

Ernst Mach.

Geb. 18. Februar 1838, gest. 19. Februar 1916.

Nachruf von A. Höfler.

„Die Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht ist ERNST MACH zu unauslöschlichem Dank verpflichtet. Nicht besser könnten wir beim Beginn eines neuen Jahrganges die Erinnerung an die nun schon weit zurückliegenden Anfänge unserer Zeitschrift¹⁾ erneuern, als indem wir das Bleibende der reichen Anregung, die MACH neben seiner Forschertätigkeit auch dem physikalischen Unterricht hat zuteil werden lassen, angesichts seiner jüngsten Veröffentlichung²⁾ abgrenzen gegen manche seiner nicht didaktischen, sondern rein theoretischen, speziell erkenntnistheoretischen Lehren. Denn diese bilden noch heute für physikalische und philosophische Forscher einen Gegenstand lebhaften Streites, nachdem sie seit mehr als zwei Jahrzehnten „der Parteien Haß und Gunst“ auf sich gelenkt hatten. Um gegen diesen Streit manche didaktische Leistungen sicherzustellen, wird es nötig sein, einige der Streitpunkte selbst in Erinnerung zu bringen und gegen einander abzugrenzen.“

Mit diesen Worten haben wir an der Spitze des 23. Jahrganges im Januarheft 1910 (S. 1 bis 16) die Abhandlung „Zur Geschichte und Wurzel der MACHschen Philosophie“ eingeleitet. Nun kam nach Abschluß des ersten Heftes 1916 die tiefbetäubende Nachricht von MACHS Tod. Wie vieles sonst für getrennt Geltende — Physik, Physiologie, Philosophie, Wissenschaftsgeschichte — dieses nun abgeschlossene Leben umfaßt hat, vernahm nicht nur die wissenschaftliche Welt, sondern auch die weiteste Öffentlichkeit aus zahlreichen Nachrufen. Von ihnen seien hier genannt die „Erinnerungen an ERNST MACH von JOSEF POPPER-LYNKEUS³⁾“, die so beginnen und schließen: „Es ist keine Übertreibung, wenn wir sagen: Ein Mensch erster Ordnung ist von uns gegangen.“ „Und zum Schluß einige Mitteilungen über MACH als Privatmann. Wer MACH kannte oder eine gute Photographie von ihm sah, bekam den Eindruck einer angenehmen, höchst gutmütigen und dabei geistig energischen Physiognomie; selbst der Ton seiner Stimme hatte etwas von Sanftheit und Güte in sich. Ich ging mehr als ein halbes Jahrhundert mit MACH um und konnte ihn in seinem wissenschaftlichen, wie in seinem privaten Charakter genau genug beobachten. Ich fand, daß er gegen jeden, der ihm in die Nähe kam, ob es ein berühmter, gelehrter oder ganz ungebildeter Mann war, stets gleich freundlich und wohlwollend war, voll Milde, tolerant gegen jede, ihm noch so antipathische Ansicht und vor allem selbst in der Zeit seiner vollsten Berühmtheit von der vollkommensten, natürlichen Bescheidenheit. Ich lernte niemals einen Menschen kennen, der in der privaten, wie in

¹⁾ Ihr erster Jahrgang (1887—1888) trug den Untertitel: „Unter der besonderen Mitwirkung von Dr. E. Mach, Professor an der Universität Prag und Dr. B. Schwalbe, Professor und Direktor des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums in Berlin, herausgegeben von Dr. F. Poske.“ — Mach trat als Mitherausgeber zurück am Ende des Jahres 1901, in dem der andere Mitherausgeber B. SCHWALBE aus dem Leben geschieden war. Er glaubte, durch seine wissenschaftliche Tätigkeit immer stärker in Anspruch genommen, der Zeitschrift nicht mehr seine Mitarbeit widmen zu können und schlug selbst den Verfasser obiger Zeilen als seinen Nachfolger vor. — P.

²⁾ Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Zweiter unveränderter Abdruck nach der in Prag 1872 erschienenen ersten Auflage. Leipzig, J. A. Barth, 1909.

³⁾ Neues Wiener Tagblatt vom 23. Februar 1916.

der öffentlichen Diskussion eine solche Gesittung bewiesen hätte, niemals hielt er sich an oder gegen die Person, stets nur an die Sache, und in seinen Schriften war er in Anerkennung der Leistungen anderer von der höchsten Redlichkeit und Bereitwilligkeit.“

Aus dem menschlich und gedanklich überreichen Leben des weisen, gütigen Mannes darf diese unsere Unterrichtszeitschrift nur einen scheinbar ganz kleinen Teil herausheben: nicht MACH als Physiker, als der er 30 Jahre lang an der Universität Prag gewirkt, bis zur Übernahme der philosophischen Lehrkanzel in Wien 1895, — nicht MACH als Philosoph, dem jener Aufsatz in dieser Zeitschrift 1910 gegolten hat — sondern MACH als Didaktiker ist an dieser Stelle noch einmal unseren, namentlich den jüngeren Lesern nahe zu bringen: nicht als ein Gewesener, sondern als Einer, dessen Saat im physikalischen und mit ihm in allem Wirklichkeitsunterricht immer erst noch Wurzel zu schlagen und den ganzen Geist dieses Unterrichtes zu befruchten berufen ist. Die Ernte dieses Weiterpflegens von Machs Lebenswerk ist noch nicht heimgebracht — an seinem Grabe pflanzen wir die Hoffnung auf, daß erst künftig seine Saat ganz aufblühen und fruchten werde.

Daß dieser Teil von MACHS Denken und Wollen aber auch innerhalb seines eigenen Lebenswerkes kein kleiner, unbeträchtlicher, vielmehr ein für MACHS ganzes Wesen sehr charakteristischer gewesen ist, werden die nachfolgenden Darlegungen zu zeigen und dabei Einiges weiterzuführen suchen, was ich in dem eingangs angeführten Aufsatz über MACH als Philosophen damals in größerem Zusammenhang nur angedeutet hatte. Diese Einschätzung des Gewichtes, das wir dem didaktischen Denken und Wirken Machs beilegen, kann diese unsere Zeitschrift durchaus objektiv am unmittelbarsten belegen, indem wir hier aus dem allerersten Aufsatz, der unseren ersten Jahrgang (1887) eröffnet hat, die allgemeine Einleitung wieder abdrucken:

„Über den Unterricht in der Wärmelehre. Von Prof. Dr. Ernst Mach in Prag.

„Ohne Zweifel hat in den letzten Dezennien die didaktische Methode bedeutende Fortschritte gemacht. Betrachten wir aber als Hauptzweck des naturwissenschaftlichen Elementarunterrichts nicht sowohl die Erwerbung einer Summe positiver Kenntnisse, als vielmehr eine gewisse Erziehung im Beobachten und besonders im naturwissenschaftlichen Denken, die Gewöhnung an ein feineres logisches Verfahren, so finden wir an vielen der gangbaren elementaren Darstellungen der Wärmelehre bei aller ihrer Vortrefflichkeit mancherlei auszusetzen.

Wenn z. B. gleich zu Anfang die „Wärme“ als „Ursache der Wärmeerscheinungen“ eingeführt wird, wenn alsbald vom „Wesen der Wärme“ die Rede ist, so müssen wir uns fragen, welchen Vorteil es gewähren kann, zu den klaren Tatsachen sofort ein unbekanntes müßiges Etwas hinzuzufügen und dasselbe mit einem Namen zu belegen? Was sollen wir denken, wenn wir gelegentlich hören, daß die Gase sich „proportional der (hypostasierten) Temperatur ausdehnen“, nachdem wir zuvor die Temperaturzahlen willkürlich den Volumenzuwächsen der Gase zugeordnet haben? Mit welchem Gewissen stellen wir dem Schüler die „Wärmeeinheit“ vor als die „Wärmemenge, welche nötig ist, ein Kilo Wasser um 1°C zu erwärmen“, wobei der neue Begriff nicht erläutert, sondern als selbstverständlich und schon vorhanden eingeführt wird? Oder wird der Unterricht vielleicht zweckmäßiger, wenn, wie es zuweilen geschieht, zur Vermeidung der bezeichneten Verschwommenheiten gar mit $\frac{1}{2}\text{ mv}^2$ begonnen wird?

Wir dürfen uns dieser Dinge wegen keine zu starken Vorwürfe machen. Es sind natürliche Überreste der scholastischen Methode unserer Vorfahren, deren Verstand bei aller seiner Schärfe immer nur vom Dogma ausging und wieder zum Dogma zurückkehrte. Diese Dinge werden alsbald verschwinden, wenn wir sie mit schärferer Aufmerksamkeit betrachten.

Wie ich glaube, hat man sich schon beim Elementarunterricht gegenwärtig zu halten, daß das Objekt der Naturwissenschaft die Tatsachen sind, der Begriff hingegen das Mittel, um die Tatsachen in Gedanken darzustellen. Zur Tatsache führen die Beobachtung und das Experiment, deren Wert für den Unterricht nicht hoch genug angeschlagen werden

kann. Der physikalische Begriff, mit welchem wir uns hier einen Augenblick beschäftigen wollen, entsteht unter dem Eindruck gewisser Tatsachen oft instinktiv. Der Begriff wird also im Unterricht am zweckmäßigsten unter dem Eindruck derselben Tatsachen historisch entwickelt. Nur werden wir, weil wir nach einem bewußten Besitz streben, uns klar machen, warum und zu welchem besonderen Zweck der Begriff entstanden ist, wodurch wir die Freiheit erlangen, den Begriff unter veränderten Umständen wieder umzuformen oder durch einen neuen zu ersetzen. Es sei fern von mir, didaktisch erfahrenen und erprobten Männern hier im einzelnen darlegen zu wollen, wie sie den Unterricht anzulegen haben. Ich möchte aber an einfachen Beispielen, an den Begriffen, Temperatur und Wärmemenge, erläutern, welche Gedanken man sich nach meiner Meinung gegenwärtig halten muß, um in der Schule mit dem Richtigen und wahrhaft Nützlichen nicht auch Unrichtiges und Überflüssiges zu bieten, welches ja weniger selbständigen Köpfen zu ihrem Schaden oft lebenslänglich haften bleibt.

Die tastende Hand empfindet die uns umgebenden Körper kalt, kühl, lau, warm und heiß. Wir nennen diese Reihe der Empfindungen: Wärmeempfindungen. Körper, die uns besondere Wärmeempfindungen erregen, zeigen auch ein bestimmtes Verhalten gegen andere Körper. Ein heißer Körper sinkt schmelzend in Wachs ein, bringt einen Wassertropfen zischend zur Verdampfung, oder wird leuchtend (glühend). An einem sehr kalten Körper erstarrt ein Wassertropfen zu Eis. Ein warmer Körper erwärmt bei Berührung einen kalten usw.

Den Inbegriff jenes physikalischen Verhaltens eines Körpers, welches wir zunächst als an die besondere Wärmeempfindung geknüpft erkennen, die er uns erregt, nennen wir seinen Wärmezustand.

Dasselbe (laue) Wasser kann der rechten Hand, welche eben in heißes Wasser tauchte, kalt und der linken Hand, die sich zuvor in kaltem Wasser befand, warm erscheinen. Es wäre natürlich ganz verkehrt zu sagen: Der Körper, welcher uns warm erscheint, ist eigentlich kalt, oder umgekehrt. So lange es sich nur um die Wärmeempfindung handelt, hat lediglich der Wärmesinn zu entscheiden. Kommt es uns aber auf das physikalische Verhalten eines Körpers an, auf seine Beziehung zu anderen Körpern, so ist die Wärmeempfindung deshalb ein unzuverlässiges Merkmal dieses Verhaltens, weil dieselbe nicht nur von dem Körper, sondern auch von den schwer kontrollierbaren Zuständen des Empfindungsorgans abhängt. Es ist deshalb zweckmäßig, sich nach einem einfacheren zuverlässigeren Merkmal oder Zeichen des Wärmezustandes umzusehen, bei welchem der Einfluß zufälliger oder fremdartiger Umstände leichter auszuschließen ist.

Als ein sehr brauchbares Zeichen des Wärmezustandes eines Körpers erkannte Galilei das Volum desselben. Das Volum des Körpers wächst im allgemeinen, wenn er uns wärmer erscheint. Zwar ändert sich mit dem Wärmezustand eines Körpers auch dessen galvanischer Leitungswiderstand, dessen Stellung in der thermo-elektrischen Spannungsreihe, dessen Brechungsexponent usw., doch ist bisher keines dieser Merkmale in so einfacher Weise zu beobachten, bei keinem ist der Einfluß fremdartiger oder zufälliger Umstände so leicht auszuschließen, wie bei dem Volum.

Die Beobachtung lehrt, daß ein wärmerer Körper bei Berührung den kälteren erwärmt und sich selbst so weit abkühlt, daß beide sich gleich warm anfühlen. Sich berührende Körper nehmen also gleiche Wärmezustände an. Hierdurch wird es möglich, das Volum eines bestimmten Körpers, des Thermoskopes, welches man nacheinander mit verschiedenen Körpern in Berührung bringt, als Merkmal des Wärmezustandes dieser Körper zu benutzen (Galilei).“

Ist es auch nur ein äußerlicher Umstand, daß diese Leitgedanken in dieser unserer Zeitschrift schon 1887, und daß erst 1896 das große Werk „Die Prinzipien der Wärmelehre“ veröffentlicht wurden, so verbreitet sich doch aus dem kleinen Punkt einer bloßen Didaktik der Wärmelehre helles Licht auch auf Machs erkenntniskritische Absichten seiner großen, halb physikalischen, halb philosophischen und ganz historischen Wärmelehre — welchen dreifachen Charakter sie teilt mit seiner „Mechanik“ (1883 in erster, seither in sieben Auflagen erschienen). Bekanntlich erschloß diese Geschichte der Wärmelehre — im Unterschied zu der auch vorher schon von DÜHRING verdienstvoll bearbeiteten Geschichte der Mechanik — ein vor MACH noch

wenig bebauten Gebiet; und Gleichwertiges erwarten wir auch von der nun nach seinem Tode durch den Verlag J. A. Barth noch für 1916 in Aussicht gestellten „Geschichte der Optik“, an der MACH jahrzehntlang bis zu seinem Tode gearbeitet hat.

Was MACH in den angeführten Eingangsworten seines kleinen didaktischen Aufsatzes darüber gesagt hatte, daß auch schon das Denken des allerjüngsten Anfängers nicht verdunkelt werden dürfe durch ein Einmischen unklarer Begriffe oder gar nur leerer Wörter in die vor allem sinnlich aufzufassenden Tatsachen, enthält wie in einem ersten Lebenskeim die Wurzeln und die ganze Organik seines erkenntnis-kritischen Programms. Wenn auch das Verweisen auf die „Tatsachen“ Demjenigen allzu selbstverständlich klingt, der eben noch gar nicht ahnt, wie nur allzuleicht schon manchen vermeintlichen reinen Tatsachen unnütze Theorien eingemengt werden, der wird dagegen umsomehr stutzig werden, wenn MACH schon vom ersten Physikunterricht verlangt, daß er beim Zurückgehen auf die Tatsachen noch weiter, ausdrücklich bis zu „Empfindungen“, zurückgehe. Da nun aber Empfindungen Psychisches sind und der erkenntnistheoretisch naive Physiker es eben mit dem Physischen und ganz unmittelbar nur mit diesem zu tun haben will, so setzen an diesem Punkte schon alle Streitigkeiten ein, die ich in dem Aufsatz über MACHS Philosophie von physikalischer Seite her charakterisiert hatte, z. B. auch PLANCKS heftiger Einspruch.⁴⁾ Wenn aber in den Kämpfen um MACHS Philosophie (sie drangen in die Öffentlichkeit seit seiner Übernahme der philosophischen Lehrkanzel in Wien 1895, die er dann schon nach 5 Jahren infolge halbseitiger Lähmung für immer zu verlassen gezwungen war und auf der ihm für 1903 bis 1906 BOLTZMANN folgte) gegen Machs Sensualismus auch ich in philosophischen Schriften wiederholt Stellung zu nehmen hatte, so habe ich doch um so ausdrücklicher in meiner Naturlehre dem zweiten Hauptteil die Überschrift gegeben: „Wärme, Schall, Licht (Physik der Sinnesqualitäten)“. Und daß ich zu dieser Ketzerei gegen das in Physik und Physiklehrbüchern Althergebrachte den Mut fand, verdankte und danke ich noch heute ganz den Anregungen MACHS, der eben auch in seinen zum Teil zusammen mit ODSTRČIL verfaßten Schulbüchern für die Unter- und Oberstufe ein solches Zurückgehen auf die vom Schüler in jedem Augenblick erlebbaren Sinnesqualitäten zum Ausgangspunkt seiner Darstellung für jüngste und junge Anfänger zu machen gewagt hatte. Dieser psychologische Grundton mag dann freilich eine der Teilursachen⁵⁾ gewesen sein, warum so wenig sein wie mein Buch den Weg in die Schulzimmer (wenigstens in die österreichischen) gefunden hat. Aber man muß eben Geduld haben, bis physikalische und psychologische Weltbetrachtung künftig einander nicht mehr entgegenstehen, sondern entgegenwachsen werden, wie es MACH vielleicht allzu stürmisch für die Physik und die Philosophie in Gang zu setzen suchte. Dann aber wird auch der Physikunterricht von MACHS Geist noch belebt sein in einer Zukunft, die seiner als Didaktikers vergessen haben wird über seiner typischen Stellung in der Geschichte der Philosophie, genauer: im philosophischen und antiphilosophischen Sturm und Drang unserer Jahrzehnte.

Als didaktisch im höheren, ja höchsten Sinn dürfen wir aber auch sogleich sein erstes Auftreten mit physikalischen Arbeiten bezeichnen, da es ein Auftreten gegen die Moden der wissenschaftlichen Physik und ihrer Darstellung während der damaligen Jahrzehnte gewesen ist. „Die Wärme eine Art der Bewegung“ war die große Neuigkeit der sechziger Jahre. Wenn der kinetischen Gastheorie einige Jahrzehnte später die „hypothesenfreie“ Thermodynamik an die Seite getreten schien und sich dabei

⁴⁾ Vgl. diese Ztschr. XXIII, S. 12.

⁵⁾ Eine summarische und wirksamere Ursache wird freilich der selbst wieder aus vielen Teilursachen sich zusammensetzende Konservatismus in Sachen der Lehrbücher gewesen sein, den TIMMERDING (Die Mathematik in den physikalischen Lehrbüchern) mit Recht als einen der stärksten Widerstände gegen ein rascheres Fortschreiten unseres Unterrichts näher schildert.

vor allem auf MACH berief, wenn dann auch diese von OSTWALD weiter gepflegte Richtung in unseren Tagen wieder zurücktritt⁶⁾ hinter der von den Molekülen und Atomen zu Elektronen und selbst Energiequanten vordringenden Atomistik höherer Ordnung — so finden wir MACH in den Anfängen und überraschenderweise sogar im vorläufigen Ergebnis dieser Kämpfe nicht unter den Besiegten, sondern unter den noch immer vordringenden Führern. Ich meine das so: Was MACH in jenem kleinen Aufsatz über den Unterricht in der Wärmelehre als das „Beginnen mit $\frac{1}{2} mv^2$ “ unter ein didaktisches Fragezeichen stellt, war zur Zeit von MACHS Anfängen zum wissenschaftlichen Dogma geworden. Und vielleicht war es der damals erregte Ingrim, nicht einmal mehr fragen zu sollen um das, was man ja doch nicht „sehen“ konnte, der MACH später zum grimmigen Feinde alles dessen gemacht hat, was Dogmatik war oder auch nur wie solche aussah — wobei freilich sein Grimm fast immer noch die Form liebenswürdigen Humors fand. So erzählte er mir, daß, als er mit dem Mineralogen und Physiker GRAILICH einmal über Polarisation sprach und dieser ihm sagte: „Nun, das werden Sie doch nicht bestreiten, daß das Licht in transversalen Wellen besteht“, er mit der Frage geantwortet habe: „Haben Sie's g'seh'n?“ Vielleicht — wenn die Physik zur Zeit von TYNDALLS „Wärme eine Art Bewegung“ und von REIS' übrigens so tüchtigem Lehrbuch der Physik nicht mit dem $\frac{1}{2} mv^2$ und mit dem elastischen Äther „begonnen“ hätten und wenn man es nicht unter seiner Würde gehalten hätte, zuerst von den „Tatsachen“ zu sprechen und innerhalb dieser klar abzugrenzen, wie weit die Empfindungsgrundlagen unseres Wissens reichen und auf welchen Gedankenwegen man dann von den Empfindungen bis zu ihren unwahrnehmbar bleibenden Erregern den einzig logisch möglichen Weg zu gehen habe — so wäre MACH vielleicht nie so weit — wie auch ich glaube: allzu weit — vorgestürzt. Wohin ihm die meisten Physiker unserer Tage und umsomehr eine Mehrzahl von Philosophen nicht folgen mögen, läßt sich vielleicht am kürzesten so bezeichnen: MACH wollte nicht nur, wie es seine erste ausdrücklich philosophische Schrift „Analyse der Empfindungen“ (1886) anzukündigen scheint, die Empfindungen analysieren, sondern schlechthin die ganze Welt, die physische samt der psychischen, in Empfindungen (Empfindungsinhalte, die er dann „Elemente“ nannte) auflösen, auf bloße Empfindungen „zurückführen“. Von der kühnen These des theoretischen Idealismus „Die Welt ist meine Vorstellung“ unterscheidet sich MACHS „Die Welt ist meine Empfindung“ nur dadurch, daß es nach MACH eben auch kein Ich außer dem Empfindungs- und Erinnerungsbild von „meinem“ Leibe gibt. Mit diesem Programm war Mach zum Metaphysiker geworden, trotzdem gerade dieses Buch mit „antimetaphysischen Betrachtungen“ begann. — Wann werden wir einmal eine wirklich ametaphysische Physik (und Psychologie) statt aller metaphysischen und antimetaphysischen haben? Wird nicht erst „Erkenntniskritik“ (wie MACH zu sagen liebte), sondern eine schlichte Erkenntnistheorie, die nicht mehr und nicht weniger als die Beschreibung und Erklärung der gesamten, also auch der physikalischen Erkenntnispraxis zu bieten sich vorsetzt, Gemeingut auch aller physikalischen Forscher sein, dann wird man dankbar MACHS als eines der Ersten gedenken, der die Nützlichkeit (wenn auch nicht Unentbehrlichkeit) solcher Theorie für eine durch metaphysische und antimetaphysische Moden nicht mehr zu beirrende Erkenntnispraxis namentlich den Physikern zum Bewußtsein gebracht hat.

Noch viel empfindlicher aber als die physikalischen Forscher werden dann alle Lehrer der Physik gegen Verstöße gegen das oberste Gebot aller Logik sein, niemals einem Lernenden die Theorie einschließlich der Hypothesen früher zu verraten, als bis er selbst die Tatsachen „gesehen“ hat. Auch der kleinste Anfänger wird dann,

⁶⁾ Lebhaft geschildert von Hasenöhr! (der am 7. Oktober 1915 im Kampfe gegen Italien gefallen ist) in seiner Gedenkrede bei der Enthüllung des Denkmals für Boltzmann an der Universität Wien.

solange seine gesunden Instinkte nicht irreführt sind, die Tatsachen sich dadurch anzueignen und seinem Denken anzupassen das Bedürfnis verspüren, daß er sie „beschreibt“, d. h. analysiert und die Ergebnisse dieser Analyse unter „Begriffe“ bringt. Ob man dann, was auch über dieses Bedürfnis nach dem „Beschreiben“ hinaus auch schon jeder Anfänger — ja dieser besonders stark — als Bedürfnis nach „Erklären“ spürt, bei diesem Namen belassen oder mit MACH auch unter einen erweiterten Begriff und Namen „Beschreiben“ bringen soll, kann allerdings nur der Logiker von Fach so entscheiden, daß es nicht bloßer Wortstreit ist.

Es gibt aber auch Anregungen MACHS in Regionen der neuesten Physik, die dem Gesichtskreis des bloßen physikalischen Unterrichtes für alle absehbaren Zeiten entrückt scheinen: vor allem die in die allerletzten Jahrzehnte fallenden Umformungen der einst für unantastbar gehaltenen Grundbegriffe aller Physik, wie Raum, Zeit und Masse in der Relativitätstheorie, in MINKOWSKIS „Union von Raum und Zeit“, in dem Gedanken einer Wandelbarkeit der Massen bis zur Annullierung u. dgl. m. Daß es unserem Denken heute nicht mehr unmöglich dünkt, Massen ebenso veränderlich sein, ja verschwinden zu lassen, wie Kräfte, geht zurück auf eine der frühesten Arbeiten MACHS „Die Definition der Masse“, der „der alte Herr Poggen-dorf die Aufnahme in die Annalen verweigert hat“, wie MACH im Vorwort zum Neudruck des eingangs erwähnten Schriftchens über die „Erhaltung der Arbeit“ erzählt; seit der Definition $\frac{m}{m'} = - \frac{\varphi'}{\varphi}$ glauben wir nicht mehr, in den greifbaren Dingen

ohne weiteres ihre „Massen“ in Händen zu haben. — Es wäre, weil ungeschichtlich, also selbst wieder dogmatisch, ganz wider MACHS Geist, wenn wir den augenblicklichen Mut („Mut oder Übermut, was weiß ich!“ — sagt Wagners Siegfried) der Physiker, mit allem, was selbst einem KANT als „Anschauungsformen“ und „Kategorien“ für unverrückbar gegolten hatte, so umzuspringen, daß nur mehr die Wörter Raum, Zeit, Masse unverändert weitergebraucht, die mit ihnen zu verbindenden Begriffe aber als selbst von Jahr zu Jahr wechselnd in immer neue Frage gestellt werden, schon heute als eine bleibende oder auch nur vorübergehende Form physikalischer Erkenntnis beurteilen wollten. Mag es augenblicklich nur Ansichts- oder Geschmackssache scheinen, was „veraltete Erkenntnistheorie“ ist oder wie viel an festen Begriffen, unabhängig von ihren Namen, auch eine gegenwärtige und künftige Physik braucht und brauchen wird, so gibt es doch heute wohl keinen Physiker und keinen Physiklehrer mehr, der sich nicht bewußt geworden und darin geübt wäre, die Begriffe auch der Physik als feste logische Denkmittel erst dann gelten zu lassen, wenn sein eigenes Denken sie geformt und „den Tatsachen angepaßt“ hat. Durch einen Physikerunterricht, wenn auch nicht der Unterstufe für 13- und 14jährige, so doch der Oberstufe für 17- und 18jährige Schüler, die zugleich mit der Physik auch schon etwas Logik und Psychologie lernen sollen, muß sich während des Kennenlernens der überlieferten physikalischen Begriffe und durch ihr Handhaben angesichts einzelner Erscheinungen und immer umfassenderer Klassen von Erscheinungen allmählich die Einsicht erschließen und die Denkgewohnheit festigen, geradeso innerhalb des eigenen bescheidenen Kreises von physikalischem Tatsachenwissen diese selbstgeformten und wiedergeformten Begriffe als Waffen zur geistigen Unterwerfung dieser physischen Tatsachenwelt zu führen, wie der gelehrteste Physiker bei der immer erneuten Um- und Ausgestaltung seines physischen Weltbildes.

Sollte aber dieses unser Hinüberschauen aus dem engsten Gebiete der Naturlehre unserer Schulzimmer in die unermesslichen Gebiete der physikalischen und philosophischen Wissenschaft mehr eine Gefährdung befürchten als die unmittelbare Förderung des wirklichen Unterrichtsbetriebes hoffen lassen, so kehre ich gern zurück zu persönlichen Erinnerungen daran, wie ich mit MACH in erste Berührung gekommen war gerade auf dem Gebiete ganz schlichter Bedürfnisse des physikalischen Schul-

unterrichtes. — Ich hatte in meiner physikalisch-didaktischen Erstlingsarbeit, den „Anfangsgründen der Naturlehre“ (1881), in der Vorrede aus den kurz vorher (1879) erschienenen „Instruktionen für den physikalischen Unterricht an Realschulen“ folgende Worte angeführt: „Es ist z. B. gewiß ein Fehler, wenn man den freien Fall so abzuleiten versucht: Die Schwere ist eine konstante Kraft, welche dem Körper in jedem folgenden Zeiteilchen dieselbe Geschwindigkeit erteilt, folglich $v = gt$, folglich $s = \frac{1}{2}gt \cdot t$ usw. — Man kennt die Schwere durch den Druck auf die Unterlage und durch die Fallbewegung. Niemand, der es nicht versucht oder erfahren hat, kann wissen, daß Druck in Bewegung übergeht, noch weniger, wie er in Bewegung übergeht. — Es wird sich empfehlen, einfach erzählend anzuführen, daß GALILEI, ohne an die Ursache der Fallbewegung zu denken, die Natur derselben experimentell untersucht hat. Er hat gefunden, daß bei derselben in gleichen Zeiten gleiche Geschwindigkeiten zuwachsen.“ — Einige Jahre später schrieb mir MACH spontan, es freue ihn, daß ich jenen Worten zustimme, sie seien von ihm verfaßt. Auch erinnere ich mich noch mit Freude und Rührung der ersten persönlichen Begegnung: Als MACH, nachdem ich ihn während eines Aufenthaltes in Wien besucht und nicht angetroffen hatte, mich im Garten des Theresianums zu Wien aufsuchte, erzählte er mir dort, er schreibe an einem Physikbuch für Mittelschulen. Daß dieses Buch nach dem Erscheinen jahrelang nicht die behördliche Approbation finden konnte, veranlaßte dann einen regen Briefwechsel, der dauerte bis zu MACHS Übersiedlung nach Wien und zu den so ermöglichten wiederholten persönlichen Begegnungen. — Als mit MACHS philosophischem Lehramt in Wien die Meinungsverschiedenheiten auf philosophischem und angrenzenden Gebieten mehr und mehr zutage traten, tat das dem immer gleich gütigen, liebenswürdigen Entgegenkommen des verehrten Mannes nicht den leisesten Eintrag. — Und ein didaktischer Anlaß war es, der mir noch kaum zwei Wochen vor dem stillen Ende des stillen Mannes einen Brief von ihm aus München brachte: die herzliche Zustimmung zu meiner Didaktik der Himmelskunde. War ich ja hier der Dogmatik, den Kindern eher die „wirklichen“ als die „scheinbaren Bewegungen“ beizubringen, wieder einmal entgegengetreten, wie MACH sein Lebenlang z. B. der Dogmatik kinetischer Theorien vor dem Beschreiben der Phänomene. War er nach Vieler (auch meiner) Meinung viel zu weit gegangen, als er diese Schätzung der „Phänomene“ zu einem eigenartigen, die „Noumena“ ganz ausschalten wollenden Phänomenalismus steigerte, so brauchen wir nur immer wieder zurückzugehen auf die Grundmotive seines Hochhaltens der Tatsachen; dieser Quellpunkt von MACHS Wollen wird uns ein ruhender Pol in der Erscheinungen flucht bleiben auch während des stillen Wirkens in unseren physikalischen Schulstunden.

Der letzte Gruß des verehrten Mitbegründers dieser Blätter an ihren Herausgeber und so nun auch an ihre Leser hat so gelautet:

Haar bei München, 27. Januar 1916.

„Vielen Dank für ihre Sendung [die Didaktik des physikalischen Unterrichts], aus welcher ich ersehe, mit welcher Vertiefung Sie den Stoff behandelt haben. Daß wir in so Manchem differieren, scheint mir nichts weniger als ein Unglück zu sein, denn auch in diesen Dingen kann auf verschiedenen Wegen das Richtigste und Zweckmäßigste gefunden werden. Ich war nie von meiner Unfehlbarkeit überzeugt und habe auch mancherlei einer Polemik zu verdanken. Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch betonen, daß mir Ihre Zeitschrift auch in den letzten Jahren viel Freude gemacht hat, weil ich aus ihr immer wieder ersah, wie sehr sich doch Unterricht und Methode zu etwas Neuem und Besserem herauskrystallisieren! Aber Sie haben Recht, daß die neue Zeit erst jetzt kommen wird, und ich freue mich, daß Sie dieselbe noch in der Vollkraft Ihrer Jahre miterleben werden Leben Sie recht wohl und seien Sie herzlich begrüßt von Ihrem sehr ergebenen

Dr. Ernst Mach.“

Über Schüler-Werkarbeiten als Bestandteil der chemischen Übungen.

Von

Prof. O. Ohmann in Berlin.

Die praktische Betätigung des Schülers im chemischen Unterricht ist nicht nur hinsichtlich der spezifisch chemischen Operationen von größtem Wert, sondern sie erhält noch dadurch weitere Bedeutung, daß, ähnlich wie bei den physikalischen Übungen, die wertvolle Handfertigkeit mit hineinreicht. Hinsichtlich dieser beiden Gesichtspunkte sind die sich auf die chemischen Übungen der alten Friedrichs-Werderschen Gewerbeschule in Berlin beziehenden Ausführungen der beiden Hauptbegründer der chemischen Schülerübungen, FR. WÖHLER und C. F. VON KLÖDEN (im Programm dieser Anstalt 1830, S. 120), von bleibendem Wert: „Diese Übungen haben nicht allein den Zweck, die jungen Leute durch eigene Anschauungen und Handanlegung mit den chemischen und physikalischen Erscheinungen, mit den Eigenschaften der Körper usw. vertrauter zu machen, sie darüber aufzuklären und sie ihrem Gedächtnis sicherer einzuprägen, sie haben auch noch vorzüglich den Nutzen, die jungen Leute durch eigenes Anfassen, eigenes Zusammenstellen und Erfinden von Apparaten und Ausführen von Versuchen in einer gewissen mechanischen Fertigkeit und Gewandtheit im Gebrauche ihrer Hände zu üben, die ihnen nachher in jedem Lebensverhältnisse zustatten kommen kann.“

Hinsichtlich des großen Nutzens der Handfertigkeit ist man jetzt wohl kaum noch geteilter Meinung. Auch im chemischen Unterricht sollen sich die Schüler ein gut Teil davon aneignen, sie sollen die einfachsten Handgriffe der Glasbearbeitung — das Schneiden, Biegen, Zur-Spitze-Ausziehen, das Herstellen eines Glaslötrohrs usw. — sich zu eigen machen, sollen Korke richtig behandeln, bohren und feilen lernen und manches andere dazu. Hier wird der praktische chemische Unterricht mit dem praktischen physikalischen Unterricht ganz Hand in Hand gehen.

Es kommt aber noch ein Drittes hinzu, dessen Bedeutung noch nicht überall gleichmäßig gewürdigt oder erkannt ist. Es lassen sich noch verschiedene spezifisch chemische Arbeitsgebiete sowie nahe verwandte, der Chemie bislang eingegliederte Gebiete — wie die Mineralogie, Geologie und Technologie — in bestimmter Weise in den Dienst der praktischen Schülersausbildung stellen, derart, daß daraus kleinere oder größere, zur Aufbewahrung geeignete Arbeiten, Werkarbeiten, resultieren. Historisch genommen, finden wir die Anfänge zu solchen Arbeiten ebenfalls schon in WÖHLERS ersprißlicher Tätigkeit an der genannten Anstalt. Es wurde dort, — wie in dem Bericht in dieser Ztschr. (26, 48) näher ausgeführt ist — eine ziemlich weitgehende, aus den Arbeiten der Schüler hervorgehende Präparaten-Sammlung angelegt. Bei der jetzigen hohen Ausbildung der chemischen Theorien und den enormen, inzwischen erfolgten Fortschritten der Chemie überhaupt muß sich aber eine solche Werkstätigkeit noch auf verschiedene andere Dinge erstrecken. Manches Wertvolle über derartige bestimmte Arbeiten, über das Herstellen einzelner Apparate oder sonstiger Lehrmittel ist bereits vorhanden. Aber die Anregungen und Einzelheiten sind allenthalben in der Fachliteratur zerstreut, und es ist das nächste Ziel vorliegender Zeilen, diese zu sichten, zu ordnen und zu erweitern. Es wird sich dabei empfehlen, die Arbeiten nach den folgenden vier Gruppen zu betrachten: 1. Arbeiten, die sich auf die chemischen Gesetze und Theorien beziehen; 2. Arbeiten zum sonstigen chemischen Lehrstoff; 3. Arbeiten zur Kristallographie, Mineralogie und Geologie; 4. Arbeiten zum chemisch-technologischen Lehrstoff. — Es handelt sich hier teils um Arbeiten, die in den Übungen, sofern Frontübungen platzgreifen, von allen Schülern anzufertigen sind, teils um Arbeiten, die von einer Gruppe von zwei oder drei Schülern erledigt werden, teils um Arbeiten, die von einzelnen Schülern innerhalb oder teilweise auch außerhalb der eigentlichen Übungen

hergestellt werden können. Die Sonderung nach diesen letzteren Gesichtspunkten ist im folgenden nicht näher durchgeführt, sondern wird dem Ermessen des einzelnen Übungsleiters anheimgestellt; es wird sich je nach der Zahl der Schüler, nach den vorhandenen Mitteln oder sonstigen Umständen unschwer entscheiden lassen, welche Art des Arbeitens für eine bestimmte Aufgabe am besten geeignet ist.

