch philosophische Propädeutik auf die Oberrealschule gehören. Wenn er nun gleichwohl die Maximalzahl der obligatorischen Lehrstunden auf 30 beschränkt sehen will, so ist dies nur durch eine Verminderung der Stundenzahl für einzelne Fächer möglich, wie die folgende Übersicht erkennen läßt:

Klasse	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Gesamtzahl
Religion	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
Deutsch	6	5	4	4	3	3	3	3	3	34
Französisch	6	6	5	5	3	3	3	3	3	37
Englisch	—	—	—	—	5	5	3	3	3	19
Geschichte	—	—	2	2	2	2	2	2	2	14
Erdkunde	2	2	2	2	1	1	1	1	1	13
Rechnen	4	4	4	4	—	—	—	—	—	16
Algebra	—	—	—	—	2	2	2	2	2	10
Geometrie	—	—	—	2	3	3	3	3	3	17
Physik	—	—	—	—	2	2	3	3	3	13
Chemie	—	—	—	—	2	2	3	3	3	13
Naturbeschr. (Biologie) . .	2	2	2	2	1	1	1	1	1	13
Schreiben	2	2	2	—	—	—	—	—	—	6
Freihandzeichnen	—	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Singen	1	1	1	1	—	—	—	—	—	4
Turnen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
	27	28	28	28	30	30	30	30	30	261

Fakultativ: Musik, (Streichinstr.) Singen, Stenographie, Linearzeichnen, Modellieren, Lateinisch oder Italienisch, Spanisch, Russisch.

Vergleicht man diesen Lehrplan mit den bestehenden Plänen, so muß man anerkennen, daß der Verfasser bestrebt gewesen ist, die Reduktion für die einzelnen Unterrichtsgegenstände möglichst objektiv und sachgemäß vorzunehmen, d. h. auf die Hauptfächer möglichst gleichmäßig zu verteilen. Allzu günstig schneidet nur die Chemie ab, der nicht nur ihr

¹⁾ Entwurf zu einem Lehrplan für die Oberrealschulen. Von Dr. Gustav Herberich, K. Inspektor der städt. höh. Mädchenschule an der Labenwolfstraße in Nürnberg. 8°. 52 S. M 1,—.

alter Besitzstand in vollem Umfange erhalten geblieben ist, sondern deren Stundenzahl gegenüber der von den preußischen Lehrplänen ihr zugewiesenen noch erhöht ist. Eine auch dem Bedürfnisse der Physik mehr entsprechende Verteilung der für Physik und Chemie zusammen in V und VI angesetzten 8 Stunden wäre es, wenn davon die 4 Stunden in V ganz der Physik, die vier Stunden in VI zur Hälfte der Physik, zur Hälfte der Chemie zugeteilt würden.

Eine besondere Erwägung erfordern die Schülerübungen. Der Verfasser tritt warm für die Einrichtung solcher Übungen ein: „In der Physik und Chemie sollte mit Schülerübungen begonnen werden, die für jedes der beiden Fächer die wichtigsten einfachen Tatsachen und Gesetze zum Gegenstand hätten. Diese Schülerübungen wären zunächst zwei Jahre lang, in der V. und VI. Klasse (OIII und UII) zu betreiben. Etwa alle 4 Wochen oder in sonst geeignet erscheinenden Zwischenräumen wäre das von den Schülern bis dahin erarbeitete in 1–2 Unterrichtsstunden unter Anleitung von Seiten des Lehrers systematisch zusammenzustellen.“ — „Von den 3 Stunden der Oberstufe sind 2 zur systematischen Durchnahme der Physik, bezw. der Chemie bestimmt; die dritte wäre zu praktischen Übungen im Laboratorium zu verwenden in der Weise, daß abwechselnd in der einen Woche 2 Stunden physikalisches Laboratorium und in der darauf folgenden Woche 2 Stunden chemisches Laboratorium stattfindet.“

Ich bin der Ansicht, daß auf diese Weise den Übungen auf der Unterstufe ein zu breiter Raum im Vergleich zum systematischen Unterricht gewährt wird. Auf der Unterstufe genügt es, wenn die Übungen etwa ein Drittel der verfügbaren Unterrichtszeit in Anspruch nehmen. Auf der Oberstufe muß aber neben den drei systematischen Unterrichtsstunden noch Raum und Zeit für die Übungen gewonnen werden, so wie es die Meraner Lehrpläne verlangen. Die übergroße Menge des für jeden Gebildeten unumgänglich notwendigen physikalischen Wissenstoffes erlaubt nicht, daß nur 2 Wochenstunden für die systematische Behandlung übrig bleiben. Während von den 3 Chemiestunden der Oberstufe (gemäß den Meraner Vorschlägen) leicht 1 Stunde für die Übungen abzutrennen ist, wäre für die Physik eine Vermehrung um 1 Stunde nötig [man vgl. den vorausgehenden Plan der Sektion Bayern], um dem Zeitbedürfnis für die Schülerübungen zu genügen. An dieser Stelle bedürfte der vorgelegte Lehrplan also einer Änderung. Endlich sei darauf hingewiesen, daß die 5 einzelnen Stunden für Biologie in den 5 obersten Klassen (ebenso wie die 5 einzelnen Stunden für Erdkunde) keine glückliche Maßnahme bedeuten; mit einer einzelnen Wochenstunde ist doch im allgemeinen wenig anzufangen. Es wäre wohl zweckmäßiger, diese Stunden zu je 2 zusammenzulegen, wenn nicht durch Personalunion mit der Chemie eine gewisse Freiheit in der Verteilung auf die einzelnen Abschnitte des Schuljahres geschaffen wird.

Der Verfasser schlägt ferner zur Lösung des Problems „die heterogenen, auseinanderstrebenden Bildungstoffe der Oberrealschule im Geiste des Schülers zu einer höheren Einheit zu verschmelzen“ vor, den Geschichts-Unterricht in den Mittelpunkt des Unterrichts zu stellen. Er zeigt dann, wie sich die historisch-sprachlichen Stoffe gut um den Geschichts-Unterricht gruppieren lassen. Leider ist es ihm aber nicht gelungen, die mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildungstoffe demselben zentralen Unterricht unterzuordnen. „Neben diesem einen Strom von Kulturelementen, den die geisteswissenschaftlichen Fächer dem Schüler zuführen, läuft von der I. Klasse an ein zweiter Strom von Kulturelementen, der, im Anfange verhältnismäßig schwach, auf Mittel- und Oberstufe stärker anschwillt, und der die zur Erfassung der modernen Kultur unbedingt nötigen naturwissenschaftlich-technischen Elemente dem Schüler zuführt.“ „Es ist wohl nicht nötig, bei diesen Fächern hier die Verteilung der Lehraufgaben für die einzelnen Klassen im einzelnen zu besprechen, deswegen nicht, weil die einzelnen Disziplinen nicht in jenem Grade miteinander verwandt sind, wie es bei den geisteswissenschaftlichen Disziplinen der Fall ist, und weil somit in höherem Grade jede Disziplin ihren Weg allein gehen kann und muß. Ihr innerer Zusammenhang liegt darin, daß sie alle die Natur kennen zu lehren haben, wenn auch jedes Fach von

einer besonderen Seite aus, und daß sie dabei alle im wesentlichen sich derselben Methode bedienen.“ Diese Sätze zeigen doch wieder, daß trotz der Hochachtung, die der Verfasser vor den Naturwissenschaften hat, seine eigene Meinung die ist, daß die Naturwissenschaften mehr eine beiläufige, aber nicht eine führende Rolle an der Oberrealschule einzunehmen haben. Von unserem Standpunkte aus müssen wir aber immer aufs neue fordern und betonen, daß die Naturwissenschaften dazu berufen sind, eine führende Rolle unter den Bildungselementen der Oberrealschule einzunehmen. Deshalb ist aber auch nötig, daß die Physik mit ihrer Stundenzahl als Zentrale der Naturwissenschaften auf der Oberstufe der Oberrealschule vor den anderen, ihr gleichwertigen Schwestern voransteht, sie ist berufen, die heterogenen, auseinanderstrebenden Bildungsstoffe der Naturwissenschaften, zusammenzufassen und zusammenzuhalten, besonders auch deshalb, weil die philosophischen Elemente bei keinem anderen Fache so stark und so klar hervortreten.

Der Naturlehre-Unterricht an den Baugewerkschulen. Über diesen Gegenstand hat P. HIMMEL, Professor an der Baugewerkschule in Stettin, im ersten Heft einer neu gegründeten Zeitschrift¹⁾ einen beachtenswerten Aufsatz veröffentlicht. Der Verfasser legt dar, daß bei der sehr verschiedenartigen Vorbildung der in die Schule Eintretenden ein gemeinsames Bildungsniveau nicht vorhanden sei. Daß der Lehrstoff nur von einem Teil der Schüler glatt bewältigt werde, liege hauptsächlich in einem Mangel an allgemeiner Bildung. Gerade der Unterricht in der Naturlehre aber sei geeignet, hierin einen Ausgleich herbeizuführen und das allgemeine Bildungsniveau der Schüler zu heben. Dieser Unterricht sei von allen Lehrgegenständen am meisten geeignet, Auffassungsfähigkeit und logisches Denkvermögen zu entwickeln, und sich dabei der fachlichen Ausbildung aufs engste anschließen und sie überall unterstützen zu können. In dieser Doppelart seines Wesens liege seine Hauptbedeutung für die Mitarbeit an der Entwicklung der Baugewerkschulen.

Die Mangelhaftigkeit der allgemeinen Vorbildung zeige sich am klarsten gerade im Naturlehre-Unterricht, wo mehr als in irgend einem anderen Unterrichtsgegenstand die Fragestellung vorherrscht. „Da bleiben gar oft die Antworten aus, nicht immer weil der Schüler sie nicht weiß, sondern weil er die Worte nicht findet, und sind sie endlich da, so weisen sie ein Deutsch, eine Satzbildung auf, die erst mehrfacher Korrekturen bedarf, bis sie richtig geworden ist. . . Und wie mit dem sprachlichen Ausdruck, so steht es auch mit der logischen Denkfähigkeit“ . . . , aber in der Naturlehre „ist auch der Ort, wo am besten dieser Mangel beseitigt werden kann, und wo daher die Zeit gegeben sein muß, um dieses zu ermöglichen“. „Selbständigkeit des Denkens und Urteilsfähigkeit anzuerziehen sei das letzte und höchste Ziel des naturkundlichen Unterrichtes.“

Es wird Jedem, der für die allgemeinen Fragen der Bildung Interesse hat, von Wert sein, zu erfahren, daß auch an den Fachschulen die allgemein bildende Kraft des naturwissenschaftlichen Unterrichtes so hoch eingeschätzt wird. Allerdings ist, um diese Kraft zur Wirkung zu bringen, erforderlich, daß die Methode des Unterrichts die heute allgemein als richtig erkannte heuristische Methode ist, und daß dabei sowohl der sprachliche Ausdruck, als auch die Fähigkeit der zeichnerischen Wiedergabe des Gesehenen gepflegt wird.

