

## Die Aufgaben des chemischen Unterrichts.

Von

Prof. Dr. B. Schwalbe in Berlin.

Noch vor wenigen Jahrzehnten erschien es auffällig auszusprechen, dass nicht die Sprachen allein erziehende und bildende Kraft besäßen, sondern dass auch andre Gegenstände wie namentlich die Naturwissenschaften, die dem jugendlichen Interesse näher liegen und mit dem Leben in engerem Zusammenhang stehen, ähnliches für die Erziehung zu leisten imstande wären, wenn auch auf anderem Wege. — Die Schwierigkeit den Nachweis hierfür zu liefern, ist dadurch besonders gross, dass bisher den naturwissenschaftlichen Fächern Zeit und Gelegenheit zur vollen unterrichtlichen Entfaltung nur in sehr beschränkten Grenzen gegeben waren, andererseits auch die Lehrkräfte, welche dieselben vertraten, nicht immer ihre Aufgabe voll erfassten und durchführten. Jetzt wird die Frage nicht nur bei uns, sondern in allen Staaten mit geregelten Schuleinrichtungen erörtert; und den Naturwissenschaften ist die nicht leichte Aufgabe zugefallen, die Einwände, die gegen ihre Erweiterung als Unterrichtsgegenstände gemacht werden, oft freilich von Personen, die sich nur wenig mit der neueren Entwicklung der Naturwissenschaften beschäftigt haben, zu widerlegen. Die allgemeine Frage zu behandeln, was kann und könnte der naturwissenschaftliche Unterricht leisten, würde Zweck und Ziel dieser Zeitschrift weit überschreiten, da diese spezielle Zweige der Naturwissenschaften in fachwissenschaftlicher und pädagogischer Richtung zu fördern bestimmt ist. In kurzen Umrissen habe ich jene Frage bei der Naturforscherversammlung in Wiesbaden auseinandergesetzt<sup>1)</sup>, wozu ich durch jahrelange praktische Beschäftigung mit dem fremdsprachlichen und naturwissenschaftlichen Unterricht geführt war; die Frage aber, welche eigentümliche Aufgabe jedem einzelnen naturwissenschaftlichen Zweige gestellt sei, und welche Rolle der einzelnen Wissenschaft im Jugendunterrichte zufalle, konnte nur gestreift werden, und so kann es nicht ungerechtfertigt erscheinen, hier die Aufgaben des chemischen Unterrichts, dessen Förderung mit zu den Zielen dieser Zeitschrift gehört, kurz zusammenzustellen.

Es kann sich dabei nur um den Unterricht an Schulen handeln, denn der Universitätsunterricht ist bisher so gegen den Schulunterricht abgegrenzt gewesen, und eine chemische Vorbildung für die einzelnen Fachstudien (Verwaltungsfach, Medizin) wird so ganz und gar nicht vorausgesetzt, dass diese Einschränkung in sich gerechtfertigt ist. Wünschenswert wäre es wohl, dass Universität und Schule sich mehr in Berührung setzten, und erstere sich nicht scheute, elementare Kurse für einzelne Fächer (Englisch, sphärische Trigonometrie und mathematische Geo-

<sup>1)</sup> Vergl. das Tageblatt der letzten Naturforscherversammlung, Sitzung der Sektion für naturwissenschaftlichen Unterricht am 21. September d. J.

graphie, analytische Geometrie, Griechisch etc.) einzurichten, die den Studierenden Gelegenheit geben würden, sich die notwendigen Kenntnisse in Fächern anzueignen, die nicht für das eigene Fachstudium unmittelbar erforderlich, für die Gesamtbildung aber notwendig sind, wie es in einzelnen Fällen schon geschehen ist.

Der chemische Unterricht ist heutzutage, von den Fachschulen mit besonderen Zwecken abgesehen, ein integrierender Bestandteil sämtlicher höherer Schulen, einschliesslich der höheren Bürgerschulen, der gehobenen mehrklassigen Volksschulen und in etwas modifizierter Form auch der höheren Töchterschulen und Gemeinde-Mädchenschulen. Noch vor wenigen Jahrzehnten war er dem Gymnasialunterricht fremd, und es konnten die gelegentlichen Bemerkungen und vereinzelt Experimente, die an einzelnen Schulen gemacht wurden, irgend ein Verständnis nicht erzielen. Daher erklärt es sich, dass auch heute noch für die meisten Kreise die Chemie etwas Fremdartiges, Unverstandenes hat, und jede Kenntnis darin als Fachkenntnis aufgefasst wird.

Für die Gymnasien haben die neuen Lehrpläne vom 31. März 1882 eine Wandlung geschaffen, während für die Volksschulen schon durch die allgemeinen Bestimmungen vom 15. Okt. 1872 die Möglichkeit zur Unterweisung in Chemie gegeben war, und diese für die damals projektierten Mittelschulen, die nicht zur Ausführung kamen, vorgeschrieben wurde. Bei beiden Schulkategorieen ist der chemische Unterricht aufs innigste mit dem physikalischen verknüpft, wird von denselben Lehrkräften erteilt und ist auf ein Halbjahr beschränkt; er liegt bei den Gymnasien auf der untersten Stufe, auf welcher erklärende Naturwissenschaften (Physik, Chemie) getrieben werden, bei den Gemeindeschulen auf der höchsten. An den Realgymnasien, Ober-Realschulen und höheren Bürgerschulen wird der Unterricht mit bestimmter Stundenzahl in den obersten Klassen selbständig durchgeführt, nur dass mit ihm der Unterricht in der Mineralogie eng verknüpft ist. Dieser ist wiederum an den Gymnasien vom Chemieunterricht vollständig getrennt und geht demselben voran (O III), während bei den Mittel- und Volksschulen in dieser Beziehung grössere Freiheit gelassen ist. Die Stundenzahl, welche auf den chemischen Unterricht verwandt werden kann, ist 2 St. für das Gymnasium (ein Halbjahr), 2 St. für das Realgymnasium in O II und I (während dreier Jahre), 3 St. in den Ober-Realschulen während derselben Zeit, 2 St. in der ersten Klasse der höheren Bürgerschule und 2 St. (ein Halbjahr) in den mehrklassigen Gemeindeschulen. Der den Unterricht erteilende Lehrer ist bei den Gymnasien in weitaus den meisten Fällen der mathematisch-physikalische Lehrer der oberen Klassen, bei den Realgymnasien und Ober-Realschulen ein Fachlehrer für beschreibende Naturwissenschaften und Chemie, der eine oder der andere bei den höheren Bürgerschulen, während bei den Gemeindeschulen eine Trennung des Unterrichts nach Fächern überhaupt nicht in derselben Weise wie bei höheren Schulen stattfinden kann. Auf letzteren Unterricht, sowie den an höheren Töchterschulen, an denen die Ziele ganz besondere sein müssten, soll hier nicht näher eingegangen werden, zumal da die allgemeinen Prinzipien dieselben sind wie für die anderen Lehranstalten. Bei den Lehrkräften wird eine speziellere chemische Vorbildung, gegründet auf eigne praktische Arbeiten resp. Originaluntersuchungen nur von den Lehrern an Realgymnasien und Oberrealschulen verlangt, da der Fall, dass die drei Fakultäten, Mathematik, Physik, Chemie, zugleich bis I erlangt werden, zu den Ausnahmen gehört; an Realgymnasien (und Oberrealschulen) ist auch die Möglichkeit gegeben, die Schüler zu den praktischen Arbeiten anzuleiten (wöchentlich 2 St. fakultativ

in I). Viele Lehrer werden daher den chemischen Unterricht übernehmen müssen, ohne von vornherein an die Beherrschung der experimentellen Seite gewöhnt zu sein.

Was die Ziele des chemischen Unterrichts anbetrifft, so wird verlangt: an Gymnasien „Kenntnis der einfachsten Lehren der Chemie“, an Realgymnasien „Kenntnis der wichtigeren Elemente und ihrer anorganischen Verbindungen, so wie der stöchiometrischen Gesetze“ (an den Ober-Realschulen ausserdem „die Kenntnis der wichtigsten Stoffe der organischen Chemie“), an höheren Bürgerschulen „eine durch Experimente vermittelte Kenntnis der bekanntesten chemischen Elemente und ihrer hauptsächlichsten Verbindungen“. Die gewünschte methodische Ausführung des Unterrichts ist bei den Gymnasien dadurch angedeutet, dass der Unterricht der Sekunda zugewiesen ist, wo diejenigen Zweige der Physik, welche vorzugsweise experimentelle Behandlung gestatten (Elektricität, Magnetismus, Wärme) getrieben werden sollen, „womit ein kurzer chemischer Lehrkursus zu verbinden ist“, so dass jedenfalls das Experiment in den Vordergrund treten muss; die Zeit hierfür soll durch Einschränkung der Behandlung des Abschnitts „von den allgemeinen Eigenschaften der Körper“ gewonnen werden. Bei den anderen Unterrichtsanstalten wird auch die experimentelle Methode betont, besonders aber die Frage hervorgehoben, ob es sich nicht empfehlen würde, in OII einen mehr propädeutischen Unterricht und in I erst einen systematischen zu geben, damit die abgehenden Schüler einen gewissen, für das praktische Leben wichtigen Abschluss erreicht haben.<sup>2)</sup> Da jetzt der Hauptabgang aus Untersekunda stattfindet, wäre es, wenn ein Versuch mit diesem propädeutischen Cursus gemacht werden sollte, wünschenswert in Untersekunda im Anschluss an die Physik, z. B. in Anlehnung an die Molekularphysik, einen solchen einstündigen, allgemeinen Cursus zu gestatten, der viel Anregung und Interesse bieten und dem systematischen Unterrichte vorarbeiten könnte, ohne ihm nachteilig zu sein. Selbst wenn dieser Cursus fakultativ gemacht würde, würde sich bei richtiger Einrichtung desselben eine lebhaftere Beteiligung seitens der Schüler ergeben.

Die für den chemischen Unterricht erforderlichen Lehrmittel, die hier unentbehrlicher sind, als selbst bei dem physikalischen Unterricht, können beinahe überall, wenn auch in bescheidenem Maasstabe, beschafft werden, da die chemischen Experimente verhältnismässig wenig Kosten verursachen; freilich muss aber fortlaufend für Ersatz gesorgt werden, da der Verbrauch ein laufender ist. An den Gymnasien ist der Lehrapparat ganz mit dem physikalischen vereinigt, und reichen dort für die Chemie die vorhandenen Mittel vollständig aus, wenn nur darauf gesehen wird, dass diese nicht ausschliesslich der physikalischen Sammlung zugewandt werden; auch sind wohl noch nicht überall die erforderlichen, einfachsten Apparate vorhanden, ein Übelstand, der leicht beseitigt werden könnte. An den Realgymnasien, die Physik und Chemie in ausgedehnterer Weise pflegen, waren früher die Lehrzimmer beider Disciplinen oft vereinigt, auch jetzt geschieht dies häufig noch der Ersparnis wegen, wengleich die Mehrkosten für die Trennung nicht bedeutend sind und beide Unterrichtsgegenstände wesentlichen Vorteil aus der räumlichen Trennung ziehen würden. Modelle und Zeichnungen, die namentlich den technologischen Teil des chemischen Unterrichts unterstützen können,

<sup>2)</sup> „Einem solchen Unterrichte würde dann die Einführung in die ersten Grundgesetze der Chemie zufallen im Anschluss an die Experimente, welche die wichtigsten Elemente unter den Nichtmetallen und Metallen und deren hauptsächlichste Verbindungen in ihren Kreis ziehen.“

sind wenig verbreitet, da die ausgesetzten Mittel (100 bis 800 M. jährlich) dann leicht aufgezehrt werden, wenn Arbeiten im Laboratorium seitens der Schüler stattfinden, von denen öfters sogar noch gesonderte Beiträge erhoben werden. Lehrbücher der verschiedensten Art sind fast überall eingeführt; an Realgymnasien und höheren Bürgerschulen besondere für Chemie, während an Gymnasien meist der kurze chemische Abschnitt, der bei vielen physikalischen Schulbüchern eingeschoben ist, gebraucht wird.

Dies sind in kurzen Umrissen die äusseren Bedingungen, unter denen der chemische Unterricht erteilt wird, Bedingungen, die im Vergleich mit früheren Verhältnissen ungleich günstiger geworden sind, namentlich, wenn das Geforderte wirklich erfüllt wird, mit den für andere Unterrichtsgegenstände bestehenden Verhältnissen aber zusammengehalten, immerhin noch für die vollständige Entwicklung nicht günstig genug.

Die Aufgabe des chemischen Unterrichts, die den Schulen zufällt, ist hiernach eine ziemlich einfache: „eine mehr oder weniger umfangreiche Kenntnis der Grundlehren der Chemie (auf Grund des Experiments) und Kenntnis der wichtigsten chemischen Stoffe“; alles andre ist unbestimmt gelassen. Wie weit dieser Aufgabe genügt wird, soll nicht näher untersucht werden, sprechen doch dabei ausserordentlich viele Nebenumstände mit, so dass eine allgemeine Beantwortung der Frage nicht gut möglich ist.

Die Aufgabe eines Unterrichtsfachs ergibt sich zunächst aus der allgemeinen Aufgabe der ganzen Kategorie von ähnlichen Fächern, welche in dem heutigen Unterrichtssysteme vertreten sind. Da dieses hauptsächlich auf den sprachlichen Fächern aufgebaut ist, so fällt dem naturwissenschaftlichen Unterrichte ein Einfluss auf die gesamte Heranbildung der Jugend nur in geringem Maasse zu. Die Bestrebungen letzterem eine breitere Basis zu verschaffen, gehen nicht dahin, die ersteren zu beseitigen, sondern dem ganzen Unterrichte eine zweite Basis zu geben, da der sprachliche Unterricht vieles für unsere jetzige Entwicklung nicht leisten kann, Viele auch leichter unter Zuhilfenahme anderer Wissenschaften gebildet und erzogen werden können. Dieser Weg, die naturwissenschaftlichen Fächer und so auch die Chemie mit den sprachlichen zu vergleichen in Inhalt und Methode, und die einzelnen Vorzüge abzuwägen, soll hier nicht eingeschlagen werden; derselbe würde zu weit führen oder vielleicht auch auf schematische Darstellungen leiten, die nur subjektiven Wert haben, wie solche von anderer Seite grade in Beziehung auf den Inhalt der Chemie gemacht und als wahr verkündigt sind.

Wenn Jemand den ganzen Inhalt der Chemie in den einfachen Gleichungen  $ab + cd = ac + bd$  oder  $= ad + bc$  oder einfacher in  $ab + c = ac + b$  erblickt und behauptet, dass, da alle chemischen Processe sich nach diesem Schema wiederholen, der Schluss zu ziehen sei, eine solche Wissenschaft könne in kurzer Zeit erledigt werden und dürfe nicht den Anspruch erheben im Schulunterricht berücksichtigt zu werden<sup>3)</sup>, so zeigt dies von einer Auffassung der Wissenschaft, die nie das Wesen derselben hat erkennen lassen. Abgesehen davon, dass dabei nicht einmal die Verschiedenartigkeiten der Stoffe Berücksichtigung finden, so liegt darin auch ein vollständiges Übersehen der Bedingungen, unter denen die Wirkungen eintreten, der Beziehungen, die sie zu anderen Erscheinungen haben, und der

<sup>3)</sup> Dies ist im wesentlichen die Deduktion in Schmid's Enzyklopädie 1859, T. I, p. 476, in einem Artikel, der dabei zugleich an Fülle des Stoffes ausserordentlich viel verlangt, und dessen Standpunkt durch die am Schluss gegebene Litteratur charakterisiert ist.

unendlich mannigfaltigen aber doch unter sich in Zusammenhang stehenden Eigenschaften: mit demselben Recht könnte man den Inhalt der Sprachwissenschaften auch für erschöpft erklären durch eine Reihe von Permutationen der einzelnen Buchstaben; beide Arten der Auffassung müssen zu einer ganz falschen Vorstellung von dem pädagogischen Wert der Wissenschaften führen, da deren Inhalt ignoriert wird.

Es ist richtig, eine Aufgabe des chemischen Unterrichts ist es, den Lernenden mit den wichtigsten stofflichen Veränderungen, der Verschiedenartigkeit der Stoffe, den bei den Umsetzungen stattfindenden allgemeinen Gesetzen bekannt zu machen. Langer Zeit hat es bedurft, bis diese einfachen stofflichen Änderungen auf Gewicht und wenige Grundstoffe bezogen werden konnten, vielfach hielt man die Erscheinungen nur für Umwandlungen, nur für Änderungen äusserer Eigenschaften, und die Vorstellung von dem, was eine chemische Verbindung ist, wie sie sich vom Gemisch, von einer Lösung unterscheidet, von der Wahrheit, dass Stoffe nur aus andren abgetrennt oder durch Vereinigung andrer, aber niemals neu entstehen, von dem Gesetz der Erhaltung der Materie, ist nur allmählich seit Mitte des vorigen Jahrhunderts ein Eigentum der Fachvertreter und später weiterer Kreise geworden, ohne selbst heut zu Tage als Gemeingut aller Bildung gelten zu können; für viele ist die Chemie auch heute noch die Wissenschaft wie früher, „wo man nach unendlichen Recepten das Widrige zusammengoss“.

In der That ist es nicht leicht, dem Anfänger eine sichere Vorstellung von dem Wesen eines chemischen Processes zu geben; die Vorstellung, dass durch Vereinigung zweier Stoffe mit besondern Eigenschaften ein neuer mit ganz andren Eigenschaften entsteht, der die ersten Stoffe in ganz bestimmten Mengen enthält, liegt den meisten vollständig fern. Die chemischen Prozesse in der Natur sind entweder zu compliziert, wie Verbrennung, Verwesung, oder zu wenig auffallend, wie das Rosten des Eisens, als dass sie für den Lernenden Gegenstände des Nachdenkens geworden wären, so dass die Erfahrung, die der Schüler mitbringt, den Anfangsunterricht in der Chemie viel weniger zu unterstützen vermag, als es bei der Physik der Fall ist. Dazu kommt, dass grade die alltäglichsten Erscheinungen als selbstverständlich hingenommen werden und die Menschen weniger zum Nachdenken anreizen als besondere Ereignisse. Deshalb sind dem Anfänger die Grundbegriffe an besonderen Versuchen, denen vorzüglich feste Körper zugrunde zu legen sind (*Fe, S, Cu, J, Hg*) klar zu machen; die Gase (*O, H, Cl*), wo sie in Mitwirkung treten, müssen in ihren Eigenschaften dem Schüler gezeigt werden, so dass er möglichst bald den gasförmigen Zustand richtig auffassen lernt. Von den Wirkungen der Gase auszugehen und gar die Volumenverhältnisse als Ausgangspunkt zugrunde zu legen, mag für den Universitätsunterricht zweckmässig sein, für den Schulunterricht empfiehlt sich dies nicht, auch schon aus dem Grunde, weil die dabei erforderlichen Apparate für den Schüler nicht einfach genug sind. Um die Begriffe: Element, chemische Verbindung, ihre Verschiedenartigkeit, das Gesetz der multiplen Proportionen klar zu machen, wird man eine ganze Reihe Experimente als belegend und zur Repetition anzustellen haben; es wird zu zeigen sein, wie ein Element in einer Verbindung seine Eigenschaften verliert, daraus abgetrennt sofort wieder mit denselben auftritt (*Hg* mit *S* vereinigt, daraus wieder durch Eisen abgetrennt, *J* mit *K* und daraus wieder durch Schwefelsäure oder *Cl* abgetrennt u. s. w.), wie die nach bestimmten Gewichtsverhältnissen dargestellte Verbindung sich weder mit dem einen oder andern Bestandteil weiter verbindet, sondern dieser unverbunden bleibt und seine Eigen-

schaften beibehält (Erhitzen von  $FeS$  mit  $Fe$ , oder von  $Hg$  und  $S$ , wobei ein Teil von  $Hg$  ganz unverändert bleibt, Verbindungen von  $Cu$  mit  $S$ ,  $Hg$  mit  $J$ ), wie bei diesen Processen Wärmeentwicklung eintritt und der Rückschluss gestattet ist ( $CaO$  mit  $H_2O$ , Schwefelsäure mit Wasser u. s. w.). So gehört es zu den Hauptaufgaben des Anfangsunterrichts, hier klare einfache, nahe liegende Beispiele vorzuführen.

Wie sehr sich dabei zugleich die Beobachtung schärfen, naturwissenschaftliches Denken, das Schliessen aus dem Gesehenen, ausbilden, das Wiedergeben des Verstandenen oder Beobachteten in klarem Ausdruck üben lässt, tritt besonders hervor, wenn Körper mit möglichst charakteristischen Eigenschaften als Ausgangspunkte gewählt werden. Die Unfähigkeit zu sehen und das Gesehene in Worte zu fassen ist eine so grosse, dass nicht genug dagegen geschehen kann, wobei in vielen Fällen die Anleitung zur Zeichnung mit hinzutreten muss, die oft leichter ist als die Beschreibung. Die Übung hierin schliesst sich dem Unterrichte ausserordentlich leicht an, da die ersten Apparate des chemischen Unterrichts sehr einfach und in allen Teilen durchsichtig sind. Dass grade dieser Anfangsunterricht aufs sorgfältigste vorzubereiten und stets aufs neue vom Lehrer zu überlegen ist, liegt auf der Hand, ebenso wie er grade eine ziemlich umfassende Kenntnis des gesamten Gebietes der Chemie erfordert, aus dem die passende Auswahl getroffen werden muss. Da nun diese Zwecke nicht bloss am Anfang, sondern im Laufe der gesamten Ausbildung verfolgt werden müssen, so trägt hierdurch der chemische Unterricht in hervorragendem Grade zur Gesamtbildung bei und lässt sich nicht durch andre Gegenstände ersetzen.

Dieser ersten Forderung wird, wenigstens für Realgymnasium und Oberrealschule, die weitere hinzugefügt, dass das Verständnis der Umsetzungen auch für die Volumenverhältnisse durchgeführt wird. Fruchtbar ist dies besonders durch die Beziehungen zu den physikalischen Eigenschaften, fruchtbar und eine neue Welt erschliessend durch die Möglichkeit, den Atom- und Molekülbegriff scharf abzuleiten, schwierig durch die Complicirtheit der Experimente und den Umstand, dass die Wägungen der Gase sich dem Schüler nicht zur unmittelbaren Anschauung bringen lassen. Soll dieser Abschnitt den Grundbegriffen angeschlossen werden, so müssen jedenfalls die Eigenschaften der betreffenden Gase hinlänglich bekannt sein und ist es zweckmässig, zuerst nur die Verbindungsgesetze der einfachen Gase und die Beziehung des Atomgewichts zum Molekulargewicht zu nehmen, die Beziehungen des Molekulargewichts aber auf einer späteren Stufe (in Anschluss an  $HCl$  und  $NH_3$ ) hinzuzufügen. Besondere Schwierigkeit macht hier auch das Messen des Volums der entstandenen Verbindung ( $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $H_3N$ ). Bei Gymnasien kann es zweifelhaft scheinen ob diese Erweiterung der Grundbegriffe ausreichende Berücksichtigung finden kann. — Nicht genug aber kann hervorgehoben werden, dass wenn diese Aufgabe, in dem einen oder andern Umfange, erfüllt werden soll, wenn wirklich bleibendes Verständnis, das mit der geübten und angeregten Beobachtung sich noch erweitern kann, erzielt werden soll, häufige Anwendung des Verstandenen notwendig ist; es muss also auf den Gymnasien bei dem physikalischen Unterricht auf späterer Stufe (und dazu bietet sich Gelegenheit genug) wiederholt angeknüpft werden, es muss durch gelegentliche neue Experimente oder Wiederholung früherer, wie sie sich bei der Wärme, der Elektrizität, Optik und Mechanik (Hydro- und Aëromechanik) darbieten, darauf zurückgegriffen werden. Auf diesen methodischen

Teil, namentlich auf Einrichtung von Repetitionsexperimenten hoffe ich bei anderer Gelegenheit zurückzukommen.