1. Arbeiten zu den chemischen Gesetzen und Theorien. In dieser Gruppe handelt es sich hauptsächlich um einige Anschauungsmittel, die man von einzelnen Schülern herstellen läßt; die Besprechung der Aufgabe und der Anfang der Arbeit liegt innerhalb der Übungszeit, die Fertigstellung geschieht am besten durch häusliche Beschäftigung. Wir greifen zwei Untergruppen heraus.

a) Herstellung des Gas-Molraumes und anderer Versinnlichungen zum Molbegriff. Verfasser hat in seinem „Leitfaden der Chemie und Mineralogie“ dem Molbegriff eine besondere Bedeutung zugewiesen, und es dürften die dort (S. 82, 5. Aufl.) in natürlicher Größe wiedergegebenen, in Würfelform gebrachten molaren Mengen von Wasser, Siliciumdioxid und Bleisulfid die ersten Versinnlichungen bzw. Abbildungen dieser Art sein. Die Erfahrung hat gezeigt, daß solche Verkörperungen im Unterrichte die Anschauung und Auffassung ganz wesentlich unterstützen. Es lassen sich z. B. aus einem größeren Stück von kompaktem Bleiglanz und noch viel leichter aus Steinsalz u. a. derartige Molmengen ungefähr in Würfelform unschwer herstellen (im Demonstrationsunterricht ist selbst das gelegentliche Abwägen der molaren Menge von pulverförmig vorliegenden Stoffen sehr zu empfehlen). Auch die Veranschaulichung der Molmenge von flüssigen Verbindungen in gleichweiten, am besten graduierten Fußzylindern bzw. verschließbaren schlanken Flaschen ist sehr nützlich. Auf diese ganze Sache werden wir demnächst noch besonders zurückkommen. — Am wichtigsten ist jedoch die Veranschaulichung des Gas-Molraumes. Ich hatte diesen 22,4-Liter-Raum aus Glas erst in Würfelform von einem Primaner herstellen lassen,

also von der Kantenlänge $\sqrt[3]{22400 \text{ cm}^3} = 28,19 \text{ cm}$; doch ist es entschieden vorzuziehen, ihn in die Form eines Doppelwürfels zu bringen, dessen Kanten 22,37 bzw. 2 · 22,37 cm lang sind (Fig. 1). Die Glasplatten läßt man sich von einem Glaser schneiden (wobei bezüglich der Abmessungen noch die Glasdicke zu berücksichtigen ist). Starkes farbiges Kaliko dient zum Verkleben mittels Syndetikons (statt des Kalikos kommt auch das von H. REBENSTORFF in dieser Ztschr. [27, 174] empfohlene Lassoband der Firma P. Beiersdorff & Co. in Hamburg in Frage). Die etwa 1 dm hohen Ziffern werden gleichfalls aus Kaliko ausgeschnitten. In dieser Form wurde das Modell des Gas-Molraumes als Schülerarbeit seiner Zeit in die frühere deutsche Unterrichts-Ausstellung gegeben und ist jetzt im Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht in Berlin aufgestellt. Beiläufig sei erwähnt, daß das Modell auch seitens der Firmen P. Altmann und Dr. Rob. Muencke, Berlin, geliefert wird; es ist aber natürlich viel wertvoller, wenn die Arbeit aus dem Unterricht selbst hervorgeht.

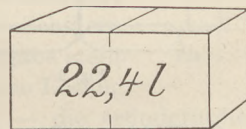


Fig. 1.

b) Modelle zum Molekül- und Atombegriff. Zur jetzigen Zeit, wo die uralten phantastischen Vorstellungen von getrennten kleinsten Teilchen alles Stoffes und wo die besser begründeten Anschauungen der Daltonschen Atomtheorie immer festere Gestalt annehmen, derart, daß das Vorhandensein der Moleküle und Atome eigentlich keinem Zweifel mehr unterliegt, sind Versinnlichungen dieser Dinge mehr als je gerechtfertigt. Zahlreich sind die von den Firmen angebotenen z. T. von namhaften Autoren stammenden Darstellungen. Wenig befriedigend sind die am meisten verbreiteten gleichgroßen, nur verschieden gefärbten Holzkugeln. — Für Schülerarbeiten ist nun ein vorzügliches Material die graue und rote Plastilina.¹⁾ Es ist sehr an-

¹⁾ Bezugsquelle: R. Typke, Berlin, Breitestr. 24/25; 1 kg = 1,50 M.

genehm, daß sich aus dieser vollendet plastischen Masse mit Hilfe kreisender Bewegung der beiden inneren Handflächen fast mathematisch genaue Kugeln schnell und leicht herstellen lassen. Ich verwende für Wasserstoff sehr kleine Kugeln von nur 1 cm Durchmesser; ihre Masse wird durch Abwägen bestimmt und man läßt danach etliche gleiche Massen abwägen. Bringt man die daraus geformten Kugeln in Aluminiumpulver, so werden sie durch den weißen Glanz weithin sichtbar. Für Sauerstoff verwende ich eine 16mal so große Masse und zwar behalten diese Kugeln die Naturfarbe der grauen Plastilina. Hierauf wird demnächst noch besonders zurückzukommen sein. Zu den Kohlenstoffatomen nimmt man das 12fache der Masse eines Wasserstoffatoms und bringt die Kugeln in das rein schwarze Braunsteinpulver. Zur Verbindung der Atome dienen Stücke von sogenanntem Holzdraht²⁾ (der sich beiläufig für die Sauerstoffreaktion viel besser eignet, als die meist angewendeten Wurstspeiler). Die fertig zusammengesetzten Moleküle bringt man auf schnell zugerichtete Drahtgestelle (verzinkter Eisendraht), bei deren Improvisation die Schüler meist sehr geschickt zu Werke gehen. — Beim Eintreten in die organische Chemie wird man sich das tetraedrische Kohlenstoffatom, oder besser das Methanmolekül nicht entgehen lassen. Schülerarbeiten solcher Atome und Moleküle, z. B. auch des Äthans (Fig. 2) befinden sich ebenfalls im erwähnten Zentralinstitut. Vom Methan empfiehlt es sich noch ein größeres widerstandsfähigeres Dauermodell herstellen zu lassen. Bei der ausgestellten Schülerarbeit wurden die Materialien vom Schüler selbst gewählt: als Stativ wurde eine schwach kegelförmige Fußplatte aus Gips (ich würde jetzt Zement nehmen lassen) mit eingestecktem Glasstab verwendet (Fig. 3), der das

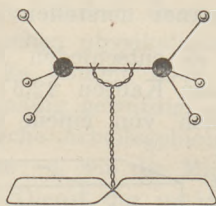


Fig. 2.

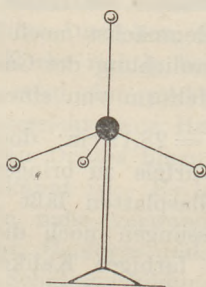


Fig. 3.

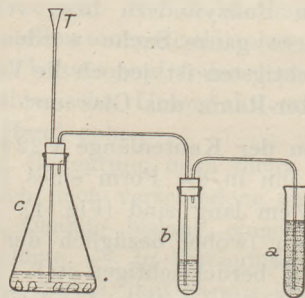


Fig. 4.

große Kohlenstoffatom als schwarze Holzkugel trägt, in welcher, nach den vier Ecken des Tetraeders gerichtet, leicht beschaffbare weißüberzogene Stahlstäbe (Bandstahl, mit der Kante nach oben gerichtet) stecken, die ihrerseits kleine rot gefärbte hohle Gummibälle tragen. Leicht läßt sich in den erwähnten Kohlenwasserstoffen ein Wasserstoffstäbchen durch ein Stäbchen mit der Hydroxylgruppe (O- und H-Atom nur durch sehr kurzes Stäbchen) ersetzen und so der entsprechende Alkohol veranschaulichen. Diese Andeutungen genügen wohl, um zu zeigen, daß die Atomtheorie vielfache Gelegenheit zu Schülerarbeiten bietet.

2. Arbeiten zum sonstigen chemischen Lehrstoff. Hier wird es sich zunächst um verschiedene Versuchsanordnungen handeln, wie sie sich besonders aus den Frontübungen ergeben. Als Beispiel sei hier der auch im Zentralinstitut aufgestellte kleine Apparat, den Fig. 4 zeigt, erwähnt.³⁾ Er dient zur Erklärung der geologisch wichtigen Tatsache, daß die kohlenensäurehaltigen Sickerwasser der Gebirge aus kalkhaltigem Gestein andauernd Kalk auflösen und fortführen; *a* enthält das kalkige Gestein, pulverisierten Marmor, und Wasser, *c* ist der kleine Gasentwickler mit Marmor-

²⁾ Bezugsquelle: Zündwarenfabrik von Feuer, Berlin N, Liniestr. 100.

³⁾ Vgl. die Schrift „Die deutsche Unterrichts-Ausstellung“, Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig, Abschnitt Chemie (vom Verfasser), S. 42.

stückchen und Salzsäure, *b* die improvisierte Waschflasche für die mitgerissene Salzsäure. Das Trichterrohr *T* ist ein vom Schüler oben erweitertes Glasrohr. Der Inhalt von *a* wird später filtriert und erwärmt; die Trübung beweist die Kalkfortführung und erläutert gleichzeitig eine Seite der Kesselsteinbildung. Ein Parallelversuch mit pulverisiertem Spateisenstein erläutert die Entstehung von Stahlquellen. Wird ein derartiger, besonders gut gelungener Apparat eines Schülers im Zusammenhange aufbewahrt, so können neue Schüler sicherer und schneller danach arbeiten als nach Wandtafelzeichnungen und mündlichen Anweisungen.

Hier handelt es sich weiter um die Herstellung und Aufbewahrung einzelner besonders gut gelungener chemischer Präparate, die man zu einer kleinen Sammlung vereinigen wird — sonst hat ja heutzutage, wo man alles leicht beschaffen kann, solche Sammlung nicht mehr die Bedeutung wie früher. Auch eine gelegentlich in den Übungen hergestellte, schön ausgefallene *Silikalvegetation* kann hier hinzutreten. Über Kristallisationen s. weiter unten.

Hier ist ferner auf die Ausführung von Graduierungen von Fußzylindern, Probierringläsern usw. hinzuweisen. Von einer früheren Generation ließ z. B. Verfasser (als graduierte Bürettenrohre noch nicht in größerer Zahl angeschafft waren) einfache nach seinen Angaben hergestellte ungraduierte Bürettenrohre in den Übungen — bzw. hinterher als freiwillige Arbeit — nach ganzen ccm graduieren. Sie sind besonders für Schulen mit einfacheren Verhältnissen zu empfehlen; die Firma P. Altmann, Berlin, liefert die ungraduierten Rohre für 0,25 M. Verfasser hat übrigens hierauf und auf verschiedenes andere Hierhergehörige schon an anderer Stelle aufmerksam gemacht.⁴⁾ — Auch die Graduierung eines großen 5-Liter-Fußzylinders (Fig. 5) für die Messung der Atemgröße⁵⁾ ist eine schöne Schülerarbeit, d. h. dort, wo keine besonderen biologischen Übungen eingerichtet sind; sonst gehört sie in diese. Desgleichen ist die Selbstgraduierung eines einzelnen Probierringlases (das in besonderem Zementfuß steht, vgl. weiter unten) nach ganzen ccm, zum Abmessen von Flüssigkeiten für vielerlei Versuche, sehr empfehlenswert. — Über die Ausführbarkeit wird man gern Vorschläge der Schüler entgegennehmen. Überhaupt ist besonders in dieser Gruppe der Ort, wo man gelegentlich den Schülern Freiheit lassen kann, d. h. wo man im wesentlichen nur die Aufgabe stellt und die Schüler anhält, darüber nachzudenken, wie die praktische Lösung am besten erreicht werden kann, kurz, wo man — vorsichtig — die erfinderischen Gaben wecken und gewähren lassen kann.

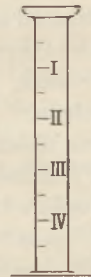


Fig. 5.

Auch einfachere Apparate sind hier als Arbeiten für einzelne Schüler bzw. eine Gruppe von zwei Schülern zu nennen; z. B. Herstellung einer einfachen Ozonröhre, wie sie K. Rosenberg⁶⁾ angibt; ferner einfache größere Zeichnungen, z. B. Herstellung einfacher Löslichkeitstabellen und anderer graphischer Darstellungen.

3. Arbeiten zur Kristallographie, Mineralogie und Geologie. Hier ist das Arbeitsgebiet ein sehr vielseitiges, doch legt die Zeitknappheit die größten Beschränkungen auf. In der Kristallographie handelt es sich zunächst um die Herstellung einiger hervorstechender Kristallformen, auch einzelner Kombinationen und

⁴⁾ Jahrbuch der Königl. Preussischen Auskunftsstelle für Schulwesen. 1. Jahrgang 1913; Berlin 1914, S. Mittler & Sohn; Abschnitt „Höhere Lehranstalten: Chemie“, S. 293.

⁵⁾ Vgl. O. Ohmann: Einfachere Vorlesungsversuche und Demonstrationen zur Physiologie der Atmung, in „Zeitschr. f. biolog. Technik u. Methodik“ herausgeg. v. Prof. Dr. M. Gildemeister, Straßburg, Bd. 3, Nr. 7, S. 324/330 (Leipzig, J. A. Barth); oder das erweiterte Selbstreferat hierzu: Versuche und Erläuterungen zu den Kapiteln Blut und Atmung, in „Aus der Natur“ 1915, S. 577/568 (Leipzig, Quelle & Meyer).

⁶⁾ Experimentierbuch für den Elementarunterricht in der Naturlehre. Wien, A. Hölder, Teil II, S. 24.

hemiedrischer Formen, wie Tetraeder und Hauptrhomböeder vom Kalkspat; bei den einfachsten Formen nach selbstkonstruierten Kristallnetzen, sonst nach eingehändigten Figuren. Solche Kristallnetze werden zuweilen in Lehrbüchern beigegeben, sonst sind sie auch für sich zu beziehen.⁷⁾ Bei mancher Generation wird man in dessen auf derartiges ganz verzichten und sich mit vorhandenen Modellen begnügen.

Bei der experimentellen Behandlung der Mineralien selbst — die freilich der Hauptsache nach chemischen Zwecken dient — handelt es sich in kristallographischer Hinsicht um die Gewinnung von charakteristischen Spaltungsstücken (Bleiglanz, Steinsalz, Flußspat); ferner um die Erzeugung von Schlagfiguren, sowie von Ätz- und Schmelzfiguren. Bezüglich der letzteren Punkte sei auf die wertvollen Ausführungen von K. SCHULZ hingewiesen⁸⁾. Besonders gelungene Versuchsergebnisse sind als wertvolle Dauerobjekte aufzubewahren. — Ferner treten hier noch hinzu Arbeiten, die sich auf das Züchten von Kristallen beziehen; wunderschöne Resultate aus den Übungen sah ich z. B. im Laboratorium von Prof. Dr. RAMME, Berlin (Friedrichs-Realg.). Hoffentlich erscheinen auch bald die Anweisungen des auf diesem Gebiet besonders erfahrenen Dr. L. WULF, Parchim.

Hinsichtlich der Geologie seien in erster Linie die beiden bedeutenden Aufsätze von B. SCHWALBE „Das Geologische Experiment in der Schule“ (diese Zeitschrift X. 65/72 und 217/233; 1897) in Erinnerung gebracht. Waren die dortigen Versuche auch hauptsächlich als Demonstrationsversuche gedacht, so eignet sich doch manches davon unmittelbar für Schülerübungen und für Werkarbeiten, die von einzelnen Schülern oder einer kleinen Schülergruppe hergestellt werden. Aus dem reichen Material seien hier nur 2 Punkte hervorgehoben, 1) der Grundversuch über das Seditimentieren, zu dem Schwalbe einen 35 cm hohen, etwa 6 cm weiten Fußzylinder verwendete, in den er ungefähr gleiche Mengen groben Kies, Sand, Schlemmkreide, geriebenen Ton, Eisenfeile und Schwefelblumen bringt, mit Wasser übergießt, schüttelt und absetzen läßt; 2) die dort näher angegebenen Methoden, um Salzausblühungen zu erhalten, und zwar in Tonzylindern, die zu $\frac{2}{3}$ mit Lösungen von Salpeter, Salmiak, Kupfervitriol oder Kaliumbichromat gefüllt werden, oder in Gläsern. Hier weist übrigens SCHWALBE selbst auf das Aufbewahren von solchen besonders gut gelungenen Effloreszenzen hin (a. a. O., S. 227). Jedenfalls seien die Leiter chemischer Schülerübungen auf den die eigentlichen Versuche enthaltenden, inhaltreichen zweiten Aufsatz von neuem eindringlich hingewiesen. — Weitere Versuche und Arbeiten ergeben sich aus den trefflichen mineralogischen bzw. geologischen Lehrbüchern von J. RUSKA, B. SCHMID, P. WAGNER, J. WALTHER.

4. Arbeiten zum chemisch-technologischen Lehrstoff. Hierher sind u. a. zu rechnen einzelne Färbeversuche mit anorganischen und organischen Farbstoffen, die Seifenbereitung und, gelegentlich der Elektrolyse, einfache galvanoplastische Arbeiten z. B. Nachbildung eines Münzenporträts. Auch hier sind einzelne gut gelungene Präparate und Arbeiten aufzubewahren. Außerdem gehören hierher die Arbeiten mit Zement, auf welche Verfasser vor kurzem hingewiesen hat⁹⁾. Der dort erwähnte „Antiaqua-Zement“, über den noch eine besondere Mitteilung erfolgen wird, ist für diese Arbeiten außerordentlich geeignet. Es wird sich empfehlen, den dort (S. 236) angegebenen Brückenersatz anfertigen zu lassen, ebenso kleinere Reagenzglasständer, zumal auch einen Fuß für das oben erwähnte graduierte Reagenzglas (Fig. 6). Da der angerührte Zement im Gegensatz



Fig. 6.

⁷⁾ z. B. L. Rothe, Kristallnetze. Wien, Pichler. Preis 0,60 M.

⁸⁾ Zur Unterscheidung des amorphen und kristallisierten Zustandes und über den Begriff „Kristall“ im Unterricht, in „Aus der Natur“ 9, S. 127 (1912/13).

⁹⁾ Diese Zeitschr. 28, 233/39.

zum angerührten Gips erst nach ziemlich langer Zeit erhärtet, so kann man das plastische Material beliebig formen, und es bietet sich hier die Möglichkeit zu mancherlei Nachbildungen.

Wir sind am Ende unserer kurzen Übersicht, die auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht. Die vorliegenden Zeilen haben vielmehr den Hauptzweck, zu weiteren Versuchen mit derartigen Werkarbeiten anzuregen, wobei noch die Bitte anzuschließen ist, die bisher oder inzwischen gemachten Erfahrungen mitzuteilen und allen zugänglich zu machen. Wir sind überzeugt, daß allenthalben eine Sammlung solcher von Schülern hergestellter Arbeiten nicht nur der jeweiligen herstellenden Generation große Freude macht, sondern auch auf die in die praktischen Übungen neu eintretenden Generationen außerordentlich anspornend wirken wird.

Ein schulmäßiges Lichtzeiger-Elektrometer.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

Die in der Neuzeit sehr verbesserten Blattelektrometer nach Exner, Elster & Geitel, Kolbe, Noack, Grimsehl u. a. sind für Nahbeobachtung bestimmt und zu Demonstrationen nur unter Zuhilfenahme des Projektionsapparats verwendbar. Als Unterrichtsinstrument hat sich zwar das bekannte Braunsche Zeigerelektrometer einen Platz erobert, aber auch bei ihm ist in Anbetracht der kurzen Zeigerlänge von 8 cm die Skala nur kurz und selbst bei der empfindlichsten Ausführungsform der Teilstrichabstand für 100 Volt nur 9 mm weit. Besonders störend aber ist der Umstand, daß jede Ablesung wegen der wenig gedämpften Nadelschwingung etwa 1 Minute Zeit erfordert. Schließlich ist seine Richtigkeit und Treue in unberechenbarer Weise von der Zapfenreibung und Schwerpunktslage abhängig. Letzterer Einwand trifft übrigens alle feineren Elektrometer, deren messendes Organ um eine horizontale Welle drehbar ist. Für unsere Zwecke sind deshalb von vornherein nur Instrumente mit horizontal an feinem Aufhängedraht schwingender Nadel angezeigt und mit einer den Forderungen des Unterrichts angepaßten Lichtzeigereinrichtung auszurüsten. Möglicherweise hat man schon hier oder dort das Quadrantenelektrometer bei Vorlesungen herangezogen. Auf dem Experimentiertisch der Schule hat es sich jedenfalls nicht eingebürgert und wird sich auch nicht einbürgern, weil es unübersichtlich im Bau, schwierig in der Handhabung und viel zu kostspielig ist. Aus diesen Andeutungen ergibt sich, daß in bezug auf Elektrometrie der Experimentalunterricht noch ziemlich hilflos dasteht. Freilich können und sollen auf diesen Abschnitt der Physik nur wenige Stunden verwendet werden, aber gerade deshalb müssen die nötigen Meßapparate um so feiner und schneller arbeiten. Wir müssen von einem guten Schulelektrometer fordern, daß es bei einem Meßbereich von 500 Einheiten bis auf 1 Volt genau von allen Klassenplätzen aus abgelesen werden kann, und daß jede Einstellung und Ablesung nur wenige Sekunden beansprucht. Selbstverständlich soll es unbedingt treu bleiben und namentlich keine bemerkbaren Ladungsverluste infolge unvollkommener Isolation im Verlauf längerer Versuchsreihen erleiden. Daß es auch einfach und übersichtlich in Bau und Wirkungsweise, bequem im Gebrauch und möglichst wohlfeil sein soll, braucht kaum betont zu werden.

Diesen gewiß nicht zu hoch geschraubten Forderungen will das nachstehend beschriebene, im Schulbetrieb entstandene und erprobte Elektrometer gerecht werden. Fig. 1 zeigt es in $\frac{1}{2}$ natürlicher Größe.

A ist ein zylindrischer Schwefelklotz, in welchen die durch Querstücke C und D versteiften Ständer B aus 6 mm starkem Rundmessing eingegossen wurden. Zwischen

ihnen hängt an feinstem Metalldraht mittels des im Torsionskopf *F* sitzenden Stifts *G* das Elektrometerblatt *H* aus Schablonenblech. Dieses ist zur Verminderung des Trägheitsmomentes in der Weise ausgestemmt wie Fig. 1 es zeigt. In der Nulllage soll es dem einen Ständer von vorn, dem andern von hinten bis auf 2 mm nahe kommen. Mitten auf das Blatt ist das versilberte Mikroskopierdeckglas *J* gekittet.

Zur Schwingungsdämpfung dient ein an das Blatt gekittetes Schellackstäbchen *K*, welches mit samt dem unten daran befestigten Bleiplättchen *M* in Vaselineöl taucht. Ein in den Schwefelklotz *A* eingegossener kurzer Glaszylinder *L* nimmt das Öl auf.

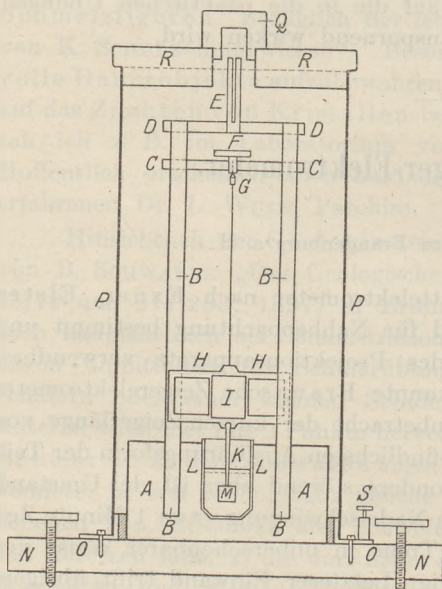


Fig. 1.

Die Zuführung der Ladung geschieht mittels des der Länge nach ausgebohrten Messingsäulchens *E*. Aufsätze verschiedener Art, Haken, Klemmen, Schälchen, Faradayscher Eimer usw., lassen sich mittels Stielen aus 2 mm starkem Draht in die Höhlung des Säulchens *E* stecken.

Das beschriebene System steht auf einem runden, mit einfachen Fußschrauben versehenen Holzsteller *N*. Und zwar wird der Schwefelklotz *A* zentrisch festgehalten durch einen mittels ausgesparter Lappen aufgeschraubten Blechring *O*. Ein unten um den Schwefelklotz geleimter Tuchstreifen sichert ihm einen weichen Sitz und die Möglichkeit einer Drehung auf seinem Platze. —

Das Schutzgehäuse besteht aus einem Blechzylinder *P* und den Holzdeckeln *Q* und *R*. Der Zylinder *P* paßt mittels Bajonettverschluß auf den Ring *O*, kann also leicht abgenommen und wieder aufgesetzt werden. Er hat in der Höhe des Spiegels *J* ein Glasfenster.

Ein Klemme *S* ist mit dem Gehäuse in leitender Verbindung. —

Die elektrometrische Wirkungsweise vorstehenden Apparates wird bei abgenommenem Gehäuse auch vom Anfänger ebenso leicht erkannt, wie die eines gewöhnlichen Blattelektroskops. Teilt man demselben eine kleine Ladung mit, so dreht sich das Blatt infolge der Abstoßung zwischen ihm und den gleichnamig geladenen Ständern mehr oder weniger in die senkrechte Stellung. Nach dem Entladen geht es unter der Wirkung der Elastizität des Aufhängedrahts wieder in die Ausgangsstellung zurück.

Es soll nun diese Drehung auf optischem Wege vergrößert und weithin sichtbar gemacht werden. Dazu dient der auf dem Blatt befestigte Spiegel. Ein von demselben zurückgeworfenes Lichtbündel dreht sich in bekannter Weise mit ihm und zeigt auf einer Skala die verschiedenen Stellungen des Blattes an. Dieser Grundgedanke der Lichtzeigereinrichtung ist auch ohne optischen Unterricht jedem Jungen klar, der mittels eines Handspiegels Sonnenlicht auf die gegenüberliegenden Häuser geworfen hat. Er sieht das Spiel der Lichtmarke auf der Skala, und das ist die Hauptsache. Ob er jede Einzelheit der verwendeten optischen Vorrichtung versteht, ist gleichgültig. Es ist also durchaus unbedenklich, auch schon im Anfangskursus Lichtzeigerinstrumente zu verwenden.

Ebenso braucht auch die elektrische Rolle des Gehäuses gar nicht erwähnt zu werden. Es schützt zunächst gegen Luftzug. Ohne dasselbe wandert die Lichtmarke unruhig hin und her.

Was nun die zu unserem Elektrometer gehörende Lichtzeigereinrichtung im ein-

zelen betrifft, so kann die früher¹⁾ von mir für Galvanometrie und Magnetometrie beschriebene Bank ohne weiteres verwendet werden. Zweckmäßiger aber ist eine einfachere Bank folgender Konstruktion. Sie besteht aus einem mit 3 Füßchen versehenen, quer über den Experimentiertisch zu legendem Brett *A*, Fig. 2, von 100:20:2,5 cm. Auf das vordere Ende kommt das beschriebene Elektrometer *M*. Dieses steht aber nicht unmittelbar auf dem Holz, sondern auf 3 in Ausbohrungen des Brettes gegossenen Schwefelzylindern *N*. Am andern Ende des Grundbrettes ist mittels Scharnieren ein gleich breites, 12 cm hohes Brett *B* angeordnet, das beim Gebrauch des Apparats senkrecht aufgerichtet ist und durch Haken in Stellung gehalten wird. An seiner Oberkante wird dann mittels federnder Knaggen das Skalabrett *D* von 80:8:1 cm aufgehängt. Mitten an seiner Unterkante ist *B* mit einer runden Öffnung *C* versehen, in welche eine gewöhnliche Sammellinse von 4 cm Durchmesser und 20 cm Brennweite eingepaßt werden.

Die Linse wirft das Bild eines 1,5 cm langen, 0,2 mm dicken, im Saum einer Bunsenflamme weißglühenden Platindrahts *H* mittels des Elektrometerspiegels auf die Skala. Der Bunsenbrenner ist in einen quadratischen Holzfuß 8:8:2 cm *E* geschraubt und wird mit letzterem auf die beiden Halter *F* aus dicken Drähten geschoben, die ihrerseits in 2 Bohrungen des Grundbretts *A* eingesteckt wurden.

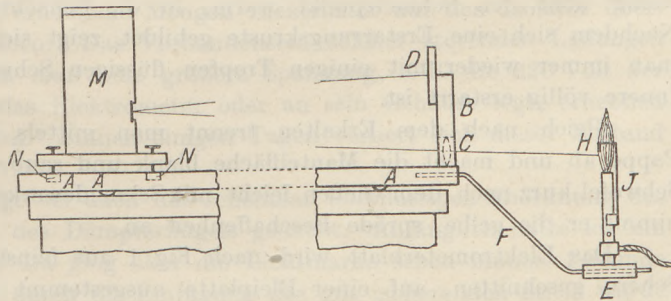


Fig. 2.

Als Halter des Glühdrahts *H* dient ein mittels federnder Hülse vom Brennerrohr gehaltener, 2 mm starker Messingdraht *J*, dessen oberes Ende von hinten nach vorn um die Flamme herumgebogen ist.

Die beschriebene Lichtquelle und optische Einrichtung hat sich in langjähriger Praxis gut bewährt. Die auf der Skala erscheinende Lichtmarke ist so hell und deutlich, daß sie auch im wenig verdunkelten Zimmer noch von der sechsten Bank aus sicher beobachtet werden kann. Ja, wenn nur die Skala beschattet wird, braucht eine Zimmerverdunklung gar nicht stattzufinden.

Beim Abbau des Instruments kommen Elektrometer und Lampe in den Apparatschrank. Dagegen werden die ausgezogenen Halter *F* ebenso wie die Skala unter federnden Knaggen auf dem Brette *A* festgelegt. Nun kann, wenn außerdem noch *B* niedergelegt worden, die ganze Bank irgendwo in die Ecke gestellt oder an einem Wandnagel aufgehängt werden. Der jedesmalige Wiederaufbau des ganzen Elektrometers vor der Klasse vollzieht sich rein mechanisch in wenigen Minuten.

Anhangsweise sei noch bemerkt, daß die beschriebene Lichtzeigereinrichtung auch eine subjektive Spiegelablesung gestattet. Es ist ja einleuchtend, daß das Bild des Glühdrahts und der benachbarten Skalenstriche nach dem Draht selbst zurückgeworfen wird. Blickt man also über den Draht hinweg nach dem Elektrometerfenster, so erscheint dahinter im Spiegel das betreffende Skalenstück. Mittels einer schwachen Lupe, die man leicht irgendwie feststellen kann, wird die Ablesung noch erleichtert. Der feine Draht aber gibt eine scharfe Visiermarke. Jedenfalls ist es nicht ohne didaktischen Wert, in solcher Weise auch die berühmte Spiegelablesung erläutern und zeigen zu können. —

Der vorstehenden Beschreibung seien noch einige Angaben über die Herstellung

¹⁾ Diese Zeitschr. XXII, 1.

des Apparats hinzugefügt, die, wie jeder Sachverständige bemerken wird, fast kostenlos in der Schulwerkstatt erfolgen kann. Allerdings gehören viele und sehr verschiedenartige Kleinigkeiten dazu nebst Zeit und Geduld, aber keine besondere Geschicklichkeit. Manches kann noch einfacher ausgeführt werden als es oben angegeben wurde, worüber es für niemanden, der sich überhaupt mit derartigen Arbeiten befaßt, näherer Vorschriften bedarf.

Was zunächst das Gießen des Schwefelklotzes *A* betrifft, so dient eine runde Pulverschachtel aus der Apotheke von 8 cm Durchmesser als Form. Das fertige Messinggestell *BCDE*, Fig. 1, wird vertikal in ein Bunsenstativ gespannt und bis nahe auf deren Boden in die wagrecht aufgestellte Schachtel eingesenkt. Vorher hatte man zwischen die Ständer ein Querstück aus Kork oder Holz geklemmt mit einem axialen Dorn, auf den mittels eines Verschlusskorks der Glaszylinder *L* gespießt worden. Kurz vor dem Gießen wird die Schachtel in einem heißen Gasstrom von hygroskopischer Feuchtigkeit befreit. Die erforderlichen 350 g Stangenschwefel werden in einer reinen Porzellanschale geschmolzen und im dünnflüssigen Zustande, also wenig über den Schmelzpunkt warm, in die Schachtel bis zum Rande gegossen. Nachdem sich eine Erstarrungskruste gebildet, zeigt sich irgendwo ein Saugloch, das man immer wieder mit einigen Tropfen flüssigen Schwefels ausfüllen muß, bis das Innere völlig erstarrt ist.

Gleich nach dem Erkalten trennt man mittels Messer und Stemmeisen die Pappe ab und macht die Mantelfläche blank und sauber. Bekanntlich läßt sich der Schwefel kurz nach dem Gießen leicht mit Schneidewerkzeugen bearbeiten; erst später nimmt er die gelbe, spröde Beschaffenheit an.

Das Elektrometerblatt wird nach Fig. 1 aus feinstem Schablonenblech mit der Schere geschnitten, auf einer Bleiplatte ausgestemmt und mit einem Glasstab auf einer Glasplatte gut eben gestrichen.

Zum Aufhängen dient für geringere Empfindlichkeit Metalldraht von 0,05 mm; für größere feinstes Lametta, sogenanntes „Lahn“, aus Konstantan oder Phosphorbronze.

Das Anlöten des „Lahn“ oder feinen Drahts geschieht in der Weise, daß man das Blatt mittels Reißzwecken auf einem Brett festlegt und ebenso den Stift *G* in der verlängerten Achse des Blattes in der vorgezeichneten richtigen Entfernung. In derselben Linie spannt man über Blatt und Stift hinweg den Draht und läßt ihn durch 2 Reißzwecken festhalten. Nach dieser Vorbereitung vollzieht sich das Anlöten mittels eines ZwerglötKolbens aus einem Stück Kupferdraht von 3 mm und einem Holzstiel, leicht und schnell.

Was die Herstellung der Skalen betrifft, so ist zuerst eine Zentimeterskala auf einem Kartonstreifen 8:80 cm erforderlich, welcher mittels Reißzwecken auf dem Skalenbrett *D*, Fig. 2, befestigt wird. Der Nullpunkt liegt 5 cm vom linken Ende entfernt, so daß ein Meßbereich von 75 cm verbleibt. An dieser Skala wird nach der unten zu besprechenden Methode eine Eichung nach Volt vorgenommen. Die erhaltenen Zahlen ergeben, in ein Zentimeternetz eingetragen, die Spannungskurve, aus welcher dann leicht eine nach Dekavolt geteilte Skala abgeleitet werden kann. Selbstverständlich muß der Strichabstand und die Reichweite dieser Skala von dem Torsionsmoment des Aufhängedrahts abhängen. Bei Verwendung von feinstem Lahn erreicht man Strichabstände von 2—3 cm. Ein einzelnes Volt macht also 2—3 mm Mehrausschlag, kann somit noch von der sechsten Bank aus sicher abgesehen werden. —

Nachdem so Bau und Entstehung unseres Lichtzeigerelektrometers ausreichend beschrieben worden, verbleibt als Hauptsache noch eine Aufklärung über sein inneres Wesen. Voran steht die Frage nach der Isolation, welche den Lebensnerv eines jeden Elektrometers trifft. Die einfachste Beobachtung beantwortet diese Frage im günstigsten Sinne. Nach dem Aufladen bis zur Skalengrenze geht die Lichtmarke bei ganz geschlossenem Gehäuse in der ersten Stunde kaum 1 cm zurück. In den wei-

teren Stunden verlangsamt sich der Ladungsverlust bald so weit, daß die Marke so gut wie fest bleibt. Es ist wohl sicher, daß dieser winzige und langsame Ladungsverlust nicht in einem Abfließen durch oder über den Isolator seinen Grund hat. Für den Unterrichtsbetrieb fällt er praktisch außer Betracht. Da jede Ablesung dank der guten Dämpfung nur 3—5 Sekunden beansprucht, werden auch längere Messungsreihen nur wenige Minuten dauern.

