

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1909.

Die neuen österreichischen Lehrpläne für Physik.

Von

Professor **Alois Höfler** in Wien.

Im April 1909 ist durch das Erscheinen neuer Lehrpläne für die Gymnasien und Realschulen die österreichische Mittelschulreform zu einem vorläufigen Abschluß gekommen. Eingeleitet war sie durch die große Mittelschulenquete, die vom 21. bis 25. Jänner 1908 im Unterrichtsministerium unter Vorsitz des Ministers Marchet getagt hatte (und deren stenographisches Protokoll [760 Seiten] seit Sommer 1908 vorliegt). Als ihr erstes Erträgnis erschienen dann je ein Erlaß über die Reifeprüfungen, über das Prüfen und Klassifizieren überhaupt und über die Errichtung von achtklassigen Realgymnasien und Reformrealgymnasien (Verordnung vom 8. August 1908).

Die nachfolgende Erörterung der Lehrpläne für Physik¹⁾ beabsichtigt nicht, ihren Wortlaut wiederzugeben und alle Fortschritte über die früheren Pläne im einzelnen namhaft zu machen. Sondern ich versuche an dieser Stelle wesentlich nur auszusprechen, was mir, nachdem in die Zeit meiner Mittelschullehrtätigkeit die Lehrpläne und Instruktionen für Realschulen 1879, für Gymnasien 1884 und 1892, für Realschulen 1899, für Gymnasien 1900 gefallen waren und mich jedesmal zu lebhaften Wünschen einer gesunderen Gestaltung des physikalischen Unterrichts angeregt hatten, nun durch die neuen Lehrpläne für Physik der drei genannten Schularten an Wünschen in Erfüllung gegangen, und was von einer ferneren Zukunft noch zu wünschen und zu hoffen verblieben ist.

Vor allem begrüße ich es, daß eine Reihe von äußeren Anordnungen diejenige Abfolge der einzelnen Abschnitte und ihr Ineinandergreifen ermöglicht, die ich früher aus gegenständlichen wie didaktischen Gründen oft schwer vermißt und beklagt hatte. Hierher gehört das Wegfallen des den zusammenhängenden Physikunterricht der Unterstufe unterbrechenden Mineralogiesemesters der III. Klasse (im 13. Lebensjahre) und mit ihm die Verlegung eines ganz verfrüht (nämlich schon in der zweiten Hälfte des ersten Semesters dieser III. Gymnasialklasse) angesetzten Stückchens Chemieunterricht, der vor Schülern hatte erteilt werden müssen, die im physikalischen Anschauen und Denken durch das vorausgegangene Stückchen Wärmelehre nur ganz unzureichend vorgebildet waren und darum die mühselig beigebrachte Chemie schon während des nächsten Mineralogiesemesters glattweg vergessen hatten.

Als zweites Beispiel sei aus dem ersten Semester der Oberstufe (VII. Gymnasialklasse) der Satz angeführt: „Den Lehren von den Planetenbewegungen und der allgemeinen Massenanziehung ist das Einschlägige aus der Astronomie wiederholend

¹⁾ Die genannten Verordnungen sind erschienen im Verordnungsblatt des Unterrichtsministeriums (Sonderabdrücke zu beziehen durch den k. k. Schulbücherverlag in Wien und von ihm durch alle Buchhandlungen). Der Umfang der einzelnen Lehrpläne und speziell der für Physik beträgt

| | | |
|-----------------|----|---------------------------|
| für Gymnasien | 35 | Seiten (Physik S. 28—34), |
| „ Realgymnasien | 35 | „ („ „ 28—32), |
| „ Realschulen | 44 | „ („ „ 32—36). |

und ergänzend vorzuschicken; im Anschluß an Kreiselversuche: Präzession, tropisches Jahr u. dgl.“ — Seit mehr als zwei Jahrzehnten hatte ich wiederholt auf das Ungeheuerliche der Einrichtung hingewiesen, daß man in der siebenten Klasse gelegentlich der Zentralbewegung und des Gravitationsgesetzes von den Planetenbewegungen zu reden hatte, daß aber für eine astronomische Anschauung von Planeten zum Unterschied von Fixsternen nicht vorgesorgt war, sondern daß, wenn überhaupt, erst in den allerletzten Wochen der obersten Klasse überhaupt die ganze Astronomie und in dieser der Begriff des Planeten zum erstenmal zur Sprache kam.

Ähnlich leiten nun zu einer sachgemäßen Pflege der Himmelskunde auch schon die kurzen Worte für die Unterstufe an:

III. Klasse. „Himmelserscheinungen (über das ganze Schuljahr verteilt): Erste Orientierung am Fixsternhimmel, Phasen und Umlauf des Mondes, Bewegung der Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel.“

IV. Klasse. „Zusammenfassende Wiederholung der Himmelserscheinungen und ihre Erklärungen aus dem Kopernikanischen System.“

Jene Worte „über das ganze Schuljahr verteilt“ sind geeignet, eine wohlthätige und gründliche Neuerung im Verkehr des Schülers mit dieser Gruppe von Erscheinungen einzuleiten. Denn wenn der Unterricht der Himmelskunde Wirklichkeitsunterricht werden will, darf er nicht binnen wenigen Wochen in einem Anlauf abgetan werden; sondern das Jahr ist nun einmal die Periode, innerhalb deren sich der Zyklus der hervorragendsten aller dieser Erscheinungen, der „Bewegung der Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel“, abspielt. Daß dann das Kopernikanische System erst für den nächsten Jahrgang, den letzten der Unterstufe, angesetzt ist, wird der alten, aber doch so selten befolgten Forderung gerecht, die Kinder und Knaben erst mit den sinnfälligen Tatsachen vertraut werden zu lassen und ihnen erst zum Schluß die Erklärung aus der Drehung und dem Umlauf der Erde zu geben. Ich werde anderweitig¹⁾ Gelegenheit haben, im einzelnen darzulegen, daß und inwiefern sich erst nach dem nun wirklich planmäßigen Aufbau der Lehrpläne für Geographie der ersten und zweiten, Physik der dritten und vierten, Mathematik der fünften und sechsten und wieder Physik der siebenten und achten Klasse ein gedeihlicher Unterricht dieses bisher fast immer und überall verkümmerten Zweiges des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird erteilen lassen. Ich führe hier auch ganz vorläufig an, daß mir schriftlich und mündlich von Fachgenossen die Befürchtung geäußert wurde, es könnte der Astronomieunterricht der Oberstufe nunmehr verkürzt werden, da es von ihm in der achten Klasse nur heißt: „im Anschluß daran [an „das Wichtigste aus der Spektralanalyse“] einige Mitteilungen aus der physischen Astronomie.“ Ich denke aber, daß die Knappheit dieser Worte es dem Lehrer keineswegs versagt, diese Mitteilungen so ausführlich zu gestalten, als es der große und jedermann interessierende Gegenstand der „physischen Astronomie“ — dem eben die ganze klassische Astronomie bis Newton schon im vorletzten Jahre vorausgegangen war — es nur immer erfordern kann. Und auch für die oberen und obersten Stufen bleibt der didaktische Rat in Geltung, daß der Hinweis auf jeweilig sich abspielende Erscheinungen am Himmel „über das ganze Schuljahr verteilt“ werde.

Als ein drittes Beispiel einer einschneidenden Abänderung der äußeren Anordnung, welche wichtigen Zweigen des naturkundlichen Unterrichts erst die richtigen Lebensbedingungen schafft, sei die Einräumung eines ganzen dreistündigen Semesters Chemie (ausgehend von Mineralogie) auf der Unterstufe, eines halben vierstündigen Semesters Chemie auf der Oberstufe angeführt. Die alte und nur zu berechtigte Klage, daß die Chemie für unsere österreichischen Gymnasiasten bisher so gut wie

¹⁾ In der Sammlung Didaktischer Handbücher für den realistischen Unterricht, II. Band, „Himmelskunde und astronomische Geographie“.

nicht existiert hatte, darf nun verstummen. Stellt sich die Verbindung der Chemie mit Mineralogie auf der Unterstufe im ganzen auf den ersten Blick als eine Nachahmung des an reichsdeutschen Schulen seit längerem Gebräuchlichen dar, so dürfte ein nicht unwichtiger Unterschied doch darin liegen, daß diesem mineralogischen und chemischen Vorunterricht sogleich das nächste Halbjahr hindurch (zu Beginn der Oberstufe, V. Klasse, Wintersemester mit drei Stunden) ein systematischer Mineralogieunterricht folgt. Und ebenso erlaubt dann die Chemie im vorletzten Jahr eine eigentlich wissenschaftliche (nämlich z. B. die Molekular- und Atomhypothesen nicht mehr bloß dogmatisch mitteilende und verwertende) Behandlung, indem ihr Mechanik und Wärmelehre, also das Nötige an thermodynamischen Vorstellungen, unmittelbar vorausgegangen sind.

Die angeführten Beispiele mögen genügen, um die Art des Fortschrittes, den die neuen Lehrpläne bedeuten, an Stichproben zu erweisen. Nicht ob und wieviel neue Materien, die dem naturwissenschaftlichen Spezialisten des einen oder anderen Faches als solchem am Herzen liegen, Eingang in den Mittelschulunterricht gefunden haben, darf den Maßstab für die didaktische Wertung neuer Lehrpläne abgeben; sondern inwieweit ein innigeres Ineinanderfügen der einzelnen Stoffe und die Anpassung an die jeweilige Reife des Schülers gelungen ist: Forderungen, die in der Lehrplentheorie längst zu Gemeinplätzen geworden sind, und die doch, wie die Erfahrungen der jüngsten Jahrzehnte beweisen, nur sehr allmählich in den Lehrplänen der verschiedenen realistischen Einzelfächer zur Verwirklichung durchzudringen anfangen. —

Es darf nicht verschwiegen werden, daß auch die neuen österreichischen Lehrpläne wieder nicht frei sind von einzelnen Verstößen gegen diese so sehr natürlichen Forderungen. So hat der Lehrplan für Realgymnasien (der von den drei Plänen am frühesten erschienen) das meines Erachtens unglückliche Wagnis unternommen, den ganzen Physikunterricht sogleich mit Mechanik zu beginnen. Eine Berufung darauf, daß z. B. auch in Preußen die Unterstufe mit Mechanik beginnt, würde den sehr einschneidenden Unterschied übersehen, daß in Österreich die Unterstufe des physikalischen Unterrichtes schon Dreizehnjährigen, in Preußen erst Vierzehnjährigen geboten wird. Das Verfehlt jenes Wagnisses scheint bald eingesehen worden zu sein, indem die Lehrpläne für Gymnasien und für Realschulen wieder mit Wärmelehre¹⁾ beginnen. Diese kann ja ihrerseits wohl am stetigsten an den alltäglichen Erfahrungs- und Interessenkreis des Schülers, insbesondere auch an das im Geographieunterricht der beiden vorausgegangenen Jahrgänge über die Bestrahlung verschiedener Erdteile Erlernte anknüpfen. Freilich läßt sich auch aus Mechanik ein kleiner Kreis von Erscheinungen, wie die Archimedischen Gesetze des Hebels und des Auftriebes u. dgl. m. auswählen, die sich denn auch dem eigentlich physikalischen Denken historisch weit früher aufgedrängt haben, als es z. B. eine Wärmelehre gibt. Aber bei Schülern, die soeben erst „Buchstabenrechnung“ zu lernen beginnen, mögen schon die Gesetze des Falles und Wurfes nur mehr unter Schwierigkeiten, wie sie sich bei allen Verfrühungen von Unterrichtsstoffen gegenüber der jeweiligen Schülerreife vertragen, durchzusetzen sein²⁾.

¹⁾ Der unten (S. 217 Anm.) erwähnte neueste bayrische Lehrplan beginnt ebenfalls mit Wärmelehre, obwohl dort die Unterstufe in IV., also ein Jahr später als in Österreich, angesetzt ist.

²⁾ So berichtet mir ein junger Fachgenosse, der Mitglied meines pädagogischen Universitätsseminars ist und an einer Wiener Staatsanstalt als Supplent im ablaufenden Schuljahr nach den neuen Physiklehrplänen zu unterrichten hatte, daß diese an die Spitze gestellte Mechanik für die Schüler und somit auch für den Lehrer eine Qual gewesen sei. — Ich wage zu hoffen, daß, wenn man mit den Lehrplänen für Gymnasien und Realschulen bessere Erfahrungen gemacht haben wird, diese, d. h. ihr physikalischer Teil, recht bald in Form einer Nachtragsverordnung auch dem Realgymnasium zugute kommen werden.

Als ein anderes Beispiel einer Anordnung, die mir schon wissenschaftlich nichts für sich und daher auch didaktisch manches gegen sich zu haben scheint, sei die Abfolge der Hauptabschnitte in der achten Klasse der Realgymnasien genannt. Es ist die folgende: „Grundlehren der Astronomie (Kosmographie). — Magnetismus. Statische Elektrizität. Elektrische Ströme. — Optik.“ — Den Abschluß des ganzen Physikunterrichtes bildet also das — Saccharometer. Man weiß, wie sich das in Wirklichkeit auswächst: Ist man am Tag vor der Maturitätsprüfung nicht — „so weit gekommen“, so endet der Physikunterricht eben mit der „sphärischen Abweichung an Linsen“ oder gar schon an Spiegeln u. dgl. m. Sollte es aber außer dem mehr oder minder vollständigen „Absolvieren der Lehrstoffe“ nicht noch andere Gesichtspunkte geben, die den physikalischen Unterricht als Ganzes, in seinen Kapiteln bis herunter zu seinen Einzellehren auch in den Dienst des Ganzen einer Unterrichtsorganisation stellen? Bei verschiedenen Gelegenheiten hatte ich darauf hinzuweisen, daß wir in unseren österreichischen Gymnasien, wo die oberste Klasse im glücklichen Besitze von zwei Wochenstunden Psychologie ist, von der dann die Sinnespsychologie in das erste Semester fällt, die physikalische Akustik und Optik doch nicht völlig unbekümmert um die psychologische viele Monate später als diese angesetzt sein sollte; und ich wiederhole hier nicht des näheren, wie ungezwungen dagegen bei einem Stellentausch von Optik und Elektrizitätslehre sich diese Forderung verwirklichen läßt, bzw. wie ich sie viele Jahre hindurch durch Ineinanderfügen der physikalischen und psychologischen Kapitel verwirklicht habe. —

Um so nachdrücklicher ist diesmal auf eine seltsame Eigentümlichkeit hinzuweisen, die die österreichischen Lehrpläne für Physik und gerade nur für Physik im Gegensatz zu allen übrigen Unterrichtsfächern seit nunmehr gerade drei Jahrzehnten darbieten. Sogar schon dem Blick des Nichtfachmannes fällt es auf, daß der physikalische Lehrstoff vorgeschrieben wird in Form der Aufzählung von einigen hundert Einzeltiteln, die sich ausnehmen, als wären die Paragraphentitel irgendeines Lehrbuches nacheinander hingeschrieben. Muß das so sein? Und warum muß es gerade nur in Physik so sein? Man könnte ja auch in Mathematik, statt z. B. für eine bestimmte Klasse vorzuschreiben: „Goniometrie und Trigonometrie“ (nebst einigen Richtung gebenden Winkeln), eigens aufzählen: „Sinussatz, Tangentensatz, Kosinussatz“ oder gar auch die einzelnen goniometrischen Formeln u. dgl. m. Es versteht sich aber doch von selbst, daß jeder Trigonometrielehrer weiß, aus welchen Einzelsätzen sich dieses Kapitel zusammensetzt. Und ebenso versteht es sich für einen Physiklehrer von selbst, was er z. B. innerhalb der „Elektrik und Magnetik“¹⁾,

¹⁾ Ich benutze diese Gelegenheit, um eine auf der Mittelschulenquete 1908 (vgl. Protokoll S. 386 und 392) zwischen mir und Hofrat STROUHAL (Prag) zur Sprache gekommene Meinungsverschiedenheit oder vielleicht nur ein Mißverständnis hier zu klären.

Ein hochgestellter Redner (vgl. a. a. O. S. 116) hatte vorgeschlagen, den Unterricht der Mathematik schon mit der sechsten Gymnasialklasse zu beendigen und in den obersten beiden Klassen nur mehr Physik zu nehmen. Dafür wollte er der Physik in der obersten Klasse eine vierte Stunde zugelegt (allerdings aber auf der ganzen Unterstufe jeden Unterricht der Naturgeschichte, Physik und Chemie beseitigt!) sehen. Um das Unmögliche einer solchen Forderung in aller Kürze für eine Versammlung von soviel Nichtphysikern drastisch darzutun, erwiderte ich: „Denken Sie sich eine Physik in der siebenten und achten Klasse nur auf Grund der Mathematik bis zur sechsten Klasse! . . . Heute redet jeder von Volt und Ampère wegen der elektrischen Beleuchtung so, wie man vor 20 Jahren von einem Liter Petroleum geredet hat. Hin und wieder wird man da doch gefragt: Ja, sagen Sie mir, was ist denn eigentlich ein Volt? Darauf antwortet man: Ein Volt ist eine gewisse Einheit des Potentials. Nun wird das Gesicht des Fragers schon etwas länger. Was ist denn ein Potential? Nun, das ist die Summe der Arbeiten, die Sie bekommen, wenn Sie die unendliche Reihe ansetzen . . . Ach bitte, davon wollen wir doch lieber nicht weiter reden, heißt es dann (Heiterkeit. Ruf: Arbeit! Das kann man an die Arbeit anschließen!). Ja, mit Arbeit, aber ohne Rechnung

wenn diese für den obersten Jahrgang der Mittelschule vorgeschrieben sind, füglich zu nehmen hat und was nicht.

Ob dann der eine Lehrer z. B. von der Bestimmung der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus etwas mehr, der andere etwas weniger nimmt, läßt sich ja doch

nicht. Ich bekomme aus der Kraft $1/r^2$ die Summe der Arbeiten, das ist eben der Wert $1/r$ des Potentials, ohne Mathematik schlechterdings nicht.“ — Herr Hofrat STROUHAL nannte das „verkehrt“. Das braucht man nicht so zu erklären. Der Begriff des Potentials schließt sich an den Begriff der Arbeit an. Die elektrische Arbeit ist etwas, was jedermann begreifen wird. Da ist bei Volt und Potential von diesem Sigma $1/r^2$ überhaupt keine Rede. Das brauche ich nicht zu sagen.“

Ich fragte (und frage nun nochmals) Herrn STROUHAL, ob er auf Maßformeln für Arbeiten und Potentiale, also z. B. auf das e/r für Ladungspunkt und Kugel und weiterhin auf die Beziehungen für die Kapazität einer Kugel $C = r$ u. dgl. m. überhaupt nicht einzugehen pflege, und ob er meine, daß die Physik der Oberstufe solche Formeln und ihre Ableitungen meiden solle. Meinerseits war es mir mit dem herausgegriffenen Beispiel nur darum zu tun gewesen, daran zu erinnern, daß man doch heute in allen Lehrbüchern (z. B. von österreichischen MACH, WALLENTIN, HÖFLER u. a.) einer Summierung, wie sie das Berechnen der Arbeit entgegen den Gravitations-, elektrischen und magnetischen Kräften fordert, nicht mehr aus dem Wege gehen zu müssen glaubt; daß man es aber müßte, wenn der Mathematikunterricht schon mit der VI. Klasse, also vor der ganzen Reihenlehre abbräche. — Zuzugeben ist ja, daß man von Volt und Ampere praktisch genügende und auch ziemlich anschauliche Vorstellungen haben kann, wenn man auch vom $\Sigma 1/r^2$ keinerlei, nicht einmal unanschauliche Vorstellungen hat. Jeder Lehrling eines Elektrotechnikers ist ja in dieser Lage. Auch die Hausfrau weiß sehr bald, was ein Kilowatt ist, wenn sie die Rechnungen der Elektrizitätsgesellschaft für den häuslichen Stromverbrauch abzubezahlen hat. Aber wenn man auch von „1 Ampere“ schon eine sogar anschaulichere Vorstellung dank der elektrochemischen Messung hat als durch Zurückgehen auf die mechanischen Maße des absoluten oder des elektrotechnischen Systemes, so besteht doch kein Streit darüber, daß nun einmal diese und nur diese theoretischen Einheiten der Elektrizitätslehre denjenigen quantitativ exakten Charakter ermöglicht haben, den z. B. Mechanik und Optik längst auch in unseren Mittelschulen angenommen hatten. Es könnte also nur die Frage aufgeworfen werden, ob es z. B. für das Gymnasium genüge, die Schüler auf eine Art elektrotechnischen Augenmaßes abzurichten, wie dies dem elektrotechnischen Handwerk erstes und eigentlich einziges Bedürfnis ist. Man kann sich ja ganz wohl überhaupt auf den Standpunkt stellen, daß ein Mittelschüler von der Elektrizitätslehre nicht mehr zu wissen und zu verstehen brauche, als was etwa der zu einer Reparatur nach Kurzschluß berufene Installateur an Kunstausdrücken verlauten läßt; also Steckkontakt, 16 kerzige Lampe usw. — Aber warum nur gerade hier für das Gymnasium die Ansprüche auf einmal so ermäßigen? Damit man dann um so wirksamer über modernes Banausentum klagen könne? .. Solange man aber einen Gymnasiasten für nicht unfähig hält, das bewundernswerte Begriffsgewebe, das zu den Maßeinheiten der Elektrik geführt hat, bis an seine gedanklichen Ausgangspunkte zurück zu verfolgen, wird wohl auch die Beziehung zwischen elektrischer Arbeit und elektrischer Kraft nicht unbesprochen bleiben können; und da nun diese elektrische Kraft eine (mit dem Quadrat des Abstandes) veränderliche ist, wird es bei dem Berechnen von Arbeiten entgegen diesen Kräften ohne „ein Σ “ (oder lieber ein f) nicht abgehen. —

Mit der Erinnerung an diese rein fachwissenschaftlichen Beziehungen ist natürlich noch keineswegs über die didaktischen Wege entschieden, auf denen man die Anfänger von einer rein experimentellen Behandlung der Elektrizitätslehre emporführt bis zu den Anfängen einer mathematischen. Solcher Wege gibt es bekanntlich viele; und alle werden sich nur mit einem bescheidensten Ziele im Aufstellen und Verstehen von Maßformeln auch in Elektrik und Magnetik begnügen müssen. Es wird sogar manches, wie z. B. die Weber-Kohlrausch'sche Zahl $3 \cdot 10^9$, die dem Übergang vom absoluten ins elektrotechnische System zugrunde liegt, den Schülern nur mitgeteilt werden können, und mit ihr auch ein wesentliches Stück der Umrechnungsformel $1 \text{ Volt} = 1/300 \text{ PE}$ (absolute Potential-Einheit). Und auch diese Gleichung und die ihr vorangegangene Entwicklung der Formel $v = e/r$ würden für den Schüler wertlos bleiben, wenn ihm nicht schon vorher die qualitativen Vorstellungen, daß man z. B. in Volt Klemmenspannungen mißt, in Fleisch und Blut übergegangen sind.

Zu unserer Ausgangsfrage aber, ob nun Lehrpläne den einen oder anderen dieser Wege und dann wohl gar die einzelnen Arten von Voltmetern und Ampèremetern, die augenblicklich gerade

nicht befehlen oder verbieten, mögen nun die „Elemente des Erdmagnetismus“ ausdrücklich angeführt sein oder nicht. Jedes solche recht detaillierte Aufzählen so vieler Einzelmaterien, daß schon durch das Nichterwähnen einzelner im Lehrplan ihr Erwähnen im Unterricht und ihre Aufnahme ins Lehrbuch¹⁾ ein für allemal verboten erscheint, erweckt überdies den üblen und für das Ansehen des Physikunterrichtes bei Nichtfachlehrern der Physik verhängnisvollen Eindruck, als hätte im physikalischen Lehrfach der Schüler, der Lehrer und der Lehrplanverfasser nur Hunderte von „Teilen in seiner Hand — fehlt leider nur das geistige Band“. Bekanntlich fehlen aber solche geistigen Bänder in der Physik so wenig wie in irgendeinem anderen in sich zusammenhängenden Gegenstand; und eine schöne Aufgabe gerade für Lehrpläne wäre es, solche Bänder noch überzeugender und fester zu knüpfen, als es dem einzelnen vielleicht in veraltenden Traditionen befangenen Lehrer und Lehrbuchverfasser einfiel. — Ich weiß, man will der Überbürdung, die aus dem Häufen entbehrlicher Einzellehren entstände, durch jene detaillierten Aufzählungen entgentreten. Ob man aber nicht durch solches bloßes Aufzählen (was in der Logik als Angabe von bloßen Umfangs- statt eigentlichen Inhaltsbestimmungen getadelt wird) gerade zum Fortbestehen jener ungesunden Tradition des Häufens zusammenhangloser physikalischer Lehren verleitet? Aber wie könnte dann bei einer solchen Tradition die schöne Forderung der Meraner Vorschläge erfüllt werden, „die Physik als Unterrichtsgegenstand ist so zu betreiben, daß sie als Vorbild für die Art, wie überhaupt im Bereich der Erfahrungswissenschaften Erkenntnis gewonnen wird, dienen kann“ (Gesamtbericht S. 118), und jene andere (S. 116), „daß auch an den Gymnasien wenigstens in einem naturwissenschaftlichen Fach, nämlich in der Physik, der volle Bildungswert der Naturwissenschaft unverkürzt zur Wirkung gelange“?

Es sei mir gestattet, diesen Betrachtungen noch den Entwurf eines Lehrplans für die österreichischen Mittelschulen beizugeben, den ich in der Zeit zwischen dem Erscheinen der mich wenig befriedigenden Pläne für die Physik an

als die bewährtesten gelten, vorschreiben bzw. namhaft machen müssen, ja auch nur können, steht die hier berührte Streitfrage insofern in Beziehung, als sie zeigt, daß sogar über allererste Grundsätze der didaktischen Behandlung zwischen Fach- und Schulmännern noch weitestgehende Meinungsverschiedenheiten bestehen. Sollen die Lehrpläne da gerade einen der Wege vorschreiben? Weitestgehende „Bewegungsfreiheit“ der Lehrer, die wieder viel besser durch die Lehrbücher als durch die Lehrpläne allmählich fest werdende Richtungen empfängt, dürfte auch hier das weitaus sicherste Mittel zur Sichtung zwischen einem Zuviel und einem Zuwenig an Elektrizitätstheorie in den Mittelschulen sein oder werden.

¹⁾ Namentlich auch dem zeitweiligen Anschwellen der Physiklehrbücher durch das Hereinnehmen von entbehrlichen Einzelheiten hofft man durch eben jenes Aufzählen aller zu gestattenden und Beschweigen der nicht zu gestattenden Einzelheiten zu steuern. Als administrative Maßregel gestaltet sich dies in der leidigen Wirklichkeit dann so, daß, wenn z. B. einem hypertrophisch ausgefallenen Lehrbuch die Approbation verweigert wird, und der Verleger sich hierüber beschwert, man ihm im einzelnen aufzeigen kann, was alles im Buch steht, das nicht im Lehrplan steht. — Aber wird dieser Vorteil, wenn er sich wirklich als solcher bewährte, nicht durch noch größere Nachteile erkauft? Zugestanden, daß zum Anbahnen von Fortschritten in der Auswahl der Lehrstoffe Lehrbuch und Lehrplan Anregungen zu geben berufen sind. Hat aber hierbei nicht doch das Lehrbuch mit seiner zusammenhängenden Darstellung noch einen Vorsprung vor dem, wenn auch aus noch so vielen zusammenhanglosen Schlagwörtern bestehenden, Lehrplan? Und wenn der Takt des Lehrbuchverfassers sich als nicht ausreichend erwiesen hat, muß es eben dann beim Machtspruch der Behörde als einem Letzten bleiben. So beim bisherigen österreichischen Approbationsverfahren. Ob der hierin demokratischere reichsdeutsche Modus der Empfehlung durch eine bestimmte Anzahl von Fachlehrern nicht sachgemäßer ist, wäre Gegenstand umfassender und hoffentlich folgenreicher, wohlthätiger Erwägungen.

den neuen Realgymnasien (Sommer 1908) und der zu verbessernden für Gymnasien und Realschulen (Frühjahr 1909) zusammengestellt habe — zunächst zur Fixierung meiner eigenen langgehegten Wünsche für die Entwicklung unseres österreichischen Physikunterrichtes. — Es sind dabei die äußeren Abgrenzungen von „Lehrziel“, Stoff der einzelnen Klassen und „Bemerkungen“ so beibehalten, wie sie jene Pläne für Realgymnasien gegeben hatten. — Dem hieran näher interessierten Leser darf ich es überlassen, durch Vergleichung im einzelnen zu sondern, wo mein Entwurf mit den soeben veröffentlichten Plänen, namentlich für Gymnasien und Realschulen, übereinstimmt, und wo er von ihnen abweicht (— so namentlich in den „Bemerkungen“, deren offizieller Text manches heute Selbstverständliche enthält, dagegen manches eine grundsätzliche Neugestaltung Anregende nicht enthält; wobei anerkannt sei, daß schon das Wegfallen der früheren ausführlichen „Instruktionen“ ein Vorteil ist).

Entwurf zu künftigen physikalischen Lehrplänen für Mittelschulen.

Unterstufe (dreizehntes und vierzehntes Lebensjahr).

Lehrziel: Kenntnis der auffälligsten Naturerscheinungen auf Grund von Beobachtungen in der Natur und von Schul- und Schüler-Versuchen. Anwendung auf verwandte Erscheinungen und ihre einfachsten praktischen Verwertungen. — Fortführung und Abschluß der astronomischen Geographie und Einführung in die Himmelskunde. — Anfangsgründe der Chemie unter Anknüpfung an nächstliegende mineralogische Wahrnehmungen und als Vorbereitung auf den zusammenhängenden Mineralogie- u. Biologie-Unterricht des folg. (V.) Jahrganges.

III. Klasse (wöchentlich 2 Stunden):

Einleitung: Raumerfüllung der Körper. Aggregatzustände der Stoffe. Lotrechte, wagrechte Richtung. Absolutes, spezifisches Gewicht. Luftdruck (soweit für Wärmelehre nötig).

Wärmeerscheinungen: Wärmeempfindungen. Wärmegrad und Wärmemenge. Veränderung des Volumens und des Aggregatzustandes. Ausbreitung der Wärme durch Leitung, bei Strömungen und durch Strahlung. Wärmequellen.

Magnetische und elektrische Erscheinungen. Natürliche und künstliche Magnete. Pole und ihre Wechselwirkung. Magnetisierung durch Verteilung (und Streichen). Die Erde als Magnet.

Elektroskopischer Zustand. Gut- und Schlechtleiter. Positive und negative Ladungen. Ladungsgrad und Ladungsmenge. Elektrisierung durch Verteilung. Erzeugung und Ansammlung von Ladungen (ohne Verweilen bei ungebräuchlich gewordenen Apparaten). Gewitter, Blitzableiter. — Elektrische Ströme (Galvanische Ketten nur, insoweit sie nicht durch moderne Stromquellen entbehrlich geworden sind). Wärme-, Licht- und magnetische Wirkungen des Stromes. Elektro- und Magneto-Induktion. Fortlaufende Anwendung auf die dem Schüler nächstliegenden elektrotechnischen Einrichtungen.

Licht- (und Schall-) Erscheinungen: Geradlinige Ausbreitung des Lichtes; Schatten, Dunkelkammer. Licht- und Beleuchtungsstärke. Reflexion und Brechung. Erscheinungen an Spiegeln, Platten, Prismen, Linsen. Farben. Wärme- und chemische Strahlungen (Vorläufiges über Photographie). Auge; Wirkungsweise der Brillen, Mikroskope und Fernrohre.

Von den Schallerscheinungen nur einiges zur Vergleichung mit den Lichterscheinungen: Geradlinige Ausbreitung. Abnahme der Stärke mit dem Abstand von der Schall- (Licht-) Quelle. Reflexion. — Ohr; Klänge und Geräusche.

Himmelserscheinungen (über das ganze Schuljahr verteilt): Erste Orientierung am Fixsternhimmel. Phasen und Umlauf des Mondes. Bewegung der Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel.

IV. Klasse (wöchentlich 3 Stunden).

1. Semester: Aus der Mechanik: Beschreibung gleichförmiger und gleichmäßig-beschleunigter Bewegungen (an der schiefen Ebene und im freien Fall). Mechanische Kräfte: Bewegungswirkungen (Beschleunigung), Druck- und Zugwirkungen (Spannung); Messung der

letzteren durch Gewichte. Schwerkraft. Trägheit und Beharrung. Stoß. Bewegungshindernisse. Zusammensetzung und Zerlegung von Bewegungen und von Kräften mit einfachsten Anwendungen (Wurf, Pendel). Schwerpunkt und Arten des Gleichgewichtes. Arbeitsleistungen durch einige einfache und zusammengesetzte Maschinen. —

Zusammenfassende Beschreibung der während der vorangegangenen drei Schuljahre beobachteten Himmelserscheinungen und ihre Erklärung aus dem Kopernikanischen System.

Verhalten der Flüssigkeiten gegen äußeren und inneren Druck. Kommunizierende Gefäße, Kapillarität. Auftrieb. Schwimmen. Die einfachsten Methoden zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes fester und tropfbarer Körper. —

Messung des Luftdruckes (Torricellis und Guericks Versuche). Barometer, Luftpumpe, Boyle-(Mariotte)sches Gesetz (das von Gay-Lussac ohne mathematische Formeln). Fortlaufende Anwendung der aeromechanischen und aerothermischen Gesetze auf die verbreitetsten Apparate und Maschinen (Pumpen, Heber, Luftballon, Dampf-, Benzin-Motoren u. dgl.).

2. Semester: Aus der Chemie: Beispiele von Synthesen, Analysen und Substitutionen, ausgehend von Mineralstoffen, die dem Schüler schon aus seiner täglichen Erfahrung bekannt sind (Eisen, Schwefel, Wasser, Luft, Kochsalz u. dgl.). Gesetze der Erhaltung der Stoffmenge, der konstanten Gewichtsverhältnisse, der konstanten und einfachen Volumsverhältnisse an Gasen. Chemische Namen, Formeln und Gleichungen. — Beschränkte Zahl von solchen Elementen und Verbindungen, die im Haushalt der Natur und des Menschen eine auch dem Schüler auffällige Rolle spielen. Säuren, Basen, Salze. Ergänzung der Elektrizitätslehre durch einfachste und praktisch wichtige elektrochemische Vorgänge (Elektrolyse, Galvanoplastik; Akkumulatoren).

In durchgehender Verbindung mit dem chemischen Unterrichte: erweiternde und vertiefende Kenntnis von Mineralien und Gesteinsarten. Hinweise von diesen unorganischen Stoffen auf einige Kohlenstoffverbindungen und ihre Bedeutung im organischen Leben als Vorbereitung auf den biologischen Unterricht der beiden nächsten Jahrgänge.

Oberstufe (siebzehntes und achtzehntes Lebensjahr).

Lehrziel: Beschreibung und Erklärung der grundlegenden physischen (im engeren Sinn physikalischen, der astronomischen, meteorologischen, chemischen) Erscheinungen und Gesetze. Anbahnung eines Verständnisses für die hierbei bewährten wissenschaftlichen Methoden einfachster Art und ihre geschichtliche Entwicklung.

VII. Klasse: (Wöchentlich 4 Stunden).

Mechanik: Phoronomische Beschreibung einiger typischer Bewegungen von Punkten. Dynamische Erklärung mechanischer Erscheinungen durch die Begriffe: Kraft, Masse, Arbeit und Energie. (Den Lehren von der Planetenbewegung und der allgemeinen Massenanziehung ist das Einschlägige aus der Astronomie vorzuschicken.) Mechanik starrer Systeme, fester, flüssiger und gasförmiger Körper. Mechanische Molekularwirkungen und ihre Erklärung durch die Molekularhypothese.

Wärmelehre: Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Wärmegrad und Wärmemenge, Volumen und Aggregatzustand. Ausbreitung der Wärme durch Leitung, bei Strömungen und durch Strahlung. Wärmequellen und mechanisches Wärmeäquivalent. Erklärung der Wärmeerscheinungen durch die Grundgedanken der kinetischen Wärmehypothese.

Fortlaufende Anwendung der aeromechanischen und aerothermischen Gesetze zur Beschreibung und Erklärung meteorologischer Erscheinungen.

Chemie (2. Hälfte des 2. Semesters): Wiederholung und Ergänzung des Lehrstoffes der Unterstufe. Vertiefung durch nähere Begründung der Molekular- und Atom-Theorien auf Grund namentlich der vorausgegangenen Aeromechanik und Wärmelehre.

VIII. Klasse (Wintersemester wöchentlich 3, Sommersemester 4 Stunden).

Ergänzende Wiederholung der Lehre von den Schwingungen; Wellenlehre. Akustik und Optik. Abschluß der Astronomie (namentlich im Anschluß an die Spektralanalyse).

Elektrik und Magnetik (zugleich als immanente Wiederholung der physikalischen Grundlehren aller vorausgegangenen Abschnitte).

Bemerkungen.

Die in den Bemerkungen zum Lehrplan der Mathematik¹⁾ aufgezählten Hauptpunkte 1—6 finden sinngemäße Übertragung auch auf den physikalischen Unterricht:

1. Die „Anpassung an die jeweilige geistige Entwicklung der Schüler“ ist ermöglicht durch Beibehaltung der Zweistufigkeit in diesem Gegenstand; denn nach bekannten Erfahrungen ist das Interesse der 13—14 jährigen Knaben an physikalischen und chemischen Dingen ein wesentlich anders geartetes als während der beiden obersten Jahrgänge der Mittelschule. Es gilt also nur, an das natürliche Interesse des Knaben für auffällige Naturvorgänge, für die allenthalben von ihm wahrgenommenen und benützten technischen Anwendungen und für überraschende und leichtfaßliche Schul- und Schülerversuche didaktisch geschickt anzuknüpfen, um jenes Interesse rege zu erhalten, das dann den physikalisch-chemischen Vorunterricht zu willkommenen Erholungsstunden macht und gerade hierdurch dem künftigen wissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe unverlierbare und unentbehrliche Grundlagen gibt. Jenes natürliche Interesse würde dagegen unterbunden durch jede Überfüllung mit äußerlich angeleertem Lehrstoff, namentlich durch eine Vorwegnahme der streng mathematischen Formulierung für die auch hier schon in einfachsten Fällen unmittelbar aus den Versuchen abzuleitenden Gesetzmäßigkeiten (funktionalen Beziehungen, z. B. in 2, 3, 4 mal so großen Zeiten werden 4, 9, 16 mal so große Fallstrecken durchlaufen).