Wenn auch die kurz skizzierte wissenschaftliche Grundlage für das Verständnis eines chemischen Processes zu geben, als erste Aufgabe des chemischen Unterrichts bezeichnet werden kann, so ist es unrichtig, darin den Unterricht abgeschlossen zu sehen. Die Anfänge einer Wissenschaft können nur dann fruchtbar werden, wenn dieselben zum Verständnis der praktischen und industriellen Verwertung und der durch die Wissenschaft bedingten Fortschritte, zur richtigen Auffassung anderer Wissenschaften, zum Einblick in die Entwicklung des gesamten Cultur- und Naturlebens in Beziehung treten; dazu müssen sie durch Vermehrung des Unterrichtsstoffes erweitert werden, so dass zugleich von der betreffenden Wissenschaft soviel geboten wird, wie für den in irgend ein Fachstudium Übertretenden erforderlich ist, oder um die Aufgabe kurz zu fassen, es müssten die chemischen Kenntnisse wie sie für die allgemeine Bildung und die Fortbildung für alle Berufszweige erforderlich sind, geboten werden. Um dabei gleich einem Missverständnis zu begegnen, hebe ich hervor, dass der chemische Unterricht nicht zum Studium der Chemie, sondern für jedes Studium vorbereiten soll. Fast keine Wissenschaft, fast kein Beruf kann heute der Chemie entraten, fast überall bauen sich grosse Teile derselben auf der Chemie auf: Medizin, Pharmacie, Drogistik- und Warenkunde, Agrikultur, Berg- und Hüttenwesen, Baufach, verlangen ziemlich weitgehende chemische Kenntnisse, die auch bei denen, die diese Fächer nicht praktisch, sondern verwaltend ausüben, vorausgesetzt werden müssten; für das wissenschaftliche Studium von Zoologie, Botanik und Physiologie sind, wie weit auch der einzelne diese Wissenschaften treiben mag, die elementaren chemischen Kenntnisse notwendig, fast in alle praktischen Berufe greift die Chemie ein: Heizung und Beleuchtung beruhen auf chemischen Processen, und damit hängt ein grosser Teil grossartiger industrieller Erwerbszweige zusammen; bei Schlosserei, Färberei, Bereitung der Nahrungsmittel, Zubereitung des Leders, Herstellung der alkoholischen Getränke, bei fast allen gesundheitlichen Fragen, der Wasser- und Luftfrage, bei der Desinfizierung u. s. w. sind chemische Prozesse zum elementaren Verständnis nötig. Gewiss, vieles würde auf allen diesen Gebieten schneller gefördert werden, viele Massregeln würden segensreicher wirken, wenn Verständnis für chemische Prozesse, wenn elementare chemische Kenntnisse in weiteren Kreisen vorhanden wären. Um nur ein nabeliegenes Beispiel herauszugreifen, so würde die Hygiene viel segensreicher wirken, wenn Kenntnisse der Luft, ihrer Bestandteile, und die Wirkungen der Desinfektionsmittel der Mehrzahl der Bevölkerung zu eigen geworden wären: wenn Jemand die Gründe der Schädlichkeit einsehen, die Wirkung schädlicher Stoffe kennt und die einfachen Mittel der Beseitigung weiss, wird er in vielen Fällen aus eigenem Antriebe das Schädliche vermeiden oder beseitigen. Bei wie vielen Bauten der Neuzeit wären nicht unpraktische Anlagen vermieden, wenn den Erbauern chemisch-naturwissenschaftliche Elementarkenntnisse zur vollen Verfügung gestanden hätten! Solche Fundamentalkenntnisse sollte die Schule geben, solche Prozesse wie Verbrennung, wie Metallgewinnung, wie Pflanzenernährung etc. deren Anwendung überall Jedem entgegentritt, muss sie zum Verständnis bringen, das ist aber nur möglich durch Erweiterung des Stoffes, der im Unterrichte gegeben wird, und unter der Voraussetzung, dass die erforderliche Zeit zur Verarbeitung vorhanden ist.

Bei der ungeheuren Fülle des Stoffes liegt eine doppelte Gefahr vor: einmal

der Aufgabe in zu eklektischer Weise durch Zusammenstellung einzelner mehr oder weniger pikanter Thatsachen nachzukommen; dann aber kann auch durch die Überfülle des Gegebenen die Durcharbeitung und Festigung gehemmt und Oberflächlichkeit herbeigeführt werden. Beide Gefahren lassen sich vermeiden, wenn der Lehrer verstanden hat, sich mit den einzelnen Gebieten der verschiedenen Wissenschaften und Industrien im Zusammenhang zu halten, um das Notwendigste, Beste und Geeignetste daraus für den Unterricht zu verwerten. Das einzelne Lehrbuch kann ihm dabei nur wenig Anhaltspunkte geben; es bedarf des Studiums vieler Wissenschaften, und zwar auch der praktischen, um dieser Aufgabe gerecht zu werden.

Der Weg, wie jener grossen Aufgabe genügt werden kann, ist im allgemeinen vorgeschrieben durch die Worte: „Kenntnis der wichtigsten Elemente und ihrer Verbindungen“. Für beschränkte Zeit empfiehlt sich vor allem, bei gewissen Elementen die Darstellung eines Processes in seinen mannigfachsten Verzweigungen und Anwendungen anzuschliessen; so sollte beim Sauerstoff und Kohlenstoff nicht nur die einfache, dürftige Verbrennungs-Definition mit Erklärung der Flamme unter Zugrundelegung der gewöhnlichen Experimente gegeben werden, sondern ein lebensvolles Bild des gesamten Processes in Beziehung zu Beleuchtung, Heizung, Atmung, also zu Industrie und Leben, stets unter Zugrundelegung der Experimente; oder im Anschluss an Phosphor ein übersichtliches Bild der Entwicklung der Mittel sich Feuer zu verschaffen; bei der Salpetersäure geben die Explosivstoffe, beim Chlor die Desinfektionsmittel solche Einzelbilder, die für den Gymnasialunterricht sich besonders empfehlen würden. Auch bei dem Unterricht an Realgymnasien wird dieser Weg neben dem systematischen nicht ausser Acht zu lassen sein, ja es muss auch hier die aufzählende Besprechung der einzelnen Elemente durchbrochen werden und Gruppenbetrachtung, wie es auch schon vielfach geschieht, eintreten. Solche Gruppenbetrachtungen (Halogene, Schwefelgruppe, Alkalimetalle u. s. w.) verhindern die gedächtnismässige Auffassung ganz, welche der chemische Unterricht weniger verlangt, als die sprachlichen Fächer; sie geben Veranlassung zur Auffindung von Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten, zu Schlüssen für das Verhalten eines andern Stoffes, und können methodisch auf das mannigfaltigste und fruchtbringendste verwandt werden. Keine Wissenschaft vermag so das verbindende Glied zwischen den realistischen Wissenschaften zu werden wie die Chemie. Da die Veränderungen des Stoffes stets begleitet sind von Veränderungen der Eigenschaften, da viele chemische Veränderungen nur unter besondern physikalischen Bedingungen eintreten, und ganze Zweige der Physik nur mit Hilfe von chemischen Kenntnissen verständlich werden (Thermochemie, Galvanismus, Photochemie etc.), so kann eine äusserst fruchtbare Wechselbeziehung aufrecht erhalten werden, die auch mit dem biologischen Unterrichte stattfinden kann, eine Wechselbeziehung, die sich ausdehnt auf die praktischen und technologischen Wissenschaften und Berufsweige; in der That kann so dem chemischen Unterrichte die Aufgabe zu teil werden, das Bindeglied zwischen Schule und Leben zu werden, während er zugleich eine Anregung und Inanspruchnahme der geistigen Thätigkeit der Schüler in hervorragender Weise mit sich führt.

Eigentümlich ist es, wie wenig Kenntnisse über Technologie und über die Beziehungen der einzelnen Industriezweige selbst in den Kreisen der akademisch Gebildeten vorhanden sind, wie teilnahmslos viele an den Werkstätten, die so vieles für die materielle und geistige Wohlfahrt leisten, gegenüberstehen! Dennoch soll der chemische Schulunterricht niemals in technologischen, in Kenntnis der



speziellen Ausführung der Gewinnung, Verarbeitung u. s. w. der einzelnen Stoffe, übergehen, oder soll Technologie als besonderer Zweig des Unterrichts auftreten. Wird doch selbst an vielen Universitäten eine technologische, „Wissenschaft und Leben verbindende“ Vorlesung nicht gehalten. Der Jugend, dem heranwachsenden Geschlecht, müsste aber eine Ahnung von der grossartigen Entwicklung der Industrie und ihrer umgestaltenden Kraft gegeben werden; der Fortschritt, der durch Entdeckung des Le Blanc'schen Sodaverfahrens, durch Entdeckung des Chlors, Darstellung des Leuchtgases etc. geschehen ist, kann recht wohl in seiner Bedeutung dem Schüler bei Besprechung der betreffenden Körper zum Bewusstsein kommen, während in anderen Orten vielleicht mehr andere Berührungspunkte, wie die mit der Landwirtschaft in Anschluss an Calcium oder die mit der Hüttenkunde in Anschluss an die Metalle, zu ähnlichen Betrachtungen und zu ähnlicher Verwertung benutzt werden können. — Hier könnte auch die Industrie der Schule selbst zur Seite stehen und sie unterstützen, wenn man gestattet dass der Unterricht durch Besichtigung einzelner Industrieanlagen vervollständigt wird und so noch unmittelbarer wirkt; selbst in den kleinsten Städten ist dazu Gelegenheit, eine Gasfabrik, eine Werkstätte für Metallverarbeitung, eine Glasfabrik und Ähnliches findet sich fast überall; der Lernende tritt dadurch dem Leben näher, und weit entfernt, dass ihm der Erwerb als Zweck der Anlage erscheint und dem jugendlichen Geiste dadurch eine materialistische Richtung gegeben wird, führt ihm eine solche Betrachtung zur Bewunderung des schaffenden Menschengesistes und zum Gedanken, dass auch ihm, dem Lernenden, selbst die Aufgabe obliegt, schaffend und strebend zum geistigen und materiellen Wohle des Ganzen beizutragen.

In dieser Richtung vermag der chemische Unterricht eine Sonderheit darzubieten, wie kein anderer; wie die botanischen und zoologischen Excursionen Genuss und Freude an der Natur, Verständnis ihres Schaffens und Wirkens wecken und pflegen sollen und können, so können die sogenannten technologischen Excursionen ein Verständnis moderner Kulturentwicklung und die Neigung daran hingebend mitzuarbeiten, anbahnen.

Auch eine andere Aufgabe kann in Anschluss hieran dem chemischen Unterricht zufallen, praktisches Geschick bei der Ausführung gewisser Gedanken sich anzueignen, wenn eine Unterweisung im praktischen Experimentieren, in den Arbeiten des Laboratoriums gegeben wird.

Wenn man sieht, wie viele Menschen ohne Anleitung nicht die einfachsten Sachen praktisch ausführen können, wie sehr aber andererseits die richtige Ausführung eines Experiments, z. B. die Darstellung des Chlors, zur Schärfung des Urteils, zur Kontrolle der eigenen Handgeschicklichkeit, zur Abwägung des richtigen Augenblicks für den Versuch veranlasst, so wird man zu der Ansicht, dass solche Arbeiten zur Spielerei ausarten, nicht gelangen. Man könnte sehr wohl den Versuch machen, die Schüler Experimente wiederholen zu lassen und daran Auge, Hand und Verstand gleichzeitig zu üben. Wie fruchtbar die Übung in der einfachen Analyse wirken, wie sie zur Wiederholung, zur Bildung eigenen Urteils, zur Auffindung störender Bedingungen dienen kann, ist verschiedentlich hervorgehoben worden<sup>4)</sup>; werden diese Arbeiten nur zu einer mechanischen

<sup>4)</sup> Vergl. Richter: Ueber Bedeutung, Umfang und Methodik des chemischen Unterrichts auf dem Realgymnasium, Festschrift zur funfzigjährigen Jubiläumsfeier des Realgymnasiums am Zwinger zu Breslau 1886. S. 139—153 (S. 151 ff).

Anwendung der Fertigkeit, nach bestimmten Tabellen einzelne Körper aufsuchen zu können, die auch ein Laboratoriumsdienstler leicht erlangt, so trifft dieser Vorwurf nicht die Wissenschaft, sondern den betreffenden Lehrer; ähnliche Fälle finden sich bei allen Wissenschaften. Auch für den physikalischen Unterricht liesse sich eine ähnliche Einrichtung denken, durch welche die Schüler zur Wiederholung einiger wichtiger Experimente angeleitet und so veranlasst würden, ihre praktische Geschicklichkeit in Beziehung zum wissenschaftlichen Können zu prüfen und die Schärfe der Beobachtung des Gesehenen bei der Wiederholung zu ermesen. Freilich würden hierfür zum Teil besondere Unterrichtsmittel beschafft werden müssen.

Fast unmittelbar ergibt sich aus dem Vorigen als methodische Hauptaufgabe des chemischen Unterrichts die Anleitung zum induktiven Schliessen, zum Zusammenfassen des Einzelnen zum Allgemeinen. Gerade die Einfachheit der Experimente giebt hierbei der Chemie einen Vorzug vor der Physik, bei der sich oft compliziertere Apparate nicht entbehren lassen, während bei den chemischen Versuchen der Apparat eine viel untergeordnetere Rolle spielt; auch tritt die Hauptsache der Erscheinung in vielen Fällen beim chemischen Experiment leichter hervor, und braucht der Weg der Deduktion nur vereinzelt als der grundlegende beschränkt zu werden. Übrigens herrscht in dieser Beziehung kaum ein Zweifel über den Wert des chemischen Unterrichts, und wird in den Erläuterungen zu den neuen Lehrplänen der Wert gerade darin gesehen, „dass die Schüler an einem einfachen Stoffe durch einfache, leicht durchsichtige Versuche in das Verständnis der induktiven Methode eingeführt werden.“<sup>4</sup> Wie dies bei dem chemischen Unterricht durchgeführt werden und derselbe zur Grundlage einer induktiven Logik werden kann, haben Arendt, Wilbrand<sup>5</sup>) und andere gezeigt. — Die theoretische Auffassung, die Philosophie der Chemie, kann in der Schule nur angedeutet, nicht gelehrt werden, die so errichteten Systeme gehören dem Fachunterricht auf der Universität an; die chemischen Lehren auf Lagerung der Atome, auf Verkettung derselben aufzubauen, kann nur dann fruchtbar sein, wenn eine grosse Summe von Kenntnissen zur Verfügung steht, für die Schule werden dies Bilder sein, die zur Erklärung einiger Verhältnisse benutzt werden können, wie bei der Allotropie, Isomerie u. s. w., während Begriffe wie die der Wertigkeit, der Äquivalenz, eben nicht zum theoretischen Aufbau, sondern zur Grundlage der Wissenschaft gehören. Immer wird dabei dem Schüler auch das Bewusstsein wach gehalten werden, dass er es nur mit dem Anfang der Wissenschaft zu thun hat, wozu ihm gerade gelegentliche Andeutungen über die Aufgaben der Wissenschaft führen, wie dies auch bei den Sprachen in Beziehung auf Sprachvergleichung, bei Geographie in Beziehung auf Ethnologie, physikalische Geographie u. s. w. geschehen kann. Und so führt diese Aufgabe zurück zu der allgemeineren, die der chemische Unterricht mit erfüllen soll, ethisch und erzieherisch zu wirken, zum selbständigen Denken anzuleiten. Die Übung des Ausdrucks in der Wiedergabe des Angesehenen, die scharfe Unterscheidung von Körper, Eigenschaften und Veränderungen, die stete Anregung zu eigener Thätigkeit, die Möglichkeit das Gesehene in lebendigen Connex mit dem Leben zu setzen, werden diese Aufgabe mit erfüllen helfen, zumal wenn der Unterricht so geleitet wird, dass die Begeisterung des Lehrers auf den Schüler

<sup>5</sup>) Vergl. auch die jüngst erschienene Abhandlung von Dr. F. Wilbrand: „Zur Methodik des chemischen Unterrichts“ in Frick und Meier's *Lehrproben und Lehrgängen*, Heft XIII, 37—53.

übergeht und dieser fühlt, dass der Unterricht mit den übrigen Wissenschaften, mit dem gesamten Leben und Wirken in Beziehung steht. Diese Anleitung zur Wahrhaftigkeit, zum Mute selbst zu urteilen, aber nie ohne hinreichende Grundlage und ohne die Erkenntnis der Abhängigkeit jeder Erscheinung von bestimmten Bedingungen, fallen dem chemischen Unterrichte als natürliche Aufgaben zu, zum mindesten in demselben Grade wie anderen Fächern. Freilich steht der Erfüllung dieser Aufgaben auch der leicht erklärliche Umstand entgegen, dass bei Lehrenden und Lernenden die grammatische Methode und die daraus folgende mechanischere Auffassung des chemischen Unterrichts noch nicht immer überwunden ist; sind darauf mit vielleicht auch die Klagen über die geringen Erfolge des Universitätsunterrichts zurückzuführen<sup>6)</sup>? Das eine muss allerdings hervorgehoben werden, dass so der chemische Unterricht an den Lehrenden ausserordentlich hohe Anforderungen stellt in Beziehung auf Zeit und Arbeitsaufwand, die aber ihren Lohn finden in dem bereitwilligen Entgegenkommen der Schüler und der Freude an dem erwachenden Verständnis des Lernenden, durch das ihm eine neue unbekanntere Welt erschlossen wird.

In kurzen Umrissen habe ich die Hauptaufgaben des chemischen Unterrichts skizziert, ohne auf die Ausführung im Einzelnen eingehen zu können; auch glaube ich, dass diese Aufgaben als solche des chemischen Schulunterrichts im Allgemeinen anerkannt werden. Vielfach teilt man den einzelnen Schul-Wissenschaften einen äusseren Zweck im Unterricht zu und ist so zu der Anschauung gekommen, als ob der naturwissenschaftliche Unterricht keinen tiefer liegenden Einfluss haben könne. Man hat daher den Naturwissenschaften den Zweck materieller Vervollkommnung, die sie mit in hohem Grade fördern, als den alleinigen imputiert und daraus ihre Stellung für die Jugenderziehung und allgemeine Bildung abgeleitet. Unser Zeitalter wird erst dann das naturwissenschaftliche genannt werden können, wenn nicht der materielle Nutzen, den die Naturwissenschaften gebracht haben, sondern ihr Wert für die Erziehung der Menschheit anerkannt ist.

Für die Frage, wie weit jene Aufgaben bei unseren jetzigen Einrichtungen erfüllbar sind, geben die in der Einleitung dargelegten äusseren Bedingungen manchen Anhaltspunkt, auch habe ich schon früher einige meiner Anschauungen in dieser Richtung mitgeteilt<sup>7)</sup>. Hilfsmittel, einzelne Teile derselben zu erfüllen, sind reichlich vorhanden: Anleitungen zum Experimentieren, Lehrbücher mit Übungsaufgaben, Repetitorien (nur mit Fragen oder auch mit Frage und Antwort), Leitfäden für jede Schulkategorie (Töchterschulen, Gymnasien, Realanstalten), Darstellungen der gesamten Chemie mit Anführung der Experimente und aphoristischen Erklärungen und Schlussfolgerungen (Kleyer), alles Zeichen von Bestrebungen einer tieferen Auffassung des Unterrichts<sup>8)</sup>. Aber zwei Mittel sind es, die bisher noch wenig Berücksichtigung gefunden haben und wesentlich dem chemischen Unterricht förderlich sein könnten, die ich hervorheben möchte. Einmal wäre wünschenswert eine übersichtliche Zusammenstellung der sämt-

<sup>6)</sup> P. Muir: On the Teaching of Chemistry, Nature XXXVI, 544 (A paper read before Section B of the British Association at Manchester), vergl. den Bericht in diesem Heft.

<sup>7)</sup> Über den Unterricht in der Chemie an Gymnasien. Zeitschr. f. d. Gymnasialwesen. XXX. 7, 8. Über den chemischen Unterricht an Realschulen. Centralorgan f. d. Inter. d. Realschulwesens. 1876. p. 257—287. Über Geschichte und Stand der Methodik in den Naturwissenschaften. 1877.

<sup>8)</sup> Eine Übersicht findet sich in dem Jahresbericht von Rethwisch über „das höhere Schulwesen“. 1887. p. 285 (dargestellt von E. Loew).

lichen Experimente, welche zum Zwecke der Darlegung bestimmter Begriffe oder für die Vorführung besonderer Eigenschaften oder Erklärung einzelner Erscheinungen ausgeführt und angegeben sind, unter Berücksichtigung der methodischen Verwertung und der Schwierigkeiten des Experiments. Hierbei würden sich leicht Vereinfachungen ergeben, eine Abwechslung bei der Auswahl würde sehr erleichtert, und das Material für Wiederholungsversuche würde jedem zugänglich. Die Anordnung würde am besten dem gewöhnlichen Gange, der Betrachtung der einzelnen Elemente und ihrer Verbindungen sich anschliessen. — Sehr förderlich wäre auch die Einrichtung eines praktischen Kursus für Schalexperimente. Grade für diejenigen, die nicht Zeit und Gelegenheit haben im chemischen Laboratorium zu arbeiten oder als Assistenten thätig zu sein, würde ein solcher Kursus, bei dem der Lernende die für den Schulunterricht wichtigen Erscheinungen selbst experimentell auszuführen hat, eine grosse Erleichterung und eine vorteilhafte Vorbildung gewähren.

Diese Betrachtung führt unmittelbar zu der Frage, wie weit „die Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“ zur Erfüllung der dem Unterrichte gesteckten Ziele beitragen kann. Grade dadurch, dass die neuen Bestimmungen den chemischen Unterricht z. T. in so nahe Beziehung zur Physik gesetzt haben, ergiebt sich die Pflege dieser Beziehung als eine naturgemässe Aufgabe; auf beiden Seiten, von den Fachmännern der Physik und Chemie, wird geklagt, dass beide Wissenschaften mehr und mehr auseinandergehen und die Beziehungen zwischen beiden gelockert werden. Ist schon auf rein wissenschaftlichem Gebiete eine solche Verbindung durch die Zeitschrift von Ostwald und van t'Hoff (Zeitschrift für physikalische Chemie, Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre) angebahnt, so scheint eine solche auf dem unterrichtlichen Gebiete noch mehr geboten. Ganze Abschnitte der Physik (Molekularphysik, Elektrochemie u. s. w.) können aus der Chemie eine Reihe von Thatsachen heranziehen und Experimente herübernehmen, die vortrefflich geeignet sind die Grundlagen dieser Teile abzugeben, und umgekehrt wird der chemische Unterricht vielfach physikalische Verhältnisse und Experimente benutzen müssen. Es werden daher diese Teile der chemisch-physikalischen Wissenschaft, die in den gewöhnlichen Lehrbüchern oft wenig berücksichtigt sind, eine besondere Behandlung erfahren können. Solchen Darlegungen wird sich in der Form die methodische Behandlung einzelner chemischer Abschnitte anschliessen. Wenn hier die Experimente nach bestimmten Grundsätzen gruppiert werden, vermögen solche Einzelbilder dem Unterrichte sehr förderlich zu sein. Dadurch dass in den Lehrbüchern die einzelnen Experimente mechanisch aufgezählt werden, ohne dass der Zweck derselben deutlich hervortritt, scheinen dieselben oft der Unterhaltung und nicht der geistigen Fortbildung zu dienen. Sind doch auch die kurzen chemischen Abrisse in den physikalischen Lehrbüchern meist nur unvollkommene Auszüge aus systematischen grösseren Werken<sup>9)</sup>.

So werden denn auch neue Experimente, wenn sie für den Schulunterricht verwendbar sind, eine hervorragende Berücksichtigung finden müssen; hierin kann die Universität dem Schulunterricht manche Stütze geben, da es dort leicht ist mit grösseren Mitteln besondere Versuche herzurichten, die später eine Vereinfachung erfahren können (wie bei der umgekehrten Verbrennung, den Versuchen mit Kohlensäure etc.); in manchen wissenschaftlichen Zeitschriften, Ber. d. chem.

<sup>9)</sup> Von allgemeinem Interesse ist, was in dieser Beziehung Seibt, „Deutsche Universitätszeitung“ 1887, No. 11, über die österreichischen Verhältnisse sagt.

Ges., Chem. News und andren sind schätzenswerte Mitteilungen derart vorhanden. Auch die namentlich im Auslande so beliebten Demonstrationen mit den einfachsten Hilfsmitteln, wie sie in La Nature und in vielen französischen, englischen und amerikanischen Elementarbüchern angegeben sind, werden in passender Auswahl für gelegentliche Benutzung im Unterricht geeignet sein.

Für den Einzelnen ist es bei den Hunderten von technischen, rein wissenschaftlichen und akademischen Zeitschriften, welche neue chemische Thatsachen bringen, nicht mehr möglich das herauszusuchen, was für den Fortschritt des Unterrichts von Wichtigkeit ist; dieses zu ermitteln und dem Einzelnen zugänglich zu machen, liegt ebenfalls im Bereiche der Ziele dieser Zeitschrift. Übersichten in zusammenhängender wissenschaftlicher Darstellung über die in den letzten Zeiten in Beziehung auf Kenntnis einzelner Körper gemachten Fortschritte werden daher nicht minder zur Förderung des chemischen Unterrichts beitragen als Mitteilungen über besondere Anwendungen chemischer Prozesse in Technik und Industrie; wie denn überhaupt dem Lehrer die fortlaufende Kenntnis der wissenschaftlichen Resultate notwendig ist, um im Zusammenhang mit der Fortentwicklung der Wissenschaft zu bleiben.

Vielfach ist es auch mühsam, Neubestimmungen von Constanten (Löslichkeitsverhältnisse, spezifische Gewichte, Entzündungstemperaturen etc.), die für den Unterricht von Wichtigkeit sind, zu erfahren, und selbst in den Lehrbüchern finden sich ungenaue Zahlen; eine Zusammenstellung solcher Constanten kann nicht unwillkommen sein, ebenso wie praktische Mitteilungen über Verbesserungen bekannter Apparate, bequeme Herstellung mancher Präparate, anschauliche Darstellung älterer Versuche.

Aber alle diese Ziele sind nur zu erreichen, wenn viele an gemeinsamen Werke sich beteiligen; grade für die Erziehung und Heranbildung der Jugend muss das Beste, was die Wissenschaft bietet, benutzt werden, dann erfährt nicht nur der Unterricht an höheren Schulen, sondern der gesamte Unterricht auf allen Stufen Förderung und Erweiterung.

Wenn der naturwissenschaftliche Unterricht in Methode, Inhalt und Ziel mehr und mehr vervollkommenet wird, so werden immer weitere Kreise der Bevölkerung die Natur als den gemeinsamen Boden empfinden und verstehen lernen, auf dem sich unsere jetzige Kultur im Anschluss an das historisch Gewordene neu und nach andrer Richtung hin entwickelt hat.

## Ein neuer Apparat zur Demonstration der Fundamentalversuche der Magnetinduktion.

Von

Prof. Dr. I. Pfandler in Innsbruck.