Günstig ist ferner die Unempfindlichkeit des Schwefelisolators gegen Luftfeuchtigkeit. Es wurde das Instrument während einer Regenzeit 8 Tage und Nächte in einem tiefend feuchten Kellerraum bei abgehobenem Gehäuse belassen und dann verlor es auf dem nämlichen Platz in einer Stunde von einer Ladung von 300 Volt nur 10 Volt.

Wenn das Elektrometer nach Monaten beschleunigten Ladungsverlust zeigt, so wird dadurch, daß man den Schwefelklotz mit einem durch destilliertes Wasser angefeuchteten reinen Lappen abwischt, die vollkommene Isolation wieder hergestellt.

Es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, daß starke Überladungen zu vermeiden sind. Sonst können erhebliche Mengen Elektrizität auf den Isolator überkriechen und dort haften bleiben. Das Vorhandensein solcher störenden Ladungen verrät sich dadurch, daß wenn man eine größere Spannung, z. B. die 220 Volt der Stadtleitung, abwechselnd an das Elektrometer oder an sein Gehäuse legt, erheblich verschiedene Ausschläge erfolgen. Binnen einigen Tagen verliert sich dieser Zustand von selbst.

In diesem Zusammenhange sei auch der scheinbar überflüssigen Anordnung des Schellackstäbchens *K* als Stiel des Dämpferflügels gedacht. Anfänglich hatte ich ein Drahtstück als Stiel angelötet. Da ging aber die Lichtmarke schon binnen 1 Stunde um etwa 10 cm zurück. Erst durch die Einfügung des gut isolierenden Stiels wurde das Instrument auf seine volle Brauchbarkeit gebracht. Bei leitendem Dämpfer kriecht offenbar ein Teil der Ladung in das Öl, das, obwohl an sich isolierend, doch stets Spuren von Feuchtigkeit aufnimmt. —

Das Gehäuse spielt zunächst die Rolle eines Windschutzes. Im Verlauf des Unterrichts wird man aber seine elektrische Wirkung zeigen und erörtern müssen. Jedes ungeschützte Elektroskop ändert beim Annähern der Hand oder eines andern geerdeten Leiters seinen Ausschlag; ebenso wenn es höher oder tiefer steht. Unser vom geerdeten Gehäuse umschlossenes Instrument zeigt sich aber gegen derartige Einflüsse und auch gegen nahe gebrachte elektrische Körper völlig unempfindlich. Leider hört diese Schutzwirkung aber auf, sobald es einen Aufsatz, z. B. den Faradayschen Becheraufsatz, erhält oder durch eine Leitung mit irgendeinem isolierten Konduktor verbunden ist.

Das Gehäuse verhält sich dem eigentlichen Elektrometer gegenüber ähnlich wie die äußere Belegung einer Leydener Flasche zur inneren. Teilt man dem nicht geerdeten Gehäuse eine Ladung mit, so weicht die Lichtmarke nicht vom Nullpunkte. Sobald aber das Elektrometersäulchen ableitend berührt wird, erfolgt ein Ausschlag, der ungefähr dreimal kleiner ist, als wenn die gleiche Ladung an das Elektrometer abgegeben worden wäre. Das so durch Influenz geladene Elektrometer bleibt nunmehr ungestört bei ableitender Berührung des Gehäuses.

Bei isoliertem Gehäuse wird das Elektrometer durch kurze Berührung mit dem Finger nicht vollständig entladen, sondern es bleibt etwa $\frac{1}{3}$ des Ausschlages bestehen, wegen der im Gehäuse verbleibenden, vorher gebunden gewesenen entgegengesetzten Elektrizität. Wenn man nunmehr wieder das Gehäuse für einen Augenblick erdet, so stört das keineswegs. Aber eine darauf folgende Berührung des Elektrometersäulchens läßt die Ladung wieder auf $\frac{1}{3}$ ihres Betrages sinken. Der Vorgang ist also ähnlich der stufenweisen Entladung einer isoliert aufgestellten Leydener Flasche durch abwechselndes Erden der innern oder der äußeren Belegung.

Noch einfacher liegen die Verhältnisse, wenn man das Elektrometer oder das Gehäuse nicht mit bestimmten Ladungen mittels einer Probekugel versieht, sondern es auf eine bestimmte Spannung bringt. Legen wir bei geerdetem Gehäuse den Spannungsdraht unserer 220voltigen Zentrale an das Elektrometer, so stellt sich die Lichtmarke auf 220 ein. Legen wir umgekehrt die Leitung an das Gehäuse und verbinden das Elektrometer mit der Erde, so zeigt das Instrument ebenfalls 220 an. Der Ausschlag entspricht stets dem Spannungsunterschiede zwischen Gehäuse und Elektrometer. Legen wir die 220 Volt an das Gehäuse, an das Elektrometer aber den ungleichnamigen Pol unserer 6zelligen Sammlerbatterie, so geht der Ausschlag sofort auf 232.

Die wichtige Arbeit des Eichens oder Nacheichens läßt sich mittels einer Hochspannungsbatterie von 400 kleinen Sammlerzellen zwar schnell und sicher erledigen, aber keine höhere Schule darf sich den sehr kostspieligen Luxus einer solchen Batterie gestatten. Wo die Schule aber Anschluß an eine Zentrale hat mittels einer mit gutem Voltmeter ausgerüstetem Schalttafel, die auch Unterteilung der Spannung zuläßt, kann wenigstens das erste Drittel der Skala ohne weiteres fertiggestellt werden. Es bleibt für alle Fälle noch die mit den einfachsten und in jeder Schule vorhandenen Hilfsmitteln durchführbare Methode der stufenweisen Aufladung übrig. Diese ist gerade bei unserm Instrument, welches sich so schnell einstellt und so gut wie gar keine Ladungsverluste erleidet, mit aller Bequemlichkeit und großer Schärfe anwendbar. Die in den Becheraufsatz einzusenkende Ladekugel — zweckmäßig eine bronzierte Korkkugel von 2 cm Durchmesser — hängt mittels eines 10 cm langen Seidenfadens am Ende eines mindestens 30 cm langen Hartgummistabes, der horizontal mit gestrecktem Arm zu halten ist. Die Ladung wird einer schwach geladenen Leydener Flasche bester Isolation mit der Vorsicht entnommen, daß die Probekugel immer in gleicher Weise dem Scheitel des Knopfes oder besser dem Ende eines 20 cm hohen Drahtaufsatzes angelegt wird.

Was nun bei einer solchen Versuchsreihe zuerst ins Auge fällt, ist die Tatsache, daß eine kleine Ladung, welche auf der Skalamitte den Ausschlag des soweit aufgeladenen Elektrometers um mehrere Zentimeter vergrößert, als Anfangsladung die Lichtmarke kaum um 1 mm vom Nullpunkte fortbringt. Diese auffällige Trägheit in der Nähe des Nullpunktes ist allen Blatt- und Zeigerelektrometern gewöhnlicher Bauart eigentümlich. Ein Aluminiumblattelektroskop, dem 220 Volt einen beträchtlichen Ausschlag erteilen, bleibt bei 50 Volt ganz unbeweglich. Beim Braunschen Elektrometer ist der erste Skalenteil, 0—100 Volt, nur 4 mm breit, während der zweite, 100—200, schon 8,5 mm und die folgenden sechs 9,5 mm weit sind. An der nach Dekavolt geteilten Skala unsers Lichtzeigerinstrumentes ist der erste Strich kaum 1 mm vom Nullpunkt entfernt, wogegen zwischen den Strichen 5—6, 10—11, 15—16, 20—21, 25—26, die bezüglichen Abstände sind: 8, 16, 25, 26, 28 mm. Die Eichungskurve steigt demnach zuerst ganz langsam, wird bald steiler, um bei etwa 30 cm Ausschlag nahezu geradlinig zu werden unter einem Steigungswinkel von 70°.

Eine weitere Merkwürdigkeit ist die, daß die Eichungskurve in weiten Grenzen von der Anfangslage des Elektrometerblatts unabhängig ist. Oben wurde gesagt, daß das Elektrometerblatt in der Nullstellung etwa 2 mm von den Säulen abliegen solle. Es macht indessen gar nichts aus, ob es etwas näher oder einige Millimeter weiter liegt. Wenn man mittels des Torsionskopfes die Lichtmarke um 20 cm vorwärts bringt und die Dekavoltskala ebensoweit nachrückt, so daß die Marke wieder auf den Nullstrich fällt, so zeigt das Instrument immer noch richtig, obwohl das Blatt in der Nullage nun nicht 2, sondern 5 mm von seinem Träger entfernt ist.

Ohne uns auf eine Erklärung der soeben erwähnten Tatsachen einzulassen, ergibt sich daraus die praktische Folge, daß wir eine kleine Spannung bis zu 10 Volt für sich allein an einem Blattelektrometer nicht bestimmen können. Wohl aber

machen sich 10 Volt als Zusatz zu 220 Volt durch einen Mehrausschlag von 26 mm aufs deutlichste bemerkbar. Ja ein einziges Volt gibt sich so auf 6 m Entfernung noch zu erkennen. Es bedarf also keines trennbaren Voltaschen Kondensators, um das Vorhandensein einer schwachen elektrischen Ladung in einem galvanischen Element nachzuweisen und um zu zeigen, daß die Ladung der Zahl der hintereinander geschalteten Elemente proportional, aber unabhängig von der Größe der Elemente ist. Diese Versuche gestalten sich unter Mitverwendung eines Morsetasters gemäß Fig. 3 besonders nett und bequem.

Wo ein Anschluß an eine 220voltige Zentrale nicht vorhanden, kann man die Spannung von einzelnen galvanischen Elementen und kleinen Batterien unter Zuhilfe-

nahme einer Leydener Flasche gut mittels der in Fig. 4 skizzierten Versuchsanordnung demonstrieren. Nachdem das Elektrometer nebst der damit verbundenen Flasche durch Mitteilung von Elektrizität auf etwa 300 Volt geladen, wird beim Niederdrücken des Tasters der Ausschlag um einen Betrag größer oder kleiner werden, welcher der Spannung der angeschlossenen galvanischen Batterie entspricht.

Das im vorstehenden benutzte optische Zubehör des neuen Lichtzeigerelektrometers entspricht den Anforderungen des Klassenunterrichts. Für Schülerarbeiten und Nahbeobachtung genügt indessen eine Ausführungsform mit 4mal kleinerem

Skalenabstande. Das Elektrometer selbst bleibt das gleiche; nur das Fenster im Gehäuse ist keine planparallele Glasplatte, sondern eine Sammellinse von 20 cm Brennweite. Es wird an einem Ende eines leichten, auf Stellfüßen ruhenden Grundbrettes von 30 cm ins Quadrat in der oben beschriebenen Weise aufgestellt. Auf der Gegenseite steht die aus Blech gebogene Skalenwand, in welche

etwas unter dem Treffpunkt der optischen Achse eine schmale rechteckige Öffnung mit eingezogenem dünnen Vertikaldraht angebracht ist, durch welche eine mit Schutzzyylinder umgebene Kerzenflamme ein Lichtbündel nach dem Elektrometerfenster wirft. Etwas oberhalb der optischen Achse erscheint auf der Kartonskala ein scharfes Bild der Öffnung und Fadenmarke. Obgleich diese Dekavoltkala im Vergleich mit der oben beschriebenen 4mal verkleinert ist, können doch bis auf 1 m Abstand noch Zehntel geschätzt werden. Dabei können mehrere Beobachter von hinten und von den Seiten her gleichzeitig ablesen. Es bestehen also in bezug auf Genauigkeit, Meßbereich und schnelles Einstehen die nämlichen günstigen Verhältnisse, wie sie oben mitgeteilt worden sind. Ein Vorzug aber liegt darin, daß dieses kurze Lichtzeigerelektrometer ein geschlossener Apparat von mäßiger Ausdehnung ist, der überall auf einem Tischchen oder Dreifuß in Tätigkeit gesetzt werden und beim Nichtgebrauch als Ganzes im Apparatschrank bequem untergebracht werden kann. Näheres über seine Eigentümlichkeiten und seine Verwendung wird einer späteren Mitteilung vorbehalten.

Nach der vorliegenden Beschreibung dürfte sich jeder Fachmann eine zutreffende Vorstellung von dem Bau, der Wirkungsweise und der Anwendbarkeit des neuen

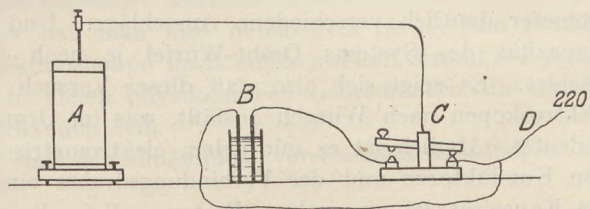


Fig. 3.

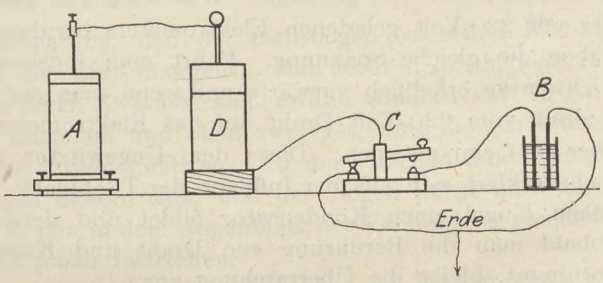


Fig. 4.

Lichtzeigerelektrometers machen können. Über seine didaktische Ausnutzung im Experimentalunterricht sei zum Schluß nur die allgemeine Bemerkung gemacht, daß dies Instrument die Möglichkeit gibt, die ganze Schulelektrostatik messend zu behandeln, da es getreu Spannungen bis auf 1 Volt genau binnen wenigen Sekunden der ganzen Klasse anzeigt. Aber seine Tugend kann unter Umständen lästig werden. Alle die störenden Einflüsse, denen elektrometrische Demonstrationen unterliegen, werden mit unbeugsamer Wahrhaftigkeit aufgedeckt, so daß das erwünschte Ergebnis unter Umständen ganz verhüllt wird. Dahin gehört z. B. die Erhärtung des grundlegenden Satzes, daß ein geladener Konduktor überall das gleiche Potential hat. Sobald ich aber das freie Ende des Verbindungsdrahts an die verschiedenen Ecken des für diese Versuche üblichen Würfels lege, oder an die Kanten oder Flächen, zeigt unser Elektrometer deutlich verschiedene Ausschläge. Und das muß auch so sein, weil die Kapazität des Systems Draht-Würfel je nach der Gruppierung eine Veränderung erleidet. Es zeigt sich also, daß dieser Versuch nur mit den üblichen rohen Blattelektroskopen nach Wunsch ausfällt, was im Grunde genommen aber eine Fälschung bedeutet. Ähnlich ist es mit jedem elektrometrischen Versuch, bei dem die Kapazität von Leitern und des Verbindungsdrahts eine bestimmende Rolle spielt. Denn die Kapazität ist ein wahrer Proteus. Vor allem ist sie auch von der ganzen Umgebung, vom Experimentiertische und der Nähe des Experimentators abhängig, wie die wandernde Lichtmarke unsers Elektrometers getreulich zeigt. Zum Beschluß noch ein lehrreiches Beispiel solcher Kapazitätswandlung. Der Spannungsdraht unseres Stadtanschlusses bringt in Berührung mit dem Elektrometer richtig den Ausschlag von 220 Volt hervor. Nun laden wir an dem in eine Fußklemme befestigten Drahte einen isolierten Kugelkonduktor von 10 cm Durchmesser. Selbstverständlich wird dieser auch auf 220 gebracht. Was wird nun geschehen, wenn ich damit den Kopf des auf 220 Volt geladenen Elektrometers berühre? Offenbar gar nichts, denn beide haben die gleiche Spannung. Führt man indessen die Berührung aus, so rückt die Lichtmarke erheblich vorwärts, und wenn man auf solche Weise noch einige Male die Ladung vom 220-Volt-Draht auf das Elektrometer überträgt, wird dessen Spannung über 300 emporsteigen. Diese dem Ungewitzten ganz überraschend kommende Tatsache erklärt sich aus der Influenz der Tischplatte, die mit der nahe darüber befindlichen Kugel einen Kondensator bildet und deren Kapazität bedeutend vergrößert. Sobald man die Berührung von Draht und Kugel 50 cm oberhalb der Tischplatte vornimmt, bleibt die Überraschung aus.

Die Firma Max Kohl, Chemnitz, wird das beschriebene Instrument in vorchriftsmäßiger Ausführung liefern.

Die Umkehrung von Spektrallinien.

Von

Prof. Dr. W. Merkelbach in Cassel.

Um zweckmäßige Ausgestaltung der Versuchsanordnungen für Umkehrung von Spektrallinien im Unterricht hat sich besonders Grimsehl verdient gemacht. Seine ersten Ausführungen darüber finden sich in dieser Zeitschrift 20, 1907, S. 209. Später hat er sein Verfahren noch vereinfacht und darüber in einem zweiten Aufsätze (26, 1913, S. 79) Mitteilungen gemacht. Er legte Wert darauf, neben der früher schon öfter vorgeführten Umkehrung der Natriumlinie im objektiven Spektrum noch ein weiteres Spektrum umzukehren, weil „den Schülern dadurch der Nebengedanke genommen wird, daß die Umkehrung der Spektrallinie nur für die Natriumlinie möglich ist“.

Eine einfach auszuführende Umkehrung ist Grimsehl außer bei der Natriumlinie bei der Strontiumlinie gelungen. Er benutzte zuletzt für seine Absorptionsversuche die Flamme eines großen Teklubrenners mit Schlitzaufsatz, die für den Natriumversuch mit Kochsalz enthaltenden Asbestpappen gefärbt wurde. Für den Strontiumversuch bediente er sich zur Färbung zweier kleinen mit Strontiumsalzlösung gefüllten Pfannen aus Messingblech, die mit einem Rande die Flamme berührten.

Die im folgenden beschriebene Methode liefert noch stärkere Linien als die Grimsehlsche und ist mit gutem Erfolge außer auf Na und Sr noch auf einige weitere Metalle anwendbar.

Zur Absorption wird die Flamme eines Bunsenbrenners benutzt, der durch einen elektrischen Lichtbogen Metalldämpfe zugeführt werden.

Zur Ausführung des Versuches hat man also neben dem Strom zum Betrieb der das Spektrum erzeugenden Projektionslampe noch einen zweiten Stromkreis nötig. Die Einrichtung hierfür wird wohl in vielen physikalischen Lehrzimmern, die an ein Leitungsnetz angeschlossen sind, vorhanden sein.

Über den die Bunsenflamme mit Metalldämpfen versehenen Lichtbogen sei folgendes vorausgeschickt:

Meine ursprüngliche Absicht ging dahin, den elektrischen Lichtbogen in der Bunsenflamme zu erzeugen. Es stellte sich aber heraus, daß das nicht ohne weiteres möglich war. Wenn man auf einen zwischen zwei wagrechten Kohlen regelrecht hergestellten Lichtbogen eine Bunsenflamme richtet, so pflegt der Bogen zu verlöschen. Führt man den Versuch so aus, daß man die Kohlenspitzen in einer Flamme zur Berührung bringt und dann langsam auseinanderzieht, so bildet sich ein Lichtbogen, der bei einer Entfernung der Kohlen verlöscht, welche viel kleiner als die ohne Anwendung der Flamme ist.

Nun zeigt eine genauere Betrachtung, daß der Lichtbogen bei seiner Bildung nicht in der Flamme, sondern in der Luft übergeht. Man sieht nämlich, daß die die Kohlen treffende Flamme nicht deren Zwischenraum erfüllt, sondern sich in zwei Teile zerlegt, die die Kohlenenden umgeben und oben zwei getrennte Zungen bilden.

Zieht man die Kohlen langsam auseinander, so wird der zwischen ihnen befindliche Luftraum schmaler; die Zungen nähern sich, und der Bogen pflegt nach ihrer Vereinigung bald zu verlöschen. Ob das in dem Augenblick der Vereinigung geschieht oder etwas später, konnte ich nicht genau feststellen.

Werden die Kohlenenden mit Metallsalzen versehen, die zur Verdampfung gelangen, so treten die Dämpfe aus dem Luftraum zwischen den Kohlen in die Flamme ein, dabei die letztere färbend. Obschon die Stromstärke beim Entfernen der Kohlen abnimmt, wird dann die Färbung stärker, weil die Flammenteile dichter an den Lichtbogen rücken. Die Flamme nimmt natürlich um so mehr von dem Stoff auf, je leichter er verdampft. Man wird also zu einer möglichst starken Färbung von den einzelnen Metallen die Salze wählen, die am flüchtigsten sind. Bei den folgenden Versuchen sind meist die Chloride gewählt. Auch wird man möglichst große Mengen des Salzes in die Nähe der Kohlenenden zu bringen haben.

Die von mir benutzte Einrichtung der Flammenfärbung zeigt Fig. 1.

Auf einem Brett, das von zwei verstellbaren Tischchen getragen wird, stehen zu beiden Seiten eines Bunsenbrenners zwei Holtzsche Klemmen mit dicken, nach oben führenden Kupferdrähten, an deren oberen Enden zwei geschlitzte Metallröhren zur Aufnahme der Kohlenstäbe angelötet sind. Die Stäbe selbst stehen selbst annähernd wagrecht, nach ihren sich gegenüberstehenden Enden zu sind sie aber etwas geneigt. Die Länge der Kupferdrähte ist so bemessen, daß die Kohlenenden etwa 4 cm vom Brenner entfernt sind. — Um die in die Bunsenflamme kommenden Kohlenenden mit möglichst viel von dem zu verdampfenden Stoff zu versehen, habe ich 10 mm dicke Röhrenkohlen mit 5 mm innerem Durchmesser gewählt, wie sie von

der Firma Gebr. Siemens & Co., Berlin-Lichtenberg (Herzbergstraße) zur Darstellung der objektiven Spektre glühender Dämpfe angefertigt werden. Mit Hilfe einer nicht zu feinen Laubsäge ist auf 2 cm Länge die obere Hälfte des Kohlenendes abgenommen. In die so entstehende Rinne und auf die angrenzende obere Fläche wird möglichst viel von der zu verdampfenden Substanz mittelst eines Méker- oder eines Gebläsebrenners aufgeschmolzen, wobei man die Kohlen etwas nach vorn neigt, damit die geschmolzene Masse an das Ende fließt. Man hat zu wiederholten Malen von der Substanz aufzubringen, was mittelst einer in einen Halter verkehrt eingesteckten Stahlfeder geschehen kann. Die Enden sind rotglühend zu machen, damit die geschmolzene Substanz auch etwas von den Kohlenenden aufgesaugt wird. Beim Gebrauch müssen die Kohlenenden in die Achse des Brenners kommen, was man an der gleichmäßigen Ausbildung der beiden Flammteile über den Kohlen erkennen kann.

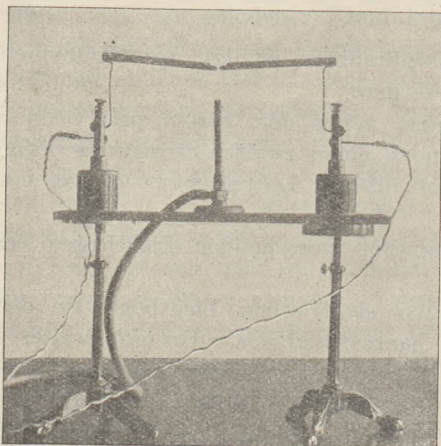


Fig. 1.

Außer der beschriebenen Vorrichtung gebraucht man beim Versuch noch dieselben Apparate, die zur Darstellung eines reinen objektiven und möglichst lichtstarken Spektrums notwendig sind. Man vereinigt das Licht einer Bogenlampe auf einem Spalt, von dem man mittelst einer Linse ein scharfes reelles Bild auf einem Schirm entwirft. In den Gang der Lichtstrahlen zwischen

Linse und Schirm kommt dann ein Geradsichtprisma. (Ich erhalte mit einem solchen bessere Spektre als mit unserm Flintglasprisma.) Die absorbierende Flamme kommt vor den Spalt. Die Vorteile dieser Stellung sind von Grimsehl (D. Zeitschr., 20, 1907, S. 210) angegeben.

Die Anordnung im Einzelnen mit den mir zur Verfügung stehenden Apparaten zeigt Fig. 2, in der nur der entfernt stehende Schirm zum Auffangen des Spektrums weggelassen ist.

Wie ersichtlich, dient mir als Lichtquelle die Classensche Universalbogenlampe. Sie hat vor der Liliputbogenlampe den Vorzug eines in unveränderter Höhe

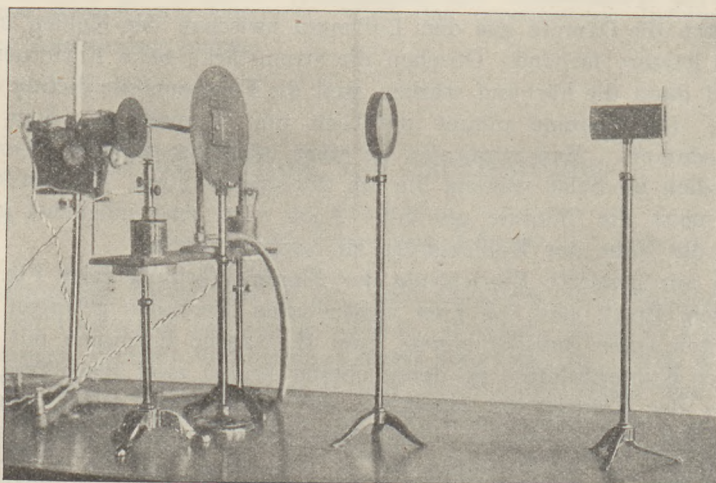


Fig. 2.

bleibenden Lichtpunktes. Wenn, wie bei unserm Versuche, eine längere Reihe hintereinander stehender Apparate erforderlich wird, ist das häufig notwendig werdende

Regeln der Höhe des Lichtpunktes störend. — Die Kondensorlinse wird so weit herausgezogen, daß das Licht sich möglichst gut auf dem etwa 16 cm entfernten und etwas über 1 cm hohen Spalte vereinigt. Der Spalt, der auf einer großen Blende angebracht ist, muß voll und gleichmäßig beleuchtet sein.

Eine einfache Linse von 25 cm Brennweite entwirft auf einem $3\frac{1}{2}$ m vom Spalt entfernten Schirm ein möglichst scharfes Bild von etwa 4 mm Breite. Da unsere Linse, wie sich durch Vergleich der Spalthöhe mit der Höhe seines Bildes ergibt, eine etwa 12malige Vergrößerung liefert, so hat man den Spalt auf ungefähr $\frac{1}{3}$ mm Breite einzustellen.

Die Linse muß groß genug sein, um das den Spalt durchsetzende Lichtbündel möglichst ganz aufzunehmen. Ebenso das nun folgende Geradsichtprisma, das bei mir aus 3 Prismen mit quadratischem Querschnitt von 25 mm Seite besteht.

Man kann die Reinheit des Spektrums prüfen, indem man im Spalt durch einen quergespannten Faden einen dunklen Punkt erzeugt. Die dadurch im Spektrum auftretende dunkle Querlinie erscheint nur im mittleren hellsten Teil des Spektrums scharf begrenzt; ihre Enden in Rot und Blau sind verwaschen. Es liegt das an unserer Verwendung einer nicht achromatischen Linse, für welche der Vereinigungspunkt der roten Strahlen hinter, der der blauen vor den Schirm fällt. Dadurch, daß man den Schirm um etwa 45° dreht, kann man die ganze Querlinie scharf haben. Für die Vorführung des Spektrums ist die Drehung des Schirmes eine Annehmlichkeit. Wenn die Apparatenreihe auf dem Experimentiertisch aufgebaut ist, hat man dadurch die Möglichkeit, den an der Seite stehenden Schirm den Zuschauern zuzudrehen. Man muß es nur so einrichten, daß das rote Ende des Spektrums diesen am nächsten liegt.

Der Bunsenbrenner mit den Kohlen findet möglichst nahe vor dem Spalt Aufstellung, so, daß die Flamme sich genau vor dem Spalt befindet.

Die Höhe der Tischchen wird so bemessen, daß die oberen Ränder der Kohlendenden dicht unter den Spalt kommen, so daß also eine geringe Höherstellung den oberen Rand des Spektrums beeinflusst.

Die Flamme wird so geregelt, daß sie den Spalt nur um wenige Zentimeter überragt. Nachdem man nun die Kohlendenden auf ganz geringe Entfernung gebracht hat, wird die zur Erzeugung des Lichtbogens bestimmte Stromleitung, in die man vorher einen passenden Widerstand eingeschaltet hatte, geschlossen. Bei einer Spannung unseres Leitungsnetzes von 110 Volt habe ich einen Widerstand von 18Ω eingeschaltet, so daß bei kleinem Apparatenwiderstand eine Stromstärke von 6 Amp. entstehen würde. Diese Stromstärke wird natürlich bei entstehendem Lichtbogen nicht ganz erreicht, um so weniger, je weiter man die Kohlen auseinanderzieht.

Der Lichtbogen bildet sich nunmehr, wenn man durch geringes Verschieben einer der Holtzschen Klemmen die Kohlen zur Berührung bringt und vorsichtig wieder entfernt. Sein Licht habe ich gegen die Klasse durch eine vorgesetzte Papptafel abgeblendet. Während seiner Bildung erscheinen die Farben des Spektrums durch das von der Zimmerdecke zurückgestrahlte Licht etwas blasser. Das Ergebnis des Versuches wird dadurch aber nicht sehr beeinflusst, so daß ich das nach oben ausgestrahlte Licht nicht durch weitere Abblendung, die etwas umständlich ist, beseitigt habe. Für den Experimentierenden ist es angenehm, wenn der positive Kohlenkrater von ihm abgewendet ist.

Geradezu glänzend und ziemlich lange andauernd verläuft die Umkehrung der Natriumlinie. Die starke, tiefdunkle Linie tritt sofort bei Bildung des Lichtbogens auf und wird beim weiten Auseinanderziehen der Kohlen wegen der abnehmenden Stromstärke etwas schwächer.

Zur Flammenfärbung kann man an Stelle von Chlornatrium, das vor dem Aufschmelzen zu pulvern und in einem bedeckten Tiegel zu erhitzen ist, bis es nicht

mehr knistert, mit ebenso gutem Erfolge das wasserfreie Natriumkarbonat (kalzinierte Soda) benutzen. Es wird auch im Méker- oder Gebläsebrenner aufgeschmolzen.

Schon mit gewöhnlichen Bogenlampenkohlen, deren Enden mit wasserfreiem Na_2CO_3 überzogen werden, verläuft der Versuch sehr gut, nur etwas kürzer. Das Überziehen geschieht hier, indem man die erhitzten Enden mit einem Häufchen Kristallsoda in Berührung bringt, so daß sie allseitig von der schmelzenden Soda benetzt werden, und sie nun nochmals in die Flamme bringt. Durch Wiederholung des Verfahrens wird der Überzug verstärkt.

Blendet man, während die Natriumlinie dunkel im Spektrum erscheint, den Lichtkegel der Lampe durch ein vorgehaltenes Brettchen, oder durch ein Papier- oder Blechstück ab, so kann man die Na-Linie hell auf dunkeln Grunde sehen. Der Versuch gelingt jedoch nur, wenn die Kohlen eine bestimmte Entfernung überschritten haben. Wenn man dann (nach Grimsehl) den Strahlenkegel möglichst nahe der Bunsenflamme nur zur Hälfte abblendet, so sieht man die Natriumlinie zum Teil hell, zum Teil dunkel, und kann so einerseits die Übereinstimmung der Lage beider Linien beweisen, andererseits dartun, daß die dunkle Linie nicht ganz lichtlos ist.

Der Versuch wird am besten so ausgeführt, daß man bei abgeblendetem Licht der Projektionslampe eine Kohle so weit von der andern entfernt, bis die Natriumlinie hell erscheint. Nun erst gibt man eine Hälfte des Lichtkegels frei.

Die Umkehrung der Spektrallinien von andern Metallen geht wegen deren geringerer Flüchtigkeit weniger leicht vor sich und bedarf der Beachtung einiger Vorichtsmaßregeln.

Man muß die Kohlen mit so viel Substanz beschicken als möglich ist, ohne daß sie abtropft. Wie schon oben dargelegt, erhält die Bunsenflamme von den schwerer verdampfenden Metallen nur genügende Dampfmengen, wenn sie beim Auseinanderziehen der Kohlen nahe genug an den Lichtbogen herantritt. Andererseits verlöscht der Lichtbogen leicht, wenn diese Grenze überschritten wird. Besonders bei neuhergerichteten Kohlen muß man den Lichtbogen öfter in Gang setzen, bis die Kohlenenden ganz glühend geworden sind.

Die Dauer der Erscheinung hängt viel von der Art der Berührung der Kohlen ab. Es ist gut, wenn die Kohlen keine hervorragenden Spitzen besitzen, weil sie an solchen rasch abbrennen, und die Dauer des Lichtbogens dadurch kurz wird. Die durch ungleichmäßiges Abbrennen entstandenen Spitzen bei gebrauchten Kohlen müssen daher mit einer groben Feile beseitigt werden. Die Versuchsdauer wird befördert, wenn man die betreffende Substanz mit etwas NaCl (1 Teil NaCl auf 2 Teile der Substanz) verreibt. Man erhält dann zwar auch die Natriumlinie, die aber an ihrem sofortigen Auftreten kenntlich ist. Oft kann man ziemlich lange die Umkehrungslinien dadurch erhalten, daß man nach Bildung des Lichtbogens die Kohlen nur etwas auseinanderzieht und abbrennen läßt, bis sich die Entfernung passend vergrößert hat. Die Versuche lassen sich sofort oft wiederholen, doch ist es gut, nach einigen Versuchen die verbrauchte Substanz an den Kohlenenden zu ersetzen. Es geschieht dies, indem man die glühenden Kohlenenden aus der Flamme herausdreht und bei untergehaltenem Vorratsgefäß neue Substanz aufbringt.

Außer bei Natrium ist mir die Umkehrung noch bei Strontium, Calcium, Barium und Lithium gelungen. Im Einzelnen ist darüber Folgendes noch zu bemerken:

Beim Strontium tritt zunächst die breite Linie im Orange auf, dann aber tritt eine Reihe feiner Linien hinzu, die in ziemlich gleichen Abständen das Rot bis zu seiner Grenze durchsetzen.

Bei Calcium erhält man je eine breite Linie in Rot und Grün. Das Aufschmelzen des CaCl_2 darf nicht lange vor Ausführung des Versuches geschehen, weil es durch Anziehen von Wasserdampf leicht zerfließt.

Barium zeigt drei feine Linien im Grün.

Die Lithiumlinie habe ich mit Li_2CO_3 umgekehrt und zwar, da der Stoff leicht verdampft, ohne NaCl . Das gepulverte Salz, das in Wasser schwer löslich ist, wird mit einigen Wassertropfen zu einer breiartigen Masse angerührt, die man in großer Menge auf die Röhrenenden streichen kann. Beim Schmelzen im stark wirkenden Brenner sintert sie sehr zusammen, so daß man noch weitere Masse aufbringen kann. Die Linie entsteht auch erst nach dem Auseinanderziehen der Kohlen und liegt nahe der Grenze des Rot. Sie ist zwar scharf, aber nur aus der Nähe gut zu sehen, weil das Spektrum in ihrer Umgebung nicht mehr lichtstark ist.

Mit anderen Metallen habe ich keine Erfolge gehabt. Die nach der angegebenen Methode erzeugten dunklen Spektrallinien entsprechen den hellen, die mit Hilfe einer Bunsenflamme subjektiv erhalten werden können. Es fehlen die Linien, die bei der objektiven Darstellung der Spektre mittelst Bogenlichtes noch zu den anderen hinzutreten. Das hat seinen Grund wohl darin, daß der absorbierende Dampf rasch die Temperatur der Bunsenflamme annimmt. Darin wird auch der Grund zu suchen sein, daß nach unserem Verfahren die Umkehrung nur Erfolg bei den Alkali- und Erdalkalimetallen hat, also nur mit denselben Metallen, die bei Anwendung von Bunsenflamme und Spektralapparat Spektrallinien liefern.