„Es ist durchaus keine besondere Kunst, in kurzer Zeit ein großes Gebiet der Physik flüchtig zu durchheilen und den Vortrag dabei durch eine reiche Zahl von Experimenten zu beleben und zu erläutern. Dazu gehört vor allem eine gute Vorbereitung in der Aufstellung der Apparate, die sämtlich an bestimmter Stelle auf dem Experimentiertisch aufgebaut werden, dann einige gewandte Schüler als Assistenten, und wenige Handgriffe genügen, um die Erscheinung hervorzuzaubern. Von solchen glänzenden Experimenten haben die Schüler gar keinen Nutzen; kaleidoskopisch jagen sie an ihren Augen vorüber, und der Eindruck hält kaum einige Tage lang, geschweige bis zur nächsten Unterrichtsstunde vor. Der Schüler

¹⁾ Technik und Schule. Beiträge zum gesamten Unterricht an technischen Lehranstalten. In zwanglosen Heften herausgegeben von Prof. M. Girndt in Magdeburg. Leipzig. B. G. Teubner. 1906.

wird angenehm unterhalten, aber in seiner Erkenntnis nicht um einen Deut gefördert. Fertige Versuchsanordnungen für mehrere Experimente lenken die Aufmerksamkeit ab und sind daher pädagogisch falsch, ja selbst die Anordnung für ein einzelnes Experiment soll am besten vor den Augen der Schüler entstehen“ usw.

Wir schätzen die Kunst der bloßen Demonstrationsversuche und namentlich auch die Mühe ihrer Vorbereitung nicht so gering ein, wie der Verfasser, aber wir stimmen ihm darin bei, daß der didaktische Ertrag eines solchen Verfahrens nicht sehr erheblich ist. Gewiß ist es namentlich für die Zwecke des Unterrichtes an der Baugewerkschule richtiger, „daß Apparate und Experimente möglichst einfach und durchsichtig sind, damit die Beobachtung erleichtert und der Kern der Sache nicht etwa vor lauter Messing und blinkendem Glas übersehen wird.“

Der Verfasser legt ferner dar, wie die Naturlehre als Hilfswissenschaft die anderen Fächer zu unterstützen habe und zeigt dies namentlich in bezug auf die Feldmeßkunst, für die etwa in Betracht kommen: Winkelspiegel, Winkelprisma, Lupe, astronomisches Fernrohr und alles was an optischen Gesetzen zum Verständnis der Wirkungsweise dieser Instrumente nötig ist. Ferner sind vorzuführen: Nonius, Röhren- und Dosenlibelle, Kanalwage und Schlauchwage, das Nötigste zum Verständnis der Bussole. Besonders dringend aber wird empfohlen, das Verständnis für die Grundbegriffe und Gesetze der Statik im Naturlehre-Unterricht durch Experimente vorzubereiten, wofür freilich die Apparate besser sein sollten, als sie jetzt vielfach auf den Markt gebracht werden. Wenn der Unterricht nach solchen Grundsätzen erteilt werden soll, so ist die Forderung berechtigt, daß dafür eine erheblich größere Zeit als bisher zur Verfügung stehen muß. Bei einer Gesamtdauer des Kursus von 5 Semestern (wie beabsichtigt ist) dürfte die Zeit von 6 Semesterstunden (verteilt auf 1 Sem. zu 4 Stunden, 2 Sem. zu je 1 Stunde) für die Durchnahme des Physikpensums nicht zu reichlich bemessen sein. Von weiteren 3 Semesterstunden sollen 2 auf Chemie, 1 auf Wiederholungen aus dem ganzen Gebiet verwendet werden. Man wird diese Forderungen nur bescheiden nennen können und im Interesse der Baugewerkschüler selbst wünschen müssen, daß sie erfüllt werden.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Selbsttätiger Unterbrecher. Von CHR. RIES (*Phys. Ztschr.* 1906, S. 899). Über zwei dünne, runde, parallel zueinander in 1 cm Abstand liegende Kohlestäbchen wird ein drittes gleiches Stäbchen gelegt; werden die Stäbchen in den Stromkreis eines Akkumulators (8 Volt) eingeschaltet, so sieht man an den Kontaktstellen eine Leuchterscheinung und hört einen hellen Ton. Beim Einschalten der primären Spule eines Funkeninduktors (nach Ausschaltung des Unterbrechers aus dem Stromkreis) erhält man zwischen den Elektroden der sekundären Spule elektrische Funken in rascher Aufeinanderfolge. Verschiebt man das aufgelegte Stäbchen, bis es das eine der unteren Stäbchen nur lose berührt, so treten nur an dieser Berührungsstelle Funken auf, die Unterbrechungen erfolgen rascher, und der Ton wird höher. Der Vorgang erinnert an das Trevelyan-Instrument und dürfte auch ähnlich zu erklären sein.

Schk.

Photographische Fixierung der Aufzeichnungen von Stimmgabeln, der Fallkörper von Fallmaschinen, von Meteorographen u. s. w. Hierfür benutzt R. NIMFÜHR gewöhnliches photographisches Kopierpapier (Celloidinpapier) (*Ann. der Physik* XIX 647; 1906). Das Papier wird auf eine Metalltrommel oder ein entsprechend großes Metallblech gespannt und dann sorgfältig berußt. Es ist dann fast ganz lichtunempfindlich und kann im vollen Tageslicht zur Herstellung von Aufzeichnungen benutzt werden. Alsdann belichtet man es in der Sonne, bis die Kurven ganz dunkel erscheinen, wäscht den Ruß mit Wasser ab und fixiert die Aufzeichnung wie gewöhnlich.

Schk.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Abhandlungen der Friesschen Schule. Neue Folge. Herausgegeben von G. Hessenberg, K. Kaiser und L. Nelson. Heft III und IV. Göttingen, Vandenhoeck u. Ruprecht, 1904.

Von diesen Abhandlungen wurden Heft I und II ausführlich angezeigt in dieser Zeitschr. XIX. 120—125. Durch das III. und IV. Heft ist der stattliche erste Band von 788 Seiten vollständig geworden. Es müssen hier die Titel der weiteren Abhandlungen genügen: IX. Bemerkungen über die Nicht-Euklidische Geometrie und den Ursprung der mathematischen Gewißheit. X. Vier Briefe von Gauß und Wilhelm Weber an Fries. XI. Wissenschaftliche und religiöse Weltansicht. XII. Grundbegriffe der Mengenlehre. Zweiter Bericht über das Unendliche in der Mathematik. XIII. Das Muskelproblem. Physiologische Betrachtungen. XIV. Über einige neuere Mißverständnisse der Friesschen Philosophie und ihres Verhältnisses zur Kantischen.

Ich füge nur folgendes bei: Daß die Fortsetzung IX folgen werde, war mir bei der Besprechung von VIII nicht bekannt. Meine damalige Bemerkung, daß, wer eine „reine Raumanschauung“ annimmt, auch eine „reine Farbenanschauung“ annehmen müßte, da es auch eine (freilich nur rudimentäre) apriorische „Farbengeometrie“ gibt, ist unbeachtet geblieben. — XIII bringt Daten, die auch für den Physikunterricht lehrreich sind; z. B. „Der Wadenmuskel eines mittegroßen Frosches hat ein Gewicht von 0,5 g, ein Volumen von etwa 0,47 ccm und vermag 500 g 5 mm hoch zu heben. Der linke Ventrikel des menschlichen Herzens leistet bei einem Gewicht von 150—160 g in 24 Stunden eine Arbeit von etwa 30 000 mkg“. Vielleicht auch einzelnes Physikalische aus der physiologischen Theorie, z. B. „daß die anziehenden Kräfte elektrische seien, und die elektrische Ladung auf der schnellen Erwärmung polar-pyroelektrischer Kristalloide beruhe“. — Unbeschadet grundsätzlicher Abweichungen im einzelnen fast aller 14 Abhandlungen möchten wir die Herausgeber — namentlich in Hinblick auf die maßlosen Angriffe, die sie von seiten der Cohenschen Schule erfahren haben — neuerdings zu ihrem Unternehmen beglückwünschen.

A. Höpfer.

Der Wert der Wissenschaft. Von Henri Poincaré. Mit Genehmigung des Verfassers ins Deutsche übertragen von E. Weber. Mit Anmerkungen und Zusätzen von H. Weber und einem Bildnis des Verfassers. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. 252 S. geb. M 3,60.

Das Werk schließt sich dem vor einiger Zeit erschienenen „Wissenschaft und Hypothese“ an und behandelt einen Gegenstand, der auch bei uns bereits mehrfach Gegenstand der Erörterung war. Es handelt sich um die Frage, welcher Wert der Wissenschaft auch abgesehen von ihren Anwendungen zukommt. Die schönste Antwort hierauf gibt das Kapitel „Astronomie“, das der weitesten Verbreitung würdig ist, und in dem gezeigt wird, daß der Begriff der Naturgesetzlichkeit wesentlich der Astronomie zu verdanken ist. Das Werk behandelt im ersten Teil (S. 8—104) die mathematischen, im zweiten Teil (S. 105 bis 159) die physikalischen Wissenschaften, im dritten Teil (S. 160—209) den objektiven Wert der Wissenschaft. Aus dem zweiten Teil sei noch das Kapitel „Die gegenwärtige Krisis der mathematischen Physik“, aus dem dritten die Überschriften „Ist die Wissenschaft künstlich?“ und „die Wissenschaft und die Wirklichkeit“ hervorgehoben; und aus den Schlußworten des Bandes: „Alles was nicht Gedanke ist, ist das reine Nichts . . . Der Gedanke ist nur ein Blitz inmitten einer langen Nacht. Aber dieser Blitz ist alles.“

P.

Lehrbuch der Physik. Von O. D. Chwolson, Prof. an der K. Universität zu St. Petersburg. III. Band. Die Lehre von der Wärme. Übersetzt von E. Berg. Mit 259 Abbildungen. XII und 988 S. M 16,—; geb. M 18,—.