Auf der Wiesbadener Naturforscher-Versammlung habe ich einen kürzlich von mir konstruierten Apparat vorgezeigt, welcher dazu bestimmt ist, die Induktion elektrischer Ströme bei der Bewegung eines begrenzten linearen Leiters im Felde eines Magneten nachzuweisen. Gewöhnlich werden die Induktionsversuche mit dem Faraday'schen Apparate begonnen, indem man einen Magneten in eine mit Galvanometer verbundene Drahtspule hineinführt. Dies entspricht der historischen, aber nicht der systematischen Reihenfolge der Experimente. Die Wirkung des Magnetfeldes auf eine Drahtspirale ist schon

ein ziemlich komplizierter Fall; selbst die Einwirkung auf einen einzigen kreisförmigen Leiter ist nicht die einfachste Form des Experiments. Der einfachste Fall ist vielmehr die Induktion eines begrenzten geradlinigen Leiters bei seiner Bewegung in einem homogenen magnetischen Felde, wobei zu zeigen ist, dass die elektromotorische Kraft einzig von der Anzahl der in der Zeiteinheit gleichsinnig geschnittenen Kraftlinien abhängt, und dass Länge und Lage des Leiters, Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung nur insoweit Einfluss haben, als durch diese Umstände die Anzahl der geschnittenen Kraftlinien geändert wird. Leider ist ein starkes homogenes magnetisches Feld nicht mit einfachen Mitteln herzustellen, und ich habe es deshalb vorgezogen, das nicht homogene Feld eines Magnetstabes zu benutzen.

Der Apparat hat nun folgende Einrichtung. Auf einer vertikalen Säule (Fig. 1) mit Fussgestell ist mit Scharnierband und Schraube in horizontaler Lage

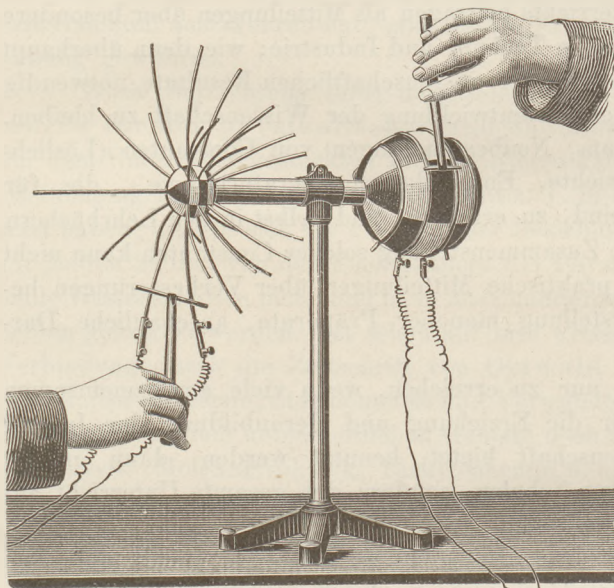


Fig. 1. ( $\frac{1}{10}$  nat. Gr.)

ein starker gerader Magnet mit cylindrischem Querschnitt (ein aus 5 Stäben zusammengesetztes Magazin oder auch ein ebenso geformter Elektromagnet) drehbar und längs der Achse verschiebbar befestigt. Über beide Pole sind hölzerne Fassungen geschoben, welche nahezu die Form von Kugeln haben, in Wirklichkeit aber Niveauflächen vorstellen. Die eine, kleinere Niveaufläche linker Hand trägt eine Anzahl (25) von ihr ausgehender starker Metalldrähte, welche Kraftlinien vorstellen, und deren Anordnung und Verteilung nach dem Vorgange Faraday's und Maxwell's so

beschaffen ist, dass durch sie nicht nur die Richtung der Kraft, sondern durch ihre Frequenz auch die Intensität des Feldes in jedem Punkte dargestellt wird. Die Längen dieser Drahtstücke sind so bemessen, dass ihre äusseren Enden ebenfalls eine weitere Niveaufläche andeuten. Die Niveaufläche des anderen Pols zur rechten Hand ist, wie die zur linken, durch sechs Meridiane und vier Parallelkreise in 30 Felder abgeteilt, so dass die Ecken dieser Felder den Ausgangspunkten der 25 Kraftlinien entsprechen. Denkt man sich daher die Anzahl der Kraftlinien sehr vermehrt, so würde jedes dieser, abwechselnd schwarz und weiss gefärbten Felder je eine gleiche Anzahl, nämlich den 30. Teil sämtlicher Kraftlinien hindurch lassen. Einige der diese Felder begrenzenden Parallelkreise (in Fig. 1 auf der Vorderseite) sowie einige der Meridiane (in Fig. 2 nach Umdrehung der Kugel sichtbar) sind mit dicken, versilberten Kupferdrähten belegt, und es können je zwei benachbarte dieser Drähte mit Drahtleitungen verbunden werden, welche zu einem (in der Figur nicht sichtbaren) empfindlichen Projektionsgalvanometer führen. Ebenso können je zwei benachbarte Kraftliniendrähte in dieser Weise mit dem Galvanometer verbunden werden, wie aus den Figuren zu erschen ist. Der Leiter, dessen Bewegung die elektromotorische Kraft hervorrufen soll, be-

steht aus einem geraden beziehungsweise schwach gekrümmten, kürzeren oder längeren versilberten Kupferdrahtstücke, welches am Ende eines Holzstäbchens befestigt ist. Bei der Bewegung schleift dieser Leiter auf den Drähten, die er überbrückt, und es wird auf diese Weise der in ihm hervorgerufene Strom dem Galvanometer zugeführt.

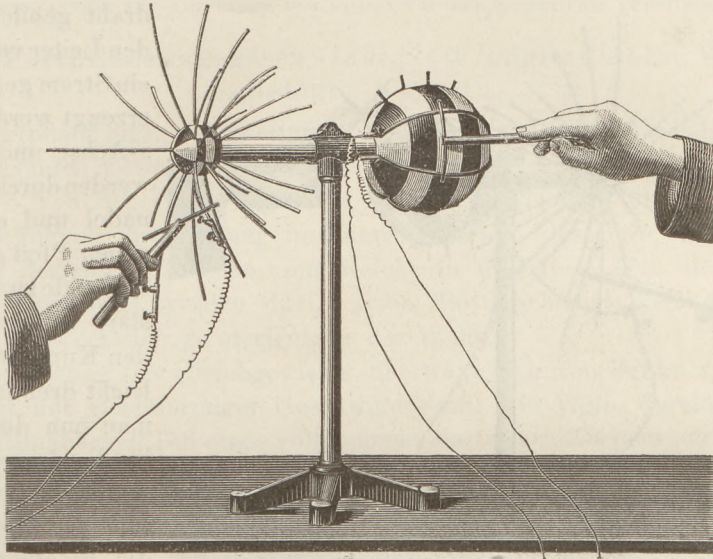


Fig. 2. ( $\frac{1}{10}$  nat. Gr.)

Die Versuche zerfallen in zwei Reihen. Durch die erste Versuchsreihe wird gezeigt, dass kein Strom entsteht, wenn durch den Leiter keine Kraftlinien geschnitten werden. Die Hauptfälle, welche hierbei vorkommen, und auf welche alle anderen zurückgeführt werden können, sind folgende:

- I. Der Leiter bewegt sich auf einer Schnittebene durch die Magnetachse.
  - a) Die Lage des Leiters ist senkrecht auf die Kraftlinien, seine Bewegungsrichtung parallel denselben (Fig. 1, linke Seite);
  - b) die Lage des Leiters ist parallel zu den Kraftlinien, seine Bewegungsrichtung senkrecht zu denselben.
- II. Der Leiter bewegt sich auf der Rotationsfläche einer Kraftlinie.
  - a) Die Lage des Leiters ist senkrecht auf die Kraftlinien, seine Bewegungsrichtung parallel denselben (Fig. 2, linke Seite);
  - b) die Lage des Leiters ist parallel zu den Kraftlinien, seine Bewegungsrichtung senkrecht zu denselben (Fig. 3, linke Seite).

Die Ergänzung des Apparates zur Herstellung des Falles II, b ist aus der linken Seite der Fig. 3 genügend ersichtlich, eine ähnliche, nicht speciell abgebildete Ergänzung ermöglicht den Fall I, b.

In der zweiten Versuchsreihe werden auf der rechten Seite des Apparates solche Bewegungen ausgeführt, durch welche Kraftlinien geschnitten und daher auch Ströme geweckt werden. Wir haben nur die beiden Hauptfälle:

- III. Der Leiter bewegt sich auf einer Niveaufläche.
  - a) Die Lage des Leiters ist senkrecht zu den Parallelkreisen, seine Bewegungsrichtung parallel denselben (Fig. 1, rechte Seite);
  - b) die Lage des Leiters ist senkrecht zu den Meridianen, seine Bewegungsrichtung parallel denselben (Fig. 2, rechte Seite).

Bei beiden Arten von Bewegungen erhält man Ausschläge am Galvanometer. Zur raschen Orientierung über die zusammengehörigen Bewegungs- und Stromrichtungen kann eine einfache in Fig. 3 rechts abgebildete Vorrichtung dienen. Dieselbe stellt eine Art räumliches Coordinatensystem vor. Die  $y$ -Achse wird durch ein in der Hand gehaltenes, am freien Ende zugespitztes Stück Kupferdraht gebildet und stellt

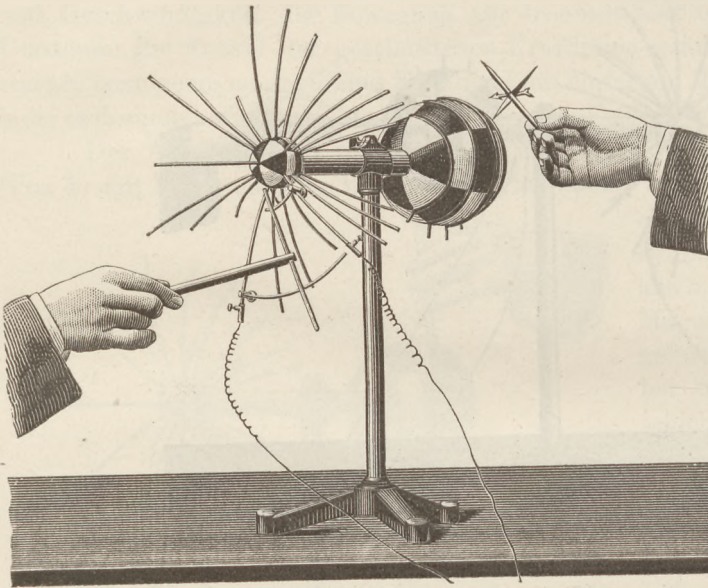


Fig. 3. ( $\frac{1}{10}$  nat. Gr.)

den Leiter vor, in welchem ein Strom gegen die Spitze erzeugt werden soll. Die  $x$ -Achse und die  $z$ -Achse werden durch eine Magnetnadel und einen messingenen Pfeil gebildet, welche beide zu einem Kreuze starr verbunden und um den Kupferstab als Achse leicht drehbar sind. Hält man nun den Kupferstab in die Lage des zu bewegenden Leiters, so stellt sich die Magnetnadel in die Richtung der Kraftlinien und der Pfeil zeigt automatisch die Bewegungsrichtung, welche man dem Leiter geben muss, damit er einen Strom nach der Spitze entwickle.

Diese Versuche können aber auch quantitativ ausgeführt werden, und darauf kam es mir bei der Konstruktion auch besonders an. Da jedes der Felder der Niveaufäche den dreissigsten Teil sämtlicher Kraftlinien hindurch lässt, so wird durch das Überfahren eines jeden dieser Felder eine gleiche Menge Elektrizität in Bewegung gesetzt. Gibt man daher dem Galvanometer nur geringe Dämpfung und führt die Bewegungen relativ rasch aus, so erhält man auch sehr nahe gleiche Ausschläge, welche sich verdoppeln oder verdreifachen, wenn der Leiter 2 oder 3 Felder überschritten hat. Das Galvanometer muss empfindlich, daher stark astasirt sein. Der Widerstand der Windungen sowie der Zuleitungsdrähte darf begreiflich nicht gross sein, man wird also die für Thermoströme bestimmten Drahtspulen anwenden.

An diese Versuche schliessen sich dann solche mit kreisförmigen oder irgendwie anders geformten Leitern an, deren Wirkungsweise sich leicht aus den oben nachgewiesenen Elementarwirkungen ableiten lässt.



## Elementare Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit longitudinaler und transversaler Wellen.

Von

Dr. Paul Kindel in Berlin.

(Nach einem im Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts gehaltenen Vortrage.)

### § 1. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit longitudinaler Wellen in beliebigen Körpern.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit longitudinaler Wellen in beliebigen Körpern soll unter folgenden Voraussetzungen berechnet werden:

1) Jede von der Welle ergriffene Molekel verändert während der ganzen Dauer der Bewegung ihre Stellung im Raum so wenig, dass ihre Verschiebung im Vergleich zu derjenigen Strecke, um welche in derselben Zeit die Welle fortschreitet, vernachlässigt werden darf. Auch die Geschwindigkeit jeder Molekel verschwindet im Vergleich zu derjenigen der Welle.

2) Die Störung des Gleichgewichts überträgt sich von Punkt zu Punkt ohne Energieverlust mit gleichförmiger Geschwindigkeit; die Welle durchschreitet also etwa einen prismatischen Teil eines vollkommen elastischen Körpers parallel der Axe desselben und ohne jede Art von Reibung. Alle Veränderungen, die an irgend einer Stelle (*A*) erfolgen, treten auch an jedem andern Punkte der Welle auf, aber um so später, je weiter in der Richtung der fortschreitenden Welle der betrachtete Punkt von *A* entfernt ist.

Eine mathematische Begründung der Möglichkeit einer solchen Wellenbewegung wird nicht beabsichtigt.

Aus der ersten Voraussetzung folgt, dass alle Molekeln, welche während ihrer Schwingungen jemals denselben Punkt des Raumes erreichen, während der ganzen Wellenbewegung niemals weit von einander getrennt sind. Da sich nun die Wellenbewegung von einer dieser Molekeln sehr schnell auf die andern überträgt, so sind sie stets in nahezu gleichen Schwingungsphasen, und alle Veränderungen, welche während einer beliebigen Zeitdauer eine dieser Molekeln durchmacht, finden gleichzeitig an jeder Stelle des Raumes statt, die von der Molekel durchschritten wird. Es werden darum die Veränderungen im Schwingungszustand irgend einer Molekel als identisch angesehen mit denen, welche an einem der von ihr durchlaufenen Punkte des Raumes gleichzeitig statthaben.

Je zwei Molekeln *a* und *b* haben, weil sie ja congruente Schwingungen ausführen, einen constanten Phasenunterschied. Dasselbe gilt nach der eben gemachten Voraussetzung also auch für die Schwingungen an je zwei festen Stellen des Raumes.

Es seien nun *A* und *B* zwei beliebige Querschnitte des prismatischen Trägers der Welle, ihre Entfernung sei *x*, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle sei *c*. Jeder Schwingungszustand in *A* überträgt sich auf *B* in einer gewissen Zeit  $\tau$ , welche durch die Gleichung:

$$1) \dots \dots \dots x = c\tau$$

bestimmt ist.

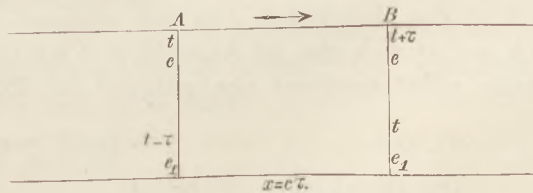


Fig. 1.

In *A* sei in einem beliebigen Augenblick *t* der Druck *e*, die Geschwindigkeit der schwingenden Molekeln *v*, die Dichtigkeit derselben *d*. Derselbe Schwingungszustand *evd* wird in *B* zur Zeit *t* +  $\tau$  angetroffen.

In *A* sei ferner im Augenblick *t* -  $\tau$  der Schwingungszustand *e*<sub>1</sub>, *v*<sub>1</sub>, *d*<sub>1</sub>. Auch dieser hat sich bis *B* während der Zeit  $\tau$ , also bis zum Augenblick *t*, übertragen.

In *A* hat von der Zeit *t* -  $\tau$  bis zur Zeit *t* die Geschwindigkeit um *v* - *v*<sub>1</sub> zugenommen. Dieselbe Änderung erleiden in derselben Zeit alle Molekeln, welche den Querschnitt *A* passieren. Da nun die Beschleunigung einer Molekel definiert ist als das Verhältnis der Geschwindigkeitsvermehrung zur zugehörigen Zeit bei unbeschränkter Abnahme der letzteren, so ist die Beschleunigung  $\varphi$  zur Zeit *t* für die Molekeln in *A*:

$$2) \dots \dots \dots \varphi = \frac{v - v_1}{\tau},$$

vorausgesetzt, dass  $\tau$  und also auch *x* und die Differenzen *e* - *e*<sub>1</sub>, *d* - *d*<sub>1</sub>, *v* - *v*<sub>1</sub> verschwindend klein gedacht sind. Andererseits ist die Beschleunigung das Verhältnis der Kraft zur bewegten Masse. Der unbeschränkt klein zu denkende Raum *AB* enthält, wenn man die Fläche des Querschnitts der Einheit gleichsetzt, das Volumen *x* und zur Zeit *t* die Masse *xδ*, wenn man unter  $\delta$  eine Dichtigkeit zwischen den Dichtigkeiten *d* und *d*<sub>1</sub> versteht.

Die bewegende Kraft ist der Überschuss des Druckes auf den Querschnitt *A* über den auf *B* in der Richtung *AB*, sie ist also im Augenblick *t* gleich *e* - *e*<sub>1</sub>. Somit wird

$$3) \dots \dots \dots \varphi = \frac{e - e_1}{x\delta}.$$

In Folge der Schwingungsbewegung strömen in den Raum *AB* Molekeln hinein und andere aus demselben hinaus. Im Augenblick *t* ist die Geschwindigkeit des Einströmens *v* und die des Ausströmens *v*<sub>1</sub>, so dass im ganzen das Einströmen mit der Geschwindigkeit *v* - *v*<sub>1</sub> erfolgt. Während der Zeit  $\tau$  strömt also das Volumen (*v* - *v*<sub>1</sub>) $\tau$  in den Raum *AB* hinein. Da ferner zur Zeit *t* die ein- und ausströmenden Molekeln die Dichtigkeiten *d* und *d*<sub>1</sub> haben, so vermehrt sich im Raum *AB* während der Zeit  $\tau$  die Masse um (*v* - *v*<sub>1</sub>) $\tau\delta'$  (unter  $\delta'$  ein Wert zwischen *d* und *d*<sub>1</sub> verstanden).

Es ändern sich andererseits die Dichtigkeiten von *d*<sub>1</sub> zu *d*, nämlich im Querschnitt *A* während der Zeit von *t* -  $\tau$  bis *t*, im Querschnitt *B* während der Zeit *t* bis *t* +  $\tau$  und in jedem zwischen *A* und *B* liegenden Querschnitt während einer Zeitdauer  $\tau$ , welche den Augenblick *t* in sich schliesst. Die Dichtigkeit der gesamten Masse *AB* ändert sich also im Augenblick *t* mit der Geschwindigkeit (*d* - *d*<sub>1</sub>): $\tau$ , und die Masse selbst vermehrt sich während der Zeit  $\tau$  um *x*(*d* - *d*<sub>1</sub>). Folglich ist

$$4) \dots \dots \dots (v - v_1)\tau\delta' = x(d - d_1).$$

Die Gleichungen (2) bis (4):

$$\varphi = \frac{v - v_1}{\tau} = \frac{e - e_1}{x\delta} = \frac{x(d - d_1)}{\tau^2 \cdot \delta'}.$$

ergeben durch Elimination von *x* = *cτ*:

$$c^2 = \frac{e - e_1}{d - d_1} \cdot \frac{\delta'}{\delta}.$$

Hierin ist noch  $\delta' : \delta = 1$  zu setzen, weil  $\delta'$  und  $\delta$  ebenso wie *d* und *d*<sub>1</sub> ver-

schwindend wenig von einander verschieden sind. Schliesslich erhält man also:

$$5) \dots\dots\dots c = \sqrt{\frac{e - e_1}{d - d_1}}$$

Diese Formel bestimmt unter den im Anfang gemachten Voraussetzungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer longitudinalen Welle in jedem beliebigen Körper. Es ist unwesentlich, ob die Schwingungen periodisch sind oder nicht.

Die Differenzen  $e - e_1$  und  $d - d_1$  sind verschwindend klein, ihr Verhältnis ist constant in allen Körpern, welche fähig sind, Wellen von der vorausgesetzten Art durch sich zu leiten. Will man dieses Verhältnis durch Grössen, welche der Beobachtung zugänglich sind, ersetzen, so muss man nun die verschiedenen Arten der Körper unterscheiden.

### § 2. Schallgeschwindigkeit in gasförmigen Körpern.

Wären Druck und Dichtigkeit dem Mariotte'schen Gesetz entsprechend direkt proportional, so würde für die Grössen des vorigen § die Gleichung:

$$\frac{e}{d} = \frac{e_1}{d_1} = \frac{e - e_1}{d - d_1}$$

bestehen, und die Schallgeschwindigkeit wäre

$$c = \sqrt{\frac{e}{d}}$$

Newton hatte in der That die Proportionalität von Druck und Dichtigkeit angenommen und darum das letzte Resultat erhalten. Er berechnete nach demselben (*Philos. nat. princ. math. t. II, prop. 50*)  $c = 979$  englische Fuss..

Erst Laplace bemerkte, dass die Annahme von der Proportionalität von Druck und Dichtigkeit unzulässig war. Newton hatte übersehen, dass die in den Schallwellen vorkommenden Condensationen die Temperatur ändern, und dass bei der ausserordentlich geringen Wärmeleitungsfähigkeit der Gase die Temperatur sich nicht mit der der Umgebung ins Gleichgewicht setzen kann. Das Mariotte'sche Gesetz gilt nur, so lange die Temperatur ungeändert bleibt. Für die in einer Schallwelle vorkommenden Druck- und Dichtigkeitsänderungen darf es also nicht angewendet werden.

Die Untersuchung, welche Beziehung zwischen Druck und Dichtigkeit stattfindet, wenn die Veränderungen ohne Wärmeaustausch (adiabatisch) erfolgen, lässt sich elementar folgendermaassen durchführen:

Man denke sich die Gewichtseinheit Gas erwärmt zuerst durch die Wärmemenge  $q$  um  $\tau^0$  bei constantem Volumen, sodann durch  $q_1$  um  $\tau_1^0$  bei constantem Druck. Sind die specifischen Wärmen  $c$  und  $c_1$ , so folgt

$$q = c\tau, \quad q_1 = c_1\tau_1.$$

Druck, Dichtigkeit und Temperatur des Gases seien ursprünglich  $e, d, t$ .

Durch die Wärmemenge  $q$  wird  $d$  nicht geändert, und das Gas in den neuen Zustand  $e_1, d, t + \tau$  gebracht. Durch die Wärmemenge  $q_1$  wird  $e_1$  nicht geändert und das Gas in den Endzustand  $e_1, d_1, t + \tau + \tau_1$  gebracht. Nach den Gesetzen von Mariotte und Gay-Lussac folgt:

$$\frac{e}{d(1 + \alpha t)} = \frac{e_1}{d(1 + \alpha t + \alpha \tau)} = \frac{e_1}{d_1(1 + \alpha t + \alpha \tau + \alpha \tau_1)}$$

und also:

$$1) \dots \dots \dots \frac{e}{1 + \alpha t} = \frac{e_1}{1 + \alpha t + \alpha \tau} = \frac{e_1 - e}{\alpha \tau}$$

$$2) \dots \dots \dots (d - d_1)(1 + \alpha t + \alpha \tau) = d_1 \alpha \tau_1.$$

Durch Elimination von  $1 + \alpha t + \alpha \tau$  erhält man:

$$e_1(d - d_1) = \frac{e_1 - e}{\tau} \cdot d_1 \tau_1 \text{ oder}$$

$$3) \dots \dots \dots \frac{e_1 - e}{d_1 - d} = - \frac{e_1}{d_1} \frac{\tau}{\tau_1}.$$

Die Zustandsänderung von  $e, d, t$  zu  $e_1, d_1, t_1$  geschieht durch eine Wärmezufuhr und eine gleich grosse Wärmeabgabe, wenn  $q + q_1 = 0$ , und also

$$c\tau + c_1\tau_1 = 0, \quad \frac{\tau}{\tau_1} = -k$$

ist. Dem Gebrauch entsprechend ist hier mit  $k$  das Verhältnis der spezifischen Wärmen ( $c_1 : c$ ) bezeichnet. Durch Substitution in die dritte Gleichung erhält man schliesslich:

$$4) \dots \dots \dots \frac{e_1 - e}{d_1 - d} = k \cdot \frac{e_1}{d_1}.$$

Diese Gleichung gilt, wenn ein Gas zuerst bei constantem Volumen, sodann bei constantem Druck unter gleich grosser Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe vom Zustand  $e, d$  in den Zustand  $e_1, d_1$  übergeht. Ist die Reihenfolge umgekehrt, so muss die Gleichung (4) durch folgende ersetzt werden;

$$4a) \dots \dots \dots \frac{e_1 - e}{d_1 - d} = k \cdot \frac{e}{d},$$

denn der Uebergang von  $e_1, d_1$  zu  $e, d$  findet in der umgekehrten Reihenfolge statt, dass nämlich zuerst der Druck und dann das Volumen konstant erhalten wird.

Wenn die Zustandsänderung von  $e, d$  zu  $e_1, d_1$  so gering ist, dass die Werte von  $e/d$  und  $e_1/d_1$  sich nicht wesentlich unterscheiden, so verschwindet der Einfluss jener Reihenfolge. Bei dieser Voraussetzung wird also auch die Gleichung 4 oder 4a bestehen, wenn das Gas von dem Zustand  $e, d$  in den neuen Zustand  $e_1, d_1$  adiabatisch übergeht.