Erwähnt sei noch, daß unter günstigen Umständen beim langsamen Auseinanderziehen der Kohlen über eine bestimmte Grenze die auftretenden dunklen Linien sich in helle auf dem Grunde des Spektrums verwandeln. Bald darauf pflegt der Lichtbogen zu verlöschen. Gelingt es nach Auftreten der hellen Linien die Kohlen wieder etwas zu nähern, so werden die Linien wieder dunkel und zwar am unteren Rande des Spektrums (dem oberen Teil des Spaltes entsprechend) beginnend. Bei vorsichtigem Schieben der Klemme kann man es erreichen, daß man auf dem hellen Grund des Spektrums in der oberen Hälfte die Linien hell, in der unteren dagegen dunkel erblickt.

Nach Gebrauch entfernt man die Kohlenenden, soweit sie mit den Stoffen getränkt sind. Es zeigt sich nämlich, daß nach einiger Zeit solche Kohlenenden einen unregelmäßigen Lichtbogen erzeugen, weil fortwährend kleine Stückchen abspringen. Anscheinend erzeugen die geschmolzenen und aufgesaugten Stoffe nach längerem Lagern feine Risse in der Kohle.

Nachschrift. Die Vorbereitung der Kohlen zu den beschriebenen Versuchen wird sehr vereinfacht, wenn man statt der zylindrischen Röhrenkohlen, deren Enden zur Hälfte entfernt werden müssen, halbzyllindrische Röhrenkohlen benutzt. Auf meinen Wunsch hat neuerdings oben genannte Firma Gebr. Siemens & Co., Berlin-Lichtenberg, mir halbzyllindrische Röhrenkohlen geliefert, die in ihren Abmessungen den von mir früher verwendeten Spektralkohlen entsprechen, wenn man sich diese durch einen Achsenschnitt halbiert denkt. Die Befestigung der halbzyllindrischen Kohlen in den geschlitzten Metallröhren wird vorgenommen, nachdem man das einzuschiebende Ende durch ein kurzes Stück derselben Kohle zu einem ganzen Zylinder ergänzt hat.

Ein einfaches Verfahren zur Herstellung beweglicher Diapositive.

Von

Dr. Alfred Schmidtmayer in Bremen.

Wird ein photographisches Negativ so lange (z. B. mit Blutlaugensalz) „abgeschwächt“, bis das Bild vollständig verschwunden ist, so bildet die allein zurückbleibende völlig durchsichtige Gelatineschicht einen dünnen Überzug, auf dem sich mit Bleistift, Tinte, Tusche, Farben usw. sehr gut schreiben und zeichnen läßt, während auf gewöhnlichem

Glase die genannten Zeichenmaterialien nicht haften oder zerfließen. So vorbereitete Platten vom Formate 9×12 oder $8\frac{1}{2} \times 8\frac{1}{2}$ liefern zur Herstellung der verschiedensten Projektionsobjekte ein sehr geeignetes und, da jede fehlerhafte oder unbrauchbar gewordene Platte benützt werden kann, so gut wie kostenloses Material.

Für Leser, die in den photographischen Handgriffen nicht bewandert sind, schalte ich einige Vorschriften ein. Man stelle sich folgende zwei Vorratslösungen her: 1. eine 10prozentige Lösung von rotem Blutlaugensalz (Ferricyankalium), die im Dunkeln aufzubewahren ist, und 2. eine 20prozentige Lösung von reinem (nicht angesäuertem) Fixiernatron (Natriumthiosulfat). Zum Gebrauche werden von jeder Lösung etwa 25 cm in eine Schale geschüttet und dann die Platte, Schicht nach oben, eingelegt. Sobald das Bild verschwunden ist, wird die Platte herausgenommen und gewässert. Wenn die Flüssigkeit, die sich rasch zersetzt, nicht mehr arbeitet, wird sie weggeschüttet und durch neue ersetzt. Die Wirkung dieses „Abschwächens“ beruht darauf, daß der durch die Belichtung ausgeschiedene Silberniederschlag sich zu Ferrocyansilber verbindet, das im Fixiernatron löslich ist.

Legt man eine solche, völlig durchsichtige Platte auf eine Zeichnung, Karte usw., so kann man auf der Gelatineschicht ohne besondere zeichnerische Fertigkeit durch bloßes Nachziehen der Konturen Diapositive der verschiedensten Art, wie Diagramme, Tabellen, schematische Zeichnungen, Schnitte durch Apparate und Maschinen, Kraftfelder, Schaltungsskizzen, Kurven, Abbildungen der Sinnesorgane usw., herstellen. Durch Anwendung von Farben (am besten jener, welche zum Kolorieren von Glasdiapositiven in den Handel gebracht werden) kann man diese Diapositive noch wirkungsvoller machen. Dabei achte man aber darauf, daß erst die Farbe aufgetragen und dann erst die Kontur mit Tusche nachgezogen werde. Zeichnungen mit gewöhnlicher (Eisengallus- oder Blauholz-) Tinte verschwinden, wenn man sie wieder in die erwähnte Blutlaugensalzlösung legt, so daß dieselbe Platte mehrmals benutzt werden kann.

Durch gleichzeitige Anwendung mehrerer solcher Platten, die teils bewegt, teils festgehalten werden, läßt sich nun eine Reihe beweglicher Projektionsbilder herstellen, von denen einige im folgenden beschrieben sind. Man wird sie leicht durch andere Beispiele aus den verschiedensten Gebieten der Physik erweitern können.

Eine Schwierigkeit liegt nur noch darin, die festen und beweglichen Platten so in den Projektionsapparat zu bringen, daß sie bequem und ohne sich zu verschieben, aneinander vorbei bewegt werden können. Am einfachsten läßt sich dies bei Apparaten einrichten, die für die Projektion horizontal liegender Gegenstände eingerichtet sind. Empfehlenswert ist etwa folgende Anordnung:

MM (Fig. 1) ist ein rechteckiger Rahmen, mit den inneren Ausdehnungen von 9×12 cm, in dem die eingelegte Platte auf einer ringsum laufenden Rast *rr* liegt. Diese Rast darf nicht allzutief in den Rahmen eingelassen sein, so daß *A* dicht unter der beweglichen Platte *B* zu liegen kommt, da nur dann beide Platten gleichzeitig durch den Projektionsapparat scharf abgebildet werden. An den Längsseiten sind zwei Leisten *LL* angebracht, welche die Führung bilden, in der sich die Rahmen mit den beweglichen Platten bewegen. Diese Rahmen (Fig. 2) sind gleichfalls 9×12 cm im Lichten und tragen an der Unterseite zwei aufgenagelte, etwas einspringende Blechstreifen, welche die Rast für die bewegliche Platte *B* bilden. Der Rahmen *B* ist länger als der vorige, so daß seine Schmalseiten über *MM* hinausragen und zum Anfassen dienen können. Zwei weitere Blechstreifen *NN*, welche die Führungsleisten überragen, halten den beweglichen Rahmen *B* von oben fest. Ist der Projektionsapparat nur für vertikal stehende Diapositive eingerichtet, so gibt man dem Rahmen *MM* eine solche äußere Größe, daß er, als Bildbühne eingebracht, im Apparate festliegt. Um das Herausfallen der Platten *A* und *B* zu verhindern, sind dann an je vier Stellen in den Längsseiten der beiden Rahmen kurze, federnde Metallbügel an-

gebracht, welche, ähnlich wie die federnden Stege des Kopierrahmens, die Platten gegen die Rast *rr* bzw. *ss* drücken.

1. Projektionsmodell eines Nonius. Wir zeichnen auf die Platte *A* mit einer schmalen Reißfeder das Bild eines in Millimeter geteilten Maßstabes (Fig. 1), legen dann *B* genau über *A* und zeichnen auf die rechte Hälfte von *B* den Nonius in solcher Höhe, daß er beim Verschieben des Rahmens *B* unmittelbar unter dem Hauptmaßstabe hingleitet. Ein schmaler Streifen aus angefeuchtetem Papier wird auf die Platte *A* gelegt, so, daß sein Anfangspunkt mit dem Nullpunkte des Maßstabes

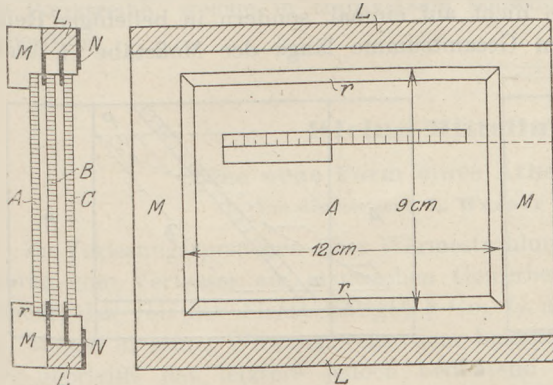


Fig. 1.

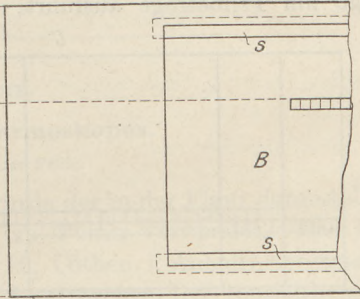


Fig. 2.

zusammenfällt. Er erscheint als scharfbegrenzter, schwarzer Schatten auf der Projektionswand. Verschiebt man dann *B* so weit, daß der Nullpunkt des Nonius mit dem Endpunkte des Streifens zusammenfällt, kann man die Messung einer Strecke bis auf $\frac{1}{10}$ mm so durchführen, daß sie einer großen Zuhörermenge gleichzeitig gut sichtbar ist.

2. Der logarithmische Rechenschieber. Auf *A* bzw. *B* tragen wir (in gleicher Art wie vorhin beim Hauptmaßstabe und Nonius) die Einteilungen auf, welche sich auf den beiden Linealen, die den Rechenschieber bilden, befinden. Durch Verschiebung von *B* gegen *A* läßt sich die Multiplikation und Division von Zahlen durch Addition bzw. Subtraktion der den Logarithmen dieser Zahlen entsprechenden Strecken des Rechenschiebers zeigen.

3. Apparat zur Demonstration der Zusammensetzung von Bewegungen. (Nach E. Grimsehl, Lehrbuch der Physik, zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbstunterricht. 2. Aufl., Leipzig und Berlin bei B. G. Teubner 1912, S. 46 ff.)

Auf die Platten *A* und *B* werden Maßstäbe gezeichnet, die unmittelbar übereinander liegen (Fig. 3). Die Platte *C* erhält nur eine Marke, die in der Projektion dem Maßstabe *B* aufliegt. Bewegt man *B* und *C* zusammen über *A*, so daß die Marke *C* in relativer Ruhe zu *B* bleibt, so führt *C* die Bewegung von *B* gegen *A* aus. Geht man in die Anfangsstellung zurück und bewegt *C* allein, so führt die Marke eine relative Bewegung zu *B* aus. Führt man beide Bewegungen nacheinander aus, so erhält man die resultierende Bewegung, welche je nach der Richtung der Einzelbewegungen der Summe bzw. Differenz derselben gleich ist.

(Hält man *C* fest, während *B* bewegt wird, so sieht ein Beobachter in *C* die Teilstriche des Maßstabes *B* in umgekehrter Folge an sich vorüberziehen. Wählt man als Marke *C* das Bild einer schreitenden Figur, zeichnet man ferner über dem Maßstab *B* eine Reihe von Bäumen und einige Wolken, und auf die feste Platte *A* das Bild des Mondes und etlicher Sterne, so wird man die einfache Vorrichtung zur Erklärung der scheinbaren Bewegung benutzen können.)

Um den Satz vom Parallelogramm der Bewegungen zu demonstrieren, benützen wir zwei Platten, von denen A einen horizontalen, B einen unter einem beliebigen Winkel dagegen geneigten Maßstab trägt (Fig. 4). Auf der Projektionswand wird ein Blatt Zeichenpapier befestigt. Wir bewegen nun B um eine Strecke von a Einheiten. Ein Schüler folgt mit seiner Zeichenkohle der Bewegung des Anfangspunktes des Maßstabes B und zieht darauf längs des Maßstabes B eine Gerade von b Einheiten Länge. Zu dem erreichten Punkte P gelangt man auch, wenn man zuerst bei noch festliegenden B um b Einheiten längs des schrägen Maßstabes fortschreitet und dann die Platte B um a Einheiten verschiebt. Man erhält aber auch genau denselben Punkt P , wenn man die Bewegungen nicht auf einmal, sondern in beliebiger Reihenfolge um Teilbeträge ausführt, deren Gesamtsumme längs der Maßstäbe A und B

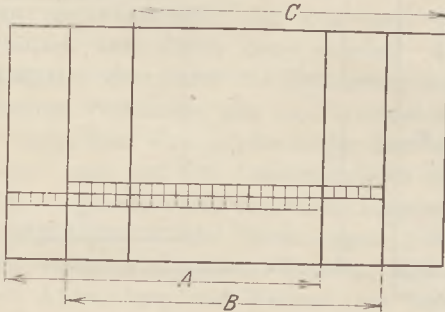


Fig. 3.

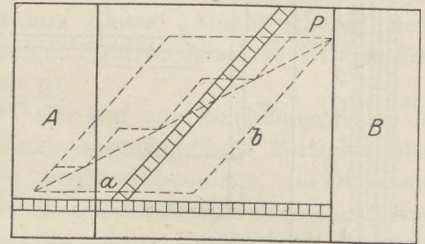


Fig. 4.

wieder genau a bzw. b ist. Der von der Spitze des Zeichenstiftes erreichte Ort ist also unabhängig davon, in welcher Reihenfolge die Teilbewegungen ausgeführt werden. (Gesetz von der Superposition der Bewegungen.) Geschehen die abwechselnden Teilbewegungen nur um sehr kleine Strecken, so erhält man die Zeichnung einer Zickzacklinie, die mit der Diagonale eines Parallelogramms mit den Seiten a und b zusammenfällt.

In ähnlicher Weise läßt sich auch die Zusammensetzung einer gleichförmigen und einer ungleichförmigen Bewegung zeigen. (Vgl. Grimsehl, S. 49.) Dazu legt man eine Platte B ein, die am Rande einen vertikalen Maßstab trägt (Fig. 5). Entlang des Projektionsbildes dieses Maßstabes bewegt man nun die Spitze des Zeichenstiftes um Strecken, die sich wie die Fallräume verhalten (z. B. um 1, 3, 5, 7 usw. Einheiten). Nach jeder solchen Bewegung wird B um einen sich gleich bleibenden Betrag verschoben, während der Zeichenstift unter Festhaltung seiner vertikalen Höhe

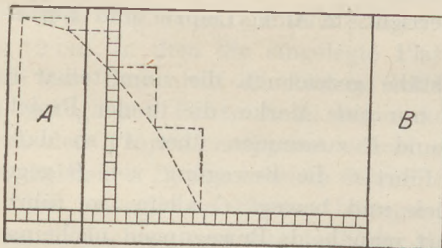


Fig. 5.

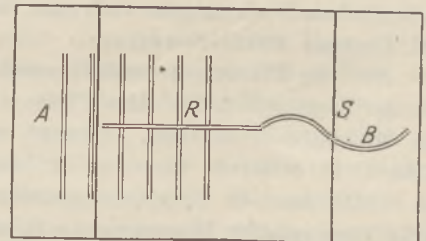


Fig. 6.

nachfolgt. Wenn die horizontalen und vertikalen Teilbewegungen gleichzeitig erfolgten, so fände die tatsächliche Bewegung in der Richtung der Diagonalen statt. Die einzelnen Diagonalen geben in ihrer Aufeinanderfolge eine Parabel als Resultierende einer gleichförmigen und einer gleichförmig beschleunigten Bewegung.

4. Die Schiebersteuerung. Die Platte A trägt die Zeichnung des Dampfzylinders (ohne Kolben), des Schieberkastens und Dampfzuleitungsrohrs im Aufriß;

die erste bewegliche Platte *B* enthält nur den Schieber, die zweite Platte *C* den Kolben. Kolben und Schieber sind so eingezeichnet, daß sie sich auf dem Projektionsschirme bei entsprechender Bewegung von *B* und *C* gerade im Zylinder bzw. Schieberkasten bewegen.

5. Eine Projektionswellenmaschine. Eine Platte *A* wird bis auf eine Reihe äquidistanter schmaler Vertikalstreifen mit Tusche oder Lampenschwarz geschwärzt, eine zweite *B* enthält ebenso, hell auf geschwärztem Hintergrunde, eine horizontale Gerade, an die sich ein oder mehrere Wellenlinien anschließen (Fig. 6). Liegt zunächst nur der Teil *K* vor den Vertikalspalten, so zeigt sich das Bild einer horizontalen Punktreihe, welche in transversale Schwingungen gerät, sobald man *B* an *A* vorüberführt.

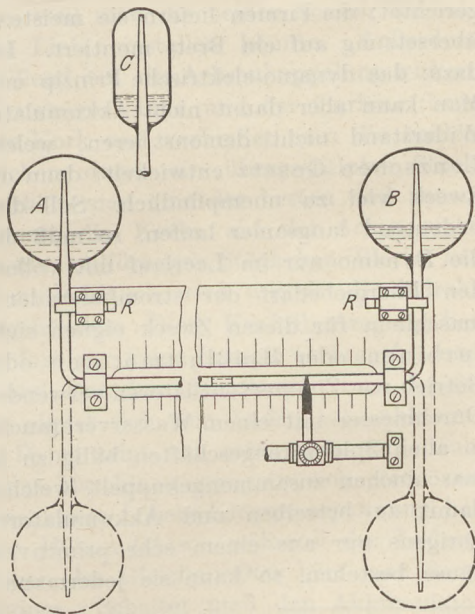
Kleine Mitteilungen.

Eine neue Form eines Ätherthermoskopes.

Von Gewerbelehrer **L. Werner** z. Zt. im Felde.

Zu Vorlesungsversuchen über Wärmestrahlung wurde der in der Figur dargestellte Apparat vom Verfasser am städtischen Gewerbesaal zu Berlin verwendet. Das Instrument, das von der Firma Saeger & Co., G. m. b. H., Cöthen i. Anhalt, hergestellt wird, ähnelt in seiner Wirkungsweise dem bekannten Leslieschen Differentialthermoskop, übertrifft das letztere jedoch bedeutend an Empfindlichkeit der Einstellung; seine Einfachheit und daher Wohlfeilheit macht es einer weiteren Verbreitung wert und rechtfertigt seine Beschreibung an dieser Stelle.

Der Apparat besteht, wie aus der Figur ersichtlich, aus einem U-förmig gebogenen Glasrohr von ca. 3 mm lichter Weite, an dessen Enden die beiden aus dünnem Glase gefertigten kugelförmigen¹⁾ Rezeptoren *A* und *B* angebracht sind und zwar dergestalt, daß das nach seinem Ende zu sich verjüngende Rohr noch bis nahe an die Innenwandung der Rezeptoren hineinragt. In jedem der Gefäße *A* und *B* befindet sich etwas mit Alkanna gefärbter Äther, im übrigen ist der Apparat sorgfältig luftleer gemacht. Um das Thermoskop für Versuche vorzubereiten, verfährt man folgendermaßen: Durch Berühren mit der Hand wird zunächst eine der beiden Kugeln, z. B. *A*, erwärmt, darauf werden die Rezeptoren nach Löse der Riegel *R* durch Herunterklappen in die durch die punktierten Linien angegebene Lage gebracht, so daß die Enden des Rohres in die Ätherflüssigkeit der Kugeln hineintauchen. Entfernt man jetzt die Hand von der Kugel *A*, so kühlt diese sich allmählich ab und durch die dadurch entstehende Verminderung der Ätherdampfspannung in *A* wird etwas flüssiger Äther aus *B* in das Rohr hineingesaugt. Hat man soviel, als zum Anzeigen nötig ist, in das Rohr hineinsteigen lassen, so bringt man die Rezeptoren schnell in die ursprüngliche Lage zurück. Die dadurch abgetrennte Äthermenge wird mit fortschreitender Abkühlung von *A* weiter in das



¹⁾ Anstatt der Kugelform erweist sich für manche Zwecke die längliche Gestalt *C* geeigneter.

Rohr hineingetrieben; durch längere oder kürzere Dauer der Erwärmung bringt man es leicht dahin, daß sich der Äthertropfen in die Mitte des horizontalen Rohrteiles einstellt. Der Vorgang des Einstellens in die Gleichgewichtslage läßt sich beschleunigen, wenn man den andern Receptor *B* durch Auflegen eines Fingers etwas erwärmt. Das so hergerichtete Instrument hat, wie eingangs erwähnt, eine große Empfindlichkeit, es läßt sich daher für viele Versuche an Stelle eines Bolometers verwenden; nähert man z. B. die Handfläche dem einen der Receptoren bis auf ca. 5 cm, so macht sich der Einfluß der Wärmestrahlung der Hand durch eine deutliche Verschiebung des Indikatortröpfens erkennbar. Die Empfindlichkeit des Instrumentes läßt, wie schon Weinhold²⁾ bei einem von ihm benutzten ähnlich wirkenden Apparat festgestellt hat, mit der Zeit nach, da der Äther, der an der Innenwandung des Receptors nach der Neueinstellung haftet, allmählich verdunstet. Um dies zu verhindern und gleichzeitig die aktive Oberfläche zu vergrößern, empfiehlt es sich, das Innere der einen Kugel mit Glaswolle auszukleiden, um dadurch der Capillarwirkung die Sorge für die Erhaltung der Wirksamkeit zu überlassen. Der andere Receptor erhält zweckmäßig auf der Innen- oder Außenwandung einen Silber Niederschlag, damit sein Inhalt vor dem Einfluß jeder Wärmestrahlung möglichst geschützt bleibt. Um ferner eine gleichzeitige Beobachtung von beiden Seiten des Apparates zu ermöglichen, erhält das Brett, auf dem das Thermoskop montiert ist, an der Stelle, wo sich der horizontale Rohrschenkel befindet, eine Aussparung und längs dieser eine gleichmäßig unterteilte Skala. Eine mit Klemmschraube versehene Markierspitze, die an einer prismatischen Führungstange verschiebbar ist, ergänzt die Einrichtung.

Die beste Bewegungsübertragung für ganz kleine Dynamomaschinen.

Von **Ludwig Wunder** in Selb (Oberfranken).

Ganz kleine Dynamomaschinen werden fast niemals für Dauerbetrieb eingerichtet; die Firmen liefern sie meistens mit Handantriebsrad und doppelter Riemenübersetzung auf ein Brett montiert. In dieser Aufmachung eignen sie sich lediglich dazu, das dynamo-elektrische Prinzip und die wichtigsten Schaltungsweisen zu zeigen. Man kann aber damit nicht Akkumulatoren laden und kann auch den mechanischen Widerstand nicht demonstrieren, welchen die stromliefernde Maschine nach dem Lenzschen Gesetz entwickelt; denn die straffe Treibriemenübersetzung ist für diesen Zweck viel zu unempfindlich. Soll die Dynamomaschine bei Stromschluß wirklich bedeutend langsamer laufen, so muß die Antriebsmaschine so schwach sein, daß sie die Dynamo nur im Leerlauf mit voller Geschwindigkeit treibt, daß sie dagegen für den Energiebedarf der stromliefernden Dynamo zu schwach ist. Als Bewegungsmaschinen für diesen Zweck eignen sich daher am besten entweder kleine Wasserturbinen oder Heißluftmotoren oder kleine Elektromotoren, wie solche zum Betrieb von Zimmerventilatoren verwendet werden. Wasserturbinen von 8—10 cm Durchmesser mit einem Wasserverbrauch im Wert von 6—10 Pf. stündlich sind jetzt in allen Spielwarengeschäften billig zu kaufen; man erhält sie dort auch mit Dynamomaschinen zusammengekuppelt, welche Strom genug liefern, um 3—4 Glühlämpchen damit zu betreiben und Akkumulatoren damit aufzuladen. Da diese Turbinen übrigens nur aus einem sehr primitiven Schaufelrad in einem höchst einfachen Gehäuse bestehen, so kann sie jedermann leicht selbst herstellen, der die Technik des

²⁾ Adolf F. Weinhold, „Physikalische Demonstrationen“ (Leipzig 1913, S. 618). Auf die große erreichbare Empfindlichkeit solcher mit Hilfe von Äther oder Alkohol als Indikator konstruierter Instrumente ist schon früher mehrfach hingewiesen worden, z. B. von Friedrich C. G. Müller, diese Zeitschrift, Bd. 2, S. 274; W. Holtz, diese Zeitschrift, Bd. 3, 1889/90, S. 66—71 „Ein Verlesungsthermometer und einige Experimente der Wärmelehre“; Kundt und Schwalbe, diese Zeitschrift, Bd. 3, S. 266 (Ätherindikatoren).

Lötens ein wenig beherrscht. Soll die Bewegungsübertragung durch Riemen erfolgen, so ist auf zwei Dinge wohl zu achten: erstens dürfen solche Antriebsmaschinen, welche ihre volle Leistung nur bei hoher Umdrehungszahl entwickeln, also Elektromotoren, und Turbinen, stets nur mit einer sehr kleinen Riemenrolle versehen sein; der Laie glaubt zwar, daß er mit einer größeren Riemenrolle auf der Achse der Antriebsmaschine eine größere Umdrehungsgeschwindigkeit der getriebenen (Dynamo-) Maschine erzielen könne; wer aber die Verhältnisse ausprobiert hat, weiß, daß in diesem Fall der große Energiebedarf der Dynamo auf die Antriebsmaschine stark bremsend wirkt, so daß diese mit zu geringer Umdrehungszahl läuft und infolgedessen nur einen ungenügenden Teilbetrag ihrer vollen Leistung hergibt. Zweitens eignet sich als Riemensubstanz für ganz kleine Maschinchen von $\frac{1}{100}$ PS. und darunter nur ganz dünner Gummischlauch aus schwarzem vulkanisiertem Gummi, dessen Enden mit Nähfaden zusammengenäht werden. Jede andere Riemenart, selbst Paragummi oder gar Leder, verbraucht zuviel Biegearbeit für diese winzigen Energiequellen.

Hält man die oben genannten Bedingungen ein, so läßt sich das Lenzsche Gesetz bzw. das Le Chateliersche Prinzip vorzüglich an der augenblicklichen Bremsung zeigen, welche von selbst eintritt, sobald man die leerlaufende Dynamomaschine kurz oder durch eine Glühlampe schließt.

Dagegen ist ein solches Maschinenaggregat zum Laden von Akkumulatoren nicht zu brauchen. Die Gummitreibriemen geraten infolge der Interferenz ihrer Eigenschwingungen mit den periodischen Unregelmäßigkeiten der Drehung in heftige Schleuderbewegungen und werden dadurch von den kleinen Triebrollen zu leicht und zu häufig abgeworfen. Wählt man aber weniger elastische Treibriemen, so braucht man so wesentlich stärkere Antriebsmaschinen, daß der Ladestrom zu teuer kommt.

Ganz vorzüglich dagegen und absolut betriebssicher ist die unmittelbare Kuppelung der Dynamoachse mit der Antriebsmaschinenachse mit Hilfe von Gummischlauch. Würde man beide Achsen starr miteinander verbinden, so wäre es praktisch fast unmöglich, einen leichten Gang zu erzielen, weil man die beiden Achsen niemals mit hinreichender Genauigkeit in eine gerade Linie einstellen könnte. Außerdem würde die Wucht der bewegten Ankermasse drillend auf die Achsenkuppelung wirken. Ersetzt man aber die Riemenscheiben der Dynamomaschine und der Turbine (bzw. des Elektromotors) durch je einen zylindrischen Kork und verbindet man die beiden Korke der nebeneinander stehenden Maschinchen durch ein übergestülptes Stück Gummischlauch von etwa 5 cm Länge, so erhält man eine der besten und zuverlässigsten Kraftübertragungsvorrichtungen. Damit die Korke auf der Achse nicht rutschen können, lötet man vorher auf diese ein keilförmiges Stückchen Blech, auf welches der Kork aufgespießt wird. Der Gummischlauch wird mittelst Bindendraht oder dünnem Kupferdraht auf dem Kork festgebunden. Diese Kraftübertragung hat vor allen anderen den großen Vorzug, daß sie fast gar keine Energie verbraucht, und daß sie keine Verluste durch Lockerwerden und Rutschen der Riemen usw. zuläßt. Außerdem ist sie sehr leicht herzustellen. Sie eignet sich zum Laden von Akkumulatoren mittelst kleiner Dynamomaschinchen. Dabei zeigt sich sehr schön und deutlich die Tatsache, daß die Umdrehungszahl des Maschinenaggregats sich stets von selbst so einstellt, daß die Dynamo immer eine etwas höhere Klemmenspannung hat als die Akkumulatoren. Da die Spannung der Akkumulatoren während der Ladung wächst, so tut die Umdrehungszahl der Maschinen das Gleiche. Dies hört man deutlich am Höherwerden des summenden Ankertones. Schaltet man den Akkumulator aus, so sinken Ton und Umdrehungszahl sofort — vorausgesetzt, daß man eine schwache Antriebsmaschine verwendet hat.

Es sei übrigens der Hinweis gestattet, daß für diese niedrigsten Leistungen die magnetelektrischen Maschinchen (mit permanenten Feldmagneten) vorteilhafter arbeiten als die dynamoelektrischen, deren Feldmagnete zuviel Erregungsenergie beanspruchen.

II. Demonstrationen zum Begriff des mechanischen Effektes.

Schülern werden die wichtigen Unterscheidungsmerkmale der Begriffe Kraft, Arbeit und Effekt stets unanschaulich bleiben, wenn man ihre Bedeutung nicht durch entsprechende Versuche klar macht. Als solche empfehle ich folgende Anordnungen:

Die Beziehungen zwischen Umdrehungszahl, Bremsbarkeit und effektiver Leistung. — Ein kleines Spielzeug oder Ventilatormotörchen von etwa $\frac{1}{100}$ PS. kann selbstverständlich leicht gebremst werden, wenn man seine Achse mit kräftigem Druck berührt. Überträgt man jedoch seine Bewegung durch einen Gummischlauchriemen von der kleinen Riemenscheibe auf ein großes Rad, etwa von einem Fahrrad, welches sich um eine angelötete Stricknadelachse dreht, so kann diese Achse auch von einem kräftigen Mann nicht durch bloßes Pressen zwischen den Fingern gebremst werden. Das Übersetzungsverhältnis muß mindestens 1:80 oder 1:100 sein und die Riemenscheibe des Antriebmotörchens besteht am besten aus Kork, um das Rutschen des Riemens zu verhindern. Die Achse des großen Rades darf nicht dicker als 3 mm sein. — Noch anschaulicher wird der lehrreiche Versuch durch Verwendung einer doppelten Übersetzung: man lötet auf die Achse des großen Rades eine sehr kleine Riemenscheibe (6—8 mm Durchmesser) und verbindet sie mittelst Gummischlauchriemens mit einem zweiten großen Rad, das sich ebenfalls um eine dünne Stahlachse dreht.

Hat man keinen genügend dünnen Gummischlauch vorrätig, so darf daran erinnert werden, daß neue schwarze Patentgummischläuche, wenn man sie mit scharfer Schere der Länge nach auseinanderschneidet, nicht zwei halbrunde Gummirinnen, sondern zwei völlig dicht geschlossene Schläuche vom halben Durchmesser liefern.

Nicht weniger lehrreich und wichtig ist die Umkehrung des eben beschriebenen Versuches. Auch Motoren von hoher Nutzleistung (bis zu 20 PS.) sind leicht mit der Hand zu bremsen, wenn die Bremsvorrichtung (etwa ein Brett) am Umfang eines großen Schwungrades angreift oder wenn der Motor eine hohe Umdrehungszahl besitzt. Sehr geeignet für diesen Versuch ist ein etwa einpferdiger Elektromotor, auf dessen verlängerte Achse statt der Riemenscheibe eine Schleifscheibe aus Eisen befestigt ist. Sie darf 30—40 cm Durchmesser haben. Man erwärmt die Scheibe und befestigt mittelst Harzkittes ein Blatt grobes Schmirgelleinen darauf. Drückt man dann, während der Motor läuft, ein Stück Holz gegen die Fläche der Scheibe, so verringert sich die Umdrehungszahl sofort bedeutend bis zur völligen Bremsung.

Versuche über die Wärmeleitungsfähigkeit des Leuchtgases.

Von **Hans Lohmann**, Dresden.

In einem Stromkreise (E) werden zwei Platindrähte (Pt_1 und Pt_2) von 0,35 mm Dicke und 8 cm Länge, die an starke Kupferdrähte (D_1 und D_2) von 1,5 mm Dicke angelötet sind, hintereinander geschaltet (s. Fig.).

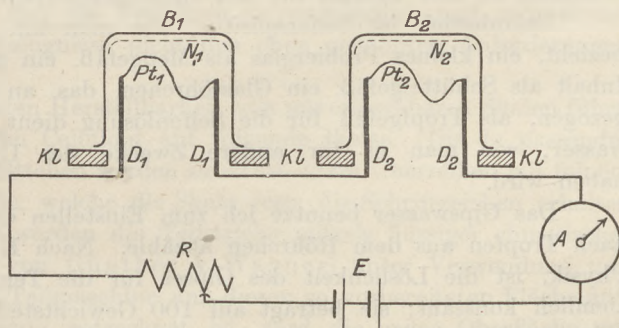
Die Kupferdrähte (D_1 und D_2) ragen etwa 11 cm in zwei Bechergläser (B_1 und B_2) von 15 cm Höhe und 8 cm Durchmesser, welche auf Klötzen (Kl) stehen. Der Boden der Bechergläser ist innen durch Drahtgazenetze (N_1 und N_2) gegen Zerspringen infolge starker Erhitzung geschützt. — Schickt man durch die Platindrähte einen Strom von etwa 5,5 Amp., so glühen sie in Rotglut beide gleich stark. — Nun schalte man den Strom, dessen Stärke durch den Regulierwiderstand R verändert werden kann, aus und lasse mittels eines in B_1 eingeführten Gasschlauches etwa 4 Sek. lang Leuchtgas in B_1 einströmen. Schließt man jetzt den Strom wieder, so wird zwar Pt_2 im Glase B_2 wie vorher leuchten, aber Pt_1 gar nicht. — Wenn durch diesen Versuch lediglich die gute Wärmeleitungsfähigkeit des in B_1 befindlichen Leuchtgases gezeigt wird, so bietet eine Fortsetzung des Experimentes eine interessante weitere Erscheinung. —

Wir lassen den elektrischen Strom ruhig in unveränderter Stärke weiter fließen. Nach ein bis zwei Minuten fängt dann auch Pt_1 in B_1 an zu glühen; erst in ganz schwacher Rotglut. Jetzt bemerkt man plötzlich, wie der Draht Pt_1 an einer Stelle heller glüht. Das Glühen steigert sich, läuft gewissermaßen den Draht entlang; bis schließlich, wieder nach etwa zwei Minuten, der ganze Platindraht in heller Weißglut erstrahlt. — Da! — ein leiser Puff! — Eine Flamme schlägt aus dem Becherglas B_1 nach unten leicht heraus — und der Draht Pt_1 leuchtet von nun an in derselben Rotglut, in der Pt_2 während des ganzen Versuches dauernd geglüht hatte.

Betrachtet man jetzt das Becherglas B_1 näher, so findet man, daß seine Wand innen feucht beschlagen ist.

Die Erklärung dieser eigenartigen Erscheinungen ist wohl folgende:

Da das Becherglas B_1 unten eine weite Öffnung hat, so ändert sich mit der Zeit das Gemisch von Leuchtgas und Luft. Es wird Luft eindringen, wodurch sich die Wärmeleitfähigkeit des den Draht Pt_1 umgebenden Gasgemisches vermindert. Sobald nun Pt_1 leicht glüht, okkludiert der Draht das Leuchtgas. Er kommt dadurch, ohne daß die Stromstärke sich vergrößert, allmählich wie der Platinschwamm im Gasanzünder zur Weißglut. Ist die Entzündungstemperatur des Gasgemisches erreicht, so explodiert es. Durch die Verbrennung des Leuchtgases bildet sich Wasser, das sich an der Gaswand niederschlägt.