Dieser Band schließt sich den beiden vorangegangenen aufs würdigste an und zeigt das Charakteristische des ganzen Werks, das geschickte Ineinanderarbeiten von theoretischer und experimenteller Physik, in hervorragendem Grade. Einen Hauptteil des Bandes nehmen die Grundlagen der Thermodynamik und die an diese anschließenden Anwendungen ein. Diese Abschnitte seien ganz besonders der Beachtung der Fachgenossen empfohlen, sie sind von geradezu meisterhafter Klarheit und Anschaulichkeit. In allen Abschnitten aber wird der Leser bis zu den neuesten Forschungsergebnissen geführt und auf die Höhe des augenblicklichen Standes der Wissenschaft gestellt. Die strahlende Wärme ist aus diesem Bande ausgeschlossen, der Verfasser hat sie als „ultrarote strahlende Energie“ in einem anderen Bande des Werkes behandelt.

P.

Der elektrische Strom und seine Anwendung. Gemeinverständliche Darstellung von Prof. Dr. W. Bernbach. 3. umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit 237 Abbildungen. Leipzig, O. Wigand, 1899. VIII und 445 S. M 12,—.

Der Umfang des Buches ist gegen die vorige Auflage auf etwa das 2½fache gestiegen, der Charakter des Buches aber unverändert geblieben. Die Darstellung ist recht anschaulich und im

besten Sinne populär. Das Buch wird sich daher auch in der neuen Gestalt Freunde erwerben. Nicht abgestellt ist ein Mißstand bezüglich des Begriffes der Spannung, auf den bereits von anderer Seite (d. Zeitschr. XII 373) hingewiesen worden ist. Ein in den ersten Jahrgängen dieser Zeitschrift vom Referenten unternommener Versuch, das Wort „Spannung“ wieder auf seine ursprüngliche elektrostatische Bedeutung zu beschränken, hat sich als erfolglos erwiesen, da der technische Gebrauch desselben Worts im Sinne von Potentialdifferenz bereits zu fest eingebürgert war. Es bleibt daher nichts übrig, als zur Vermeidung von Mißverständnissen namentlich im Unterricht das Wort in der ersten Bedeutung zu vermeiden und statt dessen den „elektrostatischen Druck“ zu setzen. Bei der Einführung in die Lehre vom elektrischen Strom ist dieser Begriff aber überhaupt überflüssig.

P.

Transformator für sphärische Koordinaten. Von Dr. F. Koerber. Berlin, Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), 1906. M 1,50.

Dieses neue Unterrichtsmittel dient zur schnellen mechanischen Verwandlung sphärischer Koordinaten, in erster Linie in Stundenwinkel und Deklination in Azimut und Höhe oder umgekehrt. Das Horizontalsystem ist in stereographischer Projektion einer Himmelshälfte als festliegendes Gradnetz dargestellt, das Äquatorialsystem ist ebenso auf eine drehbare und durchsichtige Zelluloidscheibe gedruckt. Nach Einstellung des einen können die Koordinaten des andern Systems sofort abgelesen werden. Einige besonders interessante Aufgaben, die sich mit der Vorrichtung lösen lassen, sind auf der Rückseite zusammengestellt.

P.

Über die Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. Eine Einleitung in die Geschichte der Chemie des Altertums. Von Dr. Franz Strunz, Privatdozenten an der K. K. techn. Hochschule in Brünn. Leipzig und Wien, F. Deuticke, 1906. 69 S. M 2,—.

Die kleine Schrift ist der Vorläufer einer umfassenderen Darstellung der Entwicklung der Chemie im Altertum, die der Verfasser demnächst zu veröffentlichen denkt, und will selbst als ein Beitrag zur naturwissenschaftlichen Kulturgeschichte angesehen sein. An eine einleitende Skizze über die Geschichte der Chemie im Ganzen schließen sich einzelne Abschnitte über Namen und Ursprung der Chemie, über die Quellen für die Geschichte der Chemie im Altertum, über die völkerpsychologische Voraussetzungen, Handelsbeziehungen und Wege und über die chemischen Grundlagen der Metallurgie im Altertum; in diesen letzten Abschnitten werden die Ergebnisse der bisherigen Forschungen über die älteste Geschichte von Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Blei, Zinn, Zink, Quecksilber zusammengestellt. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis bildet den Schluß.

P.

Grundriss der Experimentalphysik und Elemente der Chemie sowie der Astronomie und mathematischen Geographie von E. Jochmann. Herausgegeben von O. Hermes und P. Spies. Mit 488 Figuren, 1 Spektraltafel, 1 Dreifarbendrucktafel, 4 meteorologischen Tafeln und 2 Sternkarten. 16. verbesserte Auflage, Berlin 1906, Winkelmann & Söhne. 512 S. M 5,—, geb. M 5,50.

Während die vorhergehende Auflage (vgl. XVII 182) beträchtliche Änderungen namentlich in bezug auf den Lehrgang aufwies, sind die Änderungen diesmal verhältnismäßig gering, der Umfang des Buches ist sogar etwas vermindert, dagegen die Figuren um etwa 30 vermehrt. Im einzelnen ist an vielen Stellen die bessernde Hand des sachkundigen Bearbeiters bemerkbar, die dem Buche den Charakter eines zuverlässigen Hilfsmittels für den physikalischen Unterricht zu erhalten bemüht ist.

P.

Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der höheren Schulen. Von Prof. Dr. Karl Rosenberg. A) Ausgabe für Gymnasien. 488 S. mit 615 Fig. und 1 Spektraltafel M 5,—; B) Ausgabe für Realgymnasien und Oberrealschulen, 462 S. mit 615 Figuren und 1 Spektraltafel M 4,80. (Hierzu Resultate der Übungsaufgaben M —,52). Wien und Leipzig, Alfred Hölder, 1906.

Das für die Oberstufe der österreichischen Mittelschulen bestimmte Lehrbuch des Verfassers ist in d. Ztschr. XVIII, 248 anerkennend besprochen worden; die hier vorliegenden Ausgaben, die für höhere Schulen des deutschen Reiches veranstaltet sind, unterscheiden sich davon nur wenig und stimmen auch miteinander im physikalischen Teil völlig überein; für Gymnasien ist noch ein kurzer chemischer Anhang hinzugefügt, der indessen, soweit preußische Gymnasien in Betracht kommen, belanglos ist. Die Bücher bieten einen reichen, methodisch gut durchgearbeiteten Stoff; einen besonderen Vorzug bilden die zahlreichen dem Text eingefügten Aufgaben, die meist ohne weitläufige Rechnungen lösbar sind.

P.

Lehrbuch der Physik für die unteren Klassen der Mittelschulen und verwandten Lehranstalten.
Von Prof. Dr. Karl Rosenberg. Mit 336 zum Teil farbigen Figuren und einer farbigen Tafel.
Ausgabe für Realschulen. Wien, A. Hölder, 1906. 260 S. Kr 2,50, geb. Kr 3,—.

Die Auswahl und Anordnung des Stoffes in diesem Lehrbuch ist wesentlich durch die Instruktionen für die österreichischen Lehranstalten bestimmt und demnach der in anderen österreichischen Lehrbüchern für die Unterstufe ähnlich. Einigermaßen gewaltsam erscheint es, daß die ganze wichtige Darstellung der scheinbaren jährlichen Bewegung der Sonne und die kopernikanische Erklärung dafür in die Mechanik zwischen den Paragraphen über die Fliehkraft und den über die Zusammensetzung paralleler Kräfte eingeschoben ist. Die Figuren zur Optik sind teilweise farbig (blau oder rot) hergestellt, was namentlich für die Wiedergabe konvergenter und divergenter Lichtbündel nicht übel ist. Die Figuren sind im übrigen von der Art, daß sie das Wesentliche deutlich hervortreten lassen, der Text ist durchweg klar und verständlich; auch leichte Aufgaben und Fragen sind hier und da dem Text beigegeben. P.

Meteorologische Optik. Von J. M. Pernter. Mit zahlreichen Textfiguren. III. Abschnitt: S. 213 bis 358. Wien und Leipzig, Wilhelm Braumüller, 1906. M 9,—.

Der 3. Abschnitt dieses Werkes, über dessen zwei erste Abschnitte in dieser Zeitschrift XVII 51 berichtet wurde, behandelt in 3 Kapiteln die optischen Erscheinungen, die durch Reflexion, Brechung und Beugung des Sonnen- und Mondlichtes an trübenden Körperchen (Eiskristallen und Wassertropfen) hervorgebracht werden. Das erste Kapitel beginnt mit einer ausführlichen Beschreibung (und bildlichen Wiedergabe) der schönsten und wichtigsten der durch Reflexion und Brechung in Eiswolken und -nebeln entstehenden Haloerscheinungen und einer übersichtlichen Gruppierung derselben. Dann folgt, nach einer eingehenden Untersuchung der Eiskristalle und einem kurzen historischen Überblick über die ersten Erklärungsversuche, in Anlehnung an Galle und Bravais die exakte Theorie der Haloerscheinungen und ein Bericht über experimentelle Darstellung derselben. Das zweite Kapitel handelt von den durch Lichtbeugung in den Wolken entstehenden Erscheinungen, deren vollständige Theorie auf den von Fraunhofer gegebenen Grundlagen von Verdet und Karl Exner ausgebaut worden ist. Es sind dies die farbigen Kränze um Sonne und Mond und die „Glorien“ um deren Gegenpunkte (Brockengespenst, Ulloas Ring). Zu dieser Gruppe von Erscheinungen gehören auch die irisierenden Wolken und der Bishopsche Ring, der nach dem Ausbruch des Krakatau und des Mont-Pelé beobachtet wurde und dessen Bildung durch Lichtbeugung an den Kondensationsprodukten der gasförmigen vulkanischen Ausströmungen zu erklären ist. Das dritte Kapitel endlich bringt die ausführliche Theorie des durch Reflexion und eigenartige Beugung hervorgebrachten Regenbogens, und zwar die Bestimmung der Intensitätsverteilung für monochromatisches Licht jeder beliebigen Wellenlänge auf Grund der Airyschen Arbeiten und die Berechnung der resultierenden Mischfarben unter Benutzung der Maxwellschen Farbgleichungen. Das Studium dieses Abschnitts, wie des ganzen Buches wird durch die anschauliche Schilderung der Einzelphänomene, durch die scharfe Hervorhebung der Erklärungsprinzipien und die klare Durchführung der theoretischen Entwicklungen zu einem Genuß. E. T.