In der für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit longitudinaler Wellen abgeleiteten Formel (5) des vorigen §

$$c = \sqrt{(e - e_1) : (d - d_1)}$$

bedeuten  $e$  und  $e_1$  die Drucke an den Grenzflächen einer verschwindend dünnen Schicht und  $d$  und  $d_1$  die Dichtigkeiten ebendasselbst. Für die verschwindend kleinen Differenzen  $e - e_1$  und  $d - d_1$  gilt also die eben abgeleitete Gleichung (4) oder (4a), und man erhält für die Schallgeschwindigkeit in gasförmigen Körpern:

$$5) \dots \dots \dots c = \sqrt{k \cdot \frac{e}{d}}.$$

### § 3.

Zur numerischen Berechnung der Schallgeschwindigkeit in der Luft muss man den Wert von  $k$  kennen. Derselbe lässt sich sowohl mit Voraussetzung des mechanischen Wärmeäquivalentes, als auch ohne dasselbe elementar bestimmen.

Bei Voraussetzung des mechanischen Wärmeäquivalentes kann man folgendermassen verfahren:

Wenn, wie im vorigen §,  $c$  die spezifische Wärme bei constantem Volumen,  $c_1$  die bei constantem Druck bezeichnet, so ist  $c_1 - c$  diejenige Wärmemenge, durch welche die mit der Ausdehnung verbundene äussere Arbeit geleistet wird, wenn die Gewichtseinheit Gas sich um  $1^\circ$  erwärmt. Diese Ausdehnung beträgt  $v_0\alpha$ , wenn  $v_0$  das Volumen der Gewichtseinheit bei  $0^\circ$  bezeichnet. Während dieser Ausdehnung ist die äussere Arbeit  $ev_0\alpha$  geleistet. Hierzu gehört die Wärmemenge  $ev_0\alpha/424$ . Es ist also  $c_1 - c = ev_0\alpha/424$ , worin  $e = 1,033 \cdot 10^4$  kg (auf 1 qm),  $v_0 = 773/10^3$  cbm, weil 1 kg Luft 773 cbdm füllt,  $\alpha = 1/273$ . Ferner ist nach den Versuchen von Regnault:  $c_1 = 0,2375$ , es ergibt sich also  $c = 0,1685$  und  $k = c_1/c = 1,41$ .

Der Wert von  $k$  lässt sich auch ohne Voraussetzung des mechanischen Wärmeäquivalentes aus den Versuchen von Clement und Desormes folgendermaassen bestimmen: Ein mit einem weiten Hahn versehener Glasballon enthielt mässig verdichtete oder verdünnte Luft von der Temperatur der Umgebung  $t$  im Zustand  $e, d, t$ . Wenn der Hahn etwa  $1/2$  Sekunde geöffnet blieb, so nahm die Luft im Innern den Druck der äussern Luft ( $e_1$ ) an und kam in den Zustand  $e_1, d_1, t_1$ . Da diese Zustandsänderung als adiabatisch und hinreichend klein gelten kann, so darf die Gleichung:

$$\frac{e_1 - e}{d_1 - d} = k \frac{e}{d}$$

benutzt werden. Nach dem Schluss des Hahnes gleicht sich die innere Temperatur  $t_1$  allmählich mit der äussern ( $t$ ) aus. Die Dichtigkeit  $d_1$  bleibt ungeändert, wenn durch die Flüssigkeit im Manometerrohr das ursprüngliche Luftvolumen abgesperrt bleibt. Die Luft im Innern kommt schliesslich in den Zustand  $e_2, d_1, t$  und nach dem Mariotte'schen Gesetz ist

$$\frac{e}{d} = \frac{e_2}{d_1} = \frac{e_2 - e}{d_1 - d}$$

Durch Division erhält man:

$$k = \frac{e_1 - e}{e_2 - e}$$

Die Druckdifferenzen sind leicht zu beobachten.

Gay-Lussac giebt z. B. an (vgl. *Wüllner, Experimentalphysik, III. § 50*):

$$\begin{aligned} e_1 &= 757 \text{ (mm)}, \\ e &= 757 + 16,36, \\ e_2 &= 757 + 4,44. \end{aligned}$$

Hiernach ist:

$$k = \frac{16,36}{11,92} = 1,38$$

Masson hat aus 30 nach dieser Methode angestellten Versuchen  $k = 1,419$  berechnet.

In der Formel für die Schallgeschwindigkeit ist der Factor  $k$  mit  $e/d$  zu multiplizieren.  $e/d$  ist ein Verhältnis zwischen Kraft und Masse, also eine Beschleunigung, nämlich diejenige, welche eine Säule von 1 m Höhe durch den auf ihr lastenden Druck erfährt. Bezeichnet man nach Newton (*Prop. 49*) mit  $A$  die Höhe des homogenen Gases, dessen Gewicht den Druck ersetzt und dessen Dichtigkeit die des gedrückten Gases ist, so ist die Beschleunigung

$$\frac{e}{d} = gA \text{ und } e = \sqrt{kgA}.$$

Für die Temperatur  $0^\circ$  ist  $A_0 = 0,76 \cdot 10517 = 7992,92^m$ , für  $t^\circ$  ist  $A = A_0(1 + \alpha t)$ .

Sind endlich  $c$  und  $c'$  Schallgeschwindigkeiten in der Luft und in einem Gase vom specifischen Gewicht  $s$ , so folgt:

$$c' = \frac{c}{\sqrt{s}}.$$

#### § 4. Andere Ableitungen der Newton'schen Formel.

Newton selbst schliesst folgendermaassen:

Über eine Reihe äquidistanter Punkte  $A, B..$  schreite eine Welle vor. Jeder folgende Punkt wird von der Welle um eine gleiche Zeit nach dem vorangehenden erfasst. Von dieser Zeitdifferenz abgesehen, beschreiben alle Punkte kongruente Bahnen. Diese werden als einfache Pendelbewegungen angenommen. Durch die successiven Verspätungen entstehen Verdichtungen und Verdünnungen; durch diese ändert sich die Elastizität. Die Änderungen der Elastizität sind durch das Mariotte'sche Gesetz bestimmt. Man berechne nun die Differenz der elastischen Kräfte in zwei auf einander folgenden Punkten  $A$  und  $B$ . Diese Differenz ist für die Luftschicht  $AB$  die treibende Kraft. Sie ergiebt sich proportional der Entfernung vom Mittelpunkte der Schwingung. Hierdurch rechtfertigt sich die Annahme der einfach pendelartigen Bewegung. Für die Grösse der treibenden Kraft giebt die Theorie des Pendels einen zweiten Ausdruck.

Nach diesem Gedankengang stellt sich die Rechnung in den gegenwärtig üblichen Formen etwa folgendermassen: Es sei  $AB = x$ , die Verspätung von Punkt zu Punkt sei  $= \tau$ , also  $x = c\tau$ . Die Amplitude der Pendelbewegung sei  $= a$ , die ursprüngliche Entfernung  $x$  ist in irgend einem Zeitpunkt  $t$  geworden zu

$$A_1 B_1 = x + a \left[ \sin \frac{2\pi}{T} (t - \tau) - \sin \frac{2\pi}{T} t \right] = x - \frac{2a\pi\tau}{T} \cos \frac{2\pi t}{T}$$

( $x$  und  $\tau$  verschwind klein gedacht).

Die ursprüngliche Elastizität  $e$  (in  $AB$ ) ist zur Zeit  $t$  in  $A_1 B_1$  zu  $e_1$  geworden, wenn

$$\frac{e_1}{e} = \frac{x}{x - \frac{2a\pi\tau}{T} \cos \frac{2\pi t}{T}} = 1 + \frac{2a\pi}{cT} \cos \frac{2\pi t}{T},$$

vorausgesetzt, dass die Amplitude  $a$  gegen die Wellenlänge  $cT$  verschwindend klein gedacht wird. Die Differenz der Elastizitäten in  $B_1$  und  $A_1$  ist:

$$e'_1 - e_1 = e \cdot \frac{2a\pi}{cT} \left[ \cos \frac{2\pi}{T} (t - \tau) - \cos \frac{2\pi}{T} t \right] = e \cdot \frac{4a\pi^2}{c \cdot T^2} \tau \sin \frac{2\pi t}{T} = e \cdot \frac{4\pi^2}{cT^2} \tau \cdot A A_1.$$

Nach der Pendeltheorie ist aber dieselbe Kraft

$$= \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot xd \cdot A A_1, \text{ also:}$$

$$\frac{e\tau}{c} = xd = c\tau d, \text{ also: } c^2 = \frac{e}{d}.$$

Diese Newton'sche Herleitung ist völlig elementar. Sie macht die Voraussetzung, dass die Luftteilchen einfache Pendelschwingungen ausführen. Da freilich das Resultat von der Schwingungsdauer unabhängig ist, so gilt es auch für beliebig zusammengesetzte Töne. Dies folgt aus dem Fourier'schen Satz. Im Unterricht ist dieser letzte Schluss nicht zu machen, und darum erscheint hier die Newton'sche Entwicklung lückenhaft. Selbstverständlich muss überdies in dem Ausdruck für  $e'_1 - e_1$  der Faktor  $k$  hinzugefügt werden.

Unter den neueren Methoden zur Behandlung unserer Aufgabe ist, so weit mir bekannt, durch Kürze vor allen anderen ausgezeichnet die von Saint-Venant in *Liouville's Journal Bd. XII 1867, S. 355* veröffentlichte und etwa 40 Jahre früher von Babinet (*Comptes rendus, B. 71, 1870*) in seinen Vorträgen benutzte Methode. Hier wird zunächst das Fortschreiten der Compression innerhalb eines prismatischen Körpers betrachtet, welcher durch eine auf eine seiner Endflächen wirkende, constante und gleichmässig verteilte Kraft  $P$  zusammengedrückt wird. In einer kleinen Zeit  $t$  schreitet die Compression eine Strecke  $kt$  vor ( $k$  = Fortpflanzungsgeschwindigkeit), es ist also die Masse  $\rho\omega kt$  bewegt worden, wenn  $\rho$  die Dichtigkeit und  $\omega$  den Querschnitt des Prismas bezeichnet. Alle Querschnitte längs jener Strecke  $kt$  haben dieselbe Geschwindigkeit  $v$ , denn ein constanter Druck  $P$  giebt einer der Zeit proportional wachsenden Masse ( $\rho\omega kt$ ) eine constante Geschwindigkeit  $v$  und, soweit in der Zeit  $t$  die Compression vorgeschritten ist, so weit tritt in der gegenseitigen Entfernung der Querschnitte eine Veränderung nicht mehr ein, es kann also längs der Strecke  $kt$  eine Verschiedenheit der Geschwindigkeiten nicht vorhanden sein. Ist  $j$  die durch den Druck  $P$  hervorbrachte Compression der Längeneinheit und  $E$  der Elastizitätsmodul, so folgt  $P = E\omega j$  und, da jene Strecke  $kt$  die Contraction  $ktj$  erleidet, so hat die Druckfläche während der Zeit  $t$  die Strecke  $ktj$  durchlaufen. Es ist also  $v = kj$ . Endlich ist das durch  $P$  hervorbrachte Bewegungsmoment  $\rho\omega kt \cdot kj$ , also

$$Pt = E\omega jt = \rho\omega kt \cdot kj, \text{ folglich } k = \sqrt{\frac{E}{\rho}}.$$

Diese Methode ist nicht einwurfsfrei. In dem Raum, durch welchen während der Zeit  $t$  die Compression vorschreitet, muss notwendig die Geschwindigkeit der Querschnitte bis Null abnehmen, denn die Trennungsfäche zwischen dem von der Contraction erfassten und dem noch nicht zusammengedrückten Teil hat noch keine Geschwindigkeit. Man müsste also einen plötzlichen Übergang von der Geschwindigkeit 0 zu  $v$  annehmen. Dies aber scheint mir nicht zulässig zu sein.

Auffallend ist übrigens Saint-Venant's Urteil über Newton's Beweis. Dies sei eine „démonstration que son génie seul a comprise“ und eine „démonstration obscure et jugée inacceptable“. Wie mir scheint, genauer als Saint-Venant's Beweis ist der von Rankine. Derselbe ist in Maxwell's „*theory of heat*“ mitgeteilt. Aber hier enthält die Darstellung einige sinntstellende Irrtümer, die auch in den deutschen Übersetzungen unberichtigt geblieben sind. Maxwell verweist auf eine Originalabhandlung Rankine's in „*Phil. Trans. 1869*“. Diese habe ich vergeblich gesucht. Im „*Philosophical magazine and journal of science, t. YXXXIX. 1870, S. 306*“ und in den „*Proceedings of the royal society, Jun 69—70, t. XVIII, S. 80*“ sind übereinstimmende Auszüge aus Rankine's Arbeit mitgeteilt. Gerade die anstössigen Stellen aber, die sich in Maxwell's Darstellung finden, sind in jenen Referaten übergegangen. Die Resultate sind hier sowohl wie dort richtig angegeben. Rankine schliesst etwa folgendermaassen:

Eine longitudinale Welle schreite von links nach rechts, von  $A$  nach  $B$  hin ohne Energieverlust mit der constanten Geschwindigkeit  $U$  vor.  $A$  und  $B$  seien zwei der Einheit gleiche Querschnitte, senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung und fest im Raum liegend. In einem beliebigen Augenblick  $t$  herrscht in  $A$  ein bestimmter Schwingungszustand und zwar sei  $u_1$  die Schwingungsgeschwindigkeit und  $\rho_1$  die Dichtigkeit. In  $B$  seien in demselben Augenblick  $t$  die entsprechenden Grössen  $u_2$  und  $\rho_2$ . Die Gleichgewichtsstörung schreitet in jeder Zeiteinheit um  $U$  nach

rechts vor. Denkt man sich also jede schwingende Molekel mit dieser Geschwindigkeit  $U$  vom Augenblick  $t$  an nach links geschoben, so bleibt in jedem Punkt des Raumes der Schwingungszustand constant, nämlich derjenige, welcher im Augenblick  $t$  in der Welle daselbst vorfand. In  $A$  bleibt die Geschwindigkeit  $U - u_1$  (von rechts nach links) und in  $B: U - u_2$  dauernd erhalten. Da nun durch die hinzugedachte gleichmässige Verschiebung aller Molekeln nach links an ihrer gegenseitigen Lage nichts geändert wird, so müssen in der neuen Bewegung auf jede Molekel dieselben Kräfte wirken, wie in der ursprünglichen Welle. Da ferner bei der neuen Bewegung in jedem Punkte des Raumes die Geschwindigkeit dauernd sich erhält, so fliesst durch einen beliebigen Querschnitt während jeder Zeiteinheit immer dieselbe Menge  $Q$  hindurch und diese Menge  $Q$  ist auch für alle Querschnitte dieselbe, andernfalls würde ja eine unbegrenzte Verdichtung im Träger der Welle eintreten. Es ist also

$$1) \dots \dots \dots Q = (U - u_1) \rho_1 = (U - u_2) \rho_2.$$

Die Bewegungsgrössen (von rechts nach links positiv gezählt) sind in  $A: Q(U - u_1)$  und in  $B: Q(U - u_2)$ . Die erstere übertrifft die zweite um  $Q(u_2 - u_1)$ . Soviel nun die Bewegungsgrösse von  $A$  bis  $B$  abnimmt, so viel muss der Druck auf  $B$  grösser sein als der auf  $A$ , also:

$$2) \dots \dots \dots p_2 - p_1 = Q(u_2 - u_1).$$

In Maxwell's Darstellung sind die Bewegungsgrössen in  $A$  und  $B$  als  $Qu_1$  und  $Qu_2$  angegeben und es ist die obige Differenz  $u_2 - u_1$  irrtümlich mit  $u_1 - u_2$  vertauscht. Überdies werden die Querschnitte  $A$  und  $B$  zuerst mit der Welle bewegt und wie es scheint, zuletzt als fest gedacht. Durch die obige Voraussetzung, dass die Querschnitte  $A$  und  $B$  von vornherein als fest seien, scheint mir das Verständnis erleichtert zu werden.

Aus den Gleichungen 1 und 2 folgt:

$$p_2 - p_1 = Q^2 \left( \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) = \frac{Q^2}{\rho_1 \rho_2} \cdot (\rho_2 - \rho_1) = (U - u_1) (U - u_2) (\rho_2 - \rho_1).$$

Da nun die Grössen  $u$  gegen  $U$  zu vernachlässigen sind, so folgt:

$$p_2 - p_1 = U^2 (\rho_2 - \rho_1) \text{ oder } U = \sqrt{\frac{p_2 - p_1}{\rho_2 - \rho_1}}.$$

Ein auffallender Schluss wird noch am Ende der Maxwell'schen Darstellung gemacht. Es werden nämlich die Gleichungen (1) auf Teile der Substanz „not disturbed by the wave“, in welchen  $u = 0$  ist, angewendet. Dies ist offenbar nicht gestattet, da  $Q$  für diese Teile gar nicht definiert ist.

Rankine's Methode ist durch Eleganz und Schärfe gleich ausgezeichnet. Freilich stellt sie an Vorstellungskraft und Denkfähigkeit nicht geringe Ansprüche. Die Gleichung (2) kann nur durch Summation unendlich vieler Gleichungen' gewonnen werden, deren jede zwei unendlich kleine Differenzen  $p - p_1$  und  $u - u_1$  enthält und sich aus mechanischen Lehrsätzen ergibt, welche das Maass der Kenntnisse unserer Schüler doch im allgemeinen überschreiten dürften. Hiervon abgesehen, verdient Rankine's Methode vor allen übrigen den Vorzug.

§ 5. Fortpflanzungsgeschwindigkeit longitudinaler Wellen in festen und flüssigen Körpern.

Die Längenveränderungen eines elastischen festen oder flüssigen Körpers sind dem ziehenden oder drückenden Gewicht proportional. Die Kraft, welche



die Längeneinheit um  $\xi$  verkürzt, sei  $E\xi$ , bei einer Verlängerung werde die Kraft negativ genommen. Ist nun die an einen Querschnitt  $A$  anstossende Schicht im Verhältnis  $\xi$  und die an den benachbarten Querschnitt  $B$  anstossende Schicht im Verhältnis  $\xi_1$  verkürzt, so wirken auf  $A$  und  $B$  die Druckkräfte:  $e = E\xi$  und  $e_1 = E\xi_1$ , und die Dichtigkeiten in  $A$  und  $B$  sind:

$$d = \frac{\delta}{1 - \xi}, \quad d_1 = \frac{\delta}{1 - \xi_1},$$

wenn mit  $\delta$  die Dichtigkeit im natürlichen Zustand bezeichnet wird. Man findet also für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $c$  der longitudinalen Wellen nach der Formel (5) in § 1:

$$c^2 = \frac{E(\xi - \xi_1)}{\delta \left[ \frac{1}{1 - \xi} - \frac{1}{1 - \xi_1} \right]} = \frac{E}{\delta},$$

weil man  $(1 - \xi)(1 - \xi_1) = 1$  setzen muss.

Bezeichnet man mit  $k$  das Gewicht der Längeneinheit und mit  $g$  die Beschleunigung beim freien Fall, so ist  $k = \delta g$ , also:

$$c^2 = \frac{Eg}{k}.$$

Endlich ist noch  $E/k = 1/\xi_0$ , wenn man unter  $\xi_0$  die Verlängerung der Längeneinheit durch ihr eigenes Gewicht versteht. Schliesslich erhält man also Poisson's Formel:

$$c^2 = \frac{g}{\xi_0}.$$

### § 6. Schwingungszahl einer gespannten Saite.

Eine Saite sei durch ein Gewicht  $p$  geradlinig gespannt. Die Schwerkraft wird im Vergleich zur Spannung vernachlässigt. An irgend einer Stelle werde nun die Saite aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht, jedoch so wenig, dass die Spannung  $p$  nicht merklich geändert wird. Durch die Störung des Gleichgewichts wird in der Saite eine Wellenbewegung hervorgebracht, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit  $c$  bezeichnet werde. In irgend einem Augenblick  $t$  sei ein beliebiger Punkt der Saite  $A$  nach  $A_1$  und ein um  $x$  entfernter Punkt  $B$  nach  $B_1$  transversal verschoben. Denkt man sich in  $A_1$  und  $B_1$  die Tangenten angelegt, so machen dieselben mit der Gleichgewichtslage der Saite gewisse Winkel  $\varphi$  und  $\varphi_1$ . Die Spannung ist nach der Voraussetzung unverändert  $p$ .

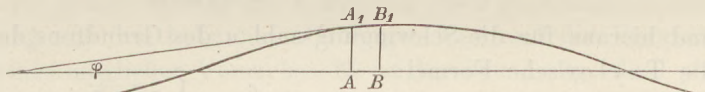


Fig. 2.

Diejenige Spannungskomponente in  $A_1$ , welche die Saite in die Gleichgewichtslage  $A$  zurückzieht, ist  $p \sin \varphi$  oder, da  $\varphi$  ein sehr kleiner Winkel ist:  $p\varphi$ . Die Spannungen in  $A_1$  und  $B_1$  sind entgegengesetzt gerichtet, die Komponente in  $B_1$ , nämlich  $p\varphi_1$ , wirkt also der vorigen gerade entgegen. Auf das Stück  $A_1B_1$  der Saite wirkt also in einer Richtung senkrecht zur Gleichgewichtslage die Kraft  $p(\varphi_1 - \varphi)$ . Die in  $A_1B_1$  enthaltene Masse ist  $xd$ , wenn  $AB = x$  gesetzt und unter  $d$  die Masse der Längeneinheit verstanden wird. Von der bei der Schwingung eintretenden Elongation muss abgesehen werden, da die Spannung als unveränderlich vorausgesetzt wurde. Das Stück  $A_1B_1$  hat also die Beschleunigung  $p(\varphi_1 - \varphi)/xd$ . Die Welle schreite von  $A$  nach  $B$  in der Zeit  $\tau$  vor, es ist also:  $x = c\tau$ .

$\varphi$  und  $\varphi_1$  sind die Winkel der Tangenten in  $A$  und in  $B$  zur Zeit  $t$ , oder auch die Winkel der Tangenten nur in  $A$ , aber zu zwei um  $\tau$  getrennten Augenblicken. Die Geschwindigkeit des Punktes  $A$  verändert sich in der Zeit  $\tau$  um:

$$\frac{p(\varphi_1 - \varphi)}{xd} \tau = \frac{p(\varphi_1 - \varphi)}{cd}.$$

Die Geschwindigkeitsänderung in  $A$  während der Zeit  $\tau$  ist also proportional mit der Richtungsänderung der Saite in  $A$ . Die Geschwindigkeitsvermehrung in  $A$  während einer beliebigen Zeit erhält man, indem man  $p/cd$  mit der zugehörigen Richtungsänderung multipliziert. In dem Augenblick, wo sich  $A$  in seiner grössten Verschiebung befindet, ist  $\varphi = 0$  und auch die Geschwindigkeit  $= 0$ ; allgemein ist also die Geschwindigkeit  $v$  durch die Gleichung:

$$v = \frac{p\varphi}{cd}$$

bestimmt.

Die Differenz zwischen den Verschiebungen der Punkte  $A$  und  $B$  beträgt im Augenblick  $t$ :  $xtg\varphi$  oder  $x\varphi$ . Dieselbe Differenz haben die Verschiebungen des Punktes  $A$  in den Augenblicken  $t$  und  $t - \tau$ . Derselbe hat also die Strecke  $x\varphi$  mit der Geschwindigkeit  $v$  in der Zeit  $\tau$  durchlaufen, so dass man erhält  $v\tau = x\varphi$  oder

$$2) \dots \dots \dots v = c\varphi.$$

Die Gleichungen (1) und (2):

$$v = \frac{p\varphi}{cd} = c\varphi$$

ergeben:

$$3) \dots \dots \dots c = \sqrt{\frac{p}{d}},$$

oder, wenn man mit  $k$  das Gewicht der Längeneinheit bezeichnet:

$$c = \sqrt{\frac{g \cdot p}{k}}.$$

$p/k$  bedeutet diejenige Länge der Saite, deren Gewicht der Spannung  $p$  gleich ist. Diese Länge sei  $L$ . Man erhält also schliesslich:

$$c = \sqrt{g \cdot L}$$

und hieraus für die Schwingungszahl  $n$  des Grundtons der Saite von der Länge  $L$  die Taylor'sche Formel:

$$n = \frac{c}{2l} = \frac{1}{2l} \sqrt{g \cdot L}.$$

## Physikalische Aufgaben.

Von

M. Koppe in Berlin.

In der Physik ist es einerseits nötig, die Thatsachen genau zu erfassen, andererseits ihren Zusammenhang, d. h. ihre Unterordnung unter gewisse Gesetze, klar zu übersehen. Ein Prüfstein für die Erfüllung der ersten Forderung besteht in klarer, sachgemässer Beschreibung, für die der zweiten in der Fähigkeit, aus bekannten Merkmalen eines Vorgangs auf andere notwendig sie begleitende zu schliessen.

Dementsprechend ist das physikalische Können des Schülers nach zwei Richtungen hin durch Übungen zu fördern, welche Stoff zu Aufgaben bieten.