Man kann die Zeitdauer des Versuches dadurch abkürzen, daß man den Platindraht Pt_1 weniger tief in das mit Leuchtgas gefüllte Becherglas B_1 eintauchen läßt. Bringt man nur wenig Gas unter B_1 , so kann die Entzündung ebenfalls sehr bald eintreten. Der Draht Pt_1 wird dann zumeist gleich von Anfang an glühen. Es kann in diesem Falle aber auch die Erscheinung eintreten, daß der Draht Pt_1 nach dem Einschalten des Stromes wohl sofort rot glüht, daß er dann aber wieder dunkel wird, um nach einiger Zeit wieder zu glühen. Offenbar sind bei diesem Versuche die verschiedenen Gase von Anfang an nicht gemischt, sondern durchdringen einander erst allmählich. Wie schnell das Leuchtgas aus dem nach unten gestülpten Glase entweicht, kann man erkennen, wenn man nach der Füllung einige Minuten wartet, ehe man den Strom einschaltet. Der Draht fängt dann sofort an zu glühen. Etwa zehn Minuten nach der Füllung leuchtet der Draht in B_1 ebenso wie in B_2 , ohne irgend welchen Unterschied; auch erfolgt dann keine Entzündung mehr.

Sobald der Draht Pt_1 in strahlender Helle erglüht, scheint Pt_2 schwächer als vorher zu leuchten. Wenn das nun auch in der Hauptsache darauf beruht, daß das Auge durch die Weißglut des Pt_1 geblendet wird, so nimmt die Stromstärke bei der helleren Glut von Pt_1 doch tatsächlich etwas ab. Man kann das mit einem empfindlichen Amperemeter (A) nachweisen. Die Abnahme der Stromstärke betrug bei meinen Versuchen etwa 0,05 Ampere. Ich erkläre mir diese Abnahme der Stromstärke durch die Erhöhung des Widerstandes von Pt_1 während der durch die Okklusion verursachten Weißglut des Platins.

Damit sich das Gasgemisch in B_1 entzündet, muß der Draht Pt_1 durch den Strom genügend erhitzt werden. Wählt man die Stromstärke zu gering (etwa 4 Amp.), so kommt wohl der Draht Pt_1 mit dem Entweichen des Gases aus dem Gefäße allmählich zur Rotglut und es findet auch eine gewisse Steigerung des Glühens statt, aber die helle Weißglut wird nicht erreicht und das Gasgemisch entzündet sich nicht. Das Glühen wird mit dem Entweichen des Leuchtgases allmählich dunkler, bis schließlich Pt_1 ebenso stark leuchtet wie Pt_2 .

Zur Härtebestimmung des Wassers.

Von **O. Küper** in Görlitz.

Im Chemieunterricht wird bei der Durchnahme des Calciums die Eigenschaft seiner wasserlöslichen Verbindungen, das Wasser hart zu machen, erwähnt, und dieses dadurch zur Anschauung gebracht, daß man sowohl zu destilliertem Wasser als auch zu kalkhaltigem einige Tropfen klare Seifenlösung fügt, schüttelt und das Schäumen bzw. Nichtschäumen, sowie eine Ausscheidung von Kalkseife zeigt. Die Härte des Leitungswassers weist man in derselben Weise nach. Wenn auch das Maß dieser Härte für das praktische Leben vielfach von Bedeutung ist — Dampfkesselbetrieb, Wäscherei usw. —, so verzichtet man im Unterricht, um nicht umständlich zu werden, wohl meistens darauf, die Härte etwa durch titrierte Seifenlösung nach Graden zu ermitteln.

Der Verfasser verzichtet nicht auf eine solche Bestimmung, er benutzt hierzu aber ein Verfahren, das nur die allereinfachsten Vorbereitungen erfordert, sehr anschaulich ist und deshalb für den Anfangsunterricht empfohlen sei.

Erforderlich ist Seifenspiritus, wie man ihn aus der Drogerie oder Apotheke bezieht, ein kleines Probierringlas als Meßgefäß, ein größeres von etwa dem doppelten Inhalt als Schüttelgefäß, ein Glasröhrchen, das, an einem Ende zu einer Spitze ausgezogen, als Tropfgefäß für die Seifenlösung dient, und schließlich gesättigtes Gipswasser, wie man es für andere Zwecke des Unterrichts meistens fertig stehen haben wird.

Das Gipswasser benutze ich zum Einstellen der Seifenlösung, deren Menge ich nach Tropfen aus dem Röhrchen abzähle. Nach Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik, ist die Löslichkeit des Gipses für die Temperaturen zwischen 6° und 100° ziemlich konstant; sie beträgt auf 100 Gewichtsteile Wasser bei 0°, 18°, 100° bzw. 0,19, 0,204, 0,17 Gewichtsteile wasserfreien Gipses; man kann sie für Zimmertemperaturen demnach genügend genau gleich 0,20 setzen, d. h. 100 l Wasser enthalten rund 200 g Gips oder 82 g Calciumoxyd. Seine Härte ist also [nach Definition] 82 deutsche Härtegrade. Diese Gipslösung mit destilliertem Wasser auf das 10fache verdünnt hat 8,2 Härtegrade. Das Verdünnen ist notwendig, soll der Eintritt der Schaumbildung durch ausfallende Kalkseife nicht unscharf werden.

Ich fülle von der verdünnten Gipslösung ein kleines Probierringlas voll in das große ab, gebe tropfenweise so lange Seifenlösung hinzu, bis nach kurzem Schütteln Schaum entsteht, der sich einige Minuten hält. Es ist leicht, diesen Punkt bis auf einen Tropfen genau zu treffen. In der gleichen Weise verfährt man mit der gleichen Menge Leitungswasser. Die Härtegrade verhalten sich dann wie die Anzahl der Tropfen. Um die Genauigkeit beurteilen zu können, habe ich die Härte des Görlitzer Leitungswassers in exakter Weise bestimmt und als Mittel aus mehreren Bestimmungen gefunden für die vorübergehende Härte 2,53°, für die bleibende Härte 1,67°, so daß die Gesamthärte 4,20° beträgt.

Mit der Seifenlösung fand ich folgendes:

Im Gipswasser trat Schaumbildung ein nach 41, 42, 42, 43, im Mittel nach 42 Tropfen Seifenlösung.

Im Leitungswasser trat Schaumbildung ein nach 20, 21, 22, 21, im Mittel nach 21 Tropfen Seifenlösung.

Ist x die Härte des Leitungswassers, so gilt demnach:

$$\frac{x}{8,2} = \frac{21}{42}; \text{ daraus } x = 4,1^{\circ},$$

also in guter Übereinstimmung mit dem Werte 4,20°.

Man erkennt aus der Reihe, daß schon eine einzelne Bestimmung ein recht genaues Ergebnis geliefert haben würde.

Die Enthärtungsverfahren lassen sich durch solch einfache Bestimmungen leicht prüfen. Ich fand z. B., daß nach 3stündigem Kochen das Wasser nur 1,1⁰ Härte verloren hatte. Durch Kalkwasserzusatz ohne Kochen war nichts zu erreichen. Es bestätigt sich eben, daß ein weiches Wasser durch die angeführten Mittel nur schwer weiter zu enthärten ist.

Für die Praxis.

Herstellung von Skalen auf Celluloid. Von Gewerbelehrer L. Werner z. Z. im Felde. Bei der Anfertigung von Apparaten, die dem naturkundlichen Unterricht dienen sollen, sieht man sich häufig in die Notwendigkeit versetzt, Skalen und eventuell auch Beschriftungen zu verwenden, die den Einflüssen von Feuchtigkeit und Säure widerstehen und auch Ansprüchen in rein mechanischer Hinsicht gewachsen sein müssen. Es gibt nun zwar verschiedene Möglichkeiten, solche Skalen herzustellen, doch leiden diese entweder an dem Nachteil, daß die Verfahren zu umständlich und zeitraubend sind oder daß die erhaltenen Erzeugnisse nicht den oben genannten Anforderungen entsprechen.

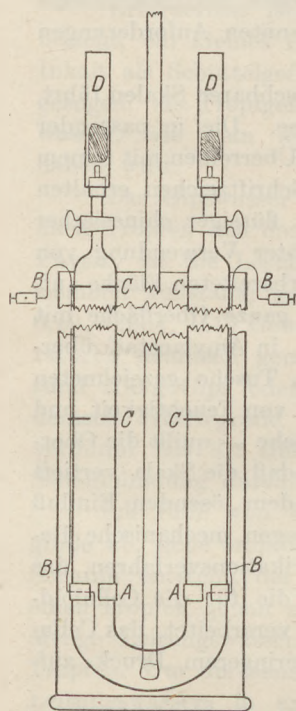
Ein Weg, der zu einer leichten Herstellbarkeit von unverlöschbaren Skalen führt, ergibt sich durch Verwendung von Celluloid auf folgende Weise. Die in passender Form ausgeschnittenen Celluloidblättchen werden zunächst durch Überreiben mit feinem Schmirgelpapier auf der Oberfläche, welche die Skala resp. die Schriftzeichen erhalten sollen, etwas aufgeraut; sodann werden die Teilstriche mittels flüssiger chinesischer Tusche (schwarze Ausziehtusche von Günther & Wagner) unter Verwendung von Reißbrett und Schiene oder einer Teilmaschine auf dieser so vorbereiteten Fläche aufgezeichnet. Nachdem die Zeichnung getrocknet ist, wird die ganze Oberfläche mit Zaponlack (einer Auflösung von feinen farblosen Celluloidspänen in Amylacetat) überstrichen. Durch den Überzug mit Zaponlack erhalten die mit Tusche gezeichneten Teilstriche ein Celluloidhäutchen, das sie vor den Einwirkungen von Feuchtigkeit und Säuren bewahrt. Gleichzeitig aber — und das ist das Wesentliche — quillt die Oberfläche überall auf da, wo sich keine Aufzeichnung befindet, so daß die Skala vertieft und gleichsam eingepreßt erscheint. Dieses Anschwellen unter dem lösenden Einfluß des Zaponlackes in der Umgebung der Teilstriche, das diese gegen mechanische Beschädigungen gut schützt, findet seine Erklärung aus dem Fabrikationsverfahren, das für das Celluloid in Anwendung kommt. Die Nitrocellulose, die für die Celluloidfabrikation benutzt wird, wird bekanntlich unter hohem Druck verarbeitet, das Celluloid sucht sich daher wieder auszudehnen, wenn es unter geringerem Druck aufgelöst wird.

In diesem Zusammenhang dürfte vielleicht ein Hinweis auf die leichte Bearbeitbarkeit des Celluloids, die dieses Material bei der Selbstanfertigung von Apparaten zu einem geeigneten Baustoff macht, nicht unangebracht sein. Von Wert ist, daß Celluloid bei geringen Temperaturen (ca. 90⁰) plastisch wird, daß es also in heißem Wasser leicht in jede beliebige Form gebracht werden kann, die es dann in kaltem Zustande beibehält. Verschiedene Teile von Celluloid lassen sich leicht miteinander verbinden, wenn man die Verbindungsstellen mit Amylacetat bestreicht und aufeinander drückt.

Das neue Fünfpfennigstück. Von Prof. A. Kistner in Karlsruhe i. B. Das neue Fünfpfennigstück aus Siemens-Martin-Eisen eignet sich für verschiedene Versuche, namentlich für magnetische. Während man Nägel und Nadeln (z. B. bei Influenzexperimenten u. a. m.) durch Papierscheibchen oder Sonnenblumenmark besser sichtbar machen muß, lassen sich die neuen Geldstücke selbst auf große Entfernungen gut erkennen, wenn sie mit der Fläche den Schülern zugekehrt sind. In dieser Stellung

lassen sich auch mehrere Münzen leicht aneinanderhängen, zumal da der Rand gerippt ist. Der Vergleich zwischen den Wirkungen des Drahtbündelkerns der Induktionsspulen und einer Säule aus eisernen Fünfpfennigstücken ist eine hübsche Denkaufgabe für Schüler. Im Chemieunterricht wird man darauf hinweisen, daß die neue Münze nicht rostet, weil sie nach einem von Sherard angegebenen Verfahren verzinkt („sherardisiert“) ist. Die Frage, ob dieses verzinkte Eisenstück das Metall aus einer Kupfersulfatlösung fällen muß, wird man nicht vergessen. Sie führt zu einem einfachen Schülerversuch, der wegen der Münzprägung instruktiver ist, als der sonst übliche mit einem Nagel oder dergleichen.¹⁾

Über eine nützliche Abänderung des Hofmannapparats. Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H. Der bekannte, in allen Schulsammlungen vorhandene Hofmann-Apparat zur getrennten Auffangung von Sauerstoff und Wasserstoff bei der Elektrolyse verdünnter Lauge oder Schwefelsäure arbeitet bei Verwendung niederer Spannung sehr langsam. Heute, wo den meisten Schulen 220voltiger



Strom zur Verfügung steht, kann er so schnell betrieben werden, daß der Wasserstoffschenkel binnen einer Minute gefüllt ist. Dann aber wird der Elektrolyt auch bis zum Kochen heiß geworden sein. Deshalb muß der Apparat gekühlt werden, und man stellt ihn zu dem Zweck in einen Zylinder mit destilliertem Wasser, wie Fig. 1 es zeigt. Nebenbei bemerkt ist diese Aufstellungsweise billiger und reinlicher als die herkömmliche Befestigung an einem Metallstativ.

Nun muß auch die Stromzuleitung angepaßt werden. Das geschieht mittels federnder, nicht ganz geschlossener Ringe aus Kupferblech A, an welche die Poldrähte B gelötet sind. Diese Ringe drücken sich gegen die kurz umgebogenen Enden der eingeschmolzenen Elektrodendrähte. Zum Halten der Poldrähte B dienen offene, federnde Drahtringe C, welche gleichzeitig auch Marken zur Bestimmung des Gasvolums abgeben. Es ist ersichtlich, wie die Ringe und die Zuleitung leicht von den Glasschenkeln des Apparats abgenommen und wieder angefügt werden können. Das wird besonders dann nötig, wenn die eingeschmolzenen Drähte nicht mehr ganz dicht sitzen, was bei älteren Apparaten oft eingetreten ist. Die beschriebene Stromzuleitung läßt sich fast kostenlos in der Schulwerkstatt herstellen und an jeden vorhandenen Hofmann-Apparat anbringen. Sie hat sich seit langen Jahren im Unterrichtsbetrieb gut bewährt.

Zur Verhinderung des Ausspritzens der in den Hähnen haftenden Flüssigkeitsteilchen steckt man auf die Ausströmungsspitzen mittels eines Kautschukrings kurze Glasröhrchen D, in welche man etwas Fließpapier locker einbringt.

Als Elektrolyten wählt man besser 5prozentige Lauge als verdünnte Schwefelsäure, weil letztere das Volumverhältnis aus bekannten Gründen nicht genau ergibt. Schließlich dürfte es nicht überflüssig sein, darauf hinzuweisen, daß beim Hofmann-Apparat und ähnlichen Apparaten am Schluß des Versuchs das H_2 -Gas unter höherem Drucke steht als das O_2 -Gas, weshalb das Volumen des letzteren etwa um 2 Prozent zu groß erscheinen muß.

¹⁾ Vgl. auch R. Lucas, Diese Ztschr. 29, S. 29 (Anm. der Red.).

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Versuche mit sehr kurzen akustischen Wellen. Vorgeführt von H. RUBENS.¹⁾

Ein großes Induktorium, das mit Wechselstrom betrieben wurde, war mit einer großen Leydener Flasche verbunden, die sich durch eine Funkenstrecke entlud. Die Funkenstrecke befand sich zwischen zwei Stahlkugeln von ca. 2 cm Durchmesser und war ungefähr 3 mm lang. Die Schwingungszahlen der von der Funkenstrecke ausgehenden Wellen sind so groß, daß sie mit dem Ohr nicht wahrzunehmen sind. Ihre Wellenlänge beträgt etwa 3 mm, ihre Schwingungsdauer 10^{-5} Sek. Um ihr Vorhandensein zu zeigen, ließ Herr G. R. RUBENS sie auf einen Hohlspiegel von 10 cm Größe und 25 cm Brennweite fallen, von dort durch eine kreisförmige Öffnung in einem Schirm von 5—6 cm Durchmesser gehen und von einem gewöhnlichen Toilettenspiegel reflektieren, der die Wellen auf ein Schallradiometer warf. Ein kleiner Spiegel am Schallradiometer, der den Bewegungen des Instrumentes folgte, warf das Bild einer Nernstlampe auf eine Skala an der Wand. Das Bild wanderte, sobald die Wellen der Funkenstrecke auf dem beschriebenen Wege in das Schallradiometer fielen, blieb jedoch in Ruhe, wenn der Hohlspiegel mit einem Taschentuch verdeckt, oder die Öffnung im Schirm mit einem Kartenblatt verschlossen oder der Toilettenspiegel aus dem Strahlengang entfernt wurde; Beweise, daß wirklich die vom Hohlspiegel reflektierten Wellen der Funkenstrecke das Radiometer in Schwingung versetzten.

W. Tr.

Vorlesungsversuche über ultraviolette Strahlen und über Phosphoreszenz. Vorgeführt von H. RUBENS.¹⁾

Das Licht einer dicht verhüllten Bogenlampe fiel im dunklen Saal auf die Projektionsleinwand. In den Strahlengang wurde das von Wood angegebene Strahlenfilter für ultraviolette Strahlen²⁾ gestellt, bestehend aus einem Gefäß mit Nitrosodimethylanilin mit höchst konzentrierter Kupfersulfatlösung, wodurch alle sichtbaren Strahlen absorbiert wurden. Die übrig-

gebliebenen Strahlen erzeugten einen matten, bläulichen Schimmer auf dem Leinwandschirm. In ihrem Lichte erschien ein unglasierter, schneeweißer Porzellanteller fast schwarz, ein Zeichen, daß sichtbare Strahlen nicht mehr vorhanden waren, der Schimmer auf der Leinwand also von einer Fluoreszenzwirkung herrührte. Eine Flasche mit Uranin wurde durch sie zu heller Fluoreszenz angeregt, ebenso ein Zinksulfid-Schirm, ein Würfel Uranglas, ein Stück Flußspat und eine dicke Scheibe Paraffin.

Wurde in den Gang der ultravioletten Strahlen ein Schirm mit Balmainscher Leuchtfarbe gehalten, so verging eine merkliche Zeit, ehe der Schirm die maximale Leuchtkraft erreichte, also zeigte sich hier die Erscheinung des Anklings der Phosphoreszenz als Gegenstück zu der häufiger demonstrierten des Abklings. — Wurde ein erwärmter Metallstern dicht hinter den Schirm mit Balmainscher Leuchtfarbe gehalten, der zur Phosphoreszenz angeregt war, so sah man einen hellen Stern in dunklerem Grunde auf dem Schirm, ein Beweis, daß der Phosphoreszenzvorgang durch die Temperaturerhöhung beschleunigt wurde. Auf einen durch elektrisches Bogenlicht zur Phosphoreszenz angeregten Leuchtschirm fiel das Licht einer zweiten Bogenlampe, aus dem durch ein Filter, gebildet durch eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff, das brechbarere Licht entfernt worden war. Die Stellen des leuchtenden Schirmes, die von dem Licht der zweiten Bogenlampe getroffen wurden, verloren sofort ihre Phosphoreszenz, während die übrigen Teile des Schirmes die Erscheinung des langsamen Abklings zeigten.

W. Tr.

Flüssige Luft beim Unterricht. Von H. Rebenstorff. (*Zeitschr. f. math. u. naturw. Unt.* 1915, 549.)

Seit der Abfassung einer früheren Beschreibung von Unterrichtsversuchen mit flüssiger Luft (*diese Zeitschr.* XXIII, 28) ist deren Beschaffung für manche Orte noch bequemer geworden. Die Eiswerke in Dresden-A., Magdeburger Str. 1 liefern sie für 3 M. das Liter; die Fabrik A. R. Ahrendt u. Co. Berlin, Altmoabit berechnet dafür 1,20 bis 1,50 M. Die allmähliche Vergasung macht ein Gummiballon erkennbar, der mittels eines in dichtem Stopfen befindlichen Glasrohrs an das Weinhold-Gefäß angeschlossen ist. Durch Wägung des abgestöpselten Ballons findet man den erhöhten Gehalt seines Inhaltes an Sauerstoff. Ein

¹⁾ Sitzung der deutschen Physikalischen Gesellschaft am 14. Januar 1916.

²⁾ Man vgl. H. Lehmann, das U. V.-Filter und die U. V.-Filterlampe als Apparate zur Lumineszenzanalyse. *Ztschr. f. Instr.-K.* 32. (1912) S. 43.

Liter dieses Gases wiegt bei Zimmerwärme rund 13 cg mehr als Luft. Der Ballon wird einfach zwischen die Hängedrähte der Wagschale eingeklemmt. Sein Volumen mißt ein ringsherum gelegtes „Umfangsmaß“ (a. a. O.). — Drähte aus verschiedenen Metallen, die aus einem Weinhold-Zylinder mit flüssiger Luft herausragen, bereifen am äußeren Ende je nach der Wärmeleitfähigkeit ungleich weit. Ein in einem Glasrohr sitzender Draht bereift noch bei ziemlicher Länge an seinem herausragenden Ende. Die gewaltige Kälte der flüssigen Luft zeigt am besten ein kleines Wasserstoffvolumen im Glasgefäß (*diese Zeitschr. a. a. O., Fig. 2*), dessen Ausdehnung nach Herausheben aus dem kalten Bade um etwa das $2\frac{1}{2}$ -fache mittels eines Gasmeßzylinders fest-



gestellt wird. Aus der Kenntnis des ursprünglichen

Volumens ergibt sich dabei annähernd der niedere Temperaturgrad der flüssigen Luft. Nach Einsenken in abgestandene und daher sauerstoffreichere flüssige Luft mißt man eine gegen 10 ccm geringere Ausdehnung ab (Volumen des abgekühl-

ten Wasserstoffs im Gefäß gleich 32 ccm). Den Siedepunkten reinen Stickstoffs ($-195,7^{\circ}$) und Sauerstoff ($-182,7^{\circ}$) würden Ausdehnungen des kleinen Wasserstoffvolumens um 89,3, bzw. um 71,8 ccm entsprechen.

Das dabei zu verwendende Gefäß mit zwei ansitzenden Röhren eignet sich auch zum Verdichten der Kohlensäure aus Atemluft, sowie der verdichtbareren Bestandteile von Leuchtgas. Zu diesen gehören auch infolge der starken Abkühlung größere Anteile an Methan (Siedepunkt -164°), wie eine Wägung des Ballons erkennen läßt, der mit aus dem Kondensat entwickelten Gase aufgebläht wurde. Bequem benutzbar ist auch ein kleines Schlangenrohr mit an seinem oberen Ende aufgekittetem Schlitzbrenner (Bezugsquelle Gustav Müller in Ilmenau), an dem hindurchströmendes Leuchtgas entzündet wird. Nach Einsenken der Kühlschlange in die flüssige Luft wird die Flamme fast sofort entleuchtet. Schließt man bald darauf den Gashahn und hebt das Kühlrohr heraus, so kann am Brenner das Gas entzündet werden, das vorher verdichtet war und mit stark leuchtender Flamme brennt.

Fesselnde Versuche können mit flüssiger Luft über spezifische Wärme angestellt werden.

Beim Verdampfen von 1 g davon werden etwa 50 Kalorien gebunden. Die Zahl schwankt mit dem Sauerstoffgehalt nicht allzuviel. Es bildet sich dabei ein Volumen von ungefähr 830 ccm bei Zimmertemperatur. Man kann nun erstens die von einem Probestück (Münze mit angekittetem haarfeinen Eisendraht) abgegebene Wärme messen, wenn man einen Weinhold-Zylinder mit etwas flüssiger Luft auf die Wage bringt und seine Gewichtsabnahme einige Zeit nach Einbringen des Probestückes bestimmt. Ein Vorversuch ergibt, in welchem Maße die flüssige Luft auch ohne fremde Berührung in der Minute an Gewicht verliert (z. B. um 1 g in 3 Minuten). Ein 1-M.-Stück von 5,36 g brachte 1,395 g flüssige Luft zum Verdampfen. Ein 20-M.-Stück von 7,93 g vergaste nur 1,05 g. Ein Stückchen Aluminium von 2 g machte dafür die flüssige Luft um 1,52 g leichter. Daraus ergeben sich Zahlen für die spezifischen Wärmen dieser Metalle, die mit Tabellenangaben ziemlich übereinstimmen. Nur bei Aluminium findet man auf diese Weise einen etwas kleineren Wert, wie ihn die spezifische Wärme dieses Metalles bei sehr niederen Temperaturen indessen tatsächlich besitzt.

Noch wirkungsvoller ist ein zweites Meßverfahren für den Unterricht. Das Metallstück wird erst in die flüssige Luft fallen gelassen, nachdem der Weinhold-Zylinder mit einem durchbohrten Stopfen abgeschlossen ist. Der dünne Draht, der es vorher trägt, ist in der Spitze eines zugeschmolzenen Rohrstückes mit Sieglack befestigt und wird durch kurzes Erwärmen frei. Ein zweites im Stopfen befindliches Rohrstück führt die vergaste Luftmenge einer Mariottflasche zum schnellen Abmessen des Volumens zu (*diese Zeitschr. XXVIII, 265*).

Eine ganz auffallend starke Nebelbildung entsteht bekanntlich über Wasser, in das man eine Portion flüssige Luft goß. Der Verf. zeigt, daß bei dieser Nebelbildung der Luftstaub nicht mitwirkt, sowie daß die aus flüssiger Luft im Weinhold-Gefäß ruhig verdampfende Gasmenge arm an Nebelkernen ist. Der überaus starken Nebelbildung aus dem Wasser heraus liege eine spontane Kernbildung zugrunde, wie sie C. T. R. Wilson bei sehr bedeutenden Druckentspannungen in feuchtgesättigter Luft entdeckte. Wirksam sei das sehr starke Temperaturgefälle in der feuchten Luft im Wasser, die mit noch flüssigen Anteilen in Berührung kommt.

Die seltenen und wenig gefährlichen „Implosionen“ von Weinhold-Gefäßen kann man ganz unschädlich machen durch eine Hülle aus biegsamer Cellonplatte mit Drahteinlage. H. R.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Akustik. Eine Seifenmembran zur Aufzeichnung von Schallschwingungen wurde zuerst 1907 von O. Weiß benutzt. Er legte einen winklig gebogenen kleinen Glashebel (10 μ dicken Glasfaden) in der Mitte der Membran an und registrierte die Bewegungen des Hebelarmes photographisch mit Hilfe des Mikroskops. Dadurch gelang es, sehr rasche Schwingungen aufzuzeichnen; doch war die Schwingungszahl des Systems viel zu niedrig, um eine korrekte Wiedergabe der bei der Sprache vorkommenden Schallschwingungen zu erhalten. Eine Registrierung der Seifenlamelle durch Spiegelung versuchten May und Lindemann, sowie Gerhartz. Einen erheblichen Fortschritt bei der Benutzung der Seifenmembran dürfte aber S. GARTEN erzielt haben.¹⁾ Er brachte auf die Blasenmitte ein feines Eisenstäubchen, das durch einen Magneten in seiner Lage festgehalten wurde und beobachtete die Verschiebung des Stäubchens mit dem Mikroskop, wobei die Schwingungsebene des Eisenteilchens mit der Ebene des Objektivtisches einen Winkel von 45° bildete. Hinter der Membran befand sich ein von einer Glasplatte abgeschlossener Hohlraum, dem der Schall durch einen Schlauch mit Trichter zugeleitet wurde. Mit einem Zeißschen Objektiv wurde das Bild des schwingenden Eisenteilchens auf dem vertikalen Spalt eines Photokymographions entworfen, hinter dem ein lichtempfindlicher Film auf einem Zylindermantel mit konstanter Geschwindigkeit rotierte, so daß eine Kurve der Schwingung aufgezeichnet wurde. Die Eigenschwingungszahl der Membran betrug etwa 2000. Um die Leistungen dieses Schallschreibers zu prüfen, wurden zunächst einige Schallkurven bekannter Klänge, von Stimmgabeln und Orgelpfeifen abgebildet. Zwecks Zeitmessung wurden stets die Schwingungen einer Zungenpfeife von 145 Schwingungen mit registriert. Zwei gleichzeitig angeblasene Pfeifen von hoher Schwingungszahl (2694) ließen auf den Kurven deutlich die Schwebungen (39) erkennen. Plötzliche Intensitätssteigerungen, wie der Laut r, wurden von der Membran gut wiedergegeben. Auch die Klangkurve einer Galtonpfeife von 8555 Schwingungen wurde deutlich sichtbar. Ein Knall wurde durch das Überspringen eines elektrischen Funkens erzeugt. Seine Analyse zeigte zuerst eine Drucksteigerung und bei sehr großer Amplitude eine Schwingungszahl 17066 bzw. 15067. Auch die Vokale wurden von dem Schallschreiber registriert; besonders a o u wurden gut wiedergegeben.

¹⁾ Ann. d. Physik, 48, 273 (1915).

Den Gartenschen Seifenmembrananalyator benutzte auch W. STEINHAUSEN zur Untersuchung stehender Luftschwingungen an Flöten und Orgelpfeifen.²⁾ Eine enge Versuchsröhre, die durch einen Schlauchansatz mit der Seifenmembran in Verbindung stand, wurde in der tönenden Luftmasse verschoben; die Schwingungen des Eisenteilchens wurden subjektiv mit dem Mikroskop und Okularmikrometer beobachtet und gemessen. Das Anblasen erfolgte mit komprimierter Luft und wurde mit äußerst empfindlichen Manometern sehr konstant gehalten. Bei der Flöte kam der Einfluß der Seitenlöcher auf die Schwingung deutlich zum Ausdruck und erwies sich als in Übereinstimmung mit der von dem Verf. entwickelten mathematischen Theorie.

Einen Einfluß der Bestrahlung von Röntgen- oder ultraviolettem Licht auf die Schallgeschwindigkeit hatte W. Küpper beobachtet, während W. H. Westphal diese Wirkung nicht bestätigen konnte, sie auch aus theoretischen Gründen bestritt (d. Ztschr. 28, 40 [1915]). Gegen diese letzteren wendet sich K. CZUKOR, indem er zeigt, daß auch die quantitative Erklärung der Erscheinung leicht gelingt, wenn man die neuen Resultate der Quantenlehre in ihrer Einwirkung auf die Rotation der Gasmoleküle zur Anwendung bringt.³⁾ Der Verf. entwickelt die Theorie an dem Beispiel des HCl-Moleküls. Aus der ultraroten Absorption läßt sich mit Hilfe der Messungen von Eva v. Bahr das Trägheitsmoment jenes Moleküls berechnen, woraus sich auf eine Rotation des H-Atoms um das nicht rotierende Cl-Atom schließen läßt. Nimmt man nun an, daß das negative Elektron innerhalb des Atoms an seiner Gleichgewichtslage durch asymmetrische Kräfte gebunden ist, so läßt sich zeigen, daß diese Gleichgewichtslage sich durch Röntgenstrahlen so verschiebt, daß das Trägheitsmoment größer wird. Bei Anwendung der Quantenlehre auf die Drehungsenergie der Gasmoleküle sinkt aber bei einer Vergrößerung des Trägheitsmoments die spezifische Wärme c_v . Dann muß aber c_p/c_v und mithin auch die Schallgeschwindigkeit größer werden. Die gemachten Angaben genügen, um auch die Größe des Effektes zu erklären.

Zur Erzeugung akustisch empfindlicher Leuchtgasflammen benutzte K. L. SCHAEFFER ein Wasserstrahlgebläse.⁴⁾ Der Gebläsekessel war durch das Saugrohr mit dem Gas-

²⁾ Ann. d. Physik 48, 693 (1915).

³⁾ Verh. d. Deutschen phys. Ges. 17, 261 (1915).

⁴⁾ Ann. d. Physik 48, 109 (1915).

hahn, durch das Druckrohr mit dem Brenner in Verbindung. Das Gebläse saugt zuerst Luft, dann Gas an und preßt dieses in den Brenner; durch einen Regulierhahn wird die Flamme auf das Maximum der Empfindlichkeit gebracht. Manometrische Messungen ergaben, daß bei geöffneten Hähnen das Gas mit 10 cm Hg-Druck aus der Brenneröffnung strömt. Bei einem Druck von 3 cm und weniger brennt die Flamme ruhig, bei 3,5 cm beginnt sie zu flackern. Die Einrichtung hat sich bei akustischen Arbeiten, wie bei der Eichung von Galtonpeifen gut bewährt.

Über eine neue Versuchsanordnung zur Prüfung der menschlichen Hörschärfe für reine Töne beliebiger Höhe berichtet J. W. BIRNBAUM.⁵⁾ Die Empfindlichkeit des Ohres für einen bestimmten Ton wird definiert als den reziproken Wert des Schwellenwertes, d. h. diejenige Schallenergie, die das Ohr gerade noch nachzuweisen imstande ist. Da die absolute Bestimmung des Schwellenwertes schwierig, dieser aber für normale Ohren sehr konstant ist, so genügt es für praktische Zwecke, als Maß für die Hörschärfe eines kranken Ohres das Verhältnis seines Schwellenwertes zu dem eines normalen Ohres einzuführen. An Stelle der bisher für diese Untersuchung benutzten Stimmgabel nahm BIRNBAUM nach dem Vorgange von M. W. ION als Tonquellen Monotelephone, die mit den gedämpften Wechselströmen von Kondensator-entladungen beschickt wurden. Der in der Telephonplatte erzeugte Ton wurde durch Platten- und Luftresonanz gereinigt, durch ein Stethoskop dem Ohre zugeführt und auf elektrischem Wege bis zur Unhörbarkeit geschwächt. Der Apparat wurde vorläufig für die drei Töne c (128), c_2 (512), c_4 (2048), wie sie dem Stimmumfang der menschlichen Sprache am meisten entsprechen, ausgebaut. Die für die Anordnung grundlegende Voraussetzung, daß die Schallenergie im Telephon der im Primärkreis ausschwingenden elektrischen Energie proportional ist, wurde einer besonderen Prüfung unterzogen. Zur Messung der Schallenergie dienten Rayleighsche Scheibchen, leichte Spiegelchen an Kokonfäden, die, unter 45° gegen die Schallrichtung geneigt, unmittelbar vor den Telephonmembranen aufgehängt wurden, und deren Drehmoment der Energiedichte der Wellenbewegung proportional ist. Die Kurven, die den Ausschlag des Scheibchens als Funktion des Quadrats der Ladespannung darstellen, waren gerade Linien; bis zur $10^{7,3}$ -fachen Intensität des Schwellenwertes galt auch für den tiefsten Ton strenge Proportionalität zwischen Schall- und elektrischer Energie. Systematische

Gehörprüfungen werden mit dem Apparat von ärztlicher Seite vorgenommen werden. In einer vom Verf. angegebenen Versuchsreihe war das Verhältnis der Schwellenwerte eines gesunden und kranken Ohres für den Ton 128 3100, d. h. die Hörschärfe des letzteren betrug nur $\frac{1}{3100}$ des normalen. Schk.

Kanalstrahlen. Zur Bestimmung der Energie der Kanalstrahlen brachte W. WIEN ein lineares Thermoelement in das Spektrum der elektrisch oder magnetisch zerlegten Strahlen und nahm mit jenem die Energiekurven der abgelenkten Strahlen auf. T. RETSCHINSKY hat diese Methode mit einer neuen Versuchsanordnung auf Sauerstoffkanalstrahlen angewandt¹⁾. Die Strahlen gelangten aus der Entladungsröhre durch die Öffnung einer Eisenkathode in den Beobachtungsraum und wurden hier zwischen den Polen eines Elektromagneten spektral zerlegt. Das von Heraeus hergestellte Thermoelement hatte 0,5 mm Breite und wurde innerhalb des Spektrums verschoben; zur Strommessung diente das Paschensche Galvanometer. Die positiven Ionen wurden vom Magneten nach der rechten Seite des unabgelenkten Bündels, die negativen nach der linken Seite abgelenkt. Die so erhaltenen Energiekurven zeigen mehrfache Maxima, die sich so auffassen lassen, daß die geladenen Teilchen aus drei verschiedenen Ionenarten bestehen, deren magnetische Ablenkungen sich wie $1 : \sqrt{2} : 2$ verhalten. Bei anderen Versuchen benutzte der Verf. die Wirkung der Kanalstrahlen auf die photographische Platte; die Bedingungen waren dieselben, wie bei den Aufnahmen der Energiekurven. Hierbei wurden auch e/m und v bestimmt. Es zeigte sich, daß im Kanalstrahl folgende Teilchengattungen enthalten sind: 1. einfach geladene Moleküle, 2. einfach geladene Atome, deren Geschwindigkeit $\sqrt{2}$ mal größer ist als die der Moleküle, 3. einfach geladene Atome von gleicher Geschwindigkeit wie die Moleküle. Die positiven und negativen Teilchen zeigten entsprechend dieselben Geschwindigkeiten, aber verschiedene Verteilung der Energie auf die drei Gattungen. Die Anzahl der langsamen Atome war größer als die der schnellen Atome und der Moleküle. Die Geschwindigkeiten der Teilchen wuchsen proportional der Quadratwurzel aus der Entladungsspannung. Die Energie der langsamen positiven Atome wurde durch Erhöhung des Druckes im Beobachtungsraum und durch die Erniedrigung der Entladungsspannung relativ mehr geschwächt als die Energie der schnellen Atome.