Lichtstrahlung und Beleuchtung. Von Paul Högnér (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, Heft 8). Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1906. IX und 66 S., mit 37 Abbild. und vielen Tabellen. Geh. M 3,—, i. Lnb. M 3,50.

Die vorliegende Schrift ist zwar in erster Linie für den Elektrotechniker bestimmt, zweifellos aber, weil einen für die Allgemeinheit wichtigen Gegenstand behandelnd, auch für weitere Kreise von Interesse, dies zumal wegen der geschickten Weise, mit der Verfasser den Gegenstand erörtert. Es wird zunächst die Lichtstrahlung an Flächen, dann die verschiedenen Körper wie Zylinder, Kugel, Halbkugel, Kombination aus Halbkugel und Zylinder behandelt! Dann folgt eine Besprechung der Lichtstrahlung der Bogenlampen, der Beleuchtung durch verschiedene Strahler unter verschiedenen Bedingungen, der Streckenbeleuchtung, d. h. der Beleuchtung schmaler und langer Flächen (Straßen, Bahnlinien). Wenn auch eine genaue mathematische Formulierung im vorliegenden Falle wegen des nicht zahlenmäßig festzustellenden Einflusses der verschiedensten Nebenumstände nicht möglich ist, so lassen sich doch Regeln aufstellen, mit deren Benutzung man die für Erreichung eines bestimmten Effektes zu erfüllenden Bedingungen mit großer Annäherung ermitteln kann. Die Schaffung einer möglichst guten zweckdienlichen Beleuchtung ist auch für Unterrichtsanstalten eine Frage von größter Bedeutung; mit Rücksicht hierauf kann die vorliegende Schrift den Lesern dieser Zeitschrift nur angelegentlichst empfohlen werden. W. Biegon von Czudnochowski.

Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik. Unter besonderer Mitwirkung von H. Becquerel-Paris und Sir W. Ramsay-London herausgegeben von Johannes Stark. Jährlich ein Band in 4 Heften von je 6 bis 7 Bogen gr. 8°. Leipzig, S. Hirzel, 1. und 2. Band (1904, 1905). Preis f. d. Jahrgang M 15.

Die Arbeiten über die Radioaktivität und die damit verwandten Erscheinungen sind so zahlreich und in so vielen Zeitschriften zerstreut, daß dem Einzelnen eine genaue Kenntnis des derzeitigen Standes der Forschung schlechterdings unmöglich ist. Hier können auch referierende Werke wie wir sie längst besitzen, nichts nützen, auch hier noch macht die Zersplitterung der Referate und deren Kürze es dem Nichtspezialisten schwer, die positiven Forschungsergebnisse zu überblicken. Die hier offenbar vorhandene Lücke soll nun das vorliegende Jahrbuch ausfüllen. Einen Sinn kann eine derartige Zusammenfassung natürlich nur haben, wenn sie Kürze mit Übersichtlichkeit und Vollständigkeit verbindet, und dies ist in dem Jahrbuche in sehr vollkommener Weise dadurch erreicht, daß der Inhalt gegliedert ist in Originalabhandlungen über besonders wichtige Spezialfragen, in kritische das bisher auf bestimmten Spezialgebieten geleistete zusammenfassend behandelnde Berichte, und in übersichtlich nach Einzelgebieten geordnete Literaturübersichten. Ein besonderer Wert des Jahrbuches liegt in den Berichten, zumal diese sich auch mit solchen Fragen beschäftigen, die mit dem Gebiete nur in mehr oder weniger losem Zusammenhang stehen. Als Beispiele seien hier einige Berichte der letzteren Art genannt: „Neuere Forschungen über den Wechsel der Valenz auf dem Gebiete der organischen Verbindungen“, „Zur Theorie der kontinuierlichen Spektren“, „Über die Theorien der Elektrokapillarität“, „Die neuere Forschung über die Physik der Fluoreszenz“, „Über den Druck des Lichtes“, „Über die Druckkräfte der Strahlung.“ Der Wert dieser Berichte ist um so höher, als denselben übersichtliche Zusammenstellungen der jeweils benutzten Literatur beigefügt sind. Nach dem Vorliegenden zu urteilen muß man das Jahrbuch als eine höchst erfreuliche und nützliche Bereicherung unserer wissenschaftlichen periodischen Literatur bezeichnen, für deren Zuverlässigkeit die Namen des Herausgebers und seiner Mitarbeiter bürgen.

W. Biegon von Czudnochowski.

Das Radium und die radioaktiven Stoffe. Von Karl Freiherr von Papius. Berlin, Gustav Schmidt, 1905. VIII und 90 S., 36 Abb. Geh. M 2,—.

Die vorliegende Schrift will dem größeren Publikum eine gemeinverständliche Gesamtdarstellung des fraglichen Gebietes nach dem heutigen Stande der Forschung mit Einflechtung von Versuchen und besonderer Berücksichtigung der praktischen Beziehungen geben. Ein gewisses Geschick in der Darstellung des schwierigen Stoffes ist dem Verf. nicht abzuspüren, auch muß zugegeben werden, daß eine ziemliche Vollständigkeit erreicht ist; leider aber läßt die Korrektheit in Form und Darstellung an manchen Stellen zu wünschen übrig. Zunächst ist das Fehlen auch jedweden Literaturhinweises, ja bis auf eine (S. 7) jeder Zeitangabe zu rügen, sodann die mangelhaften Nennungen; so ist S. 11 von einem „Herrn Schmidt“ die Rede, in der wissenschaftlichen Literatur kommen aber vor A. Schmidt, K. E. F. Schmidt, G. C. Schmidt, E. Schmidt u. a. Ferner kommen Unrichtigkeiten vor; die Bezeichnung „Kathodenstrahlen“ (S. 6) rührt nicht von Crookes, sondern von Goldstein her, entdeckt sind sie (S. 3) von Hittorff, S. 17 wird die Spektralanalyse als „gute analytische Methode zur Aufklärung der Atome“ bezeichnet, ebenda heißt es „Verwandte Stoffe zeigen auch in ihren Spektralfarben Ähnlichkeiten“; Radium, Thorium und Aktinium „strömen fortwährend eine Kraft (?) aus“ (S. 70). Die Ausstattung ist gut, auch die Wahl der Abbildungen im allgemeinen zweckmäßig. Geradezu falsch ist Fig. 10, die Ablenkung der Strahlen erfolgt ja senkrecht zur Feldrichtung. Unter Berücksichtigung der gerügten Mängel kann das kleine Buch gleichwohl zur Orientierung auf dem fraglichen Gebiete manchem gute Dienste leisten¹⁾.

W. Biegon von Czudnochowski.

Die Akkumulatoren, ihre Theorie, Herstellung, Behandlung, Verwendung mit Berücksichtigung der neueren Sammler. Von Dr. W. Bernbach. Leipzig, Otto Wigand, 1905. VIII und 173 S., 25 Abb. Geh. M 3,—.

Verfasser verfolgte die Absicht, in einer nicht zu umfangreichen Schrift unter gleichmäßiger Berücksichtigung von Theorie und Praxis eine den Anschauungen der Gegenwart entsprechende Darstellung des Gegenstandes zu geben, und hat dieses Ziel auch mit vorliegender Schrift erreicht. Man kann allerdings bezüglich der Formulierung im einzelnen anderer Meinung sein als der Verf.,

¹⁾ Ref. möchte hier auf die vortreffliche und nur wenig umfangreichere Schrift hinweisen: „Die radioaktiven Substanzen und die Theorie des Atomzerfalles, von Prof. P. Gruner, 103 S. Bern, A. Franke, 1906. Geh. M 1,60.

wie es z. B. Ref. nicht zweckmäßig erscheint, gleich im ersten Kapitel allerlei Dinge als bekannt vorauszusetzen, die erst an späterer Stelle erklärt werden; immerhin dürfte sich das Werkchen wegen seiner Kürze und relativen Vollständigkeit auch in bezug auf die neuesten Fortschritte (Jungner-Edison-Sammler) weiteren Kreisen, so namentlich auch den Lesern dieser Zeitschrift, zur Orientierung empfehlen.

W. Biegon von Czudnochowski.

Elektrizitäts-Durehgang in Gasen. Von J. J. Thomson. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. E. Marx. Leipzig, B. G. Teubner, 1905/06. VIII und 587 S., 187 Fig. i. Text. Geh. M 18,—.

Es ist als verdienstlich zu bezeichnen, daß das 1903 erschienene wichtige Werk Thomsons durch die vorliegende deutsche Übersetzung einem größeren Publikum zugänglich gemacht ist. Abgesehen vom Titel erscheint die Übersetzung gut gelungen. Schätzenswert ist, daß der Übersetzer den seit dem Erscheinen der englischen Ausgabe bekannt gewordenen Forschungen Rechnung getragen hat, indem er Referate über sie in besonderen, durch Buchstaben bezeichneten Absätzen den betr. §§ angefügt hat; auffällig ist nur, daß der Abschnitt über den „elektrischen Bogen“ (§ 213 ÷ 224) auch nicht einen einzigen solchen Zusatz enthält, obwohl gerade über diesen Gegenstand in letzter Zeit wichtige neue Untersuchungen angestellt und veröffentlicht worden sind. Durch geeigneten Satz ist erreicht worden, daß trotz des durch die Zusätze wesentlich reicheren Inhaltes der Umfang nicht merklich größer ist als der der englischen Ausgabe. Zu beanstanden ist jedoch, daß die auf rauhes Papier berechneten Figuren des Originalen beibehalten sind. Auch der Preis erscheint etwas hoch.

W. Biegon von Czudnochowski.

Elektrische Wellentelegraphie. Vier Vorlesungen, gehalten von J. A. Fleming. Autorisierte deutsche Ausgabe von Prof. Dr. E. Aschkinaß. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. 185 S., 53 Abb. Geb. M 5,—.

Das vorliegende Werk stellt, wenn auch populär gehalten, immerhin eine interessante Bereicherung unserer Literatur über die Funkentelegraphie dar, insofern der ganzen Darstellung die Elektronentheorie zugrunde gelegt ist. Im einzelnen erfährt man nicht sonderlich viel Neues, trotzdem der Verf. in nahen Beziehungen zu Marconi selbst und der Marconi-Gesellschaft steht; außerdem ist die illustrative Ausstattung höchst dürftig. Die Figuren hätten wohl durch besser und deutlicher ausgeführte Schemata ersetzt werden können.