Nachdem frühere Jahrzehnte den Schulversuch auf der Unter- wie nicht minder auf der Oberstufe als den (neben der Beobachtung spontaner Erscheinungen) unentbehrlichen Ausgangspunkt für jede weitere denkende Erörterung der Naturerscheinungen und -gesetze erkannt und eingebürgert haben, ist im letzten Jahrzehnt die Forderung eines Fortschreitens vom Schul- zum Schülerversuch immer allgemeiner erhoben und vielfach auch schon verwirklicht worden. An der Besiegung zahlreicher Schwierigkeiten, die der allgemeinen Verwirklichung dieser neueren Forderung noch entgegenstehen, wird auch weiterhin von seiten der Lehrer mitzuarbeiten sein. Aber auch die nicht gleichmäßige Begabung und Neigung der Schüler für solches Handanlegen soll mit in Rechnung gezogen werden. Es sind daher die Schülerübungen, soweit sie von seiten der Schule direkt veranstaltet und beaufsichtigt werden, bis auf weiteres nur als wahlfreie²⁾ in Aussicht genommen und den

¹⁾ Diesem Lehrplan der Mathematik (der, wie in Bd. I der Didaktischen Handbücher des realistischen Unterrichts eingehend zu besprechen sein wird, sich vielfach an die Meraner Vorschläge anschließt und für Österreich das stärkste Hinausgehen über das bisher Gewohnte im Vergleich zur Reform aller übrigen Unterrichtsfächer darstellt) folgen „Bemerkungen“, die so beginnen: „Durch den vorstehenden Lehrplan wird angestrebt: 1. Anpassung an die jeweilige geistige Entwicklung der Schüler. 2. Vereinfachung des Lehrganges durch nähere Verbindung innerlich zusammengehöriger Lehren namentlich auf allen Stufen zwischen Arithmetik und Geometrie. 3. Allseitige Anpassung des mathematischen Lehrstoffes an die einschlägigen Unterrichtsfächer und an die Anwendungsgebiete des wirklichen Lebens. 4. Erfassen funktionaler Beziehungen, anfänglich bei allen besonderen Gelegenheiten innerhalb des mathematischen Unterrichtes, gegen dessen Abschluß Erfassen des Funktionsbegriffes bis einschließlich des Maßes der Veränderung einer Funktion durch den Differentialquotienten. 5. Pflege der räumlichen Anschauung, unterstützt durch einschlägige manuelle Tätigkeit des Schülers (Anfertigung von Zeichnungen, Modellen u. dgl.). 6. Beseitigung veralteter oder sonst als didaktisch unfruchtbar erkannter Stoffe und dadurch Vereinfachung und Erleichterung im Vergleich zum Hergebrachten, unbeschadet der vorgenannten Neuerungen.“

²⁾ Die neuen österreichischen Lehrpläne (hierin gleichlautend für Gymnasien, Realgymnasien und Realschulen) sagen in den „Bemerkungen“: „Wo immer es die Verhältnisse gestatten, werden wahlfreie physikalische Übungen einzurichten sein. Sie sind nicht nur ein vortreffliches Mittel, das Interesse der Schüler für den Gegenstand zu steigern, sondern gewähren auch eine gute Gelegenheit, sie zu geduldiger, sorgfältiger und ehrlicher Arbeit zu erziehen.“

Viel weiter war in Sachen der Schülerübungen der am 27. Juni 1907 veröffentlichte Lehrplan der bayrischen Oberrealschulen (abgedruckt in dieser Zeitschrift, XX. Jahrg., Heft V, September 1907, S. 331—335) gegangen, in dem es schon innerhalb des Abschnittes „Lehrziel“ heißt: „Der Unterricht soll soweit als irgend möglich an die in der Natur sich abspielenden Vorgänge anknüpfen und von den auf Grund von Experimenten gewonnenen Erfahrungen ausgehen. Daher soll der demonstrative und theoretische Unterricht in einer innigen Verbindung mit Schülerübungen stehen. Diese

Lehrern als wirksamstes Mittel empfohlen, um den Schüler in engste Föhlung mit den Naturtatsachen und -gesetzen zu bringen. Darüber hinaus aber werden auch die Lehrbücher (zusammen mit der vom Lehrer zu gebenden Anleitung zur sinngemäßen häuslichen Benutzung für das wiederholende Durchdenken des in der Schule Erlernen) helfen, daß die im Buche geschilderten Versuche möglichst oft und regelmäßig es dem Schüler nahelegen, sich nicht etwa auf das Lesen und Memorieren eines Lehrtextes zu beschränken, sondern die geschilderten Erscheinungen an selbstverfertigten kunstlosen Vorrichtungen zu Hause zu wiederholen und zu variieren. Hierzu kommt noch, daß bei Erscheinungen, die sich spontan in der Natur abspielen, so insbesondere bei denen am gestirnten Himmel, und die von dem für sie sich interessierenden Knaben meist nur dann unbeachtet bleiben, wenn die Schule es unterlassen hat, ihn rechtzeitig auf sie aufmerksam zu machen und zu ihrer Beobachtung einzuladen, nun eine solche Anleitung von dem Lehrer als ein mindestens ebenso wesentlicher Teil des naturkundlichen Unterrichts erkannt und gepflegt wird wie das bloße Absolvieren von Lehrstoff nach dem Lehrbuch. Unermüdliehe Anforderungen, z. B. von auffälligen Konstellationen, vom täglichen Breiterwerden der Mondichel u. dgl. m. Zeichnungen, wenn auch anfänglich noch so unvollkommener Art zu entwerfen, werden allmählich den Blick des Schölers über die Schulstube hinaus für die Natur im Großen erweitern und schärfen. Da der Unterricht im Freien, als wie förderlich, ja unentbehrlich er längst für eine wirkliche „Naturlehre“ erkannt und anerkannt ist, doch immer wieder auf Schwierigkeiten, namentlich in großen Städten, stößt, so erwächst der Schule die schwierige, aber dankbare Aufgabe, den Schüler zu ermutigen, daß er trotz jener Schwierigkeiten sich nichts von dem Anblick merkwürdiger Naturvorgänge entgehen läßt, die sich den auf dem Lande Lebenden fast von selbst, dem Städter aber erst dann darbieten, wenn er sie richtig aufzusuchen gelernt hat.

2. Eine „Vereinfachung“ des Lehrganges durch nähere Verbindung innerlich zusammengehöriker Lehren“ wird zur Pflicht namentlich auf der Oberstufe, wo nicht nur der systematische Aufbau der physikalischen und chemischen Wissenschaft als solcher, sondern auch das intellektuelle Bedürfnis der herangereiften Schüler danach verlangt, daß z. B. im physikalischen Unterricht nicht minder als im mathematischen die auf der Unterstufe angebahnten Einzelkenntnisse sich zu einem gedanklichen Ganzen zusammenschließen. Wie dann innerhalb des mathematischen Unterrichts eine durchgängige Verbindung von Arithmetik und Geometrie, so ist auf der physikalischen Oberstufe namentlich eine ungezwungene Verbindung zwischen Physik und Mathematik anzustreben. Die Reformen des mathematischen Unterrichtes durch Pflege des funktionalen Denkens und Aufnahme des Differentialquotienten in den Mittelschulunterricht sind ja namentlich im Hinblick auf unabweisliche Bedürfnisse des Physikunterrichtes geschehen. Sollte hierin schon im Mathematikunterricht als solchem „nicht eine Vermehrung, sondern eine Vertiefung und hiermit Vereinfachung“ erzielt werden, so möge sich auch der Lehrer der Physik durch die verfügbar gewordenen neuen mathematischen Mittel ja nicht verleiten lassen, in den Fehler früherer Jahrzehnte zurückzufallen, in denen der physikalische Unterricht unter nichts schlimmer gelitten hat als unter dem Übermaß des aufgebotenen mathematischen Apparates. Jeder Lehrer, der das Wesentliche der Beziehung zwischen einem physikalischen Begriff oder Gesetz und seiner mathematischen Einkleidung von Grund aus erfaßt hat, weiß, daß fast ausnahmslos nur die allereinfachsten mathematischen Operationen (allerdings auch die Grundbegriffe der Differential- und Integralrechnung mit einbegriffen) für die quantitative Fixierung jener Begriffe und Gesetze notwendig und ausreichend sind. Wo die Formeln und Rechnungen komplizierter werden, liegt es regelmäßig nicht an den physikalischen Ansätzen, sondern an ihrer mathematischen Durchführung und Auswertung. Mit Recht wurde daher wiederholt und wird auch hier neuerdings empfohlen: innerhalb der Physikstunden nur die physikalischen Ansätze als solche, diese aber bis zum Beheben jeder dem Schüler etwa verbleibenden Unklarheit oder

Übungen sollen auf der Unterstufe den Schüler zu einem klaren Erfassen der physikalischen Begriffe führen und zum physikalischen Denken anleiten. Die Anfangsübungen sind durchweg als gemeinsame Übungen der Klasse auszugestalten, in denen der Lehrer den Fortschritt der Experimente überwacht und regelt und die Übungen in gemeinsamer Besprechung durch Frage und Erläuterung ihrem Ziele entgegenführt. Später ist durch Einzelarbeit eine größere Selbständigkeit allmählich anzustreben.“

bloß äußerlichen Reproduktion von Definitionen und Regeln sicherzustellen; dagegen diese Ansätze dann in den Mathematikstunden als willkommenes Übungsmaterial weiter und bis zu Ende rechnerisch verarbeiten zu lassen. Wirksamer als durch alle anderen Mittel zur Beseitigung der ehemaligen formalistischen mathematischen Aufgaben wird

3. die „allseitige Anpassung des mathematischen Lehrstoffes an die einschlägigen Unterrichtsfächer und an die Anwendungsgebiete des wirklichen Lebens“ durch ein solches Hand-in-Hand-Gehen gerade mit dem physikalischen (einschließlich des astronomischen, selbster des chemischen) Unterrichts sich verwirklichen. Welche Dienste hierbei im besonderen

4. das „Erfassen funktionaler Beziehungen einschließlich der Verwendung von Differentialquotienten“ und

5. die „manuelle Tätigkeit des Schülers“ nach experimenteller Richtung des physikalischen Unterrichts in Schule und Haus leisten können und sollen, ist schon im obigen Zusammenhang berührt worden. Noch ausgiebiger aber als selbst im mathematischen Unterricht ist

6. die „Beseitigung veralteter oder sonst als didaktisch unfruchtbar erkannter Stoffe“ und dadurch Vereinfachung und Erleichterung im Vergleich zu dem Hergebrachten eine besonders im physikalischen Unterricht dringend und stetig sich erneuernde Forderung. Denn während in der mathematischen Wissenschaft sich inhaltliche Neuerungen fast nur mehr in ihren höchsten, der Schule auf alle Fälle entrückten Gebieten vollziehen, reichen solche innerhalb der Physik und Chemie schon infolge der beständig neu auftauchenden technischen Erfindungen bis hinab in den naheliegenden Interessenkreis des Anfängers. Die oft geäußerte Furcht aber, daß eine unvermeidliche Folge dieser wissenschaftlich-technischen Fortschritte ein beständiges Anschwellen des physikalischen Lehrstoffes sei, übersieht den Umstand, daß mit der fortschreitenden Erkenntnis von Einzeltatsachen sich die physikalischen Begriffe und die übrigen Denkmittel der Physik beständig besser den Tatsachen anpassen und hierdurch den Überblick erleichtern. Wieviele der einst isoliert dastehenden Tatsachen und Gesetze innerhalb der verschiedenen Kapitel der Physik und Chemie sind nicht durch Begriff und Prinzip der Energie vereinheitlicht worden! —

Im Vertrauen auf den wissenschaftlichen Überblick des Lehrers und auf sein Streben, das innerhalb der Wissenschaft und Technik als minder wesentlich oder geradezu veraltet Erkannte (eines der auffälligsten Beispiele gibt hier die völlige Umgestaltung der wissenschaftlichen und technischen Lehre von den elektrischen Erscheinungen) nicht mehr seinen Schülern aufzunötigen, wurde von einer erschöpfenden Aufzählung sämtlicher physikalischen Einzellehren, die im Unterricht zulässig sind, namentlich für die Oberstufe Abstand genommen. Es werden hier folgende Einzelbemerkungen zu den Zielbestimmungen und Aufgaben der einzelnen Klassen als richtunggebend genügen:

III. Klasse. Als Einleitung sind die „Allgemeinen Eigenschaften“ für die Unter- wie für die Oberstufe als sachlich wie didaktisch ungeeignet fast allgemein außer Gebrauch gekommen. Für die Unterstufe genügt die Anführung einiger weniger Begriffe und Tatsachen, die alsbald in der Wärmelehre benötigt werden (z. B. die Größe des Luftdruckes bei der Feststellung des Siedepunktes). Anderes, wie das spezifische Gewicht, findet auch im gleichzeitigen mathematischen Unterricht (z. B. Volumsberechnungen von Prismen, bestätigt durch Wägungen) beständig Anwendung.

Bei der Auswahl und Anordnung der einzelnen Abschnitte aus der Physik für die III. und IV. Klasse war die Erfahrung bestimmend, daß für eine noch nicht eigentlich wissenschaftliche Behandlung z. B. die Wärme-, die elektrischen und Lichterscheinungen wesentlich leichter, weil sinnfälliger, sind als die mechanischen, wo z. B. schon die Begriffe „Beschleunigung“ und „Kraft“ selbst bei elementarster Behandlung immerhin schon ein gewisses Maß von Abstraktion verlangen. Andererseits erlaubt die Wärmelehre ein unmittelbares Anknüpfen an den Unterricht der astronomischen Geographie der beiden vorausgegangenen Jahre, der nun an den Physikunterricht der beiden folgenden übergeht (z. B. Land-, Seeklima, Abhängigkeit der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen vom Einfallswinkel). — Die zunächstfolgende Lehre von magnetischen Erscheinungen verbindet die bisherige Orientierung nach dem Sonnenstand mit der nach dem Kompaß und nach den Fixsternen. — Die aus alltäglichen und sinnfälligen Beobachtungen und Unterscheidungen gewonnenen Begriffe „Wärmegrad“ und „Wärmemenge“ erlauben hierauf eine durchaus analogische Behandlung der Begriffe „Ladungsgrad“ und „Ladungsmenge“; wogegen nicht nur der

Begriff, sondern auch schon der Name des Potentials auf der Unterstufe höchstens erst dann heranzuziehen sein wird, wenn der ihm gleichbedeutende des Ladungsgrades den Schülern an den mannigfaltigen elektrischen Erscheinungen schon ganz vertraut geworden ist. — Angesichts der unvergleichlichen Raschheit, mit der die elektrotechnischen Errungenschaften der jüngsten Jahrzehnte auch schon in kleinere Städte eingedrungen sind, so daß den meisten Schulen die Straßenströme unschwer zugänglich sind, soll es dann dem Unterrichts selbst schon der Unterstufe nicht verwehrt sein, einen anderen Lehrgang als den von der Elektrostatik und dann von den galvanischen Elementen ausgehenden in Aussicht zu nehmen oder zu versuchen.

Als letzter in die Sommermonate fallender Abschnitt ist die Lehre vom Licht angesetzt. Da sie jetzt ein Jahr früher als bisher zur Behandlung kommt, wird der Unterricht auf möglichste Erleichterung bedacht sein müssen. Doch schließt dies nicht aus, daß der Schüler zu fleißigem Konstruieren des Ganges der Strahlen angehalten wird, worin dann nicht nur die überzeugendste Erklärung der Erscheinungen an Spiegeln, Linsen, Mikroskopen usw., sondern auch die angemessenste häusliche Vorbereitung liegt, zumal sie den zeichnerischen Übungen des Mathematikunterrichtes sich anschließt.

Wenn aus der Lehre vom Schall gegen die bisherige Gewohnheit nur einige wenige Erscheinungen und Gesetze, die denen des Lichtes auffallend analog sind, für die Unterstufe ausgewählt werden, so kommt darin zunächst die spezielle Rücksicht darauf zum Ausdruck, daß für den unmusikalischen Teil der Schüler jedes nähere Eingehen auf Tonleitern, Schwingungszahlen der einzelnen Töne u. dgl. naturgemäß ganz unverständlich gewesen war; dann aber auch die allgemeine Erwägung, daß es sich überhaupt nicht darum handeln kann, ein auch nur relativ vollständiges Durchnehmen oder mehr oder weniger flüchtiges Berühren sämtlicher Einzellehren der Physik im Mittelschulunterricht überhaupt, geschweige schon auf seiner Unterstufe, anzustreben. Zu solcher Ausscheidung des für den Zusammenhang Entbehrlichen bot sich am ehesten Einzelnes aus der Akustik dar, wozu noch kommt, daß das vielfach übliche Ausgehen von mechanischen Vorstellungen (Schwingungen und Wellen — statt von den Tonempfindungen selbst) wegen der auf der Unterstufe erst folgenden Mechanik sich von selbst verbietet. Gleichwohl hindert nichts, daß der Lehrer, z. B. ohne auf die Fortpflanzung in Longitudinalwellen einzugehen, den Schüler an die von ihm gewiß schon bemerkte Verspätung des Knalles gegenüber dem Blitz einer Kanone (Blitz und Donner beim Gewitter) erinnert, dabei die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles (rund 340 m) mitteilt, von der des Lichtes aber nur sagt, daß sie für gewöhnliche Mittel unmeßbar groß ist.

Der Unterricht der astronomischen Geographie, dem in dieser III. Klasse nur ein an sich geringfügig scheinender Lehrstoff zugewiesen ist, nämlich die an die Sonnenbeobachtungen der zwei vorausgegangenen Schuljahre sich anschließende Beobachtung der Sterne und des Mondes, kann einen wirklichen Erfolg nur dann haben, wenn er sich, wie in den noch immer fortzusetzenden Sonnenbeobachtungen, über das ganze Schuljahr planmäßig verteilt. Denn er soll ja eben in einem Anhalten des Schülers zu einer wiederholten Beobachtung, z. B. der Mondphasen innerhalb mehrerer aufeinander folgender Monate, des hohen Standes des Vollmonds im Winter, des niedrigen im Sommer u. dgl. bestehen. Nur so kann sich während dieses Schuljahres ein erstes anschauliches Bild von der Bewegung des Mondes in bezug auf die Sterne festlegen und so auch der für den Unterricht des nächsten Jahres grundlegende Begriff der Bewegung der Sonne im Tierkreis und der Umdeutung dieser und aller übrigen scheinbaren Bewegungen nach dem Kopernikanischen System ein über bloßes Wort- und Buchwissen hinausgehender dauernder Besitz des Schülers werden. Es versteht sich von selbst, daß man Einzelheiten, wie die Erklärung der Finsternisse, an die entsprechenden Abschnitte der Physik, also hier der Lehre von den Schatten, als eine Anwendung im Großen anschließen wird.

Es sei auch sogleich in diesem Zusammenhang bemerkt, daß ebenso die dem nächsten Schuljahre (IV. Klasse) vorbehaltene Einführung in das Kopernikanische System dort als die großartigste Anwendung des Begriffes relativer Bewegung dem Unterrichte der Mechanik einzufügen, dann aber wieder in mannigfachen Übungen das ganze Schuljahr hindurch zu pflegen sein wird.

IV. Klasse. Dem Unterrichte der Mechanik auf der Unterstufe haftet die Schwierigkeit an, daß er den Lehrer selbst bei der durch den Lehrplan auf einfachste Erscheinungen und Gesetze beschränkten Auswahl leicht dazu verleitet, auf wissenschaftliche Begriffsbestimmungen

und mathematische Formulierungen vorauszugreifen, die der Schüler auf dieser Stufe nicht von Grund aus verstehen kann, und für die er sich daher wenig oder gar nicht interessiert. Nur zu leicht werden dann Definitionen, wie „Kraft ist die Ursache einer Bewegung“, bloß gedankenlos auswendig gelernt und bleiben also für den naturkundlichen Unterricht als solchen völlig wertlos, selbst abgesehen davon, daß sie es auch in wissenschaftlicher Hinsicht sind. Vor solchen Mißgriffen bewahrt am besten der Grundsatz, in der Mechanik der Unterstufe nichts vorzunehmen, was sich nicht ebenso regelmäßig durch wirkliche Versuche finden und erläutern läßt wie alles in den vorausgegangenen Teilen des physikalischen Vorunterrichtes.

Indem dem letzten Abschnitt der Mechanik, dem mechanischen Verhalten der Gase, unmittelbar die Chemie folgt, findet diese, deren einfachste volumetrische Grundgesetze sich eben auf die Gase beziehen, in jenen vorausgegangenen physikalischen Lehren einen wirksamen Rückhalt und Anknüpfungspunkt. Umgekehrt finden jene innerhalb der Physik fast nur aus dem Verhalten der Luft abgeleiteten Gesetze nun ihre Erweiterung auf andere Gase, von denen Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlendioxyd usw. wieder innerhalb des Lehrsystems der Chemie eine durchaus grundlegende Rolle spielen. Da weitaus die meisten dieser Gase unsichtbar sind, wäre bei einer zu frühen Ansetzung der Chemie nach einer noch nicht festgewordenen Gewöhnung an physikalisches Beobachten ein geringer Erfolg des chemischen Vorunterrichtes nur zu erklärlich.

Auch bei den nun durch drei Semester physikalischen Unterrichts gereiften Schülern bleibt die nächstliegende Aufgabe dieses chemischen Unterrichtes: allenthalben eine Anknüpfung an das zu finden, was ebenfalls dem Schüler wieder aus dem gewöhnlichen Leben und zum Teil aus dem vorausgegangenen naturgeschichtlichen Unterricht schon in spontanen Wahrnehmungen bekannt geworden ist. Es wird nämlich schon der Unterricht der Pflanzenkunde in der I. und II. Klasse nicht versäumt haben, auf die Abhängigkeit des Pflanzenwuchses von dem Boden gelegentlich aufmerksam und dabei mit sinnfälligen petrographischen und mineralogischen Einzelheiten in der Umgebung des Schulortes bekannt zu machen. Werden überdies jetzt Luft und Wasser einerseits nach ihrem Einfluß auf die Gestaltung des Bodens, andererseits nach ihren chemischen Bestandteilen der Aufmerksamkeit und dem Verständnis des Schülers durch Beobachtungen und Versuche nahe gebracht, so ergibt sich eine ungezwungene Verbindung mineralogischer und chemischer Belehrungen, ohne daß in diesem ersten chemischen Unterricht dem im nächsten Schuljahr folgenden zusammenhängenden Mineralogieunterricht etwas vorweggenommen wird. Wenn aber diesem Chemieunterricht der Unterstufe im Vergleich zu früher auch eine etwa dreimal so große Unterrichtszeit und insbesondere das reifere Alter und die physikalische Vorschulung zustatten kommt, so wird er sich doch nicht zu einer Häufung des Stoffes durch mehr oder minder oberflächliches Berühren allzuvieler Grundstoffe und Verbindungen verleiten lassen, sondern an einer möglichst sparsamen Auswahl das Wesentliche der chemischen Betrachtungsweise dem Schüler nahe bringen. Des pädagogischen Taktes bedarf auf dieser Stufe insbesondere die schon durch die chemische Formelsprache unvermeidliche Atom- und Molekulartheorie der Chemie, da für die ihr zugrunde liegenden Tatsachen und die aus diesen zunächst abgeleiteten Vorstellungen (z. B. die Avogadro'sche Hypothese) die ausreichenden Begründungen auf dieser Stufe eben doch noch nicht gegeben werden können. Von den chemischen Formeln und Gleichungen wird überall nur soweit Gebrauch zu machen sein, als die durch sie ausgedrückten chemischen Stoffe und Vorgänge vom Schüler anschaulich aufgefaßt und ohne äußerliches Memorieren im Gedächtnisse festgehalten sind; auf jene Formeln auf der Unterstufe noch ganz zu verzichten ginge aber schon deshalb nicht an, weil sie auch teilweise unabhängig von den hypothetischen Atomvorstellungen der einfachste Ausdruck für die quantitativen Beziehungen zwischen den Bestandteilen der Verbindungen sind, die auch schon dem Anfänger als das für eine chemische Erscheinung Wesentliche geläufig werden sollen. —

Indem sich der Lehrplan für die **Oberstufe** mehrfach nur auf die kurze Nennung der in den einzelnen Schuljahren und Semestern zu behandelnden Abschnitte beschränkt, setzt er voraus, daß die Lehrbücher und Lehrer durch das berechtigte Bestreben, den Schüler in die Anfänge einer wissenschaftlichen Betrachtung einfachster Gegenstände der Physik (einschließlich Astronomie, Meteorologie und Chemie) einzuführen, sich nicht zu irgendwelcher Häufung der Einzelheiten verleiten lassen, durch die die Qualität des Unterrichtes und der

gesamte Unterrichtserfolg zu unvermeidlichem Schaden kämen. So wie in den Bemerkungen zum mathematischen Lehrplan z. B. nicht die einzelnen Sätze und Hilfssätze der Trigonometrie aufgezählt oder einzelne der letzteren vom Unterrichte ausdrücklich ausgeschlossen wurden, wird es auch für den physikalischen Unterricht der Einsicht des Lehrers überlassen bleiben dürfen, wieviel er z. B. an mathematischer Vertiefung einzelner Begriffe der Mechanik, an einzelnen der jeweilig neuesten und besten elektrischen Meßinstrumente u. dgl. m. in den Unterricht einbeziehen dürfe, ohne den Schüler zu überlasten oder ihm grundlegende Partien anderer Abschnitte ganz vorzuenthalten. Im ganzen hat ja eine vieljährige Unterrichtstradition das hierin Mögliche und Nötige schon gegeneinander abgegrenzt; sie muß aber zugleich schon im Hinblick auf den unaufhaltsamen Fortschritt der wissenschaftlichen und technischen Physik zu fortwährenden Revisionen die nötige Bewegungsfreiheit behalten. Ihr gegenüber bildet die Aufnahmefähigkeit des Schülers und die wirkliche geistige Förderung, die nur ein maßvoller physikalischer Unterricht ihm gewähren kann, eine über den wissenschaftlichen Rücksichten nie außer acht zu lassende didaktische Konstante. Daher zu den einzelnen Abschnitten der Oberstufe nur noch folgende Bemerkungen:

VII. Klasse: Die Mechanik hat auch auf der Oberstufe ihren physikalischen Charakter zu wahren, muß also auch hier wie auf der Unterstufe die experimentelle Erfahrung als Grundlage erkennen lassen und darf in der mathematischen Ausgestaltung nur so weit gehen, als es der innere Zusammenhang der mechanischen Erscheinungen (Bewegungen und Spannungen) für eine erste Einführung unentbehrlich macht. Hydro- und Aero-Mechanik werden nur in wenigen Einzellehren (z. B. Kapillarität, Strömungen, barometrische Höhenmessung, Diffusion) über eine zusammenfassende Wiederholung des Stoffes der Unterstufe hinauszufragen brauchen.

Die auf der Oberstufe nicht zu übergehenden molekularen und atomistischen Hypothesen werden in der Mechanik wie in der Wärmelehre erst dann einzuführen sein, wenn sie der Schüler als in den vorher und unabhängig von ihnen dargestellten Tatsachen selbst wohlbegründet zu erkennen vermag. Gleiches gilt später von den Lichthypothesen, die als eines der schönsten Beispiele für die Bestätigung der einen und Ausschließung der anderen Hypothese dem Schüler nicht nur physikalisch, sondern auch logisch bildenden Ertrag bringen.

Dem chemischen Unterricht wurde das halbe zweite Semester der VII. Klasse zugewiesen, damit er sich auf die bis dahin gewonnenen aeromechanischen und aerothermischen Grundlagen der physikalischen Chemie nunmehr wirklich stützen könne und die von der Unterstufe verbliebene Lücke ausgefüllt werde durch eine eigentliche Einsicht in das Wesen der chemischen Formelsprache. Bei richtiger Ausnützung eines ganzen Semesters Chemie auf der Unterstufe und eines halben auf der Oberstufe wird sich der auch dem Gymnasium nötigen Einsicht in die chemischen Grundtatsachen vollauf Rechnung tragen lassen.

Im Unterricht der VIII. Klasse Wellenlehre, Akustik und Optik in ununterbrochener zeitlicher Abfolge und so das erste Semester ausfüllend zu behandeln, wird sich nicht nur wegen der physikalischen Zusammengehörigkeit dieser Lehren empfehlen, sondern auch wegen des neben Akustik und Optik einhergehenden psychologischen Unterrichts der Gehör- und Gesichtsempfindungen. (Einzelne optische Versuche werden, soweit sie nicht ohnedies zum Teil sogar besser mit elektrischem Licht ausgeführt worden waren, sich im Sommer mit Sonnenlicht anlässlich der Wiederholung nachtragen lassen.)

Auch die Astronomie, die in der VII. Klasse anlässlich der Planetenbewegungen und des Gravitationsgesetzes sich auf die Beschreibung der himmlischen Bewegungen und dann auf die Dynamik der kosmischen Massen beschränkte (entsprechend der Entwicklung bis Newton), wird nun während des 1. Semesters der VIII. Klasse im Anschluß namentlich an die Spektralanalyse durch einige Mitteilungen aus der modernen physischen Astronomie zu ergänzen, übrigens der Schüler wie bisher das ganze Jahr hindurch auf jeweilig astronomisch Bemerkenswertes hinzuweisen sein.

Die Elektrizität und Magnetik des Sommersemesters gibt dann ungezwungenen Anlaß zu einer immanenten Wiederholung fast aller grundlegenden Lehren des bisher durchgenommenen Lehrstoffes, so daß der Hochschule entgegenreifende Schüler die ihm auferlegte Pflicht des „Wiederholens“ nicht mehr als etwas Äußerliches empfindet, sondern als eine in der Natur des Gegenstandes selbst liegende Vorbedingung für ein gründliches Verständnis des modernsten und in raschster Entwicklung begriffenen Zweiges unseres gesamten physikalischen Wissens. So behandelt, bildet dann das ein Semester hindurch fortgesetzte

Zusammenarbeiten von Lehrer und Schüler in diesem auf den früheren Abschnitten sich aufbauenden ausgewählten Abschnitt der Physik einen mehr als vollwertigen Ersatz der früheren mündlichen Maturitätsprüfung aus Physik. Die Reife des Schülers für physikalisches Denken und verständiges Beachten der schon in der Tagesliteratur immer neu zur Sprache kommenden Fortschritte der wissenschaftlichen und technischen Physik auch seitens gebildeter Nichtphysiker wird viel besser durch einen freien wissenschaftlichen Verkehr des Abiturienten mit seinem Lehrer angesichts eines neu hinzukommenden Abschnitts der Physik durch das ganze letzte Mittelschulsemester hindurch erprobt als durch das schülermäßige tägliche Abfragen „aufgegebener Wiederholungen“ und durch die Schauprüfung am Ende der ganzen Mittelschule.

Die beiden parallelen Versuchsreihen zur Ermittlung fundamentaler Sätze der Mechanik.

Von

Professor Dr. Emil Schulze in Berlin.

Kräfte rufen entweder Spannungen oder Beschleunigungen hervor. Merkwürdigerweise werden zur experimentellen Ermittlung fundamentaler Sätze der Mechanik wie des Kräfteparallelogrammsatzes, des Kosinussatzes, des Drehmomentensatzes stets nur die von den Kräften erzeugten Spannungen herangezogen, die ebenso wichtigen Beschleunigungen dagegen einfach übergangen. Welcher Grund dafür maßgebend ist, ist unverständlich. Die Schwierigkeit der Experimente kann der Grund nicht sein. Um das deutlich zu machen, will ich im folgenden mich bemühen, die Versuche mit so einfachen Mitteln ausführbar anzugeben, daß sie sich sämtlich zu Schülerübungen eignen sollen. Da beide Ermittlungsarten gleichberechtigt sind, soll die experimentelle Ableitung der Sätze in zwei parallelen Versuchsreihen geboten werden.

I. Das Kräfteparallelogramm.

a) Die Kräfte erzeugen Spannungen.

In der üblichen Versuchsanordnung werden die Spannungen in drei in einem Punkte verknüpften Fäden hervorgebracht. Ich habe in dieser Zeitschrift (Jahrgang 1906) vorgeschlagen, statt dessen die Spannungen in zwei Kautschukfäden AB und AC durch eine in A angreifende Kraft zu erzeugen. Dadurch wird erreicht erstens, daß die Spannungen allen Schülern deutlich sichtbar auftreten, zweitens, daß der Kräfteparallelogrammsatz durch den Versuch entdeckt wird, während der übliche Versuch nur zu seiner Bestätigung dient. Statt der Kautschukfäden benutze ich jetzt (Fig. 1) die im vorigen Jahrgange von МАЕХ beschriebenen Spiralen, weil sie die Größe der in den Spiralen durch die Kräfte bewirkten Spannungen sofort abzulesen gestatten.

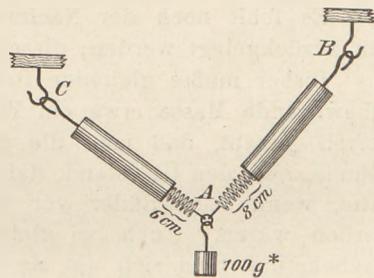


Fig. 1.

b) Die Kräfte erzeugen Beschleunigungen.

Die Versuchsanordnung ist von selbst gegeben. Die Masse m , die sich in A befindet (Fig. 2), werde auf glatter, horizontaler Fläche mit möglichst geringer Reibung von der Kraft k_1 in der Richtung AM , von der Kraft k_2 in der Richtung AN gezogen. Die Kräfte k_1 und k_2 seien Gewichte; zwei an der Masse m befestigte Fäden werden über die Rollen M und N geführt, und an ihre Enden werden die Gewichte

gehängt. Die zu überwindende Schwierigkeit besteht darin, daß die Kräfte k_1 und k_2 während der Bewegung der Masse m ihre Richtung nicht oder wenigstens nur un-erheblich ändern dürfen. Das wird dadurch erreicht, daß man die Rollen möglichst weit von A , etwa in einer Entfernung von 3 Metern, anbringt. Beispielsweise werde an dem einen Ende des Experimentiertisches die Masse m , am andern die Rolle M mit dem Gewichte $k_1 = 20 \text{ g}^*$ und unter einem rechten Winkel zu AM die Rolle N mit dem Gewichte $k_2 = 15 \text{ g}^*$ aufgestellt. Das erste Gewicht befinde sich $s_1 = 20 \text{ cm}$ über der Platte PQ , das zweite $s_2 = 15 \text{ cm}$ über der Platte RS . Läßt man k_1 allein auf m wirken, so legt m den Weg $AB = s_1$ zurück, läßt man k_2 allein wirken, so

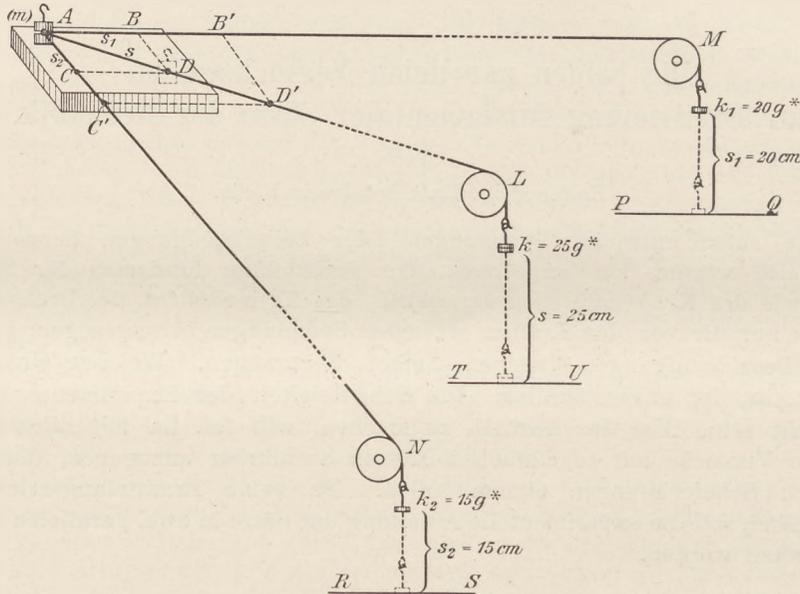


Fig. 2.

legt m den Weg $AC = s_2$ zurück; läßt man beide Kräfte zugleich wirken, so legt m den Diagonalweg $AD = s = 25 \text{ cm}$ zurück. Damit ist das Wegeparallelogramm durch den Versuch hervorgebracht.

Es fehlt noch der Nachweis, daß Einzelwege und Diagonalweg in derselben Zeit zurückgelegt werden; dieser Nachweis bereitet einige Schwierigkeiten.

Bisher mußte gleitende Bewegung gewählt werden, denn würde man als fortzubewegende Masse etwa ein Wägelchen genommen haben, so hätte das zwar den Vorteil gehabt, daß man die geringe Reibung ganz unberücksichtigt hätte lassen können, aber den Übelstand, daß der Wagen den Diagonalweg nur dann eingeschlagen hätte, wenn seine Räder vor Beginn der Bewegung in diese Richtung eingestellt worden wären. Auch bei gleitender Bewegung kann man die Reibung so gering machen, daß man sich um sie nicht zu kümmern braucht, wenn man nämlich die Masse m sehr klein wählt. Das ist bei dem ersten Versuche geschehen. Jetzt aber, wo eine meßbare Zeit, etwa 1 Sekunde, zur Zurücklegung der Wege vergehen soll, muß die Masse m ziemlich groß genommen werden, dann aber würde sich namentlich bei Beginn der gleitenden Bewegung die Reibung in unliebsamer Weise geltend machen. Nachdem jedoch durch den ersten Versuch die Richtung des Diagonalweges festgestellt ist, steht nichts im Wege, jetzt als zu bewegende Masse ein Wägelchen zu nehmen und es so zu belasten, daß die Einzelwege $AB = 20 \text{ cm}$, $AC = 15 \text{ cm}$ unter Einwirkung der Kräfte $k_1 = 20 \text{ g}^*$ bzw. $k_2 = 15 \text{ g}^*$ genau in einer Sekunde zurückgelegt werden. Dann zeigt der Versuch, daß durch Zusammenwirken beider

Kräfte der Diagonalweg $AD = 25$ cm ebenfalls in 1 Sekunde durchlaufen wird. Stellt man ein Metronom auf, das z. B. in der Sekunde 3 Schläge macht, so wird der dritte Metronomschlag, das Aufschlagen der Gewichte auf die Platten PQ und RS sowie der Masse m an eine Barriere, die sie an weiterer Fortbewegung hindert, gleichzeitig gehört.