⁵⁾ Ann. d. Physik 49, 201 (1916).

¹⁾ Ann. d. Physik, 47, 525 (1915).

In einer weiteren Arbeit hat der Verf. unter möglichst gleichen Bedingungen die spektrale Untersuchung des Dopplereffekts vorgenommen und die dabei erhaltenen Ergebnisse mit den Energiemessungen verglichen²⁾. Es wurde in der Richtung des Kanalstrahls photographiert und die Aufnahmen mit dem Hartmannschen Mikrophotometer ausphotometriert. Es zeigte sich, daß es die Teilchen von denselben Geschwindigkeiten sind, die durch das magnetische und elektrische Feld abgelenkt werden und die bewegte Linie im Dopplereffekt emittieren. Erhöhung des Drucks im Beobachtungsraum vergrößerte die Anzahl der langsamen Atome auf Kosten der Moleküle, Anwesenheit von Wasserstoff verringerte die Anzahl der langsamen Atome und der Moleküle. Die Resultate der elektromagnetischen Analyse sprechen dafür, daß im Sauerstoffspektrum die Träger der Funkenlinien die Atome, die Träger der Serienlinien die Moleküle sind. Bei verschiedenen Gasen durchläuft eine prozentual gleiche Anzahl der Teilchen jeden bestimmten Bruchteil des ganzen Kathodenfalles; verschiedene Teilchen umfassen die gleichen Energie-, aber verschiedene Geschwindigkeitsbereiche. Die Folge davon ist, daß die Breiten der bewegten Linien im Dopplereffekt den Quadratwurzeln aus den Atomgewichten umgekehrt proportional sind.

Untersuchungen, die Dorn über Argonkanalstrahlen angestellt hatte, ergaben, daß die Linie des „blauen“ Spektrums den Dopplereffekt zeigten, während die Linien des „roten“ Spektrums nur schwache Verbreiterungen aufwiesen. Auf Veranlassung von Dorn hat K. FRIEDERSDORFF die Untersuchungen mit einem verbesserten Uviolspektrographen weiter in das Ultraviolett hinein fortgesetzt³⁾. Als Spektralapparat diente ein Rowland-Konkavgitter; benutzt wurde die zweite Ordnung, bei der 16,4 Å-E. auf 1 mm kamen. Bei allen Linien, sowohl des „blauen“, wie des „roten“ Spektrums war der Dopplereffekt zu beobachten, und zwar konnte aus der Verschiebung geschlossen werden, daß die Träger der „blauen“ Linien eine größere Geschwindigkeit besaßen als die Träger der „roten“ Linien. Bei letzteren liegt das Intensitätsmaximum des bewegten Streifens dicht an der ruhenden Linie, was, wie auch Stark annahm, auf einwertige Atomionen schließen läßt. Zwei weitere, niedrigere Maxima dürften daher rühren, daß zwei- und dreiwertige Teilchen durch Anlagerung von Elektronen einwertig werden, aber in unveränderlicher Geschwindigkeit weiter fliegen. Bei hoher Spannung (36—40 000 Volt) zeigte keine

Linie des roten Spektrums Dopplereffekt, was darauf zurückgeführt wird, daß die Teilchen wegen ihrer großen kinetischen Energie bei Zusammenstößen schon vor der Kathode ein Elektron verlieren und so zweiwertig werden. Die Linien des blauen Spektrums zeigen, daß hier zweiwertige Atomionen die Träger sind; weitere Maxima deuten auch auf drei- bis vierwertige Ionen. So wurden die Ergebnisse, welche Stark und Kirschbaum im Bereiche von 4300—4000 Å-E. erhalten hatte, auch für den Bereich von 4965,4 bis 2884,1 Å-E. bestätigt gefunden.

Die verschiedenen von Retschinski bei Sauerstoffkanalstrahlen beobachteten Maxima in den Energiekurven wurden von E. RÜCHARDT auch bei Wasserstoffkanalstrahlen beobachtet.⁴⁾ Er fand zwei Maxima, von denen das zweite doppelt so weit abgelenkt war als das erste; das erste schreibt er den Molekülen und raschen Atomen, das zweite den durch Zerfall der Moleküle entstandenen langsamen Atomen zu. Durch Erhöhung des Drucks wurden die langsamen ebenfalls relativ mehr geschwächt als die schnellen Atome.

E. RÜCHARDT untersuchte weiterhin, ob die Phosphoreszenz, welche Kanalstrahlen auf Erdalkaliphosphoren hervorrufen, in ihrer Intensität von der Ladung der Strahlen abhängig sei. Baerwald hatte in einem durch ein elektrisches Feld zerlegten Kanalstrahl und im unzerlegten neutralen Bündel die Energieverteilung und gleichzeitig mit einem Photometer die von jenen Strahlengruppen bewirkte Phosphoreszenzhelligkeit gemessen und dabei gefunden, daß der Quotient Phosphoreszenzhelligkeit durch Kanalstrahlenenergie für das Maximum des abgelenkten Bündels 10—30 mal größer war als der gleiche Quotient für die Mitte des neutralen Bündels. Andererseits hatte aber E. RÜCHARDT ein sehr rasches Verderben der Erdalkaliphosphore unter dem Einfluß der Strahlen beobachtet, so daß die Möglichkeit vorlag, daß die abgelenkten Strahlen wegen ihrer geringeren Energie auch eine weniger zerstörende Wirkung ausübten und darauf vielleicht ihr von dem der neutralen Strahlen abweichendes Verhalten zurückzuführen sei. Um diese Frage zu entscheiden, wurde mit der Baerwaldschen Versuchsanordnung die Wirkung der Wasserstoffkanalstrahlen auf den grünen SrBiNa-Phosphor untersucht. Es zeigte sich, daß der obige Quotient nur sehr wenig von 1 abweicht, daß ein spezifischer Proportionalitätsfaktor für geladene Teilchen bei der Phosphoreszenzerregung nicht als vorhanden anzunehmen ist und das

²⁾ a. a. O. 48, 546 (1915).

³⁾ Ann. d. Physik, 47, 737 (1915).

⁴⁾ Ann. d. Physik 48, 838 (1915).

Baerwaldsche Ergebnis wohl auf Ermüdung des Phosphors im neutralen Fleck zurückzuführen ist.

Um die Abhängigkeit der Phosphoreszenzhelligkeiten von der Teilchenzahl der erregenden Kanalstrahlen zu bestimmen, wurde zuerst festgestellt, daß die Teilchenzahl an einer Stelle des abgelenkten Bündels der Stromstärke im Rohr proportional war, so daß diese als Maß der Teilchenzahl dienen konnte. Die Photometrierung der Phosphoreszenz bei verschiedenen Stromstärken ergab ebenfalls zwischen beiden Proportionalität, so daß bei konstanter Energie die Phosphoreszenzhelligkeit auch der Teilchenzahl proportional ist. Auch die Abhängigkeit der Phosphoreszenzhelligkeit (bezogen auf gleiche Teilchenzahl) von der kinetischen Energie der erregenden Kanalstrahlenteilchen ließ sich durch eine gerade Linie darstellen, die aber nicht durch den Koordinatenanfangspunkt geht, sondern die Abszisse im Punkte 3000 Volt schneidet. Die physikalische Deutung dieser Tatsache ist, daß unterhalb einer bestimmten Grenzenergie der Kanalstrahlenteilchen auch bei beliebig großer auftretender Teilchenzahl keine Phosphoreszenzerregung mehr stattfindet. Die letztere Erscheinung, die nach Lenard auch für die Phosphoreszenzerregung durch Kathodenstrahlen zutrifft, findet eine Erklärung in der Quantentheorie. Unterhalb der Grenzenergie eines Kanalstrahlenteilchens ist deshalb keine Phosphoreszenzerregung mehr möglich, weil der Bruchteil der Energie, den das Teilchen in Phosphoreszenzlicht umsetzt, kleiner ist als das dem Oszillator des Phosphors zukommende Energiequantum $h\nu$, wo h das Plancksche Wirkungsquantum, ν die Schwingungszahl des vom Phosphor emittierten Lichtes ist. Aus der bekannten Grenzenergie, von der rund $\frac{1}{1000}$ in Phosphoreszenzlicht umgewandelt wird, und dem ebenfalls für den SrBiNa-Phosphor bekannten ν ($= 530 \mu\mu$) berechnet der Verf. $h = 8,3 \cdot 10^{-27}$, während der Plancksche Wert $6,55 \cdot 10^{-27}$ ist; der nur geringe Unterschied spricht für die Richtigkeit der Theorie. Ein sehr geringes Leuchten des Phosphors auch unterhalb der Grenzenergie kann auf aufgespeicherte, von den Strahlen nur ausgelöste Energie zurückgeführt werden.

Die Absorption der Kanalstrahlen versuchte W. WIEN mit Hilfe eines mehr flächenartigen Thermoelements zu bestimmen, durch das auch die zerstreuten Strahlen aufgefangen werden konnten.⁵⁾ Daher wurden an die 4 Ecken eines quadratischen dünnen Kupfer- oder Silberblechs je 2 Manganin- und Konstantandrähte

gelötet, die andererseits an 2 Messingklötze gelötet waren. Dieses Thermoelement war in einem Eisenzylinder befestigt, der in der Kanalstrahlerröhre durch eine außen verschiebbare Stromspule magnetisch verschiebbar war, so daß die Entfernung der Thermosäule von der durchbohrten Kathode verändert werden konnte. Da in dieser Weise aber kleine Absorptionen nicht genau zu messen waren, änderte WIEN die Methode in der Weise ab, daß er zwei Thermoelemente einführt, von denen das eine T_1 in einem Seitenrohr fest lag und einen Teil der Strahlen abging, das andere T_2 , wie vorhin im Hauptrohr verschiebbar, den andern Teil der Strahlen aufnahm. T_1 und T_2 waren dann in die bekannte Widerstandskombination eingeschaltet, die als Kompensationsmethode zur Bestimmung von Spannungen benutzt wird. Man war so von der Schwankung der Intensität der Strahlen unabhängig und konnte ihre Absorption in dem veränderlichen Raum zwischen T_1 und T_2 bestimmen; aus dem Verhältnis der an T_2 in zwei verschiedenen, Stellungen gemessenen Spannungen läßt sich der Absorptionskoeffizient berechnen. Bei Stickstoffkanalstrahlen lagen die Absorptionskoeffizienten α für verschiedene Drucke D und verschiedene Spannungen zwischen 0,017 und 0,04, bei Sauerstoff zwischen 0,011 und 0,055 cm^{-1} . Daß eine Proportionalität zwischen α und D nicht zu beobachten war, dürfte auf die vom Druck abhängige Zusammensetzung der Kanalstrahlen zurückzuführen sein. Schk.

Über Wasserfallelektrizität. Von P. LENARD¹⁾. Bei herabfallenden Wassertropfen treten elektrische Wirkungen auf, wobei das Wasser positiv elektrisch wird, während die negative Ladung in die Luft geht. Die Erscheinung wird sowohl beim Auftreffen von Wasser auf Wasser oder auf ein festes Hindernis als auch beim Sprudeln von Luft durch Wasser und beim Zerstäuben von Wasser beobachtet. LENARD hatte bereits früher gezeigt, daß Flüssigkeitsoberflächen der Sitz elektrischer Doppelschichten sind, und daß bei jenem Effekt die beiden Belegungen der Doppelschicht getrennt werden, wobei die Ladung des einen Zeichens an der Flüssigkeit bleibt, die des andern Zeichens an das angrenzende Gas übergeht. Diese elektrische Doppelschicht wurde bisher auf eine Kontaktelektrizität zwischen Flüssigkeit und Gas zurückgeführt; jetzt zeigt LENARD, daß die Berührungsfläche ganz in der Flüssigkeit liegen muß. Diese Annahme beruht auf folgenden Beobachtungen. Die Oberflächenspannung des Wassers im Vakuum

⁵⁾ Ann. d. Physik 48, 1089 (1915).

¹⁾ Ann. d. Physik 47, 463 (1915).

und in Luft ist nicht merklich verschieden, während sie sich bei Ausbildung einer elektrischen Doppelschicht Luft-Wasser vermindern müßte. Durch die Luft fahrende Wasserstrahlen ergeben keine Reibungselektrizität. Ein schnelles Verschwinden von Flüssigkeitsoberfläche (z. B. beim Loslösen von Tropfen) zeigt beim Ausschalten aller Nebenerscheinungen keine elektrische Wirkung. Zerstreuen des Wassers bei schnellem Ausfließen ist unwirksam; dagegen ist ein Zerblasen des Wassers im Zersprüher sehr elektromotorisch wirksam. Der Verf. nimmt daher an, daß das Wesentliche die Abtrennung kleinster Flüssigkeitspartikel aus der äußersten Oberflächenschicht sei. Es kommt hierbei darauf an, daß Teilchen von solcher Kleinheit abgetrennt werden, daß sie nur die äußere, nicht auch zugleich die innere Belegung der in der äußersten Flüssigkeitsschicht vorausgesetzten elektrischen Doppelschicht umfassen. Wenn in der Atmosphäre ein aufsteigender Luftstrom von 8 m/sec die fallenden Regentropfen zerreißt, tritt nicht immer elektrische (Gewitter-)Wirkung ein. Dieses ist nur dann der Fall, wenn die Luft zugleich stoßweise und wirbelnd bewegt wird. Daß die Wasserfallwirkung nicht auf Kontaktelektrizität zwischen Gas und Flüssigkeit beruht, geht auch daraus hervor, daß die Natur des Gases von nur geringem Einfluß darauf ist, wie LENARD an Versuchen mit H_2 , CH_4 , N_2 , CO , Luft, O_2 feststellen konnte. Er nimmt daher an der Oberfläche von Wasser und allen anderen dielektrischen Flüssigkeiten eine wohlausgebildete, durch die Molekularkräfte der Flüssigkeit selbst hervorgebrachte elektrische Doppelschicht an, deren Dicke gleich dem Radius der Wirkungssphäre ist und deren äußere (stets negative) Belegung durch die äußerste Molekülschicht der Flüssigkeit gebildet ist. Die Existenz des Wasserfalleffekts bildet hiernach einen direkten Nachweis der elektrischen Natur der Molekularkräfte, der Oberflächenspannung und des Normaldrucks. Nach Versuchen von Coehn und Raydt sind die elektrischen Doppelschichten an den Berührungsflächen dielektrischer Körper stets von der Differenz der Dielektrizitätskonstanten der beiden Körper abhängig geladen, und zwar so, daß die positive Ladung auf der Seite der größeren Dielektrizitätskonstante sich befindet. LENARD kommt auf Grund eigener Überlegungen zu dem weiteren Schlusse, daß die nach dem Innern einer Flüssigkeit von der Dielektrizitätskonstante D gerichtete Molekularkraft K proportional $(D - 1)$ sein muß. K ist der Beobachtung nicht zugänglich, wohl aber die K proportionale Oberflächenspannung a und der innere Druck P , für die auch die Pro-

portionalität mit $(D - 1)$ bei verschiedenen Flüssigkeiten annähernd zutrifft. Da die Dicke der Doppelschicht gleich dem Radius der Wirkungssphäre ist, so muß man diesen aus der Größe eines bei der Wasserfallelektrizität abgetrennten negativen „Trägers“ ermitteln können; LENARD findet für ihn den Wert $150 \cdot 10^{-8}$ cm.

Anders wie bei reinem Wasser ist die Oberflächenbeschaffenheit vollkommen dissoziierter Elektrolyten (verdünnter Salzlösungen). Auf eine äußerste, negativ geladene Schicht des reinen Lösungsmittels folgt eine an positiven Ionen reiche Schicht; noch tiefer finden sich die positiv geladenen Lösungsmoleküle und negativen Ionen, und von hier erst, im Abstand des Radius der Wirkungssphäre von der Oberfläche, beginnt das eigentliche Innere der Flüssigkeit von normaler Zusammensetzung. Die kleinsten abgerissenen Teile werden hier negative, größere Teile positive Ladung tragen, und es wird eine Konzentration geben, die gleichviel positive und negative Träger liefert. Diese „Umkehrkonzentration“ ist von LENARD bei NaCl-Lösung nachgewiesen worden; sie ist nicht fest bestimmt, sondern hängt davon ab, ob der Abreißprozeß kleinere oder größere Teile mitnimmt. So ist z. B. die Umkehrkonzentration einer wäßrigen NaCl-Lösung an schwachem Strahl in Luft 0,011%, an starkem Strahl 0,11%, beim Sprudeln kleiner Bläschen in Sauerstoff 0,1%, in Wasserstoff 0,5%. Geringe Verunreinigungen dielektrischer Flüssigkeiten durch Elektrolyten können daher ihren Wasserfalleffekt wesentlich verändern. Aus der vorigen Darstellung würde noch folgen, daß bei NaCl-Lösung die negativen Träger Na-freie Wassertröpfchen, die positiven dagegen Na-haltig sein müssen, was durch Versuche von Aselmann bestätigt ist. Dieser fand, daß die Na-Färbung, welche die trägerhaltige Luft in einer Bunsenflamme erzeugt, entfernt wird, wenn die positiven Träger durch einen Kondensator entfernt werden; die negative, aber nicht die positive Belegung des Kondensators erweist sich dann als Na-haltig. Ein kurzes Wattefilter, welches die Flammenfärbung eben zur Unmerklichkeit brachte, entfernte gleichzeitig etwa $\frac{8}{10}$ der elektrometrisch nachweisbaren positiven Träger. — Die nicht dissoziierten Lösungen nicht flüchtiger Stoffe (z. B. Zuckerlösung) haben elektrisch neutrale Lösungsmoleküle; der Wasserfalleffekt ist daher nahe gleich dem des reinen Wassers. Dagegen ist bei Lösungen flüchtiger Stoffe (HCl , NH_3 , Alkohol, Äther in Wasser) der Wasserfalleffekt bedeutend erhöht, da hier geringe Molekularkräfte (Oberflächenspannungen) mit kleiner Dielektrizitätskonstante zusammenfallen. Auch bei Metallen

(Quecksilber, Amalgam) tritt der Wasserfalleffekt auf; die Durchmesser der sich losreißenen Tröpfchen liegen beim Auffallen von Hg auf Fe in CO_2 oder H_2 zwischen rund $20 \cdot 10^{-8}$ und $200 \cdot 10^{-8}$ cm.

Schk.

Über eine Elektronentheorie der Valenz.

Nachdem auf verschiedenen Wegen die physikalische Forschung im Verlauf von wenigen Jahren zu der Erkenntnis gekommen war, daß die Elektrizität unstreitig einen wesentlichen Faktor beim Aufbau des chemischen Atoms bildet, mußte sie mit Notwendigkeit dazu geführt werden, sich des bis dahin fast ausschließlich von chemischer Seite bearbeiteten Problems der Atomstruktur und der Frage nach dem Wesen der chemischen Kraft ernstlich anzunehmen. Und so sehen wir denn in neuerer Zeit eine ganze Reihe von Valenzhypothesen auftauchen, in denen die Elektrizität eine prädominierende Rolle spielt. Die am weitgehendsten ausgeführte und in allen ihren Konsequenzen bestens durchdachte ist wohl die Hypothese von J. Stark, welche dieser Forscher in mehreren Abhandlungen¹⁾, sowie jüngst besonders eingehend in einer hervorragend klar und leicht verständlich geschriebenen, geradzugenußreich zu lesenden Buchveröffentlichung²⁾ entwickelt hat. Diese Theorie in ihren Grundzügen kurz zu charakterisieren, soll in den folgenden Zeilen versucht werden.

Zu seiner Valenzhypothese gelangt Stark auf Grund gewisser Vorstellungen über den Aufbau des chemischen Atoms. Dieselben ergeben sich aus einer Reihe wohlbekannter experimenteller Tatsachen, die wir zunächst anführen wollen. Es mag aber gleich bemerkt werden, daß es sich bei dem gegenwärtigen Stand der physikalischen Forschung lediglich um die Aufstellung einer Hypothese von der Oberflächenstruktur des chemischen Atoms handeln kann; der Aufbau und die Struktur des Atominnern ist uns vorläufig noch ein völliges Rätsel. In

¹⁾ Die Valenzlehre auf atomistisch-elektrischer Basis. Jahrbuch der Rad. und Elektronik. 5, 124 (1908).

Folgerungen aus einer Valenzhypothese:

I. Bandenspektrum und Valenzenergie; l. c. 9, 15 (1912).

II. Metallische Leitung der Elektrizität; l. c. 9, 188 (1912).

III. Innermolekulare Schwingungen; Zeitschr. f. phys. Chem. 86, 51 (1913).

IV. Natürliche Drehung der Schwingungsebene des Lichtes. Jahrbuch der Rad. u. Elektronik. 11, 194 (1914).

²⁾ Die Prinzipien der Atomdynamik, Bd. III; Die Elektrizität im chemischen Atom. Leipzig 1915.

dieses Dunkel Licht hineinzutragen bleibt der zukünftigen Forschung vorbehalten.

Aus den Tatsachen, daß einerseits das Licht eine Wellenbewegung elektromagnetischer Felder ist und andererseits Licht von den chemischen Atomen emittiert und absorbiert wird, folgt mit Sicherheit, daß in den chemischen Atomen elektromagnetische Felder vorhanden sind. Sitz und Quelle elektrischer und magnetischer Kraftfelder sind aber stets elektrische Ladungen. Folglich müssen solche in den chemischen Atomen vorkommen. Weiter folgt aus der quantitativen Auswertung des Zeemaneffektes, daß die Emissionszentren der Serienlinien chemischer Atome negative Elektronen sind. Mithin ist die Existenz dieser Elementarquanten der Elektrizität im Atom erwiesen. Für dieselbe sprechen ja auch noch manche anderen bekannten Erscheinungen, von denen nur die Erscheinungen der Radioaktivität, des lichtelektrischen Effektes und der verschiedenartigen Kathodenstrahlemissionen erwähnt werden mögen. Daß auch positive Quanten im chemischen Atom vorhanden sind, ergeben die experimentellen Studien an den Kanalstrahlen. Berücksichtigen wir endlich noch die Tatsache, die ebenfalls aus Beobachtungen an Kanalstrahlen fließt, daß auch elektrisch neutrale chemische Atome zu existieren vermögen, so gelangen wir zu der Vorstellung der Ionisierung, d. h. der Abtrennung negativer Elektronen aus dem neutralen Atom unter Zurücklassung eines positiv geladenen Atomrestes. Eine Wiedervereinigung dieser beiden Atombestandteile ist ebenfalls möglich und liefert wieder das vollständige, elektrisch neutrale chemische Atom.

Von großer Wichtigkeit ist die Tatsache, daß die positiven Ladungen eines chemischen Atoms untrennbar mit dessen Masse verbunden zu sein scheinen, indem bisher positive Quanten von ebenso geringer Newtonscher Masse wie die der negativen Elektronen sich nicht haben nachweisen lassen. Dagegen läßt sich das Auftreten von Kanalstrahlteilchen von der Größe eines Atoms und mit einem negativen Elementarquantum als Ladung behaftet in zwangloser Weise dadurch erklären, daß ein neutrales Atom auch über sein eigenes abtrennbares Elektron hinaus noch ein fremdes negatives Elektron an sich zu binden und so eine negative Gesamtladung anzunehmen vermag.

Aus vorstehenden Tatsachen fließt nun Starks Hypothese von der Struktur der Oberfläche eines chemischen Atoms: „An der Oberfläche chemischer Atome liegen ruhend gegenüber relativ ausgedehnten positiven Flächen im Verhältnis dazu punktförmige negative Elektronen. Bedienen wir uns der Kraftliniensprache,

so können wir die in dieser Hypothese vermutete Oberflächenstruktur auch in folgender Weise beschreiben: An der Oberfläche chemischer Atome liegen ruhend negative Elektronen, deren Volumen punktförmig im Vergleich zu dem ganzen Atomvolumen ist; von einem solchen Elektron an der Atomoberfläche strahlen elektrische Kraftlinien aus und laufen nach positiven Quanten im chemischen Atom; legt man um dieses eine Fläche, welche die Oberflächenelektronen abschließt und die übrigen Bestandteile des Atoms, ohne sie zu schneiden, möglichst eng umschließt, so schneiden die elektrischen Kraftlinien von seiten der Oberflächenelektronen diese Fläche in Stücken, die groß sind im Verhältnis zum Querschnitt der Oberflächenelektronen. Was hinter diesen von den Elektronkraftlinien geschnittenen Flächenstücken liegt, ob in größerer oder kleinerer Entfernung die positiven Ladungen, in welchen die Kraftlinien enden, dies brauchen wir für die Zwecke unseres Problems nicht weiter zu untersuchen. In diesem Sinne ist der Ausdruck positive Fläche gegenüber einem punktförmigen Elektron zu verstehen.“

Aus diesen Grundanschauungen folgt so gleich, daß an einem an der Oberfläche eines chemischen Atoms in Ruhe liegenden Elektron die Resultierende aller an ihm angreifenden Kräfte Null ist. Wird aber das Elektron aus dieser Gleichgewichtslage verschoben, so wird auf dasselbe eine rücktreibende elektrische Kraft ausgeübt werden, welche ihrerseits wieder eine entgegengesetzt gerichtete, gleich große elektrische Kraft auf die Teile des Atomrestes auslöst, nach dem die Kraftlinien des betreffenden Elektrons laufen. Je weiter das Elektron gewaltsam aus seiner Ruhelage entfernt wird, desto größer muß diese rücktreibende Kraft sein. Nehmen wir nun an, daß diese Valenzelektronen, d. h. die in der gekennzeichneten Weise an der Atomoberfläche sitzenden Elektronen, diejenigen sind, die (wie es die Erfahrung lehrt) von ihrem Atom ohne dessen Zerfall abgetrennt werden können, so kann dies oben erwähnte rücktreibende Kraft nur bis zu einem Höchstwert mit dem Abstand zunehmen; wird der Abstand zu groß, so ist das abgetrennte Elektron für sich allein frei beweglich. Schließlich mag noch kurz darauf hingewiesen werden, daß derartige Elektronenverschiebungen an der Oberfläche eines chemischen Atoms auch für die elektrische Struktur des Atommittels von eminenter Bedeutung sein müssen, und daß das Vorhandensein mehrerer Elektronen an der Oberfläche die Wirkungen von Elektronenverschiebungen noch komplizierter und ausgedehnter gestalten muß. „Unsere Auffassung von dem Atom als einer Gleichgewichts-

anordnung mehrerer elementarer Bestandteile muß uns daher von der uns überlieferten Vorstellung von der Starrheit des chemischen Atoms freimachen.“

Seine Hypothese über die Natur der chemischen Kraft formuliert nun Stark mit folgenden Worten: „Denken wir uns zwei neutrale Atome, von denen jedes ein Oberflächenelektron besitzt, aus großer Entfernung bis auf einen kleinen Abstand einander genähert, dann bietet sich jedem Oberflächenelektron außer der positiven Fläche des eigenen Atoms noch die positive Fläche des anderen Atoms zur Entsendung und Festlegung der Enden seiner Kraftlinien dar. Ein jedes Oberflächenelektron wird sich gegenüber der positiven Fläche des eigenen und des fremden Atoms, folgend dem Zug seiner Kraftlinien, so lange verschieben, und gleichzeitig werden sich die zwei Atome, folgend dem Zug an ihren positiven Flächen, so lange relativ zueinander verschieben, bis die Oberflächenelektronen und die positiven Flächen eine neue Gleichgewichtsordnung in bezug aufeinander genommen haben, aus der sie durch eine äußere Kraft nicht herausgeschoben werden können, ohne daß sich rücktreibende Kräfte entwickeln. Dank den elektrischen Kraftfeldern an ihrer Oberfläche werden sich also chemische Atome in ganz bestimmter Weise zu einer Gleichgewichtsordnung, einem Molekül, zusammenlagern, in einem bestimmten Abstand und in einer bestimmten relativen Winkelstellung.“

In ihrer Einfachheit und dabei größtmöglichen Ausdehnbarkeit auf die theoretische Umfassung der schier unabschbaren Fülle von Einzelproblemen auf diesem Forschungsgebiet mutet uns die vorstehende Theorie als eine wahrhaft geniale geistige Schöpfung an. „Ihre Begründung und ihre Verwandlung in eine gesicherte Kenntnis kann allerdings erst durch eine ausgedehnte langjährige Prüfung an alten und neuen Erfahrungen erfolgen.“

Greifen wir nun aus der Fülle der in dem Starkschen Buche im Anschluß an die vorstehende Valenzhypothese behandelten Fragen einige der wichtigsten und interessantesten zu einer flüchtigen Betrachtung heraus. Aus den Grundlehren der physikalischen Chemie kennen wir die Unterscheidung zwischen elektropositiven und elektronegativen Atomen. Ihr grundverschiedenes Verhalten folgt aus dem Unterschied in ihrer elektrischen Struktur: bei einem elektropositiven Atom liegt das Valenzelektron in großer Entfernung von der positiven Fläche des eigenen Atoms, während beim elektronegativen Atom der Abstand zwischen Valenzelektron und positiver Fläche klein im Verhältnis zum Durch-

messer des Atomrestes ist. Infolgedessen besitzt das elektropositive Atom nur schwaches Vermögen, ein fremdes Elektron an sich zu ketten, das elektronegative dagegen ein sehr starkes. Aus dieser Verschiedenheit resultieren die zahlreichen Möglichkeiten, die sich bei der wechselseitigen chemischen Bindung der verschiedenen Atome für die Art und die Festigkeit dieser Bindungen ergeben. Die besonders aus der organischen Chemie bekannte mehrfache Bindung unterscheidet sich in der Starkschen Vorstellung dadurch von der einfachen Bindung, daß bei ihr die miteinander verbundenen Atome durch mehr als je ein Valenzelektron verknüpft sind. Interessant sind die ausführlichen Betrachtungen über die Benzolbindung, auf die hier aber nicht eingegangen werden kann.

Als großer Vorteil der Starkschen Hypothese muß die Tatsache bezeichnet werden, daß die wohlbekanntere Erscheinung des Wechsels der Wertigkeit — das ständige Sorgenkind aller früheren valenztheoretischen Betrachtungen! — ohne weiteres ihre plausible Erklärung findet. Nicht etwa die Zahl der Valenzelektronen wechselt in einem solchen Falle, sondern lediglich die Art der Zusammenlagerung der beteiligten Valenzfelder ist in verschiedenen Fällen verschieden. Daß dem so sein muß, leuchtet ohne weiteres ein, wenn man bedenkt, daß jedes Valenzelektron mit einem räumlichen Kraftlinienfeld ausgestattet ist und somit einen reichen Wechsel in seiner Kraftlinienverteilung von Verbindung zu Verbindung ermöglicht. Ferner ordnen sich ebenso ungezwungen die sogenannten Molekülverbindungen in das System hinein: Abspaltungen von weit sich auskrümmenden Kraftlinien des Atoms bei der gewöhnlichen Molekülverbindung zu anderen Molekülen hin, also eine mehrseitige Bindung von Valenzelektronen, ver-

mitteln die Gruppierung von Molekülen zu einem größeren Molekülkomplex.

Aus dem großen Kapitel über chemische Reaktionen wollen wir nur kurz die Vorstellungen über das Zustandekommen der elektrolytischen Dissoziation wiedergeben. Das betreffende Molekül lagert Lösungsmoleküle an; dadurch werden die Teilvalenzfelder gelockert und infolgedessen zum Teil durch thermisch-molekulare Stöße in zwei entgegengesetzt elektrisch geladene Kerne auseinandergesprennt.

Zum Schluß noch kurz die Starksche Erklärung der katalytischen Reaktionen. M_1 und M_2 seien zwei Moleküle, die nur sehr langsam miteinander reagieren; M_k sei das Molekül des Katalysators. Dieses vermag sich zum Beispiel an M_1 anzulagern, da es in bezug auf M_1 ein reaktives Teilvalenzfeld besitzt. Dadurch, d. h. durch Öffnung des Teilvalenzfeldes von M_1 , vermag sich M_2 jetzt an diese Bindung seinerseits heranzulegen, indem es Valenzlinien gegen $M_1 - M_k$ abspaltet. Dadurch wird die Bindung $M_1 - M_k$ gelockert; $M_1 - M_k - M_2$ stößt, eventuell unter Mitwirkung zwischenmolekularer Stöße, M_k wieder heraus, und es bildet sich die gewünschte Verbindung von M_1 und M_2 .

Damit mag die kurze Auslese aus der Starkschen Gedankenwelt beendet sein. Die folgenden Kapitel bringen ausführliche Auseinandersetzungen über die zwischenmolekulare Bindung, die Verhältnisse bei den verschiedenen Aggregatzuständen, die Leitung der Elektrizität durch Metalle, die Bindung in Krystallen, die Beziehungen zwischen der Konstitution chemischer Atome und ihrer zwischenmolekularen Bindung, sowie besonders ausführlich die Optik der Valenzfelder chemischer Atome. Dem Interessenten seien die betreffenden Kapitel der Starkschen Schrift warm zur Lektüre empfohlen. *H. Sch.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die Beweise für die Relativitätstheorie. Von Dr. P. Riebesell in Hamburg. (Originalbericht.)¹⁾

1. Beweismöglichkeit. Nachdem die Relativitätstheorie in neuester Zeit wesentlich verallgemeinert worden ist (3 und 4)²⁾, verschiedene Versuche, die ihre Richtigkeit dartun sollen, gemacht worden sind (1, 2 und 7) und bisher ungelöste Probleme durch sie eine Aufhellung erfahren haben (5 und 6), erscheint es an der

¹⁾ Abgedruckt mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung aus den „Naturwissenschaften“, Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik 1916, Heft 8.

²⁾ Die Zahlen beziehen sich auf das am Schluß gegebene alphabetische Literaturverzeichnis.

Zeit, einmal die bisher erbrachten Beweise einer kritischen Betrachtung zu unterziehen und sich zu fragen, inwieweit durch sie die Richtigkeit der Theorie verbürgt wird. Natürlich kann es sich vorläufig nur, wie etwa bei der Deszendenztheorie, um indirekte Beweise handeln. Direkte Beweise, wie sie etwa die Atomlehre aus dem Stadium der Theorie in das Gebiet der Tatsachen übergeführt haben, gibt es vorläufig für die Relativitätstheorie nicht. Wir werden uns also darauf zu beschränken haben, wie immer bei indirekten Beweisen, Tatsachen und Gedankengänge zu nennen, die mit anderen Theorien schlecht oder gar nicht, mit der Relativitätstheorie aber zwanglos zu erklären sind.

2. Das Relativitätsprinzip. Das Rela-

tivitätsprinzip, das der Theorie als Hypothese zugrunde liegt, sagt in seiner ursprünglichen Form aus, daß die Erscheinungen in einem System von Körpern nur von den Lagen und den Bewegungen jener Körper relativ zueinander abhängen. Erfährt das System als Ganzes irgendeine gleichförmige Translation, so soll diese Bewegung auf die innerhalb dieses Systems sich abspielenden Erscheinungen keinen Einfluß ausüben. Oder umgekehrt: Durch Vorgänge innerhalb eines Systems kann man niemals die absolute Bewegung desselben feststellen.

Dieses Prinzip, das von jeher in der Galileischen und Newtonschen Mechanik zugrunde gelegt wurde, schien in der Optik und Elektrodynamik seine Gültigkeit zu verlieren, da hier zu zwei Systemen als drittes ohne unser Zutun der Äther kommt, in dem die elektrischen und optischen Erscheinungen vor sich gehen sollen. Denken wir uns zwei vollständig abgeschlossene Laboratorien, von denen sich das eine gegen das andere bewegt, so hätte der Äther relativ zu diesen Laboratorien eine verschiedene Geschwindigkeit und könnte daher auf die beiden Systeme verschiedene Einflüsse ausüben. Nur wenn der Äther in bezug auf beide Laboratorien in Ruhe ist, d. h. also von beiden mitgeführt wird, ergeben sich keine Änderungen, doch führt diese Annahme, bei Verallgemeinerung auf mehr Systeme, wie sofort einzusehen ist, zu Widersprüchen. Nehmen wir also zunächst einmal die Theorie des ruhenden Äthers als richtig an, so handelt es sich darum, experimentell festzustellen, ob etwa die Bewegung der Erde einen Einfluß auf optische oder elektrische Erscheinungen hat. Wir wären damit imstande, die absolute Bewegung der Erde festzustellen.

3. Beweise aus der Elektrodynamik. Ist c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts und v die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bewegung um die Sonne, so verhält sich $v:c = 1:10000$. Man kann nun von vornherein annehmen, daß die sich zeigenden Effekte proportional den Potenzen von $\frac{v}{c}$ sind. Dabei spielen die ungeraden Potenzen die größte Rolle, da die durch sie hervorgerufenen Wirkungen bei Umkehr der Geschwindigkeit, d. h. Bewegung des Systems in entgegengesetzter Richtung, ihr Vorzeichen ändern. Nun hat aber H. A. LORENTZ (8) gezeigt, daß die Größen erster Ordnung überhaupt nicht auftreten können, und daß auch der Effekt bei Systemen, die gemeinsam an der Bewegung der Erde teilnehmen, nie größer sein kann als von der zweiten Ordnung. Der Einfluß ist also von der Größenordnung $\left(\frac{1}{10000}\right)^2$ und ändert bei der Richtungsumkehr nicht sein

Vorzeichen. Alle diejenigen Versuche, die Unterschiede in gewissen Erscheinungen bei Sonnenauf- oder -untergang feststellen wollten, sind demnach von vornherein als verfehlt zu bezeichnen. Im Gebiete der Elektrizität ist aber kein Versuch bekannt, bei dem mit Sicherheit ein Einfluß zweiter Ordnung innerhalb der Grenzen der Beobachtungsmöglichkeit liegt. Einflüsse der Erdbewegung auf Induktionserscheinungen, Wirkungen von elektrostatischen und elektromagnetischen Feldern oder von elektrischen Strömen in Abhängigkeit von der Erdbewegung lassen sich, vielleicht mit Ausnahme des TROUTON-NOBLEschen Versuches, deshalb bisher nicht als entscheidende Argumente für die Theorie ausnutzen.

4. Beweise aus der Optik. Anders steht es in der Optik, in der man versucht hat, den Einfluß der Erdbewegung auf den Gang der Lichtstrahlen bei Reflexion, Brechung und Interferenz zu untersuchen. Namentlich die letztere Erscheinung hat in dem MICHELSONSchen Versuch eine Möglichkeit gegeben, die Wirkung zweiter Ordnung in den Bereich der Beobachtungen zu rücken.

Ist AB in Richtung der Erdbewegung aufgestellt und AC senkrecht dazu, außerdem $AB = AC$, so betrachten wir die Zeiten, die das Licht für die Wege ABA und ACA gebraucht. Ist $AB = a$, so ist die Zeit für den Weg $AB = \frac{a}{c-v}$ und für den Weg $BA = \frac{a}{c+v}$.

Der Gesamtweg ist also

$$\frac{a}{c-v} + \frac{a}{c+v} = \frac{2ac}{c^2 - v^2} = \frac{2a}{c} \cdot \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Vernachlässigen wir die Glieder von höherer als der zweiten Ordnung in $\frac{v}{c}$, so ist

$$t_1 = 2 \frac{a}{c} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right)$$

Für die resultierende Geschwindigkeit in Richtung AC ergibt sich $\sqrt{c^2 - v^2}$, also wird die Zeit für ACA

$$t_2 = \frac{2a}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2a}{c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2 \frac{a}{c} \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^2}\right),$$

wenn wir wieder die Glieder höherer Ordnung weglassen.

Der Zeitunterschied ist also

$$t_1 - t_2 = \frac{av^2}{c^3}$$

Dieser Zeitunterschied ließe sich durch Interferenz nachweisen, aber alle Versuche haben ein negatives Ergebnis gehabt.

Wie ist nun dieses Resultat zu erklären? Eine Möglichkeit besteht darin, zu sagen, der Äther wird durch den bewegten Körper mitgeführt, aber diese Annahme stößt bei anderen Versuchen auf große Schwierigkeiten (1). Hält man am ruhenden Äther fest, so kann man eine zweite Erklärung für die Erscheinungen geben, wenn man annimmt, daß das Licht aus fortgeschleuderten materiellen Teilen besteht, die dann außer der Geschwindigkeit c noch die Geschwindigkeit der Lichtquelle v haben würden und daher zu Gangunterschieden keinen Anlaß gäben. Die Unabhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts von der Bewegung der Lichtquelle wird aber durch die verschiedensten astronomischen Tatsachen bestätigt (7). Eine dritte Erklärungsmöglichkeit gibt die Kontraktionshypothese, die annimmt, daß sich bei der Bewegung die Strecke AB verkürzt hat. Es ist aber eine solche Verkürzung weder optisch (Doppelbrechung) noch elektrisch (Widerstandsänderung) nachzuweisen. Inwiefern diese Kontraktion nur als eine scheinbare anzusehen ist, geht aus der allgemeinen Relativitätstheorie hervor, die wir als vierte Erklärungsmöglichkeit am besten aus allgemeinen Gesichtspunkten heraus entwickeln.

5. Beweise aus der Mathematik. Stellen wir uns wieder die beiden Laboratorien A und B vor, von denen B eine Translationsgeschwindigkeit relativ zu A hat. Von beiden Laboratorien aus werden gewisse Naturerscheinungen beobachtet und beschrieben. Das in bezug auf A ruhende Koordinatensystem, in welchem der Beobachter in A die Vorgänge beschreibt, sei x, y, z , die Zeit t . Die entsprechenden Werte in B seien x', y', z', t' . Das Relativitätsprinzip verlangt nun, daß die Gleichungen, die in A für die Naturgesetze aufgestellt werden, dieselbe Form in x, y, z, t haben wie die in B in x', y', z', t' .

Bewegt sich nun B mit gleichförmiger Geschwindigkeit v längs der X -Achse des Systems A , so daß die X' -Achse in die Richtung der X -Achse fällt und die Y' - bzw. Z' -Achse den Achsen in A parallel bleiben, so gelten die Transformationen:

$$x' = k(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \\ t' = k \left(t - \frac{k^2 - 1}{vk^2} \cdot x \right),$$

wo k eine Größe bedeutet, die durch die Gleichung

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2 n}}$$

mit einer Konstanten n verknüpft ist, die als universelle Raumkonstante zu bezeichnen

ist. Sie ist die einzige willkürliche Größe, die in den Transformationen vorkommt, und von jeder physikalischen Erscheinung unabhängig, da zur Ableitung nur das Relativitätsprinzip vorausgesetzt wird. Wichtig ist, daß in den Transformationsgleichungen nicht einfach $t' = t$ gesetzt wird, wie in der alten Galilei-Newton'schen Mechanik, sondern daß die Zeitregulierung in beiden Laboratorien unabhängig voneinander geschieht, d. h. daß die Uhrenregulierung in beiden Systemen durch irgendeine Kraftübertragung vollzogen wird, daß aber nicht einfach die Uhren des bewegten Systems nach denen des festen Systems gestellt werden. Zur Veranschaulichung dieser Zeitregulierung haben COHN (2) und WITTE (11) sinnreiche Modelle konstruiert.

Um den Zahlenwert von n zu bestimmen, kann man entweder eine Längen- oder Zeitmessung im Laboratorium A von B aus ausführen, oder irgendeine physikalische Erscheinung beobachten. Beide Methoden liefern:

$$n = \frac{1}{c^2}.$$

Die Transformationen lauten dann:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \\ t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Als einzige Konstante kommt also in den Gleichungen die Lichtgeschwindigkeit c vor. Daß diese eine so hervorragende Rolle in der Relativitätstheorie spielt, liegt daran, daß sie aus der oben erwähnten universellen Konstanten hervorgeht. Diese kann nur von der Art unserer Raum- und Zeitmessungen abhängen. Alle Längenmessungen sind aber nur auf Grund einer genauen Zeitbestimmung möglich, da sie „gleichzeitig“ ausgeführt werden müssen. Auf diese Weise sind Raum und Zeit eng miteinander verknüpft, und die Grundannahmen, die über beide zu machen sind, haben sich nach den obigen Transformationen zu richten.

Aus den Gleichungen ergeben sich als Folgerungen:

1. Überlichtgeschwindigkeiten gibt es nicht, da für $v > c$ die Wurzeln imaginäre Werte liefern.
2. Die Zeiten verkleinern sich für positive x , während sie für negative x vergrößert werden.
3. Zwei Ereignisse, die im ersten System A

gleichzeitig zur Zeit t vor sich gehen, haben im zweiten System B die Zeitdifferenz

$$t_1' - t_2' = (x_2 - x_1) \frac{\frac{v}{c_2}}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c_2^2}}}$$

4. Die Entfernung zweier Punkte $x_2 - x_1 = a$ im System A verkürzt sich, wenn sie von B aus gemessen wird, nach der Formel

$$x_2 - x_1 = a \cdot \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c_2^2}}$$

5. Das Gesetz vom Parallelogramm der Geschwindigkeiten erhält die Form

$$V = \frac{V' + v}{1 + \frac{V'v}{c^2}}$$

Mit diesen Resultaten lassen sich der Michelsonsche Versuch, die Fizeau-Fresnelschen Versuche in strömenden Flüssigkeiten und die Erscheinung des Dopplerprinzips bequem erklären (6).

6. Es wird:

$x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$,
d. h. zur Zeit t ist das Licht in A bis zur Kugel mit dem Radius ct gekommen und in B ebenfalls bis zu einer Kugel mit dem Radius ct' .

Die Gleichung für die Lichtausbreitung ist invariant für die Transformationen der Relativitätstheorie, dasselbe gilt für die Maxwell'schen Gleichungen, woraus man wichtige Argumente für die Gültigkeit der Relativitätstheorie in den Gebieten der Optik, der Elektrizität und des Magnetismus ableiten kann.

7. Führt man an Stelle der Zeit als vierte Koordinate die Größe

$$l = ict$$

ein, so nimmt der obige Ausdruck die Form

$$x^2 + y^2 + z^2 + l^2$$

an und man erhält vier vollständig gleichberechtigte Koordinate für Raum und Zeit (8). Man kann dann die Transformation geometrisch als Drehung des Raumzeitkoordinatensystems auffassen. Die beiden Grundeigenschaften der Naturgesetze, unveränderlich zu bleiben sowohl bei einer Lagenänderung als auch bei einer gleichförmigen Translation des Koordinatensystems, sind damit auf eine Tatsache zurückgeführt (9).

8. Die Einführung imaginärer Größen läßt sich vermeiden, wenn man eine geometrische Deutung der Relativitätstheorie in der hyperbolischen Geometrie vornimmt (10). Dann erhält die Lichtgeschwindigkeit eine ein-

fache Beziehung zum Krümmungsmaß des hyperbolischen Raumes. Damit wird der Sinn dieser universellen Konstante auf die grundlegende Bedeutung zurückgeführt, die für unser gesamtes Maßsystem einerseits die Gesetze über Geschwindigkeit und Richtung der Lichtbewegung, andererseits die der Trägheitsbahnen haben. Danach wäre die Geschwindigkeit der primäre Begriff und die Zerlegung dieses Verhältnisses von Länge:Zeit in die Einzelbestandteile wäre nur auf Grund neuer Voraussetzungen über Raum und Zeit zulässig.

In der nichteuklidischen Geometrie wäre die Kontraktion im Michelsonschen Versuch eine Folge der Beschaffenheit des Raumes, und auch zahlreiche andere Erscheinungen, u. ä. die endliche Zahl der Fixsterne, würden eine zwanglose Erklärung finden.

6. Beweise aus der Mechanik. Ein Körper muß, wenn er sich relativ zu A bewegt, eine Kontraktion zeigen. Die Größe dieser Kontraktion ist von der Geschwindigkeit abhängig. Bewegt sich ein Elektron mit großer Geschwindigkeit, so wird es in Richtung der Bewegung zusammengedrückt, und für die transversale Masse ergibt sich die Formel

$$M = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Diese transversale Masse kommt bei allen Kräften zur Anwendung, die senkrecht zur Bewegungsrichtung des Elektrons wirken. Man hat daher hier eine Möglichkeit, das Relativitätsprinzip direkt zu beweisen, wenn die Richtigkeit der letzten Formel, d. h. die Änderung der Masse mit der Geschwindigkeit, experimentell bestätigt wird, etwa durch Einwirkung von elektrischen und magnetischen Feldern auf das Elektron. Wenn auch noch keine endgültige Entscheidung erfolgt ist, so scheinen doch die Versuche von KAUFMANN, BUCHERER und HUPKA für die Relativitätstheorie zu sprechen (7).

Wendet man die aufgestellten Formeln auf die allgemeinen Bewegungsgleichungen an, so erhält man eine verallgemeinerte Mechanik, aus der die Newtonsche für $c = \infty$ hervorgeht. Das Trägheitsgesetz ist dann nichts anderes als das Relativitätsprinzip für $c = \infty$. Daß es keine größeren Geschwindigkeiten als die Lichtgeschwindigkeit geben soll, liegt also einfach an der Festsetzung unserer Strecken- und Uhrenregulierung. Der Äther ist dabei am besten aus den Betrachtungen ganz wegzulassen.

7. Beweise aus der Astronomie. Wir haben bisher die Gültigkeit des Relativitäts-

prinzips davon abhängig gemacht, daß die verschiedenen Systeme nur konstante Translationsgeschwindigkeiten zueinander haben sollten. Beschleunigte Bewegungen oder Rotationen waren ausgeschlossen.

Wir wollen nun diese Beschränkungen fallen lassen und zunächst eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ins Auge fassen. Bewegt sich das Laboratorium B mit gleichmäßiger Beschleunigung relativ zu A , in der Richtung der aufwärts gerichteten Z -Achse, so wird ein Gegenstand, der in A ruht, für B nach unten fallen. Alle geradlinig gleichförmigen Bewegungen in A werden Parabeln in B . Es scheint also im System B eine Schwerkraft auf sie zu wirken. Man kommt so zu dem EINSTEIN'SCHEN Äquivalenzprinzip: Die Änderungen in den Gleichungen beim Übergang von einem System zu einem gleichmäßig beschleunigten sind dieselben, wie sie von einem homogenen Gravitationsfeld hervorgerufen werden. Dabei ist die Voraussetzung von der Äquivalenz der trägen und schweren Masse gemacht, wie sie durch die Versuche von EÖRVÖS bestätigt ist (3). Bestände diese Gleichheit nicht, so wären absolute Bewegungen feststellbar. Sind also in der alten Relativitätstheorie nur Systeme gleichwertig, wenn sie in gleichförmiger Translation zueinander begriffen sind, so gilt dasselbe jetzt auch von beschleunigten Systemen, ja auch von rotierenden. Das scheint zunächst unmöglich zu sein, da, wenn B relativ zu A gleichförmig rotiert, auf die in B ruhenden Massen Zentrifugalkräfte ausgeübt werden, während auf die relativ zu A ruhenden keine solche wirken. Es kann aber die Existenz dieser Zentrifugalkräfte auch auf die Rotationsbewegung der Umgebung von B zurückgeführt werden, während B selbst ruht. Das Zentrifugalfeld kann einfach als ein Gravitationsfeld aufgefaßt werden.

Man kann auf Grund dieser Prinzipien allgemeine Gleichungen für das Gravitationsfeld aufstellen, die beliebigen Transformationen gegenüber, d. h. beliebigen Übergängen von einem System zum andern, invariant sind (4). Dabei gilt im Unendlichkleinen die alte Relativitätstheorie. Die Newton'sche Theorie ergibt sich ebenfalls als Näherung für kleine Geschwindigkeiten.

Die wichtigste Folgerung ist, daß die Lichtgeschwindigkeit zwar mit der Richtung unveränderlich, aber mit dem Gravitationspotential veränderlich ist. Im Gravitationsfelde mit der Beschleunigung g ist nämlich der Krümmungsradius der Bahn eines materiellen Punktes an einer Stelle, wo die Bahn horizontal läuft,

$$\frac{v^2}{g}$$

Ist also die Bahn im System A gerade, so hat sie im System B die angegebene Krümmung. Ebenso ist ein Lichtstrahl im Gravitationsfelde gekrümmt, der Krümmungsradius ist

$$\frac{c^2}{g}$$

Eine Krümmung in einem Lichtbündel kann aber nur eintreten, wenn die Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen verschieden ist. Für die Abweichung im Gravitationsfelde der Sonne müßte sich eine Ablenkung von etwa $2''$ ergeben. Leider hat sich eine Möglichkeit der Bestätigung dieser von der Theorie geforderten Tatsache bisher nicht ergeben.

Ebenso müßte nach der Theorie die Schwingungszahl des Lichts im Gravitationsfeld sich ändern. Ein Natriumteilchen müßte auf der Sonne langsamer schwingen als auf der Erde. Die von der Theorie geforderte Verschiebung der Spektrallinie nach rot um etwa $\frac{1}{500}$ des Abstandes $D_1 D_2$ scheint von Freundlich bestätigt zu sein (5).

Eine dritte Folgerung aus der allgemeinen Theorie ist die Erklärung der Perihelbewegung des Merkur. Die säkulare Drehung der Merkurbahn im Sinne der Bahnbewegung, welche etwa $45''$ im Jahrhundert beträgt, wird qualitativ und quantitativ durch das verallgemeinerte Gravitationsgesetz erklärt. Bei einer ganzen Bahnbewegung rückt das Perihel im Sinne der Bahnbewegung vor um

$$\epsilon = 24 \pi^3 \cdot \frac{a^2}{T^2 \cdot c^2 (1 - e^2)},$$

wo a die große Halbachse, e die Exzentrizität und T die Umlaufzeit bedeuten.

8. Beweise aus der Thermodynamik. Nach dem Äquivalenzprinzip muß man schließen, daß mit einer Änderung der Energie auch eine Änderung der Masse verknüpft ist. Bewegen wir z. B. einen mit Gas gefüllten Kasten von links nach rechts mit gleichmäßiger Beschleunigung, so sind die Stöße der Moleküle gegen die linke Wand stärker als gegen die rechte, das Gefäß erfährt eine Kraft nach links, die Masse und innere Energie sind größer geworden. Dasselbe gilt für einen mit schwarzer Strahlung gefüllten Hohlraum. Da der Strahl gekrümmt sein kann, ist es möglich, daß der Lichtdruck eine einseitig wirkende Kraft ausübt. Es folgt daraus, daß die Energie nicht nur Masse, sondern auch Gewicht besitzt. Besitzt die Energie kein Gewicht, sondern nur Masse, so müßte ein Pendel, an dem eine radioaktive Substanz befestigt ist, langsamer schwingen als ein Pendel, bei dem die radioaktive Substanz durch eine der inneren Energie oder Masse der radioaktiven Substanz entsprechende nichtradioaktive

Substanz ersetzt ist. Ein entsprechender Unterschied hat sich aber aus den Versuchen SOUTHERNS nicht ergeben (7). Auch die von der Quantentheorie geforderte Nullpunktsenergie folgt aus diesen Betrachtungen.

9. Ergebnis. Überblickt man die angegebenen Beweise, so ist zunächst hervorzuheben, daß es keine Tatsachen gibt, die der Theorie widersprechen, und umgekehrt auch keine Folgerungen aus der Theorie nachweisbar den Erfahrungen widersprechen. Andererseits sind viele Tatsachen vorhanden, die sich bis heute zwanglos nur mit dieser Theorie erklären lassen. Die Hauptargumente liegen in der von ganz allgemeinen Voraussetzungen ausgehenden mathematischen Theorie und der strengen Durchführung des Relativitätsprinzips, das für unser Denken etwas Selbstverständliches hat. Es lassen sich dafür eine Reihe von erkenntnistheoretischen und philosophischen Beweisen erbringen (11). Es liegt geradezu im Wesen aller physikalischen Messungen, daß immer hin- und zurücklaufende Signale benutzt werden, so daß eine Änderung der Lichtgeschwindigkeit mit der Richtung von vornherein nicht berücksichtigt wird. Allerdings wird man einen direkten Beweis für die Richtigkeit der Theorie erst darin sehen, wenn die geforderte Änderung der Längen- und Zeitmaßstäbe experimentell beobachtet ist. Nun hängt die Zeitverschiebung von der Größe v/c ab und die Maßstabsänderung von der Größe $(\frac{v}{c})^2$. Beobachtbar werden also die Abweichungen nur sein, wenn man sich große Werte dieser Brüche verschaffen kann. Daß das schwer ist, liegt an der Größe der Lichtgeschwindigkeit c , die in alle Messungen eingeht. Befänden wir uns z. B. in einer Welt, die akustische Signale zur Zeit- und Längenbestimmung benutzt, so würde der Beweis leichter zu erbringen sein. Vergleicht man aber die Beweise z. B. mit denen der Atomtheorie, die auch nicht zu einer direkten Wahrnehmung der Atome führen konnten, so sieht man, daß wir auch bei der Relativitäts-

theorie auf dem besten Wege sind, zumal man bedenken muß, daß es sich hier um die Grundlagen des physikalischen Denkens handelt, die Beweise also viel schwerer zu erbringen sind. Vor allem scheint es nötig, diese Grundlagen, d. h. die Raum- und Zeitgrößen sowie die von ihnen abhängigen Begriffe, d. h. Geschwindigkeit, Beschleunigung usw., einer eingehenden Revision zu unterziehen. Wenn sich vorläufig die Theorie auf rein negative Versuche stützt, so ist sie darin mit der Thermodynamik zu vergleichen, deren Hauptsätze ebenfalls aus negativen Resultaten (Unmöglichkeit des perpetuum mobile 1. und 2. Art.) abgeleitet werden.³⁾

³⁾ *Alphabetisches Literaturverzeichnis:*

1. O. Berg, Das Relativitätsprinzip der Elektrodynamik. Göttingen 1910.
2. E. Cohn, Physikalisches über Raum und Zeit. Leipzig 1911.
3. A. Einstein, Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation. Leipzig 1913.
4. A. Einstein, Zur allgemeinen Relativitätstheorie. Sitzungsberichte der Kgl. Pr. Akademie der Wissenschaften 1914 und 1915.
5. A. Einstein, Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie. Sitzungsberichte 1915.
6. M. Laue, Das Relativitätsprinzip. Braunschweig 1911.
7. H. A. Lorentz, Das Relativitätsprinzip (3 Vorlesungen). Leipzig 1914.
8. Lorentz-Einstein-Minkowski, Das Relativitätsprinzip. Leipzig 1913.
9. E. Riebesell, Die geometrischen Deutungen der Relativitätstheorie. (Mitteilungen d. math. Ges. in Hamburg. 5, Heft 3, 1914.)
10. V. Varicak, Über die nichteuklidische Interpretation der Relativitätstheorie (Jahresberichte d. d. Math.-Vereinigung 21, 1912).
11. H. Witte, Raum und Zeit im Lichte der neueren Physik. Wolfenbüttel 1914.

4. Unterricht und Methode.

Fragen des physikalischen Schulunterrichts. Von P. VOLKMANN. Eine der zahlreichen Wirkungen des Kriegszustandes auf den Schulunterricht ist, daß eine Reihe von Hochschulpromessoren sich in dankenswertester Weise in den Dienst der Schule gestellt und die Vertretung für ins Feld gezogene Lehrer an h. Lehranstalten übernommen haben. So hat auch der G. R. R. Professor Dr. VOLKMANN physikalische Unterrichtsstunden an einem Königsberger Gymnasium erteilt und berichtet darüber in der

Zeitschr. f. d. naturw. und erdkundl. Unterricht 1915, Heft 1—3, unter Erörterung einer Reihe von Fragen, die sich ihm bei dieser Gelegenheit aufgedrängt haben. Für uns Fachlehrer muß es von hohem Interesse sein zu hören, welche Erfahrungen ein Außenseiter, der manchen Nötigungen des normalen Unterrichtsbetriebes entzückt ist, dabei gemacht hat und welche Gedanken er daran anknüpft.

Der Verfasser verkennt nicht, daß die Schule in einer von der Hochschule durchaus verschie-

denen Lage ist, da sie infolge ihrer Organisation und Aufsichtsbehörde danach streben muß, ständig direkt sichtbare Unterrichtserfolge aufzuweisen; die Frage, wie der Unterrichtsstoff in der Schule anzufassen und zu behandeln sei, spiele daher eine besondere Rolle und ihre Lösung schließe besondere innere Schwierigkeiten ein. Hierzu rechnet der Verfasser namentlich die Gefahr der Systematisierung des Unterrichts. Ich habe in meiner Didaktik ebenfalls mich gegen eine zu starre Systematik erklärt, sofern diese sich auf ein mehr oder weniger vollständiges deduktives System aufbaut. Aber anderseits kann, wie schon früher (*d. Zeitschr.* 26, 315) ausgeführt, der Unterricht eine geordnete Übersicht über die Tatsachen (also eine klassifikatorische Systematik) nicht entbehren. Auch der Verfasser legt seinem Unterrichtsverfahren eine Disposition zugrunde, die den Stoff nach gewissen beherrschenden Gesichtspunkten ordnet. Indem er den Schülern diese Disposition in die Hand gibt, schafft er sich einen eigenen, von dem eingeführten Lehrbuch unabhängigen Lehrgang, aber er verzichtet nicht auf das Hilfsmittel der Systematik. So scheint es mir denn zu weit zu gehen, wenn all und jede Art der Systematik abgelehnt wird. Richtig ist daran, daß der Lehrer sich nicht an die starre Schablone der Lehrbuchparagrafen halten, sondern versuchen sollte, den Stoff in immer erneuter Durcharbeitung lebensvoll zu gestalten. Hierfür gibt der Verfasser selbst in seinen Dispositionen für die Wärmelehre und die Lehre vom Magnetismus (in O II) anregende Beispiele, indem er in der ersteren von der Betrachtung des Thermometers, in der letzteren vom Kompaß ausgeht. Nachstehend seien nur die Überschriften der einzelnen Abschnitte angeführt, um den Gedankengang zu kennzeichnen. In der Wärmelehre: 1. Das Quecksilberthermometer. 2. Der Begriff der Temperatur (Thermometrie), seine vorläufige Begründung und Anwendung. 3. Der Begriff der Wärmemenge (Kalorimetrie), seine vorläufige Begründung und Anwendung. 4. Weitere Ausbildung des Wärmebegriffs (Kalorisches Arbeitsäquivalent, kinetische Gastheorie). 5. Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen, mit den Unterabteilungen: a) Ungemischte reine Substanzen; stabile Übergänge bei konstantem Druck, labile Übergänge bei konstantem Druck. b) Mischung von Substanzen. — In der Lehre vom Magnetismus: 1. Der Kompaß. 2. Das erdmagnetische Kraftfeld. 3. Das Kraftfeld eines und mehrerer Kraftpole. 4. Weitere magnetische Studien.

Diese Anordnungen weichen mehrfach von den üblichen ab; es ist zu bezweifeln, daß sie

vor diesen durchweg den Vorzug verdienen, aber man wird sie gern gelten lassen, wenn sie nicht mit dem Anspruch auf Vorbildlichkeit und Allgemeinverbindlichkeit auftreten. Dasselbe gilt auch von den Übersichten über die Stoffverteilung für Elektrizität und Galvanismus. Auch hier enthalten wir uns einer kritischen Erörterung. Nur ein Punkt sei erwähnt. Das Ohmsche Gesetz wird darauf gegründet, daß bei einem gegebenen Leiter das Verhältnis von Spannung und Stromstärke stets denselben Wert hat. Dieses erfahrungsgemäß konstante Verhältnis wird als galvanischer Widerstand definiert und demgemäß die Gleichung $W = E/J$ angesetzt. Hier ist ungeachtet des Scheins experimenteller Begründung eine Definition des Widerstandes gewählt, die wissenschaftlich einwandfrei ist, aber doch als stark „intellektualistisch“ bezeichnet werden muß.

Der Verfasser macht der von ihm bekämpften Schulsystematisierung auch zum Vorwurf, daß sie mit dem Bestreben verbunden zu sein pflegt, die Gegenstände des Unterrichts angeblich in aller Vollständigkeit und Genauigkeit behandeln zu wollen. Auch diese Frage ist im Kreise der Schulmänner in der letzten Zeit häufig erörtert worden. In meiner Didaktik habe ich (S. 45) darauf hingewiesen, daß auch Grimsehl, anfangs der eifrigste Verfasser der eklektischen Methode, sich gegen das Ende seiner allzufrüh beendeten Laufbahn zu der Forderung eines Überblicks über das Gesamtergebnis bekannt hat, der nicht gut anders als im Anschluß an eine systematische Gruppierung gegeben werden kann. Das geringe Zeitausmaß, das dem Physikunterricht zugewiesen ist, wird ohnehin stets dazu nötigen, sich in betreff des Stoffumfangs aufs äußerste zu beschränken. Hinsichtlich der Genauigkeit spricht sich auch der Verfasser dafür aus, diese nicht zu weit zu treiben, andererseits aber auch nicht den Schein einer allzugroßen Genauigkeit zu erwecken. Er führt als Beispiel dafür, daß der Unterricht dazu neige, stets mehr der ganz strengen, ganz genauen Auffassung Vorschub zu leisten, das Gesetz von Mariotte-Gay-Lussac an, dessen übliche Lehrbuchbehandlung er für unstreng erklärt, da es nicht genau gültig sei. In den Gleichungen $v = v_0(1 + \alpha t)$ für konstanten Druck und $p = p_0(1 + \beta t)$ für konstantes Volumen seien α und β nicht ganz genau gleich, man dürfe daher beide in eine Formel nur zusammenfassen, indem man setze $p v(1 + \gamma t) = p_0 v_0$, wobei $\beta \geq \gamma \geq \alpha$. Sollte die Forderung, auf diese verschiedenen Formulierungen im Unterricht einzugehen, nicht selbst einer zu weit getriebenen Genauigkeitsforderung entspringen? Die übliche Ableitung der Gleichung $p v = p_0 v_0$

$(1 + \alpha t)$ aus den Einzelgesetzen von Gay-Lussac und Mariotte (besser Boyle) ist völlig streng innerhalb der Grenzen, in welchen diese beiden Gesetze selbst genau zutreffen. Auch Riecke in seinem ausgezeichneten Lehrbuch (5. Aufl. 1912) hat sich damit begnügt. In formaler Hinsicht ist es überdies völlig gleichbedeutend, ob man β von α verschieden, oder aber das Boylesche Gesetz für nur annähernd richtig annimmt. „In soweit das Gesetz von Boyle-Mariotte richtig ist, ist der Spannungskoeffizient (β) gleich dem Ausdehnungskoeffizienten (α).“*) Ich sehe also keinen Anlaß, von der üblichen Behandlungsweise abzuweichen. Die Besprechung der Abweichungen der Gasformel von der einfachen Mariotteschen Gleichung geht über die Grenzen des Unterrichts hinaus.

In seinen allgemeinen Betrachtungen streift der Verfasser auch das „Verstehen“ der Naturvorgänge und teilt eine lehrreiche Erfahrung an zwei Schülern mit, denen auf die Klage, sie könnten eine gewisse Sache nicht verstehen, durch den Hinweis geholfen wurde, daß es sich nicht um Verstehen im gewöhnlichen Sinne, sondern um bloße Kenntnisnahme von Tatsachen handele. Dies ist gewiß für viele Fälle richtig und nützlich, beweist aber nichts, wie der Verfasser in einer Bemerkung andeutet, gegen den Gebrauch des Kausalbegriffs, soweit er zur Verknüpfung der Erscheinungen dient. Der Verfasser hält es für angebracht, bei dieser Gelegenheit nochmals meine Ausführungen über „Galilei und den Kausalbegriff“ abzulehnen, indem er sie als gegenstandslos bezeichnet. So ganz gegenstandslos indes scheint mir gegenüber den Behauptungen Volkmanns der Nachweis doch nicht zu sein, daß bei Galilei der Kausalbegriff eine nicht unwesentliche Rolle gespielt hat. —

Man wird dem Verfasser gern darin beistimmen, daß dem Unterricht Zeit für Abschweifungen, Anknüpfungen und Gelegenheits-

bemerkungen übrig bleiben muß, wozu er selbst einige interessante Belege mitteilt. Es ist dann allerdings die für den physikalischen Gymnasialunterricht ausgesetzte Zahl von 2 Wochenstunden nicht gerade als sehr reichlich bemessen zu bezeichnen. Wenn dies dem Verfasser als akademischem Lehrer so erschienen ist, so ist dies doch vielleicht auf Rechnung eines mehr nach Art des akademischen gearteten Vortrags zu setzen. Bei normalem Unterrichtsbetrieb pflegt das Durcharbeiten des Stoffes auch mit den schwächeren Schülern, sowie das Wiederholen und Einüben eine nicht unbeträchtliche Zeit in Anspruch zu nehmen. —

Auch die Lehrbuchfrage zieht der Verfasser in den Kreis seiner Erörterungen. Über die Ausstellungen an dem von ihm benutzten Lehrbuch gehe ich hinweg, zumal mir nicht bekannt ist, um welches Lehrbuch es sich handelt. Als Übelstand hat der Verfasser die gesonderte Ausgabe zweier getrennter Leitfäden für die Unter- und Oberstufe empfunden. Daß damit gewisse Mißstände verknüpft sind, ist zuzugeben, namentlich daß Rückverweisungen auf die Unterstufe leicht illusorisch werden, da die Schüler die Unterstufe nicht zur Hand haben. Der Verfasser irrt aber, wenn er die Zweiteilung des Lehrbuches nur auf eine gewisse Bequemlichkeit der Schulmänner zurückführen will. Die Zweiteilung hat sich auf Grund wohlwogener didaktischer Rücksichten erst in Österreich, dann auch bei uns mehr und mehr eingebürgert. Wer in früherer Zeit die Unzuträglichkeiten beim Gebrauch eines einheitlichen Lehrbuches kennen gelernt hat, wird nicht leicht wieder von der Zweiteilung abgehen. Wir müssen aber Einspruch dagegen erheben, daß der Herr Verfasser auf Grund seiner offensichtlich kurzen Erfahrung sogar die Behörden dazu bestimmen will, auf die Einführung eines für Unter- und Oberstufe zugleich eingerichteten physikalischen Lehrbuches zu dringen. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Neueres über Bildung und Darstellung von Ammoniak. Im vergangenen Jahre ist abermals recht viel und eingehend über Bildung und Darstellung von Ammoniak berichtet worden. Im nachfolgenden seien die mehr wissenschaftlichen Charakter tragenden Untersuchungen angeführt.¹⁾

Bezüglich des Ausbaues der Haberschen Ammoniaksynthese sind von verschiedenen Seiten neue Vorschläge für geeignete Katalysatoren

gemacht worden. So empfiehlt Faustin Hlavati²⁾ als Kontaktstoff ein Gemisch von Titan mit einem oder mehreren zur Gruppe der Platinenelemente gehörigen Metalle in der Art, daß die Stoffe zusammen auf den Kontaktkörper niedergeschlagen werden. Ferner ist es von Vorteil, das Gasgemisch vor dem Überleiten über die Kontaktkörper erst der Einwirkung von elektrischen Funken zu unterwerfen.³⁾ Die Wirksamkeit der Katalysatoren wird weiter noch da-

*) Müller-Pfaundler (10), Bd. III, S. 98.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chemie 28, I, 95.

²⁾ D.R.P. 275 343 u. 275 663.

³⁾ D.R.P. 277 054.

durch erhöht, daß man die Temperatur in der Weise wechseln läßt, daß einmal die günstigste Temperatur für die Aufnahme des Wasserstoffs durch das zur Platingruppe gehörige Metall, das anderemal die günstigste Temperatur für die Bindung des Stickstoffs an Titan und endlich drittens eine Temperatur angewendet wird, bei welcher die Gase aus den Metallen in aktivem Zustande wieder ausgetrieben werden; die Temperatur darf jedoch dabei 500° nicht übersteigen. Zum Schluß kann der Vorgang noch dadurch beschleunigt werden, daß man den Druck abwechselnd erhöht oder erniedrigt, je nachdem die Gase absorbiert oder ausgetrieben werden. — Nikodem Caro⁴⁾ empfiehlt als Metallbeimischung für die Ammoniaksynthese Titan und Vanadin, bezw. ein Gemenge von beiden Stoffen. Diese Katalysatoren sind gegen die sonst als Kontaktgifte wirkenden Verunreinigungen weniger empfindlich als die Metalle der Eisengruppe. — Die Badische Anilin- und Sodafabrik⁵⁾ wendet Osmium in Form der Alkalisalze seiner Sauerstoffverbindungen an.

Runheim & Co.⁶⁾ berichten über ein Verfahren zur Herstellung von Ammoniak aus den Elementen mit Hilfe von Cernitrid als Katalysator. Das Verfahren wird unter Druck und bei erhöhter Temperatur ausgeführt und beruht darauf, daß Cernitrid, welches durch Einwirkung von Stickstoff auf grobe Stücke von metallischem Cer hergestellt wird, oder Gemische mit mindestens 20% Cernitrid, zur Verwendung kommen. Derartige Cernitridpräparate geben bei 100 Atm. Druck und etwa 60 Stundenlitern Gasgeschwindigkeit für einen Kontaktraum von nur 4 ccm Inhalt Ammoniak-Konzentrationen von $1\frac{1}{2}$ —2 Volumprozenten. Bei geringerer Gasgeschwindigkeit läßt sich dieselbe Konzentration schon mit Drucken von nur 35—40 Atm. und bei einer Temperatur von 550° im strömenden Stickstoff-Wasserstoffgemische erzielen.

Die Badische Anilin- und Sodafabrik⁷⁾ hat gefunden, daß die Ammoniakausbeute unter Umständen mehr oder weniger schnell dadurch zurückgeht, daß ein Teil des Kontaktgiftes, gegebenenfalls infolge eingetretener Reduktion durch den Wasserstoff, in das Kontaktmetall hineingeht. Befriedigendere Ergebnisse erhält man, wenn man hierbei die Katalyse bei tunlichst niedriger Temperatur ausführt. Welche Temperaturen jeweils am zweckmäßigsten inne-

gehalten werden, hängt von der Natur, Menge und Bildungsweise der Giftstoffe, dem Kontaktmetalle, sowie von Menge und Art der günstig wirkenden Bestandteile ab. — Da das katalytisch unter Druck erzeugte Ammoniak mehr oder weniger durch darin aufgelösten Wasserstoff und Stickstoff verunreinigt ist, was für verschiedene Verwendungszwecke Nachteile mit sich bringt, unterwirft man es unter Druck einer fraktionierten Destillation (Badische Anilin- und Soda-Fabrik⁸⁾).

Ottokar Serpek⁹⁾ hat an dem weiteren Ausbau seines Verfahrens gearbeitet. Um Ammoniak durch Einwirkung von Alkalialuminatlösungen auf Aluminiumnitrid zu bereiten, ist es empfehlenswert, die Aluminatlösung in so geringer Menge zu verwenden, daß das Alkali nicht ausreicht, um das in dem Nitride enthaltene Aluminium in Aluminat überzuführen. Dadurch ermöglicht es sich, auch die an Alkali schwächeren, im Betriebe entstehenden Laugen ohne weiteres wieder zu verwenden.

Walther Feld¹⁰⁾ hat ein Verfahren zur Bindung von Ammoniak aus Gasen, Dämpfen oder Flüssigkeiten durch schweflige Säure ausgearbeitet, wonach man die Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten mit schwefliger Säure in Lösung oder Gasform bei Gegenwart einer solchen Menge von freiem Schwefel oder schwefelabgebenden Substanzen behandelt, worauf das Ammoniak in Form von Thiosulfat, Polythionat und Sulfat, oder Gemischen dieser Salze gebunden wird. Durch abwechselnde Behandlung der Lauge mit dem Gase und mit schwefliger Säure nimmt die Lauge allmählich so viel Ammoniak auf, daß sich ihre Verarbeitung auf kristallisiertes Ammonsulfat lohnt. Die Lauge wird mit schwefliger Säure, gegebenenfalls unter Luftzusatz, behandelt und gleichzeitig oder nachträglich erhitzt, wodurch zunächst das Thiosulfat in Polythionat übergeführt wird. Man setzt die Behandlung mit schwefliger Säure zweckmäßig bei 40—65° so lange fort, bis nahezu das gesamte Thiosulfat zu Polythionat oxydiert ist. Hierauf erhitzt man die Lauge längere Zeit, gelinde oder stärker (bis zum Sieden), wodurch die Polythionate unter Abscheidung von Schwefel und Entwicklung von Schwefeldioxyd in Sulfat übergehen.

Wie M. Le Blanc¹¹⁾ gefunden hat, bleibt bei der Ammoniakbildung auch bei einem starken

⁴⁾ D.R.P. 272638; Angew. Chem. 27, II, 303.

⁵⁾ D.R.P. 272637.

⁶⁾ D.R.P. 276986; Angew. Chem. 27, II, 564 (1914).

⁷⁾ Angew. Chem. 27, II, 525; D.R.P. 276133.

⁸⁾ D.R.P. 276133; Angew. Chem. 27, II, 525.

⁹⁾ D.R.P. 272674; Angew. Chem. 27, II, 303.

¹⁰⁾ D.R.P. 271105; Angew. Chem. 27, II, 260.

¹¹⁾ Ber. K. Sächs. Ges. Wiss., Mathem.-phys.

Überschusse an Edelgas — einem Helium-Neongemisch — die Ungültigkeit des Massenwirkungsgesetzes bestehen.

Eugène Wourzel¹²⁾ fand, daß gasförmiges Ammoniak durch die Radiumemanation in Stickstoff und Wasserstoff zerlegt wird, ohne daß hierbei eine andere Reaktion stattfindet. Die Menge Ammoniak, welche durch 1 Curie in dem Gas vollständig absorbiertes Radiumemanation bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt wird, betrug ca. 220 cm. Steigerung der Temperatur begünstigt die Zersetzung des Ammoniaks, bei 108° wird die doppelte, bei 220° die mehr als dreifache Menge Ammoniak pro Strahlungseinheit, zersetzt, wie bei gewöhnlicher Temperatur. — Durch mehrstündige Bestrahlung von Ammoniakgas im Quarzrohr wurde von Alfred Coehn¹³⁾ in Gemeinschaft mit Georges Prigent die quantitative Zersetzung des Ammoniaks festgestellt.

Bei der anodischen Oxydation des Ammoniaks in alkalischer Lösung in Gegenwart von löslichen Kupfersalzen entsteht nach Traube¹⁴⁾ und Biltz¹⁴⁾ salpetrige Säure und Salpetersäure. Bei Gegenwart von Silbersalzen entsteht in saurer Lösung nur Salpetersäure (Scagliarini). Dagegen entsteht nach Versuchen desselben Forschers¹⁴⁾ bei der Elektrolyse einer alkalischen Lösung von Ammoniak in Gegenwart von Silbersalzen salpetrige Säure neben Salpetersäure. Größere Ammoniakkonzentration hemmt die katalytische Oxydation zu salpetriger Säure beträchtlich. Freies Alkali erhöht mit seiner Konzentration die Ausbeute an salpetriger Säure, da dann die Reaktion ausschließlich nach dem Schema: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_2$ verläuft, während bei geringerer Alkalikonzentration auch die Reaktion: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_3$ vor sich geht. Als Katalysator wird am besten Silbersulfat (etwa 1,5 g) verwendet. *Otto Bürger-Kirn.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die deutsche höhere Schule nach dem Weltkriege. Beiträge zur Frage der Weiterentwicklung des höheren Schulwesens, gesammelt von Dr. J. Norrenberg, Geh. Oberregierungsrat. Leipzig, B. G. Teubner. 1916. 275 S. M. 4,80, geb. 5,40.

Es wird immer als ein erstaunliches Zeichen deutscher Kraft angesehen werden müssen, daß schon während des furchtbarsten aller Kriege die Gedanken darauf gerichtet sind, welche Folgerungen sich aus den Erlebnissen dieses Krieges für die künftige Gestaltung der gesamten deutschen Kultur und insbesondere auch der deutschen Erziehung ergeben. Das vorliegende Sammelwerk ist der Beantwortung der letzteren Frage gewidmet und läßt trotz mancher Gegensätze doch den einen großen und durchgehenden Grundzug nicht verkennen, daß es darauf ankommt, Mitarbeiter an der Verwirklichung des spezifisch deutschen Kulturideals heranzubilden. Allerdings nicht bloß (wie es an einer Stelle heißt) „Heranbildung zu wissenschaftlich begründetem Verständnis der Lebensaufgaben eines deutschen Mannes“ (S. 59), sondern zugleich auch Fähigmachung zur Lösung dieser Lebensaufgaben muß die Forderung sein. Und wenn an anderer Stelle bei allem Festhalten an den deutschen Idealen doch ein gesunder Wirklichkeitssinn als wesentlicher Bestandteil deutschen Seins und Werdens

(S. IV) hervorgehoben wird, so ist damit der Gesichtspunkt bezeichnet, von dem auch die Bedeutung der Naturwissenschaften für die gesamte Erziehung einzuschätzen ist. Dieser Gesichtspunkt ist in den naturwissenschaftlichen Beiträgen des Werkes nur teilweise zur Geltung gekommen. G. Kerschensteiner legt in seinem kurzen Aufsatz über den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht das Hauptgewicht auf Gewöhnung an strenge geistige Zucht, auf Erziehung zum logischen Denken, auf die Erkenntnis der Gesetzmäßigkeit in den Erscheinungen; H. Hahn erörtert an erster Stelle den Umfang, in dem das Kriegswesen innerhalb des physikalischen und chemischen Unterrichts zu berücksichtigen sei und stellt hierbei auch zur Erwägung, ob nicht der Lehrstoff aus der Mechanik zu erweitern und etwa an den Realanstalten die Mechanik von der Physik zu trennen und als besonderes Fach zu behandeln wäre; er weist aber auch auf die großen Erziehungswerte hin, die den physikalischen Übungen innewohnen und betont die Wichtigkeit physikalischer und chemischer Kenntnisse im Hinblick auf die kommenden erbitterten Wirtschaftskämpfe. Die Chemie, die er nur kurz behandelt, hätte wohl einen eigenen Bearbeiter verdient. R. v. Hanstein erinnert an die Bedeutung der Biologie für Heimatkunde und Volkswirtschaft und für die Erziehung zur rationellen Gesundheitspflege; Zühlke wird jener Erziehung des Wirk-

¹²⁾ Compt. rend. 158, 571 (1914); Chem. Zentralblatt 1914, I, 1482.

¹³⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 20, 275.

¹⁴⁾ Gaz. chim. ital. 44, I, 543.

lichkeitssinnes gerecht, indem er dankenswerte Beispiele gibt, wie in der Mathematik schon von unten an die praktischen Anwendungen heranzuziehen sind. Von den mehr als 20 Beiträgen, die in dem Bande vereinigt sind, werden auch diejenigen, in denen andere Unterrichtsfächer behandelt oder allgemeine Fragen erörtert sind, viele unserer Leser interessieren. Besonders sei aufmerksam gemacht auf A. Fischers „Gedanken über die Form der deutschen höheren Schule“; hier liegen entwicklungsfähige Keime zu einer Umwertung vieler von den Werten, die bisher die Organisation unserer höheren Schulen bestimmt haben, vor. In der gleichen Richtung liegt „das Trugbild der Allgemeinbildung“ von P. Lorentz und „Universität und höheres Schulwesen“ von F. J. Schmidt. Aus dem höchst anregenden Aufsatz über „die Philosophie an den höheren Schulen“ von G. Lambeck wird den Fachkollegen die Schilderung besonderes Vergnügens machen, wieder treffliche Erler in Züllichau seine Schüler in der Physik an die Probleme der philosophischen Propädeutik heranführte. Erfreulich ist auch der Nachdruck, mit dem in der gedankenreichen „Einleitung“ von K. Reinhardt, wie in der „Vorrede“ des Herausgebers die Notwendigkeit warmherzigen vertrauenden Eingehens auf die jugendliche Eigenart betont wird. Vielleicht freilich ist hierin schon manchenorts zu viel geschehen und es ist gut, daß auch daran erinnert wird, wie heilsam andererseits die Erziehung zur Unterordnung, zum freiwilligen pflichtbewußten Gehorsam ist. Nur aus solcher Erziehung können Persönlichkeiten hervorgehen, wie unser Vaterland sie nötig hat. P.

Physik. Zum Gebrauch bei physikalischen Vorlesungen, in höheren Lehranstalten, sowie zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. H. Böttger. II. Band: Optik, Elektrizität und Magnetismus. Mit 882 Abbild. und 2 Spektraltafeln. S. 987 bis 2114. (Zugleich 2. Band der 2. Abteilung des III. Teils von Friedrich Schödlers Buch der Natur, 23. Auflage). Braunschweig, Friedr. Vieweg & Voß, 1915. M. 24,—, geb. M. 26,—.

Dem ersten in dieser Zeitschrift 25, 389 angezeigten Band ist vor kurzem dieser zweite gefolgt, der das Werk abschließt. Wie schon früher hervorgehoben, nimmt das Werk neben den ähnlichen von Höfler und Grimsehl, die es an Umfang nicht unerheblich überragt, eine besondere Stellung ein. Während Höfler sein Interesse namentlich den Prinzipienfragen zuwendet, Grimsehl seine eigene Physik in subjektiver, wenn auch reizvollster Form darbietet, gibt Böttger eine dem Tatsächlichen zugewandte und ungemein objektiv gehaltene Darstellung,

die namentlich auch dem Lehrer, der seine Kenntnisse auffrischen und vertiefen will, eine Fülle wertvollsten, geschickt angeordneten Materials bietet. So findet man u. a. in der Optik eine übersichtliche Darstellung der Strahlungsgesetze und die Grundlagen der modernen Theorie optischer Instrumente. So ist im Galvanismus besonders das Gebiet der Elektrochemie und die Theorie der chemischen Ketten sehr eingehend und gründlich behandelt. Die Lehre von den elektrischen Schwingungen und Wellen ist von Dr. C. Fischer sachkundig bearbeitet. Daß auch die Radioaktivität und die Elektronentheorie berücksichtigt sind, ist selbstverständlich. Auf weitere Einzelheiten einzugehen müssen wir uns versagen. Das Werk ist der wärmsten Empfehlung wert. P.

Lehrbuch der Physikalischen Chemie. Von Dr. K. Jellinek, Privatdozent a. d. Kgl. Techn. Hochsch. Danzig. Vier Bände. Zweiter Band: Die Lehre von den Aggregatzuständen (II. Teil). Mit 149 Tabellen, 401 Textabbildungen und 3 Bildnissen. Stuttgart, F. Enke, 1915. XII und 939 S. M. 32,—.

Der vorliegende Band des groß angelegten Werkes reiht sich ebenbürtig seinem Vorgänger an (vgl. diese Ztschr. 28, 230). Die Arbeit geht nicht nur hinsichtlich der theoretischen Erörterungen in die Tiefe, unter weitgehender Verwendung der höheren Mathematik, sondern auch hinsichtlich der experimentellen Grundlagen, und zwar an der Hand zahlreicher instruktiver, auch technisch vorzüglicher Abbildungen, die auch dem Schulmann vieles Wertvolle bieten; beispielsweise seien hier die Ausführungen über die elektrischen Öfen und die Kalorimeter hervorgehoben. Auch sonst enthält das den „fluiden“ und den „festen“ Aggregatzustand behandelnde Buch vieles, das auch den Unterricht angeht, sowohl den chemischen wie den physikalischen. Die bisher in den Schullehrbüchern übliche Kennzeichnung der drei Aggregatzustände ist gewiß nicht aufzugeben, bedarf aber doch gewisser Ergänzungen, insbesondere hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen den gasförmigen und flüssigen Körpern einerseits und den flüssigen und den amorphen festen Körpern andererseits; letztere werden hier mit Recht den „fluiden“ Stoffen zugerechnet, da sich ihr zäher Zustand von dem dünnflüssigen nicht scharf durch einen Schmelzpunkt abgrenzen läßt. Über all diese Fragen gibt das Buch vorzügliche Auskunft. Von besonderem Interesse sind auch die Darlegungen über absolute Zahlenangaben für molekulare Größen, z. B. die Ableitung der „Loschmidtschen Zahl“ n , d. i. der in 1 cm^3 eines

idealen Gases bei 0° und 1 Atm. Druck enthaltenen Anzahl von Molekülen ($n = 2,77 \cdot 10^{23}$), sowie der „Avogadro'schen Zahl“ N , d. i. die Anzahl der Moleküle, die in 1 Mol eines beliebigen, nicht assoziierten Gases enthalten sind ($N = 6,20 \cdot 10^{23}$). Umfangreichste Literaturnachweise, die wohl erschöpfend zu nennen sind, er-

höhen den Wert des Werkes. Einen besonderen Schmuck bilden noch die drei ausgezeichneten, volle Seitengröße einnehmenden Bildnisse von Van der Waals, Kamerling Onnes und Van't Hoff. Das Werk sei zur Vertiefung in die modernen Anschauungen der physikalischen Chemie allgemeiner Beachtung empfohlen. *O. Ohmann.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Neuerungen an Schiebewiderständen.

Von Gans und Goldschmidt,

Elektrizitätsgesellschaft m. b. H., Berlin N. 39.

Dem Bedürfnisse, Stromregulierungen in Feinabstufungen vorzunehmen, wurde Anfang der 90er Jahre dadurch abgeholfen, daß anstatt der bis dahin üblichen Kurbelkontaktwiderstände und Walzenwiderstände, zuerst von Prof. Nernst in Göttingen, die Einbettung von Widerstandsdrähten auf dem Umfange eines länglichen Schieferkörpers von rechteckigem Querschnitt angeordnet wurde. Der Schieferkörper erhielt an den beiden Schmalseiten gegenüberstehende Gewindenuten, in welche der blanke Widergeführt wird, unterscheidet sich von der bisherigen Form dadurch, daß die oxydierten Widerstandsdrähte auf emaillierte Metallgerippe so aufgewickelt sind, daß die Drähte frei gespannt, ihre Wärme nach allen Seiten abgeben können. Hierdurch vertragen die Widerstände mehr als die doppelte Strombelastung, wie die Metallrohrwiderstände.

Die Metallgerippe dienen sowohl zum Halten der Drähte, als wie auch zum Aufnehmen des Gegendruckes, den die stark federnden Bürsten an dieser Stelle ausüben. Die Widerstände können alsdann ohne Gefahr der Überlastung

standsdraht eingelegt wurde. Über den Einzelwindungen ist ein feinstufig einstellbarer Schieber auf einer Metallstange einzustellen, so daß die Stromableitung an jeder Windung möglich ist. Diese Widerstände sind noch viel im Gebrauch.

Verbesserungen wurden im Lauf der Jahre vielfach gemacht. So wurde namentlich eine bessere Wärmeausstrahlung dadurch ermöglicht, daß die Drähte auf stark emaillierte Metallröhren gewickelt wurden. Dadurch ist eine höhere Strombelastung möglich und es können für gleiche Reguliergrenzen die Widerstandskörper kleiner dimensioniert werden.

Die mit Gebrauchsmuster Nr. 602796 geschützte Neukonstruktion, die von der Firma aus-

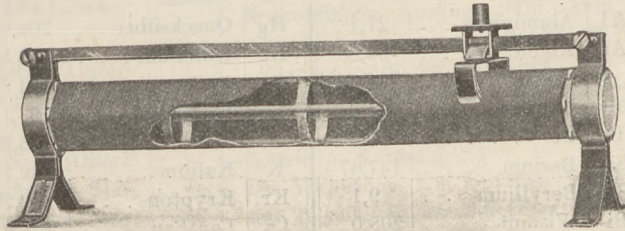


Fig. 1.

wesentlich höher beansprucht werden, obgleich die Größenverhältnisse verringert sind. Dadurch wird nicht nur viel Material gespart, sondern auch an Gewicht; die Formen werden handlicher und in weiten Reguliergrenzen bequem zu hand-

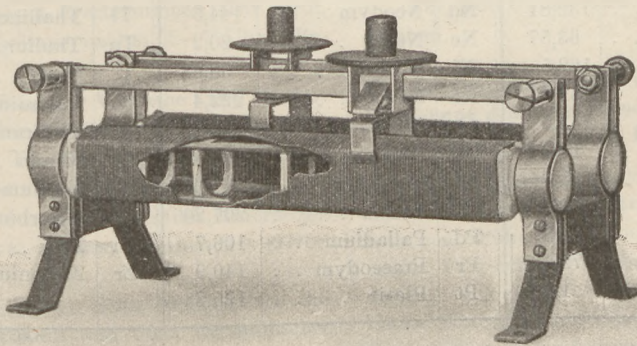


Fig. 2.

haben. Für Heeresbedarf fanden viele hunderte Widerstände jetzt Anwendung und ist dort die Gewichtersparnis und die kleinere Formgebung besonders von Vorteil.

Fig. 1 stellt einen einfachen Gerippwiderstand dar. Fig. 2 zeigt Doppel-Gerippschleibwiderstände mit zwei getrennten Schleibbürsten. Die Widerstände werden in Längen von 15, 20, 30, 40 oder 50 cm ausgeführt, die Durchmesser sind 3, 4, 5 oder 6 cm. Die Belastungen reichen bis 30 Ampere bei den stärksten Drähten, bei dünnen Drähten können Widerstände bis 10000 Ohm hergestellt werden. Ein Widerstand dieser Neukonstruktion ist in dem Schrank obiger Firma in den Ausstellungsräumen des Zentralinstituts für Erziehung und Unterricht, Potsdamer Str. 120, aufgestellt.

Für höhere Belastungen werden die Multi-kontaktwiderstände von derselben Firma hergestellt. Kurze Widerstandsbänder sind an die Gleitstücke, der in zwei Reihen angeordneten Kontaktbahnen angelötet und frei gespannt, so-

wie gut ventiliert durch perforierte Schutzbleche gegen Berührung geschützt. Die Gleitschiene für den Schieber sitzt auf der Mittellinie der beiden Kontaktbahnen, so daß die beiden federnden starken Schleibbürsten einen gleichmäßigen Druck ausüben. Fig. 3 läßt den Aufbau eines Multi-kontaktwiderstandes erkennen, der kleinen Raum beanspruchend, die Vernichtung großer Energiemengen gestattet. Die Widerstandsbänder werden

für Belastungen bis 30 Ampere spiralisch gewickelt, für höhere Stromstärken bis 60 Ampere wellenförmig ausgebildet.

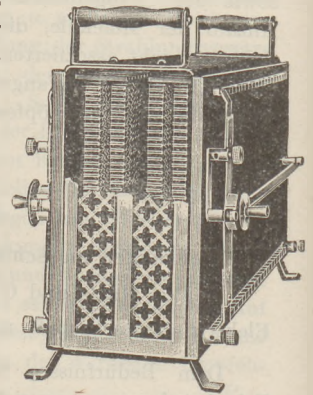


Fig. 3.

1916.
Internationale Atomgewichte.*)

Ag	Silber	107,88	He	Helium	4,00	Ra	Radium	226,0
Al	Aluminium . .	27,1	Hg	Quecksilber . .	200,6	Rb	Rubidium . . .	85,45
Ar	Argon	39,88	Ho	Holmium	163,5	Rh	Rhodium	102,9
As	Arsen	74,96	In	Indium	114,8	Ru	Ruthenium . . .	101,7
Au	Gold	197,2	Ir	Iridium	193,1	S	Schwefel	32,06
B	Bor	11,0	J	Jod	126,92	Sb	Antimon	120,2
Ba	Barium	137,37	K	Kalium	39,10	Sc	Scandium	44,1
Be	Beryllium . . .	9,1	Kr	Krypton	82,92	Se	Selen	79,2
Bi	Wismut	208,0	La	Lanthan	139,0	Si	Silicium	28,3
Br	Brom	79,92	Li	Lithium	6,94	Sm	Samarium	150,4
C	Kohlenstoff . .	12,005	Lu	Lutetium	175,00	Sn	Zinn	118,7
Ca	Calcium	40,07	Mg	Magnesium . . .	24,32	Sr	Strontium	87,63
Cd	Cadmium	112,40	Mn	Mangan	54,93	Ta	Tantal	181,5
Ce	Cerium	140,25	Mo	Molybdän	96,0	Tb	Terbium	159,2
Cl	Chlor	35,46	N	Stickstoff	14,01	Te	Tellur	127,5
Co	Kobalt	58,97	Na	Natrium	23,00	Th	Thor	232,4
Cr	Chrom	52,0	Nb	Niobium	93,5	Ti	Titan	48,1
Cs	Caesium	132,81	Nd	Neodym	144,3	Tl	Thallium	204,0
Cu	Kupfer	63,57	Ne	Neon	20,2	Tu	Thulium	168,5
Dy	Dysprosium . .	162,5	Ni	Nickel	58,68	U	Uran	238,2
Er	Erbium	167,7	Nt	Niton	222,4	V	Vanadium	51,0
Eu	Europium	152,0	O	Sauerstoff	16,00	W	Wolfram	184,0
F	Fluor	19,0	Os	Osmium	190,9	X	Xenon	130,2
Fe	Eisen	55,84	P	Phosphor	31,04	Y	Yttrium	88,7
Ga	Gallium	69,9	Pb	Blei	207,20	Yb	Ytterbium	173,5
Gd	Gadolinium . . .	157,3	Pd	Palladium	106,7	Zn	Zink	65,37
Ge	Germanium . . .	72,5	Pr	Praseodym	140,9	Zr	Zirkonium	90,6
H	Wasserstoff . .	1,008	Pt	Platin	195,2			

*) Die neuen Atomgewichte können als Tabelle von der Buchhandlung R. Friedländer & Sohn, Berlin NW. 6, Karlstraße 11, zum Preise von 20 Pf. pro Stück — bei Abnahme von 10 und mehr Exemplaren 10 Pf. pro Stück — bezogen werden.

Korrespondenz.

Karl Fuchs †. Am 10. Januar d. J. ist der Professor der Mathematik und Physik im Ruhestande Karl Fuchs zu Poszony in Ungarn im Alter von 65 Jahren verstorben. Seinem ideenreichen Geiste verdankt unsere Zeitschrift in den Jahrgängen VI bis XXIII eine Reihe wertvoller Erfindungen und Anregungen. Seine letzten Arbeiten handelten von dem „Wasserbarometer“ und dem „Gnomon“ (23, S. 173 bzw. 174), von der „Mechanik und Wärmelehre“ (22, S. 273 ff.) und vom „Kalenderrad“ (21, S. 176 und 351). Über die übrigen geben die beiden Generalregister nähere Auskunft.

Übersicht über die Veranstaltungen, die zur Weiterbildung der Lehrer und Lehrerinnen an den Schulen Groß-Berlins in Erdkunde, Mathematik und Naturwissenschaften während des Sommers 1916 stattfinden.

I. Veranstaltungen der Kgl. preußischen Zentralstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

A. Übungen für Lehrer und Lehrerinnen an den h. Schulen für die männliche Jugend Groß-Berlins.

1. Das Zeichnen im erdkundlichen Unterricht (Prof. Dr. LAMPE), Montags nachm. 5—7 Uhr. Beginn 22. Mai.
2. Erdkundliche Übungen im Gelände (Oberl. URBAHN), Donnerstags nachm. Beginn 18. Mai.
3. Einführung in die Landmeßkunde (Prof. HEGEMANN), Montags nachm. 5—7 Uhr. Beginn 15. Mai.
4. Pflanzenkundliche Ausflüge (Prof. Dr. KOLKWITZ), Dienstags nachm. $3\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}$ Uhr. Beginn 16. Mai.
5. Makroskopische und mikroskopische Übungen, vornehmlich aus dem Gebiete der Gliedertiere, unter besonderer Berücksichtigung der für den Unterricht wichtigen Erscheinungen (Dir. Prof. Dr. RÖSELER), Freitags nachm. 5—7 Uhr. Beginn 12. Mai.
6. Beobachtungen, Versuche und Untersuchungen aus dem Gebiete des tierischen Stoffwechsels (Prof. Dr. SCHOENICHEN), Mittwochs nachm. 5—7 Uhr. Beginn 17. Mai.
7. Übungen aus dem Gebiet der Mineralogie (Prof. Dr. BÖTTGER), Donnerstags abends 6—8 Uhr. Beginn 11. Mai.
8. Die wichtigsten Schulversuche aus der allgemeinen Mechanik und über Eigenschaften fester Körper (Dr. VOLKMANN), Mittwochs nachm. 5—7 Uhr. Beginn 10. Mai.

9. Physikalische Schülerversuche (Prof. HAHN), Donnerstags nachm. 5—7 Uhr. Beginn 18. Mai.

10. Chemische und elektrochemische Schulversuche (Prof. Dr. BÖTTGER), Donnerstags nachm. 4—6 Uhr. Beginn 11. Mai.

11. Übungen in der wissenschaftlichen Lichtbildkunst (R. SCHEHLICK), Sonnabends nachm. 5—7 Uhr. Beginn 13. Mai.

12. Übungen in der mechanischen Werkstatt (F. HINTZE), Montags und Mittwochs nachm. 5—7 Uhr. Beginn 15. Mai und 10. Mai.

B. Übungen für Lehrer und Lehrerinnen an den h. Schulen für die weibliche Jugend Groß-Berlins.

1—7. wie A. 1—7.

8. Anleitung zu elektrischen Schulversuchen (Dr. C. FISCHER), Montags nachm. 5—7 Uhr. Beginn 15. Mai.

9—11. wie A. 10—12.

C. Übungen für Lehrer und Lehrerinnen an den Volksschulen Groß-Berlins.

1. wie A. 1.
2. Erdkundliche Ausflüge (Dir. Prof. H. FISCHER), Sonnabends nachm. Beginn 20. Mai.
3. Pflanzenkundliche Ausflüge (Dr. E. ULBRICH), Dienstags nachm. $3\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}$ Uhr, zum Teil Sonntags ganztägig. Beginn 16. Mai.
- 4—5. wie A. 6. und 7.
6. Die Verhütung von Unfällen im chemischen und physik. Unterricht (Prof. OHMANN), Donnerstags nachm. 5—7 Uhr. Beginn 11. Mai.
7. wie A. 12.

Meldungen mündlich oder schriftlich an den Leiter der Zentralstelle Herrn Prof. Hahn (Berlin W. 35, Potsdamer Str. 120) außer Sonnabends täglich 10—2 Uhr. Von dort können auch die vollständigen Programme der Übungen bezogen werden.

Für jede Übung wird eine Gebühr von 3 M. erhoben.

II. Veranstaltungen der Stadt Berlin zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den h. Lehranstalten.

Der Arbeitsplan für den Sommer 1916 liegt noch nicht vor. Geplant sind weitere Vorlesungen, Führungen und Ausflüge über Märkische Vor- und Frühgeschichte unter Leitung des Dr. Kiekebusch, und Vorlesungen, praktische Übungen und Ausflüge über botanische Protistologie unter Leitung des Prof. Dr. Jahn. Meldungen zu den Vorlesungen, Übungen, Aus-

flügen und Besichtigungen an Dir. Prof. Dr. Matzdorff, Berlin NW. 7, Dorotheenstraße 12, und, soweit sie die Physik und Technik betreffen, an Prof. R. Heyne, Berlin W. 57, Zietenstr. 3.

III. Wissenschaftliche Vorlesungen des Berliner Lehrervereins.

1. Landeskunde von Deutschland (Prof. Dr. LAMPE), Donnerstags abends 7—8 Uhr. Beginn 27. April.

2. Mathematik (Dr. W. GRAVE), Vorträge verbunden mit häuslichen Übungen, A. Semester I. Freitags nachm. 4—6 Uhr. Beginn 28. April.

B. Wiederholungskursus, Freitagsabends 6—8 Uhr. Beginn 28. April.

3. Pflanzenkundliche Ausflüge (Hauptlehrer PAUL F. F. SCHULZ), wöchentlich einmal in die nähere und weitere Umgebung Berlins.

4. Über das physikalische und chemische Verhalten der gasförmigen Stoffe (Prof. Dr. BÖTTGER), Mittwochs nachm. 5¹/₄—7 Uhr. Beginn 3. Mai.

5. Chemischer Experimentierkursus (Dr. E. SCHMIDT), Montags nachm. 5—7 Uhr. Beginn 1. Mai.

Anmeldungen Georgenstr. 30/31 linkes Erdgeschoss, Zimmer 1, vom 26.—29. April nachm. 3¹/₂—4 Uhr. Hörgebühr 6 bzw. 12 und 15 M.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1916.

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

		April						Mai						
		1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	31
♁	AR	23 ^h 57 ^m	0.31	1. 7	1.44	2.24	3. 4	3.41	4.14	4.40	5. 0	5.11	5.13	5. 8
	D	— 3 ^o	+ 1	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	+ 22	+ 24	+ 25	+ 25	+ 24	+ 23	+ 22
♀	AR	3 ^h 31 ^m	3.53	4.16	4.38	5. 0	5.22	5.43	6. 2	6.21	6.38	6.53	7. 6	7.16
	D	+ 21 ^o	+ 23	+ 24	+ 25	+ 26	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27	+ 26	+ 26	+ 25
☉	AR	0 ^h 42 ^m	1. 0	1.19	1.37	1.56	2.15	2.34	2.53	3.12	3.32	3.52	4.12	4.32
	D	+ 4,5 ^o	+ 6,5	+ 8,3	+ 10,1	+ 11,9	+ 13,5	+ 15,1	+ 16,5	+ 17,9	+ 19,1	+ 20,2	+ 21,1	+ 21,9
♂	AR	8 ^h 57 ^m	9. 0	9. 4	9. 9	9.14	9.20	9.27	9.34	9.41	9.49	9.58	10. 6	10.15
	D	+ 20 ^o	+ 20	+ 20	+ 19	+ 19	+ 18	+ 17	+ 17	+ 16	+ 15	+ 14	+ 13	+ 12
♃	AR	0 ^h 44 ^m		0.53		1. 2		1.11		1.19		1.27		1.35
	D	+ 4 ^o		+ 4		+ 5		+ 6		+ 7		+ 8		+ 9
♄	AR	6 ^h 43 ^m						6.51						
	D	+ 23 ^o						+ 23						
☉	Aufg.	5 ^h 37 ^m	5.26	5.14	5. 3	4.52	4.42	4.31	4.22	4.13	4. 5	3.58	3.52	3.46
	Unterg.	18 ^h 32 ^m	18.40	18.49	18.58	19. 7	19.15	19.24	19.32	19.40	19.48	19.56	20. 3	20. 9
☾	Aufg.	4 ^h 50 ^m	6.22	10.58	17.17	—	2.29	3.40	6.32	12.21	19. 6	—	1.18	2.55
	Unterg.	17 ^h 27 ^m	23.49	2.38	3.54	5.57	12.30	19. 6	—	1.33	2.46	7.21	14.20	20.27
Sternzeit im mittl. Mittag		0 ^h 37 ^m 55 ^s	0.57.38	1.17.21	1.37. 4	1.56.47	2.16.29	2.36.12	2.55.55	3.15.38	3.35.20	3.55. 3	4.14.46	4.34.29
	Zeitgl.	+ 4 ^m 0 ^s	+ 2.31	+ 1. 8	— 0. 9	— 1.17	— 2.13	— 2.57	— 3.28	— 3.44	— 3.47	— 3.36	— 3.11	— 2.33

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	April 2, 17 ^h 21 ^m	April 10, 15 ^h 35 ^m	April 18, 6 ^h 7 ^m	April 24, 23 ^h 38 ^m
	Mai 2, 6 ^h 29 ^m	Mai 10, 9 ^h 47 ^m	Mai 17, 15 ^h 11 ^m	Mai 24, 6 ^h 16 ^m
	Mai 31, 20 ^h 37 ^m			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	in den letzten Tagen abends im NW. 1/2 Stunde lang sichtbar die Sichtbarkeitsdauer wächst bis zum 10. auf etwa eine Stunde; in der zweiten Monatshälfte wird der Planet wieder unsichtbar	etwa 4 Stunden lang als Abendstern sichtbar	abends zuletzt nur noch 5 ³ / ₄ Stunden lang sichtbar	unsichtbar; Konjunktion am 1.	abends 6 ³ / ₄ bis 4 Stunden lang unsichtbar
im Mai		die Sichtbarkeitsdauer nimmt bis auf 2 ¹ / ₂ Stunden ab, jedoch steht der Planet gegen Ende des Monats im hellsten Glanz	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 3 Stunden	unsichtbar	zuletzt nur noch 3/4 Stunden lang abends sichtbar

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.