W. Biegon von Czudnochowski.

Theorien der Chemie. Nach Vorlesungen, gehalten an der Universität von Kalifornien zu Berkeley von Svante Arrhenius. Mit Unterstützung des Verfassers aus dem englischen Manuskript übersetzt von Alexis Finkelstein. Leipzig, Akademische Verlagsanstalt m. b. H., 1906. VIII und 178 S. M 8,—.

Arrhenius hat vor etwa 25 Jahren durch kühne und originelle Kombination von scheinbar ganz unzusammenhängenden Erscheinungen die elektrolytische Dissoziationstheorie aufgestellt und damit der Physik, der Chemie und der Biologie einen unschätzbaren Dienst geleistet. Wenn ein solcher Forscher und Förderer die allmähliche Entwicklung unserer Anschauungen über chemische Vorgänge im Zusammenhang schildert, so muß es ein interessantes Werk geben, doppelt interessant und lesenswert, wenn der große Forscher außerdem noch ein so gewandter und sprudelnd-lebendiger Schriftsteller ist wie Arrhenius. Es ist selbstverständlich, daß Arrhenius den Wert der Theorien besonders hoch veranschlagt. In feinpunktierter Art arbeitet er den Gegensatz zwischen Hypothese und Theorie heraus und weiß den Nutzen einer umfassenden Theorie auch dem eingefleischtesten Praktiker deutlich zu machen. Interessant ist es zu sehen, wie vorsichtig und konservativ der kühne Neuerer manchen modernen Anschauungen gegenübersteht. Er zeigt, wie sein eigenes Werk, die Dissoziationstheorie, nicht den Umsturz alter Anschauungen, sondern ihre konsequente Fortentwicklung bedeutet; nicht Revolution, sondern Evolution. Den Anschauungen Walds und Ostwalds, die die Atomtheorie überflüssig machen sollen, steht Arrhenius skeptisch gegenüber, ebenso, was auffällig ist, dem Befunde Ramsays und anderer Forscher, daß sich das Radium zu Helium zersetzt. Seit dem Sommer 1904, wo die Vorträge gehalten sind, hat sich indessen das Beweismaterial so gehäuft, daß man an der Richtigkeit der Beobachtungen Ramsays, die in der Tat eine Revolution unserer Anschauungen bedingen, nicht mehr wird zweifeln können.

Auch anderen, weniger einschneidenden, modernen Anschauungen gegenüber erweist sich Arrhenius als ein ruhig abwägender, über dem Tagesstreit stehender Beurteiler.

In unserer Zeit der immer weitergehenden Spezialisierung ist eine kritische Zusammenfassung der herrschenden und sich bekämpfenden Anschauungen auf Grund einer souveränen Beherrschung des Gegenstandes ein seltenes Ereignis. Daher kann das Buch kaum warm genug empfohlen werden!

W. Roth, Greifswald.

Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. Von Prof. Dr. A. Werner in Zürich. „Die Wissenschaft“, Heft 8; Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1905, XII u. 189 S.

Das Buch beschäftigt sich vorwiegend mit der Valenzlehre und gliedert sich in die drei Hauptabschnitte 1. die Elemente und ihre Systematik. 2. Verbindungen erster Ordnung und die Lehre von der Wertigkeit. 3. Die Verbindungen höherer Ordnung und die Lehre von der Koordination. Der Verfasser sympathisiert im Anfang mit der Auffassung der unitären Materie und sieht in den merkwürdigen Beziehungen, wie sie uns das periodische System der Elemente zeigt, einen zwingenden Grund zur Annahme eines gemeinsamen Ursprungs. Andererseits warnt er mit Recht vor voreiligen Schlüssen, wie sie sich leicht an die Ramsayschen Untersuchungen über die fragliche Entstehung von Helium aus Radium anschließen. Hinsichtlich der Wertigkeitslehre hebt Verfasser als grundlegenden Hauptsatz hervor, daß die Wertigkeit der Elemente nicht konstant, sondern wechselnd sei; er weist aber die Unvollkommenheiten der meisten heutigen Strukturformeln nach, denen die Anschauung von einer wechselnden Anzahl ganzer Valenzen des einzelnen Atoms zugrunde liegt. Auf Grund überzeugender Betrachtungen, beispielsweise auch durch Betonen des Unterschiedes zwischen Valenz und Affinität, gelangt der Verfasser zur Annahme von Restaffinitäten, d. h. zu der Anschauung, daß das Bindevermögen bestimmter Atome — auch dann, wenn es nach der Valenzzahl zu schließen bereits erschöpft ist — noch vielfach einen bestimmten, ungesättigten Restbetrag zeigt, der die Atome befähigt, sich am weiteren Aufbau komplexer Moleküle zu beteiligen. Es werden demgemäß zweierlei Arten von Valenzen „Haupt- und Nebenvalenzen“ unterschieden. Der Verfasser gelangt auf diese Weise zu neuen Vorstellungen über die Konstitution der „Anlagerungsverbindungen“ und weiterhin zur Aufstellung eigenartiger Strukturformeln, die zum Unterschiede von den auf alleiniger Grundlage der gewöhnlichen Valenzlehre abgeleiteten als „Koordinationsformeln“ bezeichnet werden; wodurch angedeutet werden soll, daß verschiedene einfache Moleküle zu einer höheren Einheit koordiniert sind. Der Verfasser sucht seine außerordentlich beachtenswerten Ergebnisse in steten Einklang mit der Ionenanschauung zu bringen; die Schwierigkeiten, die die Annahme von Restaffinitäten bezüglich der Theorie der Elektronenbindung bietet, erscheinen jedoch nicht ganz überwunden. Wie aus dem Gesagten hervorgeht, bewegen sich die Anschauungen des Verfassers ganz auf dem Boden der Atomtheorie und der mechanischen Naturauffassung überhaupt; in erkenntnistheoretischer Hinsicht ist es aber rühmlich anzuerkennen, daß der Verfasser sich bewußt bleibt, seine Vorstellungen über den Molekülbau seien nur zusammenfassende Bilder, von denen man wie von jeder naturwissenschaftlichen Hypothese nur erwarten darf, „daß sie uns, wie Mach sich ausdrückt, eine Ökonomie des Denkens und Beschreibens ermöglichen“.

O. Ohmann.

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1906. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von Hofrat Dr. Josef Maria Eder in Wien. 20. Jahrg. Mit 210 Abbildungen und 31 Kunstbeilagen. 691 S. M. 8,—.

Der neue Jahrgang weist wieder eine erstaunliche Mannigfaltigkeit auf. Über alle Neuerungen und Fortschritte in der gesamten photographischen Praxis wird gewissenhaft berichtet. Von besonderem Wert sind wiederum die vielen Originalbeiträge, deren Zahl gegen 70 beträgt, z. B. über den Nachweis von Edelmetallen in Tonbädern — hier wird für Gold und Platin ein außerordentlich einfaches Verfahren mittels der Boraxprobe beschrieben —, über gelbe, orangerote und grüne Tönung von Bromsilberbildern mittels Bleichromat, über ein neues lichtelektrisches Photometer zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung (von Elster und Geitel), über Astrophotographie u. v. a. Die 31 Kunstbeilagen sind zumeist wirkliche Kunstwerke und legen ein rühmliches Zeugnis ab von dem hohen Stand der heutigen photographischen Technik; die in Drei- bzw. Vierfarbendruck wiedergegebenen Bilder sind besonders reizvoll. Die Anschaffung des Buches ist angelegentlich zu empfehlen.

O. Ohmann.

Erster Unterricht in der Chemie und Mineralogie. Von Prof. M. Rosenfeld an der k. k. Staatsschule in Teschen. Mit 77 Holzschnitten. Wien u. Leipzig, C. Fromme, 1906. 151 S. Geb. 1,60.

Um einen Einblick in die Behandlung des Stoffes zu geben, seien die Überschriften der zehn Hauptkapitel angeführt, wie sie sich aus dem fortlaufenden Text ergeben, da eine „Inhaltsübersicht“ fehlt: 1. Physikalisch-chemische Erscheinungen — hier handelt es sich im wesentlichen um Auflösung fester, flüssiger und gasförmiger Körper — 2. Chemische Synthese. 3. Kristallographie. 4. Im Mineralreich vorkommende Oxyde und Sulfide. 5. Chemische Analyse. 6. Gesetze der chemischen Umwandlung. 7. Salze. 8. Das Wasser. 9. Einteilung der Elemente. 10. Darstellung der Metalle. Anhang: Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Von diesen Kapiteln seien die ersten, die als eigentliche Einführung in ein neues Unterrichtsgebiet naturgemäß von besonderer Wichtigkeit sind, etwas