Was die erste Art betrifft, so eignet sich zu schriftlichen Ausarbeitungen die Beschreibung von Apparaten und qualitativen Versuchen, allerdings nur dann, wenn dieselben im Lehrbuch fehlen, da sonst die willige Anlehnung an gedruckte Autorität es schwer zu einer selbständigen Leistung kommen lässt. Dagegen bieten alle quantitativen Versuche, welche zur Ableitung der im Lehrbuch dogmatisch angegebenen Gesetze und Constanten unerlässlich sind, reichlichen Stoff. Es gehört hierher die Bestimmung des specifischen Gewichts, die Bestimmung von  $g$  durch Pendelbeobachtungen, der specifischen und latenten Wärme aus Mischungsversuchen, der Ausdehnungscoefficienten, des Reduktionsfaktors der Tangentenbussole, der elektromotorischen Kraft und des galvanischen Widerstandes, ferner die Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones nach verschiedenen Methoden, der Wellenlänge des Lichts, die Bestimmung der geographischen Breite, die Zeitbestimmung mit dem Sextanten u. s. w. Wer sich hier auf blosse Rechenaufgaben beschränkt, bei denen die Daten nicht gemessen, sondern willkürlich gewählt sind, verleitet den Schüler dazu, die Ausrechnung für das Wesentliche zu halten und sich die Genauigkeit der vorkommenden Zahlen als unbegrenzt vorzustellen. In ähnlicher Weise erscheint die Trigonometrie, die durch Benutzung der Tafeln den rein theoretischen Boden verlässt, dem Schüler in einem ganz falschen Licht, wenn er sie nur zu Berechnungen aus erdachten Daten verwendet. Ein natürliches Interesse kann nur erwartet werden, wenn man auch im Unterricht von den Gesichtspunkten ausgeht, welche zur Entwicklung der Wissenschaft geführt haben. Es soll indess nicht bestritten werden, dass zur Einübung der an einen Versuch sich schliessenden Rechenaufgaben und zur Erläuterung eines Gesetzes einige Beispiele mit anderen als den experimentell gefundenen Zahlen von Nutzen sind. Die oben angeführten Aufgaben geben auch Gelegenheit, die Reduktionen, z. B. eines Gasvolumens oder einer Wägung, zu besprechen, doch wird eine mässige Zahl von numerischen Beispielen genügen, da sich neue physikalische Gesichtspunkte dabei nicht ergeben.

Die zweite Art physikalischer Aufgaben verlangt eine produktive Thätigkeit und hat solche Schlüsse geläufig zu machen, wie sie bei physikalischen Untersuchungen vorkommen. Es gehört hierher die Erklärung einer zusammengesetzten physikalischen Erscheinung aus den bekannten Grundgesetzen und die Vorausbestimmung des Resultats eines möglichen Versuchs. Es ist durchaus nötig, dass physikalische Begriffe wesentlich an der Lösung der Aufgabe beteiligt sind, während die grössere oder geringere Schwierigkeit der etwa erforderlichen mathematischen Rechnungen gar nicht ins Gewicht fällt. Aufgaben, in denen nur die Bestimmung des mathematisch definierten Schwerpunkts oder Trägheitsmoments für complizierte Körper gefordert wird, sind höchstens von Nutzen für die Einübung der mathematischen Theorie der Reihen höherer Ordnung, deren umständliche Anwendung man gerade durch physikalische Betrachtungen häufig vermeiden kann. Aus einer wirklich physikalischen Aufgabe müsste der Begriff des Trägheitsmoments nach seiner wahren physikalischen Definition hervorgehen, und es wäre dann für das Wesen der Sache gleichgiltig, ob man es mit einem stetigen Körper oder etwa nur zwei distincten Massenpunkten zu thun hätte.

Die Aufgaben sollten so gewählt werden, dass sie ohne specielle Anweisungen lösbar sind. Eine etwaige Vorbereitung darf wenigstens nicht soweit gehen, dass dadurch das physikalische Denken des Schülers unnötig gemacht wird. Fügt man

der Aufgabe über die Kraft, mit der die Magdeburger Halbkugeln einer Trennung widerstehen, die Anleitung hinzu, dass der Luftdruck für die gemeinsame Grundfläche zu berechnen ist, so stellt man die physikalische Seite des Problems ausser Diskussion. In einer Aufgabensammlung findet sich bei einer Frage über das konische Pendel die falsche Anleitung, dass man in dem Ausdrucke für die Schwingkraft als Radius die Pendellänge zu nehmen hat. Der Schüler erhält als Lohn für die Befolgung dieser Vorschrift ein mit den Auflösungen übereinstimmendes Resultat.

Auch die Angabe von Constanten kann zu einer unzulässigen Beeinflussung führen, insofern dadurch dem Schüler ein spezieller Weg der Lösung vorgezeichnet wird. Gibt man überdies in jeder neuen Aufgabe für die Constanten einen neuen Wert von übertriebener oder unmöglicher Genauigkeit an, so wird dadurch ihre fundamentale Bedeutung verwischt, sie erscheinen als willkürliche Daten. Am besten überlässt man es dem Schüler, sich die Constanten, soweit sie noch nicht im Gedächtnis haften, im Lehrbuch aufzusuchen. Er wird so zugleich wieder an die Art ihrer Ermittlung erinnert.

Endlich erfordert die Fassung der Aufgaben besondere Sorgfalt, da sonst leicht das Einschleichen fehlerhafter Vorstellungen begünstigt wird, z. B. wenn man eine Aufgabe über eine auf der schiefen Ebene rollende Kugel stellt, um sie mittelst der Formeln für die gleitende Bewegung lösen zu lassen.

Durch die vorhandenen Sammlungen wird das Bedürfnis nach physikalischen Aufgaben der zweiten Art nicht ausreichend befriedigt. Besonders fehlt es auch noch an solchen, in denen verschiedene Gebiete der Physik organisch mit einander verknüpft wären, während eine lockere Verbindung vieler an einander gereihter Fragen häufig vorkommt. Es ist daher wünschenswert, dass Aufgaben der bezeichneten Art durch Veröffentlichung an dieser Stelle der allgemeineren Benutzung zugänglich gemacht werden. Den Anfang dazu sollen die nachstehenden Aufgaben bilden, denen kurze Lösungs-Andeutungen beigelegt sind.<sup>1)</sup>

1. Drei enge vertikale Röhren von gleichem Querschnitt sind durch eine obere und eine untere horizontale Röhre so verbunden, dass ein vollständig geschlossener Hohlraum entsteht, der bis zu einer gewissen Höhe der vertikalen Röhren mit Wasser gefüllt sei. Wie ändert sich das Niveau, wenn dieses System um die Achse der mittleren Röhre, die von den äusseren gleichen Abstand  $r$  habe, mit der Winkelgeschwindigkeit  $\vartheta$  rotiert? —

Denkt man sich, dass im Innern eines grossen mit Wasser gefüllten Gefässes, während es um eine vertikale Achse mit gleichförmiger Geschwindigkeit rotiert, die den oben beschriebenen Hohlraum begrenzenden Wände entstehen, so ist klar, dass das Wasser innerhalb jeder Röhre so hoch wie aussen steht, dass also die Punkte, bis zu denen es die Röhren erfüllt, der Niveaufäche angehören, die hier ein Rotations-Paraboloid vom Parameter  $p = g/\vartheta^2$  ist. Steigt daher das Wasser in jedem äusseren Rohre um die Strecke  $u$  über das ursprüngliche Niveau, wodurch im mittelsten ein Fallen um  $2u$  veranlasst wird, so besteht die Gleichung  $y^2 = 2px$  für  $x = 3u$ ,  $y = r$ , woraus schliesslich folgt

$$u = r^2 \vartheta^2 / 6g.$$

2. In einem zum Teil mit Wasser gefüllten Gefässe schwimme stabil ein Holzcyylinder vom specifischen Gewicht  $s = 2/3$ , dem Radius  $r = 3$  cm, der Höhe

<sup>1)</sup> Um Einsendung weiterer Aufgaben behufs einer regelmässigen Zusammenstellung bittet  
d. Herausgbr.

$h=3$  cm, so dass seine Grundflächen horizontal sind. Versetzt man das Gefäß in Rotation um eine vertikale Achse, so begiebt sich der Schwimmer nach der Mitte und taucht tiefer ein. Bei welcher Winkel-Geschwindigkeit  $\vartheta$  wird er bis zum obern Rande eintauchen? —

Nach dem Archimedischen Prinzip ist die Masse des Schwimmers gleich der des von ihm verdrängten Wassers. Letztere ist aber oben nicht durch die ebene Grundfläche des Cylinders, sondern durch die Fortsetzung der Niveaufläche zu begrenzen, die ein Rotations-Paraboloid vom Parameter  $p=g/\vartheta^2$  ist. Der Scheitelpunkt desselben liege um die Strecke  $x$  unterhalb der obern Endfläche des Schwimmers. Dann hat man, da ein Rotationsparaboloid gleich einem Kreiscylinder von gleicher Grundfläche, aber halber Höhe ist,

$$h - \frac{x}{2} = h \cdot s.$$

Hieraus folgt  $x$ , dann ist zufolge der Gleichung der Parabel, die durch den Rand des Schwimmers hindurchgeht,

$$r^2 = 2px$$

woraus sich  $p$  ergibt, und endlich

$$\vartheta^2 = 4gh/(1-s)r^2.$$

3. Ein cylindrisches Gefäß vom Radius  $R$  ist bis zur Höhe  $H$  mit Wasser gefüllt, auf welchem ein Holzcylander vom Radius  $r$ , der Höhe  $h$ , dem specifischen Gewichte  $s$  schwimmt. Um wieviel senkt sich der Schwimmer, wenn man das Gefäß mit der Winkelgeschwindigkeit  $\vartheta$  um seine Achse rotieren lässt? —

Man denke sich die Niveaufläche der rotierenden Flüssigkeit in das Innere des schwimmenden Cylinders fortgesetzt, und lege durch den Scheitelpunkt des Paraboloides eine horizontale Ebene. Diese habe vom Boden des Gefäßes den Abstand  $Z$ , von dem höchsten Punkte, bis zu dem das Wasser gestiegen ist, die Entfernung  $X$ . Entsprechend sei dieselbe Ebene vom Boden des Schwimmers um  $z$ , von dem Punkte, bis zu dem ihn das Wasser benetzt, um  $x$  entfernt. Dann ist

$$p = g/\vartheta^2, \quad R^2 = 2pX, \quad r^2 = 2px,$$

woraus  $x$  und  $X$  bekannt sind.

Das Volumen der von dem Schwimmer verdrängten Flüssigkeitsmasse ist das eines Cylinders von gleichem Querschnitt und der Höhe  $z + x/2$ , so dass nach dem Archimedischen Prinzip

$$z + \frac{x}{2} = h \cdot s.$$

Ersetzt man den Schwimmer durch die äquivalente Wassermasse, so wird das Gefäß ursprünglich bis zur Höhe  $H$  vom Wasser eingenommen, während bei der Rotation die paraboloidisch begrenzte Wassermasse einem Cylinder von der Höhe  $Z + X/2$  an Volumen gleichkommt, daher ist

$$Z + \frac{X}{2} = H.$$

Die untere Grenzfläche des Schwimmers hat vom Boden des Gefäßes den Abstand

$$Z - z = H - hs - \frac{1}{2}(X - x) = H - hs - \vartheta^2(R^2 - r^2)/4g.$$

Die durch die Rotation bewirkte Senkung des Schwimmers beläuft sich also auf

$$\vartheta^2(R^2 - r^2)/4g.$$

4. Welches ist die Siedetemperatur des Wassers in der Höhe des Montblanc (4810 m)? —

Ausser der barometrischen Höhenformel ( $h = 18400 \log B/b$ ) wird hier noch die Abhängigkeit der Spannkraft gesättigten Wasserdampfes ( $p$ ) von der Temperatur ( $t$ ) vorausgesetzt. Diese wird gewöhnlich durch Tabellen, seltener durch Formeln mit vielziffrigen Constanten für begrenzte Temperatur-Intervalle ausgedrückt. Die Tabellen ergeben, dass nahezu für

$t = 49^\circ$	$64^\circ$	$81^\circ$	$100^\circ$	$121^\circ$	$144^\circ$	$169^\circ$	$196^\circ$ (Celsius):
$p = 1/8$	$1/4$	$1/2$	1	2	4	8	16 (Atmosphären),

welche Reihe durch die Gleichungen  $t = (10 + n)^2$ ,  $\mu = 2''$  ersetzt und dadurch auch auf Zwischenwerte ausgedehnt werden kann. Für Temperaturen unter  $40^\circ$  wird dieses einfache und leicht im Gedächtnis festzuhaltende Gesetz ungenau und schliesslich unmöglich, so dass es in dieselbe Kategorie wie das Bode'sche Gesetz über den Abstand der Planeten gehört.

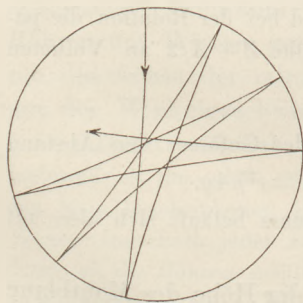
## Das Foucault'sche Pendel.

Von M. Koppe in Berlin.

(Ergänzung des Aufsatzes im ersten Heft.)

Über das Foucault'sche Pendel sind in der jüngsten Zeit zwei Arbeiten erschienen, eine experimentelle von P. Czermak und R. Hiecke<sup>1)</sup>, eine theoretische von Weihrauch<sup>2)</sup>, die erst nach dem Erscheinen des ersten Heftes zur Kenntnis des Verfassers gelangten.

Die in der ersten beschriebenen Versuche wurden, bei einer Pendellänge von 13 m, mit einer 30 kg schweren Pendelkugel angestellt, welche mit einer elektrisch auszulösenden und anzuhaltenden Schreibvorrichtung versehen war. Ein Strom, der durch die bügelförmige Aufhängung und den Pendelfaden zugeleitet, durch einen dem letzteren parallelen dünnen Draht in eine über dem Aufhängepunkt schwebende Quecksilberschale zurückgeleitet wurde, diente dazu, durch elektromagnetische Anziehung eines Ankers die Zeichenfeder, eine unter der Pendelkugel hängende mit Anilintinte gefüllte Capillarröhre, zu heben oder zu senken. Es zeigte sich, dass nach zwei auf einander senkrechten Hauptrichtungen die Schwingungen längere Zeit geradlinig blieben, zu jeder Seite einer solchen bald in Ellipsen von entgegengesetzter Umlaufsrichtung übergangen. Die hiernach vorhandenen störenden Einflüsse wurden dadurch compensiert, dass man die Pendelschwingungen nacheinander aus zwölf, je um  $15^\circ$  verschiedenen, Azimuten beginnen liess, bei der ersten und letzten Schwingung jedes 15<sup>min</sup> währenden Versuches wurde die Schreibvorrichtung in Thätigkeit gesetzt, und die stündliche Drehung der Pendelebene als Mittel der Einzelwerte berechnet. Das Resultat eines vollständigen, fünf Stunden dauernden Versuchs stimmte bis auf 0,04 mit dem theoretischen Werte ( $11^\circ 1'$  für Graz) überein, während die Teil-Versuche bis 0,7 davon abwichen. Dasselbe Pendel wurde zur vollständigen Aufzeichnung Lissajous'scher Figuren benutzt, es war dazu auf 4 m verkürzt und an einer horizontalen elastischen Stahllamelle aufgehängt worden, durch deren Einfluss die Schwingungsdauer von der Schwingungsrichtung erheblich abhängig wurde. Endlich wurde bei noch geringerer Länge die Axendrehung der elliptischen Bahn eines sphärischen Pendels damit nachgewiesen. Auf den der Abhandlung beigelegten 6 Tafeln finden sich viele Copien der von dem Pendel gezeichneten Curven von ausserordentlicher Regelmässigkeit.



Die Arbeit von Weihrauch behandelt die relative Bahn eines — wie wir voraussetzen können — am Pole aufgehängten mathematischen Pendels und gelangt zu einem andern Resultat als dem in Heft I mitgeteilten, nämlich einer Curve von beistehender Gestalt. Dabei ist angenommen, dass das Pendel seine Bewegung aus der grössten Elongation ohne Anfangsgeschwindigkeit beginnt, nicht wie bei uns in Folge eines Stosses aus der Mitte. Es lässt sich leicht zeigen, dass die Bahn in beiden Fällen zu den Hypocykloiden gehört. Rollt in einer horizontalen Ebene ein Kreis mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf der innern Peripherie eines andern von

1) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-phys. Classe, Bd. 91, 1002—1012.

2) Exner's Repert. d. Physik, Bd. XXII.

doppeltem Radius, so beschreibt bekanntlich jeder Punkt seines Umfanges oder seiner Ebene eine geradlinige oder elliptische Bahn nach denselben Gesetzen wie ein Pendel. Soll die einfache Schwingungsdauer  $= t$  sein, so muss der rollende Kreis während der Zeit  $2t$  zum Ausgangspunkt zurückkehren, und da er in dieser Zeit auch wieder dieselbe Orientierung bezüglich der Grundebene erhält, so ist seine Winkelgeschwindigkeit um den augenblicklichen Berührungspunkt  $= \theta = \pi/t$ . Hierdurch wird die absolute Bewegung eines Pendels dargestellt, wie sie sich auf eine feste an der Erdrotation nicht teilnehmende Ebene projiziert. Man erhält daraus die relative Bahn, wenn man während der Entstehung der Hypocykloide die Grundebene im Sinne des Uhrzeigers mit der Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation  $= \vartheta$  rotieren lässt. Die Bewegung des rollenden Kreises in Bezug auf die Erdoberfläche resultiert dann daraus, dass er erstens um den augenblicklichen Berührungspunkt  $A$  mit der Winkelgeschwindigkeit  $\theta$ , und dass er nun noch zweitens samt dem grossen Kreise um dessen Mittelpunkt  $P$  mit der geringen Geschwindigkeit  $\vartheta$  rotiert. Aus diesen Componenten ergibt sich in jedem Augenblick eine Rotation von der Geschwindigkeit  $(\theta + \vartheta)$  um einen Punkt  $B$ , welcher als Schwerpunkt der Massen  $\theta$  in  $P$  und  $\vartheta$  in  $A$  gefunden wird. Wir wollen dabei annehmen, dass der Sinn der Rotationen  $\theta$  und  $\vartheta$  derselbe ist. Dies ist gestattet, weil man für  $\theta$  die Wahl zwischen zwei entgegengesetzten Werten hat, je nachdem man die — im allgemeinen elliptische — Pendelbahn durch einen Punkt der inneren oder äusseren Ebene eines rollenden Kreises beschreiben lässt. Werden nun statt der bisher betrachteten beiden Kreise zwei ihnen concentrische construiert, deren Peripherien durch  $B$  hindurchgehen, so sind dies die Örter der augenblicklichen Drehungspole für die relative Bewegung, die durch das Abrollen des kleineren Kreises im grösseren herbeigeführt werden kann. Der Durchmesser des ersteren ist um die kleine Strecke  $AB$  kleiner als der Radius des andern. Wird das Pendel durch einen Stoss aus der Mitte in Bewegung gesetzt, so hat der die Bahn beschreibende Punkt die Anfangslage  $P$ , liegt also in der erweiterten Ebene des rollenden Kreises. Wird die Bewegung durch Abbremsen eines Fadens erzeugt, so hat das Pendel die relative Anfangsgeschwindigkeit 0, der beschreibende Punkt kann daher nur den Berührungspunkt  $B$  zur Anfangslage haben, er ist also auf dem Umfange des rollenden Kreises anzunehmen.

Betrachtet man als Schwingungsdauer des Foucault'schen Pendels die Zeit zwischen zwei grössten Elongationen, so folgt aus dem obigen, dass diese durch die Erdrotation nicht beeinflusst wird. Das von Weilhauch gefundene dem Quadrat von  $\vartheta$  proportionale Glied fällt fort, wenn in den Differenzialgleichungen ausser der Coriolis'schen Kraft auch die Schwerkraft,  $r\vartheta^2$ , berücksichtigt wird, oder, da man diese gewöhnlich zur Schwerkraft zieht, wenn man auf die Änderung der letzteren von einem Punkt der Pendelbahn zum andern Rücksicht nimmt.

Die betrachteten Curven kommen noch bei einem andern Problem vor. Wird von einem Punkte der Erdoberfläche eine Kugel horizontal mit solcher Geschwindigkeit abgeschossen, dass sie sich nach Art eines Mondes in einer Kreisbahn um den Erdmittelpunkt bewegt, so ist die relative Bahn derselben keine geschlossene in sich zurücklaufende Linie, vielmehr projiziert sie sich auf die Ebene des Äquators als Hypocykloide. Da die für die Kugel erforderliche absolute Geschwindigkeit 17 mal so gross ist als die eines Punktes am Äquator, so muss man den beschreibenden Punkt in der Ebene oder auf dem Umfang eines Kreises vom Durchmesser 16 annehmen, der innerhalb eines andern Kreises vom Radius 17 rollt.

## Robert Gustav Kirchhoff.

† am 17. October 1887 zu Berlin.

In ROBERT GUSTAV KIRCHHOFF hat die deutsche Wissenschaft einen Forscher von genialster Eigenart verloren. In seinem Geiste war die Kraft abstraktesten Denkens mit der Gabe intuitiver Durchdringung der Wirklichkeit vereinigt. Sein klarer Blick vermochte die Elementar-Thatsachen zu erfassen, welche das Wesen der verwickelteren Erscheinungen ausmachen, und deren Zugrundelegung erst eine erfolgreiche analytische Behandlung der Probleme ermöglicht. Darum war seine Forschungsweise unnachahmlich, seine Entdeckungen vielmehr den Erzeugnissen wahrhaft künstlerischen Schaffens vergleichbar.

Eine der frühesten Arbeiten KIRCHHOFF's, „Über das Gleichgewicht und die Bewegung einer elastischen Scheibe“ (1850), liefert ein deutliches Zeugnis von seiner Art des Forschens. Sophie Germain hatte eine Hypothese ‚ersonnen‘ und daraus Rechnungen hergeleitet, deren Resultate mit der Erfahrung anscheinend übereinstimmten. KIRCHHOFF zeigte, dass diese Übereinstimmung nur ‚zufällig‘ war, da sich aus jener Hypothese Folgerungen ziehen liessen, die mit der Wirklichkeit im Widerspruch standen. Im Gegensatz dazu gründete er seine Weiterbildung der Poisson'schen Theorie auf zwei ‚Annahmen‘, die er als Ergebnisse des Experiments bezeichnete, und deren Benutzung zu einer ‚ausgezeichneten‘ Übereinstimmung mit der Wirklichkeit führte. Weitere besonders bemerkenswerte Beispiele von der Kunst KIRCHHOFF's, die Voraussetzungen für die Behandlung eines Problems zutreffend festzustellen, bieten die Abhandlungen „Über die Ableitung des Ohm'schen Gesetzes“ (1849), „Über die Bewegung der Elektrizität in Drähten“ (1857) und „Zur Theorie der Entladung einer Leydener Flasche“ (1864). In allen Fällen waren die Sätze, welche KIRCHHOFF seiner Untersuchung als Annahmen voranstellte, der Ausdruck einer tieferen Einsicht in die Natur der Erscheinungen.

Die bekannteste und zugleich die glänzendste Leistung KIRCHHOFF's aber ist die Spectralanalyse. Dachte doch die kühnste Phantasie nicht an die Möglichkeit, jemals etwas über die chemische Natur der Himmelskörper in Erfahrung zu bringen. Selbst ein so exakter Denker wie Auguste Comte hatte (im Jahre 1829) nicht Anstand genommen zu versichern, dass wir durch kein Mittel je in den Stand gesetzt werden könnten, die chemische Konstitution oder die mineralogische Struktur jener Körper zu studieren. Dem gegenüber bedeuten die beiden kurzen Aufsätze KIRCHHOFF's „Über die Fraunhofer'schen Linien“ und „Über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme“, die in den Monatsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Berlin (im October und Dezember 1859) veröffentlicht wurden, eine That, welche eine neue Epoche in der Erkenntnis des Weltalls eröffnete. Ihnen folgte (1860) die gemeinsam mit Robert Bunsen verfasste Abhandlung „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen“ (Poggendorff's Annalen C X), endlich (1862) die klassischen „Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectra der chemischen Elemente“. Das Verdienst der KIRCHHOFF'schen Entdeckung liegt nicht sowohl in der Bemerkung einer frappanten Analogie oder eines erfahrungsmässigen Zusammenhanges zwischen Flammenfärbung und chemischer Constitution, als vielmehr in der wahrhaft bewundernswerten theoretischen Begründung jener Analogie und dieses Zusammenhanges. Es war ein Erstaunliches, wie aus bloss gedanklich ausführbaren Versuchen mit Objecten des zerlegenden Denkens, die in keiner Wirklichkeit rein anzutreffen sind, Folgerungen gezogen wurden, die von unmittelbarster Gültigkeit für das thatsächliche Geschehen sich erwiesen. Diese Leistung bildet den Triumph und die höchste Bewährung der KIRCHHOFF'schen Methode.

Die Forschungen KIRCHHOFF's erstrecken sich über das ganze weite Gebiet der Physik; sie sind (1880) in den „Gesammelten Abhandlungen“ zu einem Bande vereinigt worden. Diesen reihen sich vier weitere Aufsätze an, die von 1881 bis 1885 in den Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften erschienen sind. Ein wertvolles



Vermächtnis endlich sind die erst zu einem Teil veröffentlichten „Vorlesungen über mathematische Physik“, die in ihrer meisterhaften Darstellungsform ein Grundbuch des physikalischen Studiums bleiben werden.

KIRCHHOFF war am 12. März 1824 zu Königsberg geboren, hatte sich 1847 in Berlin habilitiert, war 1850 als ausserordentlicher Professor nach Breslau und 1854 als ordentlicher Professor nach Heidelberg berufen worden. Seit 1875 gehörte er der Berliner Universität an. Seine Lehrthätigkeit war in ihrem theoretischen Teil durch grösste Deutlichkeit und Schärfe, in ihrem experimentellen Teil durch äusserste Sorgfalt und Genauigkeit ausgezeichnet; in den praktischen Übungen, die er in Heidelberg allsommerlich leitete, wusste er jeden Einzelnen auf das liebevollste zu fördern; wenn es vergönnt gewesen ist, ihm persönlich nahe zu treten, dem ist ein unvergesslicher Eindruck geworden von edelster Güte, klarster Besonnenheit, unbedingter Wahrhaftigkeit des Forschens und des Empfindens.