Da die Beschleunigung durch den doppelten Weg der ersten Sekunde dargestellt wird, so ist das Parallelogramm $AB'C'D'$, in dem AB' und AC' doppelt so lang wie AB und AC sind, das Beschleunigungsparallelogramm.

Wenn es sich endlich um Aufstellung des Kräfteparallelogramms handelt, so wird man der Vollständigkeit halber noch durch einen Versuch feststellen, daß der Weg AD durch eine in der Richtung des Weges wirkende Kraft $k = 25$ g* ebenfalls in 1 Sekunde zurückgelegt wird; das Parallelogramm $ABCD$ kann also auch das Kräfteparallelogramm darstellen.

Schließlich sei bemerkt, daß man später bei Durchnahme des Energiegesetzes auf diesen Versuch als ein vortreffliches Beispiel zur Erläuterung des Gesetzes noch einmal zurückgreifen kann. Die Kraft $k = 25$ g* leistet während der Sekunde, in der sie die Masse m von A nach D bringt, die Arbeit $A = 25 \cdot 25 = 625$ Grammzentimeter. Diese Arbeit ist zur Hervorbringung von Bewegungsenergie verwendet worden. Setzen andererseits die beiden Kräfte $k_1 = 20$ g* und $k_2 = 15$ g* die Masse m gleichzeitig in Bewegung, so leisten sie die Arbeiten $A_1 = 20 \cdot 20$ und $A_2 = 15 \cdot 15$ Grammzentimeter, deren Summe ebenfalls 625 Grammzentimeter beträgt; infolgedessen ist auch die erzeugte Bewegungsenergie dieselbe wie vorhin.

II. Die zwangläufige Bewegung. Der Kosinussatz.

Fast alle Bewegungen gehen auf gezwungener Bahn vor sich, wie GRIMSEHL in dieser Zeitschrift (Jahrgang 1904) hervorgehoben hat. Wenn dem so ist, so gebührt ihrer Behandlung eine größere Beachtung, als es bisher geschieht. Die beiden wichtigsten zwangläufigen Bewegungen sind die geradlinigen und die kreisförmigen.

a) Die Kräfte erzeugen Spannungen.

1. Die zwangläufige Bewegung sei geradlinig. Statt des von GRIMSEHL beschriebenen Apparates bediene ich mich einer Vorrichtung, die sich im wesentlichen schon in meinem Aufsätze „Die Spannungen im festen Körper“ (ds. Zeitschr., Jahrgang 1906) angegeben findet, und der für vorliegenden Zweck folgende Form gegeben ist: An einen kleinen Messingring (Fig. 3) sind drei Seidenfäden geknüpft, zwei sind über die Rollen R und S geführt, die an einem hölzernen Rahmengestell angeschraubt sind, der dritte Faden ist an der Nadel PQ , die auf den Rollen P und Q des Gestells rollt, befestigt. Hängt man an die Enden der beiden ersten Fäden Gewichte k und k_1 , so bewegt sich der Ring geradlinig, und bald stellt sich von selbst Gleichgewicht ein. Die Schüler beobachten, daß der Faden A_1T stets senkrecht zur Nadel PQ sich befindet, wie man auch die Kräfte k und k_1 in Größe und Richtung abändern möge; noch deutlicher tritt das hervor, wenn man das Gestell um die Kante VW dreht. Die Nadel rollt hierbei nicht herunter, sondern wird durch die Druckkomponenten der Kräfte k und k_1 an die Rollen P und Q gepreßt. In Fig. 3 ist die Rolle R so an das Gestell geschraubt, daß $k = 60$ g* parallel zur Nadel einen Zug ausübt. Wählt man als Gegenkraft $k_1 = 100$ g*, so ist ihre Zugkomponente $k_1 \cdot \cos \alpha_1$; da der Wert von $\cos \alpha_1 = \frac{A_1 U}{A_1 S}$ durch den Versuch schnell bestimmt werden kann, so ist die Richtigkeit der Gleichung $k_1 \cdot \cos \alpha_1 = k$ durch den Versuch leicht nachweisbar. Den Wert der Druckkomponente $k_1 \sin \alpha_1 = 80$ g* kann man die Schüler ablesen lassen, wenn man den Faden A_1T durch eine MÆYSEsche Spirale ersetzt; die Druckkomponente

zieht aus ihr 80 mm heraus, vorausgesetzt natürlich, daß die Rolle R so eingestellt worden ist, daß für den Fall des Gleichgewichts A, R parallel zur Nadel ist.

Legt man zu dem Gewicht von 100 g^* noch 20 g^* zu, bzw. nimmt 20 g^* weg, so bewegt sich der Ring zwangsläufig in gerader Linie, von A_1 nach A_2 bzw. nach A_3 .

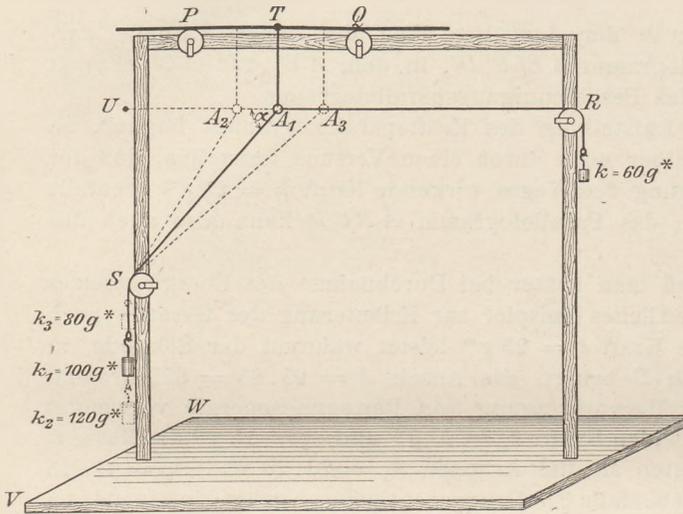


Fig. 3.

die Widerstandskraft der Nadel senkrecht zu ihr wirkte, und daß ihre Größe sich direkt ablesen ließ. Endlich gestattet eine geringe Abänderung des Versuchs, das Gesetz der schiefen Ebene als leichte Folgerung aus dem Kosinussatz zu ermitteln (hierüber weiter unten, Fig. 7).

2. Die zwangsläufige Bewegung sei kreisförmig. An einen kleinen Messingring A (Fig. 4) sind drei Seidenfäden geknüpft, zwei Fäden sind über die Rollen R und S_1 geführt, der dritte ist an der Achse M befestigt. Hängt man an die Enden der beiden ersten Fäden Gewichte k und k_1 , so bewegt sich A kreisförmig, und bald stellt sich von selbst Gleichgewicht ein. In Fig. 4 ist die Rolle R so angeschraubt, daß für den Fall des Gleichgewichts A sich vertikal über M befindet und AR eine horizontale Lage hat; k ist $= 60\text{ g}^*$, $k_1 = 100\text{ g}^*$ gewählt. Auf einem weißen Blatt Papier, das sich hinter dem Fadensystem befindet, stelle man die Kraft $k = 60\text{ g}^*$ durch die Gerade $AB = 60\text{ mm}$, die Kraft $k_1 = 100\text{ g}^*$ durch die Linie $AC_1 = 100\text{ mm}$ dar, so bedeutet die Projektion AD die Zugkomponente $k_1 \cos \alpha_1$, die der Kraft k gleich und entgegengesetzt gerichtet ist; ihre Messung ergibt die Länge von 60 mm .

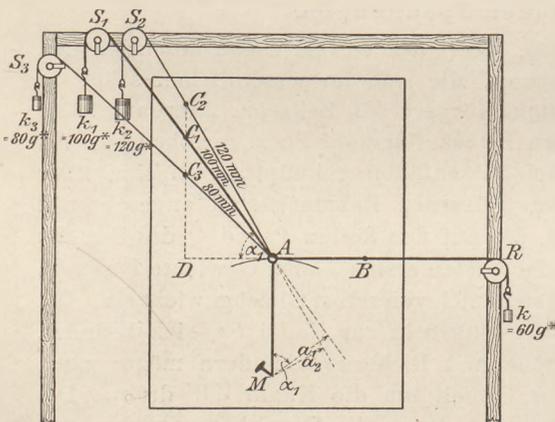


Fig. 4.

Legt man jetzt zu dem Gewicht von 100 g^* noch 20 g^* zu, bzw. nimmt 20 g^* weg, so macht A eine zwangsläufige Drehbewegung, im ersten Augenblick in horizontaler Richtung. Um A wieder in seine erste Lage, vertikal über M , zurückzubringen, muß die Rolle S_1 verschoben werden, von S_1 nach S_2 bzw. S_3 . Mißt man die Strecken

Als Bedingung der Gleichwertigkeit der Kräfte k_1, k_2, k_3 ergibt sich die Gleichung $k_1 \cos \alpha_1 = k_2 \cos \alpha_2 = k_3 \cos \alpha_3$. Hiermit ist der Kosinussatz der Mechanik für den Fall, daß die Kräfte Spannungen hervorrufen, erläutert.

Die beschriebene Vorrichtung scheint mir gewisse Vorzüge vor dem GRIMSELSCHEN Apparat zu haben, vor allem den, daß sie nichts kostet, wenigstens dann nicht, wenn ein Rahmengestell in der Sammlung vorhanden ist, was wohl meist der Fall sein dürfte. Weitere Vorzüge sind, daß durch den Versuch nachgewiesen werden konnte, daß

geföhrt, der dritte ist an der Achse M befestigt. Hängt man an die Enden der beiden ersten Fäden Gewichte k und k_1 , so bewegt sich A kreisförmig, und bald stellt sich von selbst Gleichgewicht ein. In Fig. 4 ist die Rolle R so angeschraubt, daß für den Fall des Gleichgewichts A sich vertikal über M befindet und AR eine horizontale Lage hat; k ist $= 60\text{ g}^*$, $k_1 = 100\text{ g}^*$ gewählt. Auf einem weißen Blatt Papier, das sich hinter dem Fadensystem befindet, stelle man die Kraft $k = 60\text{ g}^*$ durch die Gerade $AB = 60\text{ mm}$, die Kraft $k_1 = 100\text{ g}^*$ durch die Linie $AC_1 = 100\text{ mm}$ dar, so bedeutet die Projektion AD die Zugkomponente $k_1 \cos \alpha_1$, die der Kraft k gleich und entgegengesetzt gerichtet ist; ihre Messung ergibt die Länge von 60 mm .

$A C_2$ und $A C_3$, so werden sie genau gleich 120 mm und 80 mm gefunden, stellen also die Kräfte $k_2 = 120 \text{ g}^*$ und $k_3 = 80 \text{ g}^*$ dar. Um auch äußerlich sichtbar zu machen, daß die drei Kräfte k_1, k_2, k_3 dieselbe Spannung im Faden $A R$ hervorrufen, kann man eine MAEYSche Spirale einschieben, aus der jede der drei Kräfte 60 mm herauszieht. Die Versuche haben hiernach als Bedingung für die Gleichwertigkeit der Kräfte k_1, k_2, k_3 ergeben, daß die Gleichungen $k_1 \cdot \cos \alpha_1 = k_2 \cdot \cos \alpha_2 = k_3 \cdot \cos \alpha_3$ erfüllt sein müssen.

Eine wichtige zwangsläufige Kreisbewegung, die des Fadenpendels, sei kurz erwähnt. Zur Erläuterung läßt sich der Versuch Fig. 1 heranziehen; der Faden des Fadenpendels ist hier durch die MAEYSche Spirale $A B$ ersetzt. Die radiale Komponente der Schwerkraft ruft in $A B$ die Spannung hervor, während die tangentielle Komponente, deren Wert die andere MAEYSche Spirale angibt, die Beschleunigung bewirkt.

b) Die Kräfte erzeugen Beschleunigungen.

1. Die zwangsläufige Bewegung sei geradlinig. In den Versuchen Fig. 3 wurde zwar die geradlinige Bewegung des kleinen Messingrings beobachtet, aber nur der Gleichgewichtszustand wurde untersucht. Jetzt werde die Gegenkraft k beseitigt und der Bewegungszustand der Masse m unter Einwirkung einer der Kräfte k_1, k_2, k_3 der Untersuchung unterzogen. Durch das Experiment werde festgestellt, daß auch jetzt der Kosinussatz seine Gültigkeit behält.

Auf die Rollen P und Q des Rahmengestells werde statt der für den folgenden Versuch allzu biegsamen Nadel ein langes Holzlineal gelegt und in dessen Mitte die Masse m angehängt (Fig. 5). Die rollende Reibung ist so gering, daß das Gestell nur unmerklich schräg gestellt zu werden braucht, um das Lineal beim geringsten Anstoß zum Rollen zu bringen. Jetzt werde ein Seidenfaden an die Masse m geknüpft und in horizontaler Richtung über die Rolle R geführt; an seinem Ende hänge das Gewicht k . Dessen Größe sei so gewählt, daß es die Masse m genau in einer Sekunde, nach 3 Metronomschlägen, von der einen Rolle zur andern, von A nach B bringt, wo $A B = s$ etwa 20 cm betrage.

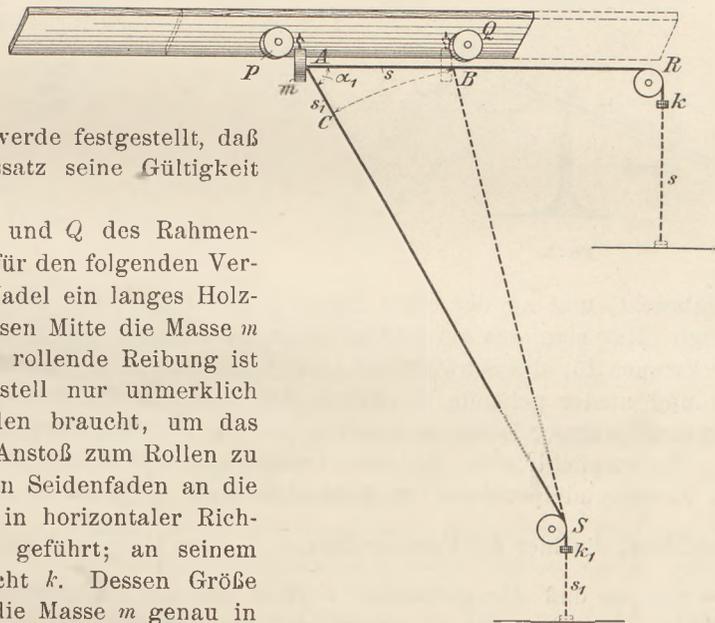


Fig. 5.

Hierauf werde der Faden durch einen 2 bis 3 m langen Faden ersetzt und dieser über die Rolle S geführt; $\triangle R A S = \alpha_1$ betrage z. B. 60° . Dann lehrt der Versuch, daß das Gewicht k_1 , das am Ende des Fadens hängt, gemäß der Gleichung $k_1 \cdot \cos \alpha_1 = k$, gleich $2k$ gewählt werden muß, um die Masse m ebenfalls in einer Sekunde von A nach B zu bringen. Der Grund, weshalb der Faden $A S$ möglichst lang sein muß, ist derselbe wie der bei Behandlung des Kräfteparallelogramms angegebene: die auf die Masse m wirkende Kraft k_1 soll während der Bewegung der Masse nicht nur ihre Größe, sondern auch möglichst ihre Richtung beibehalten. Diese Bedingung hat den Nachteil im Gefolge, daß man die Rolle S sehr tief, nicht weit vom Fußboden, das Rahmengestell sehr hoch aufstellen muß, wodurch das Experimentieren erschwert wird. Trotzdem gelingt der Versuch recht gut; das An-

schlagen der Masse m an die Rolle Q wird genau nach 3 Metronomschlägen gehört, die Kräfte k und k_1 sind also in bezug auf die zwangsläufige Bewegung gleichwertig.

Auch diesen Versuch könnte man später bei Behandlung des Energiegesetzes als Beispiel heranziehen. Der Versuch hat gezeigt, daß durch die Arbeit des Gewichts k_1 derselbe Bewegungszustand erzeugt worden ist wie durch die Arbeit des Gewichts k , es muß also $k \cdot s = k_1 \cdot s_1$ sein. Dies ist in der Tat der Fall, denn da die Fadenlänge (Fig. 5) gleich $AC + CS$ bzw. gleich $BS + s_1$, also AC oder $s \cdot \cos \alpha_1$ gleich s_1 ist, so folgt: $k_1 \cdot s_1 = k_1 \cdot s \cdot \cos \alpha_1 = k \cdot s$. In unserm Beispiele, wo $s = 20$ cm, $k_1 = 2k$ gewählt ist, ergibt Rechnung und Messung für s_1 den Wert $s_1 = 10$ cm.

2. Die zwangsläufige Bewegung sei kreisförmig. Wie bei der zwangsläufigen geradlinigen Bewegung die Untersuchung des Gleichgewichtszustandes (Fig. 3) nicht genügte, sondern die des Bewegungszustandes (Fig. 5) folgte, so auch hier bei der zwangsläufigen Kreisbewegung. Die Gegenkraft k (Fig. 4) werde beseitigt, und nur die Kraft k_1 wirke, die jetzt mit dem Buchstaben k bezeichnet werden möge. Damit letztere Kraft nicht nur der Größe, sondern auch annähernd der Richtung nach konstant sei, werde die Rolle S einige Meter von der Masse m entfernt angebracht. Ein Seidenfaden werde an die Masse m geknüpft und über die Rolle geführt; das an seinem Ende hängende Gewicht k bewirkt ein Hin- und Herpendeln der Masse m .

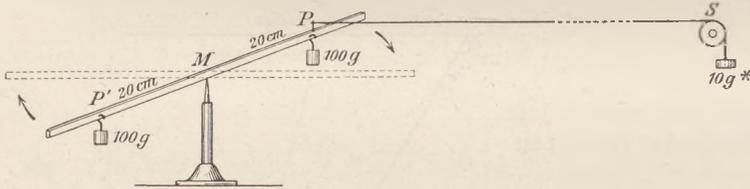


Fig. 6.

In Fig. 6 ist ein 8 g schweres, 60 cm langes Holzstäbchen mit seiner Mitte auf die Stahlspitze M gesetzt, so daß es sich auf ihr leicht dreht. Im Abstände $r = 20$ cm sind am Stäbchen zwei Massen von je 100 g

angebracht, und an der einen Masse ist der Faden, der über die Rolle S führt, befestigt. Hat man das am Faden hängende Gewicht gleich 10 g^* gewählt, so ergibt der Versuch für die Schwingungsdauer 2 Sekunden. Die Schüler beobachten, daß die auf und nieder gehende Bewegung des Gewichts das Pendeln hervorruft; bei der Abwärtsbewegung leistet es positive, bei der Aufwärtsbewegung negative Arbeit.

Es empfiehlt sich, die eben beschriebene Pendelbewegung vor Inangriffnahme des Fadenpendelproblems zu behandeln und in üblicher Weise die Pendelformel

abzuleiten, die hier die Form annimmt: $T = \pi \cdot \sqrt{\frac{r \cdot m}{k}}$. Für das Fadenpendel ist

$k = mg$, so daß die gefundene Formel die des Fadenpendels als speziellen Fall enthält. MACH hat, um zu zeigen, daß die Pendelformel auch für eine andere Beschleunigung als die Erdbeschleunigung richtig bleibt, den bekannten Apparat konstruiert, bei dem das Pendel nicht in vertikaler Ebene schwingt. Nach meiner Meinung ist die Vorrichtung Fig. 6 hierzu geeigneter, denn sie gestattet es, die Formel in bezug auf ihre Richtigkeit durch Abänderung der Größen r , m , k zu prüfen. Beispielsweise bleibt die Schwingungsdauer unverändert, wenn Masse und Kraft oder Radius und Kraft verdoppelt werden.

III. Die schiefe Ebene.

Die wichtigste zwangsläufige Bewegung auf ebener Bahn ist die auf schiefer Ebene.

a) Die Last in Ruhe.

In Fig. 7a ist zur Darstellung gebracht, wie die an der Nadel PQ hängende Last $L = 100 \text{ g}^*$ aus einer MAEYSchen Spirale 6 cm herausgezogen hat. Noch ein-

dringender ist der Versuch Fig. 7b, wo die Last $L = 100\text{ g}^*$ aus der einen MAEY-schen Spirale 8 cm, aus der andern 6 cm herausgezogen hat, so daß sowohl der Wert der Druckkomponente als der Bewegungskomponente direkt abgelesen werden kann.

b) Die Last in Bewegung.

Die Formel, die in erster Linie einer Bestätigung durch den Versuch bedarf, ist $s = \frac{1}{2} g t^2 \cdot \sin \varphi$, doch ist die Ausführung des Versuchs bekanntlich schwierig, weil bei gleitender Bewegung die Reibung störend wirkt und bei rollender ein Teil der Energie zur Hervorbringung des Rollens verwendet wird. Immerhin dürfte folgender Versuch nicht überflüssig sein: Man läßt eine

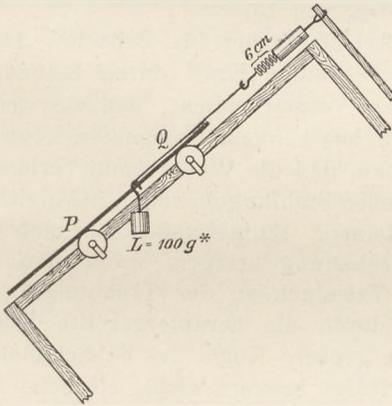


Fig. 7a.

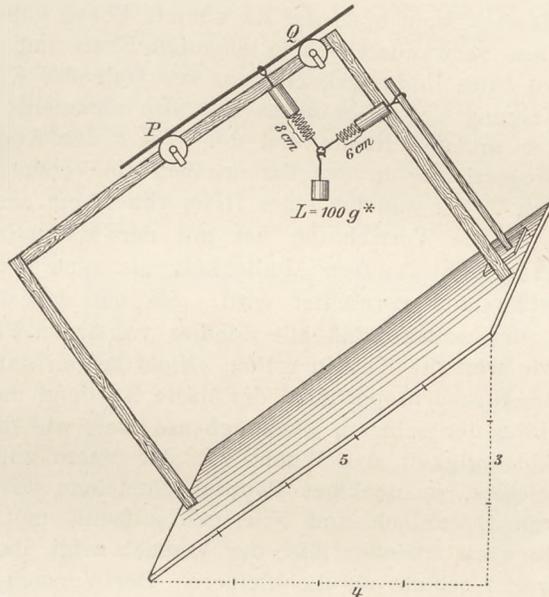


Fig. 7b.

Stahlkugel durch ein 2 m langes Glasrohr (bzw. in einer 2 m langen Rinne) rollen und gleich nach Verlassen des Glasrohrs von einem eisernen Gefäß auffangen; beispielsweise schlug bei Höhen von 10, 16, 28, 64 cm die Kugel nach 10, 8, 6, 4 Metronomschlägen (3 Schläge in 1 Sekunde) an das Gefäß. Berechnet man die Höhen aus obiger Formel, so findet man ihre Werte gleich $\frac{5}{7}$ der durch den Versuch erhaltenen Werte, wofür an späterer Stelle eine Erklärung zu geben ist.

Wichtiger als dieser Versuch ist die experimentelle Bestätigung des aus der Formel $v^2 = 2gh$ sich ergebenden Satzes, daß die Geschwindigkeiten der unten ankommenden Körper gleich groß sind, sobald sie von gleicher Höhe herabkommen. Die Fig. 8 veranschaulicht einen Versuch, bei dem Stahlkugeln auf einem 50 cm langen

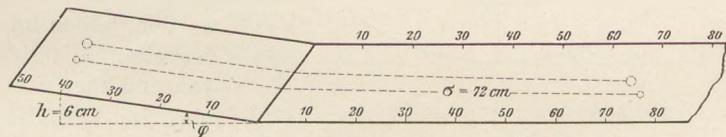


Fig. 8.

Streifen aus blankem Eisenblech aus einer Höhe von 6 cm in schwacher Neigung heruntergerollt, nach Verlassen des Blechs auf einem Streifen aus dickem, rauhem Friestuch weiter gerollt und endlich durch die Reibung auf dem Friestuch zur Ruhe gekommen sind. Der Versuch zeigte, daß die Kugeln, kleine und große, fast genau gleich weit, im Durchschnitt 72 cm weit gerollt waren, mochte die Länge der schiefen Ebene 30 cm oder 40 cm oder 50 cm gewählt sein. Die Neigung des Eisenblechs gegen den Horizont darf nur schwach sein, denn die Kugeln beginnen ihre Bewegung auf dem Friestuch nicht mit der Geschwindigkeit v , sondern nur mit

der Komponente $v \cdot \cos \varphi_1$ bzw. $v \cdot \cos \varphi_2$ bzw. $v \cdot \cos \varphi_3$, doch unterscheiden sich diese Komponenten bei schwacher Neigung wenig voneinander. Biegt man das Eisenblech etwas und läßt die Kugeln aus einer Höhe von 6 cm herunter rollen, so legen sie auch jetzt einen Weg von 72 cm auf dem Friestuch zurück, der oben angeführte Satz bleibt also auch bei gebogenem Eisenblech gültig.

Die letzten Versuche lassen sich vortrefflich dazu verwenden, die Umwandlung von Arbeit in lebendige Kraft und umgekehrt zu zeigen. Wird die Kugel von der Masse m h cm hoch auf die schiefe Ebene gehoben, so ist die geleistete Arbeit $mg \cdot h$, diese verwandelt sich in lebendige Kraft und diese annähernd in die Arbeit $f \cdot mg \cdot \sigma$, wo f der Reibungskoeffizient von rollender Kugel und Friestuch ist. Bei schwacher Neigung des Eisenblechs gilt also annähernd die Formel $h = f \cdot \sigma$, d. h. die Höhe der schiefen Ebene und der Weg σ der Kugel auf dem Friestuch sind annähernd proportional; in der Tat ergaben die Versuche bei einer Höhe von 6 cm einen Weg von 72 cm und bei einer Höhe von 12 cm einen Weg von 137 cm.

Die Vorrichtung hat mit der MAEY'schen Arbeitsschiene (ds. Zeitschr., Jahrgang 1908) insofern Ähnlichkeit, als auch bei ihr lebendige Kraft durch Reibungswiderstand vernichtet wird. Sie hat vor ihr den Vorzug einmal, daß sie wenig kostet, sodann daß alle Schüler von ihren Plätzen aus bequem beobachten können, wie weit die Kugeln rollen. Nicht zeigen kann man, daß die Wucht beim Verlassen des Blechs proportional der Masse ist, denn die großen Stahlkugeln rollen bei gleicher Höhe der schiefen Ebene ebenso weit wie die kleinen. Einigermaßen läßt sich die Abhängigkeit der Wucht von der Masse zur Anschauung bringen, wenn man ein leichtes, rechteckiges Pappschächtelchen auf das Friestuch an der Trennungskante von Eisenblech und Friestuch aufstellt und es durch die heruntergerollte Kugel vorwärts schieben läßt; der Versuch zeigt, daß die größere Kugel das Schächtelchen weiter schiebt als die kleinere. Der Versuch befriedigt insofern nicht, als beim Zusammenstoß zuviel lebendige Kraft verloren geht, wodurch eine Kontrolle der Versuchsergebnisse durch eine Formel unmöglich wird.

Ich möchte die Gelegenheit ergreifen, hier hervorzuheben, daß mittels meines Pendelapparats (ds. Zeitschr., Jahrgang 1908) wohl am einleuchtendsten der experi-

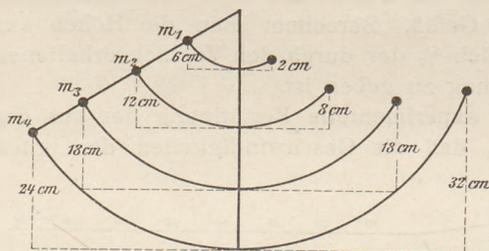


Fig. 9.

mentelle Beweis erbracht wird, daß die Wucht nicht etwa proportional der Geschwindigkeit, sondern proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit ist. Die vier Massen m_1, m_2, m_3, m_4 (Fig. 9), die bei der Abwärtsbewegung ein physisches Pendel bilden, bei der Aufwärtsbewegung frei werden, haben im tiefsten Punkte Geschwindigkeiten, die sich wie 1:2:3:4 verhalten, während ihre Steighöhen, wie der Versuch lehrt, im Verhältnis 1:4:9:16 stehen. Der

im Jahrgang 1908 beschriebene Apparat besteht aus 7 Kugeln; da deren Wucht im tiefsten Punkte sehr groß ist, muß der Apparat sehr standhaft gebaut sein. Die Firma ERNECKE (Berlin-Tempelhof) will auch aus 4 Kugeln einen kleineren, weniger kräftigen Apparat herstellen und ihn zu etwas billigerem Preise liefern.

IV. Der Drehmomentensatz.

a) Die Kräfte erzeugen Spannungen.

Spannungen sind bisher nur in Fäden erzeugt worden. Wenn wir jetzt zur Ableitung des Drehmomentensatzes uns wenden und damit von der Dynamik des materiellen Punktes zu der des festen Körpers übergehen, so stellt es sich unbedingt

als notwendig heraus, auf die Spannungen im festen Körper selbst und die Kraftübertragung von Teilchen zu Teilchen einzugehen. Das geschieht in den Lehrbüchern nur selten, obwohl in dieser Zeitschrift wiederholt für eine derartige Behandlung eingetreten ist. Meist begnügt man sich bei Ableitung des Drehmomentensatzes mit einer Zeichnung an der Wandtafel: die in einer Ebene liegenden Kräfte k und k_1 werden nach ihrem Schnittpunkt A verlegt, das Kräfteparallelogramm wird gezeichnet und von einem Punkte M der Diagonale bzw. deren Verlängerung werden die Lote a und a_1 gefällt, worauf der mathematische Beweis geführt wird, daß für den Fall des Gleichgewichts $k \cdot a = k_1 \cdot a_1$ ist. Hinterher wird dann eine experimentelle Bestätigung dieser Formel, etwa mittels der HARTLSchen Drehscheibe, geboten.

Sehen wir vorläufig davon ab, daß die Spannungen in dem festen Körper hierbei ganz unberücksichtigt bleiben, so gefällt mir nicht, daß das Experiment erst zur Bestätigung des theoretisch gefundenen Resultats herangezogen wird. Es läßt sich sehr leicht einrichten, daß eine Zeichnung, wie sie eben beschrieben ist, durch das Experiment selbst vor den Augen der Schüler hervorgebracht wird.

In einem Stück Papier sind in M und M' Fäden befestigt (Fig. 10); an dem einen Ende hängt ein Gewicht $K = 80 \text{ g}^*$, der andere Faden ist nach oben über eine Rolle geführt, und an seinem Ende hängt ebenfalls ein Gewicht $K' = 80 \text{ g}^*$. Das Papier befindet sich unter der Einwirkung beider Kräfte im Gleichgewicht; sein Eigengewicht ist so gering, daß es durch die an der Rolle stattfindende Reibung aufgehoben wird. Durch eine Verlegung der Kraft K' von M' nach A wird das Gleichgewicht nicht gestört, ebensowenig wenn K' durch die Komponenten $k = 60 \text{ g}^*$ und $k_1 = 100 \text{ g}^*$ ersetzt wird, und wenn deren Angriffspunkte von A nach N bzw. P verlegt werden. Wir haben hier ein erstes Beispiel, wo drei Kräfte K, k, k_1 einen Körper im Gleichgewicht halten. Bedingung des Gleichgewichts ist: die Kräfte schneiden sich, nach entgegengesetzten Richtungen verlängert, in einem Punkte, und die Resultante zweier dieser Kräfte ist gleich und entgegengesetzt gerichtet der dritten Kraft. Vergrößern wir die Kraft K , die kleiner als $k + k_1$ ist, durch Zulegen von Gewichten, so rückt der Schnittpunkt immer weiter fort, und machen wir schließlich $K = k + k_1$, so nehmen die Kräfte parallele Richtung an; zur Anstellung des letzten Versuchs ersetzt man das biegsame Papier durch ein Stückchen steifer Pappe.

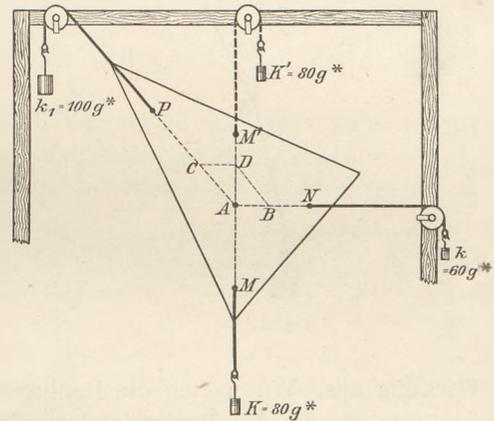


Fig. 10.

Da das Papier unter Einwirkung der drei Kräfte K, k, k_1 stark gespannt ist, so bietet diese Beobachtung einen passenden Anknüpfungspunkt, die Spannungen im festen Körper zu erörtern. Die Papierteilchen verhalten sich den äußeren Kräften gegenüber nicht passiv, sondern der durch eine äußere Kraft ausgeübte Zug pflanzt sich von Teilchen zu Teilchen fort, die Teilchen verschieben sich, und es bilden sich innere Spannkraften aus, die im Falle des Gleichgewichts für jedes Teilchen die Resultante Null haben. Das wird den Schülern einleuchten, und doch dürfte es sich empfehlen, Versuche vorzuschicken, die die Richtigkeit des Gesagten veranschaulichen. In meinem Aufsätze „Die Spannungen im festen Körper“ (ds. Zeitschr., Jahrgang 1906) habe ich das genauer ausgeführt. Hier nur soviel, daß Fadensysteme, wie sie dort beschrieben sind, sich ohne die geringsten Kosten mit leichter Mühe herstellen lassen; beispielsweise ist $ABCDEF$ (Fig. 11), wenn die drei äußeren

Kräfte nicht wirken, ein Gummiring, wie er zum Zusammenhalten kleiner Pakete in den Geschäften benutzt wird; ein kurzer Gummifaden, aus eben solchem Ringe geschnitten, ist von D über B nach F geführt. Läßt man in den drei Punkten A , C , E äußere Kräfte angreifen, so verschieben sich die Fadenteilchen so lange gegeneinander, bis die inneren Spannkkräfte in jedem Punkte die Resultante Null haben; in D und F

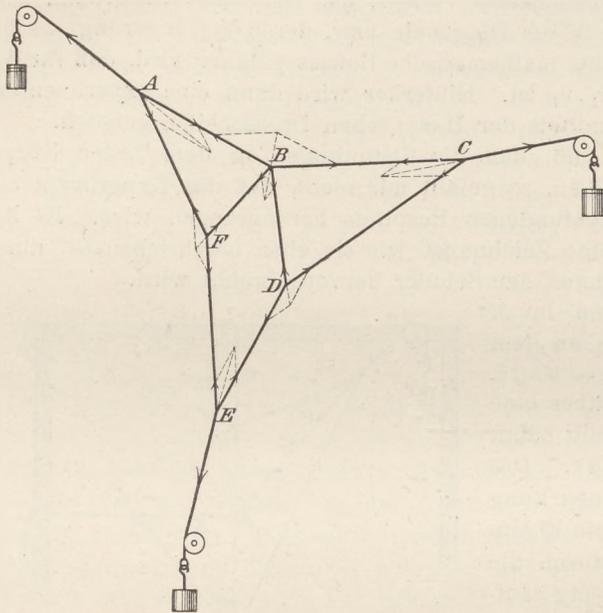


Fig. 11.

treten drei, in B vier solcher inneren Spannkkräfte auf, und das Fadensystem nimmt die Form Fig. 11 an.

Die in M angreifende Kraft K (Fig. 10) ersetzen wir jetzt durch den Widerstand eines Nagels, den wir in M durch das Papier in eine dahinter befindliche Holzleiste schlagen; die Kräfte k und k_1 suchen jetzt das Papier um M zu drehen.

Zur weiteren Erläuterung diene Fig. 4, die hier eine andere Bedeutung hat wie oben. In dem früheren Versuche war das Papier in fester Stellung und diente nur zur Anfertigung der Zeichnung, die die Spannung in den Fäden veranschaulichen sollte, jetzt ist das Papier um M drehbar, und die Kräfte üben auf es eine spannende

Wirkung aus. Wir wollen die Bedingung der Gleichwertigkeit zweier Kräfte k_1 und k_2 auffinden, die das Papier in demselben Sinne um M zu drehen suchen. Wir verlegen die Angriffspunkte der Kräfte nach ihrem Schnittpunkte A und bringen in A als Gegenkraft, die das Papier in entgegengesetztem Sinne zu drehen sucht, die Kraft k an. Wie in dem analogen Versuche ist auch hier die Rolle R so angeschraubt, daß für den Fall des Gleichgewichts Punkt A sich vertikal über M befindet, und AR eine horizontale Lage hat. Wie dort, so sind auch hier $k = 60 \text{ g}^*$, $k_1 = 100 \text{ g}^*$ gewählt und durch die Geraden $AB = 60 \text{ mm}$ und $AC_1 = 100 \text{ mm}$ dargestellt. Legt man zu dem Gewicht von 100 g^* noch 20 g^* zu, bzw. nimmt 20 g^* weg, so macht die Scheibe eine drehende Bewegung, A bewegt sich zwangläufig im Kreise, im ersten Augenblick in horizontaler Richtung. Um Punkt A wieder in seine erste Lage, vertikal über M , zurückzubringen, muß die Rolle S_1 verschoben werden, von S_1 nach S_2 bzw. S_3 . Mißt man die Strecken AC_2 und AC_3 , so werden sie genau gleich 120 mm und 80 mm gefunden, stellen also die Kräfte $k_2 = 120 \text{ g}^*$ und $k_3 = 80 \text{ g}^*$ dar. Es erregt großes Interesse bei den Schülern, daß die jetzigen Versuche auf demselben Blatt Papier dieselbe Zeichnung hervorrufen wie die analogen früheren Versuche, wo in dem Fadensystem Spannungen erzeugt wurden. Die Annahme liegt nahe, daß ähnliche Spannungen sich jetzt im Papier ausgebildet haben werden.

Da die Bewegung zwangläufig ist, so muß nach dem Kosinussatz als Bedingung der Gleichwertigkeit der Kräfte k_1 und k_2 die Gleichung erfüllt sein: $k_1 \cdot \cos \alpha_1 = k_2 \cdot \cos \alpha_2$. Fällt man von M auf die Krafrichtungen die Lote a_1 und a_2 , so ist $\cos \alpha_1 = \frac{a_1}{AM}$, $\cos \alpha_2 = \frac{a_2}{AM}$, und daher geht die Gleichung des Kosinussatzes über in die Momentengleichung $k_1 a_1 = k_2 a_2$ (im Versuche ist $100 \cdot 4,8 = 120 \cdot 4 = 80 \cdot 6$).