näher betrachtet. Hier müssen wir von vornherein beanstanden, daß der Grundsatz der Einfachheit im Anfange nicht genügend gewahrt ist. Gleich auf Seite 1 werden zu Lösungsversuchen Bittersalz, Kupfervitriol, Glaubersalz, Soda herangezogen, ohne daß diese dem Schüler im ganzen fremden Körper näher charakterisiert werden; ebenso wird auf der nächsten Seite mit elementarem Jod operiert, ohne daß eine Aufklärung über die Herkunft dieses Stoffes gegeben wird; die geringe Löslichkeit eines weiteren neuen Körpers, des Gipses, wird angeschlossen, wobei bereits auf den Kristallwassergehalt eingegangen wird. Weiterhin wird in diesem ersten, vorbereitenden Kapitel mit absolutem Alkohol, Schwefelsäure, Schwefelkohlenstoff, Brom, Kohlendioxyd, Ammoniak u. a. operiert — alles in allem eine zu große Mannigfaltigkeit des übermittelten Stoffes. Im zweiten Kapitel werden in ähnlicher Weise mit metallischem Natrium und Kalium Versuche angestellt und u. a. Synthesen mit flüssigem und gasförmigem Brom vorgenommen, — kurz, es werden diese Elemente einfach als gegeben betrachtet, anstatt daß sie aus den natürlich vorkommenden Verbindungen abgeleitet werden. Wir müssen uns grundsätzlich gegen ein solches, allerdings früher in akademischen Lehrgängen allgemein übliches Verfahren wenden; die Mängel desselben sind in dieser Zeitschrift wiederholt dargelegt worden. — Auch die experimentelle Seite des Buches zeigt nicht die Höhe, die wir früher von dem Autor gewohnt waren. Um die Bildung von Kochsalz zu zeigen, ist es wohl wenig zweckmäßig, ein Gemenge von 1 g Natrium und 3 g Kochsalz in Chlorgas einzustreuen, — mag auch das Funkensprühen eine hübsche Nebenerscheinung sein, so fehlt doch dem Versuch das Zwingende, das Instruktive. Ferner wird bei der Absorption von Sauerstoff aus der Luft metallisches Magnesium unter der Glasglocke verbrannt und dann gesagt: „Das Volum . . . vermindert sich nach dem Erkalten genau um ein Fünftel“. Dies ist unrichtig; das abgesperrte Luftvolumen verringert sich bei genügender Menge von Metall weit stärker, etwa bis zur Hälfte, da sich nicht nur das Oxyd des Magnesiums sondern auch das Nitrid bildet; Magnesium ist eben für diesen Versuch ganz ungeeignet. Bei den Versuchen tritt oft das demonstrative Moment zu sehr in den Hintergrund. Es erscheint z. B. wenig praktisch, die Entwicklung von Kohlendioxyd aus Soda mittels Salzsäure „in einem Probierröhrchen“ vorzunehmen, um daraus das Gas weiterzuleiten (S. 86); eine Gasentwicklungsflasche ist hier entschieden vorzuziehen. Auch für die Entwicklung von Wasserstoff aus Zink und Schwefelsäure ist das Probierröhrchen (S. 69) zu dürftig, auch zu wenig rationell. In diesen und etlichen anderen Fällen bedeutet das Probierglas keine Vereinfachung, sondern eine Erschwerung des Experimentierens. Die theoretischen Ableitungen sind im allgemeinen zweckentsprechend, doch fehlt z. B. bei der Darlegung der räumlichen Beziehungen jede Veranschaulichung, wie überhaupt die illustrative Seite des Buches nur sehr mäßig ist; auch ist der Satz: „Die durch eine mechanische Teilung erhaltenen, denkbar kleinsten Massenteilchen nennt man Moleküle“ (S. 55) nach mehr als einer Richtung hin zu beanstanden; ebenda ist auch vom „Gesetz“ von Avogadro die Rede. In der Behandlung des sonstigen Stoffes, insbesondere in der Verknüpfung des Chemischen mit dem Mineralogischen lehnt sich das Buch mehrfach an vorhandene Muster an. Im Ganzen vermögen wir in dem Buch besondere Fortschritte in methodischer Hinsicht nicht zu erblicken. O. Ohmann.

Programm-Abhandlungen.

Comenius und der naturwissenschaftliche Unterricht. Von Paul Haller. Realschule mit Progymnasium zu Leipzig, Ostern 1906. 131 S. Pr. Nr. 714.

Der Zweck der Schrift ist, ein einheitliches Gesamtbild davon zu geben, wie sich Comenius den Unterricht über die Dinge der äußeren Natur gedacht hat, und wie er seine Gedanken in die Wirklichkeit umzusetzen versucht hat. Wir haben es hier mit einer sehr ausführlichen und gründlichen Arbeit zu tun. Es werden nacheinander folgende Gegenstände behandelt: I. Der naturkundliche Unterricht in den Schulen nach der Reformation. II. Stand und Entwicklung der Naturwissenschaften bis etwa 1630. III. Neue Strömungen auf dem Gebiete des naturkundl. Unterrichts bis zu Comenius. IV. Comenius in Abhängigkeit von diesen Strömungen. V. Quellen für den naturw. Unterricht bei Comenius. VI. Stellung des n. U. im System des Comenius. VII. Zweck und Ziel des n. U. VIII. Der Stoff des n. U. IX. Die Methode im n. U. X. Der Stoff des n. U. in seinem Verhältnis zu anderen Unterrichtsfächern. XI. Die Praxis des n. U. bei Comenius. XII. Zusammenfassung. XIII. Wirkung der Anschauungen des Comenius auf die pädagogische Theorie. XIV. Wirkung der realistischen Schulbücher des Comenius auf die Praxis des Unterrichts.

Was speziell die Physik betrifft, so kommen aus ihr im wesentlichen nur die Mechanik und die Optik in Frage, und zwar nicht in Form einer mathematischen oder experimentellen Ableitung der Naturgesetze, sondern als eine Vorführung und Gebrauchsanweisung der auf diesen Gesetzen

beruhenden Apparate und Maschinen, aus der Chemie nur die wichtigsten Apparate und Hantierungen der Alchimisten. Daß Comenius sich noch nicht an Galilei und Kepler, sondern an Plinius und Aristoteles anschloß, kann ihm nicht zum Vorwurf gereichen; hat doch der letztere noch bis in das 19. Jahrhundert (bzw. das Jahrhundert XVIII) hinein als Autorität für den Physikunterricht am Gymnasium gegolten. Eine Erschwerung war auch die Verknüpfung des Sachunterrichts mit dem Sprachunterricht, insbesondere mit dem Lateinunterricht. Dadurch wurde der Schwerpunkt immer wieder nach der sprachlichen Seite hin verschoben. Unvergessen muß es dem Comenius bleiben, daß er, wie für Anschauung überhaupt, so im besondern auch für naturwissenschaftliche Sammlungen, für Schulgärten und Schulspaziergänge aufs kräftigste eintrat.

P.

Bilder aus dem naturwissenschaftlichen, besonders dem biologischen Unterricht an Königsberger Gelehrtschulen. Von Bernhard Landsberg. Kgl. Wilhelms-G. zu Königsberg 1906. 53 S. Pr. Nr. 7.

Der Verfasser entwirft zwei Bilder aus der Geschichte des Königsberger Friedrichs-Kollegiums, das eine betrifft den naturwissenschaftlichen Unterricht unter von Wald, der von 1790 an Direktor der Anstalt war und ein enzyklopädisches Bildungsideal vertrat, das zweite die Tätigkeit seines Nachfolgers Gotthold, unter dem die Anstalt zu einem humanistischen Gymnasium umgeschaffen wurde. Gegensätze, die noch heute nicht ausgeglichen sind, spielen bereits in jenen Zeiten eine bedeutsame Rolle. Länger als anderswo erhielt sich gleichwohl an dieser Anstalt ein Universalismus, der erst unter Gottholds Nachfolger unter dem Motto der Rückkehr zur alten Einheit und Einfachheit auf Kosten des realistischen Unterrichts befriedigt wurde. Der Verfasser schließt seine lezenswerte Darstellung mit dem Hinweis auf die Notwendigkeit der Einführung von Schulgärten.

P.

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Thermoelktrizität. Teil IV. Von der Mitte des vorigen Jahrhunderts bis zur Neuzeit. Beiträge zur Geschichte der Physik von Prof. Streit. Realschule zu Wittenberge, 1906. Pr. Nr. 166.

Anschließend an die früheren Veröffentlichungen (vgl. d. Zeitschr. XIX 53) gibt der Verfasser Auszüge aus Arbeiten von Magnus, Frankenheim, Clausius, Avenarius, Tait, F. Kohlrausch, W. Weber, v. Waltenhofen, E. Budde, Hoorweg, Haga, Boltzmann, Lorberg, Planck, Braun. Am Schluß spricht er sich gegen die Unterscheidung von umkehrbaren und nicht umkehrbaren Prozessen aus, wofür er jedoch nicht auf Zustimmung von seiten der Physiker wird rechnen dürfen.

P.

Beobachtungen veränderlicher Sterne. Von J. Plabmann. Achter Teil. Gymnasium zu Münster i. W. 1906. 22 S.

Die Veröffentlichung schließt sich an frühere desselben Verfassers an, der als einer der ersten Kenner dieses Gebietes gilt. Am Schluß finden sich Bemerkungen für den Anfänger, in denen auch auf des Verfassers Abhandlung im Programm des Warendorfer Gymnasiums von 1895 verwiesen wird.

P.

Die Anwendung der Photographie in der Astronomie. Von Prof. Sauerborn. Realschule zu Geisenheim, Ostern 1906. 16 S. Pr. Nr. 517.

Der Verfasser bespricht kurz die Verwendung der Photographie auf dem astronomischen Gebiete bis zur Erfindung des Doppelrefraktors der Brüder Henry, und behandelt dann nacheinander die photographische Aufnahme des Fixsternhimmels, die Erweiterung unserer Kenntnisse von den Sternhaufen und Nebelflecken, die Ermittlung der Parallaxen der Fixsterne, die Ergebnisse der spektroskopischen Durchmusterung der Sterne, endlich die Anwendung der Photographie auf Sonne, Mond und Planeten.

P.

Über Rollbewegungen. Von E. Jancke. Löbenichtsche Realschule zu Königsberg i. P., Ostern 1906. 42 S. Pr. Nr. 25.

Der Verfasser behandelt das Problem: Wie rollt ein Körper von irgend einer Gestalt auf irgend einer Fläche? Mit Hilfe von Quaternionen wird erst die phoronomische, dann die dynamische Seite des Vorgangs bearbeitet und danach werden die Ergebnisse auf einige Spezialfälle angewandt, nämlich auf eine homogene Kugel, die auf einer horizontalen Ebene rollt, dann eine Kugel auf einer beliebigen Fläche und insbesondere auf einer schiefen Ebene, eine Kugel in einem wagerechten Kreiszyylinder, in einer Rotationsfläche mit vertikaler Achse und in einem vertikalen Kreiszyylinder. Erörtert wird zum Schluß noch das Rollen eines Rotationskörpers auf wagerechter Ebene. Beziehungen zur Kreiselbewegung werden am Schluß angedeutet.

P.

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin.

Vom 2. bis 13. Oktober 1906.

An dem Kursus nahmen, unter der Leitung des Herrn Geh. Regierungsrats Dr. Vogel, 37 Herren aus Preußen (mit Ausnahme der Provinz Posen, wo gleichzeitig ein eigener Ferienkursus stattfand) und 2 Herren aus Bremen teil.

A. Vorträge: 1. Dr. Stahlberg: Die moderne Meeresforschung, 2 mal 2 St. 2. Prof. Dr. Brauer: Augen und Leuchtorgane der Tiefseefische, 2 St. 3. Prof. Dr. Börnstein: Die Wetterkunde im Unterricht, 2 mal 2 St. 4. Assistent Volkmann: Lichtbeugungen und Interferenzerscheinungen in objektiver Darstellung, 2 St. 5. Prof. Dr. Frank: Die Nutzbarmachung des atmosphärischen Stickstoffs für Landwirtschaft und Industrie, 2 St. 6. Dr. Franz Fischer: Über den Verlauf chemischer Reaktionen bei hoher Temperatur, 2 St. 7. Prof. Dr. Diels: Über ein neues Oxyd des Kohlenstoffs, 2 St. 8. Dr. Donath: Die Fortschritte der Photographie in natürlichen Farben, 2 St. 9. Oberlehrer Heinrich Fischer: Reiseeindrücke aus Nordamerika unter besonderer Berücksichtigung der Erdbebengebiete, 2 St.