Fritz Poske.

### Kleine Mitteilungen.

#### Ein Versuch über die Fliehkraft.

Von Prof. A. Handl in Czernowitz.

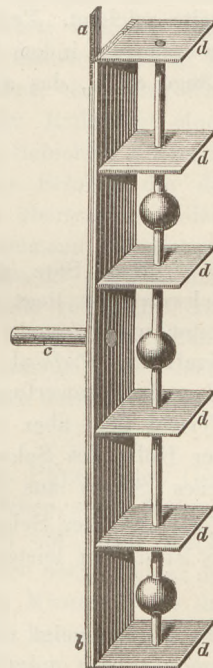
Aus der Formel  $f = 4\pi^2 m R / g T^2$  für die Grösse der Fliehkraft, wofür man bis auf  $1/2\%$  genau  $f = 4mR/T^2$  schreiben kann, wenn  $R$  in Metern,  $T$  in Secunden ausgedrückt ist, folgt, dass die Fliehkraft eines Körpers seinem Gewichte gleich wird, wenn  $4R = T^2$  ist. Also z. B. bei  $R = 1$  m, wenn  $T = 2$  sec., oder bei  $R = 0,25$  m, wenn  $T = 1$  sec. und bei  $R = 1$  cm, wenn  $T = 0,2$  sec., d. h. wenn 5 Umdrehungen in der Sekunde gemacht werden.

Um die Gültigkeit dieser Beziehungen nachzuweisen, kann man eine Vorrichtung anwenden, welche einem allgemein verbreiteten Hilfsapparate zur Schwungmaschine (vergl. Weinhold, *Demonstrationen*, 2. Aufl. S. 87. Fig. 75 B) nachgebildet ist.

Sie besteht aus einer Blechschiene  $ab$  von 80 cm Länge (soviel als die Höhe meiner Schwungmaschine erlaubte) und 3,5 cm Breite, welche in der Mitte mit einem Zapfen  $c$  zum Aufsetzen auf die Achse der Schwungmaschine versehen ist. Dieselbe trägt sechs zu ihr senkrecht stehende Blechscheiben  $d, d$ , welche sämtlich in 2 cm Abstand von der Längsschiene durchlocht sind, um einen Führungsdraht von 4 mm Dicke durchzulassen. Letzterer wird von aussen, bei  $a$  und  $b$ , von zwei Schraubenmuttern gehalten. Auf diesem Führungsdrahte befinden sich drei Holzkugeln von 3 cm Durchmesser, und mit so grossen Bohrungen versehen, dass sie ganz leicht hin und her gleiten können; und zwar sind sie in den einzelnen durch die Scheidewände  $d, d$  gebildeten Fächern so verteilt, wie die Figur zeigt. Ich hatte anfangs in jedes der fünf Fächer eine Kugel gegeben, fand aber, dass die Beobachtung leichter auszuführen ist, wenn nicht je zwei Kugeln in gleichen Abständen von der Achse stehen. Die verhältnismässig kleine Ungleichmässigkeit in der Verteilung der Masse zu beiden Seiten der Drehungsachse übt keinerlei störenden Einfluss auf die Drehbewegung aus.

Die Umdrehungszeit  $T$  lässt sich mit hinreichender Genauigkeit dadurch beobachten, dass ein Vorsprung am einen Ende der Schiene  $ab$  bei jeder Umdrehung einen kleinen Winkelhebel streift, welcher einen Hammer gegen eine Glocke anschlagen macht, oder auch gegen eine schwache Feder schlägt, welche bei jedem Anschlage einen hörbaren Ton gibt.

Bei sehr langsamer Drehung der Schiene um die wagerechte Achse  $c$  gleiten alle



drei Kugeln auf dem Leitdrahte hin und her, indem sie stets nach unten fallen. Bei allmählicher Steigerung der Umdrehungsgeschwindigkeit verbleibt zuerst die äusserste, dann die mittlere, und endlich auch die innerste Kugel während der ganzen Umlaufzeit am äussersten Ende des ihr zur Verfügung stehenden Weges.

### Zur Darstellung einfacher Schwingungen.

Von Prof. A. Handl in Czernowitz.

Im I. Heft d. Z. S. 25 wird von J. Bergmann in Greifswald ein Apparat beschrieben, welcher dazu bestimmt ist, zu zeigen, dass die Projektion eines sich mit constanter Geschwindigkeit auf einem Kreise bewegendes Punktes auf den Durchmesser dieses Kreises sich nach dem Gesetze einer einfachen Schwingung (Sinusschwingung) bewegt.

Ich benutze seit vielen Jahren zu dem gleichen Zwecke eine Vorrichtung, welche von der Bergmann'schen nur in unwesentlichen Punkten abweicht; ich habe nämlich statt des ganzen, in Fig. 3 S. 27 dargestellten Rades nur eine Speiche, um den dort mit *INKO* bezeichneten Teil in seiner Führung wagerecht hin und her zu schieben; das Gehäuse und dessen vorderer Deckel fehlt ganz, so dass alle Teile frei sichtbar sind.

Ich mache diese Mitteilung nur um darauf hinzuweisen, wie man den Gebrauch der Vorrichtung noch erweitern kann. Ich befestige an einer Stelle, etwa *K*, einen feinen Pinsel, welchen ich auf einem bestaubten Glasstreifen eine Wellenlinie zeichnen lasse, indem ich den Glasstreifen mit möglichst constanter Geschwindigkeit unter dem Pinsel, senkrecht gegen dessen Bewegungsrichtung, wegziehe. Wenn es gelingt, die Kurbel recht gleichmässig herumdrehen, kann man an der so gezeichneten Linie nachweisen, dass sie eine Sinuslinie ist, und kann auch zeigen, dass sie mit derjenigen Linie übereinstimmt, welche ein hinreichend langes Pendel bei gleicher Schwingungsdauer und Schwingungsweite zeichnet. Ferner benutze ich dieselbe Vorrichtung, um transversale stehende Wellen zu erzeugen, indem ich das eine Ende eines dünnen Kautschukschlauches von ungefähr 4 m Länge an *K*, das andere an einem Haken in der Wand befestige.

### Zur Lehre von der Standfestigkeit.

Von Prof. A. Weinhold in Chemnitz.

(Mitgeteilt aus der 2. Aufl. der Physikal. Demonstrationen.)

Den Satz, dass ein Körper um so fester steht, je schwerer er ist, je tiefer sein Schwerpunkt liegt und je weiter die Falllinie von der Umwurfkante entfernt ist, leitet man zumeist aus der Formel für die Grösse der zum Umwerfen erforderlichen Kraft  $K = Pa/h$  ab, in welcher *P* das Gewicht des Körpers, *h* die Höhe des Schwerpunktes über der Umwurfkante, *a* der Abstand der Falllinie von dieser Kante ist. Dieser Formel liegt aber die willkürliche Annahme zu Grunde, dass die unwerfende Kraft in der Höhe des Schwerpunktes angreift und horizontal wirkt. Richtiger ist die Ableitung jenes Satzes aus der Grösse der beim Umwerfen zu leistenden Arbeit. Da beim Umwerfen der Schwerpunkt aus der Höhe *h* bis in die Höhe  $\sqrt{a^2 + h^2}$  geschoben wird, so ist die zu leistende Arbeit

$$A = P(\sqrt{a^2 + h^2} - h).$$

Die Formel zeigt unmittelbar, dass *A* um so grösser ist, je grösser *P* und *a* sind. Multipliziert und dividiert man rechts mit  $\sqrt{a^2 + h^2} + h$ , so erhält man

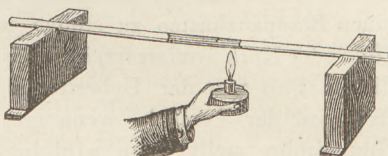
$$A = \frac{Pa^2}{\sqrt{a^2 + h^2} + h},$$

woraus hervorgeht, dass *A* mit wachsendem *h* abnimmt.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

Ein Vorlesungsversuch über die Adhäsion der Flüssigkeiten. Es ist bekannt, dass sich die Adhäsion der Flüssigkeiten mit der Temperatur ändert. Dies wird von W. HOLTZ (*Nachr. v. d. K. Ges. d. W. zu Göttingen, 1886 No. 18*) auf folgende sehr einfache und zugleich sehr augenfällige Weise demonstriert. Auf zwei Holzklötzen, in welche eine Nute gefeilt ist, und welche durch untergesetzte Keile leicht etwas höher oder tiefer zu stellen sind, wird eine 5—6 mm weite Glasröhre, in welche zuvor ein kurzer Wasserfaden gebracht ist, so gelegt, dass dieser in ihrer Mitte ruht. Wird nun das eine Ende des Fadens etwas erwärmt, indem man auf Augenblicke eine Spiritusflamme oder ein Streichhölzchen unter die Röhre bringt, so bewegt er sich sofort von der Erwärmungsstelle abwärts, weil die Adhäsion kleiner, die concave Oberfläche ebener und somit die Oberflächenspannung grösser wird. Je weiter die Röhre, um so beweglicher ist der Wasserfaden, und bei um so geringerer Erwärmung tritt die Bewegung ein, nur dass in weiteren Röhren der Faden zerfliessend schnell an Länge verliert. Ist die Röhre zugleich sehr dünnwandig, so lässt sich schon durch die Wärme des Athems eine Bewegung bewirken. Mit Wasser gelingt der Versuch leichter als mit andern Flüssigkeiten. Bei Quecksilber hat sich, vermutlich, weil es nicht rein und somit nicht beweglich genug war, überhaupt keine Bewegung erzielen lassen. (*Mitget. v. Verf.*)

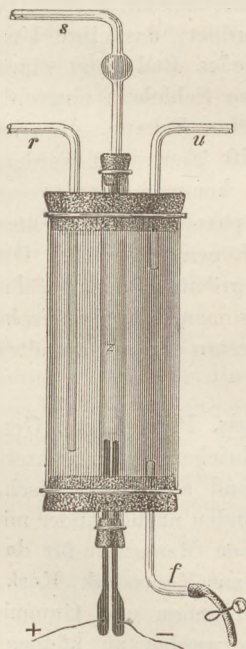


Darstellung von Schwingungscurven. Dem von J. BERGMANN in Heft I beschriebenen Apparat ähnlich ist eine Vorrichtung, die von E. MACH in *Pogg. Ann. 129, 464 (1866)* angegeben worden ist, um auch Combinationen von einfachen Schwingungen mechanisch und graphisch darzustellen. Mehrere Räder, deren Durchmesser sich z. B. wie  $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$  verhalten, sind neben einander auf die Weise angeordnet, dass ihre Umfänge mit Kautschuk überzogen und aneinander gepresst sind. Jedes Rad trägt einen Stift, der in den horizontalen Schlitz je eines vertikal beweglichen Schiebers eingreift. Die Bewegungen, der Schieber können durch Rollen und durch eine Schnur, die der Reihe nach über sämtliche Rollen geführt ist, auf einen Schreibstift übertragen werden. Wird eines der Räder durch eine Kurbel in Umdrehung gesetzt, so kommen die anderen Räder zugleich in Bewegung und der Stift beschreibt auf einer passend angebrachten Platte eine Curve, welche einem Klange aus den drei ersten Partialtönen entspricht. Die Platte kann überdies durch einen Faden, der um den Umfang des grössten Rades geführt ist, gleichmässig unter dem Schreibstift fortgezogen werden, so dass man Lissajous'sche Figuren erhält, deren Art von der Zahl und den relativen Durchmessern der angewandten Räder abhängig ist.

Über das Schalleitungsvermögen hat N. HESEHUS in der Russ. Phys.-Chem. Ges. Versuche gezeigt, welche im *Rep. d. Ph. XXIII, 242 (1887)* beschrieben sind: Mehrere gleichlange Stäbchen aus verschiedenem Stoff wurden mit der Hand auf einen Tisch, besser noch auf einen Resonanzkasten aufgesetzt, und ihre oberen Enden nacheinander mit einer tönenden Stimmgabel berührt; die Stärke des Schalles gab einen Maassstab für das Schalleitungsvermögen. Zu den Versuchen dienten sechs Stäbchen aus Kautschuk, Kork, Guttapercha, Holz, Glas, Stahl, die zu je dreien mittelst Gummiröhrchen und Gummiringen vereinigt waren, um bequem zugleich in der Hand gehalten werden zu können; der schlaffe Kautschukstab war überdies zwischen zwei dünne Holzplättchen gelegt. Wurde die Stimmgabel an diesen gehalten, so war kein Schall zu hören, dagegen nahm die Schallstärke successive zu, wenn man der Reihe nach die andern Stäbchen berührte. Deutlich unterschieden war auch das Verhalten des Holzes parallel und senkrecht zu den Fasern; ein Tannenholzstäbchen der zweiten Art musste auf  $\frac{1}{5}$  verkürzt werden, um dieselbe Schall-

stärke zu geben wie ein Stäbchen der ersten Art. — Die besten Schalleiter sind diejenigen Körper, in denen die Geschwindigkeit des Schalles am grössten ist (Aluminium, Stahl, Glas). Je grösser die durch die innere Reibung bedingte Eigenschaft der elastischen Nachwirkung in den Körpern ist, desto geringer ist die Schallleitung (Kautschuk, Blei). Weitere Versuche zeigen, dass die Schallleitung direkt proportional dem Querschnitt und umgekehrt proportional der Länge eines Körpers ist. Für die Demonstration der Schallleitung von Flüssigkeiten genügt es dem Verfasser zufolge nicht, ein Glas mit Wasser auf einen Resonanzkasten zu stellen und den Fuss einer Stimmgabel (der mit einem Ring von Holz oder Kork armirt ist) hineinzutauchen. Die wahrgenommene Schallverstärkung kann in diesem Fall von der Uebertragung auf die Oberfläche des Wassers herrühren. Einwand frei wird der Versuch, wenn man noch ein zweites Glas mit Wasser füllt und auf eine Gummiröhre stellt; man wird in diesem Falle keinen starken Schall mehr hören. Ähnliche Versuche mit andern Flüssigkeiten lassen erkennen, dass Quecksilber den Schall etwas besser leitet, als Wasser, Spiritus und Schwefeläther.

**Ein Vorlesungsexperiment über Mischfarben** ist von H. W. VOGEL in den *Verh. der phys. Ges. zu Berlin, 1887, No. 5* angegeben worden, um zu zeigen, dass die Mischung von blau und gelb nicht immer grün giebt. Drei flache Fläschchen von rechteckigem Querschnitt werden, das eine mit Säuregelb-Lösung<sup>1)</sup>, das zweite mit Lösung von Anilinblau, das dritte mit Kupferoxydammoniaklösung gefüllt. Legt man die erste Flasche auf eine der beiden mit blauem Inhalt versehenen und sieht hindurch, indem man sie gegen das Licht hält, so erhält man bei der Kupferoxydammoniaklösung einen schön grasgrünen, hinter der Anilinblaulösung dagegen einen rubinrothen Farbeindruck. Der Versuch gelingt bei Lampenlicht noch besser als bei Tage; in letzterem Falle ist das Säuregelb etwas stärker zu nehmen.



**Ein Apparat zur Darstellung von Chlorknallgas.** Eine 18 mm weite und 17 cm lange Glasröhre *z* ist beiderseits durch Kautschukpfropfen verschlossen. Durch den unteren Propfen gehen zwei Kohlenelektroden, durch den oberen eine rechtwinklig umgebogene Kugelröhre von 14 cm Länge. Dieses Zeretzungsgefäss ist von einer 4,5 cm weiten Glasröhre umgeben, in welche durch das Rohr *r* Wasserdampf einströmt, um durch *u* auszutreten, während das kondensierte Wasser durch das mit Quetschhahn versehene Röhrenchen *f* abfließen kann. Die Röhre *z* wird zu zwei Dritteln mit einer Mischung aus gleichen Vol. Salzsäure und Wasser gefüllt, welche zuvor in der Hitze mit Kochsalz gesättigt, und der dann etwas überschüssige Salzsäure hinzugefügt wird, sodass sich eine geringe Menge festen Kochsalzes ausscheidet. Man leitet nun Wasserdampf in die weitere Glasröhre und lässt durch die beiden Elektroden den Strom von zwei Bunsen'schen Elementen eintreten. Die Gasentwicklung ist so lebhaft, dass schon nach Verlauf von drei Minuten eine an die Röhre *s* befestigte Glas- kugel zur Explosion gebracht werden kann. (*Rosenfeld, Ber. d. chem. Gesellschaft. XX, 1154.*)  
Bgr.

<sup>1)</sup> Zu beziehen von der Aktien-Gesellschaft für Anilinfarbenfabrikation in Berlin.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die Pictet'sche Flüssigkeit.** RAOUL PICTET hat in den *Arch. de Gen.* (3) 13, S. 212—241 (1885) Thatsachen veröffentlicht, welche sich auf die Siedetemperaturen und Dampfspannungen von Mischungen aus Kohlensäure und schwefliger Säure beziehen (vgl. auch *Beibl. XI*, 629; 1887). Diese Thatsachen sind von Wichtigkeit für das Verständnis der Erscheinungen, welche die neuerdings viel genannte Pictet'sche Eismaschine darbietet. Eine Mischung von  $40\text{ CO}_2 + \text{SO}_2$  hat die Siedetemperatur  $-71^\circ$ ,  $10\text{ CO}_2 + \text{SO}_2$  hat  $-26^\circ$ ,  $\text{CO}_2 + \text{SO}_2$  hat  $-19^\circ$ ,  $\text{CO}_2 + 7\text{ SO}_2$  hat  $-7,5^\circ$ . Besonders die Mischung  $\text{CO}_2 + \text{SO}_2$  oder  $\text{CO}_4\text{S}$ , „Pictet'sche Flüssigkeit“ genannt, hat sich als für Eismaschinenbetrieb passend erwiesen, da sie sich schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht comprimieren lässt und doch eine Verdampfungstemperatur von  $-19^\circ$  erzeugt. Die Mischung wird zu diesem Zwecke bei einem durch einen Dampfmotor hervorgebrachten Drucke von 2 bis 4 Atm. und unter Mitwirkung eines Kühlwasserzufflusses von etwa  $8^\circ$  verflüssigt; aus den Condensatoren wird die Flüssigkeit in den Gefrierapparat (Refrigerator) geleitet, wo sie, durch Verdampfung stark abgekühlt, in Schlangenrohre eingeschlossen mit einer Chlormagnesium-Lösung in Berührung kommt, deren Temperatur dadurch auf  $-7^\circ$  bis  $-19^\circ$  herabgesetzt wird. In diese Lösung endlich werden Blechkästen gehängt, in denen das Wasser gefriert. Die Eisblöcke werden durch Abtauen mittelst Wasserdampfes aus den Kästen herausgelöst. — Die hierbei verwendete „Pictet'sche Flüssigkeit“ nun zeigt eine auch in theoretischer Hinsicht merkwürdige Anomalie; ihre Dampfspannung nämlich ist bei sehr niederen Temperaturen nahe dieselbe, bei höheren Temperaturen aber eine viel geringere, als sie sein müsste, wenn die Dämpfe nur physikalisch gemischt wären; so ist bei  $-30^\circ$  die Spannung 0,77 Atm. gleich der theoretischen, bei  $-20^\circ$  . . . 0,98 Atm. (statt 1,28), bei  $0^\circ$  . . . 1,83 Atm. (statt 2,93), bei  $+10^\circ$  . . . 2,55 Atm. (statt 4,21), bei  $+50^\circ$  . . . 6,86 Atm. (statt 13). PICTET schliesst daraus, dass man es bei niederen Temperaturen mit einem Gemenge, bei höheren mit einer wirklichen chemischen Verbindung zu thun habe. Aus den angeführten Zahlen würde weiter folgen, dass zur Condensation einer gegebenen Menge dieser Verbindung, etwa bei  $0^\circ$ , eine geringere Arbeit erforderlich ist, als wenn jeder Bestandteil für sich condensiert würde. Andererseits wird die Verbindung bei der Verdampfung im Kühlgefässe nicht nur abgekühlt, sondern auch wieder in ein Gemenge aufgelöst werden, so dass die gesamte absorbierte Wärmemenge sich aus der Verflüssigungs- resp. Verdampfungswärme des Gemenges und aus der „physiko-chemischen“ Verbindungswärme der beiden Stoffe zusammensetzt. Es würde daher im Refrigerator mehr Arbeit geleistet werden, oder auch, es könnte Wärme vom kälteren zum wärmeren Körper scheinbar mit geringerer Arbeitsleistung übergeführt werden, als der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie erfordert. Sowohl frühere Versuche von PICTET selber, als auch ein neuerdings von M. Corsepilus erstatteter „Bericht über die Untersuchung einer mit der Flüssigkeit Pictet arbeitenden Eismaschine“ (*Berlin, W. Büxenstein, 1887*) schienen diese Folgerung zu bestätigen. PICTET glaubte sogar, dass man mit Hilfe jener Flüssigkeit fortwährend die Wärme der Umgebung in Arbeit verwandeln könne, ohne dass gleichzeitig Wärme zum kälteren Körper überginge. Auch Corsepilus kam auf Grund eines umfangreichen Beobachtungsmaterials zu dem Schlusse, dass die bei dem Process aufgewendete Arbeit geringer sei als diejenige, welche nach Carnot's Satz erforderlich sein müsste, und erklärte dies daraus, dass bei der Condensation der „Flüssigkeit Pictet“ durch Molekularanziehung Wärme gebildet werde. H. v. Helmholtz endlich unterzieht in den *Verh. d. Phys. Ges. zu Berlin, 1887 No. 13* die Rechnungen von Corsepilus einer Kritik, welche namentlich hervorhebt, dass die Temperaturen im Condensator sowohl als im Expansionsraum des Refrigerators nicht beobachtet, sondern aus dem beobachteten Gasdruck auf Grund der Pictet'schen Dampfspannungstabelle berechnet sind. Erstens aber sei nicht festgestellt, ob nicht Reste atmosphärischer Luft in den Röhren enthalten seien, deren Druck die Dampfspannung erhöhen und auch die Condensationstemperatur höher erscheinen lassen würde, als sie wirklich ist. Zweitens sei es nach Analogie anderer ähnlicher Gemische nicht wahrscheinlich, dass die Dämpfe

von Pictet's Flüssigkeit bei allen Temperaturen gleich zusammengesetzt seien, es sei zu erwarten, dass der Dampf in niederen Temperaturen mehr Kohlensäure, in höheren mehr schweflige Säure enthalte. Dieser Einfluss würde die Temperatur im Condensationsraum ebenfalls zu hoch, die im Refrigerator zu niedrig erscheinen lassen. Beide Umstände zusammen machen die Folgerungen von Pictet und Corsepius so lange unannehmbar, als nicht direkte Beobachtungen der Temperaturen und Untersuchungen über die Zusammensetzung der circulierenden Flüssigkeit vorliegen.

**Das Germanium.** Im Anfang des vorigen Jahres entdeckte CLEMENS WINKLER in einem kurz zuvor bei Freiberg zum ersten Male gefundenen Erze, dem Argyrodit, ein neues chemisches Element, welches er Germanium nannte (Symbol *Ge*). Es wurde erhalten als ein grauweißer, metallisch glänzender, in regulären Oktaedern krystallisierender Stoff, welcher nur in concentrirter Schwefelsäure und Königswasser löslich ist, bei etwa 900°C. schmilzt und bei wenig höherer Temperatur verdampft. Bei 20,4°C. ergab sich das specifische Gewicht 5,469. Durch Analyse einer Chlorverbindung erhielt Winkler das Atomgewicht des als vierwertig angenommenen Elementes  $Ge = 72,32$  (*Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1886 Bd. 19 und J. für praktische Chemie (2), 34*). Eine Bestätigung erhielt diese Atomgewichtsbestimmung durch Feststellung der Dampfdichte dieser Chlorverbindung (gefunden im Mittel gleich 7,44, berechnet gleich 7,40), sowie der entsprechenden Jodverbindung, so dass Winkler die Identität des Germaniums mit dem ‚Eksilicium‘ folgern konnte, für welches Mendelejeff das Atomgewicht 72 und das specifische Gewicht 5,5 vorausgesagt hatte. Darnach wären das Silicium und insbesondere das Zinn die nächsten Verwandten des Germaniums, unter welcher Voraussetzung Lecoq de Boisbaudran nach seiner spectroscopischen Methode das mit Winkler's Untersuchungen gut übereinstimmende Atomgewicht  $Ge = 72,27$  berechnete (*C. R. 102 und 103, 1886*). Die Atomwärme des Elementes bleibt auffallenderweise unter dem normalen Werte wesentlich zurück; sie schwankt von 0 — 440°C. zwischen den Grenzen 5,33 und 5,58, entsprechend den für die specifische Wärme gefundenen Zahlen 0,0737 und 0,0772. — Folgende Verbindungen des Germaniums sind bisher untersucht worden:  $GeCl_2$  und  $GeCl_4$ ,  $GeJ_4$ ,  $GeO$  und  $GeO_2$ ,  $GeS$  und  $GeS_2$ . Wichtig, weil für die qualitative und quantitative Analyse verwendbar, ist besonders das Sulfid  $GeS_2$ , ein weißer, in Ammoniak und Schwefelammon löslicher Stoff vom Charakter der Sulfosäuren. Demnach wäre die natürliche Verbindung des Germaniums, der Argyrodit  $3Ag_2S \cdot GeS_2$ , ein Sulfosalz. In der jüngsten Zeit (vgl. das Tageblatt der letzten Naturforscherversammlung) hat Winkler auch die Fluoride und das Oxychlorid erhalten, ferner eine Aethylverbindung und das Chloroform des Germaniums, d. h. Verbindungen, welche den sogenannten organischen Verbindungen entsprechen. Damit ist die Stellung des Germaniums in der vierten Gruppe des periodischen Systems der Elemente endgültig bestimmt; seine Analogieen kommen in der Reihe *C, Si, Ge, Sn, Pb* zu vollständigem Ausdruck.