Die hier von mir gemachten Vorschläge zur Behandlung des Drehmomentansatzes decken sich in manchen Punkten mit denen von GRIMSEHL; auch GRIMSEHL schiebt dem Hauptversuche Versuche über die Spannungen in Spiralen voraus, er hat zu diesem Zwecke einen Apparat (Jahrgang 1903) konstruiert, der bei meiner Versuchsanordnung entbehrlich wird.

b) Die Kräfte erzeugen Beschleunigungen.

Die Drehkräfte k_1, k_2 (Fig. 4) suchen das Papier zu drehen, können es aber nicht, weil die Gegenkraft k sie daran hindert, und erzeugen deshalb nur Spannungen. Läßt man die Gegenkraft k fort, so müssen die Drehkräfte k_1 und k_2 ihre Gleichwertigkeit dadurch zeigen, daß sie dieselbe Drehbewegung hervorbringen.

Über die Drehkraft lassen sich verschiedene Annahmen machen. Die nächstliegende ist die, daß während der Drehbewegung die Kraft weder ihre Größe noch ihre Richtung ändert; eine solche Kraft ruft eine pendelnde Bewegung hervor. Eine andere einfache Annahme ist die, daß während der Drehbewegung die Kraft zwar ihre Größe nicht ändert wohl aber ihre Richtung, indem sie fortwährend in der Richtung der Tangente des Kreises wirkt, der vom Angriffspunkt der Kraft beschrieben wird; eine solche Kraft erzeugt eine kreisende Bewegung. Letzterer Fall als der einfachere werde zuerst behandelt.

1. *Kreisende Bewegung.* Das für den folgenden Versuch zu biegsame und zu leichte Papierblatt werde durch eine Scheibe ersetzt. Man befestige eine kreisrunde Pappschachtel von 3 cm Radius konzentrisch auf der Scheibe, setze letztere horizontal auf eine Stahlspitze, befestige einen Faden an der Schachtel,

wickle ihn herum, führe ihn über eine Rolle und bringe die Scheibe durch ein angehängtes Gewicht zum Rotieren. In Fig. 12 ist nicht die Scheibe, (sie besteht aus Metall, z. B. $m = 200$ g, $r = 15$ cm) auf die Stahlspitze gesetzt, sondern ein Stahlhütchen von 1 cm Radius und erst auf dieses die Scheibe,

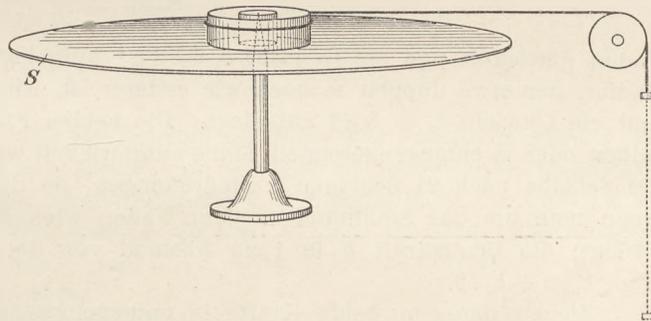


Fig. 12.

die zu diesem Zwecke einen kreisförmigen Ausschnitt von 1 cm Radius hat; statt der Schachtel aus Pappe ist geeigneter eine aus Aluminium, die unten am Boden wie die Scheibe einen kreisförmigen Ausschnitt von 1 cm Radius hat, so daß auch sie sich über das Stahlhütchen zwängen läßt.

Wickelt man den Faden um den Aluminiumzylinder genau einmal herum und läßt ihn durch ein Gewicht von 2 g* sich abwickeln, so beobachten die Schüler, daß durch die Arbeit des sinkenden Gewichts die Scheibe in immer schnellere Rotation gerät, nach 21 Metronomschlägen (7 Sekunden) eine volle Umdrehung vollendet und hierbei eine Wucht erhalten hat, die sie befähigt, den abgewickelten Faden wieder aufzuwickeln und das Gewicht fast wieder bis zur ursprünglichen Höhe zu heben. Wickelt man hierauf den Faden genau einmal um das Stahlhütchen und läßt die Scheibe durch das Zwei-Grammgewicht rotieren, so beobachten die Schüler ähnliches wie vorhin: die Scheibe hat nach Abwicklung des Fadens eine solche Wucht erhalten, daß der Faden wieder aufgewickelt und das Gewicht fast bis zur ursprünglichen Höhe gehoben wird. Einen Unterschied bei der Drehbewegung jetzt und vorhin wird wohl jeder Schüler herausgefunden haben: die Scheibe hat sich jetzt viel langsamer gedreht. Der Grund hiervon wird leicht entdeckt: das Gewicht ist diesmal nicht so tief gesunken,

hat also durch seine geringere Arbeit auch nicht dieselbe Wucht erzeugen können; die Falltiefe und ihr entsprechend die Arbeit war nur $\frac{1}{3}$ so groß wie vorhin. Damit auch diesmal nach 21 Metronomschlägen dieselbe Arbeit geleistet und infolgedessen dieselbe Wucht erzeugt werde, hat man nur nötig, die Scheibe statt durch eine Kraft von 2 g^* durch eine Kraft von 6 g^* drehen zu lassen.

Setzt man statt des Aluminiumzylinders von 3 cm einen solchen von 2 cm auf, so ist, wie der Versuch lehrt, ein Gewicht von 3 g^* nötig, um nach 21 Schlägen eine volle Umdrehung der Scheibe zu erzielen. Wir schließen allgemein: Als Bedingung der Gleichwertigkeit zweier Kräfte k_1 und k_2 mit den Kraftarmen a_1 und a_2 gilt auch für den Fall, daß wirklich eine Drehung zustande kommt, die Gleichung $k_1 a_1 = k_2 a_2$.

Der Apparat gestattet es, auch den Fall zu behandeln, daß mehrere Kräfte die Scheibe gleichzeitig in Drehung versetzen. Beide Aluminiumzylinder werden jetzt auf das Stahlhütchen aufgesetzt (Fig. 13). Um den Zylinder von 3 cm Radius wird ein

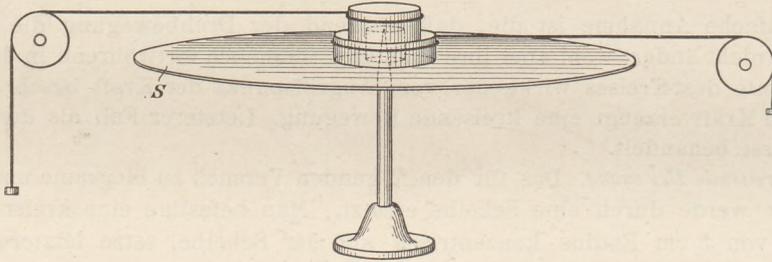


Fig. 13.

Faden gewickelt und ein Gewicht $k_1 = 2\text{ g}^*$ aufgelegt, um den Zylinder von 2 cm Radius, der etwa doppelt so hoch wie ersterer ist, wird ein zweiter Faden gewickelt und ein Gewicht $k_2 = 3\text{ g}^*$ aufgelegt. Die beiden Fäden können entweder in demselben oder in entgegengesetztem Sinne aufgewickelt werden. Im ersteren Falle macht die Scheibe nach 21 Schlägen 2 Umdrehungen, sie dreht sich genau so schnell, als wenn man um das Stahlhütchen einen Faden wickelt und ein Gewicht $K = 12\text{ g}^*$ auflegt; die Ersatzkraft K in 1 cm Abstand von der Drehungsachse hat den Wert $K = k_1 \cdot 3 + k_2 \cdot 2$.

Ziehen dagegen beide Kräfte in entgegengesetztem Sinne, so dreht sich die Scheibe nicht; diesmal ist $K = k_1 \cdot 3 - k_2 \cdot 2 = 0$, wir haben hier den Fall des Gleichgewichts, wo nur Spannungen erzeugt werden. Wird statt des Zwei-Grammgewichts ein Vier-Grammgewicht aufgelegt, so dreht sich die Scheibe nach 21 Schlägen einmal herum; jetzt ist die Ersatzkraft $K = (4 \cdot 3 - 3 \cdot 2)\text{ g}^* = 6\text{ g}^*$, wie der Versuch bestätigt. Interessant ist, daß hierbei das Vier-Grammgewicht eine positive, das Drei-Grammgewicht eine negative Arbeit verrichtet hat, denn das erstere hat sich gesenkt, das zweite ist gehoben worden; oder auch: das sinkende Gewicht von 4 g^* verrichtet 2 Arbeiten, einmal hebt es die Last von 3 g^* in die Höhe, zweitens erzeugt es Bewegungsenergie.

Durch die letzten Versuche ist theoretisch und experimentell begründet, daß, wenn mehrere Kräfte den Drehkörper wirklich in Drehung bringen und nicht bloß Spannungen erzeugen, sie sich durch eine Kraft $K = \sum ka$ in 1 cm Abstand von der Drehungsachse ersetzen lassen.

An die Untersuchungen über die Drehkraft schließen sich naturgemäß solche über den Drehkörper eng an. Hierfür eignet sich wohl unter allen Schulapparaten am vorzüglichsten der MÜLLERSche Universalapparat (d. Zeitschr., Jahrgang 1901), dem die beiden vorhin beschriebenen Aluminiumzylinder beizufügen sind; sein Besitz macht die Anschaffung der Vorrichtung Fig. 12 überflüssig. Wenige Andeutungen über den Gang der Untersuchung mögen genügen. Ausgangspunkt ist die in den ersten Unter-

richtsstunden phoronomisch gewonnene Formel $s = \frac{1}{2} b t^2$. Setzt man auf das Stahlhütchen einen der beiden Aluminiumzylinder auf, so ist, da

$$b = \frac{k a}{m}, \quad s = \frac{1}{2} \frac{k a}{m r} t^2,$$

welche Formel durch Versuche zu erläutern und zu bestätigen ist. Die Einführung des Winkelweges σ führt dann auf die Formel $\sigma = \frac{1}{2} \frac{k a}{m r^2} \cdot t^2$; jetzt erst ist es an der Zeit, auf die physikalische Bedeutung des Bruches $\frac{k a}{m r^2}$ einzugehen. Die Einrichtung des Apparats mit den beiden Ringen und den beiden Aluminiumzylindern gestattet es, für die Winkelbeschleunigung schließlich die erweiterte Formel zu gewinnen $\beta = \frac{\sum k a}{\sum m r^2}$ und ihre Richtigkeit durch Versuche zu prüfen.

2. *Pendelnde Bewegung.* Verlegen wir in der Pendelvorrichtung Fig. 6 den Angriffspunkt der Kraft von P nach dem 25 cm von M entfernten Punkt Q (Fig. 14), so lehrt der Versuch, daß das Pendel schneller schwingt als vorher. Wir müssen 2 g* von dem Gewichtsätze von 10 g* fortnehmen, damit die Schwingungsdauer wieder wie in Fig. 6 zwei Sekunden beträgt. Der Grund hiervon ist nicht schwer zu finden. Schon im Versuch Fig. 6 wurde beobachtet, daß das Pendeln des Stäbchens durch die positive und negative Arbeit des herunter und herauf sich bewegenden Gewichts hervorgerufen wird. Durch die Verlegung des Angriffspunktes von P nach Q ist die Falltiefe des Gewichts und daher auch seine Arbeit vergrößert worden; um diese Arbeit wieder ebenso groß zu machen wie vorher, muß die Kraft verkleinert werden.

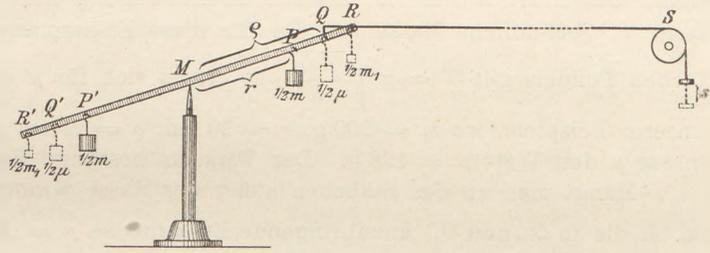


Fig. 14.

Zur weiteren Klarlegung diene Fig. 15. Die in A angreifende Kraft k und die in A_1 angreifende Kraft k_1 seien gleichwertig, d. h. rufen durch ihre Arbeit dieselbe Drehbewegung hervor; jedes der beiden Gewichte drehe also durch sein Sinken das Stäbchen in derselben Zeit aus der Anfangsrichtung MA in die Richtung MB . Sind die Falltiefen der Gewichte s und s_1 , so ist nach dem Energiegesetze Bedingung der Gleichwertigkeit von k und k_1 die Gleichung $k \cdot s = k_1 \cdot s_1$. Ist S der oberste Punkt der weit entfernten Rolle, so sind AS und BS nahezu parallel; unter dieser Voraussetzung ist $AC = s$ (Beweis genau so wie in Figur 5, wo $AC = s_1$) und $A_1C_1 = s_1$.

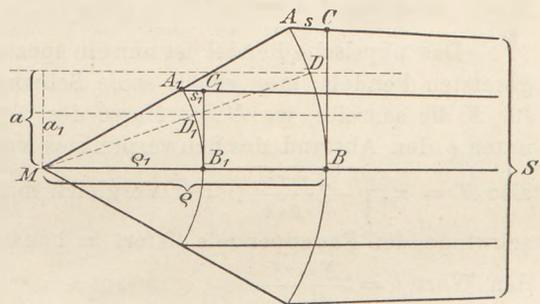


Fig. 15.

Nun läßt sich aus der Figur leicht die Proportion $\frac{s}{s_1} = \frac{q}{q_1}$ ableiten, und daher folgt aus der Gleichung $k \cdot s = k_1 \cdot s_1$ die Gleichung $k \cdot q = k_1 \cdot q_1$ als Bedingung der Gleichwertigkeit der Kräfte k und k_1 . Diese Bedingung war in den beiden Versuchen Fig. 6 und Fig. 14 erfüllt ($10 \cdot 20 = 8 \cdot 25$), und infolgedessen war in beiden Fällen

die Drehbewegung dieselbe, die Schwingungsdauer betrug in beiden Versuchen zwei Sekunden.

Ist MD die Richtung, die das Stäbchen durch jede der beiden gleichwertigen Kräfte k oder k_1 nach derselben Zeit angenommen hat, und sind a und a_1 deren Kraftarme für diesen Augenblick, so ist $\frac{a}{a_1} = \frac{q}{q_1}$, und daher folgt aus der Energiegleichung $k \cdot s = k_1 \cdot s_1$ die Drehmomentengleichung $k a = k_1 a_1$. Demnach sind auch bei der Pendelbewegung die Drehmomente zweier gleichwertiger Drehkräfte in jedem Augenblick gleich groß.

Für die Schwingungsdauer des einfachen Pendels (Fig. 6) gilt die Formel: $T = \pi \sqrt{\frac{m \cdot r}{k}}$. Bezeichnen wir jetzt die der Kraft k gleichwertige in Q angreifende Kraft mit K , so ist $k \cdot r = K \cdot q$ und daher $T = \pi \cdot \sqrt{\frac{m r^2}{K \cdot q}}$. Statt für die in Q angreifende Kraft K nach einer in P angreifenden Ersatzkraft k zu suchen, können wir auch die Frage aufstellen: welche Ersatzmasse μ muß man in Q (und Q') anbringen, damit die Kraft K auf sie dieselbe Drehbewegung hervorbringe wie auf die in P (und P') befindliche Masse m ? Da für diese Ersatzmasse μ die Gleichung des einfachen Pendels gilt $T = \pi \sqrt{\frac{\mu \cdot q}{K}}$, so ergibt sich für μ der Wert $\mu = m \cdot \left(\frac{r}{q}\right)^2$. In unserm Beispiele, wo $m = 200$ g, $r = 20$ cm, $q = 25$ cm gewählt ist, hat die Ersatzmasse μ den Wert $\mu = 128$ g. Der Versuch bestätigt die Richtigkeit dieses Wertes.

Hängt man an das Stäbchen außer der Masse m noch die Massen $m_1, m_2, m_3 \dots$, so ist die in Q (und Q_1) anzubringende Ersatzmasse $\mu = \Sigma m \cdot \left(\frac{r}{q}\right)^2$, und daher finden wir für die Schwingungsdauer des zusammengesetzten Pendels die Formel $T = \pi \cdot \sqrt{\frac{\Sigma m r^2}{K \cdot q}}$. In Figur 14 sind außer den Massen von je 100 g in 20 cm Abstand von M noch an den Enden des Stäbchens die Massen von je 25 g punktiert gezeichnet; die in Q angreifende $K = 8$ g* bewirkt, wie der Versuch bestätigt, ein Pendeln des Stäbchens mit der Schwingungsdauer $T = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{200 \cdot 20^2 + 50 \cdot 30^2}{8 \cdot 980 \cdot 25}} = 2,5''$; die Ersatzmasse ist diesmal $\mu = \frac{200 \cdot 20^2 + 50 \cdot 30^2}{25^2} = 200$ g.

Das physische Pendel ist nur ein spezieller Fall des eben behandelten zusammengesetzten Pendels; man erhält seine Schwingungsdauer, wenn man in obiger Formel für K Mg schreibt, wo M die Masse des physischen Pendels ist, und wenn man jetzt unter q den Abstand des Schwerpunktes vom Drehpunkt versteht. Die Formel lautet also $T = \pi \cdot \sqrt{\frac{\Sigma m r^2}{M \cdot g \cdot q}}$. Der Vergleich mit der Schwingungsdauer des ebenso schnell schwingenden Fadenpendels liefert in bekannter Weise für die reduzierte Pendellänge den Wert $l = \frac{\Sigma m r^2}{M \cdot q}$.

Die Pendelvorrichtung Fig. 14 hat vor dem von mir konstruierten, im Jahrgang 1908 beschriebenen Pendelapparat den Vorzug, daß sie nichts kostet, doch möchte ich trotzdem dafür eintreten, daß, wenn die Zeit es irgend erlaubt, die Formel fürs physische Pendel gleich im Anschluß ans Fadenpendel in HUYGENSScher Weise mit Hilfe meines Apparats abgeleitet werde; die Vorzüge dieser Ableitung finden sich in der betreffenden Abhandlung angegeben.

Hiermit habe ich einen Überblick gegeben, wie etwa der Kräfteparallelogrammsatz, der Kosinussatz, der Drehmomentensatz im Unterricht zu behandeln seien. Viel-

leicht mag die doppelte Ermittlung dieser Sätze als zu zeitraubend erscheinen, aber einmal sind die Sätze fundamentaler Natur und können gar nicht gründlich genug durchgenommen werden, sodann will ich erinnern an die Verhandlungen auf der letzten Hauptversammlung in Göttingen. Herr POSKE hat dort eine Lanze dafür eingelegt, daß „nicht in jedem Falle der Gründlichkeit auf Kosten des Umfangs des Wissens der Vorzug zu geben sei“. Wenn damit auch die meisten Physiklehrer unbedingt einverstanden sein werden, so dürfte doch hier und da eine besondere Vertiefung in eine Erscheinungsgruppe von Nutzen sein, und ich bin der Anregung von Herrn NOACK gefolgt, in dieser Zeitschrift Vorschläge zur Behandlung einer solchen Gruppe zu veröffentlichen.

Ein Umkehr-Volumeter zur Raumbestimmung kleiner Körper.

Von

Dr. A. Wendler in München.

Der ganz aus Glas bestehende Apparat, wie ich ihn für die unten beschriebenen Messungen benutzt habe, besteht aus dem Gefäß G (in Fig. 1 nahezu in wahrer Größe gezeichnet), das durch einen sorgfältig eingeschliffenen Stöpsel mit Hahn nach oben hin luftdicht abgeschlossen werden kann, wenn man nach leichtem Einfetten für guten optischen Kontakt sorgt. An G schließt sich unten die in Fig. 1 abgekürzt gezeichnete, in Wirklichkeit etwa 1 m lange Röhre R an, die einen inneren Querschnitt q von reichlich 3 qmm hat und zunächst unten offen zu denken ist. Hat man nun nach sorgfältigster Reinigung der Röhre durch Ansaugen bei S und nach Abschließen des Hahnes eine Quecksilbersäule¹⁾ von der Länge H eingebracht und die Röhre zugeschmolzen, wobei die Quecksilbersäule bis an das Rohrende reichen muß, so ist das Instrument zum Gebrauch fertig, nachdem die Quecksilbersäule 2–3 mal in der Röhre hin und her bewegt worden ist.

Ist nun V das Innenvolumen des Apparates vom Hahn bis zum Quecksilberfaden (bei M_0), so steht die nach Hahnschluß abgesperrte Luft zunächst unter dem äußeren Luftdruck b . Kehrt man jetzt, wobei das mit einem Wärmeschutzmantel umkleidete Stück bei S mit der einen Hand angefaßt und der Stöpsel fest angepreßt wird, die Röhre um und drückt die mit der anderen Hand gehaltene Röhre gegen den jetzt mit Spitze S auf der Tischplatte stehenden Stöpsel, so sinkt²⁾ die Quecksilbersäule um einen Betrag h , so daß das neue Volumen $V - qh$, der neue Druck $b + H$ ist. Unter der Voraussetzung konstanter Temperatur³⁾ ist somit nach dem Mariotteschen Gesetz:

$$(1) \quad V \cdot b = (V - qh) \cdot (b + H)$$

Nach der Umkehrung in die ursprüngliche Stellung öffnet man nun den Hahn und bringt den Körper vom Volumen v in das Gefäß G ein. Bei Wiederholung der Messung, wobei man annehmen kann, daß sich in der kurzen Zwischenzeit weder Temperatur noch Barometerstand b geändert haben, erhält man dann:

$$(2) \quad (V - v) \cdot b = (V - v - qh) \cdot (b + H),$$

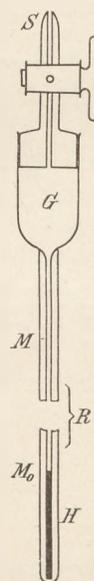


Fig. 1.

¹⁾ Das Quecksilber muß von der besten Qualität und vollkommen trocken sein.

²⁾ Sollte dabei der Quecksilberfaden träge und ungleichmäßig sinken, so würde dies Verunreinigung des Quecksilbers bzw. Feuchtigkeit in der Röhre verraten.

³⁾ Es empfiehlt sich, beim Anfassen des Apparates eine etwaige Wärmewirkung durch die Hände durch Anziehen von Handschuhen von vornherein auszuschalten.

und durch Division von (1) und (2):

$$(3) \quad v = V \cdot \frac{h - h'}{h}.$$

Diese Formel läßt den Vorteil der vorgeschlagenen Methode erkennen: Die Endgleichung hat sich trotz der Elimination von b nicht nur nicht kompliziert, sondern sogar vereinfacht, indem g und H von selbst aus der Rechnung hinausfallen, so daß, wenn V bekannt ist, nur 2 Verschiebungen des Quecksilberfadens abzulesen sind. Um V , die Apparatkonstante, zu bestimmen, arbeitet man in bekannter Weise umgekehrt mit vorgegebenem v (Eichung). Die Gleichung (3) setzt natürlich voraus, was bei meinen Versuchen anstandslos der Fall war, daß der Quecksilberfaden jedesmal wieder bis zum Anstoßen am zugeschmolzenen Rohrende gebracht werden kann.

Bei meinen Prüfungsversuchen, die ich mit Messinggewichten (1, 2, 3, 4, 5, 10 g) anstellte, deren Volumina (v) sich also wie 1:2:3:4:5:10 verhielten, war der Anfangspunkt M_0 bei 79,3 cm¹). Da sich V immer gleich bleibt, so besteht die Prüfung darin, daß sich die durch die Messungen erhaltenen Quotienten $\frac{h - h'}{h}$ ebenfalls wie 1:2:3:4:5:10 verhalten müßten. Dabei wurde jede Messung zur Bestimmung von h sowohl (Marke M) wie auch für h' (Marke M') je 3 mal hintereinander gemacht. Das spez. Gewicht der Messingstücke war zu 8,4 angenommen.

| g | M | h | M' | h' | $h - h'$ | $\frac{h - h'}{h}$ | V |
|----|---------------------|--------------|--------|--------------|----------|--------------------|-------|
| 1 | 43,1 | 79,3 — 43,1 | 44,05 | 79,3 — 43,86 | 0,76 | 0,021 | — |
| | 43,1 | | 43,78? | | | | |
| | 43,1 | | 43,75 | | | | |
| | 43,1 | 36,2 | 43,86 | 35,44 | | | |
| 2 | 43,0 | 79,3 — 43,07 | 44,7 | 79,3 — 44,7 | 1,63 | 0,045 | — |
| | 43,1 | | 44,65 | | | | |
| | 43,1 | | 44,75 | | | | |
| | 43,07 | 36,23 | 44,70 | 34,6 | | | |
| 3 | 43,1 | 79,3 — 43,02 | 45,4 | 79,3 — 45,43 | 2,41 | 0,067 | — |
| | 42,9 | | 45,4 | | | | |
| | 43,05 | | 45,5 | | | | |
| | 43,02 | 36,28 | 45,43 | 33,87 | | | |
| 4 | 43,05 | 79,3 — 43,05 | 46,45 | 79,3 — 46,43 | 3,38 | 0,093 | — |
| | 42,95 | | 46,4 | | | | |
| | 43,15 ¹⁾ | | 46,45 | | | | |
| | 43,05 | 36,25 | 46,43 | 32,87 | | | |
| 5 | 42,90 | 79,3 — 42,92 | 47,2 | 79,3 — 47,1 | 4,18 | 0,115 | 5,176 |
| | 43,00 | | 47,05 | | | | |
| | 42,85 | | 47,05 | | | | |
| | 42,92 | 36,38 | 47,1 | 32,2 | | | |
| 10 | 43,00 | 79,3 — 43,00 | 51,45 | 79,3 — 51,35 | 8,35 | 0,230 | 5,176 |
| | 42,95 | | 51,3 | | | | |
| | 43,05 | | 51,3 | | | | |
| | 43,00 | 36,3 | 51,35 | 27,95 | | | |

¹⁾ Die Röhre ist in cm und mm geteilt.

Statt 10:5:4:3:2:1 erhält man somit 10:5:4,04:2,96:1,96:0,91, somit einen durchschnittlichen Fehler von nicht ganz 1% in den 5 ersten Zahlen. Daß die Genauigkeit abnimmt, je kleiner v im Verhältnis zu V wird, liegt in der Natur der Sache und entspricht auch den Ergebnissen, welche andere auf dem Mariotteschen Gesetz beruhende Volumeter liefern.

Bei dem Volumeter von Say z. B., das mit dem in Fig. 1 skizzierten Apparat einige Ähnlichkeit hat, beträgt der Fehler gegen 2,5% selbst dann, wenn v relativ groß gegenüber V ist ($\frac{v}{V} = 0,5$), während man bei dem oben beschriebenen Apparat einen Fehler von rund 2% erst erhält bei $\frac{v}{V} = 0,05$, wobei noch überdies Barometerablesung und Gewichtsbestimmungen wegfallen.

Für V , das aus den beiden übereinstimmenden Resultaten (5 g und 10 g) berechnet wurde, ergab sich 5,18 ccm. Mit Hilfe dieses nun bekannten Volumens wurde zur weiteren Kontrolle der Rauminhalt eines vorher geometrisch ausgemessenen Quaders bestimmt und 0,964 ccm statt 0,97 ccm gefunden. Die Genauigkeit hätte nun bei dem von mir benutzten Modell noch etwas gesteigert werden können durch Ausnutzung des rund 40 cm betragenden Rohrteils von M bis G (M war ja, wie obige Tabelle zeigt, durchschnittlich 43), indem die Vergrößerung von H (bei meinen Messungen rund 15 cm) noch größere Ausschläge ergeben hätte.

Bei dem von mir benutzten Modell, das übrigens ursprünglich anderen Zwecken diente, ist die Volumbestimmung pulverisierter Körper offenbar ausgeschlossen. Diese Beschränkung fällt weg bei der in Fig. 2a skizzierten Anordnung, bei der es auch in höherem Grade möglich ist, Temperatureinflüsse zu vermeiden, indem hier das Gefäß G an einem in der Figur weggelassenen Gestell fest und aufrecht montiert ist. Die mit dem Stöpsel S fest verbundene Röhre R nimmt jetzt allein die oben beschriebenen Umkehrungen vor. Dabei entspricht der während einer Messung immer geschlossene Hahn H_1 dem zugeschmolzenen Ende in Fig. 1, während der Dreiweghahn H_2 die Verbindung der Luft in G mit der äußeren Luft bzw. mit der Röhre vermittelt, je nachdem er in Stellung Fig. 2b oder 2c gedreht wird.

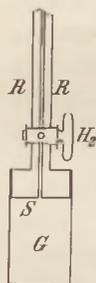
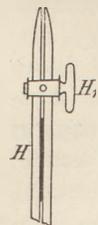


Fig. 2 a.

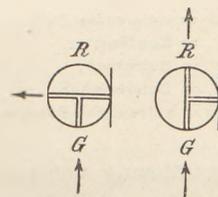


Fig. 2 b.

Fig. 2 c.

Zur Interpretation eines Versuchs von Drude zur Demonstration von Kondensatorschwingungen.

Von

H. Schnell in Darmstadt.

Auf S. 348 der „Physik des Äthers“ von Drude heißt es: „Bildet der Schließungsdraht eine vielgewundene Spirale, z. B. die Sekundärspule eines großen Ruhmkorffschen Induktionsapparates, deren Enden mit den Belegungen eines Kondensators verbunden sind, so wird die Schwingungsdauer so herabgedrückt, daß man auch ohne Zuhilfenahme eines sehr schnell rotierenden Spiegels die Oszillationen nachweisen kann. So z. B. ist ein zur Demonstration sehr geeignetes Mittel eine auf der Achse eines kleinen Uhrwerkes schnell rotierende berußte Papierscheibe, welche sich in der etwa 1 cm langen Luftstrecke eines kurzen Nebenschlusses befindet, der parallel zum Kondensator

geschaltet ist (vgl. Fig. 1). Derselbe wird durch eine Stromunterbrechung des in der primären Spule des Ruhmkorffschen Apparates fließenden Stromes geladen und entladet sich durch die sekundäre Spule in oszillatorischer Weise. Da die Enden der dem Kondensator parallel geschalteten Luftstrecke nahezu gleiches Potential wie die Kondensatorbelegungen besitzen, so ahmt der in der Luftstrecke auftretende Funken die Potentialschwankungen im Kondensator nach. Es entsteht daher bei einer einzigen Stromunterbrechung in der primären Spirale auf der rotierenden Rußscheibe eine Reihenfolge von Löchern, welche der Sekundärfunke geschlagen hat, und die sich gut dadurch kennzeichnen, daß durch Fortschleuderung des Rußes ein größerer weißer Fleck jedes Loch umsäumt. Die Schwingungsdauer der Oszillationen findet man aus der Rotationsgeschwindigkeit des Papiers in einfacher Weise¹⁾.

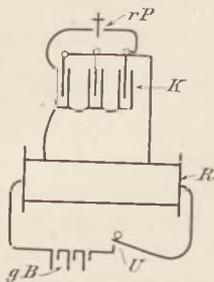


Fig. 1.

rP = rotierendes Papier,
 K = Kondensator,
 R = Ruhmkorff,
 U = Unterbrecher,
 gB = galvanische Batterie.

Ausführung voraus hat. Deswegen aber ist es notwendig, endgültig zu entscheiden, ob wir es bei dem Drudeschen Versuche mit Schwingungen oder Partialentladungen zu tun haben, und das soll im folgenden geschehen.

Die Ergebnisse des Drudeschen Versuches sind bei näherem Zusehen recht verächtlich. So erhält man, wenn die Funkenstrecke sehr klein gemacht wird, zuweilen 30—40 Löcher bei einer Entladung; das entspräche aber 15—20 Schwingungen. Derartig schwach gedämpfte Schwingungen sind sonst nirgends bekannt. Eine kleine Vergrößerung der Funkenstrecke bewirkt, daß man nur ganz wenige, etwa 2—3 Schwingungen erhält. Eine solche Zunahme der Dämpfung stände in gar keinem Verhältnis zur Vergrößerung des Widerstandes. Auch wächst der Abstand der Löcher gegen das Ende der Reihe, wogegen von der Theorie das Gegenteil verlangt wird. Auch ergab eine Überschlagsrechnung bei meinen Versuchen stets, daß die Schwingungszeit der angeblichen durch die Lochreihe demonstrierten Schwingungen für den aus Leidener Flasche und Sekundärspule gebildeten Schwingungskreis zu kurz und für den aus Leydener Flasche und Schließungsdraht gebildeten Kreis zu lang war.

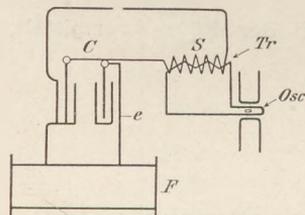


Fig. 2.

Tr = Transformator,
 Osc = Oscillograph.

Um nun einen Einblick in die in dem Schließungskreis von der Leidener Flasche zur Funkenstrecke stattfindenden Vorgänge zu gewinnen, verwandte ich den Oszillographen. Dieser wurde aber nicht direkt eingeschaltet, sondern in den Primärkreis eines eingeschalteten Transformators gelegt (vgl. Fig. 2). Als solchen benutzte ich einen kleinen Induktor. Würde der Oszillograph direkt eingeschaltet, so wäre er gar nicht imstande, den Schwingungen des aus Kondensator und Schließungsbogen gebildeten Kreises zu folgen, da diese viel zu kleine Schwingungszeiten hätten. Aber auch die langsameren Schwingungen des aus Kondensator und Induktorspule gebildeten Kreises würde er ohne Transformator nicht anzeigen, da die Intensität dieser

¹⁾ Vgl. hierzu auch den in dieser Zeitschrift XVIII, 159 erschienenen Aufsatz von E. Hensing.

Ströme zu gering ist, um die Oszillographenschleife zu drehen. Der Transformator hat daher den Zweck, die Schwingungen in dem von Kondensator und Schließungsbogen gebildeten Kreise zu verlangsamen und außerdem die hochgespannten schwachen Schwingungen in niedrig gespannte von größerer Stromstärke zu transformieren. Der zweite Spiegel des Oszillographen wurde mit dem Motorunterbrecher des Funkeninduktors so verbunden, daß er bei jeder Umdrehung des Unterbrechers einen Hin- und Hergang beschrieb¹⁾. Das durch den Oszillographen hervorgebrachte Bild zeigt uns also den Vorgang im Schließungskreise des Kondensators bei einem Schluß und einer Öffnung des Primärstromes. Dieses Bild wurde photographisch aufgenommen. Die im folgenden wiedergegebenen Bilder sind solche photographischen Aufnahmen.

Die Figur *a* wurde erhalten, als die Funkenstrecke so gestellt war, daß gerade eben regelmäßig ein Funke überging. Wie ist nun das Bild zu deuten? Der Primärstrom des Funkeninduktors wird unterbrochen, wenn der Lichtzeiger, von links kommend, etwa bei *A* angelangt ist, wie besonders festgestellt wurde. Es entsteht dann in der Sekundärspule der Induktionsstrom, der die Leidener Flasche auflädt. Sobald nun hier das Potential so hoch geworden ist, daß die Luftstrecke durchschlagen werden kann, setzt die Entladung der Flasche ein. Inzwischen ist der Lichtzeiger bis *B* gegangen. Die Entladung geschieht nun oscillatorisch in dem Schwingungskreise, der gebildet wird von dem Kondensator *C* und der Spule *S* des Transformators (vgl. Fig. 2). Bei der Schließung des Primärstromes entsteht natürlich auch ein Induktionsstrom, dessen in dem Kondensator hervorgebrachtes Potential aber nicht zur Überbrückung unserer Funkenstrecke hinreicht.

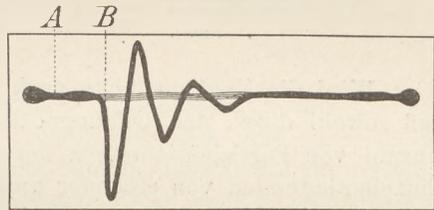


Fig. a.

Die durch die Figur *a* dargestellten Schwingungen haben mit den Schwingungen, die durch das Aufladen der Leidener Flasche in dem von dieser und der Sekundärspule des Funkeninduktors *F* gebildeten Schwingungskreis entstehen, nichts zu tun. Die Schwingungen in diesem Kreise sind wegen der großen Selbstinduktion der

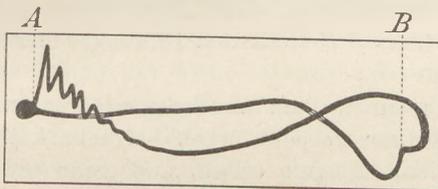


Fig. b.

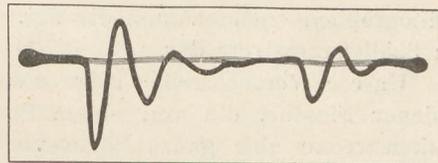


Fig. c.

Sekundärspule sehr viel langsamer. Fig. *b* stellt diese Schwingungen dar. Sie wurde dadurch erhalten, daß der Oszillograph an der durch *e* bezeichneten Stelle (Figur 2) mit der Sekundärspule des Funkeninduktors in Reihe geschaltet wurde. Bei *A* setzt die Schwingung des Öffnungsstromes, bei *B* die des Schließungsstromes ein. Die kleinen Schwingungen, die bei *A* der Hauptschwingung überlagert sind, sind bedingt durch die Kondensatorschwingungen des Primärkreises des Funkeninduktors²⁾.

Stellt man wieder die Schaltung her, die zu Figur *a* geführt hat, und verkleinert allmählich die Funkenstrecke, so entsteht zunächst die Figur *c*. Der Öffnungsstrom des Funkeninduktors reichte hin, die Leidener Flasche zweimal bis zum Funkenpotential aufzuladen. Dieses Potential ist, da die Funkenstrecke kürzer ist, nicht so

¹⁾ Näheres über die Versuchsanordnung ist aus meiner Arbeit „Untersuchungen am Funkeninduktor“, Annalen der Physik Bd. 20, S. 2, zu ersehen.

²⁾ Vgl. meine Arbeit über den Funkeninduktor, a. a. O.

hoch; es setzte also die erste Entladung etwas früher ein, und es folgte dann noch eine zweite.

Bei weiterer Verkürzung der Funkenstrecke entsteht die Figur *d*. Jetzt ist das zur Überbrückung der Funkenstrecke nötige Potential so klein, daß es auch bei der Aufladung der Flasche durch den Schließungsstrom erreicht wird, und so entsteht auch eine oszillatorische Entladung bei der Schließung des Primärstromes. Sie ist dargestellt durch die bei *A* einsetzende Schwingungskurve.

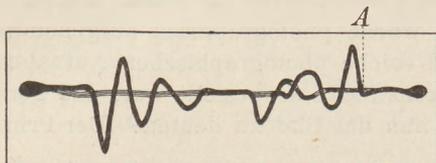


Fig. d.

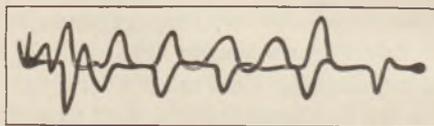


Fig. e.

Wird die Funkenstrecke noch mehr verkürzt, so entsteht die Figur *e*, die zeigt, daß sowohl durch den Öffnungs- als auch durch den Schließungsstrom eine ganze Anzahl von Partialentladungen hervorgebracht werden, die alle noch ganz gut als Einzelentladungen von einander unterschieden werden können.

Ein ähnliches Bild, nur mit noch mehr Einzelentladungen, zeigt Fig. *f*, die bei abermaliger Verkürzung der Funkenstrecke erhalten wurde.

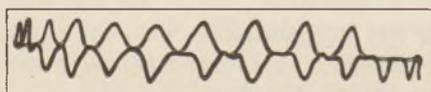


Fig. f.

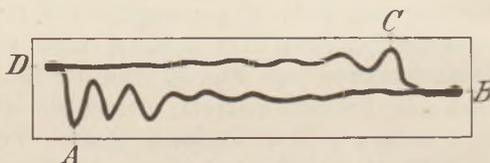


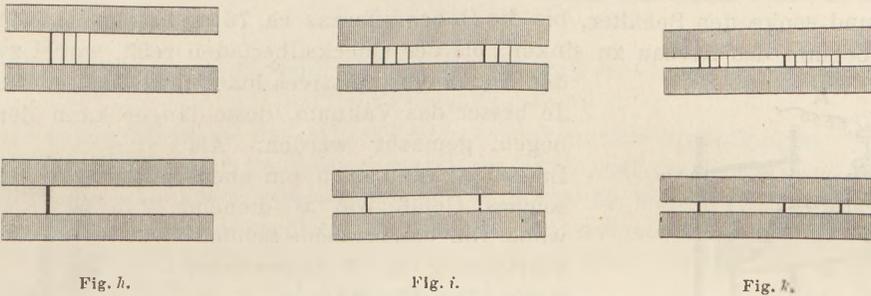
Fig. g.

Schließlich wird die Funkenstrecke so klein, daß durch die erste Partialentladung zwischen den beiden Spitzen eine leitende Verbindung hergestellt wird, durch die sich die nachströmende Elektrizität wie bei einer metallischen Verbindung entlädt. Im Oszillographen entsteht dann die Fig. *g*. Die Linie *AB* stellt den Öffnungs- und *CD* den Schließungsstrom dar.

Unsere Versuchsreihe zeigt also, daß man in dem Schließungsbogen einer Leidener Flasche, die von einem Funkeninduktor gespeist wird, bei sehr kleiner Funkenstrecke eine ganze Reihe von Partialentladungen erhält, und zwar sowohl beim Öffnen als auch beim Schließen des Primärstromes. Wir haben es daher bei dem Drudeschen Versuche zweifellos mit Partialentladungen und nicht mit Schwingungen zu tun. Natürlich verläuft jede einzelne Partialentladung wieder schwingend. Aber diese Schwingungen verlaufen bei Drudes Anordnung so rasch, daß sie sich in je einem Loche der beruhten Papierscheibe abspielen. Jedes Loch der Papierscheibe zeigt eine Partialentladung an.

Da nun eingewendet werden könnte, daß durch die Einschaltung der Transformatorspule in den Entladungskreis der Leidener Flasche der Drudesche Versuch auch in qualitativer Beziehung geändert werde, so habe ich noch folgenden Versuch gemacht. Die Funkenstrecke wurde vor dem oben beschriebenen hin und her gehenden Spiegel, der auf dem Motorunterbrecher angebracht ist, aufgestellt und ihr Bild im Spiegel betrachtet, und zwar zuerst bei eingeschaltetem Transformator und dann ohne diesen. Die Figuren *h*, *i*, *k* zeigen das Aussehen dieser Bilder, wenn die Länge der Funkenstrecke übereinstimmte mit der, die zu den Fig. *a* bzw. *c* und *d* führte. Das obere Bild wurde bei eingeschalteter Transformatorspule, das untere ohne diese erhalten. Die Fig. *h* zeigt entsprechend der Fig. *a* eine Entladung; die 4 Linien des

oberen Teils entsprechen 4 Halbschwingungen dieser Entladung, wogegen die eine Linie des unteren Teiles anzeigt, daß die Schwingungen dieser Entladung so rasch erfolgten, daß ihr Funkenbild sich nicht in Einzellinien auseinander ziehen ließ. Fig. *i* zeigt 2 und Fig. *k* 3 Entladungen, übereinstimmend mit den Fig. *c* und *d*, und



auch hier ist im oberen Teil das Funkenbild jeder Entladung in mehrere Einzellinien aufgelöst, im unteren nicht. Die Figuren zeigen also, daß ohne eingeschaltete Transformatorspule dieselbe Anzahl von Partialentladungen entsteht wie mit derselben. Auch bei weiterer Verkürzung der Funkenstrecke zeigte sich volle Übereinstimmung in der Zahl der Partialentladungen.

Darnach dürfte der Drudesche Versuch als Einführungsversuch in die Theorie der elektrischen Schwingungen endgültig aufzugeben sein.

Kleine Mitteilungen.

Eine Quecksilberdampflampe für Schulversuche.

Von Dr. **B. König** in Göding und **J. Zupanc** in Brunn.

Um das Licht, welches durch glühenden und stromleitenden Hg-Dampf im Vakuum entsteht, den Schülern zu demonstrieren, kann man sich des im nachstehenden beschriebenen Apparates bedienen. Dieser bietet auch den Vorteil, daß gleichzeitig das Prinzip der Quecksilberluftpumpe zur Darstellung gelangt. Der Apparat (Fig. 1) besteht aus einer Lichtröhre *A* und einem Quecksilberbehälter *B*, welche durch einen dickwandigen Vakuumschlauch miteinander verbunden und längs der Säulen eines entsprechenden Stativs auf und ab verschiebbar sind. Die auf einem Brettchen montierte Lichtröhre *A* ist außerdem um einen durch die Halterhülse getragenen horizontalen Zapfen drehbar und kann in horizontaler oder vertikaler Lage festgehalten werden. In das Gefäß *B* ragt eine durch einen luftdurchlässigen Korkstöpsel festgehaltene Eisenelektrode, eine ähnliche in das offene Ende der Lichtröhre *A*, und es wird die zweite durch einen luftdicht schließenden Kautschukstöpsel getragen; dieser Stöpsel hält mittels einer zweiten Bohrung auch noch eine mit Kugel und Hahn versehene Glasröhre fest.

Vor dem Versuche werden alle Teile, welche luftdicht schließen sollen, mit Vaseline eingeschmiert, der Glashahn geöffnet und der Kautschukstöpsel mittels der Metallklammern am offenen Ende der Lichtröhre derart befestigt, daß er während des Füllens durch den innern Druck des Quecksilbers nicht hinausgetrieben werden kann. Sodann werden der Behälter und die Lichtröhre in gleiche Höhe gebracht und die letztere in die vertikale Lage umgedreht. Wird nun in den Behälter *B* Quecksilber eingegossen, so füllt dasselbe den Schlauch und steigt in die Lichtröhre, die Luft vor sich hinausdrängend. Ist das Quecksilber nahe bis zum Kautschukstöpsel gekommen, wobei es auch noch den Behälter *B* 3 bis 4 cm hoch ausfüllt, so ist die

Füllung beendet. (Man braucht ca. 2 bis 3 kg Hg.) Nun wird die Lichtröhre in die horizontale Lage gedreht und der Behälter etwas gehoben, bis das Hg durch den Glashahn austritt, und dann letzterer abgesperrt.

Nun kann zum Versuche selbst geschritten werden. Zu diesem Zwecke wird die Anode bei *B* eingeführt und der Strom geschlossen. Hierauf hebe man die Lichtröhre und senke den Behälter, bis die Höhendifferenz ca. 76 cm beträgt. In der Lichtröhre beginnt das Niveau zu sinken, bis der Quecksilberfaden reißt, wobei zwischen den Enden ein intensives bläulichweißes Licht entsteht.

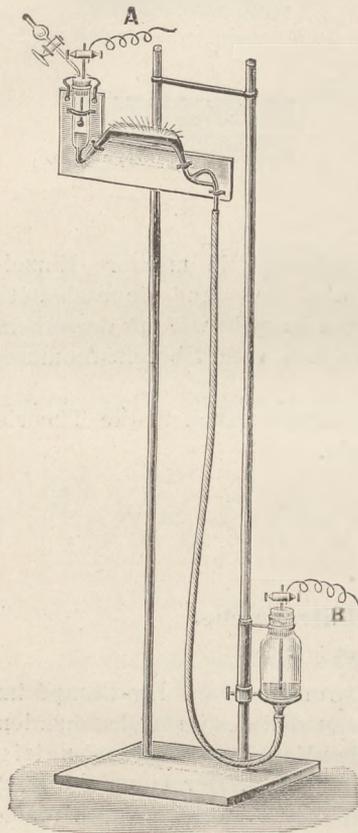


Fig. 1.

Je besser das Vakuum, desto länger kann der Lichtbogen gemacht werden. Als Lampe *A* kann auch ein ebensolches Gefäß wie *B* dienen, wobei die beschriebene Schließvorrichtung in *A* angewendet wird. Die Elektrode in *A* besitzt dann am unteren Ende eine Eisenkugel und ist Kathode.

Zum guten Gelingen des Versuches ist es notwendig, daß das verwendete Hg möglichst rein und luftfrei sei. Auch die in der Lichtröhre an den Wänden adhärierende Luft kann anfangs störend wirken. Diesem Übelstande kann dadurch begegnet werden, daß die Lichtröhre zunächst ohne Stromschluß evakuiert und dann wieder gefüllt wird, wobei sich die vorhandenen Luftpartikelchen zu einer größeren Luftblase vereinigen, welche durch Drehung der Lichtröhre durch die Öffnung des Glashahnes entfernt werden kann. Man beachte dabei, daß der Hahn nur dann

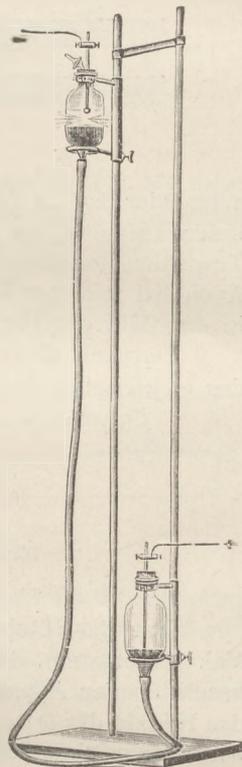


Fig. 2.

geöffnet werden darf, wenn sich die Lichtröhre *A* und der Behälter *B* in gleicher Höhe befinden. Ist die Röhre nicht hinreichend evakuiert, so verlöscht der Lichtbogen, sobald er eine bestimmte Länge überschreiten soll. Bei kurzem Bogen kann eine starke Erhitzung der Lichtröhre eintreten, wodurch letztere beschädigt werden könnte. In diesem Falle muß der Versuch unterbrochen und die Röhre neuerdings evakuiert werden.

Der verwendete Strom ist ein Gleichstrom von 110 bis 150 Volt Spannung, die erforderliche Stromstärke 3 bis 5 Ampere.

Der Apparat ist in allen Kulturstaaten patentiert oder zum Patent angemeldet und ausschließlich durch die Firma Paul Haack, Glasbläserei, Wien IX/3, Garelligasse 4, zu beziehen¹⁾.

Die Lichtröhre resp. die das Kathodenlicht zeigende einfachere Lampe nach dem Muster von Fig. 2 kann auch aus Quarz- oder Uviolglas gefertigt sein und ist dann

¹⁾ Der Preis des komplett adjustierten Apparates (ausschließlich des Quecksilbers) beträgt Kr. 60,—, ohne Stativ und Klemmen Kr. 44,—.

wegen der durchgehenden ultravioletten Strahlen besonders für optische und medizinische Zwecke verwendbar.

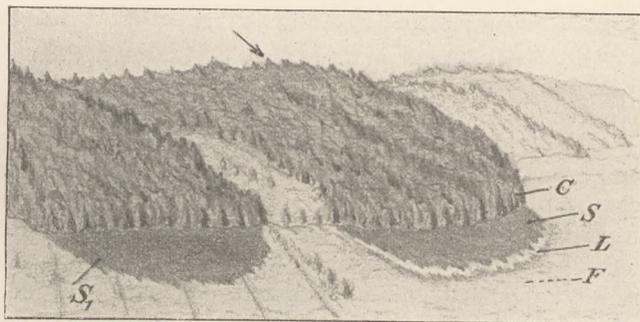
Als Reagenzpapier zum Auffinden der Kathode dient zweckmäßig Phenolphthaleinpapier, das, im angefeuchteten Zustande mit den stromleitenden Drähten berührt, an der Kathode rot wird. Es kann auf Wunsch mitgeliefert werden.

Über eine eigentümliche Leuchterscheinung in einem Gebirgstal.

Von Prof. O. Ohmann in Berlin.

Die ersten Apriltage des Jahres 1909 zeichneten sich in Thüringen — wo die nachfolgende Erscheinung beobachtet wurde — durch verhältnismäßig starken Frost des Nachts und ständige Sonnenwirkung am Tage aus, die aber zunächst nur schwach war. Dann folgte ein starker Temperaturanstieg mit nur einem Übertage, der noch Nachtfrost zeigte, während die Sonnenwirkung schon zeitiger anfang merklich zu werden. Am Morgen dieses Tages beobachtete ich von der Höhe der „Haardt“ bei Berka (unweit Weimar) beim Blick auf das Ilmtal mit seinen Waldkulissen, wie

der Schattenrand der einen ins Tal vorgeschobenen Waldkulisse von einem hell leuchtenden breiten Saum umgeben war, der mit seinem zackigen Rande dem gezackten Umriß des Schattens genau folgte. Über die Landschaft war ein gleichmäßiger Nebelschleier gebreitet. Die ganze Erscheinung zeichnete sich durch eigenartige Schönheit aus. *C* ist die Wald-



kulisse, *S* deren tiefer Schatten, *L* der leuchtende Schattensaum, *F* die mit dürrer Wintergras bestandene Wiesen- bzw. Brachfeldfläche, welche direkt, wenn auch etwas matt, von der Sonne beschienen wurde.

Anfangs glaubte ich eine rein optische Erscheinung vor mir zu haben. Der Nebelschleier schien darauf hinzudeuten. Wenn etwa der Nebelschleier in der Nähe des Erdbodens, gleich oberhalb der Fichtenwipfel, als besonders kondensiert angenommen wurde, so konnte vielleicht seine Erhellung durch die schräg auffallende Sonne im Verein mit den von den Blattflächen reflektierten Strahlen die Ursache des Leuchtens sein. Dies konnte jedoch immer nicht erklären, daß die Schatten-Korona heller war als die übrige, von der Sonne direkt bestrahlte Feldfläche. Da kam mir der Gedanke an eine Mitwirkung von kleinen Eiskristallen, die bei verschiedenen Naturerscheinungen eine Rolle spielen. Nun wurde alles klar: Die Erscheinung war mehr kalorisch als optisch bedingt. Die Grashalme waren zufolge des Nachtfrostes in nebliger Luft mit feinen Eiskristallen überzogen — von dem Vorhandensein eines gewissen Raureifes konnte ich mich nachträglich überzeugen —, diese waren im Schatten *S* von der Ferne (Luftlinie bis zum linken Anfangspunkte des Schattens etwa 750 m, Talbreite 430 m) nicht sichtbar, wurden aber in der Zone *L* von einem Sonnenlicht getroffen, dessen schwache Wärmewirkung durch die Nebelschicht noch mehr geschwächt wurde, so daß im wesentlichen nur Reflexion, verbunden mit Refraktion, der leuchtenden Strahlen stattfinden konnte; während weiterhin in der Fläche *F* infolge des freieren Durchtrittes der Sonnenstrahlen sowie durch die längere Einwirkung derselben die Kristalle verschwanden, so daß das Licht nur von den stumpfen Flächen der welken Halme reflektiert wurde. Es ist wohl nicht einmal

nötig, eine besonders kondensierte Nebelschicht oberhalb der Baumwipfel anzunehmen, das Zustandekommen einer leuchtenden Zone (L) erklärt sich genügend durch die Schmelzverzögerung; wohl aber ist auf den Nebelschleier das eigentümlich Duftige der Erscheinung zurückzuführen. Beim Höherrücken der Sonne wird allmählich L zu F , während die angrenzenden Teile des Schattens S langsam zu L werden.

Bemerkenswert ist, daß an einem zweiten Schattenrande (S_1) der auf bereits umgepflügten Felde mit nur geringfügiger Eiskristallbildung lag, die Erscheinung nur andeutungsweise auftrat.

Die Erscheinung beruht also, wenn sonst die Bedingungen des Geländes und der Beobachtungsweise erfüllt sind — nach Nordwesten vorspringende Waldlisiere mit rückwärts anschließender Anhöhe und vorgelagerter Grasfläche, die man morgens von Norden her betrachten kann —, auf dem günstigen Zusammentreffen dreier Umstände: 1. Raureif, 2. Nebelschleier von gewisser Stärke, 3. gleichmäßige ununterbrochene Einstrahlung. Von welchen Faktoren die Breite des leuchtenden Saumes abhängt, ist danach leicht ersichtlich. — Das Auftreten der Erscheinung, die ich bis jetzt noch nicht erwähnt gefunden habe, wird man auch in größeren Gebirgstälern vermuten können.

Versuche über Molekularanziehung mit Farbstofflösungen.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Unter den zahlreichen Beispielen für Adhäsion wird in den Lehrbüchern auch das Färben erwähnt, ein Versuch darüber aber wohl meistens der Chemie überlassen. Sehr empfehlenswert sind ein für allemal bereitgestellte Farblösungen, in die man Streifen von Filtrierpapier bringt. In kleine Bechergläschen (8 cm Höhe) gießt man niedrige Bodenschichten der Lösungen und läßt je einen beliebig langen, etwa 3 cm breiten Papierstreifen hineinhängen, den man über dem Glasrande umknickt. Hierbei zeigt sich nicht nur ein mehr oder weniger schnelles kapillares Auf- und Überden-Rand-Steigen der meisten Flüssigkeiten, sondern auf das deutlichste eine besondere Oberflächenanziehung zwischen Papierstoff und Farbstoff, indem auf dem Papierstreifen die Färbung nur bis zu einer gewissen Höhe fortschreitet, über die hinaus das Wasser noch eine oft erhebliche Strecke weiter vordringt.

Über diese „Adsorption“ von gelösten Stoffen durch Papier hat SCHÖNBEIN (1861) und nach ihm GOPPELSRÖDER (1887) eine große Anzahl interessanter Tatsachen aufgefunden (O. LEHMANN, *Molekularphysik I*, S. 573, 1888), die recht rätselhaft sind, wie z. B. eine Säuren und Basen weit übertreffende Wanderungsgeschwindigkeit des Jodkaliums innerhalb der kapillaren Zwischenräume (S. 575). An wässriger Eosinlösung fehlt es nirgends; etwas Pikrinsäure löst man durch Kochen im Reagenzglas; Lösungen von Fuchsin, sowie von Methylviolett (etwa je 1,5 g in 1 l kochenden Wassers) bewahrt man sich nach dem Filtrieren am besten in verschlossenen Flaschen auf.

Der Farbstoff der beiden letzten Lösungen steigt nur etwa 3–4 cm hoch im Papierstreifen empor; das Wasser hingegen macht in einer Stunde den Streifen zum Kapillarheber. Die Grenze des adsorbierten Farbstoffes zeigt oft zungenartige Ausläufer, den Walzeindrücken im Papier entsprechend. Eosin-, mehr noch Pikrinsäurelösungen färben den Streifen höher hinauf. Die Breite des Wasserrandes ist durch die Konzentration der Lösungen mitbestimmt. Man sieht dies deutlich an Streifen, die in gewöhnliche Tinte, sowie solchen, die in stark verdünnte Tinte hineinragten. Nur die letzteren zeigen den Wasserrand.

Ein anderes, die Schüler sehr interessierendes Verfahren besteht darin, daß man etwa talergroße Klexe mit den farbigen Lösungen auf großen Fließpapierblättern herstellt. Nach einigen Sekunden kann man die Papierblätter gegen das Licht halten lassen. Obgleich die Verdunstung stark ist, sieht man um jeden eingesickerten Farb-

flecken eine noch breiter werdende lichte Zone mit ganz scharfer Trennung von Farbe und Wasser.

Nach beiden Verfahren kann man nun auch mit Mischungen der Lösungen experimentieren. Das stärker adsorbierte Fuchsin, sowie Methylviolett bleiben hinter Eosin, mehr noch hinter Pikrinsäure zurück. Hübsch sieht der rosafarbene Eosinfleck, umgeben von dem allmählich sich verlierenden breiten Gelb der Pikrinsäure, aus. Des größeren Farbenunterschiedes wegen benutzt man bei diesen Mischversuchen besser das Methylviolett anstatt Fuchsin, also im Gemenge mit Eosin (wenige Tropfen). Ist gleichzeitig etwas Pikrinsäure beigemischt, so tritt jenseits des zunächst fast schwarzen Bereiches das Eosin nur in zarten rosa Wölkchen an der Grenze der breiten gelben Zone auf.

Zur Demonstration der Wassersynthese.

Von Dr. **Richard Kempf**.

(Chemisches Institut der Universität Berlin.)

Vor etwa einem Jahre habe ich unter gleichem obigen Titel an dieser Stelle einen Vorlesungsapparat beschrieben, der in einfacher Weise gestattet, die synthetische Bildung von Wasser und Kohlendioxyd bei der Verbrennung von Leuchtgas zu demonstrieren¹⁾. Im folgenden möchte ich auf einige praktisch wichtige Punkte hinweisen, die teils den Gebrauch der Vorrichtung, teils die Interpretation des Versuches betreffen.

Wie bereits in der zitierten Abhandlung kurz angedeutet ist, läßt sich neben der Bildung von Wasser und Kohlendioxyd auch die von Schwefelsäure und Salpetersäure (oder salpetriger Säure) bei der Verbrennung von Leuchtgas zeigen. Das synthetisierte Wasser braucht man nur mittels der gewöhnlichen Reaktionen auf die genannten Säuren zu prüfen. Man ist mithin in der Lage, den gesamten chemischen Mechanismus der Verbrennungserscheinungen organischer Substanzen sinnfällig und in einer Operation vor Augen zu führen. In den Rahmen des Versuches fällt also z. B. die Besprechung der organischen Elementaranalyse, ferner der hygienischen Mängel der Gasbeleuchtung in Wohnräumen usw.

Will man dagegen nur die Wassersynthese in den Kreis der Betrachtung ziehen und alles kompliziertere Beiwerk vermeiden, so läßt sich der Versuch dadurch wesentlich einfacher gestalten, daß man die Zuglöcher des Bunsenschen Zehnbrenners mittels der Metallhülsen schließt und nun reinen Wasserstoff — am bequemsten aus einer mit Reduzierventil versehenen Bombe — in dem Apparate verbrennt. Man erhält dann eine qualitativ und quantitativ bessere Ausbeute: das Wasser ist reiner, und es entsteht in größerer Menge als bei der Verbrennung von Leuchtgas. Es bildet sich bei der Verwendung von Bombenwasserstoff in einer halben Stunde ca. $\frac{1}{4}$ Liter kristallklares Wasser. Auch wird das Metall des Apparates weniger angegriffen.

Auf die pro Zeiteinheit erzielbare Wasserausbeute kommt es aber in erster Linie an, wenn der fundamentale Versuch wirklich überzeugend und eindrucksvoll — auch auf einen ausgedehnteren Hörerkreis — wirken soll. Das ist aus didaktischen Gründen gerade bei diesem Vorlesungsversuch um so mehr zu erstreben, als eine geeignete Interpretation die Brücke schlägt zum Verständnisse von Lavoisiers bahnbrechenden Arbeiten, in denen die Wurzeln der modernen Chemie ruhen. —

Neuerdings wies H. Schiff²⁾ in einer interessanten historischen Notiz darauf hin, daß die in Rede stehende Vorrichtung einen Florentiner Apparat aus dem Jahre

¹⁾ Vgl. diese Zeitschrift, Bd. 21, S. 35 (1908). — Chemiker-Zeitung, Bd. 32, Repert. S. 294 und S. 657 (1908).

²⁾ Zur Demonstration der Wassersynthese, Chemiker-Zeitung, Bd. 33, S. 345 (1909).

1658 zum Vorläufer hat. Dieser Auffassung kann man allerdings nicht ohne weiteres zustimmen, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe¹⁾. Ferner empfiehlt derselbe Verfasser einen Apparat zur Demonstration der Wassersynthese, der aus Glas gefertigt ist und im übrigen dem meinen fast vollkommen gleicht. Nach den eigenen Angaben des Autors erhält man damit in einer halben Stunde 15—18 cm³ Wasser. Abgesehen von dieser minimalen Wasserbildung, die in dem geringen Wärmeleitungsvermögen des Glases ihre Ursache hat, erscheint der Apparat für den praktischen Gebrauch auch deshalb sehr wenig geeignet, weil die Zerbrechlichkeit des in dem Versuch stark beanspruchten Materials jede Gewähr für einen korrekten Verlauf der Vorführung vollkommen illusorisch macht.

Für die Praxis.

Die Gewinnung des Sonnenblumenmarks. Von Bruno Kolbe in St. Petersburg. Vor dem früher²⁾ gebräuchlichen Holundermark hat für elektrische Pendel das Sonnenblumenmark (*Helianthus annuus* L.) folgende Vorzüge: Es ist bedeutend leichter, kann in größeren Stücken (bis 3,5 cm Durchmesser) erhalten werden und hat eine schöne weiße Farbe. Auch lassen sich die Kugeln leicht färben. [Zur Herstellung der Kugeln bedarf man eines sehr scharfen Messers. Die Kanten werden mit Glaspapier (Nr. 000) leicht abgeschliffen.]

Nachdem ich anfangs bei der Gewinnung des Sonnenblumenmarks Mißerfolge hatte, indem das Mark beim Trocknen im Innern radiale Risse erhielt, kam ich in folgender einfacher Weise zum Ziel.

Wenn die Samenreife eingetreten ist, entfernt man den Blütenkopf (Fruchtboden) und rammt in etwa 20 cm Abstand vom Stamme 3 Holzstöcke von 1,5 m Länge ein und befestigt durch Schnüre oben den Stamm an den 3 Stöcken. An einem sonnigen Tage sägt man eine Kerbe nahe der Erde in das Holz des Stammes, so daß das Mark etwas verletzt wird. Je nach der Witterung, nach 1 oder 2 Tagen, sägt man etwas höher seitlich eine zweite Kerbe ein usw., bis nach der 5. oder 6. Kerbe die holzige Masse des Stammes ringsum durchgesägt ist. Unterdessen haben die Blätter zu welken begonnen. Wenn sie schon trocken werden, sägt man den Stamm ab, teilt ihn in ca. 20 cm lange Stücke und läßt diese an einem lauwarmen Orte völlig austrocknen. Darauf entfernt man die Holzschicht.

Mit einer feinen Laubsäge kann man leicht Platten von 5—8 mm Dicke herstellen, aus denen man mit Hilfe einer Blechschablone regelmäßige Fünfecke schneidet. Durch Schleifen auf Sandpapier gibt man diesen die Gestalt schwach abgestumpfter fünfseitiger Pyramiden. Aus solchen läßt sich durch Leimen mit Synthetikon (wobei man das folgende Stück erst anleimen darf, wenn das vorige festgetrocknet ist) eine Hohlkugel von 6—8 cm Durchmesser herstellen. Die Unebenheiten werden mit feinem Glaspapier abgeschliffen. — Mit geschlagenem Eiweiß und Aluminiumfolie kann man hübsche leitende und dabei sehr leichte Kugeln (z. B. zum elektrischen Horizontalpendel) erhalten. (Am bequemsten ist es, wenn man zwei möglichst gleiche (hohle) Halbkugeln herstellt und diese aneinanderpaßt und zusammenleimt.) Die nach dem Bekleben vorstehenden Stücke Aluminiumfolie werden nach dem völligen Trocknen mit einem Wattebausch abgerieben.

¹⁾ Vgl. Chemiker-Zeitung, Bd. 33, S. 413 (1909).

²⁾ In England scheint das Sonnenblumenmark nicht bekannt zu sein. (Vgl. die Fußnote des englischen Herausgebers in *An Introduction to Electricity*, p. 5.)

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Messender Versuch über die Abhängigkeit der Schwingungsdauer eines Pendels von der Beschleunigung¹⁾. Von OTTO KRÜGER. Zu dem Versuch dient eine Atwoodsche Fallmaschine; an dem einen Ende des Fadens hängt ein Messingwagen (Fig. 1), an dem das

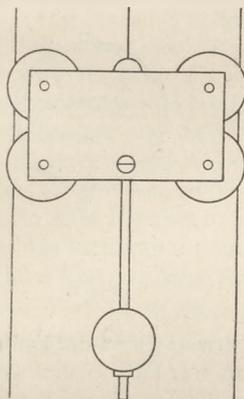


Fig. 1.

Pendel, eine Messingstange mit Bleikugel, angebracht ist. Der Wagen bewegt sich zwischen zwei vertikalen, straff gespannten Messingdrähten, deren Abstand gleich der Breite des Wagens ist: die Führung wird durch je zwei genutete Messingrollen vermittelt. Durch diese Einrichtung wird der Wagen am Mitschwingen verhindert. An dem anderen Ende des Fadens hängt ein auf der Wagschale genau ausgeglichenes Gegengewicht.

Auf der mit Schraubenwindungen versehenen Pendelstange befindet sich eine Schraube, durch die es möglich ist, die Länge des Pendels und damit seine Schwingungsdauer zu ändern. Um dem Pendel nun eine bestimmte Eigenbeschleunigung zu geben, wird entweder der Wagen oder das Gegengewicht mit einem Übergewicht belastet und dadurch das Pendel entweder nach unten oder nach oben getrieben. Um den Stoß beim Anschlagen an das obere oder untere Ende der Fallmaschine zu mildern, versieht man den Wagen oben mit einer aus zwei starken Stahlfedern von der Form) (bestehenden Bremsvorrichtung und entsprechend das Gegengewicht mit einer großen Schraubenfeder.

Die Schwingungen des Pendels werden auf einem an der Fallmaschine befestigten Papierstreifen aufgezeichnet. Zu diesem Zweck ist die Bleikugel des Pendels mit einem Pinsel versehen (Fig. 2), dem durch eine Kapillare Tinte zugeführt wird. Die aufgezeichnete Kurve ermöglicht in bekannter

Weise, die Beschleunigung des fallenden oder steigenden Pendels zu bestimmen; bewegt sich das Pendel einmal aufwärts, dann abwärts mit der gleichen Beschleunigung a , so gelten für die Schwingungsdauer die Gleichungen

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}} \quad \text{und} \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}},$$

es ist also

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{g+a}{g-a} = 1 + 2\frac{a}{g}.$$

Nun sind aber die den Kurven entnommenen Werte von a beim sinkenden und

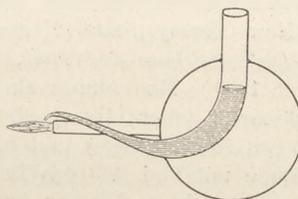


Fig. 2.

beim steigenden Pendel einander scheinbar nicht gleich, da sie nach verschiedenen Zeiteinheiten, nämlich nach den Schwingungszeiten T_1 und T_2 des Pendels, gemessen sind, und es ist derselbe Weg

$$s = \frac{a_1}{2} n_1^2 = \frac{a_2}{2} n_2^2 = \frac{a}{2} n^2,$$

wenn n_1 die Anzahl der Zeiteinheiten T_1 , n_2 die von T_2 , und n die Anzahl der Sekunden ist. Demnach

$$a_1 : a_2 = n_2^2 : n_1^2.$$

Nun ist aber $n_1 T_1 = n_2 T_2 = n$, also

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{n_2^2}{n_1^2} = \frac{a_1}{a_2}.$$

Durch die Messung von a_1 und a_2 ist also auch das Verhältnis $T_1^2 : T_2^2$ experimentell ermittelt und mit dem theoretisch berechneten Wert vergleichbar.

Bei einer Versuchsreihe war das Übergewicht 50 g, die Beschleunigung nach oben bzw. nach unten $25,5 \text{ cm/sec}^2$ mit Hilfe einer Stechuhr beobachtet. Daraus folgte

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{981 + 25,5}{981 - 25,5} = 1,053.$$

Andererseits wurden aus den Kurven abgelesen eine ganze Reihe von (14) Wegstrecken s_n und zugehöriger Zahl n der

¹⁾ Physikal. Zeitschr. 10, Nr. 7, S. 225.

Pendelschwingungen, daraus durch Rechnung gefunden die Werte $\frac{a_1}{2}$ und $\frac{a_2}{2}$. Die Mittelwerte waren in einer Beobachtungsreihe $\frac{a_1}{2} = 3,461$, $\frac{a_2}{2} = 3,284$, also

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{3,461}{3,284} = 1,054.$$

Aus einer zweiten Reihe ergab sich

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{3,420}{3,239} = 1,056.$$

Der Mittelwert aus beiden, 1,055, weicht nur um 2 Promille von dem berechneten ab. Der kleine Fehler wird daraus erklärt, daß die Reibung nicht konstant ist, sondern mit der Beschleunigung im allgemeinen wächst. P.

Ein hydrostatischer Versuch. Von W. N. MUMPER, New Jersey State Normal Sch., Trenton. (*School Science and Math.*, Vol. IX, Nr. 3. March 1909.) Man nimmt ein Demonstrationsaräometer (oder einfach einen Holzstab von etwa 25 cm Länge) und beschwert das eine Ende mit Blei, bis das Instrument in Kerosin untersinkt, in Wasser dagegen zu etwa $\frac{11}{12}$ seines Volumens eintaucht. Man setzt nun das Instrument in ein zylindrisches Standglas, worin gerade so viel Wasser enthalten ist, daß es darin schwimmen kann (Fig. 1). Dann gießt man auf das Wasser so

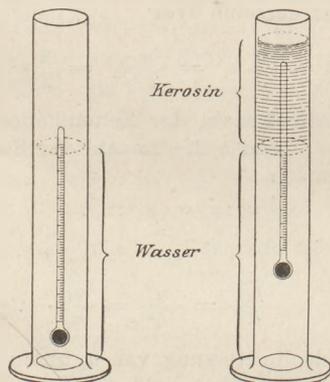


Fig. 1.

Fig. 2.

lange Kerosin, bis das Instrument ganz davon bedeckt ist (Fig. 2). Der Versuch gibt zu folgenden Überlegungen Anlaß: 1. Warum steigt das Instrument beim Aufgießen des Kerosins, obwohl letzteres direkt nur gegen die Seiten drückt? 2. Warum steht es am höchsten, wenn es ganz mit Kerosin bedeckt ist? 3. Welche Beziehung besteht zwischen dem Gewicht des Instruments und dem Gewicht des verdrängten Wassers und Kerosins in Fig. 2?

Effektivwert und galvanometrischer Mittelwert des Wechselstromes. Von K. HOERNER¹⁾.

Der Nachteil der in vorigen Heft (S. 181) unter obiger Überschrift beschriebenen Anordnung, daß eine praktisch kaum vorkommende Kurvenform verwendet wird, kann durch eine weitere Ausbildung der Unterbrecherwalze vermindert werden. Durch abwechselnde Vorschaltung von Widerständen können die Augenblickswerte der Voltmeter-spannung auf verschiedene Werte zwischen

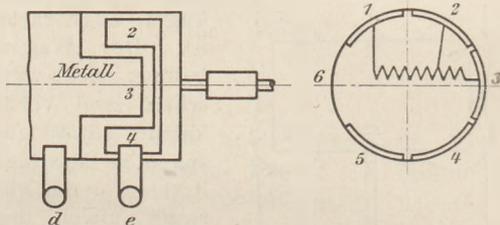


Fig. 1.

Fig. 2.

dem Null- und dem Höchstwert gebracht, kann also die Kurve abgestuft werden, so daß sie beispielsweise die in Fig. 3 ausgezogene Form annimmt, welche sich der reinen Sinuskurve in einem für unseren Zweck bereits hinlänglichen Maße nähert.

Man bringt auf der Walze neben dem geschlossenen Ring isolierte Kontaktstücke an, in unserem Fall (vgl. Fig. 1 u. 2) fünf solche von je nahezu einem Sechstel des

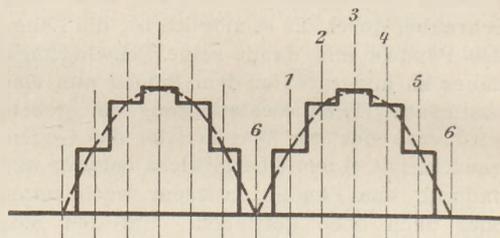


Fig. 3.

Walzenumfangs, verbindet das Stück 3 mit dem geschlossenen Ring (Fig. 3 auf S. 182), ferner 1 mit 5 und 2 mit 4 und legt zwischen 1 und 3 bzw. 2 und 3 einen auf der Walze untergebrachten Widerstand. Ferner fügt man eine weitere Bürste hinzu, welche bei Drehung der Walze nacheinander über die Kontaktstücke 1 bis 5 und das isolierte Stück 6 der Walze schleift. Hierdurch wird den beiden Voltmetern, die in Parallelschaltung einer-

¹⁾ Nachtrag des Verfassers zu dem Bericht in Heft 3, S. 181.

seits direkt, andererseits über die Bürsten d und e (vgl. Fig. 1) an der Gleichstromquelle liegen, eine bei jeder Umdrehung in sechs symmetrischen Absätzen sich ändernde Spannung zugeführt, deren Augenblickswerte bei langsamer, deren Mittelwert bei rascher Drehung abgelesen werden können.