B. Übungen: Prof. Hahn: Apparatenkunde für physikalische Schülerübungen und Übungen in der Herstellung einschlägiger Apparate. — Prof. Bohn: Schulversuche aus dem Gebiete der Mechanik und der Molekularphysik. — Prof. Dr. Böttger: Übungen und Demonstrationen über die chemischen Wirkungen des Stromes und die Vorgänge in den galvanischen Elementen. — Prof. Dr. Kolkwitz: Praktische Übungen aus dem Gebiete der Mikroskopie, Entwicklungsgeschichte und Physiologie der Pflanzen. — Oberlehrer Dr. Röseler: Praktische Übungen in der Biologie der Tiere verbunden mit der Anleitung zur Herstellung zoologischer Präparate. — Mechaniker und Optiker Hintze: Praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt (Doppelkursus). Die Dauer jedes Übungskursus betrug 7 mal 2 Stunden. Die mit dem Kursus verbundene Ausstellung umfaßte Lehrmittel für Botanik und Zoologie. Den Schluß bildete eine geologische Exkursion nach dem Kyffhäuser unter Führung von Prof. Dr. Scheibe.

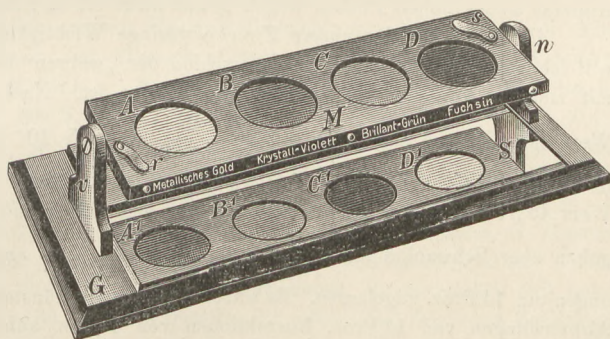
R. H.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Kleiner Apparat für Oberflächenfarben nach Prof. H. Hartl.

Von Joh. Umann in Tiefenbach a. d. Desse, Böhmen.

Die in der Figur dargestellte Vorrichtung zeigt die Oberflächenfarben dünner Schichten von Metallen und Farbstoffen in dem interessanten Kontraste zu den Farben des durchgelassenen Lichtes. Auf einem drehbaren Brettchen *M* sind in kreisförmigen Öffnungen vier Glasplättchen eingesetzt, welche mit Blattgold und drei verschiedenen Teerfarbstoffen belegt sind. Diese Plättchen *A*, *B*, *C* und *D* erscheinen im reflektierten Lichte goldglänzend, messingfarben, kupferrot und goldiggrün, während ihre im Spiegel *S* sichtbaren Spiegelbilder *A'*, *B'*, *C'* und *D'* die Farben des durchfallenden Lichtes, nämlich graugrün, violett, smaragdgrün und rot, zeigen. Der scharfe Kontrast zwischen den lebhaften Farben des reflektierten und des durchgelassenen Lichtes tritt infolge der gleichzeitigen Beobachtung beider besonders schön hervor. Durch den kleinen Apparat finden die üblichen Kollektionen fluoreszierender und phosphoreszierender Körper eine nicht unwichtige Ergänzung. Der Apparat wird postfrei für M 6,— geliefert.



Ein Spinhartfiskop (D. R. G. M. Nr. 273476) wird von B. Jost in Duisburg angefertigt. In ein kurzes Metallrohr ist ein knieförmig gebogener Radiumträger eingesetzt, an den ein kleiner Kristall von Radiumbromid mit Hilfe eines Schellackkitts befestigt ist. An dem einen Ende befindet sich ein gutes Vergrößerungsglas, an das andere kann ein Zinksulfidschirm oder ein Baryumplatin-cyanürschirm angeschraubt werden. Mit dem ersteren zeigt man das Szintillieren, mit dem letzteren die Fluoreszenzwirkungen. Die Ionisierung der Luft kann durch die langsame Entladung eines

Elektroskops nachgewiesen werden. Genaue Anweisung zu allen Versuchen gibt ein Schriftchen von Prof. Dr. ATHENSTÄDT in Duisburg, das dem Apparat beigegeben wird. Der Preis für ein Spinthariskop besserer Ausführung beträgt M 60, für ein einfaches, das aber ebenfalls das Szintillieren und die Zerstreung der Elektrizität zeigt, M 20.

Korrespondenz.

Im letzten Heft der Zeitschrift hat Herr GRIMSCHL das Örstedsche Piëzometer in einer veränderten Form dargestellt, die bloß bis zu einem Druck von 1 Atm. zu gehen gestattet, während bei der ursprünglichen Form wohl gewöhnlich etwa 8 Atm. anzuwenden sind. Er gibt an, daß er genaue Messungen damit angestellt und richtige Resultate gewonnen hat. Aber solche können durch seinen Apparat so wenig wie durch die alte Örstedsche Form gewonnen werden. Beide gestatten nur den Nachweis, daß Wasser kompressibel ist, aber nicht wie stark. Herr GRIMSCHL meint, das innere Volumen der Birne bleibe unverändert, weil der Druck von außen und innen gleich sei. Das ist nicht richtig. Bringt man einen Glaswürfel in ein tiefes Meer, 50 m unter den Wasserspiegel, oder unter einen Druck von 6 Atm., so wird aus ihm ein ähnlicher Körper, dessen Kante ein wenig verkleinert ist. Bringt man einen massiven Glaskörper von anderer Gestalt in die Tiefe des Meeres, so nimmt er eine geometrisch ähnliche Gestalt an, ändert also sein Volumen in demselben Maße wie der Würfel. Hat der Körper die Gestalt des Glases einer offenen Glasflasche, so ändert sich das innere Volumen so, wie ein massiver Glaskörper sich ändern würde, der es gerade ausfüllen könnte. Es treffen hier dieselben Betrachtungen zu, die man anstellt, wenn man fragt, ob das Innere einer Flasche bei Erwärmung größer oder kleiner wird. Der Örstedsche Apparat gibt also nur die Differenz zwischen der Ausdehnung des Glases und des Wassers. Wirkliche Bestimmungen erfordern ein Gefäß, welches man auch einseitig unter Druck setzen kann, und Anwendung der Theorie der Elastizität.

M. Koppe, Berlin.

Die von Herrn KOPPE gemachte Bemerkung, daß das Volumen eines Gefäßes sich bei allseitigem Drucke infolge der räumlichen Elastizität ändert, ist so selbstverständlich, daß ich es nicht für nötig hielt, dies bei der Beschreibung meines Piëzometers ausdrücklich hervorzuheben, besonders da in allen größeren und in vielen kleineren Physikbüchern (z. B. auch Warburg, Experimentalphysik S. 86) diese von Herrn KOPPE gemachten Bemerkungen enthalten sind und daher genügend bekannt sein sollten. Herr KOPPE scheint aber nicht beachtet zu haben, daß der von mir veröffentlichte Apparat ein Unterrichtsapparat ist, mit dem man in wenigen Minuten mit einer für Unterrichtszwecke hinreichenden Genauigkeit die Kompression des Wassers messen kann, was bei der Örstedschen Form des Apparates gewiß viel mehr Zeit in Anspruch nimmt, ganz abgesehen davon, daß der Örstedsche Apparat seines hohen Preises wegen gewiß nicht oft in Schulsammlungen vorhanden sein wird.

Um aber die für unsere Zwecke geringe Wichtigkeit des KOPPESchen Einwandes darzutun, will ich angeben, wie groß der Unterschied der „wahren“ Kompression gegenüber der „scheinbaren“, mit meinem Apparate gemessenen Kompression ist. Nach meinen Messungen beträgt der mittlere Wert beim Drucke einer Atmosphäre $\frac{1}{23000} = 43,5 \cdot 10^{-6}$. Der räumliche Kompressionskoeffizient des Glases beträgt $1,8 \cdot 10^{-6}$. Hieraus folgt als „wahrer“ Kompressionskoeffizient des Wassers der Wert $45,3 \cdot 10^{-6}$. Der Unterschied beträgt also annähernd 4 Proz. Nun habe ich bei meinen Angaben aber Schwankungen zwischen $\frac{1}{21000}$ und $\frac{1}{24000}$ angegeben, also Abweichungen der Messungen um 14 Proz. zugelassen. Es wäre doch etwas gekünstelt, wollte ich bei den von mir zugegebenen Abweichungen von 14 Proz. Korrekturen von 4 Proz. anbringen. Ich verlange von einem Unterrichtsapparat, daß er einfach ist und trotzdem einen für Unterrichtszwecke hinreichenden Grad der Genauigkeit der Messungen hat. Das hat aber zur Folge, daß gewisse vereinfachende Annahmen zugelassen werden. Was würde man wohl sagen, wenn man im Unterricht jede Wägung eines Körpers für falsch erklärte, weil der Auftrieb des Körpers in der Luft nicht berücksichtigt ist; das wahre Gewicht aber direkt nur im luftleeren Raume bestimmt werden kann?

E. Grimschl.

Zu dem thermoakustischen Phänomen, das von H. Pflaum in Riga im vorigen Heft der Zeitschrift S. 26 in Erinnerung gebracht wird, erlaube ich mir folgende Mitteilungen zu machen: „Mit diesem Phänomen beschäftigten sich experimentell und theoretisch vor Sondhaus die Physiker Pinaud und Marx. Das mathematische Problem, das es bietet, wurde 1873 von Bourget gelöst.

Die betreffende Abhandlung: *Théorie mathématique des expériences de Pinaud, relatives aux sons rendus par les tubes chauffés* findet sich im ersten Bande des *Bulletin de la société mathématique de France*. Ein ähnliches Problem bietet der Klang einer schon im 16. Jahrhundert erfundenen Orgelpfeife, der Rohrflöte, die sich von der bekannten, gedeckten zylindrischen und metallischen Labialpfeife dadurch unterscheidet, daß in den Deckel ein beiderseits offenes Röhrchen eingefügt ist. Die experimentelle und theoretische Untersuchung ihres Klanges findet sich in den *Nova Acta* der Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher *Bd. XLVII Nr. 1* und in den *Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge, Bd. XXVIII Nr. 9*. Gerhardt, Potsdam.

Sonderhefte der Zeitschrift. Von den Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft erschien Heft 2 des zweiten Bandes: Experimentelle Einführung der elektromagnetischen Einheiten von Prof. E. GRIMSEHL. Mit 23 Figuren. 41 S. M 1,60.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

H. von Helmholtz, Vorlesungen über theoretische Physik. Bd. IV. Herausg. von O. Krigarmenzel und M. Laue. Mit 30 Fig. 406 S. Leipzig, J. A. Barth, 1907. M 16, geb. M 17,50. — **Ostwalds Klassiker**, No. 152: Th. von Grotthuss, Abhandlungen über Elektrizität und Licht. 198 S. M 3,—. No. 157: A. Toepler, Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode. 61 S. M 1,50. No. 158: A. Toepler, Beobachtungen nach der Schlierenmethode. 102 S. M 3,—. Leipzig, W. Engelmann. — **H. Hahn**, Physikalische Freihandversuche. II. Teil: Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase. Mit 569 Fig. 293 S. Berlin, O. Salle, 1907. M 5,—. — **A. Sattler**, Leitfaden der Physik und Chemie. 31. Aufl. Mit 291 Fig. 255 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn 1906. M 1,35, geb. M 1,50. — **G. W. Berndt** und **C. Boldt**, Physikalisches Praktikum. II. Teil: Elektrische Messungen. Halle a. S., C. Marhold, 1906. 277 S. M 3,—. — **F. P. Treadwell**, Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. In 2 Bänden. II. Bd.: Quantitative Analyse. Mit 109 Abb. 4. Aufl. 639 S. Leipzig, F. Deuticke, 1907. M 11,—. — **H. Kauffmann**, Anorganische Chemie. Volkshochschulvorträge. Mit 4 Abb. 179 S. M 3,60. — **E. Wedekind**, Organische Chemie. Volkshochschulvorträge. Mit 1 Abb. 164 S. Stuttgart, Ferd. Enke, 1907. M 3,40. — **H. Böttger**, Lehrbuch der Nahrungsmittel-Chemie. 3. Aufl. Mit 22 Fig. 901 S. Leipzig, J. A. Barth. 1907. M 16,—, geb. M 17,—. — **W. Autenrieth**, Qualitative chemische Analyse. Mit 9 Abb. 2. Aufl.: 227 S. Tübingen, J. C. B. Mohr, 1907. M 5,—, geb. M 6,—. — **A. Holland** und **L. Bertiaux**, Metall-Analyse auf elektrochemischem Wege. Deutsche Ausgabe von F. Warschauer. Mit 11 Abb. 127 S. Berlin, M. Krayn, 1907. — **M. van Deventer**, Physikalische Chemie für Anfänger. Mit einem Vorwort von J. H. van 't Hoff. 3. Aufl. 161 S. Leipzig, W. Engelmann. M 4,—. — **K. Scheid**, Praktischer Unterricht in Chemie. 79 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 1,40. — Aus Natur und Geisteswelt: 21. Bändchen. R. Vater, Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen. Mit 34 Abb. 2. Aufl. 149 S. M 1,75. 108. Bändchen. W. Brüsch, Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Mit 155 Abb. 164 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 1,25. — **Sammlung Götschen**: A. Geitz, Metallurgie. I. Teil: Mit 10 Fig. 171 S., und II. Teil: 160 S. Mit 11 Fig. Leipzig, G. J. Götschen, 1907. à 80 Pf. — **P. Stephan**, Die technische Mechanik. II. Teil: Festigkeitslehre und Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper. Mit 200 Fig. 332 S. Leipzig, B. G. Teubner. M 7,—. — **J. Zanietowski**, Die Kondensatormethode, ihre klinische Verwendbarkeit usw. 96 S. Leipzig, J. A. Barth, 1906 M 2,80. — **F. König**, Ernstes und Heiteres aus dem Zauberreiche der Wünschelrute. 79 S. Leipzig, O. Wigand, 1907. M 1,50. — **J. G. Schoen**, Anleitung für die Manipulationen bei den barometrischen Höhenmessungen. 18 S. Leipzig, F. Deuticke, 1907. M 1,—. — **O. Lippmann**, Zeichengeräte und Lehrmittel. 32 S. O. Lippmann, Dresden. M —,60. — **F. Harrwitz**, Adreßbuch der deutschen Präzisionsmechanik und Optik. III. Aufl. 371 S. Berlin, Verlag der Fachzeitschrift „Der Mechaniker“, 1906. M 8,—, geb. M 10,—. — **H. Jansen**, Rechtschreibung der naturwissenschaftlichen und technischen Fremdwörter. 122 S. Berlin, G. Langenscheidt. Geb. M 1,75.

Sonderabdrücke: Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Von E. Wiedemann. VII, VIII, IX, S.-A. Sitzsber. der phys.-med. Soz. in Erlangen, Bd. 38 (1906). — Zur Physik bei den Arabern. Von E. Wiedemann. S.-A. Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1906. W. Knapp, Halle a. S. — Ibn al Haitam, ein arabischer Gelehrter. Von E. Wiedemann. S.-A. Festschrift für J. Rosenthal, (Leipzig, G. Thieme), 1906. — Heinrich Rudolf Hertz. Zum 22. Februar 1907. Von Max Iklé. S.-A. Himmel und Erde XIX (1907).

Himmelserscheinungen im April und Mai 1907.

♄ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	April						Mai						
	4	9	14	19	24	29	4	9	14	19	24	29	
♄	AR	23 ^h 21 ^m	23 32	23.48	0. 9	0.32	0.59	1.28	2. 0	2.36	3.17	4. 1	4.47
	D	- 5 ^o	- 5 ^o	- 4 ^o	- 2 ^o	- 0 ^o	+ 3 ^o	+ 7 ^o	+ 10 ^o	+ 14 ^o	+ 18 ^o	+ 21 ^o	+ 24 ^o
♀	AR	22 ^h 20 ^m	22.42	23. 5	23.27	23.49	0.11	0.33	0.55	1.17	1.40	2. 3	2.26
	D	- 11	- 9	- 7	- 5	- 3	- 1	+ 2	+ 4	+ 6	+ 8	+ 11	+ 13
☉	AR	0 ^h 50 ^m	1. 8	1.27	1.45	2. 4	2.23	2.42	3. 1	3.20	3.40	4. 0	4.20
	D	+ 5	+ 7	+ 9	+ 11	+ 13	+ 14	+ 16	+ 17	+ 18	+ 20	+ 21	+ 21
♂	AR	18 ^h 6 ^m	18.16	18.25	18.35	18.43	18.51	18.59	19. 5	19.11	19.16	19.20	19.22
	D	- 24	- 24	- 24	- 24	- 24	- 24	- 24	- 24	- 24	- 24	- 25	- 25
♃	AR		6.17		6.22		6.29		6.37		6.45		6.53
	D		+ 24		+ 23		+ 23		+ 23		+ 23		+ 23
♄	AR	23 ^h 29 ^m						23.41					
	D	- 5						- 4					
☉	Aufg.	5 ^h 32 ^m	5.21	5. 9	4.58	4.47	4.37	4.27	4.18	4. 9	4. 2	3.55	3.49
	Unterg.	18 ^h 36 ^m	18.44	18.53	19. 2	19.10	19.19	19.27	19.36	19.44	19.51	19.59	20. 5
☾	Aufg.	0 ^h 35 ^m	4.33	6.21	9. 4	14.21	21. 0	1.29	3.46	5.41	9.45	15.45	22.26
	Unterg.	8 ^h 57 ^m	14.38	20.42	0.49	3.43	5.38	9.55	16. 9	21.46	0.51	2.50	5.29
Sternzeit im mittl. Mittg.		0 ^h 46 ^m 28 ^s	1. 6.11	1.25.53	1.45.36	2. 5.19	2.25. 2	2.44.44	3. 4.27	3.24.10	3.43.53	4. 3.36	4.23.18
	Zeitgl.	+ 3 ^m 20 ^s	+ 1.53	+ 0.33	- 0.40	- 1.43	- 2.35	- 3.14	- 3.38	- 3.49	- 3.45	- 3.27	- 2.57

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	April 12, 20 ^h 6 ^m Mai 12, 9 ^h 59 ^m	April 20, 21 ^h 38 ^m Mai 20, 14 ^h 28 ^m	April 28, 7 ^h 5 ^m Mai 27, 15 ^h 18 ^m	April 5, 16 ^h 20 ^m Mai 4, 22 ^h 53 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	unsichtbar	nur noch etwa 1/4 Stunde lang morgens sicht- bar	morgens etwa 2 1/2 Std. lang im Schützen sichtbar	abends in den Zwillingen 5 bis 3 3/4 Std. lang sichtbar	unsichtbar
im Mai	unsichtbar	wie im April	wie im April	die Sichtbar- keitsdauer sinkt bis auf 1 Std.	wird gegen Ende d. Monats morgens in den Fischen sichtbar

Phänomene der Jupitermonde	April				Mai			
	2	3	9	10	14	16	18	27
	19 ^h 53 ^m	20 22 50	21 48 40	22 58 19	21 1 45	23 44 14	21 ^h 24 ^m 8 ^s	21 22 4 0
	2 ^s M.E.Z.	I A	II A	III A	I A	II A	III A	IV A
							21 21 54 12	III E
							22 22 4 0	I A
							12 22 38 51	II A
							25 22 18 34	I A
							27 21 6 24	III A

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

April 1	20 ^h	♃ Cephei-Min.	April 16		R Lyrae-Min.	April 24	19 ^h 51 ^m	♃ Librae-Min.
3	20	♄ Aquilae-Max.		21 ^h 49 ^m	Algol-Min.		25 23	X Sagitt.-Max.
	21	♃ Librae-Min.		17 20 17	♃ Librae-Min.	Mai 9		R Lyrae-Max.
10	20 43	♃ Librae-Min.		19 18 38	Algol-Min.		24	X Sagitt.-Max.
11	23	X Sagitt.-Max.		20 20	W Sagitt.-Min.		16 22	♄ Aquilae-Max.
15	20	♄ Aquilae-Min.		22	♃ Gemin.-Min.		23 24	X Sagitt.-Max.
	21	♃ Gemin.-Min.		23 20	W Sagitt.-Max.		28 21	♄ Aquilae-Min.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.