J. Sch.

### 3. Unterricht und Methode.

**Über Genauigkeit.** Unter diesem Titel hat Professor W. FÖRSTER in einer „*Sammlung von Vorträgen und Abhandlungen*“ (Zweite Folge, Berlin, G. Reimer) vor einiger Zeit einen kleinen Aufsatz veröffentlicht, den er selber als einen „Beitrag zur Pädagogik“ bezeichnet. Er tritt dafür ein, dass es darauf ankommt, grade die pädagogische Seite der naturwissenschaftlichen Methoden tiefer und bewusster in Erziehung und Schule zur Geltung zu bringen. „Es ist die in der Naturforschung vor aller Augen liegende, hohe kritische Durchbildung und erfolgreiche Bewährung der fruchtbarsten Processe des Urtheilens und Schliessens, es ist die den Siegeszug dieser Forschung belebende und zusammenhaltende Genauigkeitsdisciplin — welche wie eine Sonne langsam über dem Horizont der Menschheit emporsteigt.“ Nach einer eingehenden Untersuchung über das Verhältnis der wissenschaftlichen Erziehung zur Charakterbildung wird die These aufgestellt und von

allen Seiten beleuchtet, dass die Pflege des Genauigkeitssinnes einen hervorragenden, ja unvergleichlichen Wert für die Erziehung besitzt. Wir gehen mit dem hochsinnigen Verfasser nicht so weit, in solcher „edlen Genauigkeit“ auch die sicherste Grundlage aller Treue, Gerechtigkeit und Liebe zu erblicken; diese Grundlage dürfte vielmehr anderswo als in einer wesentlich formalen Funktion des Verstandes zu suchen sein. Wohl aber erkennen wir in der naturwissenschaftlichen Schulung eine Anleitung zu jener gepriesenen Tugend des griechischen Altertums, der Besonnenheit, welche der Verfasser gerade in der Gegenwart so schmerzlich vermisst. Völlig dem Geiste unserer Zeitschrift entspricht die Forderung: „Die Darstellung der Naturwissenschaften in jeder Art von Unterricht soll sich viel stärker als bisher der Methode derselben und der vorsichtigen Abschätzung ihrer jeweiligen Ergebnisse, nicht bloss dem materiellen Inhalt dieser Ergebnisse zuwenden.“ Von solchen Kapiteln, in denen die wissenschaftliche Untersuchung noch nicht abgeschlossen ist, sagt der Verfasser, dass sie „wahre Fundgruben der förderlichsten und anziehendsten Darlegungen über das Wesen und die Geschichte naturwissenschaftlicher Erkenntnis, über die Irrungen und Schwierigkeiten derselben (Wahrnehmungs- und Urteilstäuschungen), sowie über die Schätzung des Wahrscheinlichkeits-Wertes der Ergebnisse, kurzum über alle diejenigen Fragen des Erkenntnis-Processes werden können, deren Erörterung gerade für das jugendliche Alter eine so entscheidend erziehlische Bedeutung gewinnen wird.“ Wir wissen dem Verfasser aufrichtig Dank für die Bekräftigung, welche unsere Bestrebungen durch sein gewichtiges, aus der Fülle allgemeinsten geistiger Beziehungen herausgewachsenes Urteil erfahren.

**Der chemische Unterricht vor der British Association.** PATTISON MUIR, Professor in Cambridge, hat in der chemischen Sektion der diesjährigen Naturforscherversammlung zu Manchester einen Vortrag gehalten, in welchem er die folgenden vier Forderungen aufstellt; Der Lernende soll wirkliche Kenntnisse erwerben; die Thatsachen und Theorien, welche gelehrt werden, müssen sorgfältig ausgesucht sein; die Wichtigkeit und der Wert der Chemie als eines Zweiges der Naturwissenschaften muss zum Bewusstsein gebracht werden; keinerlei Rücksicht darf auf eine Prüfung genommen werden. — Für verhängnisvoll erklärt er die vielfache Trennung in Chemie und chemische Theorie, die Wissenschaft sei eine, Vorlesung und Arbeit im Laboratorium müssen Hand in Hand gehen. Der Gang der praktischen Arbeiten und der theoretischen Unterweisung ist folgender: Physikalische und chemische Veränderung der Stoffe, Element und zusammengesetzter Körper, Gemenge und Verbindung: Basis, Säure, Salz; Ersatz des Wasserstoffs in Säuren durch Metalle; Eisengruppe; Bedingungen chemischer Wirkung, Affinität; chemische Erscheinungen des täglichen Lebens, die sich nicht in Formeln ausdrücken lassen; Äquivalenz; praktische Bestimmung der specifischen Volumina von Kohlenstoffverbindungen, Herstellung von Äthern verschiedener Alkohole; Molekular- und Atomgewicht; Natürliches System der Elemente. — „Der Unterricht liegt noch zu sehr in den Fesseln der Scholastik. Wir dürfen Naturwissenschaft nicht wie Grammatik lehren, sonst bürden wir unsern Schülern eine schwerere Last auf, als wir selbst in unserer Jugend tragen mussten.“ „Von der Grossartigkeit einer Wissenschaft giebt nichts ein klareres Bild, als wenn bei jedem Problem auf seine Vielseitigkeit hingewiesen wird.“ „Der Lehrer muss ernstlich ans Werk gehen, er muss mit allen Regeln brechen, die Formeln verschlucken, an die Natur herantreten und seine Schüler mitnehmen; dann wird sein Erfolg ihm belohnen.“ „Bevor der Student eigene Forschungen vornimmt, mache er eine mustergültige Untersuchung nach“. — Der Redner hat allerdings als Schüler in erster Linie den zukünftigen Chemiker oder doch Naturforscher im Auge, aber seine Ausführungen behalten im wesentlichen ihre Gültigkeit auch für den chemischen Unterricht auf unseren Schulen. (*Nature*, 36, 536; 1887). T.

#### 4. Geschichte.

**Zur Geschichte der Alchemie.** Die Geschichte der Naturwissenschaften, gleichmässig wichtig für den Forscher, den Kulturhistoriker und den Philosophen, beansprucht nicht minder das Interesse des Pädagogen, da in vielen Fällen das allmähliche Werden eines Begriffes am besten zeigt, wie dieser dem jugendlichen Geiste zum Verständnis zu bringen ist. Darum sind gute Veröffentlichungen auf diesem Gebiete auch für den Lehrer der Naturwissenschaften von Wert, insbesondere wenn sie sich auf ein so schwieriges Kapitel wie die Anfänge der Chemie beziehen. — Bekanntlich war die alte Chemie, gewöhnlich Alchemie oder Alehymie genannt, in erster Linie die Lehre von der künstlichen Erzeugung des Goldes und Silbers, aber sie war nicht nur Illusion, sondern gleichzeitig Zusammenfassung zahlreicher Erfahrungsthatfachen. Dieses theils eingebilddete, theils wirkliche Wissen — welches letztere sich auf Metallurgie, Darstellung von Gläsern und künstlichen Edelsteinen, Färberei und Ähnliches bezog — lässt sich in schriftlich fixierter Form bis in das 3. oder 4. Jahrhundert unserer Zeitrechnung zurückverfolgen. Dass indessen schon viel früher, namentlich in Ägypten, derartige Kenntnisse gepflegt wurden, dafür sprechen u. a. die Überreste der ältesten Laboratorien, welche (aller Wahrscheinlichkeit nach) in den Trümmern der Serapistempel erhalten sind. Wertvolle Untersuchungen über die vielfach zerstreuten ältesten Dokumente der Alchemie hat vor fast zwanzig Jahren Hermann Kopp veröffentlicht. In neuerer Zeit hat M. Berthelot diese Studien wieder aufgenommen und deren Ergebnis in einem grösseren Werke „*Les origines de l'alchimie, Paris 1885*“ niedergelegt. Nach einer Besprechung der ältesten, insbesondere ägyptischen Quellen analysiert der Verfasser die hierher gehörigen griechischen Manuskripte, welche ihm zum Theil vorgelegen haben und seit dem 5. Jahrhundert n. Chr. in ununterbrochener Folge erschienen sind; anhangsweise sind auch einige dieser Texte abgedruckt. Interessant ist ferner das letzte Buch des Werkes, welches die alchemistischen und die modernen chemischen Theorien vergleicht, die Analogieen zwischen beiden aufdeckt und für eine richtige, der landläufigen Ansicht widersprechende Schätzung des wissenschaftlichen Wertes der Alchemie von Wichtigkeit ist. — Während die „*origines de l'alchimie*“ insbesondere für den Chemiker und für den Philosophen bestimmt sind, wendet sich ein etwas später erschienenenes Werk von Hermann Kopp „*Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit, Heidelberg 1886*“ an alle sich für die Entwicklung der Kultur Interessierenden, bringt aber auch gleichzeitig dem Fachmann viel des Neuen und Wissenswerten. Der erste Teil, welcher die Alchemie bis zum letzten Viertel des 18. Jahrhunderts behandelt, schildert ihre Entstehung und Entwicklung, den Glauben an dieselbe und ihre Pflege in der Hütte wie im Fürstenschlosse, schliesslich ihre Bestreitung (obgleich noch Baco von Verulam, Spinoza und Leibniz an die künstliche Darstellung des Goldes glauben) und ihren Verfall seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts. Aber es wäre ein Irrtum zu meinen, dass die Alchemie seit jener Zeit völlig todt ist. Wie diese — meist in geheimen Gesellschaften und wahrscheinlich bis zum heutigen Tage — weitergeführt wurde, und dass noch um 1780 und später Männer wie der Weltumsegler Georg Forster um den Stein der Weisen sich bemühten, weist Kopp in dem 2. Teile des Werkes nach, dessen Wert durch einen umfangreichen Anhang über die Bibliographie der Alchemie erhöht wird.

J. Sch.

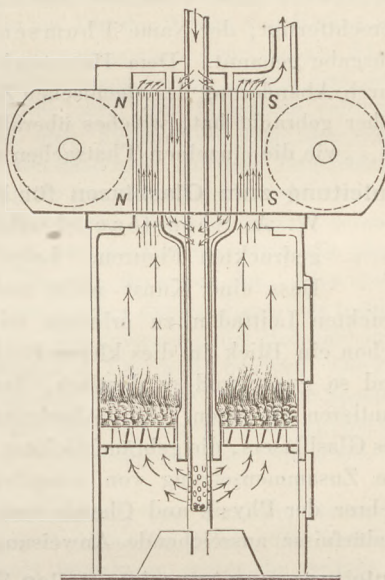
**Das elektrische Leuchten im luftverdünnten Raum** (vgl. Heft I S. 28) ist zuerst um 1675 von Jean Picard an einzelnen Barometern beobachtet worden. Hawksbee erklärte die Erscheinung durch die Reibung des Quecksilbers am Glase und beschrieb in den Jahren 1705/9 ähnliche Beobachtungen an hohlen Glaskugeln, welche luftleer gepumpt und durch Reiben mit der Hand elektrisch gemacht wurden. Den im vorigen Heft angegebenen Versuch mit einer umgebogenen Barometerröhre hat schon William Watson (*Phil. trans. 1751*) angestellt. Dieser nahm anfänglich eine Glasröhre von 3' Länge und 3"



Durchmesser, die durch zwei Metallfassungen geschlossen und im Innern mit einer verschiebbaren Metallplatte versehen war, so dass die Entfernung der Elektroden beliebig verändert werden konnte. Nach dem Abspumpen der Luft wurde das eine Ende der Röhre mit der Elektrisiermaschine, das andere mit der Erde verbunden, oder auch die Röhre in den Entladungskreis einer Leydener Flasche geschaltet. Watson wiederholte den Versuch danach mit einem „Cavendish'schen Doppelbarometer“ und verband die eine Quecksilbersäule mit der Elektrisiermaschine, die andere mit der Erde, am besten so, dass er successive Entladungen erzeugen konnte. Morgan endlich beobachtete (1785), dass das Vacuum eines möglichst vollkommenen Barometers der elektrischen Entladung keinen Durchgang mehr gestattet und sich also wie ein Nichtleiter verhält. (Vergl. *Mascart-Wallentin, Handb. d. stat. Elektr. II, 1, S. 115*).

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Edison's pyromagnetischer Motor und Stromerzeuger.** Die Wirksamkeit des neuen Apparates beruht auf der Thatsache, dass die Magnetisierungsfähigkeit des Eisens mit wachsender Temperatur rasch bis nahe an Null abnimmt. Der wesentliche Teil des Motors ist ein aus dünnwandigen Eisenröhren gebildeter Körper, der um eine vertikale Achse zwischen den Polen eines horizontal liegenden Magnetes drehbar ist. Die Röhren können durch heisse (aufsteigende) Luftströme bis zur Rotglut erhitzt und durch (absteigende) kalte Luftströme wieder abgekühlt werden. Dies geschieht durch einen (in der Fig. nicht sichtbaren) Schirm, der fortwährend den warmen Luftstrom von der einen Hälfte des Röhrensystems abhält. Wenn der Schirm nicht gerade symmetrisch zu den Magnetpolen liegt, so beginnt der Anker als bald zu rotieren, da die kühleren Eisenmassen stärker von dem zunächst gelegenen Magnetpol angezogen werden, als die wärmeren von dem entgegengesetzten Pol. — Der auf demselben Prinzip beruhende Stromerzeuger besteht aus vier radial angeordneten Elektromagnetpaaren, zwischen denen acht Rollen aus gewelltem Eisendraht rotieren, die von Solenoidwindungen umgeben sind. Leitet man wieder den heissen Luftstrom einseitig durch die Rollen, und verbindet die Solenoide von je zwei gegenüber stehenden, ungleich erwärmten durch eine Commutatorvorrichtung, so kann man die entstehenden Induktionsströme vereinigen. Der Apparat ist indessen vorläufig, wenn er leistungsfähig sein soll, noch zu schwer für praktische Verwertung. *Elektrot. Ztschr. VIII, 385 (1887)*.



**Absprengen von Glas.** In der *Zeitschr. für Analyt. Chemie* (XXV, 530) teilt E. BECKMANN eine sichere Methode zum Absprengen von Glasröhren mit. Man macht an einer Stelle der Sprengzone einen kurzen Feilstrich, umgibt die Röhre zu beiden Seiten der Sprengstelle mit Wulsten von feuchtem Filtrierpapier und erhitzt den 1—2 mm breiten Zwischenraum zwischen diesen über dem Bunsenbrenner oder besser der Stieflamme eines Gasgebläses, während man die Röhre um ihre Achse dreht. Dabei entsteht ein glatter Sprungring, der genau den Raum zwischen den Papierwulsten einhält. Die Wulste werden 1—2 mm dick und 2—4 cm breit gemacht; man stellt sie her, indem man ein Stück Filtrierpapier von passender Grösse der Länge nach einmal zusammenfaltet, mit Wasser trinkt, glättet und so um die Röhre legt, dass der Falz dem Feilstrich zugewendet ist und Falz auf Falz zu liegen kommt. Dies Verfahren lässt sich mit gleicher Sicherheit auf Reagenzgläser und Verbrennungsröhren, auf Bechergläser, Flaschen und Glasglocken, auf Trichter und Retortenhäse anwenden.

### Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie**, gegründet auf die Thermochemie mit Benutzung der thermochemischen Daten. Von ALFRED DITTE, Prof. der Chemie an der faculté des sciences zu Caen. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. H. Böttger. Berlin, Julius Springer, 1886, 318 S.

Das Buch stützt sich auf die thermochemischen Untersuchungen, insbesondere auf den „Grundsatz der grössten Arbeit“. Dieser Grundsatz hat zwar keineswegs die Geltung eines Axioms, ist aber zur Erklärung und Vorherbestimmung einer grossen Anzahl chemischer Umsetzungen brauchbar. Der Versuch, neben der atomistischen die thermochemische Theorie einem Lehrbuche zu Grunde zu legen, ist deshalb berechtigt und dessen Ausführung wohl gelungen. Die chemischen Thatsachen sind geschickt und mit Berücksichtigung der neuen Forschungen ausgewählt; nur ist die Reihenfolge bei Anordnung der Elemente — *H, O, S, N, P, As, Sb, Cl* u. s. f. — wenig systematisch. Zum Gebrauch an Schulen ist das Werk nicht geeignet, wohl aber zur bequemen Einführung in die Lehren der Thermochemie. Dass der Verfasser seinem Landsmann Berthelot alles Verdienst der thermochemischen Theorie zuschreibt, ist durchaus ungerechtfertigt; der Name THOMSON'S ist jedoch wenigstens in dem Vorwort zur deutschen Ausgabe genannt. Dem Herausgeber gebührt Dank, dass er durch die Übersetzung und durch Abänderung der chemischen Zeichensprache den deutschen Fachgenossen ein Lehrbuch näher gebracht hat, welches überall, und vielfach in origineller Weise, zu zeigen bemüht ist, „wie die einzelnen Thatsachen von allgemeinen Gesetzen abhängig sind“. *J. Sch.*

**Anleitung zum Glasblasen für Physiker und Chemiker.** Nach dem Englischen von W. A. Shenstone, bearbeitet von Dr. H. Ebert. Mit 44 in den Text eingedruckten Figuren. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1887. 86 S. M. 2,00.

Dass eine Kunst nicht aus praktischer Unterweisung, sondern nach einem gedruckten Leitfaden zu erlernen sei, kann für höchst unwahrscheinlich gehalten werden. Schon ein Blick in dies kleine Buch aber zeigt, dass es möglich ist. Die Beschreibungen sind so genau und so deutlich, dass man in vielen Fällen glaubt, den Glasbläser selbst hantieren zu sehen. Die Abschnitte des Buches behandeln der Reihe nach die Ausrüstung des Glasbläfers, die gebräuchlichsten Glassorten und ihre Behandlung, die Grundoperationen, die Zusammensetzung von complicierteren Apparaten, das Graduieren und Calibrieren. Lehrer der Physik und Chemie werden in dem Buche für alle im Unterricht vorkommenden Bedürfnisse ausreichende Anweisung finden. *P.*

**Anleitung zum experimentellen Studium der Physik.** I. Teil: Galvanische Elektrizität (2. verm. und verb. Auflage). 42 S. II. Teil: Influenz-Elektrizität. 30 S. Herausgegeben von Meiser und Mertig, Inhabern physikalischer Werkstätten. Dresden, 1886 und 1887, im Selbstverlage.

Die Schriftchen enthalten Anweisungen zum Gebrauch der Apparatsammlungen, welche, namentlich zur Benutzung durch Schüler, von den Herausgebern angefertigt werden. Abgesehen von den zu subjektiv gefärbten und zu allgemein gehaltenen Einleitungen sind die Gebrauchsvorschriften und die experimentellen Übungsaufgaben (120 in I, ebensoviele in II), geschickt und sachkundig zusammengestellt und wohl geeignet, Schüler, welche bereits einen methodischen Unterricht genossen haben, zum Nachdenken und zu nützlicher Beschäftigung anzuregen. *P.*

**Die Lehre von der Energie** historisch kritisch entwickelt. Nebst Beiträgen zu einer allgemeinen Energetik. Von Dr. Georg Helm, Oberlehrer an der Annenschule zu Dresden. Leipzig, Arthur Felix. 1887. 104 S.

**Grundbegriffe der Meteorologie**, für höhere Schulen zusammengestellt von Dr. E. Wilk. Mit 5 Karten und 7 in den Text gedruckten Figuren. Iserlohn und Leipzig, J. Baedeker, 1887. 47 S. M. 1,00.

## Versammlungen und Vereine.

**Britische Naturforscher-Versammlung zu Manchester, 1887.** Rede von H. E. Roscoe.

Die Rede giebt einen Überblick über die Entwicklung der Chemie in den letzten 50 Jahren. Die Entwicklung der Chemie bis zum Jahre 1837 wird durch die Namen Priestley, Lavoisier, Davy, Gay-Lussac und Faraday gekennzeichnet. Die organische Chemie lag im Bann des Zauberwortes Lebenskraft, dem sich selbst ein Liebig nicht völlig entziehen konnte; aber ein gewaltiger Schritt war gethan durch die Annahme der Dalton'schen Atomtheorie, deren Schwerpunkt nicht sowohl in der Annahme der Existenz und Unteilbarkeit der Atome als in der Thatsache ihres verschiedenen Gewichtes liegt. Diese Entdeckung zusammen mit dem Gesetz der multiplen Proportionen machten die Chemie erst zu einer quantitativen Wissenschaft. Welches Licht haben nun die folgenden 50 Jahre auf die Dalton'schen Atome geworfen in Bezug auf ihre Gestalt, Unteilbarkeit und Bewegung?

Erst im Jahre 1865 berechnete Loschmidt in Wien den Durchmesser eines Sauerstoffatoms auf ein Millionstel eines Millimeters, und einige Jahre später William Thomson die Entfernung zweier benachbarter Moleküle. Von der Annahme der Unteilbarkeit der Atome ging Thomas Thomson ab, indem er die Prout'sche Hypothese annahm, dass die Atome der Elemente Vielfache des Wasserstoffatoms seien. Graham definierte demgemäss das Elementatom als „noch nicht zerlegt“, und die Anzahl dieser Stoffe wuchs von 53 auf 70, die 20 neu von Krüss und Nilson angemeldeten nicht gerechnet. Genauere Atomgewichtsbestimmungen von Dumas, Stass und Marignac stürzten die Prout'sche Hypothese; die nahezu ganzen Zahlen bleiben aber doch bemerkenswert. Schon Döbereiner hatte 1829 eine Familie unter den Elementen entdeckt, Dumas stellte eine grosse Zahl von solchen auf. Wenn aber England die Ehre des ersten Schrittes hat, der Ausbau der Theorie ist Deutschland und Russland zu verdanken. Deutschland, in der Person von Lothar Meyer, hält sich streng innerhalb der Grenzen der wohlbekannten Thatsachen. Russland, vertreten durch Mendelejeff, mit lebhafterer Phantasie begabt, versucht sich in Prophezeiungen, gruppiert alle Elemente nach ihrem Atomgewicht und stellt alle physikalischen und chemischen Eigenschaften als periodische Funktionen derselben dar. Eine starke Stütze hat diese Hypothese gefunden in den durch sie vorausgesagten Entdeckungen des Gallium (Lecoq), Scandium (Nilson) und Germanium (Winkler). Die Zersetzung der Moleküle durch hohe Hitze hat Victor Meyer, durch elektrische Entladung J. J. Thomson bewirkt. Die Zerlegbarkeit der Atome hat aber selbst durch die von Bunsen und Kirchhoff erfundene Spectralanalyse auf der Erde nicht nachgewiesen werden können, und die von Lockyer, Huggins und Young an Himmelskörpern gewonnenen Resultate zwingen ebensowenig zu dieser Annahme, wie die Untersuchungen Crooke's über Phosphoreszenz.

Die Bewegung der Gasatome war bereits Dalton bekannt, und Graham stellte das Gesetz der Geschwindigkeit der Diffusion auf, aber erst Joule fand im Jahre 1848 bestimmte Zahlen für die Geschwindigkeit der Moleküle und Maxwell berechnete später die Anzahl der Zusammenstösse. Der grösste Schritt aber war die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents durch Joule im Jahre 1843. Noch sind wir aber weit entfernt von einer mathematischen Dynamik der Atome, und die Thermochemie ist trotz der Erfolge des dänischen Forschers Thomson noch im Anfangsstadium. Weiter haben auf anderem Wege Faraday's und Kohlrausch's Versuche geführt, die einen engeren Zusammenhang zwischen elektrischer Leitungsfähigkeit und chemischer Activität nachgewiesen haben.

Die wichtigste Rolle haben die Atome aber in der organischen Chemie gespielt. Die Entdeckung der Isomerie durch Dalton und ihre Bestätigung durch Faraday, Liebig und Wöhler, die Wertigkeitstheorie, angedeutet von Faraday und Frankland, ausgesprochen durch Kekulé im Jahre 1852, haben den Chemiker zu Vorstellungen über die Lage der Atome im Molekül befähigt, und diese sind auf dem Raum von drei Dimensionen durch Van t'Hoff und Wislicenus ausgedehnt worden. Die Kenntnis der Atomgruppierung hat auch zu jenen ausserordentlichen Erfolgen der Synthese organischer Körper geführt, die noch von Gmelin und Berzelius für unmöglich gehalten wurde, eine Schranke, die durch Wöhler erschüttert und 17 Jahre später durch Kolbe niedergerissen wurde. Ordnung brachte in die organische Chemie zuerst Liebig durch die Theorie der Radicale, Dumas durch die der Substitutionen, die zu den klassischen Untersuchungen Williamson's, Wurtz' und Hofmann's führte. An die Analyse des Coniins durch Hofmann schliessen sich die synthetischen Arbeiten von Graebe, Liebermann, Schunk, Bacyer, die Darstellung der Theerfarbstoffe und des Saccharins. Schon sagt man die physiologische Wirkung der Körper voraus und konstruiert Fieberheilmittel; dass auch andere physikalische Eigenschaften von der Constitution abhängen, hat zuerst Pasteur 1848 er-

kannt, und Gladstone's optische Untersuchungen haben zur Saccharimetrie geführt. Bis zur Darstellung der Protoplasma ist allerdings nur die Phantasie gedungen.