Angenommen, es stünde ein Hitzdrahtinstrument und ein Drehspulinstrument von je 15 Volt Meßbereich und Gleichstrom von 12 Volt Spannung zur Verfügung.

Der Strom in ersterem sei bei vollem Ausschlag 0,3 A, der Widerstand also 50 Ω , für das zweite seien die ebenfalls gebräuchlichen Werte 0,03 A und 500 Ω eingesetzt, so daß der Widerstand der beiden parallel geschalteten Instrumente 45,5 Ω beträgt. Zur Erzielung der in Fig. 3 dargestellten abgestuften Kurvenform muß die Spannung an den Instrumenten in den Stellungen 1 und 5 auf die Hälfte, also auf 6 Volt, in den Stellungen 2 und 4 auf den Wert $12 \times 0,86 = 10,3$ Volt herabgesetzt werden; es ist also in unserem Beispiel zwischen Kontakt 1 bzw. 5 und das geschlossene Ringstück ein Widerstand von 45,5 Ω , zwischen 2 bzw. 4 und dieses ein solcher von rund 7 Ω zu legen. Da für den Vorschaltwiderstand

bei Verwendung von Konstantan oder ähnlichem Material eine Drahtstärke von 0,3 bis 0,2 mm und wenige Meter Länge ausreichen, kann derselbe leicht in oder auf der Walze untergebracht werden.

Bei rascher Drehung der in dieser Weise ausgeführten Walze nehmen beide Voltmeter einen konstanten Ausschlag an, und zwar zeigt

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| das Drehspulvoltmeter | rund 7,5 Volt |
| das heißt | 0,62 \times 12 - |
| das Hitzdrahtvoltmeter | 8,5 - |
| das heißt | 0,71 \times 12 - |

ersteres den galvanometrischen Mittelwert, letzteres den Effektivwert.

Die Abweichung der so bestimmten Faktoren 0,62 und 0,71 von den für Sinusform sich ergebenden, 0,637 und 0,707, ist für den Schulversuch nicht von Bedeutung, sie kann durch Anwendung einer größeren Zahl von Kontaktstücken und Widerstandsstufen beliebig verringert werden.

Das Wesen der beiden Mittelwerte dürfte durch die angegebene Anordnung, deren Versuchsergebnisse sich leicht durch Aufzeichnung und Ausmessung der Kurven prüfen lassen, in einfachster Weise zu erläutern sein.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Lichtelektrische Wirkungen. Von Versuchen aus diesem Gebiet sei zunächst noch über eine ältere Arbeit berichtet, in der O. ROHDE das lichtelektrische Verhalten von Farbstoffen und Metallsulfiden beschrieben hat¹⁾. Zunächst untersuchte er Farbstofflösungen, die in einer Schale belichtet wurden. Es waren Lösungen von Fuchsin und Methylviolett in Wasser; die Belichtung erfolgte durch die Funkenstrecke eines Induktoriums. Es zeigte sich, daß die lichtelektrische Wirkung mit der Zeit wesentlich zunahm. Genauere Versuche ergaben, daß diese Zunahme auf einer allmählich zunehmenden Konzentration der Oberfläche beruht, die bis zur Ausscheidung festen Farbstoffes geht. Alkoholische Lösungen, deren Oberflächen unveränderlich klar bleiben, zeigten sich lichtelektrisch so gut wie unwirksam. Dagegen ergaben die festen Farbstoffe im wesentlichen die gleiche Wirkung wie die alten wäßrigen Lösungen.

Die Metallsulfide erwiesen sich ebenfalls sämtlich als lichtelektrisch wirksam, besonders diejenigen von *Pb*, *Cu*, *Mn*, *Ag*, *Bi*,

Ni, *Sb*, *Zn*. Für die Größe des Effekts derselben Substanz ist unter sonst gleichen Verhältnissen ohne Einfluß die Art ihrer Darstellung; dagegen wird sie wesentlich bedingt durch die Oberflächenbeschaffenheit — insbesondere Rauigkeit —, Dichte und molekulare Struktur, z. B. die Kristallform. Da nach den Untersuchungen von Lenard und Klatt die Metallsulfide integrierende Bestandteile der Erdalkaliphosphore sind, so schien dem Verf. die Vermutung gerechtfertigt, daß die aus diesen Sulfiden unter dem Einfluß des Lichtes ausgestrahlten negativen Elektronen zugleich als die Phosphoreszenz-erregener jener Präparate anzusehen sind.

Diese Vermutung wird durch neue Untersuchungen von P. LENARD und SEM SAELAND bestätigt¹⁾. Die Verff. fanden bei einer Anzahl von Phosphoren ausschließlich dieselben Wellenlängenlichtelektrisch erregend, die auch deren Phosphoreszenzbanden erregen, wobei absichtlich solche Phosphore gewählt wurden, bei denen möglichst extrem verschiedene gelegene Spektralbezirke erregend wirkten. Der Phosphor

¹⁾ Ann. d. Physik **19**, 942 (1906).

¹⁾ Ann. d. Physik **28**, 476 (1909).

befand sich in einer Schale innerhalb eines Schutzzylinders aus Messing, der eine mit Platinnetz bedeckte Öffnung hatte; das ganze war in eine mit der Luftpumpe verbundene Glasröhre eingeschlossen. Die Belichtung erfolgte mit einer Nernstlampe, deren Strahlen durch einen Kondensator auf dem Phosphor konzentriert wurden. An den Messingzylinder wurde eine konstante Spannung von + 300 Volt angelegt; die den Phosphor enthaltende Schale war mit dem Elektrometer in Verbindung. Sobald die Belichtung einsetzte, zeigte das Elektrometer den Verlust negativer Elektrizität am Phosphor an, doch hörte die Wirkung bald wieder auf. Das liegt z. T. an der geringen Leitfähigkeit der Phosphore — die eine positive Oberflächenladung erzeugt —, z. T. aber, wie die Verff. ausführen, daran, daß die lichtelektrische Wirkung nicht auf den ganzen Phosphor ausgeübt wird, sondern nur auf jene Molekülgruppen („Zentren“), die aus Atomen des wirksamen Metalls, des Erdalkalimetalls und des Schwefels bestehen, die auch Zentren der Absorption des wirksamen Lichts sind. Diese Zentren nehmen positive Ladung an und erzeugen lokale Felder, die das äußere Feld lokal überwiegen und die Wirkung zum Stillstand bringen. Die Verff. nennen das „elektrische Polarisation der Zentren“. Versuche mit Präparaten von verschiedener Phosphoreszenzfähigkeit zeigten, daß diese immer mit der lichtelektrischen Wirkung übereinstimmt. Hat die Wirkung aufgehört, so kann sie durch längere Ruhe oder durch Erhitzen des Phosphors regeneriert werden; auch vorherige negative Ladung durch Kathodenstrahlung läßt die lichtelektrische Wirkung deutlicher hervortreten.

Was die Wirkung verschiedener Farben anlangt, so zeigte sich, daß rotes Licht bei keinem Phosphor lichtelektrisch wirksam war; nicht phosphoreszenzerregendes Licht ist also auch lichtelektrisch unwirksam. Die Belichtung erfolgte bei diesen Versuchen durch Gläser und Gelatinen von verschiedener Farbe; die Wirkung des farbigen Lichtes wurde in Prozenten des weißen berechnet und mit der Erregungsverteilung der Phosphoreszenzbanden verglichen. Es zeigte sich, daß die Stärke der beobachteten lichtelektrischen Wirkungen sich jedesmal nach der von dem betreffenden Farbenglas durchgelassenen Menge des phosphoreszierenden Lichtes richtet. Das galt auch für ultraviolette Strahlen, die z. B. den Ca-Pb-Phosphor vorwiegend erregen, und die

bei Benutzung eines Quarzkondensators bei demselben Stoffe auch lichtelektrisch besonders wirksam waren.

Eine andere, von der eigentlichen lichtelektrischen Wirkung unabhängige Erscheinung trat gerade bei roter Belichtung der Phosphore ein. Die Elektrometernadel bewegte sich im Sinne des angelegten elektrischen Feldes, ob der Phosphor positiv oder negativ geladen war. Violettes Licht brachte diesen Gang bei positiver Ladung des Phosphors nicht hervor, weißes Licht wirkte wie rotes. Die Verff. bezeichnen diese Wirkung als „aktino-dielektrisch“ und erklären sie durch eine dielektrische Verschiebung mit Rückstandsbildung bzw. durch kurzdauernd verstärktes Leitvermögen. Das rote Licht wirkt auf die erregten Phosphore auslöschend, wobei Energie absorbiert wird. Die „Zentren“ werden durch das rote Licht in denselben Zustand versetzt, in den sie auch durch Erhitzen des Phosphors gelangen; damit ist aber auch elektrische Leitfähigkeit verbunden.

Von dem Mechanismus der Phosphoreszenz haben die Verff. sich folgende Vorstellung gemacht: „Die Erregung eines Phosphors, sei es durch Licht- oder Kathodenstrahlen, besteht in der Polarisation der Zentren, d. h. in dem bleibenden Austritt von Elektronen aus Metallatomen der Zentren. Es treten aber dabei mehrere Elektronen aus dem Metallatom aus, und die Lichtemission erfolgt bei der Rückkehr der Elektronen, während mindestens eins derselben in dem betreffenden Metallatom noch fehlt. Diese Vorstellung erklärt auch die eigentümlichen Temperaturzustände der Phosphoreszenzbanden und die Stokessche Regel.“ *Schk.*

Aus der Magnetik. Die magnetischen Eigenschaften der Metalle sind in verschiedenen Verbindungen oftmals recht verschieden. P. Pascal¹⁾ findet aus zahlreichen Versuchen, die er nach der Steighöhenmethode mit Lösungen von Doppelsalzen des Eisens, Kobalts, Mangans, Chroms, Kupfers, Quecksilbers, Magnesiums, Vanadiums und Urans anstellt, daß beim Eintritt in ein Doppelsalz oder in den kolloidalen Zustand das Metall einen um so größeren Verlust an seinem Paramagnetismus erleidet, je mehr die chemischen Eigentümlichkeiten des Metalls in dieser Bindung zurücktreten. Es kann sogar an die Stelle des ursprünglichen Paramagnetismus Dia-

¹⁾ C. R., Bd. 147, S. 56, 242, 742, 1290; 1908.

magnetismus treten. Verf. weist darauf hin, daß durch dieses Verhalten die Notwendigkeit, Erze vor der magnetischen Aufbereitung zu rösten, verständlich wird. Er findet ferner eine einheitliche Formel für die Atomsuszeptibilität der Metalloide in den drei von Chlor, Schwefel und Phosphor geführten Gruppen des periodischen Systems. Sie besteht aus einem konstanten Glied, dessen Wert in allen drei Gruppen fast derselbe ist, und einem zweiten Glied, das außer dem Atomgewicht eine nur von der Wertigkeit abhängige Konstante als Faktor enthält.

Bei einigen natürlichen Eisenerzen wie auch beim eisenhaltigen gebrannten Ton ist remanenter Magnetismus bekannt. G. BERNDT¹⁾ gibt genaue Werte für die Hysteresis bei pulverförmigem Eisenoxyd und Eisenhydroxyd. In 200 Gauß Feldstärke stieg die Magnetisierung auf 0,2 Einheiten, wovon 12 und 9 Hundertstel remanent blieben; etwa im gleichen Verhältnis stand die Koerzitivkraft zur angewandten Feldstärke. Die Hysteresisarbeit im Kubikzentimeter betrug etwa 10 Erg. Bei einigen Eisensalzen wurde vergeblich nach Hysteresis gesucht.

Die magnetischen Nachwirkungen im Eisen sind im vorigen Jahre Gegenstand sehr eingehender und erfolgreicher Untersuchungen gewesen, sowohl was die Erkenntnis dieser teils vorübergehenden, teils bleibenden Erscheinungen als auch die Beseitigung der letzteren für Prüfungszwecke angeht. H. TOBUSCH²⁾ findet bis zu 0,05 Gauß die Formeln der Wiechertschen Theorie der elastischen Nachwirkung geeignet zur Darstellung der magnetischen, ferner bis zu 0,01 Gauß die Magnetisierung der Feldstärke proportional. Ch. Maurain hat sich seit 1904 wiederholt mit den Hilfsmitteln beschäftigt, durch die man den Einfluß der Hysteresis auf die Magnetisierungskurve derartig beseitigen kann, daß man statt der gewohnten Hysteresisschleife, die für dieselbe Feldstärke bei zunehmendem und abnehmendem Strom verschiedene Magnetisierungswerte gibt, in beiden Fällen dieselben Werte, also eine anhysteretische Magnetisierungskurve erhält. Außer Erschütterungen eignen sich für diesen Zweck übergelagerte Wechselfelder verschiedener Art³⁾, wiederholte, hinreichend ausgiebige Torsionen nach beiden Seiten⁴⁾ und

wiederholt ab- und zunehmende Zugbelastungen der Probe¹⁾. Die in allen diesen Fällen erhaltenen Kurven sind zwar jede für sich eindeutig, sie stimmen aber untereinander nicht überein, so daß man wohl annehmen muß, daß die Moleküle im Eisen verschiedene Gleichgewichtslagen annehmen können.

W. Burrows²⁾ untersucht die Frage, in welcher Weise man Eisenstäbe entmagnetisieren muß, um für ihre Prüfung stets ein und denselben Anfangszustand wieder herzustellen, was auch die Probe vorher in magnetischer Hinsicht erlitten haben mag. In sehr eingehender Weise untersucht er 50 cm lange Stahlstäbe von 6 mm Durchmesser und ebenso lange Eisenblechstreifen, die paarweise durch Querstücke zu einem Joch vereinigt werden, ballistisch, nachdem sie in verschiedener Weise vorbehandelt sind. Als sichere Entmagnetisierungsmethode gibt er an: Man soll ein abnehmendes wechselndes Feld anwenden, das mit einem mindestens zu wählenden Höchstwert, der „kritischen entmagnetisierenden Kraft“, die übrigens auffallend niedrig ist (Eisen 2 Gauß, Stahl 15 Gauß), beginnt und in langsamen Polwechseln zu der geringsten bei den Messungen anzuwendenden Feldstärke abfällt. Bei seinen Proben mußte der Abfall auf wenigstens 100 Polwechsel und 90 Sekunden verteilt werden, vorausgesetzt, daß die Feldabnahme so eingerichtet wurde, daß die Induktion gleichmäßig abfiel.

Den Einfluß von Erschütterungen auf den remanenten Magnetismus untersucht James Russell³⁾. An einen meterlangen weichen Strahldraht von 1 mm Dicke war eine Klingel gelötet, auf die er aus verschiedener Höhe Stahlkugeln fallen ließ. Im allgemeinen ändert sich durch Erschütterung die Magnetisierung, die übrig bleibt, wenn man von einer größeren Feldstärke auf eine geringere zurückgeht. Es ließ sich jedoch in jedem Falle eine solche Intensität der Erschütterungen ausfindig machen, daß die Magnetisierung ungeändert blieb. Geringere Erschütterungen vermehrten, größere verminderten den Magnetismus. Ganz gleichartige Ergebnisse wurden erhalten, wenn statt der mechanischen Erschütterungen die elektrischen Wellenzüge eines kleinen Tesla-transformators in wechselnder Stärke durch den Draht geleitet wurden.

Eine für permanente Magnete sehr wich-

¹⁾ 80. Vers. d. Naturf. u. Ärzte, Köln 1908.

²⁾ Ann. d. Phys. (4), Bd. 26, S. 439.

³⁾ C. R., Bd. 138, S. 751, 1904.

⁴⁾ Journ. de Phys. (4), Bd. 6, S. 380, 1907.

¹⁾ Journ. d. Phys. (4), Bd. 7, S. 497, 1908.

²⁾ Bull. Bureau of Standards, Bd. 4, S. 205.

³⁾ Proc. Roy. Soc. Edinburgh 29, S. 1—37.

tige Feststellung macht R. Gans¹⁾. Wenn man beim Durchlaufen der Hysteresiskurve irgendwo das Feld um einen kleinen Betrag rückwärts ändert, so ist die entsprechende Änderung der Magnetisierung geradlinig aufzutragen, und wenn man die angeführte kleine Feldänderung beliebig unterteilt und hin und zurück durchläuft, so findet man die entsprechende Änderung der Magnetisierung frei von Hysterese (reversibel). Wie groß hierbei die genannte Feldänderung sein darf, hängt unter anderem von der Gestalt der Magnete ab.

Die Hysterese in wechselnden und in rotierenden Feldern vergleichen P. Weiß und V. Planer²⁾ mit einem Apparat, der bis zu Feldstärken von 10000 Gauß beide Messungen an derselben mehrere Zentimeter großen scheibenförmigen Probe auszuführen gestattet. Die kreisförmige Scheibe wird entweder senkrecht oder flach zwischen den Polen an einer Torsionsfeder aufgehängt und der Magnet um diese Probe gedreht. Pyrrhotinscheiben bestätigten im wesentlichen die in früheren Jahren auf anderem Wege erhaltenen Ergebnisse. Bei Scheiben aus Eisen, Stahl und Nickel zeigte sich, daß in schwachen Feldern die rotierende Hysterese bis zu viermal so groß war als die im Wechselfeld; sie ging dann bei steigendem Felde durch ein Maximum, das etwas über dem Grenzwert lag, den die Wechselhysterese in stärksten Feldern erreicht, und fiel dann wieder bis auf Null ab, wenn das Feld noch weiter gesteigert wurde.

Wiederholt ist, besonders in der Technik, von einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Magnetismus im Eisen geredet worden. J. Kühle³⁾ zeigt durch genaue Messungen an einem 2,4 m langen Bündel von Eisendraht, das mit einer schmalen Spule in der Mitte durch Wechselstrom magnetisiert wurde, daß der endliche Wert der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Magnetismus im Eisen ausschließlich durch die Wirbelströme bedingt wird.

W. Vn.

Aus der Magnetooptik (vgl. diese Zeitschr. **21**, 401 und **22**, 133). Zum erstenmal, seit die magnetische Aufspaltung der Spektrallinien bekannt ist, wurde in dem vergangenen Jahr die Form des Zeemaneffektes aufgefunden, die man nach der Lorentzschen Theorie all-

gemein erwartet hatte. W. LOHMANN¹⁾ hat sie beim Helium, und zwar bei allen seinen Linien, gefunden. Die Aufspaltung hat solche Größe, daß sie auf denselben Wert des Verhältnisses der Ladung zur Masse schließen läßt, den wir von den Kathodenstrahlen und Becquerelstrahlen her kennen, während die einfachsten bis dahin bekannten Teilungen genau den doppelten Wert gegeben hatten. LOHMANN hat ferner²⁾ mit dem Stufengitter in Feldern bis zu 20000 Gauß den Zeemaneffekt bei Na, Hg, Ne, Kr und Ar durchgemessen und bei dieser Gelegenheit einige neue Teilungen aufgefunden. Etwa dieselben Messungen machte J. E. PURVIS³⁾ mit beträchtlich geringeren Hilfsmitteln. BURTON EVANS MOORE⁴⁾ hat am großen Göttinger Gitter in Feldern bis zu 24400 Gauß einige Hundert Linien von Ba, Y, Zr und Os durchgemessen. An demselben Apparat hat R. JACK⁵⁾ die linienreichen Spektren des Mo und Wo studiert. Beide Beobachter fanden zahlreiche neue Teilungen, beide suchten vergeblich in den komplizierteren Teilungen Fingerzeige zur Auffindung neuer Serien, beide fanden die Rungesche Regel gut bestätigt. Jack macht an seinem Material auf die große Anzahl von nur einmal vorkommenden Teilungen aufmerksam sowie auf die sehr große Komponentenzahl (bis zu 19) vieler Wolframlinien. Ganz besonders verwickelte Verhältnisse liegen nach Messungen von B. E. MOORE⁶⁾ am großen Göttinger Gitter beim Thorium vor: Unsymmetrien der Lage und Intensität, ungleiche Komponentenzahl links und rechts von der Mitte, Unsymmetrien der Komponentenbreite, endlich eine Bevorzugung bestimmter Polarisationsrichtung ohne merkliche Zerlegung oder Verschiebung der Linie. Die genaue Festlegung der Konstanten des Phänomens haben sich PAUL GMELIN⁷⁾ und H. NAGAOKA und S. AMANO⁸⁾ angelegen sein lassen. Den beiden japanischen Forschern ist es gelungen, durch passende Auswahl der Selbstinduktion und Kapazität im Entladungskreis zwei Goldlinien, eine Kupfer- und eine Magnesiumlinie so scharf zu erhalten, daß ihre Aufspaltung bis zu 240 Gauß herab mit dem

¹⁾ Phys. Zeitschr. **9**, 145—148, 208, 1908.

²⁾ Zeitschr. für wissenschaftl. Photographie **6**, 1—24, 41—60, 1908.

³⁾ Proc. Camb. Phil. Soc. **15**, 45—52, 1908.

⁴⁾ Ann. d. Phys. (4) **25**, 309—345, 1908.

⁵⁾ Ann. d. Phys. (4) **28**, 1032—1066, 1909.

⁶⁾ Phys. Zeitschr. **9**, 297—307, 1909.

⁷⁾ Ann. d. Phys. (4) **28**, 1079—1087, 1909.

⁸⁾ Phys. Zeitschr. **10**, 159—162, 1909.

¹⁾ Ann. d. Phys. (4), Bd. 27, S. 1.

²⁾ Journ. de Phys. (4), Bd. 7, S. 5—27, 1908.

³⁾ Diss. Aachen 1908.

Stufenspektroskop meßbar blieb. GMELIN hat an Quecksilberlinien bis zu 3500 Gauß hinab die Messungen von ANNA STETTENHEIMER weitergeführt und dabei die Sicherheit der magnetischen Messung noch weiter gefördert. Die Zusammenstellung der besten Messungen zeigt, daß die Werte jetzt bis auf zwei Tausendstel verbürgt werden können.

Auf der 80. Naturf.-Versammlung (Köln 1908) teilte ZEEMAN mit, daß der Astronom HALE im Spektrum der Sonnenflecke, die mitten auf der Sonne standen, Aufspaltung der Linien in zwei zirkulare Komponenten und bei Flecken am Rande Aufspaltung in drei lineare Komponenten gefunden habe. Hierdurch angeregt, hat FRAU H. B. VAN BILDERBEEK-VAN MEURS¹⁾ den Zeemaneffekt für mehr als 100 Eisenlinien in allen Gebieten des Spektrums möglichst genau gemessen. Es wird künftig auf Grund dieser Messungen möglich sein, die in den Fleckengebieten bestehenden, nach HALE'S Entdeckung sehr bedeutenden magnetischen Feldstärken zu messen; jedenfalls ist jetzt schon die Bedeutung der Sonnenflecken für die erdmagnetischen Störungen durch diese Entdeckung wesentlich klarer geworden.

P. ZEEMAN²⁾ stellt weitere Untersuchungen über die Unsymmetrie der gelben Quecksilberlinie mit Hilfe des Stufengitters und zweier versilberter Luftplatten an. Das Ergebnis ist, daß die Unsymmetrie durch die Verschiebung der Mittellinie hervorgebracht wird. Dasselbe findet gleichzeitig GMELIN³⁾ mit dem Stufengitter und stellt außerdem fest, daß im Gegensatz zu der von VOIGT vorausgesagten Unsymmetrie die beobachtete mit dem Quadrate der Feldstärke zunimmt. ZEEMAN⁴⁾ bestätigt dies durch Messungen mit der Luftplatte. JACK⁵⁾ findet in seinen am Göttinger Gitter gewonnenen Photogrammen zahlreiche Linien mit unsymmetrischer Tripletpaltung, von denen ein großer Teil nur durch die polarisierenden Eigenschaften des Gitters vorgetäuscht wird. Nach Ausscheidung dieser bleiben aber noch einige Fälle verschiedenen Charakters von wirklicher Unsymmetrie übrig. VOIGT⁶⁾ macht darauf aufmerksam, daß diese Unsymmetrien sämtlich viel größer sind als

die, welche er aus der Theorie des einzelnen schwingenden Elektrons erschlossen hat, und daß auch noch andere Unterschiede vorliegen. Aus der Theorie der gekoppelten Elektronen ergeben sich starke Verschiebungen sowohl der Außenkomponenten wie auch der Mittellinie, die einzeln und gemeinsam auftreten und sowohl nach abnehmenden wie nach wachsenden Wellenlängen hin geschehen können. Die von VOIGT zuerst angekündigte Unsymmetrie sollte in schwachen Feldern am auffälligsten sein; deshalb bemühten sich O. v. BAEYER und E. GEHRCKE¹⁾, diese Erscheinung mit dem äußerst leistungsfähigen Lummerschen Interferenz-Plattenspektroskop bei geringen Feldstärken an einigen Quecksilberlinien aufzufinden, jedoch ohne Erfolg.

Zwei Arbeiten des vorigen Jahres sind geeignet, der Magnetooptik eine ganz neue theoretische Grundlage zu geben; es sind das die Berechnungen von W. J. HUMPHREYS²⁾ und besonders die von W. RITZ³⁾. HUMPHREYS knüpft an Untersuchungen von RICHARDSON (1907) an, der die Verschiebung der Spektrallinien nach der roten Seite, welche bei starkem Gasdruck beobachtet wird, durch die Annahme erklären wollte, daß das schwingende, einstrahlende Atom umgebende elektrische Feld die Elektronen benachbarter Atome in erzwungenen Schwingungen mitzuschleppen suche. Hierdurch wird (wie bei den durch eine belastete Schnur gekoppelten Pendeln) das treibende Elektron verlangsamt. RICHARDSON schrieb die Wirkung dem elektrischen Felde zu, weil er das gleichzeitige magnetische nicht für stark genug hielt. HUMPHREYS zeigt nun, daß aus diesem Ansatz eine von der beobachteten gänzlich abweichende Abhängigkeit der Verschiebung von der Wellenlänge folgen würde, und macht deshalb den Versuch, gerade aus den magnetischen Feldern der umlaufenden Elektronen die Linienverschiebung herzuleiten. Er gelangt zu einer guten Übereinstimmung mit der Erfahrung. Auf die beobachteten Ungleichmäßigkeiten in der Abhängigkeit von der Wellenlänge wirft die Bemerkung Licht, daß die Störung eines schwachen Feldes durch ein schwaches Feld von derselben Größenordnung sei wie die Störung eines starken Feldes durch ein starkes Feld; in beiden Fällen haben wir dieselbe Linienverbreiterung zu erwarten,

¹⁾ Versl. Amsterdam **17**, 220—221, 1908.

²⁾ Phys. Zeitschr. **9**, 340—344, 416, 1908; **10**, 217—221, 1909.

³⁾ Phys. Zeitschr. **9**, 212—214, 1908.

⁴⁾ Proc. Amsterdam **11**, 473—477, 1908.

⁵⁾ Proc. Roy. Soc. Edinburgh. **29**, 75—83, 1908.

⁶⁾ Phys. Zeitschr. **9**, 353—354, 1908.

¹⁾ Verh. d. D. Phys. Ges. **10**, 357—365, 423 bis 428, 1908.

²⁾ Astrophys. Journal **27**, 194—199, 1908,

³⁾ Ann. d. Phys. (4) **25**, 660—696, 1908.

aber nur im zweiten eine starke Verschiebung des Linienschwerpunktes. Die abgeleiteten Formeln lassen bei Benutzung der stärksten beobachteten Linienverschiebungen berechnen, daß in der in Betracht kommenden Nachbarschaft der strahlenden Atome Feldstärken bis zu 45×10^7 Gauß wirksam sind, das ist zehntausendmal so viel, als unsere stärksten Elektromagnete hergeben. RITZ bezieht sich auf die Bemerkung von LORD RAYLEIGH (1897), daß die Serienformeln für Spektrallinien, die mit den Beobachtungen gut zusammenstimmen, mit der Elektronentheorie nicht recht im Einklang sind. Die Serienformeln stellen (entweder die Wellenlängen oder) die Schwingungszahlen zusammengehöriger Linien als Funktionen der aufeinander folgenden ganzen Zahlen dar. Leitet man die Formeln aus den Vorstellungen der Elektronentheorie her, so gehen wesentlich die Beschleunigungen in sie ein, und diese enthalten durch zweimalige Differentiation von $\sin n(t-t_0)$ nach der Zeit die Schwingungszahlen nicht selbst, sondern ihre Quadrate. RITZ bemerkt, daß dies daher kommt, daß die Elektronentheorie die Kräfte quasielastisch vom Orte des Elektrons abhängig macht, und daß der Zusammenhang sogleich der gewünschte wird, wenn man nicht den elektrischen Anziehungen, sondern den magnetischen Feldern der umlaufenden Elektronen die entscheidende Wirksamkeit beimißt. RITZ baut nun diese Vorstellung sogleich weiter aus. Die Feldstärken vor dem Pole eines Magneten berechnen sich als die Differenzen der reziproken Quadrate der Abstände vom näheren und entfernteren Pol. In dem Ausdruck für die Feldstärke eines Molekularmagneten liegt also im wesentlichen schon die Struktur der bestbeglaubigten Serienformeln. Immerhin ist damit erst ein Glied der Serie, das Anfangsglied, gegeben; man braucht aber nur mehrere Molekularmagnete aneinander zu reihen und die Felder zu berechnen, um die ganze Serie zu gewinnen. RITZ geht noch weiter, er untersucht den Einfluß verschiedener übergelagerter Magnetfelder und bringt dabei so ziemlich alle bisher sicher beobachteten Formen des Zeemaneffektes heraus. Dabei braucht er die ganzen Zahlen nur bis zur 4 in Anspruch zu nehmen, während Runge in seiner Regel bis zur 21 schon vorgeschritten ist. Zwar bestreitet JACK (s. o.) für etliche Linien des Wolframs, auf die die Runge'sche Regel paßt, die Anwendbarkeit der Ritz'schen Darstellung; aber in einigen sehr verwickelten Erscheinungen, die MOORE (s. o.) beim Thorium gefunden hat, versagt die Runge'sche

Regel, während RITZ¹⁾ sich mit den Beobachtungen recht gut abfinden kann. Sollte auch das von RITZ entworfene Bild noch erheblicher Ergänzungen bedürftig sein (aus dem bisherigen Material kann man das kaum schließen), so hat er auf jeden Fall neue grundlegende Gesichtspunkte beigebracht, die aus der Erörterung nicht wieder verschwinden können.

Der Kampf um die positiven Elektronen dauert fort, an ihm beteiligen sich besonders A. DUFOUR und J. BECQUEREL in mehreren Arbeiten in den Comptes Rendus. DUFOUR faßt seine Beobachtungen über unnormale Zeemaneffekte unter Beigabe schöner Abbildungen²⁾ zusammen. So wertvoll auch diese besonders auf Bandenspektren bezüglichen Beobachtungen sind, einen Beweis für die Existenz positiver Elektronen stellen sie nicht dar; denn wie VOIGT³⁾ gezeigt hat, kann man alle diese Abweichungen von der normalen (d. h. der zuerst anerkannten) Form des Zeemaneffektes durch die Annahme gekoppelter negativer Elektronen und im Falle der Kristalle durch eine nach den Achsenrichtungen verschiedene Wirksamkeit des magnetischen Feldes zutreffend darstellen. Man wird dies vorziehen, denn die Annahme positiver Elektronen begegnet den größten Schwierigkeiten. Die quasielastischen Kräfte, mit denen die Theorie bisher erfolgreich gearbeitet hat, sind verständlich, wenn man annimmt, daß das negative Elektron sich in einem Gebiet räumlich verteilter positiver Ladung befindet. Nimmt man nun die positiven Ladungen so in Anspruch, so hat man sie nicht mehr für die Elektronenform zur Verfügung. In der Theorie von RITZ würde ein Bedenken in dieser Form ja nicht bestehen; indessen solange man ohne die Annahme positiver Elektronen in recht einfacher Weise auskommt, liegt kein Grund für ihre Annahme vor. Für die scharfe Prüfung der Theorien wird sich die Sammlung recht verwickelter Erscheinungen gewiß sehr wertvoll erweisen, vorläufig ist ihre Aufzählung an dieser Stelle nicht zweckmäßig. Ebenso schiebt Referent den Bericht über das magnetooptische Verhalten stark abgekühlter Kristalle noch auf; es bestehen hier noch so starke Gegensätze in den umfangreichen Veröffentlichungen⁴⁾, daß man wohl erst eine weitere

¹⁾ Phys. Zeitschr. **10**, 307, 1909.

²⁾ Phys. Zeitschr. **10**, 124—138, 1909.

³⁾ Proc. Amsterdam **11**, 360—366, 1908 u. a. a. O.

⁴⁾ Besonders Versl. Amsterdam **16**, 635 bis 645, 678—690, 749—755, 878—889, 1908, Verh.

Entwicklung der Beobachtungsmethode abwarten muß.

W. Vn.

Aus der Elektrooptik. E. HAGEN und H. RUBENS¹⁾ haben ihre Versuche über das Emissionsvermögen der Metalle für langwellige Strahlen (vgl. diese Zeitschr. XVI, 294; 1903) wieder aufgenommen und bei Temperaturen bis zu 500° ausgeführt. Sie finden aus Messungen mit den Wellenlängen 26 und 8,85 μ an Silber, Nickel, Messing, Konstantan, Platinsilber und Nickelstahl, daß sich in dem ganzen angewandten Temperaturbereich die optischen Eigenschaften dieser Metalle für die genannten Strahlen genau nach der Maxwell'schen Theorie aus dem elektrischen Leitvermögen berechnen lassen. Besonders bemerkenswert ist dieser Befund für Nickel, bei dem die optischen Eigenschaften die starken Änderungen der Leitfähigkeit, die bei der Temperatur der magnetischen Umwandlung eintreten, genau mitmachen. Bei Platin war die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung nicht befriedigend.

J. STARK hat z. T. gemeinsam mit W. STEUBING seine elektrooptischen Untersuchungen (vgl. diese Zeitschr. XXI, 336; 1908) auf die Bandenspektren und die mit ihnen zusammenhängenden Fluoreszenz- und Zersetzungsercheinungen ausgedehnt²⁾. Zunächst ergänzt er seine Vorstellungen von der Natur und Entstehungsweise der Spektren durch ein mehr ins einzelne ausgeführtes Bild. Die Spektren gehen letzten Endes alle von negativen Elektronen aus, die deshalb ihre Emissionszentren genannt werden, die Spektren sind aber verschieden je nach dem selbständigen Verbands, dem die Elektronen angehören, und der als Träger des Spektrums bezeichnet wird. Die freien Elektronen sind zugleich Emissionszentren und Träger der kontinuierlichen Spektren. Die nicht freien Elektronen sind in vierfach verschiedener Weise aneinander gebunden. Als Ringelektronen bezeichnet Stark solche, die einen festgefügteten Ring miteinander bilden und diesen in rascher Rotation durchlaufen. Unter geeigneten Annahmen, die er an anderer Stelle entwickelt hat, läßt sich auf diese Art

aus negativen Elektronen ein Modell positiver Elektrizität, der positive Atomkern oder das Ion bilden. Diese Ringelektronen sind nicht (ohne völlige Zerstörung des Ions) abtrennbar und werden für die Emissionszentren der Linien- (Serien-) Spektren angesehen, die ja nach allen vorliegenden Erfahrungen (besonders Dopplereffekt in Kanalstrahlen und Zeemaneffekt) von den negativen Elektronen positiv geladener Atomreste und auch neutraler Atome (Träger dieser Spektren) herkommen. Außer diesen Ringelektronen enthält das Atom und das Molekül noch abtrennbare Valenzelektronen. Sie sind je nach der mehr oder weniger großen Nähe positiver Atomkerne (Elektronenringe) oder anderer Valenzelektronen mehr oder minder fest gebunden und werden in nicht scharf abgrenzbarer Weise unterschieden als gesättigte, ungesättigte und gelockerte Valenzelektronen. Sie sind die Emissionszentren der Banden verschiedenen Ortes im Spektrum, als deren Träger die Atome und Moleküle gelten. Stark stellt sich vor, daß nach jedem (chemischen, elektrischen oder mechanischen) Vorgang, der das Valenzelektron aus seiner Ruhelage entweder näher an den Kern treibt oder von ihm wegzerzt, es in elastischer Weise wieder an seinen Ort zurückspringt. Da zumeist die genannten stoßartigen Einflüsse nicht zentral wirken, wird das Elektron nicht geradeswegs auf seine Ruhelage zueilen, sondern sie in mehr oder weniger gestreckten Ellipsen umkreisen. In den Umkehrpunkten der Bewegung (Aphel und Perihel) sind die quasielastischen Kräfte des Verbandes (Atomes, Trägers) auf das Elektron besonders groß; hier wird die vom Stoßvorgang stammende Energie zum Teil in Lichtemission umgesetzt. Das bedingt eine Dämpfung der Umlaufbewegung, die nächste Ellipse wird kleiner, die ganze Bewegung spiralig. So gehen also die aufeinander folgenden Lichtemissionen unter Umständen vor sich, die für Aphel und Perihel einzeln genommen in wachsendem Maße verschieden sind, für diese Gegensätze aber mehr und mehr zusammenrücken. Hieraus ergibt sich als Struktur der Banden eine Aufeinanderfolge von Linien, die in der Mitte weit, nach beiden Seiten hin immer enger wird, bis zu einer Grenze, die der Loslösung des Valenzelektrons aus dem Wirkungsbereich des Atom- oder Molekülverbandes entspricht.

Zur Stütze dieses etwas kühnen Bildes dient zunächst, daß STARK an einer Reihe organischer Verbindungen nach rot und nach

d. D. Phys. Ges. 10, 869—876, 1908, 11, 207—210, 1909.

¹⁾ Verh. d. D. phys. Ges. 10, 710; 1908. Phys. Zeitschr. 9, 874; 1908.

²⁾ Phys. Zeitschr. 9, 85, 481, 661, 889, 894; 1908.

violett abgeschattete Banden aufgefunden und deren paarweise Zusammengehörigkeit sehr wahrscheinlich gemacht hat, daß ferner bei Substitution der Wasserstoffe durch andere Gruppen die Wellenlängen sich nach der roten Seite hin verschieben, wie es auch aus dem theoretischen Bilde zu vermuten war.

STARK wendet nun auf diese Theorie die Plancksche Hypothese der Elementarquanten der Energie (wofür er den Namen Quantengesetz vorschlägt) an, welche besagt, daß der Umsatz der Energie in Lichtstrahlung in Vielfachen einer für jede Frequenz besonderen Energiemenge vor sich geht. Er macht ferner eine Annahme, die für Banden dasselbe sagt wie das Kirchhoffsche Absorptionsgesetz für Linien; er nimmt nämlich an, daß ebenso wie Bewegungsenergie der Valenzelektronen in Bandenstrahlung umgesetzt werden kann, so auch absorbierte Bandenstrahlung die Elektronen bewegen kann. Geschieht nun die Absorption im kurzwelligen Teil der Doppelbande in Elementarquanten, so sind diese groß genug, um eine Emission im langwelligen Teil zu unterhalten, nicht aber umgekehrt. So wird plausibel, daß das Fluoreszenzlicht stets größere Wellenlänge hat als das erregende Licht. Versuche mit organischen Verbindungen, deren Bandenpaare bekannt sind, zeigten sich mit diesen Folgerungen völlig im Einklang. Die Bestrahlung mit Licht, das von der kurzwelligen Bande absorbiert wurde, erregte einen mit dem Quadrantelektrometer meßbaren lichtelektrischen Effekt und Fluoreszenz in der langwelligen Bande, die spektrographisch festgestellt wurde.

Befindet sich das Valenzelektron in gelockerter Bindung, und ist die aus der Strahlung absorbierte Energiemenge groß genug, so kann photochemische Abspaltung des Elektrons und dann sekundär chemische Reaktion der Reste eintreten. Da bis zu 1000° die

mittlere Energie des Moleküls klein gegen das Lichtquantum im violetten Gebiet ist, hat die Temperatur auf die primäre Reaktion nur geringen Einfluß. Die Absorption und demgemäß auch die Zersetzung tritt besonders in der vordersten Grenzschicht ein, und wenn hier durch den Vorgang Moleküle zerspalten werden, so können einzelne Atome, die eine geeignete Bewegungsrichtung erhalten, aus der Schicht austreten, d. h. zerstäubt werden. Eine solche Zerstäubung ist durch frühere Versuche einiger Forscher wenn auch nicht sicher erwiesen, so doch recht wahrscheinlich gemacht worden. Stark berechnet als obere Grenze der Goldmenge, die in der Stunde durch eine Quarzquecksilberlampe zerstäubt werden kann, 0,7 mg. Ob es sich bei der Zerstäubung um neutrale Atome oder positive Reste handelt, konnte durch einen Versuch noch nicht sichergestellt werden. Die Wirkung der photochemischen Sensibilisatoren ist vielleicht auf Zerstäubung zurückzuführen.

Zu den vorjährigen Untersuchungen über den Dopplereffekt bei Kanalstrahlen trägt STARK noch nach¹⁾, daß die bisherigen Mitteilungen über den Dopplereffekt in Sauerstoff auf Mißdeutungen beruhen. Es ist erst jetzt unter Anwendung besonderer Maßregeln gelungen, ihn sicherzustellen. Die Deutung, daß Dublettserien einwertige, Triplettserien zweiwertige Träger haben, wird nicht mehr aufrecht erhalten. Beide Serien können denselben Träger haben und nur durch Verschiedenheit der Dämpfung bedingt sein.

JOSEPH ROSENTHAL teilt mit²⁾, daß lichtelektrische Rubidiumzellen keine mit dem Saitengalvanometer nachweisbare Trägheit besitzen. Bei Wasserstofffüllung haben diese Zellen überdies die Eigenschaft, daß sie unabhängig von der Spannung nur eine gewisse Maximalstromstärke durchlassen, bei Heliumfüllung wurde diese Erscheinung nicht beobachtet. W. Vn.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Geschichte der Photographie. Unter dem Titel „Ein Jubiläum der Photographie“ veröffentlicht Dr.-Ing. LUDWIG W. GÜNTHER in dem *Archiv f. d. Gesch. der Naturwissensch. u. der Technik, Band I (S. 140—151)*, historische Studien, zu denen der Anlaß in dem Umstand gesucht wird, daß der 9. Januar 1909 als der Geburtstag der Photographie, nämlich als siebzigste Wiederkehr des Tages zu betrachten ist, an dem Arago in der Pariser Akademie die Erfindung Daguerres bekannt

machte. [Es dürfte doch kaum gerechtfertigt sein, die biblische Lebensdauer als Jubiläumsepoche einzuführen.] Die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des Chlorsilbers geht allerdings auf einen viel älteren Forscher, den deutschen Physiker J. H. Schulze (1727) zurück, der auch bereits durch Schablonen aus schwarzem Papier die Lichtwirkung

¹⁾ Ann. d. Phys. (4), 26, 806; 1908.

²⁾ Phys. Zeitschr. 9, 803; 1908.

lokalisierte. Dann hat Scheele 1777 nachgewiesen, daß die Dunkelfärbung des Chlorsilbers in erster Linie auf die violetten Strahlen zurückzuführen sei, er und Berthelot erkannten auch die Ursache der Erscheinung in der Bildung eines Subhaloids (nach heutiger Bezeichnungsweise). Die Farbenempfindlichkeit des Chlorsilbers wurde 1820 durch den Jenenser Professor Seebeck entdeckt, d. h. die Fähigkeit des Chlorsilbers, unter dem Einfluß verschiedenfarbiger Lichtstrahlen eben diese Farben anzunehmen und auch nach Entfernung der Lichtquelle beizubehalten; die Naturfarbenphotographie ist also älter als die gewöhnliche Photographie. Doch geriet diese Entdeckung wegen der Napoleonischen Wirren für lange Zeit in Vergessenheit. Es folgte eine Reihe von mehr theoretischen Untersuchungen über die Natur der photochemischen Wirkung. Eine neue Stufe der Entwicklung wurde erreicht mit der Entdeckung des sog. „latenten Bildes“, die mit den Namen Nicéphore Niépce, Louis Daguerre und Fox Talbot verknüpft ist. Nachdem sich der erste vergeblich mit der Umwandlung des Asphalts im Lichte beschäftigt hatte, ging Daguerre wieder zu einem Silbersalz, dem Jodsilber, über; er erhielt dies dadurch, daß er eine blanke Silberplatte Joddämpfen aussetzte, wodurch ein feines Häutchen von Jodsilber gebildet wurde, das die Eigenschaft der latenten Lichtempfindlichkeit besaß. Die Entdeckung soll einem Zufall zu danken sein, nämlich dem Umstande, daß eine ungenügend exponierte Platte in einen Chemikalienschrank gelegt wurde, in dem eine offene Flasche mit Quecksilber stand; die Dämpfe des Quecksilbers verdichteten sich an den belichteten Stellen und riefen dadurch einen Bildeindruck hervor. Fox Talbot wandte zur Entwicklung des in einer Chlorsilberschicht erzeugten

Bildes ein Gemisch von Silbernitrat und reduzierend wirkender Gallussäure an, während die Fixierung mit Bromkaliumlösung erfolgte. Weitere Verbesserungen folgten: Archer und Fry fanden 1857 im Kolloidum einen sehr geeigneten Träger der lichtempfindlichen Substanz; Niépce de St. Victor empfahl (1847) die Verwendung des Eiweißes, Poitevin (1850) die der Gelatine, die Talbot'sche Entwicklungsflüssigkeit wurde durch eine alkalische Lösung von Pyrogallussäure ersetzt, der die Verwendung der Körper der Paramidophenolreihe durch Andresen 1889 folgte. Den photo-chemischen Forschungen von H. W. Vogel und J. M. Eder verdankt man weitere Kenntnisse bezüglich der chemischen und optischen Sensibilisation; die schon von Scheele erkannte einseitige Empfindlichkeit der Silbersalze für die blauen und violetten Strahlen konnte auf Grund dieser Untersuchungen korrigiert werden, namentlich indem man Trockenplatten in gewissen organischen Farbstofflösungen badete. Hierdurch wiederum wurde erst die Dreifarbenphotographie ermöglicht.

Der Verfasser geht auch noch auf die neueren Arbeiten über die Messung der Lichtenergie bei photochemischen Reaktionen kurz ein. Das Geheimnis der Natur des „latenten Bildes“ und der bei seiner Erzeugung beteiligten „Photohaloide“ ist noch immer nicht gelüftet. Der Umstand, daß die bei der Zersetzung auftretenden Unterschiede mit unseren Meßinstrumenten kaum feststellbar sind, erschwert das tiefere Eindringen. Die drei vorhandenen Theorien werden als Subhaloidtheorie, Silberkeimtheorie und Zerstäubungstheorie unterschieden, doch nicht näher erörtert; nur sei die letztere, von Bredig herrührende Theorie heutzutage gegen die andern beiden verhältnismäßig zurückgetreten.

P.

4. Unterricht und Methode.

Eine Schülerwerkstatt. Unter dieser Überschrift berichtet P. JOHANNESSEN in der *Monatsschrift f. höhere Schulen VIII (1909), S. 165—171*, über einen Handfertigkeitsunterricht, der am Sophien-R.-G. in Berlin mit den praktischen physikalischen Übungen verknüpft ist. Der Hauptantrieb dazu war der Gedanke, daß den Schülern keine Anregung vorenthalten werden dürfe, die etwa anderwärts geboten wird. Frühere Mißerfolge bewogen den Verfasser, durch wiederholte Teilnahme an den Werkstattkursen der Alten Urania in Berlin

sich selber eine bessere technische Ausbildung zu verschaffen; auch wurde der Werkzeugsammlung besondere Sorgfalt zugewendet: „Drei reich behängte Wandbretter tragen die Werkzeuge für die Hobelbank, die Drehbank und den Schraubstock; dazu kommen noch ein weiterer Werkzeugschrank, ein Glasblasetisch, eine Bohrmaschine, die erforderlichen Schleif- und Abziehsteine, die Einrichtungen für Löt-, Klebe- und Papparbeiten, auch eine große Richtplatte zum Schleifen des Glases; recht notwendig war es, die anfänglich be-

schaffte Schlosserkluppe nebst Zubehör durch genau gearbeitete, übrigens recht kostspielige Schneideisen und Gewindebohrer zu ergänzen.“ Dazu kam noch eine stattliche Zahl von Sägen und Bohrern für Holz und Metall, sowie Winkel, Schublehre und Taster.

Die Zahl der gleichzeitig arbeitenden Schüler (aus Obersekunda und Prima) wurde zuletzt auf höchstens sieben beschränkt, im Durchschnitt arbeiteten 14 Schüler in zwei Gruppen oder 23% der Gesamtzahl der auf beiden Klassenstufen vorhandenen Schüler; es meldeten sich aber stets mehr Schüler als beschäftigt werden konnten. Jede Gruppe kam in der Regel alle drei Wochen einmal zu einer dreistündigen Übung heran, zeitweilig auch alle vierzehn Tage je zwei Stunden; doch erhielten Geübtere auch darüber hinaus Erlaubnis, in andern Zeiten, während der Lehrer anwesend war, an ihrem Apparat zu schaffen. Bezüglich der Verteilung der Arbeiten unter die Schüler hat sich als vorteilhaft das gemischte Verfahren erwiesen, wobei Geübte und Anfänger zu einer Gruppe vereint sind, und die Geübten Einzelunterricht erhalten, während sämtliche Anfänger „in gleicher Front“ die gleichen Arbeiten herstellen.

Als Aufgaben für die Anfänger wurden folgende drei gewählt: Die Herstellung einer Spritzflasche, eines Thermometers und eines Chromsäure-Elements; sie wurden von der Mehrzahl der Schüler in einem halben Jahr, also in rund 20 Stunden, beendet. Sehr anschaulich beschreibt der Verfasser das Verfahren bei diesen Arbeiten: „Gewöhnlich beginnen wir jetzt mit einer leichten Glasarbeit: Röhren werden geteilt, ausgezogen und gebogen als Vorübung zur Herstellung einer Spritzflasche, die noch das Bohren eines Korks erfordert. — Anregender bereits ist die zweite Aufgabe, ein Thermometer anzufertigen. Vor der Gebläselampe der Kapillaren eine Kugel von bestimmter Größe und ausreichender Wandstärke anzublasen, gelingt schon nicht beim ersten Anlauf; die sachgemäße Füllung mit gefärbtem Weingeist stellt die Geduld ein wenig auf die Probe; auch geht so manches fast fertige Rohr in Stücke, wenn es beim Austreiben einer Luftblase ungeschickt geschleudert wird; dann kommt die Klippe, die Röhre abzuschmelzen und dabei zu einer rundlichen Erweiterung aufzutreiben. Zwei Fixpunkte werden durch Vergleich mit einem Normalthermometer gewonnen und die Teilung dann sauber auf Papier zu Hause angefertigt, wo dem Schüler nicht nur Zirkel

und Ziehfeder, sondern auch Zeit und Ruhe zur Verfügung stehen. Noch fehlt das Brettchen aus Lindenholz, das an der Hobelbank geschnitten, behobelt, befeilt und geglättet wird, bis die Schnittlinien gerade, die Winkel Rechte und die Kanten der Vorderfläche hübsch abgerundet sind; das Loch für die Thermometerkugel wird mit der Winde gebohrt und nachgefeilt, die Bohrlöcher für die Befestigungsdrähte mit rückseitigen Versenkungen versehen. Nun geht es an den Schraubstock und die Bohrmaschine; aus starkem Messingblech wird die Aufhängungsöse geschnitten, flach gehämmert, rechtwinkelig oder in anderer Form gefeilt und schließlich dreifach durchbohrt, wobei die beiden Löcher der Befestigungsschrauben genau bis zur Schraubendicke aufgerieben werden. Sind noch aus dickem Messingdraht mit der Rundzange zwei Befestigungsösen für das Thermometerrohr gebogen, an den geraden Enden mit Gewinden ausgestattet und die zugehörigen Muttern auf der Drehbank vorgerichtet, danach durchbohrt und mit Gewindebohrungen versehen, so naht die Stunde, wo der Künstler sein Werk in der Vollendung schaut. Nach Festschrauben der Aufhängungsöse wird die sorgfältig beschnittene Papierteilung genau und sauber — und das ist schwerer, als mancher glauben wird — auf das dunkel gebeizte Brett geklebt und bis zum nächsten Tag gepreßt; zur Aufnahme der Kugel wird das Papier mit einem Korkbohrer und einem sehr feinen Messer, wie es die Augenärzte für ihre Operationen brauchen, ausgeschnitten und danach das Rohr mit Hilfe seiner Befestigungsösen auf das Brett gebracht. Und werden nun die uns wohlgesinnten Leser nachempfinden, daß der Besitzer sein meistens hübsches Werk mit dem Gefühl der Leistung und des Glücks nach Hause trägt? Auch merkten sie wohl, warum die Entstehung der kleinen Sache so ausführlich beschrieben worden ist: Damit sie nämlich die Erfahrung würdigen, welche der Schüler bei seiner scheinbar so kleinen und doch so großen Arbeit macht; damit sie ihm die Verwunderung darüber zugestehen, daß ein einfaches Thermometer so viele mühsame Verrichtungen erfordert, und daß sie schließlich mit ihm fühlen, wie das Schaffen der Teile die Hoffnung aufs Ganze belebt und allmählich bei manchem zur Begeisterung wird.“ — Von der Herstellung des Chromsäureelements aus abgesprengten Weinflaschen sagt der Verfasser, daß sie ihn wegen der unschönen Form noch

nicht befriedigte, auch der Liebe und Vertiefung entbehrte, so daß er an eine Änderung denkt. — Den Geübten wird bei Wahl ihrer Arbeit freie Hand gelassen, doch werden sie bei besonders hochfliegenden Zielen zur Selbstbesinnung und zur Prüfung ihrer Ausdauer und Umsicht aufgefordert und bei offener Selbstüberschätzung ihre Vorschläge abgelehnt. In Arbeit waren einige Amperemeter und Dubois-Reymondsche Schlittenapparate, ferner galvanische Widerstände, ein Widerstandssatz, eine mechanische Vorrichtung mit drei Rollen auf gemeinsamer Achse zur Bestätigung des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Die Sorgfalt der Ausführung wird gekennzeichnet durch die Angabe, daß die aus einer mittelstarken Stricknadel gefeilte Achse der Amperemeter angestoßen in ihrem ungeöhlten Spitzenlager mehrere Sekunden läuft, und daß die erwähnten drei Rollen, aus Buchenholz gefertigt, so genau gedreht und geschliffen sind, daß der größte Fehler nur 0,2 mm beträgt.

Der Verfasser schließt seine Mitteilungen mit dem folgenden Glaubensbekenntnis: „Den Hauptsegen unserer Handarbeit, abgesehen von vielen Nebenwirkungen, sehe ich in der so ermöglichten Selbstprüfung der Schüler. Die theoretische Begabung unserer Söhne ist gegenwärtig in Deutschland für ihr Fortkommen in der Schule ausschlaggebend. Nach diesem Maßstabe der Leistungsfähigkeit entwickelt sich vornehmlich die gegenseitige Einschätzung der Schüler und die Selbsteinschätzung. Durch diese Einseitigkeit des Wertmaßstabes aber setzt sich die Schule in Gegensatz zum Leben. Das Leben verlangt nicht nur Männer, die theoretische Regeln mit Schärfe erfassen und in allen Fällen richtig anzuwenden wissen, oder Phantasievolle, die Reichtum und Wärme ins geistige Leben tragen, sondern auch harte Köpfe, die, mit Umsicht, Tatkraft und Wage-

mut begabt, ihr Handeln den jeweiligen Verhältnissen anzupassen vermögen, die trotz mannigfacher Mißerfolge nicht erlahmen, die fühlend und mit seherischem Schauen die scheinbar unbeugsamen Widerstände zwingen. Diese praktisch schaffenden Naturen sind bisher auf der Schule nicht nach Gebühr, nach den Bedürfnissen des Lebens nämlich, ausgewertet worden; ja sie fanden nicht einmal die Gelegenheit zur Selbsterkenntnis, d. h. zur Auffindung des Pfundes in sich, mit dem sie wuchern sollen; den Theoretischen und Phantasievollen allein ward diese Gelegenheit geboten. Und die Handfertigkeit sollte hier Wandel schaffen? Ich glaube, daß sie dazu helfen kann. Wer einen der schwierigeren Apparate, deren Ausführung manche unserer Schüler sich vorsetzen, trotz aller Hindernisse fertig bringt, der erfährt dabei, daß er aus hartem Holz geschnitzt ist; daneben kommt ihm die Erkenntnis, daß die ‚Handarbeit‘ mit Unrecht ihren Namen führt, daß auch hier vielmehr Klarheit und Schärfe des Erfassens, Sinn für das Einfache und Selbstverständliche, Begeisterung und Selbstbeherrschung, mit einem Worte Kräfte des Geistes und Gemütes allein entscheiden; er weiß, daß er zum Techniker befähigt, wenn nicht gar berufen ist. In dieser Möglichkeit der Auslese für das Leben sehe ich den Hauptsegen unserer ‚Handarbeit‘, wie sich mir nicht als gedanklicher Vorläufer unseres Unterrichtes, sondern im Laufe unserer Tätigkeit je länger desto zuversichtlicher ergeben hat.“

Angesichts der aufopfernden Hingebung des Verfassers und der unverkennbaren Wichtigkeit des von ihm mit großer Klarheit bezeichneten Zieles wird man gern einzelne Bedenken zurückdrängen und nur wünschen können, daß das Beispiel des Verfassers recht zahlreiche und eifrige Nachfolger finden möge.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

***Das Problem des Fernsehens.** Wesentlich älter als zwei andere ihm verwandte Probleme, nämlich das der „Bildtelegraphie“, welche Zeichnungen oder photographische Aufnahmen in die Ferne zu übermitteln vermag, und das der „Telautographie“, vermittels deren man imstande ist, die eigene Handschrift mit allen charakteristischen Eigentümlichkeiten im Augenblicke des Ent-

stehens am fernen Orte getreu zu reproduzieren, also regelrecht „fernzuschreiben“, ist das des „Fernsehens“, welches in der Sage von dem Zauberspiegel auf dem Pharos zu Alexandria (erbaut um 300 v. Chr.) schon im Altertum auftaucht, einer Sage, der man in späteren Zeiten auch anderwärts vielfach begegnet, und die das Problem vollkommen scharf und richtig definiert. Danach handelt es sich dabei darum: körperliche Gegenstände in ihrer Form und ihren Be-

* Originalbericht. Nachdruck verboten.

wegungen zeitlich koinzident und geometrisch ähnlich am fernen Orte sichtbar zu machen. Gerade die interessanten Perspektiven, welche das Vorhandensein einer dieses leistenden Vorrichtung böte, haben wohl seine häufige Benutzung in der Dichtung veranlaßt; aber ernsthaft mit Versuchen zu seiner Verwirklichung hat man sich erst in allerneuester Zeit beschäftigt. Physikalisch betrachtet besteht die Aufgabe in Folgendem. Da die Wiedergabe nur bildlich, also in einer Fläche, d. h. zweidimensional, erfolgen kann, so muß zunächst von dem Objekt selbst ein Bild, etwa durch Linsen wie in einer camera obscura entworfen werden; fehlt Bewegung, so kann die Fernübertragung punktweise erfolgen, indem man ein aufnehmendes Organ der Reihe nach alle Punkte des Bildes überfahren und synchron ein wiedergebendes Organ über eine entsprechende Fläche sich bewegen läßt, ähnlich wie das bei den Kopiertelegraphen geschieht (vgl. diese Zeitschr. *XXII*, 130; 1909); ist dagegen das Objekt in Bewegung, so müssen praktisch alle Punkte gleichzeitig übertragen werden, und in beiden Fällen wäre es ein besonderes Erschwernis, wenn auch die Farben des Objektes wiedergegeben werden sollten. Man sieht, die Aufgabe hat scheinbar Ähnlichkeit mit der Fernphotographie, welche deshalb auch vielfach unberechtigterweise als eine Art bedingter Lösung des Fernsehens betrachtet wird, unterscheidet sich aber davon wesentlich dadurch, daß zwar am Sendeort ein physikalisches Bild des Gegenstandes als Zwischenstufe erzeugt, am Empfangsort ein optisches Bild hervorgebracht werden muß, jedoch der Gegenstand bei der Übertragung stets unbedingt selbst beteiligt sein muß und überdies im allgemeinen in Bewegung ist. Letzterer Umstand verlangt bei punktweiser Übertragung, daß das ganze Primärbildfeld in $\frac{1}{100} \div \frac{1}{75}$ Sek. überfahren wird, damit das Auge imstande ist, die Teileindrücke zu Bildern und diese wieder zu einem kontinuierlich sich verändernden Gesamtbilde zu vereinigen, während eine gleichzeitige Übertragung des Ganzen ein Zerlegen der Bildfelder in Feldelemente und im Sender für jedes Feld einen Übertragungsapparat fordert, also stets einen Kompromiß zwischen der größten noch zulässigen Unschärfe des Bildes und den kleinsten möglichen Abmessungen der Übertragungselemente darstellt. Endlich liegt auch noch darin eine Schwierigkeit, daß jedes der Bilder unbedingt

in einer Ebene liegen muß, das primäre, entweder weil es optisch vom Gegenstande entworfen, oder ganz allgemein, weil es dem sekundären Bilde als solchem kongruent, das sekundäre, weil es stets in toto sichtbar sein muß, demnach die Überföhrung beider nicht einfach in Gestalt einer Spirale um die zu Zylindern zusammengezogenen Bildflächen erfolgen kann, sondern in anderer, weniger einfacher Weise bewirkt werden muß.

Als Übertragungsmittel kann ihrer Eigenschaften wegen, welche die verhältnismäßig leichte Überwindung auch sehr großer Strecken gestatten, nur die Elektrizität in Frage kommen, vordem schloß der Mangel eines verwendbaren Mittels die wirkliche Bearbeitung des Problems so gut wie völlig aus; nach Gewinnung eingehender Kenntnisse der elektrischen Erscheinungen fehlte aber immer noch etwas sehr Wichtiges, nämlich ein Mittel zur Ermöglichung der elektrischen Übertragung, ein Zwischenglied zwischen Primärbild und Übertragungsstrom, und dieses fand man in dem 1817 von BERZELIUS entdeckten, 1837 von KNOX als elektrisch leitend und 1873 von MAY als in seinem Widerstande vom auffallenden Lichte abhängig erkannten, endlich 1875 zuerst von WERNER SIEMENS zu Zellen verwandten Selen, welches erlaubt, die Stromstärke in der Fernleitung zu einer einfachen linearen Funktion der Helligkeit der einzelnen Bildstellen zu machen. Natürlich bleibt immer die Möglichkeit, gelegentlich etwas anderes an Stelle des Selens Verwendbares zu finden bzw. andere Verfahren, welche ein in dieser Weise wirkendes Übersetzungsmittel erübrigen.

Es seien nun zur Erläuterung ein paar Beispiele derartiger Apparate zum Fernsehen kurz besprochen. AYRTON & PERRY 1880 wollten Selenzellen zur punktweisen Übertragung in folgender, seinerzeit von PERRY an einem Modell erläuteter Weise benutzen. Über das Primärbildfeld bewegt sich, es in ständiger Wiederholung ganz überföhrend, eine kleine quadratische Zelle, deren Fläche die Größe des Bildelementes darstellt; synchron zu jener über das Sekundärbildfeld ein äquivalenter Lichtfleck, vermittelt eines sich drehenden Spiegels von einem den Hohlraum einer Galvanometerspule durchlaufenden Strahlenbündel entworfen; die Galvanometernadel trägt eine vertikale Blendscheibe, die in der Ruhelage das Licht absperrt. Steht am Sendeort die Zelle vor einer hellen Bildstelle, so veranlaßt dies einen relativ kräftigen

Leitungsstrom, dieser eine starke Ablenkung der Nadel und damit Aufhellung, ebenso bewirkt eine dunkle Bildstelle wegen mangelnder Stromstärke auch Dunkelheit. Man erkennt hierin unschwer einen recht unvollkommenen Vorläufer des Kornschen „Fernphotographen“ (diese Zeitschr. XXI, 57+60; 1908); der wirklichen Ausführung stand aber einmal die Schwierigkeit, eine hinreichend rasche und sichere Bewegung der Zelle zu erzeugen, dann aber die inzwischen allerdings überwundene Trägheit des Selens entgegen. Unter Voraussetzung empfindlicher wenig träger Zellen wollte JAN SZCZEPANIK in seinem „Telektroskop“ 1897 die ersterwähnte Schwierigkeit durch Anwendung von synchron paarweise senkrecht zueinander schwingenden Spiegeln beseitigen, von denen die des Senders Punkt nach Punkt des Primärbildes auf der Zelle abbilden, die des Gebers Punkt nach Punkt des Sekundärbildfeldes mit entsprechender Helligkeit beleuchten sollten. Der Apparat sollte bereits 1900 in der Weltausstellung zu Paris gezeigt werden, ist aber m. W. bis heute noch nicht de facto in die Erscheinung getreten. Einfacher und wohl ausführbar ist DUSSAUDS „Teleoskop“ 1898, das bisher überhaupt Theorie blieb. Der Sender ist hier eine photographische Kamera, der Empfänger ein Projektionsapparat; an Stelle von Mattscheibe und Bild arbeiten synchron zwei Scheiben mit kongruenten spiralförmigen Lochreihen, hinter der Senderscheibe befindet sich eine Selenzelle, im Strahlengange des Empfängers ein Verschluss von ähnlicher Wirkung wie beim Apparat von AYRTON & PERRY. Recht interessant ist schließlich die Anordnung von NISCO 1906. Dieser will als Primärbildfläche ein Selenzellensystem verwenden, bestehend aus einem mit Se überdeckten Kupferdrahtnetz, in dessen jede Masche ein Kupferdraht als zweite Elektrode zentral eingeführt ist; die anderen Enden dieser Drähte sind spiralförmig auf einem Hartgummizylinder befestigt, um welchen eine sie in jeder Sekunde mehrfach berührende und mit der Fernleitung verbundene Stahlspitze rotiert. Die einzelnen die Bildelemente bildenden Zellen senden sonach der Reihe nach ihrer Belichtung entsprechende Ströme in die Leitung, auf der diese im Empfänger in einer seiner Erregung entsprechend eine vor seinen Polen befindliche Membran verschieden durchbiegenden Elektromagneten gelangen; die Bilderzeugung geschieht durch innerhalb eines mit entsprechenden Öffnungen versehenen der Stahlspitze genau synchron

rotierenden Hartgummizylinders überspringende, in ihrer Stärke und Leuchtkraft der jeweiligen lokalen Helligkeit des Primärbildes entsprechend wechselnde und in dieser Beziehung von der Membran durch Herstellung mehr oder weniger innigen Kontaktes beeinflusste Funken, also ähnlich der ersten Anordnung von KORN (diese Zeitschr. XV, 375/376; 1902).

Während die beschriebenen Vorrichtungen höchstens bis zu prinzipiellen Vorversuchen gediehen sind, hat in neuester Zeit M. DIECKMANN in München einen vollständigen Apparat hergestellt und mit Erfolg versucht, der tatsächlich die eingangs wiedergegebene grundsätzliche Forderung erfüllt, wenn er sich auch zunächst auf Gegenstände gewisser Beschaffenheit beschränken muß, und demnach als der erste wirkliche elektrische Fernseher zu bezeichnen ist. Die Einrichtung ist folgende (Figg. 1, 2). Auf der Sendestation rotiert hinter dem Bildrahmen *F* eine ebene Scheibe *G*, auf welcher 20 miteinander und einem Schleifring leitend verbundene Metallbürstchen in einer Spirale von einem vollen Umgang so angeordnet sind, daß sie **der Reihe nach einzeln** die Bildfläche in 20 senkrechten Streifen überfahren, vgl. Fig. 3. Zum Antrieb dient ein vom Netze *N* gespeister Motor mit Nebenschlußregulator *NR*, Sicherungen *B* und Ausschalter *A*; der fernzuzeigende Gegenstand ist schablonenartig und aus Metall und mit dem einen Pol, die Bürstchen über den Schleifring mit dem zweiten Pol einer Stromquelle *Q*, verbunden, so daß, wenn man das Objekt *O* in das Bildfeld *F* hält, die Bürstchen es abtasten, genau so wie bei den Kopiertelegraphen die Kontaktspitze das zum Zylinder gebogene Bild, und demgemäß die Fernleitung von an sich gleich starken Strömen durchlaufen wird, so oft und so lange, als ein Bürstchen den Gegenstand berührt. Die Bilderzeugung im Empfänger kann nun ebenfalls nur auf einem einfachen Kontrast beruhen, indem man dem Zustande der Stromlosigkeit auch Lichtlosigkeit, dem des Stromes eine Aufhellung entsprechen läßt, was helle Bilder auf dunklem Grunde ergäbe, oder umgekehrt, wodurch man Silhouetten im hellen Felde erhielte. DIECKMANN hat das letztere gewählt und benutzt als Lichtquelle das auf eine fluoreszierende Fläche fallende Kathodenstrahlbündel einer BRAUNSCHE oder WEHNELTSCHE Röhre, das nun in entsprechender Weise zu bewegen ist; da das Lichtfeld des Senders von den 20 Bürstchen der Reihe nach von

links nach rechts einzeln von oben nach unten überfahren wird, was gleichbedeutend ist damit, wenn eine Bürste von links nach rechts fortschreitend 20 mal die Bildfläche im selben Sinne überfahren würde, so muß auch der Lichtfleck im Empfänger bzw. das ihn erzeugende Kathodenstrahlenbündel sich ebenso bewegen: einmal von links nach

loser Ablenkungsspulen S_1, S_2 bzw. S_3, S_4 angeordnet, von denen die ersteren die vertikale, die letzteren die horizontale Ablenkung zu bewirken haben; die Röhre mit Kathode K , Anode An und Diaphragma D wird von einer Influenzmaschine JM gespeist, welche von einem Motor M — mit Sicherung B , Schalter A und Nebenschlußregulator NR — angetrieben wird, dessen Achse die übrigen wichtigen Teile trägt. Die Strom- bzw. Spannungskurven der Spulenpaare müssen dem Gesagten entsprechend einen Verlauf zeigen, wie in Fig. 4 dargestellt. Zu diesem Zwecke ist auf der Motorachse zunächst eine ZENNECKSche Scheibe Z angebracht, welche, in aus Fig. 2 ersichtlicher Weise eingerichtet und, mit der Batterie Q_3 sowie S_3, S_4 verbunden, in diesen die Spannung nach Fig. 4 oben verlaufen läßt; sodann ist auf derselben Achse ein Ringanker mit 10 völlig voneinander getrennten Spulen 1, 1', 2, 2' ... 10, 10' und einem aus relativ breiten, mit deren

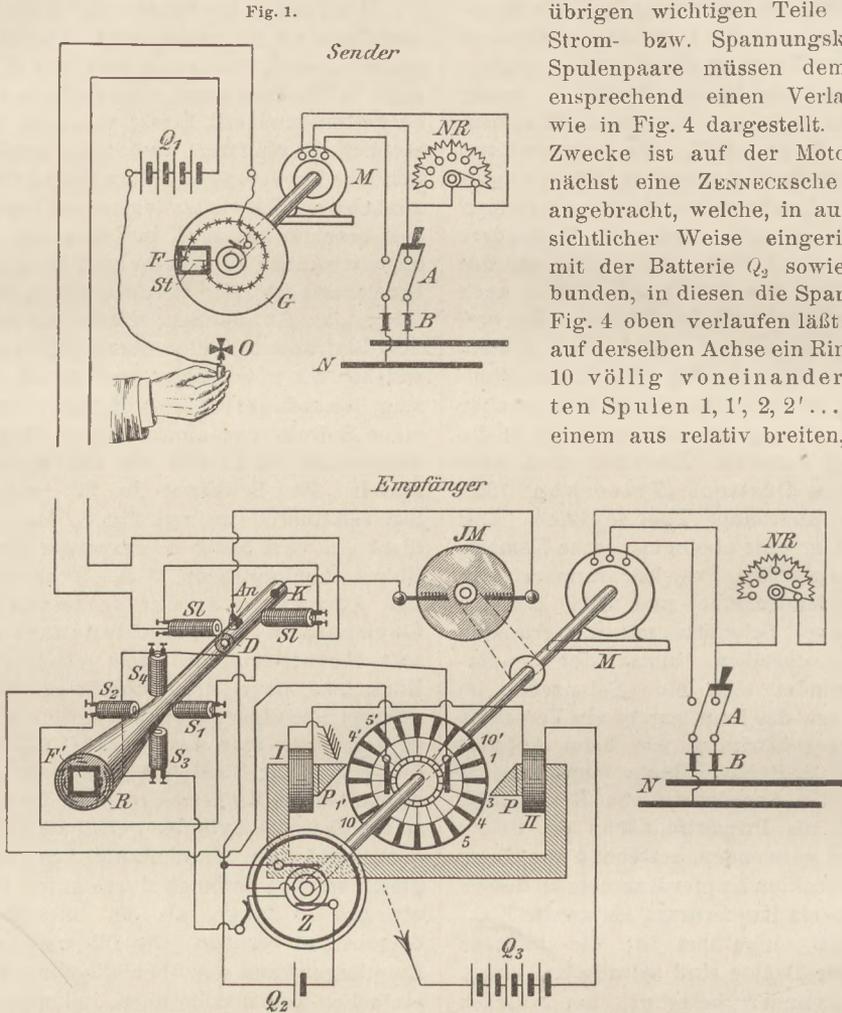


Fig. 2.

rechts, gleichzeitig zwanzigmal von oben nach unten, und die Rückkehr nach links bzw. nach oben muß in einer gegen die Dauer der Rechts- bzw. Abwärtsbewegung sehr kleinen Zeit, momentan, erfolgen, zudem das ganze einmalige Überfahren des Bildfeldes in sehr kurzer Zeit. Der Erfinder erreicht dies in folgender Weise (Fig. 2). Um eine BRAUNSCHE Röhre R sind am Beginn ihrer konischen Erweiterung zwei Paar eisen-

Enden verbundenen Segmenten bestehenden 20teiligen Kollektor angebracht, der zwischen den Polen eines mit den von Q_3 gespeisten Spulen I, II armierten Elektromagneten rotiert, dessen Polschuhe PP eigentümliche Form und gleichzeitig-dreieckigen Querschnitt besitzen, so daß ein in der Umlaufsrichtung des Ankers von Kante zu Kante längs des Poles von nahezu Null bis zu bedeutender Stärke anwachsendes Feld resultiert. Die Adjustie-

zung ist nun so, daß jede der Spulen Kontakt mit den Schleifbürsten des Kollektors bekommt, sobald sie an die vordere Polkante kommt, und so lange mit den Bürsten verbunden bleibt, als sie sich vor dem Pol befindet, daß sie also im Augenblicke maximaler Erregung plötzlich durch Übergang der Bürsten auf ein anderes Segmentpaar abgeschaltet wird; da 10 Spulenpaare vorhanden sind, jedes während eines Umlaufes zweimal zur Wirkung kommt, so ergibt sich für den Spannungs- bzw. Stromverlauf in S_1, S_2 während einer Umdrehung die Kurve Fig. 4 unten.

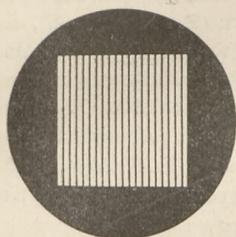


Fig. 3.

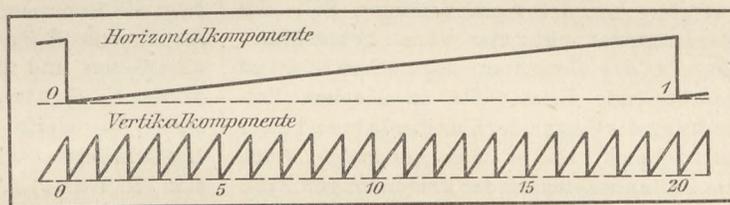


Fig. 4.

Setzt man den Apparat in Tätigkeit, dann erscheint die der des Senders gleich große Bildfläche F' gleichmäßig leuchtend; das Bild entsteht dadurch, daß der Linienstrom 2 Spulen S_1/S_2 durchläuft, welche vor dem Diaphragma D auf das Kathodenstrahlbündel wirken und, erregt, dieses von dem Loch ablenken, also in F' dann Dunkelheit erzielen, was jedesmal dann eintritt, wenn und so lange in F eines der Lamettabürstchen auf G das Objekt O berührt. Um zu erreichen, daß jedesmal Lichtfleck und das gerade aktive Bürstchen an entsprechenden Stellen in F bzw. F' sich befinden, bedarf es keiner besonderen Synchronisier Vorrichtung, sondern es genügt, in F seitlich in der Mitte einen Drahtstift St anzubringen, dessen Bild in F' an gleicher Stelle nur bei synchronem Gange erscheinen wird, andernfalls jedoch in schräger Lage \setminus oder $/$ über das Bildfeld wandert. Das Bildfeld wird in 0,1 Sek. vollkommen durchlaufen, der Motor macht also $10 \times 60 = 600$ U. i. d. Min.; der Kraftbedarf total ist verhältnismäßig, der der Übertragung absolut sehr klein, $\sim 0,001$ Watt; letzterer kann allerdings durch Eisen in den Spulen noch verringert werden, doch ergeben sich dann Bildverzerrungen.

Bei den Versuchen mit diesem Apparat konnte man die Schablone im Sender beliebig drehen, das Schattenbild im Empfänger machte alle diese Bewegungen getreu und stetig mit.

Das ist zweifellos ein großer Erfolg und wesentlicher Fortschritt, denn das entspricht durchaus den Forderungen des Problems; zwar beträgt das Bildfeld zunächst nur 3×3 cm, aber daß nicht auch größere Flächen verwendbar sein sollten, ist nicht begründet. Außer völlig ebenen Gebilden können aber auch, wie zu vermuten war und wie mir der Erfinder ausdrücklich bestätigt hat, Flachreliefs „fern-gesehen“ werden; damit ist es z. B. schon jetzt möglich, nicht sehr detailreiche Klischees, die ja doch stets metallisch sind, etwa Strich-ätzungen, als Objekte zu verwenden, was be-

sonders wertvoll erscheint für geschäftliche Verhandlungen in technischen Angelegenheiten. Der Anfang demnach ist vielversprechend, und man kann wohl annehmen, daß in absehbarer Zeit auch der Fernsehler, wie unlängst KORN'S Bildtelegraph, in allgemeine Verwendung kommt; dazu ist vor allem nötig, die Forderung nach metallischen Objekten überflüssig zu machen, etwa indem man die Bürstchen sämtlich als Kontaktvorrichtungen ausführt, die in sich den Strom bei Berührung des Objekts schließen. Zurzeit finden bei München Versuche betr. drahtloses Fernsehen mit ungedämpften Wellen unter Benutzung des beschriebenen Apparates statt, über die aus erklärlichen Gründen Näheres zurzeit nicht verlautbart; doch ist leicht einzusehen, daß besondere grundsätzliche Bedenken gegen die Möglichkeit eines derartigen Verfahrens nicht vorhanden sind, da es sich ja einfach um einen ständigen Wechsel zwischen Strom und Stromlosigkeit handelt, genau wie bei der gewöhnlichen Radiotelegraphie, nur in rascherer Folge.

Zum Schlusse habe ich noch dem Erfinder, Herrn Dr. M. DIECKMANN, für seine eingehenden Mitteilungen über die Einrichtung seines Apparates, nach denen Fig. 1 u. 2 gezeichnet ist, sowie über die bisherigen Ergebnisse auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.
Biegion von Czudnochowski, Ing.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Mechanik des Weltalls. Eine volkstümliche Darstellung der Lebensarbeit Johannes Keplers, besonders seiner Gesetze und Probleme. Von Ludwig Günther. Mit 13 Figuren, 1 Tafel und vielen Tabellen. Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 156 S. M 2,50.

Der Nebentitel gibt den eigentlichen Inhalt der sehr populär gehaltenen Schrift an, die auch für den Unterricht mancherlei willkommene Anregung liefert. Dies könnte in noch höherem Maße der Fall sein, wenn der Verfasser mit der mathematischen Seite des Gegenstandes vertrauter wäre. Schon Mach hat u. a. das elementarmathematisch leicht zu bezeichnende Prinzipielle an Keplers Entdeckung der Gestalt der Planetenbahnen besser herausgeholt, als es hier geschieht. Auch das Zustandekommen der krummlinigen Bahn ist durch das Zusammenwirken „von Schwerkraft und Zentrifugalkraft oder Tangentialkraft“ recht unzulänglich dargestellt. Der Verfasser nimmt für Kepler den Ruhm der Entdeckung des Gravitationsgesetzes in Anspruch; jedoch, nach dem beigebrachten Beweismaterial zu urteilen, mit Unrecht. Der Behauptung, daß Newton sein Gravitationsgesetz fix und fertig bei Kepler vorgefunden habe, muß aufs nachdrücklichste widersprochen werden. Selbst wenn Kepler „gemutmaßt“ haben sollte (wofür keine Belegstelle angeführt ist), „daß die Kraft der Sonne auf die Planeten sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernungen dieser Planeten von der Sonne verhalten könnte“ (S. 110) — so ist damit noch lange kein Gesetz aufgefunden; dazu bedurfte es vor allem der erst von Newton präzisierten Kraftdefinition, gemäß welcher die Kraft der hervorgebrachten Beschleunigung proportional ist. Und auch bei Newton ist die berühmte „Mondrechnung“ (S. 115) kein mathematisch zureichender Beweis, sondern nur eine Probe auf die Richtigkeit des aus anderer Quelle abgeleiteten Gravitationsgesetzes gewesen. — Die dem Buch beigegebenen Tabellen enthalten Bahnelemente und sonstige Konstanten für Sonne, Planeten, Asteroiden und Trabanten sowie für eine Reihe bemerkenswerter Kometen und Sternschnuppenschwärme. P.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von A. Winkelmann. Zweite Auflage. Erster Band, zweite Hälfte: Allgemeine Physik. Mit 302 Abbildungen. 1560 S. M 33,—. Zweiter Band:

Akustik. Mit 367 Abbildungen. 714 S. M 25,—. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1908 und 1909.

Mit diesen beiden Bänden liegt die zweite Auflage des umfangreichen, auf sechs Bände angewachsenen Werkes vollständig vor. Die erste Hälfte des ersten Bandes wurde bereits in Jahrg. 20 S. 265 angezeigt. In der zweiten Hälfte wird zunächst die Mechanik der festen Körper durch eine Reihe von Kapiteln über Zug und Druck, Elastizität, Kohäsion (von F. Auerbach) zum Abschluß gebracht. Es folgt die Hydromechanik (F. Auerbach), die Kapillarität (F. Pockels), das Boyle-Mariottesche Gesetz und die Abweichungen von demselben (L. Grätz), Aeromechanik (F. Auerbach) — hierin auch ein Abschnitt über Luftschiffahrt —, Reibung (L. Grätz), Diffusion (K. Waitz), Absorption und Adsorption (A. Winkelmann).

Der zweite Band, aus der Hand eines einzigen Verfassers (F. Auerbach) und gegen die erste Auflage gänzlich umgearbeitet, bietet eine sehr einheitliche, das Theoretische mit dem Experimentellen aufs glücklichste verbindende Darstellung der Akustik dar. Besondere Aufmerksamkeit ist auch den neueren Theorien des Hörens und der Stimmerzeugung zugewendet, denen gegenüber der Verfasser ein besonnenes kritisches Urteil zur Anwendung bringt.

Das ganze Werk ist namentlich zur Orientierung über die theoretische Seite des Gegenstandes und über den neuesten Stand der Forschungen von unvergleichlichem Wert, die Anschaffung wird freilich nur besonders gut dotierten Schulbibliotheken möglich sein. P.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1907. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 63. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie. Von Karl Scheel. 614 S. — II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des ges. Spektrums, Wärme. Von Karl Scheel. 714 S. — III. Abteilung: Kosmische Physik. Von R. Aßmann. 604 S.

Weit über die Hälfte des I. Bandes ist auch diesmal wieder der physikalischen Chemie gewidmet, im II. Band nimmt naturgemäß Elektrizität und Magnetismus den größten Raum unter den drei dort behandelten Gebieten ein, im III. Band umfaßt die eigentliche Astrophysik nur 53 Seiten, während die Meteorologie mit den an sie anschließenden

Gebieten der Geophysik den ganzen übrigen Teil des Bandes ausfüllt. In dem Abschnitt über die Erforschung der oberen Luftschichten findet man u. a. die Ergebnisse einer großen Zahl von Ballon- und Drachenaufstiegen zusammengestellt. *P.*

Spektroskopie. Von E. C. C. Baly, deutsch von R. Wachsmuth. Mit 158 Textfiguren. XII u. 434 S. Berlin, J. Springer, 1908. M 12,—; geb. in Hbrz. M 14,50.

Dieses Buch ist in erster Linie eine recht gründliche und vielseitige Anleitung zum Gebrauch und zur Beurteilung spektroskopischer Instrumente und Hilfsapparate. Irgendwelche Vollständigkeit der Aufzählung ist von vornherein nicht beabsichtigt, dagegen ist eine Auswahl getroffen, die sowohl die einfachsten Instrumente berücksichtigt und gerade hierbei sehr wertvolle Fingerzeige gibt, als auch die kompliziertesten Einrichtungen so weit erläutert, daß man von der Arbeitsweise, von den notwendigen Vorsichtsmaßregeln und von der Leistung der Instrumente ein recht gutes Bild bekommt. Es ist natürlich, daß einige in England übliche Typen uns etwas fremd sind; da die Darstellung aber das instrumententechnisch Wesentliche in den Vordergrund stellt, hat man hinlänglich Anleitung auch für die bei uns üblichen Formen, um so mehr, als vor der Beschreibung der vollständigen Instrumente zunächst ihre wesentlichen Teile, z. B. Spalt, Linsen, Prismen, einer eingehenden kritischen Besprechung unterworfen werden. Die zum Verständnis der Apparate und Methoden erforderlichen physikalischen Kenntnisse werden in ziemlich weitem Umfang in einleitenden Kapiteln und eingestreuten Abschnitten in gefälliger Form aufgefrischt. Gerade in diesen Teilen ist der Übersetzer in der Wahl einiger Ausdrücke nicht ganz glücklich gewesen, doch ergibt sich nirgends ein erheblicher Mangel. Ausführliche Tabellen der Forschungsergebnisse bringt das Buch nicht, sondern verweist auf die diesem Zweck dienenden Werke; es wird aber überall soviel davon mitgeteilt, als zur Erläuterung nützlich ist. Um den reichen Inhalt des empfehlenswerten Buches anzudeuten, seien die Kapitelüberschriften angeführt: Historische Einleitung; Spalt, Prismen, Linsen; Das vollständige Prismenspektroskop; Das Prismenspektroskop im Gebrauch; Das Beugungsgitter; Die Handhabung des Liniengitters; Die äußersten infraroten und ultravioletten Spektralgebiete; Die Anwendung von Interferenzmethoden in der Spektro-

skopie; Der Wirkungsgrad des Spektroskops; Die Photographie des Spektrums; Die Erzeugung der Spektra; Die Natur der Spektra; Der Zeemaneffekt; Linienserien im Spektrum; Änderung der Wellenlänge. *W. Vn.*

Die chemische Affinität und ihre Messung. Von Dr. Otto Sackur, Priv.-Doz. a. d. Universität Breslau. Mit 5 Abbildungen im Text. (Die Wissenschaft, Heft 24.) Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1908. VIII u. 130 S. Geb. M 4,—.

Das Bestreben, die Verwandtschaft zwischen den chemischen Körpern, die treibende Kraft aller Umsetzungen, zu messen, ist alt, älter als die wissenschaftliche Behandlung der Chemie. Hatte man anfangs ganz anthropomorphe Vorstellungen und Nomenklaturen, so sind die Begriffe und Ableitungsmethoden immer exakter, mathematischer geworden. Und die von van't Hoff stammende, klassische Definition und Arbeitsmethode benötigt zu ihrer Darstellung und Ableitung schon einiges mathematische Rüstzeug. Die van't Hoff'schen Gedanken sind in der Folge namentlich von Nernst und seinen Schülern benutzt und haben — oft unter Überwindung sehr großer experimenteller Schwierigkeiten — eine Fülle von grundlegenden Zahlen geliefert, die bei richtiger Benutzung Schlüsse auf Temperatur, Druck- und Konzentrationsgebiete erlauben, in denen eine direkte Messung unmöglich ist. Nernst's Theorem, die Gleichgewichte aus thermischen Größen zu berechnen, wird kurz abgehandelt. Zum Schluß wird gezeigt, daß die zahllosen einzelnen Verwandtschaftskräfte, die sich zwischen den vielen Elementen und Elementargruppen betätigen, in gesetzmäßigem Zusammenhang stehen, daß nämlich auch hier das periodische oder natürliche System ein zuverlässiger Führer ist. Das anregende Buch, das auch die neuste Literatur berücksichtigt und klar und angenehm geschrieben ist, sei allen Lesern der Zeitschrift warm empfohlen.

W. Roth-Greifswald.

Neuere Lehrbücher der analytischen Chemie.

1. **Chemisches Praktikum für Studierende der Naturwissenschaften.** Von Dr. Max Dittrich, a. o. Professor an der Universität Heidelberg. a) Qualitative Analyse Heidelberg 1906. VIII + 216 S. Geb. M 5,—. b) Quantitative Analyse. Heidelberg 1908. VIII + 166 S. Preis geb. M 4,—. Beide in Karl Winters Universitätsbuchhandlung verlegt.
2. **Qualitative chemische Analyse.** Ein Leitfaden zum Gebrauche in chemischen Laboratorien.

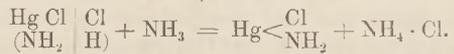
Von Dr. W. Autenrieth, a. o. Professor an der Universität Freiburg i. Br. Mit 9 Abbildungen im Text und einer Tafel. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Tübingen, Verlag von J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), 1907. XII + 227 S. Geh. M 5,—; geb. M 6,—.

3. **Qualitative Analyse vom Standpunkte der Ionenlehre.** Von Dr. Wilhelm Böttger, Privatdozent und Oberassistent am phys.-chem. Institut der Universität Leipzig. Zweite, umgearbeitete und stark erweiterte Auflage. Mit 24 Figuren im Text, einer Spektraltafel und besonderen Tabellen zum Gebrauch im Laboratorium. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1908. XVI + 524 S. Geheftet M 10,—; geb. M 11,20.
4. **Quantitative Analyse durch Elektrolyse.** Von Alexander Classen. Fünfte Auflage in durchaus neuer Bearbeitung. Unter Mitwirkung von H. Cloeren. Mit 54 Textabbildungen und 2 Tafeln. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1908. XII + 336 S. In Leinw. geb. M 10,—.

Neue Gedanken und prinzipiell neue Methoden hat die analytische Chemie (von der Elektroanalyse abgesehen) in den letzten Jahren kaum zur Diskussion gestellt. Es handelt sich bei Lehrbüchern also hauptsächlich um die Auswahl des Wichtigsten aus der erdrückenden Fülle von Einzelmaterial und um die Darstellungsart, in letzter Linie also um Fragen des persönlichen Gefühls und des pädagogischen Taktes. Bei den oben genannten Büchern — das Classensche nimmt als Lehrbuch einer Spezialdisziplin eine Sonderstellung ein — entspricht die Reihenfolge etwa der Menge des verarbeiteten Stoffes. Dittrichs Bücher sind in erster Linie für Studierende berechnet, denen die Chemie nur ein Nebenfach ist, also für Lehrer, Physiker und Mediziner. In beiden Büchern weicht der Verf. wenig vom üblichen Wege ab. Die modernen Begriffe werden eingeführt, aber etwas zaghaft, und mitunter läßt es die Darstellung an Präzision und Klarheit fehlen. Nicht präzisen genug ist z. B. der steigernde Einfluß der Verdünnung und Erwärmung auf die so wichtige Hydrolyse herausgearbeitet: die hydrolytische Zerlegung wird „meistens“ durch Verdünnen und Erwärmen vollständiger. Da kurz vorher das Massenwirkungsgesetz erwähnt ist, müßte gezeigt werden, daß Vermehrung der Wassermenge und der Wasserdissoziation die Hydrolyse stets erhöht. Ähnlichen Unschärfen begegnet man im qualitativen Teil öfters; der quantitative Teil ist weit besser; Literaturhinweise finden sich

reichlich, um den mechanisch arbeitenden Anfänger allmählich freier und umsichtiger zu machen. Der Ref. vermißt nur exakte Angaben über die Löslichkeit der Niederschläge.

Autenrieth verarbeitet erheblich mehr Material und wendet sich wohl in erster Linie an zukünftige Chemiker. Der Text enthält viel mehr Formeln als die Dittrichschen Bücher; aber während Dittrich die Molekular- und die Ionengleichungen nebeneinander bringt, zieht Autenrieth meist die übersichtliche, aber rein mechanische Schreibweise Kilianis vor, z. B.



In den Überschriften auch der kleinsten Absätze sind indessen die Ionen aufgeführt, deren Reaktionen im folgenden behandelt werden; auch ist die ionische Diktion im Text häufig benutzt. Eigentümlich ist die „aus Zweckmäßigkeitsgründen“ gewählte Anordnung des Stoffes. Der erste Teil enthält den systematischen Gang der Analyse (Vorprüfungen, Auflösen, Aufsuchung der Kationen, der Anionen, Tabellen), der zweite Teil, mit dem im Laboratorium begonnen wird, gibt die Reaktionen der einzelnen Ionen; hier wird nicht mit den theoretisch einfachen Alkalimetallen begonnen, sondern mit den am leichtesten abzusecheidenden (Silber, Blei usw.); es werden auch einige seltenere Elemente und einige organische Säuren behandelt. Erst der dritte, allgemeine Teil gibt, ganz auf modernen Forschungen fußend, die theoretischen Grundlagen der analytischen Chemie im Zusammenhang, sehr kurz aber sehr weitgehend, da sogar die Elektronentheorie und die α -, β - und γ -Strahlen kurz abgehandelt werden.

Das Buch wird in der Hand eines erfahrenen Lehrers, der den dritten Teil des Buches als Würze für die beiden ersten geschickt zu verwenden weiß, viel Nutzen stiften können. Zum Selbststudium ist es für Anfänger nicht zu empfehlen; dazu ist der theoretische Teil des Buches zu kurz und zu sehr als Anhang behandelt.

In dieser Beziehung ist das Buch von Böttger ausgezeichnet. Die Grundlagen werden ganz ausführlich zu Anfang besprochen. Jede neue Etappe wird durch Versuche gesichert und so eine breite Operationsbasis gewonnen. Der Verf. ist „Ionier“ sans phrase. Das Buch ist nicht leicht; selbst für den Fortgeschritteneren gehört wirkliches Studium zu der Lektüre. In manchen Punkten macht es sich der Verf. fast selbst etwas

schwer; so hält er sich ganz streng an Tatsachen, die der Studierende im Reagenzglas selbst nachprüfen kann. Die Heranziehung der aus den Vorlesungen sicher bekannten thermischen Daten wird peinlichst vermieden, dagegen wird die Bestimmung des Leitvermögens als einfacher, aber instruktiver Handversuch benutzt. Mitunter würde der Ref. die Versuche durch eine kleine Änderung so leiten, daß Nebenreaktionen vermieden würden, und die Hauptsache klarer herauskäme. Auch manche Einwände, die der Verf. sich selbst macht, die dem Anfänger aber ziemlich fern liegen, erschweren die Lektüre und führen zu Satzungen, Einschüben und Anmerkungen. Doch sind das ebenso wie manche geringfügige Versehen Kleinigkeiten, die bei einer neuen Auflage leicht abgeändert werden könnten, durch deren Abstellung aber das Buch klarer und weniger umständlich würde. Im speziellen Teil sind die neusten Ergebnisse berücksichtigt und auch die seltenen und seltensten Elemente behandelt. Die praktischen Anweisungen sind gut, die Literaturhinweise zahlreich. —

Auch die Elektroanalyse von Classen ist in ihrer neusten Auflage gänzlich umgearbeitet. Auf dem Gebiet der Elektroanalyse ist in den letzten Jahren an den theoretischen Grundlagen wie an den praktischen Anwendungen enorm gearbeitet worden. In den Schnellmethoden (Arbeiten mit ungewohnt hohen Stromstärken unter heftigem Rühren der Lösung, um die Verarmung an den Elektroden und somit störende Nebenreaktionen zu vermeiden) sind der Praxis ganz neue Wege gewiesen worden. Hat Classen in seinen früheren Auflagen etwas einseitig die von ihm ausgearbeiteten Oxalatmethoden bevorzugt, so stellt die neue Auflage ein vollständig gleichmäßiges Kompendium aller elektroanalytischen Methoden dar. Die Grundlagen der Analyse und der sie begleitenden Messungen werden vollständig, ohne langatmige Begründung auseinandergesetzt. Eine ganze Reihe neuer Elemente wird behandelt, die früher nicht elektroanalytisch bestimmt werden konnten. Auf kleine Ungenauigkeiten möchte der Ref. auch hier nicht eingehen. Das Buch stellt eine hervorragende, äußerst nützliche Bereicherung der elektrochemischen und analytischen Literatur dar. *W. Roth-Greifswald.*

Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie auf elementarer Grundlage. Von Dr. Alexander Smith, Prof. d. Chemie u. Direktor

des Inst. f. allg. u. ph. Ch. a. d. Univ. Chicago. Unter Mitwirkung des Verf. übers. u. bearb. von Dr. Ernst Stern, Ass. am Kgl. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde. Mit einem Vorwort von Dr. F. Haber, Prof. a. d. Techn. Hochsch. zu Karlsruhe. Karlsruhe, S. Braun, 1909. XVI u. 679 S. M 9,—.

Verfasser wie Übersetzer haben sich durch das Erscheinen der deutschen Ausgabe, die von Prof. Haber angeregt wurde, ein Verdienst erworben. Das vornehmlich für junge Studierende bestimmte Buch schließt sich an das in dieser Zeitschr. (XVII 312) eingehender besprochene Laboratoriumsbuch von A. Smith an und wird daher zunächst diejenigen interessieren, die von diesem Buch Kenntnis genommen haben. Aber auch darüber hinaus verdient es Beachtung. Indem es in der Anordnung im wesentlichen dem Mendeleeffschen System folgt, berücksichtigt es in besonderen Kapiteln wie in eingestreuten Erläuterungen die Anschauungen der modernen physikalischen Chemie in so ausgedehnter Weise, daß hierdurch das Ganze ein besonderes Gepräge erhält. Diese Ausführungen zur physikalischen Chemie, im ganzen in Ostwaldschem Geiste gehalten, zeichnen sich durch eigenartige Fassung und große Klarheit aus und geben dem Buch seinen großen Wert. Von Einzelheiten sei bemerkt, daß in den chemischen Gleichungen sehr zweckmäßig das Gleichheitszeichen stets durch einen einfachen Pfeil ersetzt ist, der die Richtung der Reaktion angibt; das übliche Zeichen für umkehrbare Reaktionen ergibt sich so von selbst. Auch der einen Niederschlag andeutende, nach unten gerichtete Pfeil, dem Ref. hier zum ersten Male begegnet, ist erwähnenswert und im Unterricht gut zu verwerten (z. B. $\text{Ba O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Ba SO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}_2$). Auffällig ist, daß die Besprechung der „Flamme“ erst so spät erfolgt (S. 414 . . . 420). Von organischen Verbindungen sind auf ∞ 21 Seiten hauptsächlich einige Kohlenwasserstoffe und Säuren, sowie die Kohlenhydrate nebst der Gärung berücksichtigt; auch wird der Begriff der Alkohole, Ester und Äther entwickelt. — Die Übersetzung ist ausgezeichnet. Die Schreibweise Azetylen ist zu beanstanden. — Das Buch sei der allgemeinen Beachtung empfohlen.

O. Ohmann.

Taschenbuch der Photographie, ein Leitfaden für Anfänger und Fortgeschrittene. Von Dr. E. Vogel, bearbeitet von Paul Hannecke. 19. u. 20. Aufl. (67. + 74. Tausend). Berlin, G. Schmidt (R. Oppenheim), 1908. VIII u. 334 S.,

131 Abb. im Text, 23 Tafeln, 21 Bildvorlagen.
Geb. M 2,50.

Anleitung zur Photographie. Von G. Pizzighelli.
13. vermehrte u. verbesserte Auflage. Halle,
W. Knapp, 1908. VIII u. 474 S., 255 Abb. im
Text u. 27 Tafeln. Geb. M 4,50.

Beide Bücher verfolgen dasselbe Ziel, eine Einführung in das Gebiet für den noch nicht damit Vertrauten zu geben, und, wie die hohe Auflagenzahl erkennen läßt, mit gutem Erfolge. Das Buch von Vogel ist mehr elementar gehalten, behandelt kurz, aber klar alles Wesentliche, erläutert durch gute Textabbildungen, denen sich die vortrefflich ausgewählten Tafeln zur Erläuterung gewisser Fehler allgemeiner Natur sowie die Musteraufnahmen am Ende würdig anreihen. Der Inhalt gliedert sich in 9 Abschnitte: Einführung, die Apparate, Aufnahmeregeln, Dunkelkammer, Negativverfahren, Positivverfahren, Pausverfahren, Farbenphotographie, Chemikaliertabelle.

Das Buch von Pizzighelli geht seinem größeren Format und Umfange entsprechend mehr ins Einzelne; sein Inhalt gliedert sich in der Hauptsache in die Abschnitte: Auf-

nahmeapparat, Negativprozeß, Positivprozeß, die praktische Durchführung der Aufnahmen. Auch die Dreifarben- und die Autochromphotographie sind behandelt. Es sind ferner im Text zahlreiche — überzählige — Musterphotogramme wiedergegeben, von denen besonders die schönen Alpenlandschaften von Dr. Kleintjes zu erwähnen sind, während zahlreiche andere leider in viel zu kleinem Maßstabe wiedergegeben sind, als daß die Rasterung der Autotypie sich nicht störend bemerkbar machte. *B. v. Cz.*

Chemisches Experimentierbuch für Knaben. Von Prof. Dr. K. Scheid. 2. verb. und verm. Aufl. Mit 79 Abb. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1908. 209 S. Geb. M 3,50.

Das Buch wurde in dieser Zeitschr. (XVIII. 315) bereits einer eingehenden Besprechung unterzogen. Da den dort gegebenen Anregungen ausgiebig Folge gegeben ist, und auch sonst vom Verfasser mehrfache Verbesserungen hinzugefügt sind, so sei das Experimentierbuch als Anleitung für das praktische häusliche Arbeiten der Schüler von neuem angelegentlich empfohlen. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Elementare Theorie der Wechselströme, ein Beitrag zur Behandlung der Wechselströme in der Oberstufe der Realanstalten, I. Teil. Von Dr. Franz Hochheim. Oberrealschule zu Weißenfels, Ostern 1908. 56 S. Progr.-Nr. 356.

Nach allgemeinen einleitenden Bemerkungen, in denen der Verfasser die Voraussetzungen für die Behandlung der dargestellten Theorie in der Prima von Oberrealschulen erörtert, wird zunächst die Messung der durchschnittlichen Intensität ungleichmäßiger Ströme durch ihre chemischen, magnetischen, elektrodynamischen und Wärmewirkungen dargestellt, wobei sich ergibt, daß die durch die beiden ersten Arten der Messung, ebenso die durch die beiden letzten zu gewinnenden Werte unter sich übereinstimmen müssen. Dann wird das Ohmsche Gesetz und die Beziehung zwischen elektromotorischer Kraft und Anzahl der geschuittenen Kraftlinien für veränderliche Ströme gewonnen. Unter den weiteren Abschnitten ist besonders zu erwähnen der über die Selbstinduktion und die Ableitung der durch sie bewirkten Phasenverschiebung, die weiter zum Ohmschen Gesetze für Wechselströme mit Selbstinduktion und dem wichtigen Begriffe der Impedanz führt. Ferner ergibt sich das

ebenfalls zu unterstreichende Resultat, daß der Effekt eines Wechselstroms für gewöhnlich nicht gleich den Volt-Ampere, sondern gleich diesem Produkt, multipliziert mit dem Phasenfaktor, ist. Unter gewissen einschränkenden Voraussetzungen zeigt der Verfasser, daß die Klemmenspannungen an der primären und sekundären Spule eines Transformators sich wie die Windungszahlen der betreffenden Spulen verhalten. Zum Schluß wird an zwei Beispielen gezeigt, daß die ökonomische Übertragung elektrischer Energie mittels hochgespannter Wechselströme auf weitere Entfernungen möglich ist als durch Gleichströme.

Diese Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, daß hier wirklich die wichtigsten Eigenschaften und Gesetze der Wechselströme zur Darstellung kommen. Daß einige Kenntnis der Anfangsgründe der Infinitesimalrechnung dabei vorausgesetzt wird, steht mit der immer weiter fortschreitenden Bewegung zugunsten der Einführung der Differential- und Integralrechnung in die Oberrealschulen durchaus im Einklang. Dennoch paßt diese an sich sehr hübsch durchgeführte „elementare Theorie“ sicher nicht in die Schule. Die überwiegende Mehrzahl der

Schüler würde bald den Faden verlieren, der die 98 Endformeln der Abhandlung verbindet; die mathematischen Umformungen werden die Jungen derartig in Anspruch nehmen, daß ihnen ihr eigentlicher Zweck gänzlich aus den Augen rückt, ja es ist zu befürchten, daß sie auf halbem Wege ermüden und eine dauernde Abneigung gegen die Wechselströme fassen.

Es wäre sehr zu wünschen, daß dem Verfasser Gelegenheit gegeben würde, durch eigene Erprobung aus seiner für jeden Physiklehrer höchst anregenden und wertvollen Arbeit das herauszuschälen, was sich wirklich in die Unterrichtspraxis einführen läßt.

Keferstein - Hamburg.

Ein Lehrgang der Chemie am Gymnasium. Von Professor Dr. Essner. Königl. Progymnasium

zu Kempen in Posen. Ostern 1908. Progr.-Nr. 214.

Die Arbeit gibt auf 13 Seiten einen anschaulichen Überblick über den vom Verfasser innegehaltenen Lehrgang. Sie gliedert sich in die Abschnitte: Atmosphärische Luft, Wasser, Kohle, Salzsäure und Kochsalz, Schwefel, Ammoniak und Salmiak, Salpeter und Salpetersäure. Wenn der Lehrgang auf ein Halbjahr berechnet ist, das wohl jetzt an allen Gymnasien als Mindestmaß für die Chemie angesetzt ist, so gibt er doch im ganzen etwas zu wenig. Sonst ist anzuerkennen, daß die Fortschritte der neueren Methodik mehrfach berücksichtigt sind. Zur Sauerstoffwegnahme aus der Luft das Magnesium zu verwenden (S. 6), ist nicht ratsam, da das glühende, sich oxydierende Metall auch reichlich Stickstoff absorbiert und Nitrid bildet. O.

Korrespondenz.

Preis Ausschreiben. Der Beirat für die Schulausstellungen bei den Deutschen Lehrerversammlungen veröffentlicht vier Preis Ausschreiben, zu denen der Verein Hamburger Landschullehrer und die Gesellschaft der Freunde des vaterländischen Schul- und Erziehungswesens in Hamburg Preise in der Höhe von je 100 Mark gestiftet haben. Die Preis Ausschreiben betreffen 1. eine Sammlung physikalischer Apparate für den Unterricht an ein- und zweiklassigen Landschulen; 2. eine Verdunkelungs-Vorrichtung für Klassenzimmer; 3. eine Sammlung von Diapositiven, die das Leben eines Wirbeltieres der deutschen Tierwelt veranschaulicht, und 4. eine Reihe von Karten, welche die wirtschafts-geographischen Verhältnisse Deutschlands (Industrie und landwirtschaftliche Verhältnisse, Handel und Verkehr) und deren Grundlagen bzw. Bedingungen (Bodenschätze, Temperaturverhältnisse usw.) darstellen. — Die näheren Bedingungen für diese Preis Ausschreiben und weitere Mitteilungen sind durch die Geschäftsstelle des Beirates, zurzeit das Schulmuseum des Sächs. Lehrervereins in Dresden, Sedanstraße 19, zu erhalten.

Die in dem Preis Ausschreiben geforderten Gegenstände sind für die Schulausstellung des Deutschen Lehrervereins zu Straßburg Pfingsten 1910 einzusenden, die unter 4. geforderten Karten erst Pfingsten 1912. Bezüglich der Sammlung physikalischer

Apparate sind folgende Bedingungen gestellt: 1. Die Apparate müssen so ausgewählt werden, daß ihre Behandlung im Rahmen des Unterrichts an ein- und zweiklassigen Landschulen möglich ist. 2. Die zugrunde gelegte Stoffauswahl muß das Wichtigste aus allen Gebieten der Physik umfassen und ist mit vorzulegen. 3. Die Apparate müssen in engster Beziehung zu der Stoffauswahl stehen. 4. Die Apparate müssen einfach sein und der kindlichen Einsicht keine Schwierigkeiten bieten. 5. Als Vorzug der Sammlung soll die Möglichkeit gelten, Teile von Apparaten zum Zusammenbau anderer Apparate verwenden zu können. 6. Als Vorzug der Sammlung soll gelten, wenn die Apparate so beschaffen sind, daß sie zur Selbstanfertigung gleicher oder ähnlicher Apparate anregen und als Muster dienen können. 7. Als Vorzug der Sammlung soll gelten, wenn einzelne Apparate oder ihre Teile bei Schülerübungen Verwendung finden können. 8. Der Verkaufspreis der einzelnen Teile der Sammlung und der ganzen Sammlung ist anzugeben. Er wird bei der Beurteilung mit in Betracht gezogen. 9. Die Preisverteilung geschieht auf Grund der Gesamtleistung. 10. Der Preis kann zurückgezogen werden, wenn nach dem Urteil des Preisgerichts keine zur Auszeichnung geeigneten Sammlungen eingeliefert sind, auch kann der Preis geteilt werden, wenn gleichwertige Sammlungen zur Auszeichnung vorliegen.

Himmelserscheinungen im August und September 1909.

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

| | | August | | | | | | September | | | | | | |
|-------------------------------|---------|------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 1 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| ♄ | AR | 8 ^h 32 ^m | 9.14 | 9.53 | 10.29 | 11. 1 | 11.30 | 11.57 | 12.21 | 12.44 | 13. 4 | 13.21 | 13.33 | 13.37 |
| | D | + 20° | + 18° | + 15° | + 11° | + 7° | + 4° | 0 | - 3° | - 7° | - 10° | - 12° | - 13° | - 14° |
| ♀ | AR | 10 ^h 25 ^m | 10.48 | 11.11 | 11.33 | 11.55 | 12.17 | 12.38 | 13. 0 | 13.22 | 13.44 | 14. 7 | 14.30 | 14.53 |
| | D | + 11° | + 9 | + 7 | + 4 | + 2 | - 1 | - 4 | - 6 | - 9 | - 11 | - 13 | - 16 | - 18 |
| ☉ | AR | 8 ^h 44 ^m | 9. 3 | 9.22 | 9.41 | 10. 0 | 10.18 | 10.36 | 10.55 | 11.13 | 11.31 | 11.48 | 12. 6 | 12.24 |
| | D | + 18° | + 17 | + 15 | + 14 | + 12 | + 11 | + 9 | + 7 | + 5 | + 3 | + 1 | - 1 | - 3 |
| ♂ | AR | 0 ^h 21 ^m | 0.26 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.33 | 0.32 | 0.29 | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0. 9 | 0. 4 |
| | D | - 3° | - 3 | - 2 | - 2 | - 2 | - 2 | - 3 | - 3 | - 3 | - 4 | - 4 | - 4 | - 5 |
| ♃ | AR | | 11.10 | | 11.17 | | 11.25 | | 11.33 | | 11.41 | | 11.49 | |
| | D | | + 7 | | + 6 | | + 5 | | + 4 | | + 3 | | + 2 | |
| ♄ | AR | 1 ^h 30 ^m | | | | | | | 1.27 | | | | | |
| | D | + 7° | | | | | | | + 6 | | | | | |
| ☾ | Aufg. | 4 ^h 20 ^m | 4.28 | 4.36 | 4.45 | 4.53 | 5. 1 | 5.10 | 5.18 | 5.26 | 5.35 | 5.43 | 5.51 | 6. 0 |
| | Unterg. | 19 ^h 51 ^m | 19.42 | 19.33 | 19.23 | 19.12 | 19. 1 | 18.50 | 18.39 | 18.27 | 18.15 | 18. 3 | 17.51 | 17.39 |
| ☾ | Aufg. | 20 ^h 19 ^m | 22. 7 | — | 4.42 | 10.29 | 16.25 | 19.36 | 21.12 | 0.11 | 6. 2 | 11.51 | 16.44 | 18.31 |
| | Unterg. | 3 ^h 0 ^m | 10.13 | 16.55 | 20. 6 | 21.16 | 23.32 | 4.48 | 12.11 | 17.23 | 18.57 | 20.14 | — | 6.45 |
| Sternzeit im mittl. Mittg. | | 8 ^h 37 ^m 40 ^s | 8.57.23 | 9.17. 5 | 9.36.48 | 9.56.31 | 10.16.14 | 10.35.57 | 10.55.39 | 11.15.22 | 11.35. 5 | 11.54.48 | 12.14.30 | 12.34.13 |
| | Zeitgl. | + 6 ^m 9 ^s | + 5.45 | + 5. 6 | + 4.14 | + 3. 8 | + 1.51 | + 0.23 | - 1.13 | - 2.54 | - 4.39 | - 6.25 | - 8. 9 | - 9.51 |

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Herbstanfang am 23. September, 17^h 45^m M.E.Z.

| Mondphasen in M.E.Z. | Neumond | Erstes Viertel | Vollmond | Letztes Viertel |
|-------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Aug. 16, 0 ^h 55 ^m Sept. 14, 16 ^h 9 ^m | Aug. 24, 4 ^h 55 ^m Sept. 22, 19 ^h 31 ^m | Aug. 1, 22 ^h 14 ^m Aug. 31, 6 ^h 8 ^m Sept. 29, 14 ^h 5 ^m |

| Planetensichtbarkeit | Merkur | Venus | Mars | Jupiter | Saturn |
|----------------------|------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| im August | unsichtbar | abends etwa 1/2 Stunde lang sichtbar | fast die ganze Nacht hindurch sichtbar | unsichtbar | zuletzt 7 1/2 Stunden lang vor Sonnenaufgang sichtbar |
| im September | unsichtbar | wie im August | die ganze Nacht hindurch sichtbar, Opposition am 24. | unsichtbar, Konjunktion am 18. | die ganze Nacht hindurch sichtbar |

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

| | | | | | | | | |
|---------|---------------------------------|----------------|---------|-----------------|----------------|----------|-----------------|----------------|
| Aug. 16 | 20 ^h | η Aquilae-Min. | Sept. 7 | | o Ceti-Min. | Sept. 18 | 21 ^h | β Lyrae-Min. |
| 21 | | R Lyrae-Max. | 14 | | R Lyrae-Min. | 21 | 23 ^h | β Lyrae-Max. |
| 26 | 23 ^h 27 ^m | Algol-Min. | 16 | 22 ^h | η Aquilae-Max. | 28 | 21 ^h | η Aquilae-Min. |
| 29 | 20 ^h 16 ^m | Algol-Min. | | | | | | |

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.