Noch sind wir weit entfernt davon, auch nur den Lebensprocess vollständig zu durchschauen. Liebig's Unterscheidung der Lebensmittel in Wärmeerzeuger und Kräftezeuger wurde von Robert Mayer mit Erfolg bekämpft. Die potentielle Energie der Gesamtnahrung liefert die actuelle Energie des Körpers ausgedrückt in Hitze oder mechanischer Arbeit. Welches ist aber das mechanische Äquivalent der Gedankenarbeit? Helmholtz vermutet hier eine Ausnahme vom zweiten thermo-dynamischen Gesetz und eine vollkommene Verwandlung von Wärme in Arbeit,

Die Humustheorie, von Saussure erschüttert, wurde durch Liebig gestürzt: die gesamte Kohlenstoffmenge der Pflanzen stammt aus der Luft, wie Lawes und Gilbert nachgewiesen. Anders steht es mit dem Stickstoff: Warington und Berthelot haben die Entstehung von Stickstoffverbindungen im Boden durch Absorption der Luft gezeigt.

Gärung und Fäulnis, die Liebig für rein chemische Prozesse hielt, sind an die Existenz kleiner Organismen geknüpft, wie Pasteur nachgewiesen. So ist die Bacteriologie entstanden, welche in Lister's Hand so glänzende Resultate für die Wundbehandlung lieferte und durch Klebs, Koch, William Roberts zur Entdeckung der Ursachen mannigfaltiger Krankheiten von Mensch und Tier geführt hat. Nachgewiesen ist aber ferner, dass nicht die Organismen, sondern die durch sie erzeugten chemischen Stoffe das Gift für den Körper sind, so dass hier wieder der Chemiker einzusetzen hat.

Am Schlusse des Vortrages bemerkt Roscoe, dass dieser glänzenden Entwicklung der Chemie eine durchaus nicht entsprechende Berücksichtigung im Unterricht gegenübersteht. A. 7.

#### 60. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wiesbaden (18.—24. September 1887).

Die diesjährige Versammlung hat dadurch ein besonderes Gepräge erhalten, dass in den allgemeinen Sitzungen von mehreren Seiten die Unterrichtsfrage in den Vordergrund gerückt wurde. W. Preyer (Jena) hob in einem Vortrage über „Naturforschung und Schule“ als Mangel des heutigen Unterrichtsbetriebes u. A. hervor, dass statt des Anschaulichen vorwiegend Abstraktes eingeprägt werde, dass die Schüler ihre Sinne nicht richtig gebrauchen lernen und dass sie keine Übung in der gründlichen Behandlung wissenschaftlicher Aufgaben erlangen. Dem Unterricht im Deutschen räumt er mit Recht die vornehmste Stelle ein. Hinsichtlich des Physik-Unterrichts stimmt er mit dem Programme dieser Ztschr. völlig überein: „Die Physik ist darum die Führerin der Naturwissenschaften geworden, weil sie jeden Satz beweist, den sie aufstellt. Der Unterricht zeigt, wie das geschieht, wie die Entdecker und Erfinder zu den neuen That-sachen und Gesetzen kamen, und sollte mit dem Einfachsten anfangend, Schritt für Schritt aufsteigend, die Schüler etwas von der Entdeckerfreude nachfühlen lassen.“ Zur Erziehung der Sinne fordert er, dass Farben und Helligkeiten, Töne von ungleicher Stärke und Höhe, auch Geräusche den Schülern ebenso methodisch zur Vergleichung dargeboten werden, wie ungleiche Temperaturen, Gewichte, Tasteindrücke. — Auch Detmer (Jena) kam am Schlusse eines Vortrages über „Pflanzenleben und Pflanzenatmung“ auf den Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu sprechen und betonte, dass nicht einseitig das Gewicht auf das empirische Material gelegt werden dürfe, sondern dass vor allem das Verständnis für den Zusammenhang der Naturerscheinungen geweckt werden müsse. Endlich berührte W. Löwenthal (Lausanne) in dem Vortrage „die Aufgaben der Medizin in der Schule“ die Ursachen der Überbürdung und verlangte, dass eine gesunde Pädagogik auf naturwissenschaftlich-methodisches Beobachten und Denken zu stützen sei. — Von den übrigen allgemeinen Vorträgen hat für uns namentlich der von Wislicenus Interesse, über welchen in dieser Zeitschr. ausführlicher berichtet werden wird.

In der physikalischen Sektion wurden von L. Pfändler (Innsbruck) eine Wellenmaschine und ein Apparat für die Fundamentalversuche über Magnetinduktion demonstriert (vgl. d. Heft S. 53); von demselben wurde eine kleine dynamo-elektrische Maschine gezeigt, welche ihre eigenen Kraftlinien mittelst aufgestreuten Eisenpulvers sichtbar macht. Ferner kam ein Toepler'scher Universalapparat zur Demonstration von Gleichgewichts- und Bewegungs-Erscheinungen (durch O. Lenner, Dresden), eine Paalzow'sche optische Bank (durch H. Haensch, Berlin) und andere Demonstrationsapparate (durch E. Seybold's Nachf., Köln) zur Vorführung. — R. Pietet (Genf) sprach über den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, im Anschlusse an die von ihm angegebenen Kältemaschinen (vgl. d. H. S. 77). Ebert (Erlangen) theilte Untersuchungen über die Fizeau'schen Interferenzcurven mit, denen zufolge sich die Unabhängigkeit der Wellenlänge des Lichtes von der Amplitude fast bis auf  $\frac{1}{1000000}$  ihres Betrages verbürgen lässt. Hagenbach (Basel) besprach die physikalischen Eigenschaften des Gletscherreises und führte dabei an, dass er, gemeinsam mit A. Forel, die Temperatur in Bohrlöchern der Gletscherhöhle bei Arolla (Wallis) stets ein wenig

unter  $0^{\circ}$ , höchstens aber  $-0,03^{\circ}$  C gefunden habe. Weitere Gegenstände der Sektionssitzungen waren: der Einfluss von Temperatur und chemischer Constitution auf die Zähigkeit homogener Flüssigkeiten (L. Graetz); die Grösse der Stossflächen elastischer Kugeln (A. Hamburger); die anomale Dispersion des glühenden K- und Na-Dampfes (Winkelmann); das Refraktionsvermögen der Flüssigkeiten zwischen sehr entfernten Temperaturgrenzen (Ketteler); die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents (Dieterici); die Messung hoher Potentiale (A. Voller); die Dielektricitätsconstanten leitender Flüssigkeiten (Cohn); das Telephonieren unter Wasser mit Hilfe des Mikrophons (Holthof).

In der chemischen Sektion waren von allgemeinerem Interesse diejenigen Verhandlungen, welche in Beziehung zu der Theorie der räumlichen Anordnung der Atome standen. R. Anschütz (Bonn) wandte sich gegen die »geometrischen« Formeln für Fumarsäure und Maleinsäure und hielt die von ihm angegebenen Formeln aufrecht. J. Wislicenus (Leipzig) andererseits hatte die einzige Thatsache, welche der von ihm vertretenen Theorie widersprach, einer näheren Prüfung unterzogen. Wenn Acetylendicarbonensäure mit etwas Wasser und mit Brom zusammenkommt, so bildet sich Dibromfumarsäure, während nach des Vortragenden Theorie Dibrommaleinsäure entstehen müsste. Durch Wiederholung des Versuches mit stark verdünnten Lösungen gelang es ihm in der That, diese letztgenannte zu erhalten. — Von den übrigen Gegenständen seien nur erwähnt der Bericht von Clemens Winkler (Leipzig) über das Germanium und ein Vortrag von B. Kosmann (Breslau) über den Wassergehalt der Mineralien und anorganischen Salze. Ihm zufolge ist, mit Rücksicht auf die thermochemischen Daten, eine Unterscheidung von Hydratwasser und chemisch gebundenem Wasser hinfällig, mit der Hydratisation geht eine molekulare Umsetzung vor sich.

In der Sektion für naturwissenschaftlichen Unterricht sprach Schwalbe (Berlin) »über die Gesundheitslehre als Unterrichtsgegenstand«, setzte die Notwendigkeit eines solchen Unterrichts, sei es in encyclopädischer oder in fakultativer Form, auseinander und forderte: Herstellung eines kurzen hygienischen Lehrbuches für Schüler, bessere Ausbildung der Lehrer in der Gesundheitslehre, unentgeltliche Vorträge von Aerzten oder Lehrern an den Schulen. In der Diskussion wurde von mehreren Seiten Anschluss des hygienischen Unterrichts an die übrigen naturwissenschaftlichen Fächer empfohlen. — In einem zweiten Vortrage »Was kann und könnte der naturwissenschaftliche Unterricht leisten« legte derselbe dar, dass erst nach Aenderung der äusseren Bedingungen die Naturwissenschaften ihre bildende Kraft würden voll bewähren können. — Fischer empfahl für den naturbeschreibenden Unterricht die Gruppierung des Stoffes nach »Lebensgemeinschaften«. Die letzte (dritte) Sektionssitzung war ausschliesslich der Diskussion der in den vorhergehenden Vorträgen angeregten Fragen gewidmet. Die Sitzungen dieser Sektion waren von 46 Mitgliedern besucht.

#### Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

*Sitzung am 14. October 1887.* Herr F. Kötter sprach über eine Verallgemeinerung des hydrodynamischen Theorems, welches Lejeune-Dirichlet bezüglich der Bewegung einer Kugel in einer incompressiblen, reibungslosen Flüssigkeit aufgestellt hat. Dies Theorem lässt sich, am einfachsten auf Grund der hydrodynamischen Untersuchungen Kirchhoff's, für nicht homogene Kugeln dahin verallgemeinern, dass zwischen Mittelpunkt und Schwerpunkt ein Punkt bestimmbar ist, der eine geradlinige Bahn mit constanter Geschwindigkeit durchläuft und um den der kugelförmige Körper in gewisser Weise rotiert. — Herr H. v. Helmholtz unterzog darauf den Bericht von M. Corsepius über die Untersuchung einer mit der Flüssigkeit Pictet arbeitenden Eismaschine einer eingehenden Kritik (vgl. d. Heft S. 77).

*Sitzung am 28. October 1887.* Herr H. v. Helmholtz eröffnete die Sitzung mit Worten der Erinnerung an Gustav Kirchhoff. Herr R. v. Helmholtz führte die Versuche mit einem Dampfstrahl vor, welche kürzlich von ihm veröffentlicht worden sind. (Wied Ann. 32, S. 1, 1887). Aeltere Versuche von Pouillet, neuere von Nahrwold und Aitken haben die Abhängigkeit der Nebelbildung vom Staubgehalt der Luft dargethan. Die vorgeführten Versuche zeigen, dass daneben noch eine andere Ursache der Nebelbildung vorhanden ist, welche der Vortragende in molekularen Erschütterungen, wie sie durch Lichtschwingungen oder durch chemische Processe hervorgerufen werden, zu erkennen glaubt. — Herr Dieterici setzte eine Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents, auf Grund des Joule'schen Gesetzes und unter Anwendung von Bunsen's Eiscalorimeter, auseinander. Die Messungen ergaben in absolutem Maass 422,4 bez. 422,2 kgm, wobei die mittlere specifische Wärme des Wassers zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  zu Grunde gelegt wurde. — Es wurde bei diesem Anlass auch der eigentümliche Umstand erörtert, dass der Begriff der Wärme-Einheit zwar theoretisch exakt definiert, die Grösse aber thatsächlich bisher nicht genau angebbar sei.

*Sitzung am 13. November 1887.* Herr Weinstein über die Berechnung des Widerstandes von Quecksilberröhren. Die Schwierigkeiten der Berücksichtigung und genauen Bestimmung des Querschnittes der Röhren werden erörtert, zur Ermittlung der Röhrenweite als besonders geeignet die Beobachtung der capillaren Steighöhe von möglichst vollkommen benetzenden Flüssigkeiten empfohlen. — Herr R. Pietet (als Gast) setzte Einrichtung und Wirkungsweise seiner Eismaschine auseinander. Herr H. v. Helmholtz hielt seine früheren Einwendungen aufrecht.

#### Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

*Sitzung am 17. October 1887.* Herr Schwalbe (Ehrenmitglied) machte Mittheilungen über die Wiesbadener Naturforscherversammlung und berichtete namentlich über das Germanium, das Sacharin, das Jenenser Glas und die Pietet'sche Eismaschine.

*Sitzung am 31. October 1887.* Herr Thurein (Gast) über die elementare Darstellung der Planetenbahnen. Auf zwei Tafeln sind die Planetenbahnen durch zur Sonne excentrische Kreise dargestellt; man kann den Ort eines Planeten zu irgend einer Zeit zunächst auf den Tafeln bestimmen und daraus den Ort am Himmel durch einfache Construction oder elementare Rechnung finden. Herr Thaer berichtete über neuere für den Unterricht brauchbare Veröffentlichungen.

*Sitzung am 14. November 1887.* Herr A. Voss sprach über die Behandlung der Grundbegriffe der Mechanik und gab Ableitungen für die Formeln des physischen Pendels und des Torricelli'schen Theorems. Derselbe setzte darauf einige optische Probleme auseinander.

### Mittheilungen aus Werkstätten.

#### Das Bolometer nach Dr. C. Baur,

modifiziert von Ferdinand Ernecké in Berlin.

Das Bolometer (Strahlenmesser) beruht auf dem Prinzip der Wheatstone'schen Brücke. Wird der Widerstand eines der Zweige durch Erwärmung vergrößert, so zeigt das vorher stromlose Galvanometer einen Ausschlag. Die hierzu bestimmten Brückenarme wurden bei der Anordnung von Dr. Baur durch zickzackförmige Stanniolstreifen gebildet, die auf die beiden Grund-

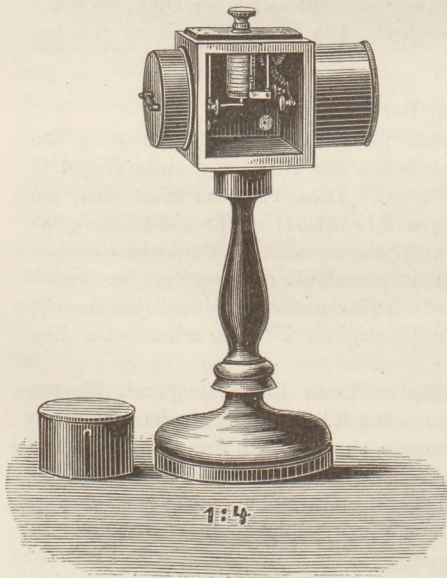


Fig. 1.

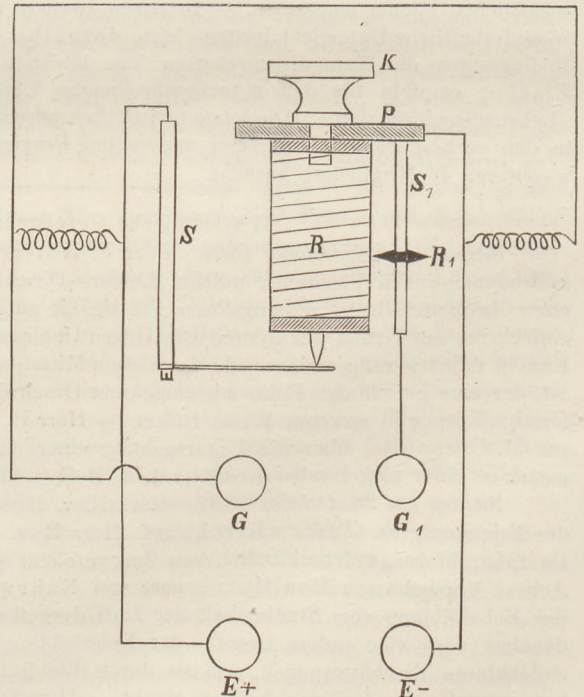


Fig. 2.

flächen eines Buchsbaumezylinders geklebt waren (Wied. Ann. XIX, 1883). Ueberdies waren 6 Leitungen und eine besondere Siemens'sche Brücke erforderlich. Bei dem in meinen Werkstätten construierten Bolometer sind statt der Stanniolstreifen Spiralen aus Kupferdraht ver-

wendet, die den Vorzug grösserer Empfindlichkeit haben; diese kann durch einen Concavspiegel noch erhöht werden. Messingdeckel dienen zum Schutz vor Windzug und strahlender Wärme. Im Innern des Apparats befindet sich ein kleiner Rheostat ( $R$ ) mit einer Laufrolle ( $R_1$ ), die durch Drehung eines Knopfes ( $K$ ) von aussen verschoben werden kann. Die Rückseite trägt vier Klemmen (die in der schematischen Figur nach unten verschoben sind);  $G$  und  $G_1$  werden mit dem Galvanometer,  $E-$  und  $E+$  mit einem kleinen Daniell- oder ganz kleinen Bunsen-Element verbunden. Der Strom geht von  $E+$  durch die Säule  $S$  und die Feder in das untere Ende des Rheostaten-drahtes  $R$ , durchläuft diesen, tritt in die feste Platte  $P$ , und von da nach  $E-$ . Der andere Stromkreis geht von  $E+$  durch die linke Spirale, dann in die rechte Spirale und nach  $E-$  zurück. Die Säule  $S_1$  und damit auch das Laufrad  $R_1$  ist mit  $G_1$  verbunden.

Der Apparat kann zu denselben Versuchen wie die Thermosäule dienen und besitzt bei richtiger Wahl des Elementes eine gleiche oder grössere Empfindlichkeit als diese.

### Linnemann's Leuchtgas-Sauerstoffgebläse und Zirkonlicht

von Franz Schmidt und Haensch in Berlin.

Die bisher angewendeten Knallgas-Brenner haben den Fehler, dass die Verbrennung der Gase schon innerhalb der Düse stattfindet, wodurch der Nutzeffekt der höchsten Temperatur ausserhalb der Brennerdüse natürlich sehr beeinflusst wird. Professor Linnemann hat diesem Mangel in erfolgreichster Weise abgeholfen. In Figur I ist der neue Brenner mit Stativ in  $\frac{1}{5}$  nat. Gr., in Figur II der Durchschnitt des Brenners in nat. Gr. dargestellt. — Das Leuchtgas tritt in den hohlen Raum der Düse, umkreist den Cylinder, welcher durch die Schraube  $c$  verstellbar ist und tritt aus der Düse aus. Der Sauerstoff strömt unter 15mal höherem Druck wie das Leuchtgas durch 4 Löcher in das Innere der Schraube  $c$  ein, um dann mit grosser Vehemenz aus der capillaren Durchbohrung  $D$  dieser Schraube zu entweichen. Die Schraube  $c$  dient für die Leuchtgas- und  $d$  für die Sauerstoff-Regulierung.

Die richtig normierte Flamme brennt völlig lautlos und zeigt ausserhalb der Düse eine Einschnürungsstelle, welche den heissesten Teil bildet; nur diese Stelle erzeugt, bei Betrachtung mit dem Spectral-Apparat, ein glänzendes Kohlenstoff-Spectrum. — Die Spectra der Alkalimetalle lassen sich mittelst dieser Flamme in grösster Reinheit und Vollkommenheit herstellen; es ist dazu erforderlich, dass der heisseste Theil der Flamme, der ein eigenes Spectrum hervorbringt, samt der darin befindlichen Salzperle abgeblendet und das Bild der Flamme mittelst einer Linse auf den Spalt projiziert wird. Die Abwesenheit eines continuierlichen Spectrums und der Ausschluss fremden Lichtes verschaffen dieser Lichtquelle für Spectralversuche einen ausserordentlichen Vorzug. So zeigt  $Li$  vier Linien auf ganz dunklem Grunde,  $Na$  fünf Doppellinien,  $Ka$  siebenundzwanzig deutliche Linien; überdies erscheint beim  $Ka$  der bis jetzt continuierlich gehaltene mittlere Teil des Spectrums in zahllose sehr feine und sehr nahe bei einander stehende Linien aufgelöst.

Derselbe Brenner ist auch für objektive Darstellungen und photographische Vergrösse-

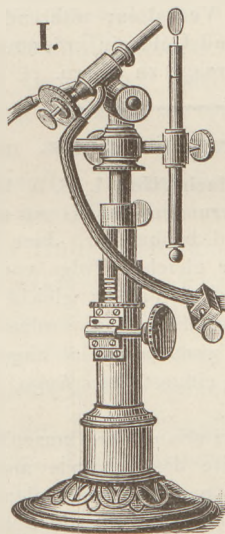


Fig. 1.

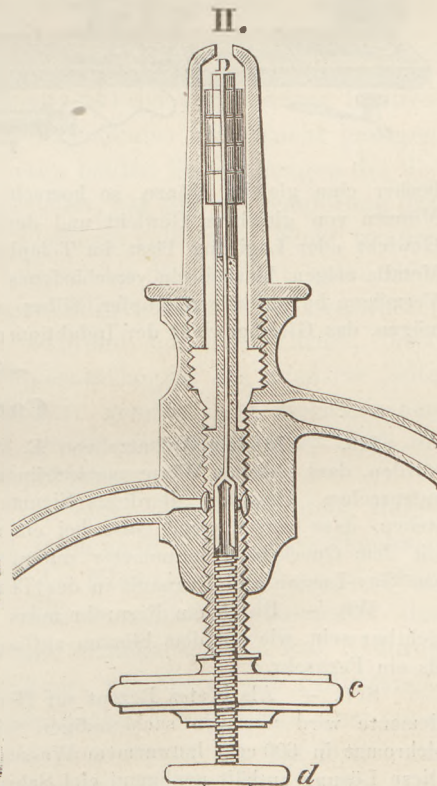


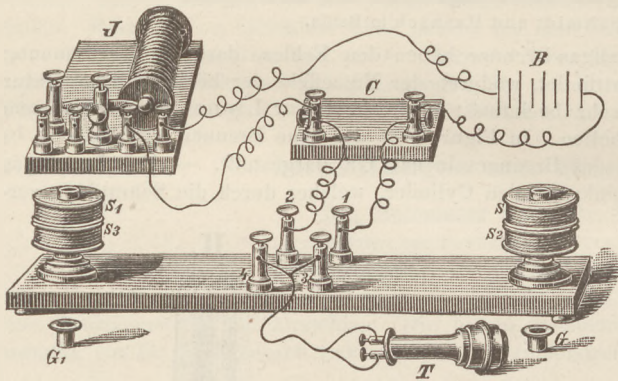
Fig. 2.

rungen verwendbar. Während Kalkeylinder und Magnesiumplatten in kurzer Zeit wegschmelzen, haben sich Plättchen aus Zirkonerde, in Platin gefasst, äusserst dauerhaft und für Hunderte von Malen brauchbar erwiesen. Sie bieten den Vorteil, dass nach geschickter Einstellung zur optischen Achse eines Apparates der leuchtende Punkt völlig unverändert bleibt. Zur kompletten Ausrüstung des Apparats für diesen Zweck gehört noch eine Laterne mit 2 Beleuchtungslinsen, ein Gasometer (oder Gummisäcke) und eine kupferne Retorte zur Darstellung des Sauerstoffs.

### Induktionswaage nach Hughes

von E. Leybold's Nachfolger in Cöln.

Im wesentlichen besteht der Apparat aus zwei auf einem Grundbrette befestigten hohlen Cylindern, welche auf ihren Aussenseiten je ein paar Drahtspulen tragen. Die Spulen sind so gewickelt, dass die Induktionswirkungen derselben aufeinander vollständig ausgeglichen sind. Das obere Rollenpaar wird durch ein Telephon zu einem Stromkreise verbunden. Das untere Rollenpaar ist in den Stromkreis einer Batterie von 4–6 Leclanché-Elementen einzuschalten, in dem sich ausserdem noch ein Condensator (C) und ein kleiner Induktionsapparat (I) befindet, der als Stromunterbrecher dient. Sobald dieser in Thätigkeit tritt, hört man im Telephon kein Geräusch. In die beiden Cylinder, welche die Spulen tragen, werden zwei kleine Holzbecher G, G<sub>1</sub> geschoben. Bringt man in den einen derselben ein kleines Stück Metall, etwa eine Münze, so wird das Gleichgewicht in den Spulen gestört, und im Telephon tritt je nach Grösse der Münze ein lebhaftes Geräusch auf. Bringt man dann in den andern Holz-



becher eine gleiche Münze, so herrscht wieder Stille im Telephon, vorausgesetzt, dass beide Münzen von gleichem Gewicht und derselben Legirung sind. Der aller kleinste Unterschied in Gewicht oder Legirung lässt im Telephon schon ein Geräusch vernehmen. Die verschiedenen Metalle zeigen hierbei ein verschiedenes Verhalten; während Blei und Nickel ein geringeres Vermögen haben, zeigen Kupfer, Silber und Gold ein grösseres, Eisen dagegen das grösste Vermögen, das Gleichgewicht der Induktionswaage zu stören.

Bringt man dann in den andern Holz-

### Correspondenz.

MR. — In dem Aufsätze von E. Mach (Heft I, S. 5, letztes Alinea) ist nicht behauptet worden, dass gleichen Wärmezustandsänderungen eines Gases sehr nahe gleiche Volumänderungen entsprechen. Dies hat allerdings Niemand beobachtet. Jene Stelle ist offenbar nur so zu verstehen, dass verschiedene Gase bei einer gleichen Folge von Wärmezuständen (die man etwa mit dem Quecksilberthermometer untersucht) nahezu gleiche Volumänderungen erfahren, wie von Gay-Lussac und Regnault in der That beobachtet worden ist.

WR. — Durch ein Fernrohr muss, wenn es auf  $\infty$  eingestellt ist, ein Regenbogen ebenso sichtbar sein, wie mit dem blossen auf  $\infty$  eingestellten Auge. Dieses ist ja auch nichts anderes als ein Fernrohr.

SCH. — Als bestes Rezept zur Herstellung der Bunsen'schen Flüssigkeit für Chromsäureelemente wird uns von sachkundiger Seite das folgende angegeben: Man löse 30 g Kaliumbichromat in 300 cem lauwarmem Wasser und füge nach dem Erkalten 40 cem Vitriolöl hinzu. Diese Lösung enthält genügend viel Schwefelsäure für die Reaktion:

