Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

II. Jahrgang. **Februar 1889.** Drittes Heft.

Der Atom- und Molekülbegriff im chemischen Unterricht.

Von
Prof. Dr. **E. Loew** in Berlin.

Über die Notwendigkeit, die in der Überschrift genannten Begriffscomplexe im chemischen Schulunterricht nach einem sorgfältig durchdachten Plane einzuführen und von rein experimenteller Grundlage aus zu entwickeln, dürfte kaum ein Zweifel herrschen. Dagegen erscheinen die Ansichten darüber keineswegs geklärt, zu welchem Zeitpunkt des Lehrganges und in welcher Stufenfolge diese Einführung vorzunehmen sei. Während Roscoe in seinem bekannten Elementarbuche die genannten Begriffe als zu abstrakt überhaupt nicht verwendet, sondern den gesammten Unterrichtsgang so anordnet, dass die Einsicht in die Constanz der sich verbindenden Stoffgewichtsmengen und damit in den Ausgangspunkt der chemischen Atomistik den Schlussstein des Ganzen[1]) bildet, halten andere Autoren von Leitfäden oder Lehrbüchern wie Lorscheid[2]), Zängerle[3]), Krebs[4]) u. a. schon in der dem systematischen Unterricht vorauszuschickenden Einleitung den Atom- und Molekülbegriff für unentbehrlich und suchen denselben durch mehr oder weniger methodisch geordnete Versuchsreihen, unter welchen die elektrolytische Zerlegung des angesäuerten Wassers eine Hauptrolle spielt, dem Anfänger zu verdeutlichen. In dem mit Recht geschätzten Leitfaden der Chemie von Rüdorff[5]) führen die ersten grundlegenden Versuche (Vereinigung von Fe und S, Zersetzung von HgO, Zerlegung von HgS durch Fe) sofort auf die Constanz der Verbindungsgewichte, deren auf dieselbe Einheit bezogenen Verhältniszahlen für die Formulierung der Stoffumsetzungen als Ausdruck des Thatsächlichen etwa im Sinne Gmelins so lange benutzt werden, bis durch Vergleichung der Volum- und Gewichtsverhältnisse gasförmiger Stoffe eine schärfere Fassung des Molekül- und Atombegriffs zur Darlegung gelangen kann. Dies geschieht bei Rüdorff erst in der Einleitung zur organischen Chemie, in der unter Anknüpfung an den historischen Entwicklungsgang dieser Disciplin die Dampfdichten gasförmiger Elemente und Verbindungen mit deren Verbindungsgewichten verglichen und dabei Quotienten erhalten werden, welche für die gasförmigen Elemente eine constante Zahl, für ebensolche Verbindungen das Doppelte derselben Zahl darstellen. Hiernach wird[6]) das Molekulargewicht

[1]) Naturwissenschaftliche Elementarbücher. Chemie von H. E. Roscoe. 4. Aufl. (1886.) S. 110—121.

[2]) J. Lorscheid. Lehrbuch der anorganischen Chemie. 11. Aufl. Bearb. v. H. Hovestadt. (1887.) S. 5—12.

[3]) M. Zaengerle. Grundriss der anorganischen Chemie. 3. Aufl. (1886.) S. 19—26.

[4]) G. Krebs. Leitfaden für den wissenschaftlichen Unterricht in der Chemie. Erster Kursus. 5. Aufl. (1887.) S. 10—15.

[5]) Fr. Rüdorff. Grundriss der Chemie u. s. w. 9. Aufl. (1888.) S. 2—9.

[6]) Ebenda. S. 193.

einer Verbindung definiert als „diejenige Gewichtsmenge, welche im gasförmigen Zustande den Raum zweier Verbindungsgewichte Wasserstoff einnimmt.“ Die in der anorganischen Chemie bereits verwandten und ohne nähere Begründung mit dem Atomgewicht identifizierten Verbindungsgewichte werden jetzt dadurch erhalten, dass die Volumgewichte der betreffenden Elemente auf die Einheit Wasserstoff umgerechnet und hierbei — wenigstens für eine Reihe von Elementen — Zahlen erhalten werden, für welche das Volumgewicht gleich dem Atomgewicht sich ergiebt. Das Atom eines Elements würde hiernach als diejenige Gewichtsmenge erscheinen, welche im gasförmigen Zustande „den Raum eines Verbindungsgewichtes Wasserstoff“ einnimmt, welche Definition aber den bekannten s. g. Ausnahmefällen bei *P*, *As* u. s. w. gegenüber nicht haltbar ist und daher in dem Rüdorff'schen Buche auch vermieden wird. Die zuerst von A. W. Hofmann in seiner Einleitung in die moderne Chemie benutzten Liter-Schemata werden von Rüdorff nur zur Verdeutlichung der Typen verwendet, aus welchen „durch Vertretung ihrer Bestandteile durch äquivalente Mengen anderer Elemente oder zusammengesetzter Radikale“ die verschiedenen chemischen Verbindungen ableitbar erscheinen. Den hier auftretenden und mit dem Verbindungsgewicht auch historisch zusammenhängenden Äquivalentbegriff führt Rüdorff bereits bei Gelegenheit der Einwirkung von *Na* auf Wasser[7]) ein, wie es der Unentbehrlichkeit desselben für das Verständnis der Salzbildung, der Basicität von Säuren u. a. m. entspricht. Die Weiterentwicklung des Valenzbegriffes in den Strukturformeln als Ausdruck für die Art der Atombindung wird in der organischen Chemie an das thatsächliche Vorkommen bestimmter Isomeriefälle geknüpft; das Gesetz der constanten Atomwärme gelangt bei der Bestimmung einiger Atomgewichte zur Benutzung, über deren Zahlenwert bei älteren Formeln einige Fingerzeige[8]) gegeben werden. Das periodische System der Elemente endlich kommt bereits am Schlusse des anorganischen Kursus zur Darlegung, obgleich auf dieser Stufe nach dem Lehrgange des Rüdorff'schen Buches eine scharfe Formulierung des Atombegriffs noch fehlt und auch die Methoden der Atomgewichtsbestimmung unerörtert bleiben.

Bei aller Anerkennung für den von Rüdorff bezüglich der Begriffe Verbindungsgewicht, Äquivalent, Atom- und Molekulargewicht entwickelten Gedankengang, in welchem als die am meisten charakteristischen Züge strenges Betonen der experimentell ermittelten Thatsachen im Gegensatz zu allem Hypothetischen, sowie möglichste Anlehnung an die historische Aufeinanderfolge der chemischen Theorieen zu rühmen sind, fragt es sich doch, ob jene Entwickelung bei ihrer auf mehrere Unterrichtssemester zu verteilenden Darlegung die nötigen Begriffsmomente in einem derartigen logischen und sachlichen Zusammenhange zu bieten vermag, dass der Schüler von der Richtigkeit der vorgetragenen Anschauungen überzeugt wird. Als der empfindlichste Mangel der Rüdorff'schen Gedankenfolge erscheint die Umgehung eines allgemeinen Prinzipes, aus welchem heraus ein haltbarer Atom- und Molekülbegriff gewonnen werden kann, wie es in historischer Entwicklung[9]) aus dem Satze von Avogadro geschehen ist, der als eine wichtige Folgerung der mechanischen Wärmetheorie überdies auch im physikalischen Unterrichte kaum übergangen werden kann. Nun wäre es aus naheliegenden Gründen

[7]) Ebenda. S. 23.

[8]) Ebenda. S. 199.

[9]) Vgl. Ladenburg, Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie. (1869.) S. 64—66.

allerdings verkehrt, denselben an die Spitze des ganzen Lehrganges stellen zu wollen. Dementsprechend versuchen hervorragende Methodiker wie Arendt[10]) in seinem methodischen Lehrgange und Wilbrand[11]) in seinem Leitfaden für den methodischen Unterricht in der anorganischen Chemie vermittelnde Wege einzuschlagen, die hier behufs weiterer Verständigung zunächst kurz charakterisiert werden mögen.

Arendt stellt in seinem synthetisch aufgebauten Lehrgange die chemischen Vorgänge zunächst — bis Lektion 36 — vorwiegend von rein qualitativer Seite dar und benutzt auch die Symbole zuerst nur in diesem Sinne; jedoch nimmt er bereits bei Gelegenheit eines Experiments mit verbrennendem Magnesium (in Lekt. 8), sowie bei dem bekannten Versuch mit der an die Wage gehängten, brennenden Kerze (in Lekt. 11) auf das Gewicht der sich verbindenden Stoffe Rücksicht. Nach Erwerb einer breiteren Basis von chemischen Grundvorstellungen wird der Schüler (in Lekt. 37—39) in die Atomlehre eingeführt, wobei die Volumverhältnisse der Salzsäure und des Wasserdampfes (in Lekt. 36) im Verein mit dem Gesetz der constanten Gewichtsverhältnisse zum Ausgangspunkt genommen werden. „Die Individualität aller chemischen Verbindungen — so heisst es an der betreffenden Stelle[12]) des Lehrganges — die Nichterkennbarkeit ihrer verschiedenartigen Bestandteile bei stärkster Vergrösserung zwingt zu der Annahme, dass sich die Stoffe im Momente der chemischen Reaktion in kleinste Teilchen, deren Dimensionen die äussersten Grenzen der Wahrnehmbarkeit überschreiten, auflösen und dann Teilchen für Teilchen mit einander verbinden. Die (zweite) Thatsache: Constanz der Gewichts- und Volumverhältnisse zwingt zu der weitergehenden Annahme, dass jene kleinsten Teilchen ein bestimmtes Gewicht und Volum besitzen und sich überdies nur in bestimmter Anzahl mit einander verbinden, z. B. 1 mit 1, 1 mit 2 u. s. w. Diese Annahme schliesst die Voraussetzung einer begrenzten Teilbarkeit der Materie ein (Erläuterung durch triviale, der sinnlichen Vorstellungswelt entlehnte Beispiele)“. Auf die hier citierte Anweisung zur Einführung in die Atomlehre folgt die Definition des Atoms als eines kleinsten Teilchen einer Verbindung. Nach dem Hinweis auf die blosse Relativität der Atomgewichte wird dann die Frage diskutiert, ob die Grösse der verschiedenen Elementaratome als gleich oder ungleich, d. h. z. B. das Sauerstoffatom halb so gross als das Wasserstoff- oder Chloratom anzunehmen sei, und die erstere Vorstellung als die gegenwärtig herrschende definitiv festgehalten, was in folgender Regel ausgesprochen wird: „Alle Atomgewichte (mit vier Ausnahmen) sind so gewählt, dass die durch sie ausgedrückten Gewichtsmengen im Gaszustand denselben Raum einnehmen wie ein Gewichtsteil Wasserstoff“. Dann folgt eine nur von Formeln ausgehende Betrachtung der multiplen Verbindungen, sowie (in Lekt. 40) eine ebensolche über Valenz, wobei durch Vergleichung von Formelreihen wie: CO_2, CS_2, CCl_4 — CaO, CaS, $CaCl_2$ — u. s. w. der Satz gefunden wird, dass die atombindende Kraft der Elemente C und Ca gegen O und S gleich, gegen Cl doppelt so gross ist. Hieraus ergiebt sich dann der Begriff der Wertigkeit oder Valenz als atombindender Kraft und die Gruppierung der Elemente nach derselben, sowie die Symbolisierung der Atombindungen in den Strukturformeln. Erst nach Erörterung aller dieser theoretischen

10) R. Arendt. Methodischer Lehrgang der Chemie. Halle a./S. 1887.

11) F. Wilbrand. Leitfaden u. s. w. 5. Aufl. Hildesheim. 1886.

12) Arendt, a. a. O. S. 57.

Dinge sollen eingehende stöchiometrische Berechnungen (in Lekt. 45—46) vorgenommen werden.

Die Schwächen dieser Behandlungsweise des Atom- und Molekülbegriffs liegen auf der Hand. Auch hier wird der Avogadrosche Satz dadurch umgangen, dass Ausnahmen für zulässig gehalten werden, und die gegenwärtig angenommenen Atomgewichte als nur conventionelle Werte erscheinen. Es fehlt ferner eine experimentelle, vor Einführung der Atomlehre vorzunehmende Begründung des Äquivalentbegriffs, der aus einer blossen Betrachtung von Formeln nur rein äusserlich ableitbar ist. Endlich muss es dem Schüler nach dem Arendtschen Lehrgange undeutlich bleiben, wie die Atomgewichte von Elementen gefunden worden sind, deren Dichten im Gaszustande nicht bestimmbar sind, so dass man das Gewicht ihres Dampfes nicht mit dem eines gleichen Volums Wasserstoff zu vergleichen vermag.

Wesentlich abweichend von Arendt verfährt Wilbrand bei der Ableitung des Molekül- und Atombegriffs. In dem von letzterem ausgearbeiteten Lehrgang, der in einen methodisch-analytischen Vorkursus und einen den Stoff systematisch zusammenfassenden Abschnitt zerfällt, treten quantitative Bestimmungen häufiger und früher auf, als bei erstgenanntem Autor. Im Anschluss an den Nachweis, dass die bei der Verbrennung gebildete Metallasche schwerer ist, als das vorher vorhandene Metall, und nach der bereits in einer der ersten Lehrstunden vorgenommenen elektrolytischen Zerlegung des Wassers (resp. der verdünnten Schwefelsäure) wird bereits im fünften Lehrabschnitt eine zusammenhängende Betrachtung über Verbindungsgewichte angestellt, bei welcher durch Wägungsversuche aus der Zerlegung von HgO, der Reduktion von CuO durch H, der Oxydation von Zn zu ZnO, der Zerlegung von HgS durch Cu, der Vereinigung von Fe und S zu FeS, der Oxydation von S zu SO_2 u. s. w. zunächst die Verbindungsgewichte von Hg, O, Cu, Zn, S, sowie die Formeln FeS, SO_2 etc. bestimmt werden; zu bemerken ist hierbei, dass im Unterricht die hierzu nötigen quantitativen Bestimmungen keineswegs vollständig ausgeführt, sondern nur angedeutet werden können. Zu sämmtlichen vorgeführten Processen werden ergänzende stöchiometrische Übungsaufgaben gestellt. Ein Vergleich der erhaltenen Verbindungen H_2O, ZnO, FeO — H_2S, ZnS, FeS etc. zeigt dann, dass Schwefel und Sauerstoff, Wasserstoff und die Metalle sich gegenseitig vertreten können. Nach der im nächsten Lehrabschnitt vermittelten Bekanntschaft des Schülers mit Natrium, Natron, Chlor, $NaCl$ und andern Na-Verbindungen, sowie mit den Chlorverbindungen von Zink und Eisen werden auch hier wieder die Verbindungsgewichte und Formeln durch besondere Gewichtsversuche bestimmt. Aus der Thatsache, dass auf ein Verbindungsgewicht Chlor (35,5) genau halb so viel Gewichtsteile Zink (32,5) oder Eisen (28) kommen als sich mit 16 Gewichtsteilen oder 1 Verbindungsgewicht Sauerstoff vereinigen, sowie aus der analogen Thatsache, dass sich 23 Gewichtsteile Na mit 1 Verbindungsgewicht Cl, aber 46 Teile Na mit 1 Verbindungsgewicht O vereinigen, wird das Gesetz gefunden, dass „die Elemente sich nach dem Verbindungsgewicht oder nach einem einfachen Multiplum desselben verbinden“. Hieran schliesst sich die Diskussion der für den Anfänger sehr wichtigen Frage, ob z. B. bei Zink die grössere (65) oder kleinere (32,5) Zahl als Verbindungsgewicht anzunehmen sei. Die sich hieraus ergebenden verschiedenen Formeln ein und derselben Verbindung werden aufgestellt. Als Grund weshalb man sich für die grössere Zahl zu entscheiden hat, wird die Rücksicht auf physikalische Beziehungen angegeben. Gleichzeitig geben die vorgeführten Versuchsreihen Gelegenheit zu dem Nachweis, dass ein Volum oder

Verbindungsgewicht Sauerstoff einen doppelt so grossen Wirkungswert hat, als ein Verbindungsgewicht Chlor oder mit andern Worten, dass der Sauerstoff dem Chlor gegenüber zweiwertig, Natrium und Wasserstoff dagegen einwertig sind. Schliesslich wird aus dem Vorkommen des schwefelsauren Natrons mit 126 oder 180 Gewichtsteilen Wasser auch eine allgemeine Quantitätsbeziehung für sich aneinander lagernde Verbindungen erschlossen. In weiterem Verlaufe des Lehrganges werden überall die neu in den Kreis der Betrachtung eingeführten Elemente und Verbindungen nach Verbindungsgewicht und Symbol in ähnlicher Weise wie früher diskutiert und damit eine vielseitige Übung im stöchiometrischen Rechnen verbunden, bis endlich am Schlusse des Vorkursus, der bereits einen Überblick über die wichtigsten Processe der anorganischen Stoffe gewährt, die „Atomtheorie" (im 18. Lehrabschnitt) in zusammenhängender Darstellung auftritt. Dieselbe wird auf die vier bekannten Sätze von der Constanz der wirksamen Stoffmengen (Constanz der Gewichtsverhältnisse bei der einzelnen chemischen Verbindung, Verbindung verschiedener Elemente nach demselben Gewichte oder einem Multiplum desselben, Gesetz der multiplen Proportionen, Additionssatz der Verbindungsgewichte) begründet, und dann vor Einführung des Satzes von Avogadro bereits eine Definition von Atom (kleinstes in chemische Verbindung tretendes Teilchen) und Molekül (kleinstes Teilchen einer Verbindung) gegeben, wobei der später wieder umgestossene Satz aufgestellt wird, dass „ein Molekül wenigstens aus 2 Atomen bestehen" müsse (vgl. *Hg, Zn, Cd*). Weiter wird gezeigt, dass für die Bestimmung der Molekular- und Atomgewichte besonders das specifische Gewicht der Gase und die specifische Wärme der festen Körper von Bedeutung sind. Jetzt erst wird aus physikalischen Gründen der Satz von Avogadro allgemein ausgesprochen und die Regelmässigkeiten in den Volumbeziehungen sich verbindender Gase als Folgerung desselben hingestellt. Nun ist es möglich auch eine Definition vom Molekül eines einfachen Gases zu geben. Als weitere Folgerung aus dem Avogadroschen Satze wird dann die Proportionalität von Molekulargewicht und Volumgewicht, sowie die Bestimmung des Atomgewichts als Hälfte des Molekulargewichts abgeleitet. Hierauf gelangen die vier Ausnahmefälle (*P, As, Hg, Cd* — *Zn* fehlt) zu kurzer Erörterung, desgl. die Methode, durch welche man für Elemente, die im Gaszustande nicht bekannt sind, aus der Dampfdichte ihrer flüchtigen Verbindungen das Atomgewicht feststellt. Endlich wird das Gesetz von Dulong und Petit, sowie der Isomorphismus als Hilfsmittel der Atomgewichtsbestimmung herbeigezogen. Eine Hindeutung auf die verschiedene Wertigkeit der Elemente und zusammengesetzter Radikale beschliesst den theoretischen Abschnitt dieses Wilbrand'schen Lehrganges.

Verbinden wir mit einer Kritik desselben zugleich eine Zusammenfassung derjenigen Momente, in welchen das Lehrverfahren der oben genannten Methodiker in Bezug auf die Behandlungsweise des Atom- und Molekülbegriffs annähernde Übereinstimmung zeigt, so muss vor allem hervorgehoben werden, dass sie diese Begriffe aus den thatsächlich beobachteten Gewichts- und Volumbeziehungen heraus erst auf einer Lehrstufe entwickeln, in welcher der Kreis der chemischen Erfahrungen auf Seite des Schülers bereits einen gewissen Umfang erreicht hat. Das von anderer Seite beliebte Verfahren, diese Begriffe schon vor Beginn des systematischen Unterrichts zu erörtern, verdient daher wohl mit Recht Zurückweisung. Der Lehrgang im Einzelnen hat bei Anlehnung an die methodischen Feststellungen von Wilbrand und Arendt etwa folgende Stufen zu durchlaufen, die ich nur aphoristisch andeuten will: Zunächst rein qualitative Auffassung der chemischen

Vorgänge, dann Eintritt des Quantitätsbegriffes d. h. Bestimmung des Gewichts und bei gasförmigen Körpern wie H und O auch des Volums der reagierenden Stoffmengen — Feststellung einzelner Verbindungsgewichte, in weiterer Folge auch der Verbindungsverhältnisse nach mehrfachen Proportionen — Ausdruck dieser Quantitätsbeziehungen in Formeln und Feststellung letzterer an einzelnen Beispielen — Möglichkeit verschiedener Verbindungsgewichte für denselben Stoff — Entscheidung für bestimmte Zahlen (die späteren Atomgewichte) — Wertigkeit der Elemente. — Schliesslich: Atomtheorie mit sorgfältiger Unterscheidung des thatsächlich Beobachteten und des auf Schlussfolgerungen begründeten Theoretischen. Dass die hier kurz skizzierte Stufenfolge von Begriffen in sehr verschiedener Weise auf den gesamten chemischen Lehrgang verteilt und auch durch dieses oder jenes Experiment im Einzelnen noch besser veranschaulicht werden kann, als es bei Arendt oder Wilbrand geschieht, steht ausser Frage. Trotzdem erscheint der von ihnen eingeschlagene Gedankengang im ganzen als empfehlenswert. Nach meiner Ansicht passt sich das Verfahren Wilbrand's dem wirklichen Unterrichtsbedürfnis mehr an, während das von Arendt das wissenschaftliche Ziel des Unterrichts schärfer im Auge behält. Jenes fordert die fortwährende Selbstthätigkeit des Lernenden mehr heraus, dieses giebt ihm im Fall wirklicher Erfassung des Dargebotenen einen umfassenderen Gesichtskreis. Oft wird es daher von Specialerwägungen abhängen, ob bei Einführung in den Atom- und Molekülbegriff diese oder jene Lehrweise mehr betont wird.

In zwei wichtigen Punkten scheinen mir jedoch weder Arendt noch Wilbrand das Richtige zu treffen, so dass ich die Aufmerksamkeit der Fachgenossen gerade auf diese lenken möchte; ich meine einerseits die Behandlungsweise des Äquivalentbegriffs, andererseits die logische Begründung der Atom- und Molekültheorie.

Nach meinen in der Unterrichtspraxis gemachten Erfahrungen bedarf zunächst der Begriff des Äquivalents einer ebensolchen experimentellen Begründung wie jeder andere chemische Allgemeinbegriff. Erinnert man sich daran, dass in der historischen Entwicklung der Chemie die von Richter[13]) aufgefundene Äquivalenz der Metalle bei Fällung derselben in Salzlösungen durch andere Metalle, sowie die ihm gleichfalls zu verdankende Kenntnis einer constanten Quantitätsbeziehung gewisser Säure- und Basismengen bei deren Neutralisation, sogar der Aufstellung der atomistischen Theorie durch Dalton vorausging und bedenkt man ferner, dass in der von Arendt und Wilbrand hinsichtlich des Valenzbegriffes eingeschlagenen Methode der blossen Formelvergleichung eine die Grundrichtung des experimentellen Unterrichts verkennende Tendenz sich ausspricht, so erscheint es wohl gerechtfertigt, auch für diesen Punkt einige direkt ableitende Versuche zu verlangen. Allerdings setzt das Verständnis derselben bereits ein gewisses Maass von Vorkenntnissen voraus, jedoch keineswegs mehr, als im Laufe des ersten Unterrichtshalbjahres zu erreichen ist. Empfehlenswert erscheint zunächst die Ausfällung von metallischem Cu aus $Cu\,SO_4$-Lösung, von Pb aus $Pb\,N_2\,O_6$, von Ag aus $Ag\,NO_3$ durch gewogene Streifen von Zink- und Eisenblech, so dass die ausgefällten Metallmengen, deren quantitative Bestimmung mindestens angedeutet werden muss, in beiden Fällen miteinander verglichen und auf bestimmte Äquivalentzahlverhältnisse gebracht werden können. Die Umrechnung derselben auf diejenige Zink- oder Eisenmenge, welche einem Verbindungsgewicht O (= 16) entspricht, führt dann auf die Notwendigkeit 2 Ver-

[13]) Vgl. Ladenburg a. a. O. S. 52—55.

bindungsgewichte Ag gleich 1 Verbindungsgewicht Cu, Pb u. s. w. oder 1 Äq. $Cu = 1/2\,Cu$, 1 Äq. $Pb = 1/2\,Pb$ u. s. w. zu setzen, d. h. auf den Begriff der Äquivalenz. Hierbei darf nicht unterlassen werden, auch auf das Auftreten äquivalenter Stoffquanta bei Zersetzungen durch den elektrischen Strom hinzuweisen (Gesetz von Faraday). Zur Erläuterung der Äquivalenz von Säure und Basis empfiehlt sich das auch von Arendt[14]) eingeschlagene Verfahren einige Lösungen mit Normal-Titer von Oxalsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, sowie von $HNaO$ und HKO zusammenzustellen, mit denen dann die Äquivalenz z. B. von $2\,HCl$ gegen H_2SO_4, sowie von H_2SO_4 gegen $2\,HNaO$ durch Hilfe von Lakmustinktur sich leicht erweisen lässt. Wenn derartige Versuche der Begründung des Valenzbegriffes vorausgehen und nicht erst, wie Arendt vorschreibt, nach Einführung der Atomlehre vorgenommen werden, lässt sich jedenfalls ein besserer Ausgangspunkt für die Äquivalenz gewinnen, als ihn die Betrachtung und Vergleichung blosser Formeln gewährt.

Was den zweiten Punkt, die logische Begründung des Atom- und Molekülbegriffs betrifft, so vermisst man in den oben näher ausgeführten Darstellungen ein consequentes, von den Thatsachen ausgehendes Schlussverfahren, dessen logische Notwendigkeit auch dem Anfänger einleuchtet und die Atom- und Molekültheorie gegen den Vorwurf conventioneller Willkür schützt. In Folgendem erlaube ich mir den Entwurf einer derartigen Gedankenverknüpfung den Fachgenossen zur Begutachtung vorzulegen, indem ich hoffe, dass sie mit ihren Bedenken gegen denselben nicht zurückhalten werden. Selbstverständlich ist ein derartiger Gedankengang nur für reifere Schüler berechnet und setzt eine ähnliche oder dieselbe experimentelle Grundlage voraus, wie sie bereits von Wilbrand und Arendt der chemischen Atomtheorie für die Zwecke des Schulunterrichts gegeben wurde.

Die oben erwähnten, aus der Erfahrung abgeleiteten Sätze über die Constanz der wirksamen Stoffmengen finden ihre einfachste Erklärung durch die Annahme, dass die Stoffe aus Teilchen von bestimmtem, unveränderlichem Gewicht[15]) zusammengesetzt sind, und dass die Verbindung erfolgt, indem sich ein oder mehrere Teilchen des einen Stoffes mit einem oder mehreren Teilchen des andern vereinigen. Es ist nun die Frage, ob man aus den durch Gewichtsanalyse festgesetzten Verbindungsgewichten einen Schluss auf die Gewichtsverhältnisse der Teilchen selbst ziehen kann.

Angenommen es wäre möglich, die einfachsten Verbindungsgewichte a und b zweier Elemente A und B — z. B. Schwefel und Eisen — anzugeben, d. h. diejenigen, nach welchen die beiden Stoffe zusammentreten, wenn je ein Teilchen von A mit je einem Teilchen von B sich verbindet, dann müsste das Verhältnis der Verbindungsgewichte auch das Verhältnis der Gewichte zweier Teilchen von A und B sein. Zugleich ist damit ausgesprochen, dass bei der Bildung der Verbindung AB (Schwefeleisen) stets eine gleiche Anzahl von beiderlei Teilchen zusammentreten wird, sobald die Stoffe sich gerade im Verhältnis jener einfachsten Verbindungsgewichte vereinigen. Wäre z. B. die Zahl der sich verbindenden Teilchen von A und B gleich x, so würden sich dem Gewichte nach verhalten

$$x \text{ Teilchen von } A : x \text{ Teilchen von } B \text{ wie } a:b$$
$$\text{oder auch } 1 \text{ Teilchen von } A : 1 \text{ Teilchen von } B \text{ wie } a:b.$$

14) Arendt a. a. O. S. 87—92 und S. 122—126.

15) Über die Teilbarkeit oder Unteilbarkeit dieser Stoffteilchen wird vorläufig nichts festgesetzt.

Durch die Gewichtsanalyse allein lässt sich die Bestimmung dieser einfachsten Verbindungsgewichte nicht ausführen, da wir nicht wissen können, ob die empirisch gefundenen kleinstmöglichen Verbindungsgewichte wirklich den Gewichten der bei der Reaktion zusammentretenden Stoffteilchen entsprechen.

Jedoch liefern uns die Gase ein Mittel, unter gewissen weiteren Voraussetzungen eine Bestimmung der einfachsten Verbindungsgewichte zu treffen. Vereinigen sich zwei Gase — z. B. H und Cl — in dem Volumverhältnis von 1 : 1 und wird angenommen, dass in diesem Fall die Zahlen 1 und 35,5 zugleich die einfachsten Verbindungsgewichte dieser Elemente seien, so wird die Zahl der in gleichem Volum beider Gase vorhandenen Teilchen bei der Vereinigung die gleiche sein müssen. Dann verhalten sich nämlich dem Gewichte nach

x Teilchen in 1 Volum H : x Teilchen in 1 Volum Cl wie 1 : 35,5
oder auch 1 Teilchen (= 1 Volum) H : 1 Teilchen (= 1 Volum) Cl wie 1 : 35,5.

Da wir das Gewichtsverhältnis von 1 Volum H zu 1 Volum Cl aus dem bekannten specifischen Gewichte dieser beiden Gase unabhängig von jeder sonstigen Annahme bestimmen können, so muss sich in unserem Falle auch das Gewicht von 1 Teilchen H zu dem von 1 Teilchen Cl wie 0,0692 : 2,45 d. h. wie die specifischen Gewichte dieser Gase verhalten. Da die Gewichte der einzelnen Teilchen aber auch im Verhältnis der Verbindungsgewichte stehen sollen, so müssten, wenn unsere Überlegung richtig ist, die relativen Gewichte der sich vereinigenden Stoffteilchen in zwei einfachen Gasen sich wie die Dichtigkeiten derselben verhalten. In der That existiert nun eine derartige Beziehung für die Mehrzahl der gasförmigen Elemente.

Zu näherer Prüfung unserer Annahme haben wir jetzt auch die Zusammensetzung der entstehenden Verbindung aus einer bestimmten Anzahl von Stoffteilchen ins Auge zu fassen. In dieser Beziehung sind zwei Fälle denkbar: entweder vereinigen sich

x Teilchen von A mit x Teilchen von B zu x Teilchen der Verbindung AB,

oder es könnte Spaltung der Teilchen im Moment der Vereinigung in m kleinere Teilchen eintreten, so dass sich

x Teilchen von A mit x Teilchen von B zu mx Teilchen der Verbindung AB

vereinigten und demnach 1 Teilchen der Verbindung AB aus $^1/_m$ Teilchen von A und $^1/_m$ Teilchen von B bestände. Die erstere Annahme wurde in der That von Dalton[16]), die zweite von Avogadro gemacht. Jene setzt Unteilbarkeit der sich verbindenden Stoffteilchen voraus, diese nimmt an, dass die in den ursprünglichen Stoffen A und B frei vorhandenen Teilchen sich in kleinere Teilchen zu spalten vermögen, welche nur im Momente der Vereinigung auftreten. Nennen wir die letztere Art der Teilchen Atome, die vor und nach der Reaktion frei vorhandenen Teilchen aber Moleküle und nehmen mit Avogadro aus bekannten physikalischen Gründen an, dass die Zahl der frei vorhandenen Moleküle — nicht etwa auch die der Atome — in gleichem Volum verschiedener Gase immer die nämliche sei, so ergiebt sich mit Rücksicht auf das thatsächliche Volumverhältnis bei der Vereinigung gasförmiger Stoffe, die sich wie H und Cl in ihrem Volum addieren, folgende Beziehung:

$$\underset{(1\ \text{Vol.})}{x\ \text{Moleküle}\ H} + \underset{(1\ \text{Vol.})}{x\ \text{Moleküle}\ Cl} = \underset{(2\ \text{Vol.})}{2x\ \text{Moleküle}\ HCl}$$

[16]) Ladenburg a. a. O. S. 58.

In diesem Falle muss also die Spaltung der Moleküle in $m = 2$ Teile erfolgt sein oder mit anderen Worten: 1 Mol. HCl aus $1/2$ Mol. = 1 Atom H und $1/2$ Mol. = 1 Atom Cl bestehen. Setzen wir den Raum, welchen 1 Mol. HCl einnimmt, gleich 2, so nimmt 1 Atom H oder 1 Atom Cl das Volum 1 ein.

Für die Vereinigung von H und O, sowie ihnen gleichwertigen Elementen gilt die thatsächliche Beziehung: 2 Vol. H + 1 Vol. O = 2 Vol. H_2O. Demnach ergeben in diesem Falle:

$$\underset{(2\text{ Vol.})}{2x \text{ Moleküle } H} + \underset{(1\text{ Vol.})}{x \text{ Moleküle } O} = \underset{(2\text{ Vol.})}{2x \text{ Moleküle } H_2O}$$

Hier besteht, wie aus Division mit $2x$ hervorgeht, 1 Mol. Wasserdampf aus 1 Mol. H und $1/2$ Mol. O oder da auch consequenterweise eine Spaltung des Sauerstoffmoleküls in 2 Atome wahrscheinlich ist, aus 2 Atomen H und 1 Atom O (= 1 Volum). Ganz ähnliche Betrachtungen gelten für Elemente wie H und N, die sich bei der Vereinigung von 4 Vol. auf 2 Volume condensieren. Ausdrücklich ist zu bemerken, dass für Verbindungen wie NH_3, H_2O und andere, in welchen Multipla der Verbindungsgewichte vorkommen, unsere ursprüngliche Voraussetzung einer gleichen Anzahl der sich verbindenden Teilchen wegen der Unterscheidung von zweierlei verschiedenen Teilchen (d. h. von Atomen und Molekülen) jetzt dahin umgeändert worden ist, dass nur die Anzahl der in gleichem Gasvolum frei vorhandenen Teilchen als gleich angenommen wird.

Welche thatsächlichen Gründe sind aber für diese zunächst willkürlich erscheinenden Annahmen vorhanden? Bedenken wir, dass die Gewichte gleicher Volumina der einfachen Gase in der Dampfdichte derselben empirisch gegeben sind, so muss offenbar auch das Volumgewicht der Verbindung, sofern man nur den von ihren Teilchen vor und nach der Reaktion eingenommenen Raum kennt, sich unabhängig vom Versuch berechnen lassen. Führt man diese Berechnung z. B. für Salzsäure und Wasserdampf (für die Einheit atmosphärische Luft[17]) durch, so ergiebt sich:

$$1 \text{ Vol. } HCl \text{ wiegt } \frac{0{,}0692 + 2{,}45}{2} = 1{,}2596$$

$$\text{und } 1 \text{ Vol. } H_2O \text{ wiegt } \frac{2 \,.\, 0{,}0692 + 1{,}105}{2} = 0{,}6217.$$

Da die so berechneten Dampfdichten — abgesehen von kleinen Abweichungen — mit den beobachteten Werten sowohl in den eben angeführten, als in überaus zahlreichen anderen Fällen übereinstimmen, so ist man berechtigt, hieraus mindestens eine grosse Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit unserer Annahme, d. h. der Hypothese von Avogadro, zu folgern. Wir setzen daher von jetzt ab für jeden gasförmigen Stoff (gleichgiltig, ob Element oder Verbindung) 1 Molekül = 2 Volum und nennen die in diesem Volum enthaltene, auf Wasserstoff als Einheit bezogene Gewichtsmenge das Molekulargewicht der betreffenden Substanz. Die Hälfte des Molekulargewichts, d. h. das Volumgewicht für $H = 1$, ist für diejenigen gasförmigen Elemente, deren Moleküle bei der Reaktion sich in zwei Teile spalten, gleich dem Atomgewicht.

---

[17]) Die Berechnung kann nach Belieben zur Übung der Schüler auch für $H = 1$ oder in Krithgewichten durchgeführt werden.

Wäre dagegen die Annahme Dalton's richtig, so müsste z. B. für die Bildung der Salzsäure sein:

$$\underset{(1\ \text{Vol.})}{x \text{ Atome } H} + \underset{(1\ \text{Vol.})}{x \text{ Atome } Cl} = x \text{ Atome (zweiter}^{18)} \text{ Ordnung) } \underset{(2\ \text{Vol.})}{HCl}$$

Hiernach müssten nach eingetretener Verbindung in 2 Volum HCl ebensoviele Teilchen vorhanden sein, als vorher in 1 Volum H oder in 1 Volum Cl, d. h. in 1 Volum HCl nur die Hälfte der ursprünglich vorhandenen H- und Cl-Atome. Setzt man nun mit Dalton die Elementaratome (Atome erster Ordnung) als unteilbar voraus und nimmt nur ein einzelnes Atom H und ein einzelnes Atom Cl als ursprünglich vorhanden an, so könnten auch diese in 1 Volum HCl nur mit halber Anzahl vorhanden sein, was aber einen Widerspruch gegen die vorausgesetzte Unteilbarkeit der Atome einschliesst. Andernfalls könnte man annehmen, dass 1 Vol. H und 1 Vol. Cl nur 1 Vol. HCl ergäbe, was aber mit der thatsächlich beobachteten Volumbeziehung in Widerspruch stehen würde. Es bleibt somit, wenn wir die Übereinstimmung der Thatsachen und unserer theoretischen Vorstellungen festhalten wollen, kein anderer Ausweg als die Hypothese von Avogadro, nach welcher zwar die Anzahl der in gleichen Raumteilen frei vorhandenen Teile (Moleküle) bei allen Gasen die gleiche ist, die Art der Spaltung der Moleküle in Teilstücke oder Atome je nach Art des Körpers verschieden sein kann, und wir demnach auch eine andere Zahl von Atomen innerhalb der freien Moleküle der Elementargase als gerade 2 annehmen dürfen. Dieser Fall tritt nun in der That bei P, As, Hg, Cd und Zn ein. Bezeichnet man entsprechend der obigen Festsetzung das Gewicht von 2 Vol. des Dampfes (für $H = 1$) als Molekulargewicht, so beträgt letzteres z. B. für P 124, da das beobachtete Volumgewicht 62 beträgt. Würde man hier das Atom = 1 Vol. setzen, so würde das Volumgewicht 31 statt 62 sich ergeben. Man umgeht diese Schwierigkeit durch die Annahme, dass im P-Molekül (als Dampf) 4 Atome enthalten sind oder mit anderen Worten, dass 1 Atom P nur $^1/_2$ Volum im Dampfzustande einnimmt. Die Volumzusammensetzung des PH_3 ergiebt sich hiernach aus

$$^1/_2 \text{ Vol. } P + 3 \text{ Vol. } H = 2 \text{ Vol. } PH_3,$$

unter welcher Annahme die theoretische Dampfdichte des PH_3 mit der beobachteten übereinstimmt. Gleiches gilt für As. Ein entgegengesetzter Fall tritt bei Hg, Cd und Zn ein, bei denen das Volumgewicht (1 Vol.) des Dampfes halb so gross gefunden wurde als das Atomgewicht. Hier sind demnach 2 Vol. Dampf = 1 Molekül = 1 Atom, d. h. das Molekül enthält im Dampfzustande nur 1 Atom. Das Gesetz der gleichen Molekülzahl innerhalb gleicher Volumteile der Gase wird auf diese Weise vollkommen aufrecht erhalten.

Einer besonderen Erläuterung bedarf endlich noch der Fall, dass auch gewisse Verbindungen unter Umständen ein anderes Molekulargewicht zeigen können, als die theoretische Berechnung aus ihrer Zusammensetzung ergiebt, wie z. B. bei dem Dampf von NH_4Cl, H_2SO_4, PCl_5, carbaminsaurem Ammon u. s. w., was in bekannter Weise durch die Annahme einer bei höherer Temperatur eintretenden Spaltung der Moleküle in mehrere, bei niederer Temperatur wieder zusammentretende Bestandteile (Dissociation) zu erklären sein wird. Auch empfiehlt es

---

18) Auf diese Weise bezeichnete Dalton die Teilchen einer Verbindung wie HCl im Gegensatz zu den Elementaratomen oder Atomen erster Ordnung. Vgl. Ladenburg a. a. O. S. 58.

sich, die Übereinstimmung der unter der Annahme der Dissociation berechneten Dampfdichte mit der wirklich beobachteten an einzelnen Beispielen zu zeigen.

Der nach einem ähnlichen Gedankengang wie dem hier vorgetragenen geleitete Schüler wird wenigstens die logische Consequenz der chemischen Atom- und Moleküllehre anerkennen müssen. Er wird dann von selbst die Unmöglichkeit einsehen, die aus der Dampfdichte abgeleitete Molekulargewichtsbestimmung auch auf Körper im festen oder flüssigen Zustande zu übertragen, deren wirkliche Molekulargrösse wir nicht anzugeben vermögen. Auf welche Weise man die Atomgewichte fester Elemente, sowie die Formeln im Dampfzustande unbekannter Verbindungen festgestellt hat, wird im Unterricht etwa in der Weise Wilbrand's oder auch unter Anlehnung an die Darstellung von Rammelsberg in seinem Lehrbuch der Chemie gezeigt werden können. Erst nach völliger Festlegung des Atomgewichtsbegriffs lässt sich die Valenz als der Quotient von Atomgewicht und Äquivalent einführen und damit ein Übergang zu bestimmten Vorstellungen über die Art der Atombindung innerhalb des Moleküls gewinnen. Ein voreiliges Hineinziehen von Strukturformeln in den chemischen Elementarunterricht ist sicherlich ebenso verkehrt, wie ein hastiges Überspringen der Fundamente im mathematischen oder physikalischen Lehrgange. Erst auf der obersten Stufe des Unterrichts können allgemein theoretische Betrachtungen von Nutzen sein, die sich am anschaulichsten als kurze historische Darstellung der wichtigsten chemischen Theorieen (Dalton's Atomenlehre, elektrochemische Theorie von Davy, Binärtheorie von Berzelius, Radikal-, Typen- und Strukturtheorie) geben lassen. Die Hauptsache wird immer eine logisch consequente und zugleich rein sachliche Behandlungsweise des Atom- und Molekülbegriffs[19]) sein, für welche das Vorstehende vielleicht einige Anregung zu bieten vermag.

Die Behandlung der Vibrationsbewegung in der Prima des Realgymnasiums.

Von

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

Beim Unterricht in der Prima des Realgymnasiums glaubte ich früher darauf verzichten zu müssen, das wichtigste Problem der Mechanik, die Vibrationsbewegung, mathematisch abzuleiten. Vielmehr liess ich mitten im deduktiven Kursus wieder ein Stück Induktion eintreten, indem ich die Formel $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, sowie auch das vollständige Pendelgesetz $s = l \sin 2\pi t/T$, mit Hilfe des Centrifugalpendels experimentell herleitete[1]). Nunmehr habe ich mich aber im Unterricht überzeugt, dass sich auch diese Bewegung in einer die Kräfte der Schüler durchaus nicht übersteigenden Weise deduktiv behandeln lässt, wodurch sich der Kursus in der Mechanik weit einheitlicher, kürzer und wissenschaftlicher gestaltet.

Nachdem die Bewegung des physischen Punkts unter dem Einfluss constanter Kräfte, also namentlich die Gesetze des Falles, des Wurfes, des Kräfte-

---

[19]) Um Missverständnissen vorzubeugen, mag ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass eine streng wissenschaftliche Entwickelung obiger Begriffe, wie sie z. B. von Lothar Meyer (Die modernen Theorien der Chemie. 4. Aufl. S. 15—79) auf Grund der kinetischen Gastheorie gegeben worden ist, im Schulunterricht aus naheliegenden Gründen nicht durchführbar erscheint.

[1]) Vergl. meine Programmabhandlung von Ostern 1887, sowie diese Zeitschr. I, 114.

paralellogramms und der sogenannten Centrifugalkraft erledigt, wird der Satz von der Äquivalenz zwischen Arbeit und lebendiger Kraft in bekannter Weise zunächst für constante Kräfte entwickelt und dann auf veränderliche Kräfte ausgedehnt. Durch eine geometrische Darstellung lässt sich nun leicht eine Anschauung von der Grösse der in jedem Fall geleisteten Arbeit gewinnen. Trägt man nämlich s als Abscisse und k als die zugehörige Ordinate in ein rechtwinkliges Axensystem ein, so ist für ein constantes k die Kraftkurve eine Parallele zur Abscissenaxe, und die Arbeit (ks) gleich der Fläche eines Rechtecks. Man bemerkt aber auch, dass, wenn die Kraftkurve beliebig verläuft, die geleistete Arbeit ebenfalls ausgedrückt wird durch die Fläche der von der Kurve, der Anfangs- und Endordinate, sowie der Abscissenaxe eingeschlossenen Figur. Denkt man nämlich die Figur in unendlich schmale Streifen zerschnitten, die man als Rechtecke ansehen darf, so ist die Summe aller Arbeitselemente gleich der Summe dieser Rechtecke. Somit gelangen wir zu dem wichtigen Ergebnis, dass, wenn k als Funktion von s gegeben, wir nur die mathematische Aufgabe zu lösen haben, die Fläche der zugehörigen Kraftkurve aus der Abscisse s zu berechnen. Da diese Fläche dann nach dem Gesetz von der Äquivalenz von Arbeit und lebendiger Kraft gleich $mc^2/2$ ist, so erhalten wir eine neue Gleichung zwischen c und s.

Der denkbar einfachste Fall einer nicht constanten Kraft ist der, wo sich k proportional mit s ändert, die Kraftkurve also eine Gerade ist. Dieser Fall trifft zu für die wichtigste und am häufigsten in der Natur eintretende Bewegung: die Vibrationsbewegung. Bei der Vibrationsbewegung wächst die Kraft proportional dem Abstande des Angriffspunkts von einem bestimmten Punkte und ist stets nach dem letzteren hin gerichtet. Derartige Kräfte beobachten wir z. B. bei schwingenden Flüssigkeiten in communicierenden Röhren, bei elastischen Federn, beim Pendel unter Annahme kleiner Ausschläge.

Sei A der Punkt, nach welchem die Kraft gerichtet ist und von dem aus gerechnet sie dem Abstande proportional wächst. Wird nun die Masse m, welche unter der Einwirkung der gedachten Kraft steht, nach B versetzt und dann sich selbst überlassen, so muss sie sich auf der Geraden AB unter abnehmender Beschleunigung bis A bewegen und darnach in der Verlängerung von BA verzögert weiter gehen bis zu einem Punkte J, welcher ebensoweit hinter A liegt, wie B davor. Überhaupt steht nach der Voraussetzung fest, dass abgesehen von dem Vorzeichen der Bewegungszustand in jedem Punkt zwischen A und J derselbe sein muss, wie in dem entsprechenden Punkt von AB. Errichtet man nun in B das Lot BC gleich der Kraft im Punkte B, so ist die Gerade AC die Kraftkurve und die Grösse der Kraft in irgendeinem Punkte D gleich der Ordinate DE. Die auf der Strecke BD geleistete Arbeit wird dann nach dem Vorangegangenen durch die Fläche des Trapezes $BCDE$ dargestellt. Bezeichnen wir AB mit e und die Grösse der Kraft im Ausschlage Eins mit k_1, so ist $BC = ek_1$, und daher $DE = AD \cdot k$, oder wenn wir den Weg BD mit s bezeichnen, $DE = (e - s)\, k_1$. Dann ist die Fläche des Trapezes gleich $k_1/2 \cdot s(2e - s)$. Da dieselbe aber nach dem Satz von der Äquivalenz von Arbeit und lebendiger Kraft gleich $mc^2/2$ ist, ergiebt sich:

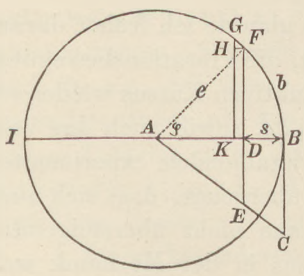


Fig. 1.

$$c = \sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sqrt{s(2e - s)}\,.$$

In dieser Gleichung ist der erste Wurzelausdruck eine für jeden bestimmten Fall gegebene Constante, der zweite hingegen leicht construierbar als die mittlere Proportionale zwischen s und $(2e-s)$, welche ihrerseits durch das Lot DF dargestellt wird. Da dieses Lot aber auch gleich $e \sin\varphi$, so folgt:

$$1) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad c = e\sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sin\varphi .$$

Da nun in jedem Momente nach der Definition des Begriffs der Geschwindigkeit $c = ds/dt$, so kann man die Gleichung 1) auch schreiben:

$$\frac{ds}{dt} = e\sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sin\varphi, \text{ woraus } \frac{ds}{\sin\varphi} = e\sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot dt .$$

Der Ausdruck $ds/\sin\varphi$ ist aber in unserer Figur leicht darstellbar. Denn wenn wir durch DK den unendlich kleinen Wegzuwachs ds darstellen, so ist in dem zugehörigen unendlich kleinen Dreieck FGH Winkel G gleich φ, also GF gleich $ds/\sin\varphi$. Bezeichnen wir nunmehr den Bogen BF mit b und GF mit db, so wird:

$$2) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad db = e\sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot dt .$$

Diese Formel sagt, dass, wenn die schwingende Masse ein Wegelement ds zurücklegt, die dabei verfliessende Zeit dt gleich ist dem in unserer Construktion zu ds gehörigen Bogenelement db, multipliziert mit den Constanten $e\sqrt{k_1/m}$. Mithin muss auch die ganze zu einem Wege s gehörige Zeit t gleich dem ganzen Bogen b multipliziert mit $e\sqrt{k_1/m}$ sein:

$$3) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad b = e\sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot t .$$

Da nun für eine ganze Schwingungsperiode $b = 2e\pi$, so ergiebt sich für die Schwingungszeit:

$$4) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1}} .$$

Es lässt sich aber auch aus (3) eine Beziehung zwischen s und t herleiten. Da nämlich der Punkt der Kreisperipherie, welcher sich senkrecht über der schwingenden Masse befindet, die Peripherie proportional der Zeit, also mit gleichmässiger Geschwindigkeit durchläuft, so kann man umgekehrt durch eine einfache Construktion den Ort der Masse finden, wenn man die Peripherie des über der Amplitude beschriebenen Kreises von einem Punkte gleichmässig in der Zeit T durchlaufen lässt und diesen Punkt auf den Durchmesser projiziert. Dieses geometrische Verfahren ist für die Zwecke des Unterrichts ausreichend. Will man aber auch Gleichungen zwischen s und t und c und t aufstellen, so ist zuerst zu bedenken, dass $\varphi = b/e$. Setzt man aber aus (3) für b seinen Wert, so wird $\varphi = \sqrt{k_1/m} \,.\, t$. Da nach (4) $\sqrt{k_1/m} = 2\pi/T$, ist auch $\varphi = 2\pi t/T$. Hiernach nimmt Gleichung 1) folgende Gestalt an:

$$c = \frac{2e\pi}{T} \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) .$$

Ferner ist nach Figur $s = e - e\cos\varphi$, woraus:

$$s = e\left(1 - \cos\frac{2\pi t}{T}\right) .$$

Zählt man s aber nicht von B, sondern von A aus, so erhalten beide Gleichungen die gebräuchliche Form:

$$5) \quad c = \frac{2e\pi}{T} \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right),$$

$$6) \quad s = e \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right).$$

Der theoretischen Herleitung der Schwingungsgesetze muss eine möglichst vielseitige experimentelle Bestätigung folgen. Dabei handelt es sich weniger um die Formeln 5) und 6), als um die praktisch so wichtige Formel 4), der wir jetzt die Gestalt

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{k_1}{m}}$$

geben, wobei n die Zahl der ganzen Schwingungen in 1 Minute bedeutet.

Bei der Bestätigung dieser Formel sollte man nicht, wie es gewöhnlich geschieht, vom Pendel ausgehen; denn bei diesem ist die Grösse der Kraft erst durch Kräftezerlegung zu finden, ferner ist sie auch nicht dem Ausschlag selber, sondern dem Sinus proportional. Es gilt vielmehr, solche Versuche ausfindig zu machen, bei denen es ohne Weiteres sichtbar wird, dass die schwingende Masse unter der Einwirkung einer Kraft steht, die dem Ausschlage proportional ist. Dieses geschieht am unmittelbarsten bei Flüssigkeitssäulen, die durch Änderung der Niveaus aus ihrem hydrostatischen Gleichgewicht gebracht werden. Demnächst sind Spiralfedern, an denen eine aufgehängte Masse Longitudinalschwingungen macht, zu verwenden. Zuletzt erst wird das einfache Fadenpendel zu behandeln sein.

Zu den ersten Versuchen dient eine U-förmige, möglichst weite und lange, aber auch möglichst gleich weite Glasröhre. Ich habe eine solche von 20 mm Weite und 300 mm Schenkellänge mit bestem Erfolge angewandt. Bei noch grösseren Dimensionen müssen die Versuche wegen des geringeren Einflusses der Reibung noch besser gelingen. Die Röhre hat, wie Fig. 2 zeigt, an der Biegung einen kurzen, mit Hahn verschliessbaren Rohransatz.

1. In die mit den Schenkeln nach oben gehaltene Röhre wird mittels kalibrierter Gefässe eine bestimmte Menge mit Tinte gefärbtes Wasser gebracht. Die Flüssigkeit gerät in Schwingung, sobald die Niveaugleichheit gestört wird. Durch ganz leises taktmässiges Hinundherbewegen kann man die Schwingung beliebig lange unterhalten. Wir stellen zuerst einen relativen Versuch an, indem wir 160, dann 40 ccm hineinbringen; die Schwingungszahlen sind 43 und 85, verhalten sich also der Theorie gemäss umgekehrt, wie die Wurzeln aus den Massen. Nunmehr wird k_1 ermittelt, also die Kraft, welche sich bei einer Verschiebung des Flüssigkeitsfadens um 1 m, resp. bei einem Niveauunterschiede von 2 m äussern müsste. Zu dem Zweck füllen wir die Röhre genau voll, wozu 170 ccm erforderlich sind, und lassen darauf aus dem Hahn 100 ccm ausfliessen. Die Stelle, bis zu welcher das Niveau sinkt, wird markiert. Der Abstand der Marke von dem Rohrende beträgt 188 mm. Mithin ist im Meter-Kilo-System $k_1 = 1 \,.\, 0{,}1 \,.\, 9{,}8/0{,}188$. Nunmehr führen wir den Versuch mit einer bestimmten Menge aus, am bequemsten mit 100 g; wir zählen wiederholt $n = 69$. Nach der Formel berechnet sich $n = 68{,}7$.

Bringen wir statt des Wassers 100 ccm Quecksilber in das Rohr, so erhalten wir, wie es sein muss, ebenfalls genau 69 Schwingungen.

2. Sehr einfach liegen auch die Verhältnisse, wenn das Quecksilber im Barometer schwingt. Ich habe den Torricelli'schen Versuch angestellt mit einer 8 mm dicken, möglichst cylindrischen Röhre in einem sehr breiten Gefäss. Die Röhre wird beim Versuch so eingespannt, dass sie nicht auf dem Boden desselben steht, damit die aus- und eintretende Flüssigkeit sich ohne Widerstand bewegen kann. Die Schwingungen unterhält man durch ein unbedeutendes, aber taktmässiges Aufkippen des Gefässes. Die Amplitude muss aber 10 mm betragen. Bei ganz kleinen Schwingungen, wo sich nur die Kuppe und ihre Wölbung ändert, erhält man infolge der Kapillaritätskraft zu grosse Zahlen. Vor dem Versuch klebt man vor den Augen der Schüler an das leere Rohr eine Marke, genau 780 mm vom offenen Ende entfernt. Nachher werden die wenigen Millimeter, welche das Quecksilber unter der Marke bleibt, abgezogen. Bei einem Versuche war die Länge der Säule 778 mm. Die Rechnung ergiebt dafür $n = 67{,}8$; die Beobachtung gab $n = 67$.

3. Das beim Versuch 1 benutzte Rohr wird in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise eingespannt, so dass es die beiden Cylinder heberartig verbindet. Durch Saugen an dem Ansatz füllt man das Rohr mit der Flüssigkeit, worauf sich das Niveau schnell in beiden Gefässen gleich stellt. Dieser Versuch ist an und für sich zur Demonstration der Heberwirkung sehr geeignet. Indem man einen der Cylinder hebt, nachher wieder senkt, findet durch den weiten Heber ein schnelles Überströmen statt. Was in diesem Zusammenhange aber besonders interessiert, ist die Thatsache, dass die Flüssigkeit, bevor sich beide Niveaus eingestellt haben, lange hin und her schwingt. Durch ein minimales Aufkippen des einen Cylinders oder durch taktmässiges Eintauchen eines dünnen Stäbchen werden die Schwingungen beliebig lange unterhalten. Man setzt dem Wasser einige Tropfen Eisenchloridlösung und Ammoniak hinzu. Das ausgeschiedene Eisenoxydhydrat, welches man vor jedem Versuche durch starkes Heben und Senken eines Cylinders aufrührt, macht dann die kleinsten Schwingungen deutlich sichtbar. Ferner sieht man, dass bei kleinen Amplituden sich die schwingende Bewegung nur wenige Millimeter weit auf die Flüssigkeit der Gefässe überträgt.

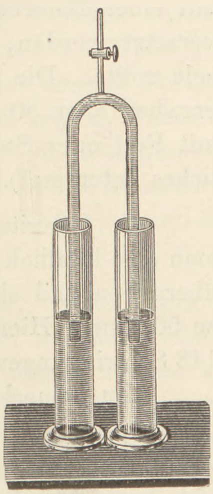


Fig. 2.

Die Teilchen weichen vielmehr sofort seitlich aus. Es ist klar, dass bei diesem Versuche die bewegende Kraft dem Niveauunterschiede in den Cylindern proportional ist. Um dieselbe festzustellen, goss man 500 ccm Wasser in einen der Cylinder, wodurch sich die Niveaus um 187 erhöhten, also für 100 ccm um 33,5 mm. Da sich aber beim Versuche 1 ergab, dass in der U-Röhre 100 ccm ein Steigen um 188 hervorbringen, ist k_1 33,5/188 mal kleiner als bei 1. Hiernach berechnet sich die Zahl der Halbschwingungen zu 44,6. Der Versuch ergab bei etwa 5 mm Amplitude 44,4, bei 10 mm 44,0, bei 40 mm 42,5.

Bei diesem interessanten Versuche erscheint es im ersten Augenblicke paradox, dass die grosse Flüssigkeitsmenge in den beiden Gefässen ohne Einfluss auf die Schwingungszeit ist, was sich leicht dadurch demonstrieren lässt, dass man gleiche Zahlen erhält, ob die Röhre eben eintaucht oder bis auf den Boden der Cylinder hinabgeht. Im letzteren Falle bewegt sich aber der ganze Inhalt der Cylinder auf und ab und man sollte meinen, dass diese schwingende Masse einen bedeutenden Faktor bei der Berechnung der Schwingungsdauer ausmachte. Die genauere Überlegung uud namentlich die Beobachtung der Eisenoxydflocken zeigt aber, dass die Flüssigkeitssäule in der Röhre mit derjenigen in den Gefässen in keinem solchen Zusammenhang steht, dass beide eine einzige schwingende Masse bilden.

4. Der Apparat wird wie beim vorigen Versuche zusammengesetzt. Man lässt dann durch vorsichtiges Öffnen des Hahns soviel Luft in die Röhre treten, bis das Niveau die beim Versuch 1 gemachte Marke erreicht. Dann hängen in beiden Schenkeln 100 ccm. Jetzt ist beim Eintreten der Schwingung die Kraft offenbar gleich der Summe von der ad 1 und der ad 3. Darnach berechnet sich $n = 74{,}5$. Die Beobachtung gab 73. Es ist klar, dass bei der geringen Länge der Säulen und der Schnelligkeit der Bewegung durch das Mitschwingen der dicht vor den Rohrenden liegenden Wasserteile die Schwingungszahl sich merklich vermindern wird.

Im Anschluss hieran sei bemerkt, dass die Schwingungen schwimmender Körper sich zur Bestätigung des Vibrationsgesetzes nicht eignen, wohl aber merkwürdige Wirkungen der Kapillarität erkennen lassen. Ich liess ein etwa 400 mm langes, 20 mm weites, unten geschlossenes und mit Schrot beschwertes Glasrohr aufrecht in einem Cylinder mit Wasser schwimmen. Durch taktmässiges Drücken mit einer Federfahne konnte es dauernd in auf- und niedergehende Schwingungen versetzt werden, wobei augenscheinlich die Kraft dem Ausschlage proportional sein sollte. Die berechnete Schwingungszahl ist 54. Wiederholte Beobachtungen ergaben aber 50—51, wenn das Wasser die Röhre benetzte, 62, wenn man sie mit Fett oder Stearin überzog. Das Ergebnis ist gewiss nicht ohne wissenschaftliches Interesse[2]).

5. Longitudinalschwingungen an Spiralfedern. Sehr zweckmässig benutzt man eine käufliche Federwage für 25 kg Belastung. Die Wage wurde den Schülern übergeben und sie bestimmten den Abstand des Nullstrichs und des 25 kg-Strichs zu 50,8 mm. Hierauf hing man an der Wage ein 20 kg-Gewicht auf, welches genau 148 Schwingungen machte. Die Rechnung giebt $n = 148{,}3$.

Zu bemerken ist, dass bei diesem Versuch der Augenschein ohne weiteres darthut, dass die eigene Masse der Feder und des Hakens gegen die daran gehängte völlig verschwindet. Aber auch mit grösseren und relativ schweren Federn lassen sich noch verschiedene Versuche zu Beschaffung von Übungsmaterial anstellen. Besonders lehrreich ist es, aus den beobachteten Schwingungszahlen zweier verschiedenen Gewichte die Grösse k, und somit die für 1 kg eintretende Verlängerung rückwärts zu berechnen. Ich habe darüber schon in meiner Programm-Abhandlung gesprochen und erwähnt, dass die so berechneten Dehnungen etwas kleiner sind, als die beobachteten. Bei einer grossen Spiralfeder aus Gussstahldraht brachte ein kg Mehrbelastung eine Verlängerung von 130 mm, während man aus den Schwingungszahlen nur 127—128 mm berechnet. Der Grund für diese Differenz liegt in der bei ruhiger Belastung eintretenden elastischen Nachwirkung.

6. Das mathematische Pendel. Für dieses ist $k = mg\,.\,s/l$, also $k_1 = mg/l$; mithin wird die Vibrationsformel nach Einsetzung dieses Wertes $T = 2\pi\sqrt{l/g}$; $n = 30/\pi\cdot\sqrt{g/l}$. Für das Zweisekundenpendel muss $l = 993$ mm sein. Der Versuch zeigt, dass dies richtig ist.

7. Ein Zwirnsfaden von 1 kg Tragfähigkeit wird an einer Wand befestigt, in horizontaler Richtung durch das ganze Zimmer zu einer feinen Rolle geführt

[2]) Man vergl. die Versuche von v. d. Mensbrugghe in dieser Zeitschr. II, S. 85 (Heft 2).

und durch ein angehängtes Gewicht p gespannt. Mitten auf den Faden schiebt man eine durchbohrte Metallkugel von etwa 20 g Gewicht, auch kann man ein entsprechendes Gewicht mit einem kurzen Haken aufhängen oder auch einfach ein 20 g - Stück aus einem Gewichtssatze mittelse ines Fadens ganz kurz anbinden. Jetzt wird diese Masse in auf- und absteigende Schwingungen versetzt, dadurch dass man nahe am Endpunkte im richtigen Takt leise mit dem Finger auf den Faden drückt. Es ist klar, dass diese vertikalen Schwingungen nur von der Kraft p, nicht aber von der Schwere der schwingenden Masse abhängig sind. Eine einfache von den Schülern auszuführende Entwicklung ergiebt $T = \pi\sqrt{ml/p.g}$, worin l die gesamte Fadenlänge bedeutet. Die Resultate sind sehr befriedigend. Es ist aber erforderlich, den Faden so lang wie möglich zu nehmen, sonst fallen die Vibrationen zu schnell aus, da ja die Spannung so gross zu nehmen ist, dass der Faden nur wenig von einer Geraden abweicht. Bei einem Versuche war $l = 8$ m, $p = 800$ g. Die durchbohrte Kugel m wog 21,3. Wir beobachteten 129 und 130 Schwingungen und fanden dann, dass die Rechnung 129,6 verlangt. Bei 4 mal kleineren p zählten wir 65 Schwingungen.

Ich knüpfe hieran noch die Bemerkung, dass man an einer späteren Stelle des Kursus, bei dem Kapitel der Wellenlehre, sich an diesen Versuch wieder erinnern wird. Für eine schwingende Saite gilt aber nach Euler $T = 2\sqrt{ml/pg}$. Leider ist es, soviel ich jetzt sehe, nicht möglich, diese Formel aus unserer Formel $T = \pi\sqrt{ml/pg}$ abzuleiten[3]). Übrigens lässt sich leicht experimentell zeigen, dass die Saite schneller schwingen muss, als wenn ihre gesamte Masse im Mittelpunkte concentriert wäre. Denn hängt man zwei oder mehrere kleine Gewichte zusammen in die Mitte und darauf in gleichen Abständen verteilt auf den Faden, so erhält man bei der letzteren Anordnung grössere Schwingungszahlen.

8. Zur Demonstration der verwickelten Schwingungen, welche durch Coexistenz einfacher entstehen, kann man den vorigen Versuch mit der kleinen Abänderung benutzen, dass man m mittels eines etwa 20 cm langen Fadens an den Hauptfaden knüpft. Letzteres erhält, während es auf- und abschwingt, einen seitlichen Stoss. Freilich stören sich beide Bewegungen und hören schnell auf. Eine zweite Methode besteht darin, dass man an einen unter der Zimmerdecke befestigten Draht ein ziemlich schweres Gewicht hängt und an dieses ein leichtes Pendel knüpft. Wird dann das grosse Pendel in Schwingung versetzt und dem kleinen ein Stoss erteilt, so überlagern sich beide Bewegungen. Dieser sonst sehr gute Versuch hat den Mangel, dass die Schüler die Schwingungsfigur, weil sie horizontal liegt, nicht gut übersehen können. Sehr gut ist drittens folgender Weg. Man lässt eine Masse statt an einem Faden an einer Spiralfeder pendeln, so dass sich die Pendelschwingung mit der Longitudinalschwingung an der Feder combiniert. Was die spezielle Einrichtung dieses Apparates anbetrifft, so wickle man über einem bleistiftdicken Stab aus $^3/_4$ mm dickem, hartem Draht eine 20 cm lange Spirale, welche man an beiden Enden mit einer Öse versieht. Man hängt dieselbe nahe vor der Schultafel an einem Haken auf. Am unteren Ende befestigt man ein kurzes Stück feinen Draht, auf welchen eine kleine weisse Hollundermarkkugel gesteckt ist, und an diesem eine kleine Wagschale. Dadurch dass man

---

[3]) Allerdings bringen verschiedene Schul- und Lehrbücher dies anstandslos fertig. Mir aber erscheint die Manipulation, mit der man π verschwinden und 2 wieder auftauchen lässt, ganz wie Taschenspielerei.

in die letztere nach und nach grössere Gewichte setzt, werden die Longitudinalschwingungen verlangsamt, so dass man das Verhältnis beider Schwingungszeiten beliebig ändern kann. Die weisse Kugel hebt sich deutlich ab und lässt die Schwingungsfigur gut erkennen. Beachtenswert ist, dass auch bei diesem Versuche eigentümliche Störungen und Interferenzen eintreten, die sehr interessant sind.

9. Die Bestätigung der Formel $s = l \sin 2\pi t / T$ kann mit Hilfe zweier genau isochroner Fadenpendel geschehen, die man durch taktmässiges Neigen des Stativs so in kleine Schwingungen setzt, dass die Fäden parallel bleiben. Stösst man dann das eine seitlich an, so dass es fortan als Centrifugalpendel schwingt, so erscheinen die Fäden, von vorn gesehen, immer noch parallel.

Ein Reibungsapparat.

Von

Professor **H. Paalzow** und Professor **F. Neesen** in Berlin.

Veranlassung zu der im Folgenden beschriebenen Erweiterung des gewöhnlich beim Unterricht benutzten Reibungsapparates gab der Wunsch, den Fall im Versuch vorzuführen, in welchem die Lokomotive einen Zug nicht vorwärts zu ziehen im Stande ist, und die Triebräder auf der Stelle sich drehen.

Eine Walze *a* (Fig. 1 und 2) — bei unseren Apparaten von Holz mit einem Durchmesser von 60 mm — hat eine Einkerbung *b*, um welche eine an einem Punkte *t* in *b* befestigte Schnur *c* geschlungen ist. Diese Schnur geht über die Rolle *e*, welche an dem Ende der Reibungsfläche *D* angebracht ist. Eine Wagschale *n* zur Aufnahme von Gewichten hängt an *c*. Die Walze *a* ist in dem Rahmen *d* gelagert; letzterer wird, um den Reibungsdruck verändern zu können,

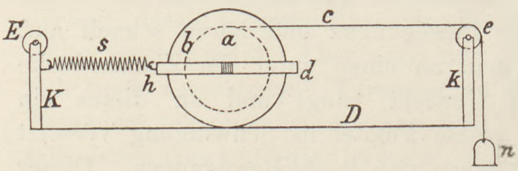


Fig. 1.

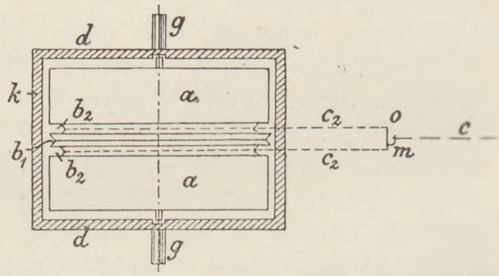


Fig. 2.

mit Schneiden *gg* versehen, auf welche Laufgewichte geschoben werden können. Ein Haken *h* am Rahmen *d* dient dazu, entweder das eine Ende einer Spiralfeder *s* einzuhaken, deren anderes Ende an dem Ständer *K* befestigt ist, oder dazu eine zweite Schnur *C* einzuhaken, welche über eine Rolle *E* läuft und eine Wagschale *N* trägt.

Die Ständer *k* und *K* lassen sich verstellen, damit die Schnüre *c* und *C* parallel der Reibungsfläche einzustellen sind.

Um den Arm, an welchem die an *c* wirkende Kraft angreift, verändern zu können, sind in der Walze *a* nebeneinander mehrere Rillen b_1, b_2 ... von verschiedenem Durchmesser eingedreht (Fig. 2). Die über die beiden Rillen b_2 von gleichem Durchmesser gehenden Schnüre c_2 werden an ihrem freien Ende durch einen Quersteg *o* verbunden, welcher einen Haken zum Einhängen der Schnur *c* hat.

Fig. 3 giebt eine perspektivische Ansicht des Apparates. Die als Unterlage dienende Platte gehört dem Modell einer schiefen Ebene an. Folgende Demonstrationsversuche lassen sich mit diesem abgeänderten Reibungsapparate anstellen.

A. Es möge die Feder *s* eingehängt sein. Werden in die Wagschaale *n* Gewichte eingelegt, so dreht die Schwere f_1 derselben die Walze *a*; diese rollt vorwärts. Dabei spannt sich die Feder *s* so lange, bis die immer grösser werdende Gegenkraft von *s* der an *c* angreifenden Kraft f_1 und den Reibungskräften an der Walze das Gleichgewicht hält. Die Walze *a* bleibt dann an ihrem Orte.

Ist nun die Kraft f_1 nicht gross genug, um die gleitende Reibung bei der Drehung auf der Stelle zu überwinden, so dreht sich *a* auch nicht mehr. Für genügend grosse Werte von f_1 tritt dagegen Drehung auf der Stelle ein, welche Drehung natürlich um so rascher verläuft, je grösser f_1 ist. In dieser Drehung auf der Stelle hat man ein Bild des versagenden Anziehens bei der Lokomotive.

Durch Belastung der Schneiden *g* lässt sich der Reibungsdruck und demnach die für das Eintreten des Rollens und des Gleitens auf der Stelle nötige Kraft f_1 verändern. Sandpapier, auf die Reibungsfläche gelegt, vergrössert den Reibungscoëfficienten und hat je nach der Grösse von f_1 folgende Wirkung. Die Feder sei, wenn die Walze auf der glatten Reibungsfläche liegt, soweit gespannt, dass f_1 die Walze nicht mehr weiter rollen kann, sondern letztere auf der Stelle dreht. Es wird dann Sandpapier unter die Walze gelegt. Liegt nun die Grösse von f_1 unter einem bestimmten Wert, so ist diese Kraft nicht im Stande, die vergrösserte rollende Reibung zu überwinden. Es wird dann die Feder *s* nicht weiter ausgezogen wie bei glatter Unterfläche, im Gegenteil weniger. Wenn dagegen f_1 den genannten bestimmten Wert übersteigt, so ist diese Kraft im Stande, auch die vergrösserte Reibung der Sandunterfläche zu überwinden. Infolge dessen tritt nun das ein, was bei der den Anzug versagenden Lokomotive durch Aufstreuen von Sand erreicht wird. Wegen der Vergrösserung der Reibung auf der Stelle rollt die Walze *a* auf der sandigen Unterfläche weiter wie auf der glatten, zieht also die Feder mehr aus. Am einfachsten lässt sich dieser Fall vorführen, wenn man die Schnur *c* mit der Hand zieht. Durch Vermehrung der Zugkraft der Hand hat man stets die hinreichende Kraft f_1 zur Verfügung. Dementsprechend zeigt sich, dass auf glatter Unterfläche die Walze *a* nicht soweit gezogen werden kann, wie auf der Unterfläche von Sandpapier.

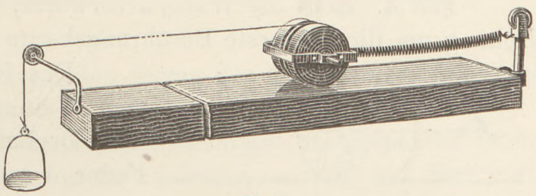


Fig. 3.

B. An Stelle der Feder sei die zweite Schnur *C* mit der Wagschale *N* eingehängt.

Es kann folgendes eintreten:

1. Die Walze *a* rollt entweder nach *e* oder *E* hin, je nachdem das Moment der Zugkraft an *c* oder *C* überwiegt.

2. Die Differenz der beiden eben genannten Momente ist nicht gross genug, um das Reibungsmoment der rollenden Reibung zu überwinden. Dann bleibt *a* auf der Stelle. Ist in diesem Falle das Moment der an *c* angreifenden Kraft f_1 gross genug, um das Moment der gleitenden Reibung zu überwinden, dann tritt eine Drehung der Walze *a* auf der Stelle ein und zwar so, dass die oberen Teile

von a sich nach e hinbewegen. Die an C angreifende Kraft kommt für diese Drehung auf der Stelle, abgesehen von der durch sie vergrösserten Zapfenreibung an dem Lager des Bügels d, nicht in Betracht, weil sie durch die Drehungsachse von a hindurchgeht. Dementsprechend kann die an C angreifende Kraft auch keine Drehung auf der Stelle bewirken. Das Auflegen von Laufgewichten, sowie die Änderung der Art der Reibungsfläche haben dieselben Wirkungen wie im Falle A.

Vergleicht man die bei den genannten Versuchsanordnungen mit dem Vorgange bei der Vorwärtsbewegung der Lokomotive, so macht der Umstand, dass bei der letzteren nur ein Kräftepaar wirkt, welches die Treibräder bloss zu drehen sucht, während bei den geschilderten Versuchen die an c angreifende Kraft eine Drehung und eine Verschiebung bewirkt, keinen wesentlichen Unterschied aus. Denn die an c angreifende Kraft kann man sich durch ein Kräftepaar und eine durch die Drehungsachse von a gehende Kraft ersetzt denken. Letztere ist entgegengesetzt der an die Schnur C angreifenden Kraft und hat daher nur die Wirkung, die Gegenkraft gegen die Vorwärwärtsbewegung der Walze zu vermindern.

Es lässt sich die Wirkung eines Kräftepaares allein einfach dadurch demonstrieren, dass man um die Walze a zwei Schnüre in entgegengesetzter Richtung schlingt und dieselben durch gleich grosse Kräfte spannt. Dazu werden mit Vorteil die verschiedenen Rillen b_1, b_2 . . . verwandt.

Die Berechnung der Versuche stellt sich nach der gewöhnlichen Reibungstheorie folgendermaassen:

Fall A. Rollt die Walze a vorwärts, so kann diese Bewegung als eine Hebeldrehung um die äusserste Berührungskante O als Achse angesehen werden (Fig. 4).

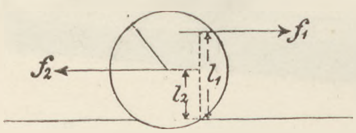


Fig. 4.

Das Drehungsmoment $f_1 l_1$ der Kraft f_1 muss zum Weiterrollen grösser sein wie die Summe aus dem Drehungsmoment $f_2 l_2$ der Federkraft f_2, der Feder s und dem Momente ρP der wälzenden Reibung, wobei ρ den Reibungscoëfficient der wälzenden Reibung und P den Druck auf die Reibungsfläche bedeuten. Ist somit

$$1) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad f_1 l_1 > f_2 l_2 + \rho P,$$

so findet Vorwärtsrollen statt. Dasselbe hört auf für $f_1 l_1 = f_2 l_2 + \rho P$. Daraus ergiebt sich:

$$2) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \rho = \frac{f_1 l_1 - f_2 l_2}{P}.$$

Für das Gleiten auf der Stelle ist die Formel der Zapfenreibung anzuwenden. Es sei γ der Coëfficient der gleitenden Reibung, r der Durchmesser der Walze a, $r_1 = l_1 - r$ der Hebelarm der Kraft f_1; dann tritt, wenn kein Vorwärtsrollen mehr vorhanden ist, Drehung auf der Stelle ein, von dem Augenblicke an, wo $f_1 r_1 = r\gamma P$ wird, also daraus:

$$3) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \gamma = \frac{f_1 r_1}{r P}.$$

Zugleich muss aber $r\gamma P < f_2 l_2 + \rho P$ sein, weil sonst ein Rollen nach f_2 hin stattfinden würde, wie gleich für den Fall B ausgeführt werden wird. Es zeigt sich bei diesem Versuche mit der Feder diese Bedingung darin, dass die Walze a, welche vermöge ihrer kinetischen Energie zu weit rollt, von der Feder s zurückgerollt wird.

Fall B. Zu dem bei *A* behandelten treten die Möglichkeiten hinzu, dass entweder die Kraft f_1 soweit überwiegt, dass ein Vorwärtsrollen im Sinne von f_2 erfolgt, oder dass f_1 und f_2 nur ein Vorwärtsgleiten ohne Drehung bewirken. Der letzte Fall hat aber kein erhebliches Interesse.

Ein Rollen im Sinne von f_2 fängt an, wenn $f_2 l_2 = f_1 l_1 + \rho P$, so dass auch hieraus

$$\rho = \frac{f_2 l_2 - f_1 l_1}{P}$$

zu bestimmen ist.

Es sei nun f_1 gegeben und es mögen die Werte f_2' und f_2'' von f_2 ermittelt werden, für welche das Vorwärtsrollen entweder 1) im Sinne von f_1 oder 2) im Sinne von f_2 beginnt. Man hat

$$\text{für 1)} \quad f_1 l_1 = f_2' l_2 + \rho P,$$

$$\text{für 2)} \quad f_2'' l_2 = f_1 l_1 + \rho P.$$

Für Kräfte zwischen f_2' und f_2'' kann somit kein Vorwärtsrollen, sondern nur allenfalls eine Drehung auf der Stelle erfolgen. Dieser Bereich, für welchen kein Rollen eintritt, wird somit:

$$4) \; \ldots\ldots\ldots \; f_2'' - f_1' = \frac{f_1 l_1 + \rho P}{l_2} - \frac{f_1 l_1 - \rho P}{l_2},$$

$$= \frac{2 \rho P}{l_2}, \quad \text{also}$$

$$\rho = \frac{(f_2'' - f_1') l_2}{2 P}.$$

Für den Vergleich mit dem versagenden Anzug der Lokomotive bleibt noch folgendes hervorzuheben:

Bei der Lokomotive ist das Moment des disponiblen Kräftepaares immer gross genug, um die Treibräder in Drehung zu versetzen, sowohl auf der Stelle, als auch beim Vorwärtsrollen, während bei der Walze die Kraft f_1, wie schon oben erwähnt wurde, nicht stark genug zu sein braucht, die rollende Reibung auf einer Unterfläche von Sandpapier zu überwinden, wenn sie auch eine Drehung auf der Stelle bei glatter Unterfläche hervorbringt. Die Bedingung dafür, dass überhaupt unter Wirkung eines Kräftepaares durch die Reibung ein Vorwärtsrollen hervorgerufen wird, soll im folgenden noch kurz angegeben werden. Aus derselben ergiebt sich, wie gross f_1 sein muss, damit ein Vorwärtsrollen auf Sandpapier noch erfolgt, wenn dasselbe auf glatter Fläche nicht mehr eintritt.

Das Kräftepaar $f_1 (l_1 - l_2)$, welches die Drehung der Walze *a* bewirkt, findet beim Vorwärtsrollen das entgegenwirkende Drehungsmoment $(f_2 - f_1) l_2 + \rho P$, dagegen bei der Drehung auf der Stelle das entgegenwirkende Moment $\gamma P l_2$. So lange nun

$$5) \; \ldots\ldots\ldots\ldots \; \gamma P l_2 \geqq (f_2 - f_1) l_2 + \rho P$$

ist, wird Vorwärtsrollen eintreten, vorausgesetzt, dass f_1 der Bedingung (1) genügt. Fällt $f_2 - f_1$ zu gross aus, dann wird die rechte Seite von (5) grösser wie die linke. In diesem Falle tritt Drehung auf der Stelle ein, vorausgesetzt, dass $\gamma \leqq f_1 r_1 / r P$ ist. Das Vorwärtsrollen kann aber durch Vergrösserung von γ oder P wieder bewirkt werden, wie aus (5) hervorgeht, da die gleichzeitige Vergrösserung des Gliedes ρP geringer ist wie die Vergrösserung der linken Seite.

Für die notwendige Grösse von f_1, damit Vergrösserung von γ oder P das Vorwärtsrollen noch bewirkt, ergiebt sich demnach folgendes: Die Kraft f_1 möge bei gegebenem f_2 grade im Stande sein, das Vorwärtsrollen zu bewirken, also:

$$f_1 l_1 = f_2 l_2 + \rho P.$$

6) . . . . $$f_2 = \frac{f_1 l_1}{l_2} - \frac{\rho P}{l_2}.$$

Zur Vorwärtsbewegung muss ferner noch (5) gelten. Wird hierin der Wert von f_2 aus (6) eingesetzt, so folgt als Bedingung für f_1:

$$\gamma P l_2 > f_1 (l_1 - l_2),$$

7) . . . . $$f_1 \leqq \frac{\gamma P l_2}{l_1 - l_2}.$$

Auch hieraus ist ersichtlich, dass durch Vergrösserung von γ und P bei gegebenem f_1 das Vorwärtsrollen ermöglicht werden kann.

Theorie des Winkelspiegels.

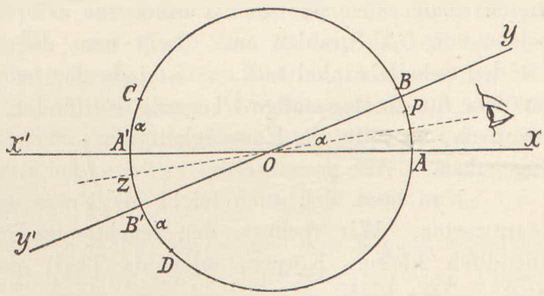
Von

M. Koppe in Berlin.

Der Winkelspiegel befolgt in seiner Wirkungsweise so einfache Gesetze, dass dieselben leicht durch Beobachtung zu ermitteln sind. Er ist daher im Unterricht nicht als nutzlose physikalische Spielerei zu betrachten, sondern als ein vorzügliches Mittel zu verwerten, um im Sehen natürlicher Erscheinungen und in der Darstellung eines mit den Sinnen erfassten, mit dem Verstande geordneten Stoffes zu üben. Man erkennt beim Hineinsehen sofort die abwechselnd symmetrischen und congruenten Bilder des eigenen Gesichts, welche im Kreise um die Schnittkante der Spiegel angeordnet sind. Bei stetiger Verkleinerung des Winkels zeigt sich, dass vom Scheitelwinkel her zu den alten Bildern, welche sich näher an einander drängen, vielleicht auch an ihrem rechten und linken Rande wegen Raummangels Einbusse erleiden, beständig neue hinzuwachsen. Man sieht — als notwendige Folge hiervon — dass die vorhandene Regelmässigkeit und Stetigkeit der Bilderreihe im Scheitelwinkel im allgemeinen unterbrochen ist, und nur vorübergehend in einer allerdings nicht zu erschöpfenden Anzahl von Fällen sich einstellt. Sobald man gewahr geworden ist, dass dort die beiden Augen meist nicht durchaus dasselbe sehen, wird man dazu geführt, abwechselnd mit je einem Auge zu beobachten, oder indem man das Augenmerk nicht mehr auf das eigene Gesicht, sondern auf willkürliche Körper und Zeichnungen zwischen den Spiegeln richtet, durch Bewegung des Auges das Wesen der vorhandenen Unstetigkeit zu untersuchen. Es ergiebt sich, dass diese in die durch das Auge und die Schnittkante gelegte Ebene fällt, so dass man durch Bewegung des Auges im Stande ist, das eine der an einander grenzenden Gebiete auf Kosten des andern zu erweitern. In den besonderen Fällen, wo der regelmässige Wechsel congruenter und symmetrischer Bilder auch im Scheitelwinkel nicht unterbrochen wird, erscheint dem Auge eine sternförmige Figur, von der jeder Strahl aus zwei zu einander symmetrischen Bildern der zwischen den Spiegeln liegenden Körper zusammengesetzt ist, so dass dann der doppelte Winkelabstand der Spiegel ein genauer Teil von 360° ist.

Dass man trotz so einfacher Verhältnisse häufig nicht zu einer einfachen, oder auch nur richtigen Darstellung der Gesetze des Winkelspiegels gelangt ist, liegt vor allem daran, dass man immer den schwierigeren theoretischen Weg betrat und dabei statt der physikalischen Vorgänge abkürzende geometrische Schemata ohne Rücksicht auf die notwendigen Einschränkungen zu Grunde legte. Rein geometrisch lässt sich beim Winkelspiegel ebensogut wie beim Parallelspiegel eine unendliche Reihe von Bildpunkten construieren, indem man jedes zu der einen Spiegelebene gehörige Bild wieder als Objekt für die andere betrachtet. Sie würden einen Kreis fast stetig erfüllen. Man hat diese Reihe jedoch immer auf eine endliche zurückgeführt, sie nämlich nach beiden Seiten nur bis in den Scheitelwinkel hinein fortgesetzt und zwar aus der physikalischen Rücksicht, dass ein dort durch den einen Spiegel erzeugtes Bild sich auf der Rückseite auch des andern Spiegels befinde, also für diesen kein Objekt sein könne. Dabei ist zu beachten, dass bei einer etwaigen Erweiterung der spiegelnden Ebenen über die Schnittkante hinaus, der Scheitelwinkel nicht innen, sondern aussen spiegeln würde. Ein genaueres Eingehen zeigt nun aber, dass von den beibehaltenen Bildern diejenigen im Scheitelwinkel den übrigen nicht gleichwertig sind, sie bilden insofern einen Uebergang zu den physikalisch ganz unbrauchbaren, als sie nur für bestimmte Lagen des Auges sichtbar werden. Ein Bildpunkt hat überhaupt in der geometrischen Optik niemals eine absolute Existenz, sondern ist nur ein in vielen Fällen anwendbares Hilfsmittel, welches auf einfache Weise eine Vorstellung von den verschiedenen Lagen und Richtungen unendlich vieler zu einem System vereinigten Strahlen giebt. Wenn nun auch durch die Angabe eines reellen oder virtuellen Vereinigungspunktes das wesentlichste Merkmal eines Strahlensystems geliefert wird, so reicht sie doch nicht aus, dasselbe vollständig zu charakterisieren. Dazu ist die Angabe der meist vorhandenen seitlichen Begrenzung des Strahlenkegels unerlässlich. Ein geometrisch construierter Brennpunkt ist erst dann optisch brauchbar, wenn unter den Strahlen, die er vertritt, sich auch solche finden, die wirklich in das Auge gelangen. Denkt man sich den Mantel eines convexen Cylinderspiegels aus vielen ebenen Facetten zusammengesetzt, so kann man für jede einzelne das Bild eines leuchtenden Punktes construieren. Wird man deshalb sagen, der Cylinderspiegel liefere unendlich viele Bilder? Infolge mangelhafter Auffassung des Begriffs eines Bildpunktes kommt eine neuere sehr ausführliche Abhandlung über den Winkelspiegel[1]) zu dem Resultat, die doppelten Bilder, die sich innerhalb des Scheitelwinkels im allgemeinen construieren lassen, störten sich gegenseitig und beeinträchtigten ihre Klarheit, fielen sie aber ausnahmsweise in eins zusammen, so erfreute sich dieses besonders günstiger Lichtverhältnisse. Das wäre alles richtig, wenn man im Scheitelwinkel leuchtende Punkte statt virtueller Bilder vor sich hätte.

Wir denken uns eine zur Schnittkante beider Spiegel senkrechte Ebene, auf die wir die leuchtenden Punkte, den Ort des Auges, die Wege der Strahlen projicieren. Die Spiegel werden durch ihre von O auslaufenden Spuren OX, OY dargestellt, deren entgegengesetzte Richtungen OX', OY' seien. Der Winkel XOY sei $= \alpha$. Man betrachte nun ein Strahlenbündel, welches divergierend auf den Spiegel OX fällt. Der geometrische Ausgangspunkt desselben, P, ist entweder ein leuchtender Punkt innerhalb des Winkels XOY, oder ein virtueller Bildpunkt innerhalb $X'OY$. Physikalisch entspringen die einzelnen Strahlen entweder wirklich in den Punkten des Spiegels OY, oder könnten doch soweit rückwärts verlängert werden, dass sie es thäten. Wir sagen deshalb, das Strahlensystem (P) stütze sich auf den Spiegel OY, von dem es sich in den Winkelraum YOX verbreitet.



Schlägt man nun um O mit OP einen Kreis, welcher OX in A, OY in B schneidet, und macht auf diesem den Bogen $PA = AQ$, so ist Q der virtuelle Vereinigungspunkt der reflektierten Strahlen, die von allen Punkten des Spiegels OX in den Winkelraum α divergieren. Der Punkt Q liegt auf der Rückseite von OX, also entweder im Nebenwinkel XOY' oder im Scheitelwinkel $X'OY'$.

[1]) L. Mack, Grunert's Archiv, 1885, S. 1—50.

Im ersteren Falle trifft das auf OX sich stützende Strahlensystem (Q) den Spiegel OY und bildet durch Reflexion an ihm ein neues Strahlensystem mit dem virtuellen Vereinigungspunkte P'. Dieser liegt auf dem um O mit OQ geschlagenen, d. h. auf dem ursprünglichen Kreise so, dass der Bogen QP' in B halbiert ist. Da aber QP in A halbiert ist, so folgt $PP' = 2\alpha$. Ein auf OY sich stützendes Strahlensystem mit dem reellen oder virtuellen Vereinigungspunkt P giebt also Veranlassung zu einem anderen, wieder auf OY sich stützenden System, dessen Vereinigungspunkt P' gegen P um 2α in der Richtung AB verschoben ist.

Liegt aber zweitens Q innerhalb des Scheitelwinkels $X'OY'$, so gehen die Strahlen des auf OX sich stützenden Systems Q in das Unendliche, ohne auf den zweiten Spiegel zu treffen. Dieser letzte Fall kann nur dann eintreten, wenn P um weniger als α von A' entfernt war, d. h. zwischen C und A' lag. Die im ersten Falle beschriebene Verschiebung des Punktes P um 2α ist also überhaupt so lange statthaft, als P noch vor C liegt, mithin von B' einen grösseren Abstand als 2α hat. Sie darf so oft vorgenommen werden, bis P den Punkt B' überschreiten würde.

In derselben Weise findet man: Ist Q der reelle oder virtuelle Vereinigungspunkt eines auf OY fallenden Strahlensystems, welches sich auf OX stützt, so giebt dies Veranlassung zu der Entstehung eines neuen, auch auf OX sich stützenden Strahlensystems Q', dessen Vereinigungspunkt Q' gegen Q um 2α im Sinne BA auf dem Kreise verschoben ist. Man darf den Punkt Q so oft verschieben, bis er A' überschreiten und damit den Scheitelwinkelraum verlassen würde.

Nun betrachten wir eine beliebige Figur zwischen den Spiegeln. Das von OY gelieferte symmetrische Spiegelbild fassen wir mit ihr zusammen und verstehen unter P jeden beliebigen Punkt dieser den Winkelraum 2α einnehmenden Figur. Um dieselbe in der positiven Richtung (AB) leicht um den Winkel 2α zu verlegen, denken wir uns die Fläche des Winkels 2α mit der darin enthaltenen Zeichnung zu dem Mantel eines Kegels zusammengebogen und rollen diesen in positivem Sinne bis OY', wobei er beständig die Zeichnung auf die Zeichenebene übertrage. Man kann denselben Kegel auch als Träger der Figur (Q) betrachten, die wieder aus der obigen und ihrem Bilde im Spiegel OX zusammengesetzt ist, und ihn daher auch benutzen, auf die Zeichenebene die Wiederholungen von (Q) bis in den Scheitelwinkel hinein zu übertragen. Nun ist der Scheitelwinkelraum mit zwei Zeichnungen bedeckt, von denen die erste längs OX', die andere längs OY' stetig mit den Figuren jenseits dieser Geraden zusammenhängt. Irgend ein Punkt P der ersten sendet aber nur über Punkte von OY, irgend ein Punkt Q der zweiten nur über solche von OX Strahlen aus. Legt man daher durch das Auge und O eine Linie OZ, die den Scheitelwinkel teilt, so ist jede der beiden Figuren nur von demjenigen Schenkel, an dem für sie der stetige Übergang stattfindet, bis OZ sichtbar. Sind beide Zeichnungen identisch, so fällt die Unstetigkeit längs OZ fort. Die Bedingung dafür ist schon oben angegeben.

Nun lässt sich auch leicht die Frage nach der Anzahl der Bilder eines Punktes beantworten. Wir rechnen den leuchtenden Punkt selbst mit und denken ihn uns als unendlich kleinen Körper, oder als Theil einer grösseren Figur, um congruente und symmetrische Bilder unterscheiden zu können. Schneidet man aus der sichtbaren Bildfigur einen zum Winkel 2α gehörigen Sektor heraus, der die Linie OZ nicht enthält, so zeigt dieser die vollständige Zeichnung des Kegelmantels, nur müsste man, um Bild und Spiegelbild neben einander zu haben, im algemeinen einen Theil von dem einen Rande nach dem andern verlegen. Von einem bestimmten Punkt des Objekts bietet daher der Sektor zwei Bilder, die von O gleiche Entfernung, sonst aber unbeschränkte Lage haben. Ist 2α in $360°$ im ganzen n mal enthalten, so kann man durch Radien vom Abstand 2α die vom Anfangsradius OZ an in positiver Richtung aufeinander folgen, die Bildfigur in vollständige Fächer und einen Bruchteil eines solchen teilen. Jedes vollständige Fach enthält zwei Bilder, der Bruchteil des folgenden kann zwei hinzufügen. Die Anzahl der Bilder kann daher $2n$ oder $2n+1$ oder $2n+2$ sein, geht 2α in $360°$ genau auf, so ist sie $2n$.

Es sei jetzt P der leuchtende Punkt, Q ein erstes Spiegelbild. Die Richtung von O nach dem Auge weiche von OP um den Winkel p, von OQ um q ab. Der Bildkreis, der in positiver und negativer Richtung bis OZ fortzusetzen ist, wird durch P in zwei Bogen von der Grösse $180° - p$ und $180° + p$ geteilt. Die Anzahl der congruenten Bilder, die im Abstande 2α sich nach beiden Seiten an P anreihen, ist daher

$$1 + \left[\frac{180° - p}{2\alpha}\right] + \left[\frac{180° + p}{2\alpha}\right],$$

wo die eckige Klammer die grössten Ganzen des eingeschlossenen Bruches andeutet. Ebenso ist die Anzahl der symmetrischen Bilder, die sich im Abstande 2α an Q anreihen,

$$1 + \left[\frac{180° - q}{2\alpha}\right] + \left[\frac{180° + q}{2\alpha}\right].$$

Die Anzahl aller Bilder ist die Summe beider Ausdrücke. Die Einführung der grössten Ganzen, durch welche man die sonst notwendige Unterscheidung sehr vieler Fälle umgeht, rührt von K. Mack[2]) her, der für die Anzahl aller durch Bewegung des Auges überhaupt sichtbar zu machenden Bilder einen solchen Ausdruck ableitete.

Bisher waren die Spiegel am besten als unbegrenzt vorauszusetzen, wenigstens mussten sie möglichst nahe an die Schnittkante heranreichen. Andernfalls sind die Gründe leicht erkennbar, aus denen die Bilder lückenhaft werden. Man kann aber den Einfluss einer endlichen Begrenzung des Spiegels leicht allgemein darstellen. Man denke sich zuerst vollständige spiegelnde Halbebenen und wandle diese dadurch um, dass man sehr dünne undurchsichtige Platten sehr nahe an sie heranrückt, in denen sich fensterförmige Ausschnitte von passender Form befinden. Rechnet man diese Schirme mit zu den Objekten, so ist nach der allgemeinen Theorie leicht ein Modell herzustellen, welches den Körper darstellt, den man im Winkelspiegel sehen sollte. Aber die undurchsichtigen durch Spiegelung noch vermehrten Platten werden zum Teil die Aussicht versperren.

Physikalische Aufgaben.

Denkaufgaben.

1. Um eine Last auf einer horizontalen Unterlage zu bewegen, übt der Arbeiter in horizontaler Richtung einen Druck auf sie aus. Nach dem Prinzip der Aktion und Reaktion drückt die Last auf den Arbeiter in entgegengesetzter Richtung und mit gleicher Stärke. Warum bewegt sich dennoch für gewöhnlich die Last? Wann wird der Arbeiter in einer seiner Druckkraft entgegengesetzten Richtung in Bewegung geraten und wann wird sich sowohl die Last als auch der Arbeiter bewegen? — (Erläuterung durch Bewegungsvorgänge auf dem Eise.)

2. Um ein Elektroskop durch Influenz zu laden, nähert man dem Knopfe desselben einen elektrischen Körper und leitet ihn gleichzeitig durch Berührung mit dem Finger nach der Erde ab. Entfernt man zuerst den Finger, dann den influierenden Körper, so zeigt das Elektroskop die dem elektrischen Körper entgegengesetzte Elektrizität. Entfernt man nur den Finger, so divergieren die Blättchen mit gleichartiger Elektrizität, fallen beim Entfernen des Körpers zusammen und divergieren dann mit entgegengesetzter Elektrizität. Verbindet man aber den Knopf des Elektroskops mit einem langen isolierten Conduktor, so zeigt das Elektroskop nach Entfernung des Fingers entweder keine oder starke Ladung mit Elektrizität des influierenden Körpers, je nachdem man den Conduktor an dem entfernteren oder dem Elektroskop näheren Ende berührt hat. Wie ist dies zu erklären?

[2]) Exner, Repert. d. Phys. Bd. 21, S. 570.

3. Eine isoliert aber beweglich befestigte Metallkugel (Kugel des Weinhold'schen Horizontalpendels) von circa 10 cm Durchmesser wird geladen. Nähert man einen elektrischen Körper, der dieselbe Elektrizität enthält wie die Kugel, so wird die Kugel angezogen. Wie ist diese Erscheinung in Einklang mit dem elektrischen Wirkungsgesetz zu bringen? *P. Szymanski, Berlin.*

---

4. Lässt man eine Flasche kohlensauren Wassers, die halb entleert wurde, geschlossen stehen, so entwickelt sich eine Zeit lang Gas. Wenn das nicht mehr geschieht, öffnet man plötzlich, indem man den Pfropfen oder den Gummiverschluss springen lässt. Dabei erfüllt sich der obere Teil der Flasche mit dickem Nebel. 1. Warum? (Adiabatische Expansion). 2. Welche Arbeit wird geleistet? 3. Wäre der Vorgang umkehrbar?
H. Mehner, Berlin.

---

5. Im Anschlusse an den in dieser Zeitschrift (*II, Heft 1, S. 47*) erwähnten Versuch mit der Nadel teilt Herr Professor E. MACH den folgenden Versuch mit:

Betrachtet man (Fig. 1) ein entferntes Objekt (g) durch eine feine Öffnung in einem Schirm (s) mittelst einer zwischen diesen und das Auge gehaltenen Loupe, so sieht man das Objekt aufrecht, wenn die Loupe ganz nahe am Schirm steht. Entfernt man sie

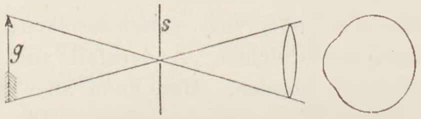


Fig. 1.

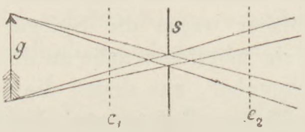


Fig. 2.

aber allmählich, so erscheint die Öffnung scharf, dann das Objekt verkehrt. Der Versuch findet sich ohne Erklärung in einem älteren Bande von Poggendorff's Annalen erwähnt.

Andeutung: In dem einen Falle ist die Netzhautebene zu e_1, in dem andern zu e_2 conjugiert. Einmal bildet sich der ganze Complex der Strahlendurchschnitte mit e_1, dann derjenige mit e_2 auf der Netzhaut ab. (Projektivische Beziehung zwischen Objektraum und Bildraum.)

---

6. Versieht man eine Wand aus Holz oder Glas mit einer konischen Durchbohrung, stellt auf die eine Seite eine Kerze und bläst von der andern Seite her durch die Öffnung, so wird die Flamme von der Wand fortbewegt oder zur Öffnung hingezogen, je nachdem die Spitze oder die Öffnung des Kegels der Flamme zugewendet ist. Woher rührt dieser Unterschied, und welche von beiden Formen würde bei Ventilationsöffnungen vorzuziehen sein? (Nach einem Vortrag von A. J. Martin, sur l'assainissement des habitations, in den *C. Rend. de l'Assoc. franc. à Nancy, 1886; I, 34.*)

---

7. Der Mond erscheint am Horizont bekanntlich grösser als im Zenith. Die genaue Messung ergiebt dagegen, dass in Wahrheit der Durchmesser des Mondes, wenn er sich am Horizont befindet, um ungefähr $^1/_{60}$ kleiner ist als in der Höhe des Himmels. Wie ist diese Verschiedenheit zu erklären und welcher Schluss auf die Grösse der Entfernung des Mondes von der Erde lässt sich daraus ziehen?
(Nach *„Himmel und Erde", I, Heft 2, S. 107.*)

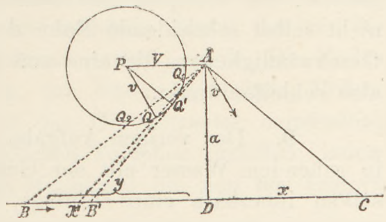
---

8. Man befinde sich auf einem freien Platze, längs dessen einer Seite Pferdebahnverkehr stattfindet. Man weiss nicht, wo der nächste Wagen sich zur Zeit befindet. Auf welchem Wege muss man dem Geleise zueilen, um diesen Wagen womöglich noch zu erreichen?

Anleitung: Man bestimme, wie nahe der Wagen höchstens sein darf, wenn man überhaupt noch im Stande sein soll, ihn zu erreichen. Wählt man nun den Weg unter der Annahme, der Wagen befinde sich gerade an jener Grenzstelle, so erreicht man ihn auf demselben Wege in allen den Fällen, wo er weit genug zurück ist, um überhaupt auf irgend einem Wege erreicht werden zu können.

Auflösung: Bezeichnet $AD = a$ die Entfernung des Ausgangspunktes A vom Geleise, C den Punkt, in dem die gesuchte (geradlinige) Bahn des Fussgängers das Geleise schneidet, x den Abstand der Punkte D und C, und nennt man $BD = y$ die Entfernung von D, in welcher sich der Wagen anfangs befunden haben muss, wenn er gleichzeitig mit dem Fussgänger in C eintreffen soll, so besteht die Gleichung:

$$\frac{\sqrt{x^2 + a^2}}{x + y} = \frac{v_1}{v_2},$$



wobei v_1 und v_2 die Geschwindigkeiten des Fussgängers und des Wagens darstellen. Die Diskussion dieser Gleichung ergiebt, dass y ein Minimum wird für

$$x = a\sqrt{\frac{v_1^2}{v_2^2 - v_1^2}},$$

d. h. wenn der cos. des Neigungswinkels des eingeschlagenen Weges gegen die Geleisrichtung gleich dem Verhältnis der Geschwindigkeiten ist. *J. Epstein.*

Andere Auflösung: Die Geschwindigkeit des Fussgängers sei v, die des Wagens V. In dem Augenblick, wo der erstere von seinem Standpunkt A aufbricht, befinde sich der letztere in B. Man lege dem Fussgänger in A noch eine Geschwindigkeit bei, welche der des Wagens gleich und parallel, aber von entgegengesetzter Richtung sei. Stellt man sie durch AP dar, ferner durch PQ die parallel verschobene Geschwindigkeit v des Fussgängers, so ist AQ die relative Anfangsgeschwindigkeit desselben, wie sie vom Wagen aus erscheinen würde. Diese muss entweder auf den Punkt B selbst gerichtet sein, oder auf einen Punkt X, der in der Bewegungsrichtung des Wagens ihm vorauf liegt. Im ersten Falle wird der Wagen direkt erreicht, im zweiten ist auf seine Ankunft so lange zu warten, als er Zeit braucht, eine Strecke von der Länge BX zu durchfahren.

Da der Fussgänger alle möglichen Richtungen einschlagen kann, so ist der Ort für Q ein um P mit dem Radius v beschriebener Kreis. Soll der Wagen erreichbar sein, so muss die Gerade AB den Hilfskreis schneiden, etwa in Q_1 und Q_2. Hat die von A an den Bogen $Q_1 Q_2$ gezogene Tangente den Berührungspunkt Q', so sind alle zwischen AQ' und AB liegenden relativen Geschwindigkeiten brauchbar, der erste Grenzfall erfordert das längste Warten, der andere entspricht direktem Anschluss. Die absoluten Richtungen des Fussgängers erhält man, wenn man die Strecken PQ', resp. PQ_1 und PQ_2, parallel nach A verschiebt.

So lange der Wagen überhaupt erreichbar ist, wird man ihn daher in der dem Radius PQ' parallelen Richtung AC erreichen, allerdings nur dann ohne zu warten, wenn seine Anfangslage derjenige Punkt B' ist, wo die Tangente AQ' das Geleise trifft.

Der ganze, von A bis C zu Fuss mit der Geschwindigkeit v zurückgelegte, von da im Wagen mit der Geschwindigkeit V fortgesetzte Weg kann auch aufgefasst werden als der Weg eines in ein dünneres Medium streifend austretenden Lichtstrahls, wenn v und V die Lichtgeschwindigkeiten sind. Noch näher liegt die Analogie mit der Aberration des Lichtes und des Hilfskreises mit dem Hodographen.

Auch die Schleifen der scheinbaren Planetenbahnen lassen sich durch ähnliche Betrachtungen erläutern. Da Neptun während eines Jahres einen sehr geringen Teil seiner Bahn um die Sonne durchmisst, so können wir seine absolute Geschwindigkeit im Raume, V, während dieser Zeit durch eine nach Grösse und Richtung constante Gerade AP darstellen. Ferner sei PQ die Geschwindigkeit der Erde, v, in paralleler aber entgegengesetzter Richtung auf Neptun übertragen. Dann ist AQ die relative Geschwindigkeit des Neptun, deren Projektion auf das Himmelsgewölbe von uns wahrgenommen wird. Innerhalb eines Jahres beschreibt der der grösseren Strecke (v) um den der kleineren (V)

einen Kreis, dessen Ebene der Ebene der Ekliptik parallel ist. Der Punkt A liegt am weitesten ausserhalb der Kreisebene, wenn Neptun in der Nähe eines Knotens steht, er liegt in der Kreisebene, wenn seine Breite am grössten ist. Im ersten Falle ist die Projektion eine äusserst schmale Ellipse, der Punkt A erscheint in der Nähe ihres Mittelpunkts, aber ausserhalb des Umfangs, für alle andern Fälle ist die Projektion eine schmale Ellipse, die den Punkt A umschliesst. Die von A ausgehenden Radienvectoren stellen die scheinbaren Geschwindigkeiten dar. Im ersten Falle haben die beiden Minima derselben gleiche, zur Ekliptik fast senkrechte Richtung, dem entspricht eine geschlängelte, sich nicht selbst schneidende Bahn des Planeten, im allgemeinen Falle ist von den kleinsten Geschwindigkeiten die eine zur Ekliptik hin, die andere von ihr abgewandt, die Bahn also schleifenförmig. *M. Koppe.*

9. Der vorigen Aufgabe lässt sich die folgende zur Seite stellen: Ein Boot kann in ruhendem Wasser mit der Geschwindigkeit v fortbewegt werden. Kann man mit demselben innerhalb eines Flusses, dessen Strömung eine grössere Geschwindigkeit V hat, von einer kleinen Insel A nach einer andern B gelangen?

Schlägt man um den Endpunkt der von A aus abgetragenen Geschwindigkeit V einen Kreis vom Radius v, so muss B innerhalb des Winkels liegen, den die von A aus an den Kreis gezogenen Tangenten einschliessen. *M. Koppe.*

---

10. In Jules Verne's „Reise um den Mond“ fahren drei Gelehrte im Innern einer aus einer Riesenkanone abgeschossenen Bombe von entsprechender Grösse dem Monde zu. Sie passieren den neutralen Punkt, und der Verfasser lässt sie diesen Moment der Schwerelosigkeit daran erkennen, dass nun Gegenstände, in die Höhe gehoben, frei schweben bleiben. Die Reisenden selbst springen in die Höhe und nehmen in der Schwebe ein Frühstück ein, das sie vor sich in die Luft stellen. Ist diese Darstellung berechtigt?

Anleitung: Wie verhielte es sich während früherer und späterer Perioden der Fahrt? Es werde vom Einfluss der äusseren Atmosphäre, von der gegenseitigen Anziehung der einzelnen Teile des Systems, sowie von der Verschiedenheit ihrer Entfernung vom Anziehungscentrum der Erde (beziehungsweise des Mondes) abgesehen. Dann wirkt jederzeit während der Fahrt die Gravitation auf Bombe und Inhalt in der gleichen Weise, andere Kräfte sind ausgeschlossen, es ist also kein Grund vorhanden, dass der eine Teil dem andern gegenüber eine Beschleunigung erhalte, oder, an deren Bethätigung gehindert, einen Druck gegen denselben ausübe. Ein Tisch auf dem Boden der Jules Verne'schen Bombe übt also auf diesen keinen Druck aus.

Was würde eine Wage (Hebel- oder Feder-Wage) im Innern der Bombe zeigen? Könnten die Reisenden im Innern der Bombe gehen? (Mangel einer horizontalen Reibung infolge der Gewichtslosigkeit, Schwierigkeit den gehobenen Fuss wieder zu Boden zu bringen.) Sich setzen? Trinken?

Wodurch unterscheiden sich die Verhältnisse in der Bombe von denen in der Gondel eines Luftballons, wo ja jene Erscheinungen nicht auftreten? (Der Luftballon ist kein frei aufsteigender Körper; relative Beschleunigung zwischen Ballon und Insassen infolge des Auftriebes.)

Welchen Einfluss würde theoretisch die Verschiedenheit der Entfernung der einzelnen Teile von den Anziehungscentren der Erde und des Mondes haben müssen? (Scheinbare Abstossung von der „Mitte“ der Bombe aus nach oben und unten). — Analogie mit Ebbe und Flut; die Gegenstände auf der Erde zeigen im übrigen in Bezug auf die Sonne dieselben Eigentümlichkeiten der Schwerelosigkeit, wie die in der Bombe in Bezug auf die Erde.

Welchen Einfluss hat der äussere Luftwiderstand auf die Vorgänge im Innern der Bombe? (Er verlangsamt die Bewegung der Bombe, ist auf diejenigen im Innern ohne Einfluss; die Körper im Innern streben daher nach der Decke, zeigen ein „negatives“ Gewicht.) *J. Epstein, Berlin.*

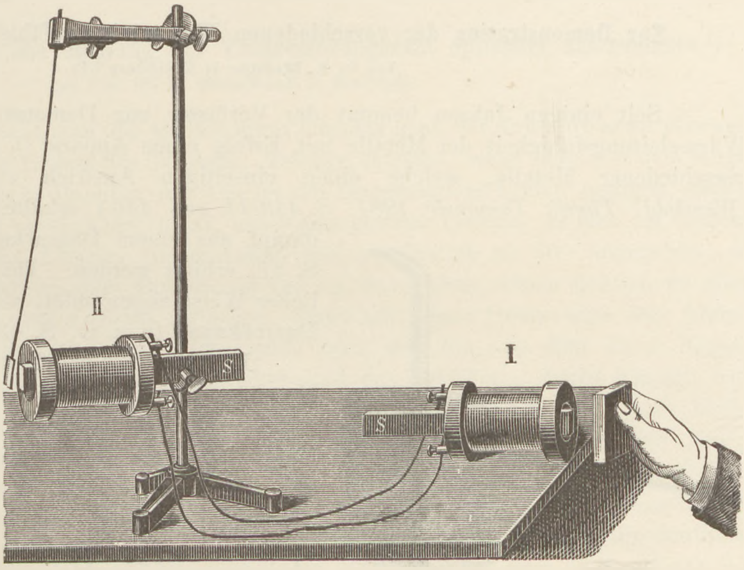
Kleine Mitteilungen.

Einfache Versuche zur Demonstration der Wirkungsweise des Telephons.

Von Dr. **E. Bosshard** in Chur

1. Das Entstehen von Induktionsströmen in den Drahtwindungen des Bell'schen Telephons lässt sich leicht nachweisen, wenn man ein etwas grosses Modell dieses Apparates herstellt. Auf einen Magnetstab von ca. 30 cm Länge wird an einem Ende eine Induktionsrolle aufgesteckt. Die von mir benutzten Rollen haben ca. 50 m Draht von etwa 0,5 mm Dicke. Die Stelle der Telephonplatte vertritt ein Klotz aus weichem Eisen, der mit der Hand dem Magnetpol bis zur Berührung genähert oder davon entfernt wird. Die Enden der Rolle werden mit einem empfindlichen Galvanoskop, am besten mit einem Reflexgalvanometer für objektive Darstellung verbunden. Ist das Galvanometer empfindlich genug, so kann man diesen Versuch auch mit einem wirklichen Telephon anstellen, indem man dessen Platte abschraubt und mit der Hand vor dem Magnetpol hin und her bewegt.

2. Dass durch diese Ströme entsprechende Bewegungen der Membran in einem zweiten Telephon hervorgerufen werden, lässt sich wie folgt zeigen. Man verbindet durch Drähte das eben beschriebene Telephonmodell mit einem zweiten, auf gleiche Weise hergestellten. Die Platte dieses zweiten Telephons muss bei möglichst leichter Beweglichkeit deutlich sichtbare Schwingungen ausführen können. Man erreicht dies, wenn man (wie die Figur andeutet) vor dem Magnetpol in ca. 5—6 mm Entfernung ein Plättchen aus dünnem Eisenblech (etwa 2 cm^2 gross) an einer etwa 40 cm langen und 5 mm breiten Stahlfeder (gerade gebogenen Uhrfeder) aufhängt. Das obere Ende der Feder ist zwischen zwei Korkstücken eingeklemmt. Damit bei Berührung des Plättchens mit dem Magnetpol das erstere nicht dauernd festgehalten wird, überklebt man es mit Papier. Sobald man nun vor dem Telephonmodell I den Eisenklotz bis zur Berührung des Magnetpols nähert und rasch wieder entfernt, geräth das federnde Plättchen vor II in entsprechende Schwingungen, deren Amplitude grösser wird (ca. 1 cm), wenn man die Bewegungen des Klotzes in geeignetem Tempo wiederholt. Die Schwingungen sind auch aus grösserer Entfernung gut sichtbar, wenn man einen weissen Schirm hinter den Apparat stellt. Auch für ein sehr grosses Auditorium lassen sich dieselben sichtbar machen, indem man das Bild des schwingenden Plättchens mittelst des Skioptikons auf eine Wand projiziert. Ist die Drahtverbindung der beiden Telephone derart, dass beim Annähern des Klotzes vor I auch das Plättchen vor II angezogen wird, so lässt sich durch Umkehr der Ströme (Umwechseln der Drähte) die Bewegung umkehren. Es ist zweckmässig, wenn der Magnetstab in II schwächer ist als der in I.



3. Auch die Verbindung von Mikrophon und Telephon lässt sich mit einfachen Hülfsmitteln demonstrieren. In den Stromkreis eines Elementes (am bequemsten eines

Chromsäure-Tauchelementes) wird das bei Versuch (2) beschriebene Telephonmodell II (mit der federnden Platte) eingeschaltet. An einer Stelle ist die Drahtleitung unterbrochen und an den Drahtenden je ein Stückchen Hartkohle, wie sie bei den Bogenlampen Verwendung findet, befestigt. Die leitende Verbindung zwischen Draht und Kohle stellt man zweckmässig so her, dass das Ende des Stäbchens mit Stanniol fest umwickelt und darüber dann der Draht gerollt wird.

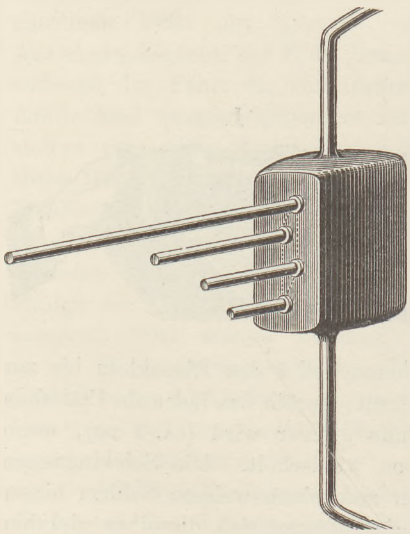
Das Eisenplättchen vor dem Telephonmodell wird in solche Entfernung von dem Magnetstab gebracht, dass sie nicht dauernd angezogen und festgehalten wird, wenn über die beiden eben erwähnten, auf dem Tisch parallel neben einander gelegten Kohlenstäbchen ein drittes (oder ein Kohlenplättchen) lose querüber gelegt wird, so dass dieses die beiden anderen leitend verbindet und den Stromkreis schliesst. Sobald man nun mit dem Finger dieses obere Kohlenstäbchen fester an die unteren andrückt, wird die Eisenplatte des Telephons lebhaft angezogen und beim Aufhören des Druckes wieder losgelassen, indem die Stromstärke vermehrt und wieder vermindert worden ist.

Die beschriebenen Apparate sind aus Teilen, welche wohl in jeder physikalischen Sammlung vorhanden sind, leicht zusammenzustellen. An Stelle des Mikrophonmodelles in Versuch (3) lässt sich selbstverständlich auch ein wirkliches Mikrophon, wenn ein solches zur Verfügung steht, verwenden.

Zur Demonstration der verschiedenen Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle.

Von Dr. **L. Heinze** in Königsberg i/Pr.

Seit einigen Jahren benutzt der Verfasser zur Demonstration der verschiedenen Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle mit Erfolg einen Apparat [1]), an welchem runde Stäbe verschiedener Metalle, welche einen einseitigen Anstrich von Jodkupferquecksilber (*Weinhold, Physik. Demonstr. 1881, S. 443/44 und 446.*) erhalten haben, durch Wasserdampf aus einem Dampfkessel (Weinhold, a. a. O. S. 37) erhitzt werden. Der Kessel ist hier in ähnlicher Weise angewendet, wie bei der Weinhold'schen Dampfkapsel (a. a. O. S. 437).



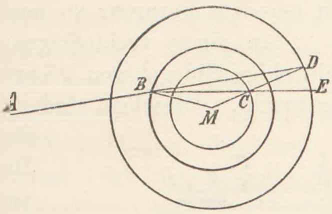
Es dürfte sich empfehlen, vier Stäbe aus Kupfer, Messing, Zinn und Blei zu wählen, ihre Längen ungefähr den bekannten Verhältniszahlen der Leitungsfähigkeit gemäss zu bestimmen und sie mittels Stopfbüchsen in eine ebene Fläche einer Dampfkapsel mit Dampfzuleitungs- und Ableitungsrohr einzulassen, so dass sie auf den Ecken eines stark schiefwinkligen Parallelogramms zu stehen kommen. Die ebene Fläche wird mit einer Pappscheibe bedeckt, welche, die Stäbe durchlassend, eine Wärmestrahlung der Dampfkapsel nach diesen verhindert. Nach dem Ableitungsrohr muss die Fläche der im übrigen rechtwinklig-parallelepipedischen Dampfkapsel gewölbt sein (eventuell auch nach dem Zuleitungsrohr, falls man den Apparat auch in umgekehrter Lage benutzen will), damit das durch Condensation entstandene Wasser bequem abfliessen kann. Die Benutzung eines eisernen Stabes empfiehlt sich nicht, weil derselbe leicht rostet, wohl aber die eines Zinkstabes. Der Apparat gestattet eine schnelle und bequeme Ausführung des Experimentes, falls der Dampfkessel vorher geheizt ist.

[1]) Der Apparat wurde von Herrn Mechaniker C. Radau in Königsberg i/Pr. auf Bestellung des Verfassers gefertigt.

Der Gang der Lichtstrahlen in einer Glaskugel.

Von Professor Dr. **K. Schellbach** in Berlin.

In der Figur stellt $MB = r$ den Radius einer Glaskugel vor, deren Brechungsexponent n ist. Der Radius des inneren Kreises ist $MC = r/n$ und der des äusseren $MD = nr$. Fällt nun von dem leuchtenden Punkte A ein Lichtstrahl ABD auf die Kugel, und man verbindet M mit D, so ist BCE der in die Kugel eintretende gebrochene Strahl. Denn der Strahl fällt unter dem Winkel $MBD = \alpha$ auf, und wird unter dem Winkel $MBC = \beta$ gebrochen. Die Dreiecke BMC und BMD sind aber ähnlich, da der Winkel M beiden gemein ist und $MB : MC = MD : BM$ oder $r : r/n = nr : r$. Daher ist Winkel $MCB = \alpha$ und $MDB = \beta$, und $MB : MC = \sin\alpha : \sin\beta = n$.



Diese Construktion, die wohl verdiente in die physikalischen Lehrbücher aufgenommen zu werden, findet sich gedruckt im Tageblatte der Naturforscher-Versammlung in Wien 1858 und rührt von Professor Weierstrass her. Nach einer mündlichen Mitteilung hat er sie ersonnen, um seinem Vater deutlich zu machen, wie wohl die Constuktionen in meiner darstellenden Optik hätten ausgeführt werden können.

Ein einfacher Apparat zur Messung der Vergrösserungszahl optischer Instrumente.[1]

Von Prof. Dr. **A. Oberbeck** in Greifswald.

Bekanntlich beurteilt man die Grösse eines Objekts nach der scheinbaren Grösse desselben, d. h. nach der Grösse des Winkels, welcher entsteht, wenn man von dem Auge nach zwei entgegengesetzten Punkten der Grenze des Gegenstandes Linien gezogen denkt. Sinkt dieser Winkel, der Gesichtswinkel, unter eine gewisse Grenze, so hört der Gegenstand auf sichtbar zu sein. Dieser Grenzwinkel wird gewöhnlich zu 30″ angegeben, so dass ein 1 mm breiter Spalt in einer Entfernung von 6,6 m aufhören würde sichtbar zu sein.

Um Gegenstände noch deutlich zu sehen, deren scheinbare Grösse eine sehr kleine ist, entweder weil sie überhaupt sehr klein sind, oder weil sie uns sehr ferne liegen, benutzt man optische Instrumente: das Mikroskop und das Teleskop. Beide Klassen von Apparaten haben das gemeinsam, dass sie uns durch Linsensysteme ein Bild des zu beobachtenden Objekts in die kleinste, deutliche Sehweite (25 cm für ein normales Auge) rücken. Das Verhältnis der scheinbaren Grösse dieses Bildes zu der scheinbaren Grösse des Gegenstandes wird als Vergrösserungszahl des optischen Instrumentes bezeichnet. Jedoch muss man sich bei dem Mikroskop den Gegenstand selbst ebenfalls in die deutliche Sehweite gebracht denken, während derselbe beim Fernrohr mit dem beobachteten — entfernten — Objekt zusammenfällt.

Die Vergrösserungszahl der optischen Instrumente kann aus ihrer Construktion berechnet werden. Eine genauere Berechnung ist aber ziemlich umständlich, so dass es sehr wünschenswert ist, durch einfache Versuche die Vergrösserungszahl feststellen zu können. Die gebräuchlichste Methode[2]) dieselbe zu messen, besteht darin, dass man das Bild in der deutlichen Sehweite, herrührend von einem Objekt von bekannten Dimensionen, direkt mit einem anderen, gleichzeitig gesehenen Objekt vergleicht. Man kann dies bewirken, indem man mit dem einen Auge das Bild, mit dem anderen den Vergleichsgegen-

---

[1]) Vom Verfasser zum Abdruck übersandt aus den „Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Neuvorpommern und Rügen", 19. Jahrg. 1887.

[2]) Vergl. F. Kohlrausch. Leitfaden der practischen Physik. 1884; S. 139—142. — L. Dippel. Handbuch der allgemeinen Mikroskopie. 1882; S. 355—366. — A. Mousson. Die Physik auf Grundlage der Erfahrung. 1881. Band II. S. 450—452.

stand betrachtet. Man kann es aber auch durch optische Vorrichtungen dahin bringen, dass man beides mit demselben Auge sieht. Die letztere Methode scheint mir vorzuziehen, da ich die Erfahrung gemacht habe, dass es Vielen schwer wird, die mit beiden Augen beobachteten Bilder zur Deckung zu bringen.

Im Anschluss an eine Versuchsanordnung von F. Kohlrausch[3]) habe ich einen Apparat construiert, welcher die Vergrösserungszahl in einfachster Weise bei dem Mikroskop und bei dem Fernrohr zu messen gestattet.

In einem rechteckigen Rahmen sind, wie die beistehende Figur 1 zeigt, zwei rechteckige Spiegel von 25 mm Länge und 15 mm Breite in einer Entfernung von 6 cm angebracht. Dieselben sind um die Axen *AB* und *CD* drehbar und mit Hilfe der kleinen Schrauben *A* und *C* in beliebiger Lage festzustellen. Der Rahmen ist vermittelst eines Zwischenstücks *EF* an einem zu verstellenden Stativ befestigt und kann um die Axe *EF* gedreht werden. Der Spiegel *AB* hat in der Mitte eine unbelegte Stelle.

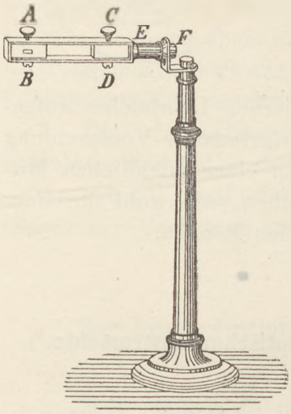


Fig. 1.

Soll der Apparat dazu dienen, die Vergrösserung eines Mikroskops zu messen, so wird der Rahmen horizontal gestellt. Die Spiegel sind um 45° gegen die Horizontalebene geneigt. Der Spiegel *AB* befindet sich unmittelbar über dem Ocular. Neben dem Mikroskop liegt unter dem Spiegel *CD* das Vergleichsobjekt, dessen Bild durch doppelte Spiegelung zugleich mit dem Bild des unter dem Mikroskop liegenden Gegenstandes in das Auge gelangt. Als mikroskopisches Objekt benutze ich eine Mikrometerskala mit Linien in $^1/_{10}$ und $^1/_{100}$ mm Abstand. Als Vergleichsobjekt dient ein auf graues Papier gezeichnetes, gleichschenkliges Dreieck von 20 mm Basis und 100 mm Höhe. Ohne Mühe kann man sofort erkennen, wie viel Mikrometerstriche auf einen der Teilstriche des Dreiecks fallen. So würden in der beistehenden Zeichnung (Fig. 2) vier Millimeterstriche auf den 8. Strich fallen. Sind die Mikrometerstriche Zehntel, so wäre in diesem Fall die Vergrösserung eine zwanzigfache. Um die eigentliche Vergrösserungszahl zu finden, hat man noch mit dem Verhältnis der Entfernung der Zeichnung vom Auge $a + b$ (vergl. Fig. 3) zu 25 cm die oben gefundene Zahl zu multipliciren.


Fig. 2.

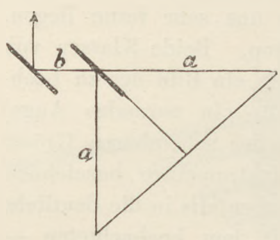


Fig. 3.

Um die Vergrösserung eines Fernrohrs zu bestimmen wird der Rahmen vertikal gestellt. Die beiden Spiegel sind wiederum um 45° geneigt und einander parallel. Durch die Öffnung in *AB* sieht man durch das Fernrohr, während durch die doppelte Spiegelung das Bild eines zweiten Objekts gleichzeitig in das Auge gelangt. Ich benutze hierbei eine Millimeterskala, welche auf eine andere Skala mit grossen und dicken Strichen, in Abständen von je 5 cm, aufgeklebt ist. Man hat dann nur abzuzählen, wieviel Millimeter durch das Fernrohr gesehen, auf den Abstand zweier durch die Spiegel gesehener Striche kommen. Ist diese Anzahl n, so ist die Vergrösserungszahl des Fernrohrs: $50/n$. Für die in physikalischen Laboratorien gebräuchlichen Fernröhre hat sich diese Methode stets gut bewährt. Besonders ist es von Interesse hiernach festzustellen, wie die Vergrösserungszahl zunimmt, wenn das Objekt dem Fernrohr genähert wird.

Der Apparat ist von der Firma Schmidt & Haensch in Berlin nach meinen Angaben ausgeführt worden.

---

3) a. a. O., S. 142.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Eine neue Art von Barometer. Von T. H. Blakesley wird unter dem Namen „Amphisbaena“ ein neues Instrument beschrieben (*Phil. Mag.* (5) *No. 162, Nov. 1888*), dessen Prinzip völlig mit demjenigen der früher von Melde veröffentlichten Versuche an Capillarröhren (*Wied. Ann. 32, 659, d. Ztschr. I, 168*) übereinstimmt. Eine an einem Ende geschlossene Glasröhre von etwa 20 Zoll Länge und 1,2 mm Weite wird mit einem Quecksilberfaden von 10 Zoll Länge versehen und das Volumen der eingeschlossenen Luft sowohl bei aufwärts, wie bei abwärts gekehrter Röhrenöffnung abgelesen. Aus beiden Ablesungen findet man durch eine einfache Formel (vgl. Melde) die Grösse des Luftdruckes. Auch für Höhenmessung bei Bergbesteigungen wird das Instrument empfohlen.

Versuche über schwingende Saiten. Von J. Puluj. 1. Die objektive Darstellung der wahren Gestalt einer schwingenden Saite kann auf folgende Weise ausgeführt werden. Ein 3,5 m langer weisser Seidenfaden wird durch eine elektrische Stimmgabel von 114 Schwingungen (nach Melde's Verfahren) in Bewegung versetzt. (Dass die stehenden Schwingungen des Fadens dieselbe Periode haben wie die Stimmgabel, kann man dadurch demonstrieren, dass man einem der Schwingungsbäuche einen Kartonpapierstreifen nähert; die rhythmischen Stösse des schwingenden Fadens erzeugen hierbei einen gut vernehmbaren Ton von derselben Höhe wie der der Stimmgabel.) Die schwingende Saite wird nun durch eine intermittierende Lampe beleuchtet, die ihr Licht auf einen zwischen ihr und der Saite befindlichen Schirm aus Seidenpapier wirft. Die Lampe besteht in einer Vakuumröhre, in welcher ein mit phosphorescierender Substanz angestrichener Glimmerschirm durch Induktionsströme des Ruhmkorff'schen Apparates zum Leuchten gebracht wird. Macht man die Schwingungen des Neef'schen Hammers isochron mit denen der Stimmgabel, so wird die Saite stets an derselben Stelle, also ruhend, und in constanter Beleuchtung erscheinen; ebenso im allgemeinen, wenn die Schwingungszahl des Hammers ein aliquoter Teil derjenigen der Stimmgabel ist. Weichen die Schwingungszahlen hingegen von der Consonanz ein wenig ab, was leicht am Hammer durch Stellen der Schraube bewirkt werden kann, so beobachtet man ein langsames Hin- und Herschwingen der wellenförmigen Gestalt der Saite, wobei jede Schwingung von einer Schwebung des Tons begleitet ist.

2. Ein Interferenzversuch mit zwei schwingenden Saiten. Der Nachweis der Interferenz transversaler Schwingungen ist insofern von besonderem Interesse, als dadurch erst das genaue akustische Analogon zu der Interferenz der Lichtes geliefert wird. Eine dünne Seidenschnur geht von der einen Zinke A einer elektrischen Stimmgabel zu einer festen Rolle B und über eine bewegliche Rolle C, dann über eine zweite feste Rolle B' zur zweiten Zinke A' derselben Stimmgabel zurück. Das an C angehängte Gewicht P spannt beide Seidenschnüre gleich stark. Wird daher die Stimmgabel elektrisch erregt, so teilt sich bei geeigneter Abmessung jede der beiden Schnüre in eine gleiche Anzahl gleich grosser Abteilungen, von denen sowohl je zwei benachbarte, wie a und b, c' und d', als auch je zwei gegenüberstehende, wie a und a', b und b', in entgegengesetzten Richtungen schwingen. Werden die Schnüre wie beim vorigen Versuch mit der intermittierenden Lampe beleuchtet, so erscheinen sie als zwei Wellenzüge, die um eine halbe Wellenlänge gegeneinander verschoben sind.

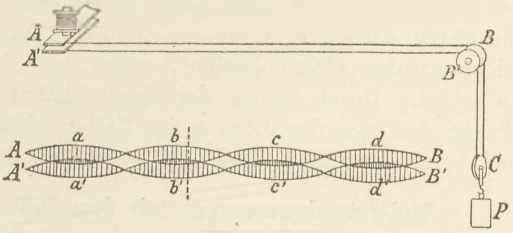


Fig. 1 und 2.

Um nun die beiden Wellenzüge zur Interferenz zu bringen, wird ein etwa 50 cm langer Seidenfaden um je zwei gegenüberstehende Abteilungen (wie b und b' an der punktierten Stelle) geschlungen und die Schlinge sanft zusammengezogen, während die Enden C und D des Fadens festgehalten werden.

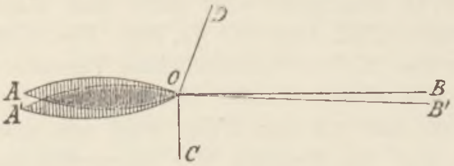


Fig. 3.

Die von A und A' ausgehenden Wellenbewegungen interferieren dann an der Schleife O und es bleiben sowohl die Teile OC und OD des Fadens, als auch die Teile OB und OB' der Seidenschnur in Ruhe (Fig. 3). Würde hingegen der Seidenfaden CD um den Schwingungsbauch bloss der einen Schnur AB locker geschlungen, so würde sich die von A ausgehende schwingende Bewegung auf die drei Abteilungen OB, OC und OD ausbreiten und die Anzahl der Knotenpunkte auf CD würde von der in diesem Faden herrschenden Spannung abhängen.

Werden beide Seidenschnüre mit dem Faden CD an einer Knotenstelle zusammengeschnürt, so findet keine Interferenz der Wellenzüge statt, und die Bewegung pflanzt sich bei ruhig verbleibendem Faden fast ungeschwächt in den jenseitigen Teil der beiden Schnüre fort. *(Sitzb. der Wien. Akad.* ***95****, II, 1887; S. A. übersandt vom Verfasser.)*

Zwei Apparate zur Darstellung von Schwefelwasserstoff. Der eine Apparat ist von John H. I. Dagger angegeben (*Chem. News, Sept. 14, 1888*). Zwei birnförmige Gefässe sind in der aus der Figur 1 ersichtlichen Weise durch einen Schlauch verbunden. Das eine A ist mit Salzsäure, das andere B mit Schwefeleisen gefüllt. Durch einfaches Heben oder Senken von A bewirkt man, dass die Gasentwickelung in Gang gesetzt oder unterbrochen wird. Zu dem Zweck ist jedes Gefäss auf eine hölzerne Gabel gesetzt, welche an einem Gestell auf und ab bewegt werden kann. Das Auseinandernehmen und Reinigen des Apparates erfordert nur eine ganz geringe Zeit. — Ein sehr ähnlicher Apparat ist schon in dem chemischen Leitfaden von Cassel-mann-Krebs (1887) I, S. 27 beschrieben und abgebildet.

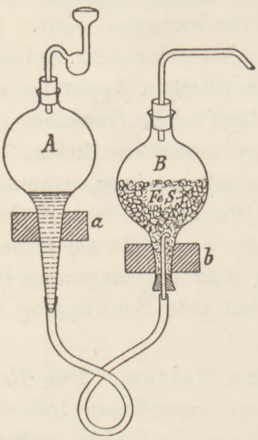


Fig. 1.

Eine andere Vorrichtung für denselben Zweck ist von P. Chantemille im *B. Par.* ***50****, 170—71* beschrieben worden. Mit dem Entwicklungsgefäss von aus der Figur 2 ersichtlicher Form ist ein Ballon verbunden, der beim Füllen des Apparates mit Säure horizontal gelegt wird; er muss gross genug sein, dass in dieser Lage die Säure das obere Ende des Rohres a nicht erreicht. Die Entwicklung des Gases beginnt, wenn man den Ballon senkrecht aufrichtet. Durch Öffnen des Quetschhahnes am unteren Ende von a kann man nach Bedarf den aus der Lösung im Ballon sich ansammelnden Schwefelwasserstoff ablassen und beseitigen (*Chem. Centr.-Bl. 1888, No. 38*).

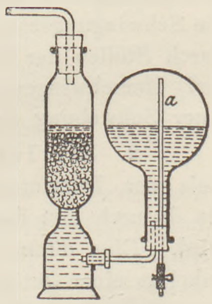


Fig. 2.

Widerstandsmessungen mit dem Differential-Induktor. Bei der Beschreibung dieser Versuche in *Wied. Ann.* ***35****, 828* hebt A. Elsas ausdrücklich hervor, dass der benutzte Apparat, der im wesentlichen mit den früher von Rosenthal und von Mönnich beschriebenen Vorrichtungen übereinstimmt, auch als Demonstrations-Apparat an Schule und Universität geeignet sein möchte. Zur Herstellung des Differential-Induktors war ein mit Seide übersponnener, gut isolierter Kupferdraht von 0,7 mm Durchmesser und 16,80 m Länge sorgfältig bifilar in 278 Doppelwindungen direkt auf einen Eisenkern gespult und dann durchschnitten worden, so dass zwei völlig getrennte Spiralen entstanden, durch welche zwei inducierende Ströme gleichzeitig in entgegengesetzten Richtungen geschickt werden konnten. Darüber war ein 0,4 mm starker, ebenfalls gut isolierter Kupferdraht in 2016 Windungen als Wickelung für den inducierten Strom gelegt; seine beiden Enden wurden mit einem Telephon verbunden. Leitet man einen intermittierenden Strom (etwa von einem Dubois'schen Schlittenapparat) in der vorhin beschriebenen Weise nacheinander durch beide primäre Spiralen, so ist bei einem gut construierten Apparat nicht der geringste Ton im Telephon zu hören. Lässt man dagegen den Strom durch beide Spiralen sich verzweigen, so tritt im Telephon ein Ton auf, sobald die Widerstände in beiden Zweigen um ein Geringes verschieden sind. Beim Vergleich metallischer Widerstände von 100 bis 400 S. E. war die Genauigkeit 0,1 %, nahm aber bei kleineren Widerständen etwas ab. Flüssigkeitswiderstände (von Elementen) liessen sich nur bei mässiger und constanter elektromotorischer Kraft (Daniell, Meidinger, Leclanché) messen, indem diese Elemente, paarweise gegeneinandergeschaltet, (also unter Elimination ihrer elektromotorischen Kraft) wie ein metallischer Widerstand in den einen Differentialzweig gebracht wurden. Zur Widerstandsbestimmung von Elektrolyten empfiehlt der Verfasser auch Tröge mit drei Elektroden von ungleichem Abstand zu benutzen, die eine Flüssigkeitsschicht in den einen, die andere in den andern Differentialzweig einzuschalten und den Unterschied durch Einschaltung eines Rheostaten auszugleichen.

---

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Die Zusammendrückbarkeit der Gase. Von E. H. Amagat sind (*C. R. 107, 522*) Versuche mit Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Luft bis zu einem Drucke von 3000 Atmosphären, nach derselben Methode wie die früher mit Flüssigkeiten angestellten veröffentlicht worden. Der Schwierigkeit, dass das Volumen der Gase eine ausserordentliche Verminderung erfuhr, wurde dadurch begegnet, dass auch für die Kalibrierung der Röhren dasselbe Ablesungsverfahren mittelst elektrischen Contaktes in Anwendung kam, wie für die Messung der Gasvolumina. Die aus Versuchen mit verschiedenen Röhren gewonnenen Kurven stimmten für jedes Gas fast absolut überein. Die Ergebnisse Amagat's weichen von denen Natterer's in dem Sinne ab, dass für dieselbe Volumverminderung bei Amagat die Drucke sehr viel grösser sind als bei diesem. Die beigegebenen Tabellen umfassen Drucke von 750 bis 3000 Atmosphären. Wird das Volumen bei 1 Atm. und 15° C. als Einheit gewählt, so ist z. B. bei 1000 Atm. und derselben Temperatur das Volumen von Luft = 0,001974, Stickstoff = 0,002032, Sauerstoff = 0,001735, Wasserstoff = 0,001688. Bei 3000 Atm. ist das Volumen von Luft = 0,00140, Stickstoff = 0,001446, Sauerstoff = 0,001235, Wasserstoff = 0,000964. Es zeigt sich ferner, dass bei sehr hohem Druck Luft, Stickstoff und Sauerstoff eine nahezu gleiche Compressibilität besitzen, (0,000093 bis 0,000091), welche überdies von derselben Ordnung wie bei Flüssigkeiten, und zwar derjenigen des Alkohols bei Normaldruck nahezu gleich ist.

Die Zusammendrückbarkeit des Wasserstoffs hingegen ist beträchtlicher (0,000158), sie kommt etwa derjenigen des Äthers bei Normaldruck gleich. Die Dichtigkeiten der genannten Gase mit Bezug auf Wasser sind bei 3000 Atm. für Sauerstoff 1,1054, Luft 0,8817, Stickstoff 0,8293, Wasserstoff 0,0887, wobei aber nur erst eine vorläufige Correktur wegen der Zusammendrückbarkeit des Glases angebracht worden ist.

Die Schallerregung bei scharfen Schüssen. Die Versuche von E. Mach (*d. Ztschr. I, 121*) über die Erscheinungen, welche die Bewegung von Geschossen begleiten, sind neuerdings durch Versuche von Journée (*C. R. 23. Janv. 1888*) im wesentlichen bestätigt worden. Unter andern ist es dem Genannten gelungen, die „Lufthülle" des Projektils auch direkt zu beobachten, indem er, hinter dem Gewehr stehend, mit einem Fernrohr in der Schussrichtung visierte. Gegenüber der von ihm vertretenen Vorstellung aber, dass eine Luftmasse mitgeführt wird, setzt E. Mach in einer Mitteilung an die Wiener

Akademie (*Sitz.-Ber. Bd. 97, Abt. IIa, Okt. 1888*) auseinander, dass die durch Reibung mitgerissene Luft jedenfalls eine untergeordnete Rolle spiele und sehr schnell wechsele; was mitgeführt werde, sei vielmehr eine Schallwelle, welche auf Kosten der Energie des Geschosses erzeugt und unterhalten werde. Auch Journée — und mit ihm Sebert (*Soc. de Phys. 1888, p. 35*) und Labouret (*C. R. 25. mars 1888*) — betrachten ferner das Projektil als eine continuierliche Schallquelle, sie schreiben aber diesem Umstande auch das continuierliche Dröhnen zu, welches bei scharfen Schüssen gehört wird. Dagegen setzt E. Mach auseinander, dass dem Schall-Phänomen die Thatsache eines von dem Projektil mitgeführten Knalles zu Grunde liegt.

Ein Knall unterscheidet sich von einer Tonempfindung dadurch, dass ersterer in einer kurzen, heftigen, letztere in einer schwächeren, dauernden Erregung der akustischen Nervenendorgane besteht. Eine starke aperiodische Dichtenänderung der Luft bedingt den Knall, relativ sehr schwache Dichtenänderungen erzeugen den Ton. So lange die Geschwindigkeit des Geschosses unter derjenigen des Schalles bleibt, werden sich die Verdichtung vor dem Geschoss und die Verdünnung hinter ihm durch eine aperiodische Strömung ausgleichen, welche aber ebensowenig in die Ferne wahrnehmbar ist, wie die Bewegung bei einer schwingenden Saite ohne Resonanzboden. Überschreitet dagegen die Geschwindigkeit des Körpers die Schallgeschwindigkeit, so werden die an der Vorderseite erzeugten Verdichtungen von den hinter dem Geschoss entstehenden Verdünnungen nicht mehr eingeholt und compensiert, und kommen deswegen als Knall zur Wahrnehmung. Die Schallwelle, welche das Projektil so erzeugt, würde indessen im homogenen unbegrenzten Luftraum nur einmal durch das Ohr hindurchschlagen. In Wirklichkeit treten noch Reflexionen vom Boden, von den Wolken u. s. w. hinzu, dadurch wird der Eindruck eines anhaltenden Dröhnens hervorgebracht, das demnach ebenso zu erklären sein würde, wie das unregelmässige Rollen des Gewitters nach einem Blitzschlag. Dem Projektil selber braucht also die Eigenschaft des continuierlichen Dröhnens nicht zugeschrieben zu werden. — Für Funkenwellen hat Mach schon früher Fortpflanzungsgeschwindigkeiten bis 700 m/sec. und für die schwächsten solcher Wellen haben Mach und v. Weltrubsky Verdichtungen von 0,15 einer Atmosphäre beobachtet. Da nun schon solche Funkenwellen knallen, und da bei Projektilen von 700 m/sec. Geschwindigkeit der Druck vor dem Geschoss bis zu 2 Atmosphären ansteigt, so ist auch hieraus ersichtlich, dass die akustische Welle des Projektils nur in einem Knall bestehen kann.

Erzeugung elektrischer Ströme durch Deformation. Von Ferdinand Braun ist in der mechanischen Gestaltsänderung metallischer Drähte eine neue Quelle der Elektricität entdeckt worden (*Ber. Berl. Akad. 1888, S. 895*). Es war bekannt, dass in mässig dicken Metalldrähten, wenn sie rasch gebogen werden, ein Strom entsteht, der die Magnetnadel ablenkt. Diesen Strom hielt man bisher für einen Thermostrom, der von der Erwärmung bei der Deformation herrührte. Bei näherer Prüfung fand F. Braun, dass Nickeldrähte eine besonders starke Wirkung zeigten. Er stellte sich deshalb Spiralen aus Nickeldraht her und verband deren Enden mit einem empfindlichen Multiplicator; beim Ausziehen der Spirale um 1 bis 2 cm erhielt er einen Ausschlag, und bei der Rückkehr der Spirale in die frühere Lage einen gleich starken Ausschlag nach der entgegengesetzten Seite. Ein Zusammenhang dieser Erscheinung mit den magnetischen Eigenschaften des Nickels erschien dadurch ausgeschlossen, dass Spiralen aus dem stärker magnetisch erregbaren Eisen eine viel schwächere Wirkung zeigten. Auch die Vermutung, dass im Draht aus irgend welchen Ursachen schwache Ströme cirkulierten und bei der Deformation inducierend wirkten, bestätigte sich nicht; denn wenn die Contaktstelle von Spirale und Leitungsdraht mit der Hand erwärmt wurde, blieb doch der hervorgerufene Thermostrom ohne Einfluss auf die Erscheinung. Die Herleitung aus dem Einflusse der erdmagnetischen Induktion endlich wurde dadurch ausgeschlossen, dass bei entgegengesetzter Lage der Spirale auch ein entgegengesetzter Ausschlag der Nadel erfolgte, obwohl die Induktion durch den Erdmagnetismus in demselben Sinne wie vorher erfolgte.

Bei den letzterwähnten Versuchen zeigte sich dagegen deutlich die eine Richtung des zur Spirale benutzten Drahtes vor der andern ausgezeichnet. Es wurde deshalb ein Einfluss der Richtung, in welcher der Nickeldraht bei seiner Herstellung das Zieheisen passiert hat, gemutmaasst, und dieser Zusammenhang fand durch Versuche volle Bestätigung. Ein ausgeglühter Nickeldraht, welcher den Effekt nicht mehr zeigte, wurde senkrecht zum Meridian durch das Zieheisen geführt und dann zu einer Spirale gewickelt; diese gab beim Ausziehen einen Strom, welcher gegen die Ziehrichtung floss. Wurde nach erneutem Ausglühen der Draht in der entgegengesetzten Richtung wie vorher durch das Zieheisen gezogen, so trat die entsprechende Umkehrung des Verhaltens ein. Wurde ein langer Draht nach dem Ausziehen in gleiche Stücke geschnitten und aus diesen abwechselnd rechtsgewundene und linksgewundene Spiralen gewickelt, so ging beim Ausziehen der „Deformationsstrom“ in den rechtsgewundenen gegen die Ziehrichtung („negativer“ Strom), bei den linksgewundenen dagegen mit der Zugrichtung („positiver“ Strom). Beim Zusammendrücken der Spirale entstand derselbe Strom, wie wenn die Spirale aus dem Dilatationszustand losgelassen in die ursprüngliche Lage zurückging. Verkürzung der Spirale gab also bei rechtsgewundenen Nickelspiralen stets positiven, Verlängerung negativen Effekt. „Da nicht anzunehmen ist, dass derjenige Teil der mechanischen Deformationsarbeit, welcher zur Entstehung elektrischer Energie Veranlassung giebt, vorher die Energieform der Wärme durchmacht, so ist ein direkter und damit vollständiger Umsatz der mechanischen in elektrische Energie anzunehmen. Insofern könnte die Erzeugung der Ströme sogar ökonomisch sein.“ Eine solche Aussicht erscheint um so begründeter, da es Braun gelungen ist, eine Anzahl von Spiralen wie galvanische Elemente zu schalten und dadurch stärkere Ströme zu erzeugen.

Von Interesse ist auch, dass beim Eintauchen einer solchen Spirale in erwärmtes Petroleum (wobei durch die Homogeneität des Drahtes ein Thermostrom ausgeschlossen war) gleichfalls ein Strom auftrat, und zwar in derselben Richtung wie bei der Dilatation; beim nachherigen Eintauchen in Petroleum von Zimmertemperatur entstand der entgegengesetzte Strom. Auch die Reciprocität von mechanischer Deformation und elektrischem Strom wurde durch den Versuch dargethan. Durch die Spirale wurde der Strom eines grossen Bunsenelementes geleitet und das eine Ende durch ein Mikroskop mit Ocularmikrometer beobachtet. Im Einklang mit dem allgemeinen Gesetz der Reciprocität fand bei der einen Stromesrichtung Dilatation, bei der anderen Contraktion statt.

Auch während ein Nickeldraht durch das Zieheisen geht, treten in ihm kräftige Ströme auf; diese werden besonders intensiv, wenn der Draht bereits mehrere Löcher passiert hat. Die erhaltenen Ausschläge können auf mehr als das zehnfache der an den Spiralen beobachteten steigen. Diese Ströme sind stets gegen die Ziehrichtung gerichtet.

In einer zweiten Abhandlung *(Ber. Berl. Acad. 1888, S. 959)* erörtert F. Braun die Frage, ob die „Deformationsströme“ aus magnetischen Eigenschaften erklärbar seien. Beachtenswert erschien die Thatsache, dass der Nickeldraht beim Ziehen auch magnetisch wird und zwar an dem zuerst durchgezogenen Ende stets einen Südpol zeigt. Eine magnetische Induktion der Spirale auf sich selbst würde indessen, wie eine nähere Überlegung zeigt, Ströme ergeben müssen, deren Richtung derjenigen der beobachteten Deformationsströme entgegengesetzt ist. Die Abwesenheit einer merklichen magnetischen Induktion wurde überdies durch folgenden Versuch dargethan: Ein Kupferdraht wurde zusammen mit dem Nickeldraht zu einer Doppelspirale aufgewickelt, so dass die einzelnen Drähte von einander gut isoliert blieben; dann gab bei der Deformation die Nickelspirale am Galvanometer die gewöhnliche Ablenkung (+ 25 Skalenteile), die Kupferspirale dagegen einen minimalen Ausschlag (— 0,3 Skt.), der von der erdmagnetischen Induktion herrühren kann. Offenbar hätte, wenn das Magnetfeld des magnetisierten Nickels wirksam gewesen wäre, der Kupferdraht sich ebenso verhalten müssen wie der Nickeldraht.

Es blieb endlich noch die Möglichkeit, dass die innere Induktion der Molekularmagnete, und zwar wesentlich die von der Circularmagnetisierung des Nickeldrahtes herrührende, die Ursache der Deformationsströme sei. In der That geben Spiralen aus circularmagnetischem Eisen bei der Deformation Ströme, welche den am Nickel beobachteten analog sind; ebensolche Ströme entstehen auch, wenn circularmagnetische Eisenspiralen abgekühlt oder erwärmt werden. Dennoch lässt sich darthun, dass man es hier mit zwei ganz verschiedenen Erscheinungen zu thun hat. Dies folgt schon daraus, dass keine Änderungen der Deformationsströme eintreten, wenn man den Nickeldraht durch einen hindurchgeschickten Strom circularmagnetisch macht; ferner daraus, dass Erwärmungs- und Abkühlungsströme, welche vom Circularmagnetismus herrühren, sich nicht mit dem Sinn der Spiralenwindung umkehren dürften, wie dies bei den Nickeldrahtspiralen der Fall ist. Der Verfasser kommt daher zu dem Schluss, dass man die Fähigkeit, Deformationsströme zu liefern, einstweilen als eine neue Eigenschaft, wenigstens des Nickels, wahrscheinlich magnetischer Stoffe überhaupt, betrachten müsse. Er deutet auch die Möglichkeit an, von den Deformationsströmen aus zu einem Aufschluss darüber zu gelangen, „worin die bei einzelnen Körpern so rätselhaft stark hervortretende Fähigkeit, magnetisch polarisierbar zu sein, bestehen mag.“

---

3. Geschichte.

Zur Geschichte des Luftthermometers. Über die Verdienste Amontons' und Lambert's um die Thermometrie hat E. Gerland bereits 1886 in einer Festschrift des Vereins für Naturkunde zu Cassel eine Abhandlung veröffentlicht; er macht über denselben Gegenstand neuerdings in dsr *Zeitschrift für Instrumentenkunde (VIII, 319; Sept. 1888)* Mitteilung.

Während die Geschicklichkeit Fahrenheit's im Verfertigen von Thermometern (namentlich von Quecksilberthermometern) und seine Entdeckung der Abhängigkeit des Siedepunkts des Wassers vom Luftdruck (also auch der Constanz des Siedepunktes) allgemein bekannt sind, ist dagegen das Verdienst Amontons' (1663—1705) um die Construktion des ersten wirklichen Luftthermometers nicht zu voller Anerkennung gelangt. Die Überlegungen, die ihn zu der Construktion dieses Instrumentes führten, sind so merkwürdig und den heutigen Anschauungen so nahe stehend, dass es der Mühe lohnt, genauere Kenntnis von ihnen zu nehmen.

Amontons hielt [wohl an die Anschauungen von Descartes sich anschliessend] die Wärme für eine Art der Bewegung, welche von besonderen ‚*parties du feu*‘ auf die Massenteilchen übertragen wird. In der Willkürlichkeit der damals gebräuchlichen Thermometerskalen erkannte er einen empfindlichen Mangel. Wohl war die Constanz der Schmelztemperatur des Eises bereits von der *Accademia del Cimento* entdeckt worden; aber als Ausgangspunkte der Skala galten noch immer die Temperaturen der grössten Winterkälte und Sommerhitze, deren Abstand von den Medizinern in 4, von den Physikern in 8 $\times$ 8 gleiche Teile geteilt wurde. Mit Recht bemerkte Amontons, ein Grad des Thermometers könne nicht einem Grade der Wärme gleich gesetzt werden und also auch nicht dazu dienen, diese zu messen. Um diesen Zweck zu erreichen, griff Amontons auf das Luftthermometer Galilei's zurück, musste aber dabei die Fehler, welche aus dem ungleichen Kaliber des Rohres entspringen, zu vermeiden suchen. Da es nun bei dem damaligen Zustande der Glastechnik unmöglich war, Glasröhren von gleichmässigerem Kaliber zu verwenden, so construierte er (1702) statt dessen das erste Luftthermometer mit constantem Volumen. Dies bestand aus einem U-förmig gebogenem Rohr, dessen kürzerer Schenkel zu einer Kugel aufgeblasen war, während der andere, offene eine Länge von etwas über 45 *Zoll* hatte. Diese Länge wählte Amontons, weil er, wenn die Kugel mit gewöhnlicher Luft bei 28 *Zoll* Überdruck gefüllt war und dann in siedendes Wasser getaucht wurde, in den langen Schenkel Quecksilber bis zur Höhe von 45 *Zoll* einfüllen musste, um das Volumen der Luft dem ursprünglichen gleich zu halten. In schmelzendem Eise betrug die dazu nötige Quecksilbersäule nur 23 $^1/_2$ *Zoll*; die Luft stand mithin im ersten Fall unter einem Druck von $45 + 28 = 73$ *Zoll*, im zweiten unter $51\frac{1}{2}$ *Zoll.* Da nun Amontons bereits 1695 gefunden hatte, dass ungleiche Mengen Luft, wenn sie unter gleichem Drucke stehen, ihre Spannkraft in gleichem Maasse ändern, wenn sie um gleiche Temperaturgrade erwärmt werden, so konnte er die gewonnene Thermometerskala als eine absolute Skala ansehen. Als „Wärmegrade" wurden nunmehr von ihm die Zoll und Linien Quecksilber bezeichnet, welchen die Spannkraft der Luft unter der Einwirkung der Wärme das Gleichgewicht hält. (*Les degrés de chaleur, c'est à dire la quantité des pouces et des lignes en hauteur de mercure, que la chaleur fait soutenir au ressort de l'air.*) Als extremsten Kältepunkt definierte er folgerichtig denjenigen, bei welchem die Spannkraft der Luft gar keinem Druck mehr das Gleichgewicht zu halten vermöchte. Amontons beabsichtigte sein Luftthermometer nur zur Vergleichung und Reduktion der Angaben der Quecksilberthermometer zu verwenden, daher war die Schwierigkeit des Transportes seines Apparates nicht von Belang. Ein Mangel dagegen war, dass es nicht leicht war, dem Thermometer seiner ganzen Länge nach die nämliche Temperatur zu geben; auch konnte Amontons vor allem deshalb keine genauen Resultate erhalten, weil er die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Luftdruck nicht kannte.

Amontons' Versuche wurden deshalb später von Lambert wieder aufgenommen und verbessert (*Pyrometrie, oder vom Maass des Feuers und der Wärme, Berlin 1779*). Dieser spricht sich hinsichtlich des absoluten Nullpunktes noch deutlicher aus: „*Nun ist der Grad der Wärme gleich Null eigentlich das, was man absolute Kälte nennen kann. Folglich ist bei der absoluten Kälte der Raum der Luft gleich Null oder soviel als Null. Das will also sagen: In der absoluten Kälte fällt die Luft so dicht zusammen, bis sich ihre Teilchen durchaus berühren oder bis sie so zu reden wasserdicht wird. Die Ausdehnung der Luft rührt also eigentlich von der Wärme her.*" Indem er die Temperatur des Eispunktes = 1000 annahm, fand er für diejenige des Siedepunktes 1375, oder bei Berücksichtigung der Ausdehnung des Quecksilbers, 1354; mit Rücksicht auf die Ausdehnung des Glases endlich wurde endgiltig der Werth 1370 erhalten.

Aus dem vorher Mitgeteilten ist auch ersichtlich, dass von Amontons die Entdeckung des nach Gay-Lussac genannten und von diesem selber Charles zugeschriebenen Gesetzes herrührt. Das von Amontons experimentell abgeleitete Gesetz für den Zusammenhang von Druck und Temperatur lässt sich nach heutiger Schreibweise unter Zugrundelegung der hundertteiligen Skala darstellen durch die Formel

$$\frac{P'}{P} = \frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t}$$

Für den Ausdehnungs-Coefficienten α folgt aus Amontons' Beobachtungen der Wert 0,004175, aus Lambert's Versuchen der Wert 0,00370, der mit dem genauen Wert 0,003668 nahezu übereinstimmt. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Zur Lehre vom Reversionspendel. In einem Aufsatze in der *Zeitschr. f. d. Realschulwesen, XIII, S. 396—403 (1888)* führt J. G. WALLENTIN aus, dass die Schwierigkeiten, welche der wichtige Begriff des Trägheitsmomentes wegen seiner Abstraktheit dem Schüler biete, nicht durch die leider übliche Berechnung vieler Trägheitsmomente gehoben werden, sondern durch Hervorkehrung seiner physikalischen Bedeutung bei der Anwendung auf Experimente. Er teilt deshalb eine Methode mit, die Grösse von Trägheitsmomenten durch den Versuch zu bestimmen. Sie beruht auf der Verallgemeinerung des Satzes vom Reversionspendel. Ist nämlich für irgend eine durch den Schwerpunkt eines Körpers M gehende Gerade sein Trägheitsmoment $= Mk^2$ und denkt man sich dieselbe als Axe zweier Cylinder, deren Radien ρ_1, ρ_2 das Produkt k^2 geben, so führt der Körper um jede Seitenlinie beider Cylinder Pendelschwingungen von gleicher Dauer aus. Macht man also zwei zur Ebene einer Scheibe senkrechte Axen ausfindig, welche ungleichen Abstand von dem bekannten Schwerpunkt haben und doch gleiche Schwingungsdauer ergeben, so kennt man ρ_1 und ρ_2, also auch k und Mk^2. Für den Fall, dass die obigen Cylinder in einen zusammenfallen, wird die Schwingungsdauer ein Minimum, was sich gleichfalls zur Bestimmung von k benutzen lässt.

Die analytische Untersuchung dieses Minimums wird als geeignetes Übungsbeispiel für die mathematische Stunde empfohlen. Da $l = \rho_1 + \rho_2$, so führt der Zusammenhang zwischen l und dem Schwerpunkts-Abstand ρ auf eine Hyperbel:

$$l = \rho + \frac{k^2}{\rho},$$

deren Eigenschaften durch Transformation auf die Hauptaxen erkannt werden. Der Asymptotenwinkel ist constant = 135°. Construiert man für jede durch den Schwerpunkt eines festgehaltenen Körpers gehende Vertikal-Ebene in derselben die obige Hyperbel, so erhält man ein Hyperboloid, bisweilen auch ein Rotationshyperboloid, das für jede wagerechte Axe die zugehörige reduzierte Länge des Pendels erkennen lässt. *M. K.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Untersuchungen über die Chromsäure-Tauchbatterie. Von E. Landmann. Zur Füllung dieser Batterien wird Natriumchromat anstatt des Kaliumsalzes empfohlen, sowohl wegen seiner grösseren Billigkeit, als auch namentlich wegen des gänzlichen Wegfalls des störenden Auskrystallisierens von Chromalaun. Das vom Verfasser, Buff's Vorschrift entsprechend, bevorzugte Mischungsverhältnis war: 100 Teile Wasser, 25 Teile rohe Schwefelsäure, 12 Teile Natriumbichromat. Bei diesem Verhältnis ist nicht nur ausreichend Schwefelsäure zur Zersetzung des Natriumchromats vorhanden, nach der Formel

$$K_2Cr_2O_7 + 2\,H_2SO_9 = 2\,CrO_3 + 2\,KHSO_4 + H_2O,$$

sondern es bleiben noch etwa 15% freie Schwefelsäure in der Lösung, sodass der Säurevorrat sowohl hinsichtlich des Widerstandes als auch hinsichtlich der Lösung des Zinks ein angemessener ist. Aus den angestellten Messungen geht hervor, dass sich mit diesen Elementen eine ziemliche Constanz bis zu zweistündiger Dauer erzielen lässt, wenn nur die Flüssigkeitsmenge im Verhältnis zur eingetauchten Zinkoberfläche genügend gross ist (die mehr hoch als breit zu wählenden Zellen sollen auf 1 qdm eingetauchte Zinkoberfläche etwa 6 Liter der Lösung enthalten). Dieser vorteilhafte Einfluss einer grösseren Flüssigkeitsmenge erklärt sich dadurch, dass in dem arbeitenden Element eine leicht zu beobachtende Strömung entsteht, indem das gebildete Zinksulfat langsam zu Boden sinkt, während gleichzeitig an den Seiten des Gefässes ein aufsteigender Strom von frischer Erregungsflüssigkeit stattfindet, der eine ununterbrochene Depolarisation der Kohlenplatten ermöglicht. (Das spec. Gewicht der frischen Lösung ist 1,18, das der verbrauchten 1,27.) Unter den verwendbaren Kohlen verdienen die natürlichen Retortenkohlen den Vorzug, und zwar die porösen und weichen (spezifisch schwereren) Kohlen, die sich durch grössere elektromotorische Kraft und grösseres Depolarisationsvermögen in Berührung mit Chromsäure auszeichnen. Das Zink soll von örtlichen Verunreinigungen durch Kohle und Eisen möglichst frei sein, da diese Beimengungen störende sekundäre Vorgänge einleiten. Die auf solche Weise hergestellten Elemente hatten eine elektromotorische Kraft von etwa 1,93 *Volt* und, bei 100 mm tief eingetauchten Platten, einen innern Widerstand von durchschnittlich 0,10 *Ohm*. Nun zeigt eine theoretische Betrachtung, dass bei einer Glühlichtanlage von parallel geschalteten Lampen der Einfluss einer Störung in einzelnen Zweigen für die übrigen Lampen um so weniger gefährdend ist, je kleiner unter sonst gleichen Verhältnissen der innere Widerstand und je grösser die elektromotorische Kraft der verwendeten Elemente ist. Keins unter den sonst in Betracht kommenden constanten galvanischen Elementen kann hinsichtlich der genannten beiden Faktoren mit der Chromsäure-Tauchbatterie verglichen werden, für deren Verwendung andererseits ihre leichte Handhabung und Conservierung ins Gewicht fällt. *(Verh. des Vereins z. Bef. d. Gew.-Fl., Berlin 1888; S. A. übers. v. Verf.)*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Aufgaben aus der Elektricitätslehre, methodisch geordnet und mit Berücksichtigung aller Teile der Elektricität, sowie unter Zugrundelegung der absoluten Maasse bearbeitet von Dr. Robert Weber. Berlin, Springer. 1888. 176 S.

Die grosse praktische Bedeutung, welche die Anwendungen der Elektricität erlangt haben, kann auf den physikalischen Unterricht nicht ohne Einfluss bleiben. Genügte es früher, die wichtigsten Erscheinungen qualitativ zu möglichst klarer Anschauung zu bringen, so wird es jetzt auch erforderlich, zu zeigen, dass und wie die Zurückführung derselben auf Maass, Gewicht und Zahl möglich geworden ist, die in allen Gebieten der Physik die Vorbedingung für eine genauere Kenntnis der Vorgänge bildet. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass man die jetzt bei allen Nationen in der Technik gebräuchlichen Einheiten: Ohm, Volt, Ampère auch im Unterricht anzuwenden hat. Man wird dieselben anfangs als rein praktische Einheiten erklären ($1\,\Omega = 106$ cm Hg von 1 qmm Querschnitt, $1\,V = 0{,}9$ Daniell, $1\,A = 10{,}6$ ccm Knallgas in 1 min.), da ein Verständnis ihrer wahren theoretischen Definition erst dann zu erreichen ist, wenn sich ein Überblick über das Gesamtgebiet der Physik voraussetzen lässt. Ist die anschauliche Vorstellung dieser Einheiten durch messende Versuche vermittelt, so wird die Berechnung anderer der Wirklichkeit entnommener Versuche dazu dienen können, die gewonnenen Begriffe einzuüben und geläufig zu machen. An einer für diesen Zweck geeigneten Auswahl von Übungsbeispielen fehlte es bisher, da die betreffenden Abschnitte der Sammlungen von physikalischen Aufgaben teils zu wenig reichhaltig und mannigfaltig waren, teils noch nicht den neueren Anschauungen, Begriffen und den sie bezeichnenden Namen Eingang gewährt hatten. Diesem fühlbaren Mangel wird durch die vorliegende Arbeit in einer im allgemeinen zweckentsprechenden Weise abgeholfen, der Verfasser täuscht sich nicht, wenn er glaubt, dass dieselbe jedem von Nutzen sein werde, der sich in elektrischen Dingen ebenso leicht, bequem und bestimmt ausdrücken wolle, wie in den gebräuchlichsten räumlichen und mechanischen Verhältnissen.

Die Sammlung enthält 558 mit Lösung versehene Aufgaben aus allen Gebieten der Elektricität. Die wichtigsten Kapitel sind in der statischen Elektricität: Elektrische Menge, Coulomb's Gesetz, Capacität, Potential, Condensator, Verteilung auf Conduktoren; in der dynamischen: Messung des Stromes, der elektromotorischen Kraft, des Widerstandes, Gesetz von Ohm, von Joule, Magnetische Wirkung, Stromverzweigung, Dynamo-Maschine, elektrische Lampen und Telegraphen. Die Grössen werden überall in den praktischen Einheiten, ausserdem auch in den absoluten Einheiten des CGS-Systems — je nach der Natur der Aufgabe elektrostatisch oder elektromagnetisch — ausgedrückt. Eine Tabelle stellt die Beziehungen der Einheiten unter sich und ihren Zusammenhang mit den Maassen der Mechanik übersichtlich dar. Bemerkt sei ein Versehen in den Dimensionen der elektrostatischen Einheit der elektrischen Kraft, wo die Exponenten von M und L vertauscht sind.

Einige auch sonst vorkommende Ungenauigkeiten, die das Wesen der Einheiten betreffen, wollen wir im folgenden erörtern. Das Potential elektrischer Massen hat für jeden Punkt des Raumes eine bestimmte Grösse, die nicht von der Annahme einer positiven oder negativen Einheit in jenem Punkte abhängig ist, wie in Aufg. 34—36 angenommen ist. Definiert man das Potential als die Arbeit, durch welche ein mit der Einheit der Elektricität geladener Körper aus dem Unendlichen auf einen Conduktor, bezw. nach einen Punkt in seiner Nähe gebracht wird, so bedeutet dies, dass man die für eine willkürliche Elektricitätsmenge M nötige Arbeit bestimmt und durch den numerischen Wert der Menge M dividiert. Der Quotient ist dann nur von der Ladung und der Lage des Conduktors, nicht von der zu Hilfe genommenen Elektricitätsmenge M abhängig. Das Potential und ebenso die elektromotorische Kraft ist also nicht selbst eine Arbeit, sondern hat die Dimension eines Quotienten aus Arbeit und Elektricitätsmenge. In ähnlicher

Weise ist z. B. die Geschwindigkeit keine Strecke, wenn sie auch als eine in der Zeiteinheit zurückgelegte Strecke definiert wird.

Dieselben Betrachtungen zeigen, dass ein magnetisches Feld, z. B. die horizontale Componente des Erdmagnetismus, nicht nach Dyn zu messen ist, wie in Aufg. 453 geschieht. Man kann zwar die auf einen Magnetpol von der Einheit des Magnetismus in dem Felde ausgeübte Kraft nach Dyn bestimmen und sie dem Drucke eines Gewichtes gleichsetzen. Die Beziehung des Feldes zu diesem Drucke würde aber bei Veränderung der Grundeinheiten und damit der magnetischen Einheit sofort verschwinden.

Der nach Pferdekräften oder nach Watt ($= 10^7$ Erg./Sec.) anzugebende Effekt oder die auf die Zeiteinheit entfallende Arbeit eines Motors ist nicht selbst eine Arbeit. Denn die für eine beliebige Zeit gelieferte Arbeit muss zur Bestimmung des Effekts, der von der willkürlichen Zeitdauer unabhängig sein soll, durch den numerischen Wert derselben dividiert werden. Man kann daher nicht (Aufg. 16) *HP* mit kg wie etwa Pfund und Lot zusammenstellen. Die Dimensionen eines Effektes sind ML^2T^{-3}. Eine Wärmeeinheit ist einer Arbeit, nicht aber einer Anzahl Watt aequivalent (Aufg. 182, 185). Der nicht definierte Ausdruck Coulomb-Sekunde (Aufg. 184) kann nicht einem Volt-Ampère oder Watt gleichartig sein, da der Quotient von Coulomb und Sekunde ein Ampère ist.

Der elektrische Druck, der auf die Flächeneinheit eines geladenen Conduktors wirkt, ist (Aufg. 107—109, 112—114) gleich $4\pi\delta$ statt $4\pi\delta^2$ gesetzt, wenn δ die Flächendichte bezeichnet. Da jener Ausdruck nicht einmal die gehörigen Dimensionen hat, so sind die gewonnenen Resultate, z. B. über den Luftdruck, der in einer Geissler'schen Röhre das Überströmen des Elektricität zu hindern vermag, hinfällig.

Die Aufgaben über das Potential enthalten mehrere Unrichtigkeiten. Kennt man für jeden Punkt des Raumes ausserhalb eines Conduktors das Potential seiner Ladung, so ergeben sich durch Differentiation nach den Coordinaten die Componenten der elektrischen Kraft. Dagegen lehrt der constante Wert des Potentials an der Oberfläche und im Innern des Conduktors nichts über die Kräfte ausserhalb desselben oder auch nur an seiner Oberfläche. Der Verfasser hat aber mehrfach (Aufg. 103, 105, 115, 116) diesen constanten Wert nach Grössen, welche Constanten der Gestalt des Conduktors sind, z. B. nach der Länge eines Cylinders, dem Radius einer Kugel, mechanisch differentiiert und in den Resultaten diese Constanten als variable Coordinaten äusserer Punkte betrachtet.

Bisweilen sind Eigenschaften des Potentials von geschlossenen Flächen in falscher Analogie auf geschlossene Linien übertragen worden. Ist ein kreisförmiger Drahtring mit Elektricität geladen, so ist das Potential nicht im Innern der Kreisfläche constant (Aufg. 47, 48), denn als Inneres des Conduktors hat nur der von dem Metall erfüllte ringförmige Raum zu gelten. Ferner ist das Potential einer gleichmässig mit Elektricität bedeckten Kreisfläche auf derselben nicht constant (Aufg. 54), da eine der Kreisfläche mitgeteilte Ladung sich nicht in der angegebenen Weise verteilt. Die Ladung einer grossen mit einem kreisförmigen Ausschnitt versehenen Metallscheibe concentriert sich nicht am Rande desselben, wenn sich innerhalb ein geladener concentrischer Kreis befindet (Aufg. 55).

Die Verteilung der Elektricität auf zwei Kugeln, die sich berühren, ist schwierig zu berechnen, da sie ihre Kapazität gegenseitig beeinflussen. Es müsste daher in den Aufgaben 60, 61, 63, 69, 70, wo von solchen die Rede ist, statt direkter Berührung eine metallische Verbindung durch lange dünne Drähte angenommen werden, wenn die Resultate giltig bleiben sollen. — In der Aufgabe 71 über Kapazität, Ladung und Potential eines Condensators sind die Daten nicht mit einander vereinbar, wenn man Luft als isolierende Zwischenschicht annimmt. Es sollte daher das Vorhandensein eines besonderen Isolators ausdrücklich hervorgehoben sein. — Die Capacität eines Elektrophors ist wohl nicht dadurch zu berechnen (Aufg. 96), dass man Deckel und Hartgummi-Platte als einen Condensator mit dem mittleren Plattenabstand von $^1/_5$ mm ansieht. — In Aufg. 117 ist das Potential und die Anziehung einer geladenen Kugel irrtümlich so dargestellt, als ob die Elektrizität den inneren Raum gleichmässig erfüllte. — Endlich sei zu Aufg. 31 und 32 bemerkt, dass es auf der Verbindungsgeraden zweier fester elektrisierter Körper zwar zwei Punkte giebt, in denen ein dritter beweglicher Körper der Einwirkung gleicher Kräfte unterliegt, aber nur einen, wo diese entgegengesetzt gerichtet sind, so dass Gleichgewicht stattfindet. —

Die erwähnten Mängel finden sich fast nur in dem ersten Abschnitt des Buches, der statischen Elektricität. Hier scheint der Verfasser den von ihm citierten Quellenschriften der Vollständigkeit halber manche schwierigen Teile entlehnt und in falschen Zusammenhang gebracht zu haben, ohne die Resultate durch wirkliche Versuche zu erproben. Dies ist bei der Schwierigkeit elektrostatischer Messungen erklärlich. Die Aufgaben über den Galvanismus sind dagegen wohl weniger auf Quellen, als auf direkte Versuche gegründet, sie sind daher durchaus sachgemäss und werden im Unterricht zur Erläuterung wichtiger Begriffe und Messungsmethoden mit Vorteil zu verwenden sein.

M. Koppe.

Die Mechanik in ihrer Entwickelung historisch-kritisch dargestellt von Dr. Ernst Mach, Professor der Physik an der deutschen Universität zu Prag. Mit 250 Abbildungen. Zweite verbesserte Auflage. Leipzig, F. A. Brockhaus, 1889. 492 S. M. 8,—.

Das Buch behandelt die Fragen, „worin der naturwissenschaftliche Inhalt der Mechanik besteht, wie wir zu demselben gelangt sind, aus welchen Quellen wir ihn geschöpft haben, und wie weit derselbe als ein gesicherter Besitz betrachtet werden kann.“ Auf dem bezeichneten Gebiet liefert das Buch eine Geschichte der Entwickelung physikalischer Ideen und kommt damit vor allem dem Bedürfnisse des Lehrers entgegen, der aus der Kenntnis dieses Entwicklungsganges die Anleitung zu gründlicherer Behandlung seines Unterrichtsgegenstandes zu entnehmen vermag. Der neuen Auflage hinzugefügt ist ein Anhang, in welchem die seit 1883 erschienenen Schriften über das Beharrungsgesetz und über das Energieprinzip besprochen werden. *P.*

Geschichte der Astronomie während des neunzehnten Jahrhunderts. Gemeinfasslich dargestellt von A. M. Clerke. Autorisierte deutsche Ausgabe von H. Maser. Berlin, Julius Springer, 1889. XV und 540 S. M. 10,—.

Das Buch giebt eine klare und gemeinverständliche Darstellung der neueren astronomischen Entdeckungen. Der erste Abschnitt behandelt, an die Lebensarbeit der beiden Herschel anschliessend, die Durchforschung des Fixsternhimmels und die Erweiterung der Kenntnisse vom Sonnensystem bis zur Mitte des Jahrhunderts. Der zweite, grössere Abschnitt ist hauptsächlich der astronomischen Physik gewidmet, er umfasst die Astrophysik der Sonne, die Bestimmungen der Entfernung von Sonne und Erde, die Forschungen über Planeten und Satelliten, die neueren kosmischen Theorieen, die Beobachtungen an Kometen, die Chemie, Photographie und Photometrie der Fixsterne, endlich eine Zusammenstellung der neuesten Hülfsmittel der Forschung. Auf die mathematische Seite der Himmelskunde ist, der Bestimmung des Buches gemäss, nicht eingegangen, doch ist an den geeigneten Stellen auf den Anteil der rechnenden Astronomie an den gewonnenen Resultaten hingewiesen. Wenn die Vorrede es als einen Vorzug der geschichtlichen Darstellung einer Wissenschaft rühmt, dass nicht bloss angegeben wird, was wir wissen, sondern auch wie wir zu dieser Kenntnis kommen — so muss freilich gesagt werden, dass es gerade in der Astronomie am schwierigsten sein dürfte, die Methode der Forschung und die Art, wie die Wissenschaft zu ihren Resultaten gelangt ist, auf gemeinverständliche Weise darzulegen; auch das vorliegende Werk beschränkt sich daher doch auf die Zusammenstellung der Resultate, welche indessen durch Anknüpfung an die historische Reihenfolge und an die Persönlichkeiten der grossen Forscher einen ungemein lebendigen und fesselnden Charakter erhalten hat. *P.*

Katechismus der Physik. Von Dr. J. Kollert, Lehrer an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Vierte vollständig neu bearbeitete Auflage mit 231 Abbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1889. XII und 419 S. Geb. M. 4,—.

Ein guter Physikunterricht sollte unter fortwährendem Stellen und Beantworten von Fragen fortschreiten. Auch für ein physikalisches Lehrbuch ist daher die katechismusartige Gliederung des Stoffes in Fragen und Antworten ein recht glückliches Prinzip; durch die geschickte, nicht bloss äusserliche Fassung vieler Fragen gewinnt das vorliegende Buch etwas von der Lebendigkeit des mündlichen Unterrichts. In sachlicher Hinsicht hat sich der Verfasser an den (als Manuskript gedruckten) Leitfaden von A. Weinhold angeschlossen; neuere und neueste Ergebnisse der Forschung sind mit Sachkenntnis berücksichtigt, so Langley's Untersuchungen über die Wärmeverteilung im Spektrum, Bunsen's Dampfkalorimeter u. a. m.; das Zusammenhaften der Adhäsionsplatten ist nach Stefan als Wirkung des Luftdrucks erklärt (während die ältere Auffassung noch immer von Lehrbuch zu Lehrbuch fortgeschleppt wird). Einzelne irrtümliche, durch die Tradition geheiligte Wendungen indessen begegnen uns auch hier wieder, so die Folgerung aus der Teilbarkeit auf die Geteiltheit des Stoffes (§ 6), die mangelhafte Definition der Porosität (ebd.), die unzureichende Einführung des Begriffs der Geschwindigkeit bei einer ungleichförmigen Bewegung (§ 33). Die Reihenfolge Joule, Hirn, R. Mayer (§ 301) ist nicht die historische. In der Hauptsache aber bietet das Buch eine zuverlässige, knapp und verständlich vorgetragene Zusammenstellung der wichtigsten physikalischen Thatsachen und Lehren. Ein Schlussabschnitt behandelt die Verwandlungen der Formen der Energie in einander. *P.*

Leitfaden für den Unterricht in der landwirtschaftlichen Chemie an niederen und mittleren landwirtschaftlichen Lehranstalten bezw. Landwirtschaftsschulen. Von C. Weber, Lehrer der Naturwissenschaften an der Landes-Lehranstalt zu Hohenwestedt in Holstein. Mit 21 Holzschnitten. Stuttgart (E. Ulmer.) 1889. — 99 S. Mk. 1,5.

Der obige Leitfaden erscheint deshalb an dieser Stelle erwähnenswert, weil er dem landwirtschaftlichen Lehrzwecke entsprechend auf die chemische Absorption der Pflanzennährstoffe im Boden, auf Kali-, Kalk- und Phosphatdüngung etc. in ganz elementarer und knapper Weise Rücksicht nimmt. Da dies auch im chemischen Unterricht anderer Anstalten als gerade der Landwirtschaftsschulen notwendig ist und trotzdem die gebräuchlichen Lehrbücher auf diesem Gebiete wenig oder nichts Brauchbares darbieten, so ist das Büchlein vielleicht auch in weiterem Kreise willkommen. Es beginnt mit einigen Andeutungen über Synthese und Analyse, sowie anderweitige Grundbegriffe (Element, Verbindung, Atom, Molekül, chemische Symbolik, Substitution und Wertigkeit), geht im zweiten Abschnitt auf die Verbrennungserscheinungen, die Luft, das Wasser, den Stickstoff und seine Verbindungen näher ein, behandelt im dritten Abschnitt die Elemente, welche am Aufbau des Tier- und Pflanzenkörpers Anteil nehmen (Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Silicium, Chlor, Kalium, Natrium, Calcium, Aluminium und Eisen nebst ihren wichtigsten Verbindungen) und erläutert darauf die für die Landwirtschaft bedeutungsvollen chemischen Prozesse, soweit dieselben auf Entstehung und Veränderung von Salzen des Nährbodens beruhen. Ein Schlussabschnitt bespricht auch einige wichtigere organische Verbindungen. Überall wird von leicht anstellbaren Versuchen ausgegangen und zahlreiche Übungsfragen werden angeknüpft, um den Lernenden zu praktischer Anwendung der erworbenen chemischen Kenntnisse anzuregen. Auffallend erscheint es, dass zwar die chemische Symbolik mit Formeln und Gleichungen besprochen, trotzdem aber von den Gewichtsverhältnissen der sich verbindenden Atome keine Anwendung gemacht wird, wozu doch auch in der landwirtschaftlichen Chemie Anlass genug vorhanden ist. Auch Ungenauigkeiten, wie die (S. 7), dass in gleichen Raumteilen der Gase gleichviel Atome (statt Moleküle) angenommen werden, oder (S. 6) dass die Atome sich durch ihre Grösse unterscheiden sollen, hätten wohl vermieden werden können. *E. Loew.*

Versammlungen und Vereine.

British Association Meeting at Bath, September 1888.

Über den chemischen Unterricht. Rede von W. A. Tilden bei Eröffnung der chemischen Sektion. (*Nature*, *Sept. 13*, *1888.*)

Nach einem Überblick über die Entwicklung des chemischen Hochschul-Unterrichts erhebt der Vortragende die Forderung einer gründlichen Vorbildung der Lehrer an Mittel- und Volksschulen. Er spricht sich dagegen aus, dass Studenten schon frühzeitig mit selbständigen Untersuchungen betraut werden, und erklärt es für wichtiger, dass die Methoden der qualitativen und quantitativen Analyse gründlich geübt werden; er empfiehlt zudem das praktische Durcharbeiten einer oder der anderen hervorragenden Originaluntersuchung und macht eine Anzahl von solchen (so von Hofmann, Reynolds, Fittig und Tollens u. a.) namhaft. Auch die Bestimmung eines Atomgewichts nach dem Vorgange eines bewährten Forschers wird als bildend und lehrreich bezeichnet.

Bei dem chemischen Schul-Unterricht (der dem Zweck der allgemeinen Bildung dienen soll) wird langsames Vorgehen angerathen, anfangs mehr dogmatisch, nach und nach zur Anregung des eigenen Beobachtens und Denkens bei den Schülern fortschreitend. So könne das Avogadro'sche Gesetz anfänglich nur als ein feststehendes physikalisches Gesetz gelehrt werden, da das volle Verständnis der dazu führenden Schlussreihen erst auf einer höheren Stufe erzielt werden kann. Der Vortragende erklärt sich gegen die Methode einzelner englischer Lehrbücher, den Schüler schon von Anfang an mit Wägen, Messen, Beobachten und Folgern zu beschäftigen, statt ihn ruhig die Eigenschaften des Sauerstoffs oder des Schwefels, die ihm zum ersten Mal vor Augen kommen, kennen lernen zu lassen. Ein Vorgang wie die Auflösung von Zink in Schwefelsäure nimmt mit allen Nebenerscheinungen die Aufmerksamkeit des Schülers so vollständig in Anspruch, dass man nur Verwirrung stiften würde, wenn man die Wägung von Zink und Schwefelsäure, die Messung der Wasserstoffmenge und die Zusammensetzung der Sulfate unmittelbar damit verbinden wollte. Man erinnere sich, dass Priestley, der 1774 den Sauerstoff entdeckte, bis zu seinem Tode das Wesen des Verbrennungsprozesses nicht erkannt und noch 1800 eine Schrift zur Verteidigung des Phlogistons verfasst hat; dann wird man nicht mehr überrascht sein, wenn Schüler nicht gleich die volle Bedeutung der Thatsachen erfassen, die ihnen zum ersten Mal vorgeführt werden. Genaue Beobachtung und richtiges Schliessen können nicht von Anfang an zugleich geübt werden [?]; die Versuche, die chemischen Grundgesetze von den Schülern selber ableiten zu lassen, müssen deshalb erfolglos bleiben.

Was wir aus diesen Darlegungen entnehmen können, ist die Mahnung zu vorsichtiger Behandlung gerade der Einführungsversuche in die Chemie und zu weiser Maasshaltung in der Auswahl dessen, was den Schülern geboten wird. Dann wird es nicht nötig sein, auf den eigentlich bildenden Gehalt des chemischen Unterrichts, der eben in der Vollziehung einfachster Schlüsse an einfachstem Stoffe besteht, zu verzichten. *P.*

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 16. November 1888. Herr von Bezold machte eine zweite Mitteilung über die Thermodynamik der Atmosphäre (Vgl. *Sitz. Ber. Berl. Ak. 1888, S. 1189.*) Als „potentielle Temperatur“ definierte er diejenige absolute Temperatur, welche ein (gasförmiger) Körper annimmt, wenn er adiabatisch auf den Normaldruck gebracht wird. Für diese potentielle Temperatur gilt der Satz, dass sie bei adiabatischen Zustandsänderungen in freier Atmosphäre entweder ungeändert bleibt oder sich erhöht. Dieser Satz führt zu wichtigen Folgerungen über die Temperaturänderungen in auf- und absteigenden Luftströmen. Die Rechnung ergiebt für eine Höhendifferenz von 100 m eine Temperaturverminderung („Gradient“) um ungefähr 1°, die beobachtete Temperaturabnahme ist indessen überall da geringer, wo die Nähe der Erdoberfläche oder die Anwesenheit von Nebeln und Wolken den adiabatischen Zustand beeinträchtigen. Für den Austausch zwischen Cyclone und Anticyclone ergiebt sich, dass bei rein adiabatischem Auf- und Absteigen unter Eintritt in die Condensationsstadien der mittlere vertikale Temperaturgradient im aufsteigenden Aste stets kleiner als im absteigenden ist. Bei starker Abkühlung in den untersten Schichten, also gesteigerter Ausstrahlung (im Winter und in der Nacht) erfährt der Temperaturgradient eine Verminderung, die bis zu einer „Temperaturumkehrung“ gehen kann. Diese wie die weiteren Folgerungen werden durch die Erfahrung bestätigt; auch schliesst der Vortragende, dass die beschriebenen Temperaturumkehrungen nicht auf Gebirgsgegenden beschränkt sind, sondern sich auch über Tiefländern und möglicherweise über Meeren werden beobachten lassen. Auch die Wolkenbildung und der Einfluss des Regenfalls auf die Temperaturverhältnisse der Cyclonen und Anticyclonen werden erörtert. — Herr Budde besprach die Beobachtung Janssen's über die zwei Spektra des Sauerstoffs, welche der Dichte bezw. dem Quadrat der Dichte proportional sind, und zeigte, dass dies Verhalten notwendig aus der Annahme folge, dass das eine der Spektren freien Molekülen, das andere, verbundenen Molekülen angehöre.

Sitzung am 30. November 1888. Herr F. Neesen sprach über eine photographische Methode die Pendelung der Geschosse zu registrieren. Das Verfahren besteht darin, dass in den vorderen Teil des Geschosses eine lichtempfindliche Platte eingesetzt wird, auf welcher die Lagenänderungen eines durch eine Linse erzeugten Lichtpunktes fixiert werden können. Einer der angestellten Versuche hat zu einem befriedigenden Resultat geführt. — Derselbe berichtete über einen merkwürdigen Blitzschlag, bei welchem der Blitz eine starke Mauer zweimal durchbohrt hat, um die Stanniolbelegung eines Wandspiegels als Leitung zu benutzen. Spuren des Blitzschlages waren nur an der Ein- und Austrittsstelle des Blitzes, sowie an einer transversalen Unterbrechung der Belegung sichtbar.

Sitzung am 14. Dezember 1888. Herr Thiessen berichtete über Untersuchungen, welche er in Breteuil bezüglich der Abhängigkeit des Gewichtes von der Höhe, in der die Wägung stattfindet, ausgeführt hat. Demzufolge würde die Gewichtsabnahme von 1 kg bei einer Höhenänderung von 2 cm bereits 0,006 mg betragen. Die Versuche waren nach dem Vorbilde der älteren Jolly'schen Versuche angestellt. Während Jolly ein Versuchsgewichtstück an einer Wage abwechselnd dicht am Wagebalken und im Abstande von 21 m aufhängte, suchte der Vortragende die mit diesem Wechsel verbundenen Temperatureinflüsse dadurch zu vermeiden, dass er an beiden Wagebalken oben und unten Gewichtstücke anhängte und nur die in gleicher Höhenlage befindlichen mit einander vertauschte. Bei einer Versuchshöhe von 11,5 m ergab sich eine Gewichtsdifferenz von 2,8 mg (± ca 0,015 mg), nach Anbringung mehrerer Correkturen der Werth 3,2 mg, oder 0,28 mg auf 1 m Höhenunterschied. Herr H. v. Helmholtz teilte den Inhalt einer der Akademie der Wissenschaften vorzulegenden Abhandlung von H. HERTZ „Über Strahlen elektrischer Kraft" mit. Herr R. Ritter führte die Versuche vor, welche den von H. HERTZ aufgefundenen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf elektrische Entladungen demonstrieren.

Sitzung am 28. Dezember 1888. Herr R. Ritter führte den zweiten Teil der Versuche von H. HERTZ mit Hülfe des elektrischen Bogenlichtes vor. — Herr Dr. O. Lummer beschrieb zwei Vorrichtungen, die von ihm und Herrn E. Brodhun als Ersatz des Fettfleckes bei photometrischen Untersuchungen benutzt worden sind. Die eine besteht darin, dass zwei rechtwinklige Prismen mit den grössten Flächen dicht aneinander gesetzt und in die Mitte zwischen ihnen ein Tropfen Canadabalsam gebracht wird. Der Teil des Lichtes, der nach Durchgang durch das eine Prisma auf diese Canadabalsam-Schicht trifft, geht in das andere Prisma über, der andere ringförmige Teil, welcher auf die Grenze von Glas und Luft fällt, wird reflektiert. Man hat dadurch die Möglichkeit, ein reflektiertes und ein durchgegangenes Lichtbündel gleichzeitig zu betrachten und zu vergleichen. Die zweite Vorrichtung verwirklicht dasselbe Prinzip auf eine andere Weise. Gegen die ebene Hypotenusenfläche des einen Prismas presst man die entsprechende, als Kugelzone gestaltete Grenzfläche eines zweiten Prismas. In der Mitte dieser Kugelzone ist eine kreisförmige ebene Fläche angeschliffen, welche die Hypotenusenfläche des ersten Prismas so innig berührt, dass alles auf die Berührungsfläche fallende Licht vollständig hindurchgeht. Dagegen wird solches Licht, welches durch eine der andern Seiten des ebenen Prismas hindurchtritt und seitlich neben der Berührungsfläche auf die Grenze von Glas und Luft tritt, total reflektiert. Man erblickt daher im allgemeinen einen scharf begrenzten helleren oder dunkleren Fleck in einem gleichmässig erleuchteten Felde, der bei Gleichheit der Lichtquellen vollkommen verschwindet. (Vgl. *Ztschr. f. Instrumentenkunde 1889, Heft 1, S. 23.*)

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 19. November 1888. Herr M. Koppe sprach über relative Bewegung, ausgehend von dem Problem, welche Kräfte man an einem auf einer rotierenden Scheibe beweglichen Körper anbringen muss, damit dieser eine gleichförmig gradlinige Bewegung beschreibt. Aus der Lösung dieses Problems lässt sich weiter ableiten, dass ein auf der Erdoberfläche sich bewegender Körper bei jeder Bewegungsrichtung eine Ablenkung nach rechts erfährt, vermöge deren er, wenn kein Widerstand vorhanden wäre, in ca. 15 Stunden einen vollen Kreis beschreiben würde, dessen Grösse (bei 1 dm Geschwindigkeit) nicht diejenige des Mügelsees bei Berlin überschritte. Der Vortragende behandelte ferner die Abweichung der Kanonenkugeln, das Kreiselproblem und den

Seitendruck der Eisenbahnen gegen die Schienen. Derselbe gab eine Modifikation des zweiten von A. Voss kritisierten Schwungkraftsbeweises *(diese Ztschr. II. 1 S. 17)* an, wodurch der dort hervorgehobene Widerspruch beseitigt werde. — Herr B. Schwalbe stellte einige Versuche zur Diskussion, welche neuerdings als Ersatz für den Foucault'schen Pendelversuch in Vorschlag gebracht worden sind (u. a. Rotation von Lycopodiumsamen auf Wasser). Der Verwerfung dieser Versuche wurde beigestimmt. — Schliesslich wurde eine Fussklemme nach W. Holtz *(d. Ztschr. Heft I, S. 55)* vorgelegt und ihre Verwendbarkeit erläutert.

Sitzung vom 3. Dezember 1888. Herr F. Poske sprach im Anschlusse an einen ihm zugesandten Aufsatz über die Behandlung des Ebbe- und Flut-Phänomens und legte dar, dass sich die Erklärung am einfachsten durch Construktion der Meeres-Niveaufläche unter Berücksichtigung der Componente von Mond- und Erdanziehung geben lasse. Herr Krech setzte das Verfahren auseinander, welches er auf Grund der in Gehler's Wörterbuch enthaltenen Darstellung befolgt. — Mehrere neue Apparate, darunter ein neues Elektrometer von B. Kolbe, wurden besprochen. Herr P. Szymanski teilte ein Verfahren mit, ein Elektroskop mit Hülfe einer Leydener Flasche zu aichen. Derselbe gab an, dass es ihm gelungen sei, in langen vertikal angebrachten Neusilber-Spiralen durch einen Wagner'schen Hammer schöne Longitudinal-Wellen zu erregen.

Sitzung am 17. Dezember 1888. Herr H. Hahn teilte eine Methode mit, den Schwerpunkt durch Massenverschiebung zu bestimmen. — Herr Poske berichtete über neuere Untersuchungen bezüglich der Änderungen des Gewichtes bei der Erhebung über die Erdoberfläche. — Hierauf wurde eine Anzahl neuer Apparate und Versuche besprochen.

Sitzung am 14. Januar 1889. Es wurde die Frage diskutiert und beantwortet, wie am besten der experimentelle Nachweis dafür zu führen sei, dass ein Gas jeden ihm dargebotenen Raum ausfüllt. Physikalische Aufgaben sowie neue Apparate und Versuche kamen zur Besprechung. Herr H. Hahn trug ein Verfahren vor, um auf graphischem Wege die Wirkung eines Magneten auf einen andern als eine aus Drehung und Translation zusammengesetzte darzuthun.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Prüfung und Beglaubigung von Thermometern.

Mitgeteilt von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg. (Auszug aus den Bestimmungen.)

(§ 2.) Zur Prüfung zugelassen sind mit Quecksilber gefüllte Thermometer aus Glas; die Prüfung anderer Thermometer wird nur in bestimmten Fällen übernommen.

Die Beglaubigung beschränkt sich in der Regel auf Quecksilberthermometer zu ärztlichen Beobachtungen. [Für diese sind besondere ausführliche Bestimmungen aufgestellt.]

(§ 9.) Quecksilberthermometer für andere als ärztliche Beobachtungen werden zur Prüfung zugelassen, wenn sie den nachstehenden Vorschriften entsprechen:

1. Die Teilung soll ohne augenfällige Einteilungsfehler ausgeführt sein und so zu der Kapillarröhre liegen, dass an allen Stellen eine unzweideutige Ablesung möglich ist.

2. Um bei Einschlussthermometern Verrückungen der Skale erkennbar zu machen, soll seitlich von derselben auf dem Umschlussrohr eine Strichmarke angebracht sein, welche sich mit irgend einem Teilstrich zur Deckung bringen lässt. Auch soll dieser Strich bis zu dem an das Umschlussrohr sich anlegenden Teil des Skalenstreifens heranreichen.

3. Die Teilung soll in dauerhafter Weise ausgeführt, deutlich numeriert und mit der Angabe „Hundertteilig", „Centigrad" oder einer ähnlichen unzweideutigen Bezeichnung versehen sein. Auch Teilungen nach Fahrenheit oder Réaumur sind zulässig. Die Teilung von Thermometern, deren Prüfung bei der Siedetemperatur des Wassers verlangt wird, soll wenigstens um 1 Grad über diese Temperatur hinausreichen.

4. Das Thermometer soll an wenig auffälliger Stelle eine Geschäftsnummer tragen; auch ist die Aufbringung eines Geschäftsnamens, einer Handelsmarke oder dergl. zulässig.

(§ 10.) Die Prüfung erfolgt durch Vergleichungen mit dem Normalthermometer, geeigneten Falls kann sie auch durch Kalibrierung, Ermittelung der thermometrischen Fixpunkte und der Fehler der Einteilung geschehen. Ebenso kann die Prüfung auf die zu erwartenden späteren Veränderungen der Angaben ausgedehnt werden. Soweit dies angeht, tritt zu jeder Prüfung die Feststellung der Depression des Eispunktes nach vorausgegangener Erwärmung.

Thermometer, deren Prüfung für Temperaturen über 100 Grad verlangt wird, werden vorher andauernden Erhitzungen ausgesetzt und darauf langsam abgekühlt, sofern nicht die

Beteiligten nachweisen, dass die Instrumente bereits vor ihrer Einsendung einem solchen Verfahren unterworfen worden sind.

Über den Umfang der Prüfung entscheidet unter thunlichster Berücksichtigung der Wünsche der Beteiligten die Reichsanstalt. Thermometer mit Papierskalen werden bei Temperaturen über 50 Grad nicht geprüft.

(§ 11.) Über den Befund der Prüfung wird eine Bescheinigung ausgestellt und auf das Thermometer eine laufende Nummer nebst einem Kennzeichen der vollzogenen Prüfung aufgeätzt.

(§ 14.) An Gebühren werden erhoben: für jede Eispunktsbestimmung 0,15 M.; für Prüfung einer Skalenstelle durch Vergleichungen in Temperaturen über 0 bis einschliesslich 50 Grad 0,25 M. (0,15 M., sofern die Fehlerangaben nur auf Zehntelgrade verlangt werden); für Prüfung einer Skalenstelle durch Vergleichungen in Temperaturen unter 0 Grad bis zu — 20 Grad hinab 0,50 M., über 50 bis einschliesslich 100 Grad 0,40 M., über 100 bis einschliesslich 200 Grad 0,50 M., über 200 bis einschliesslich 300 Grad 0,60 M.

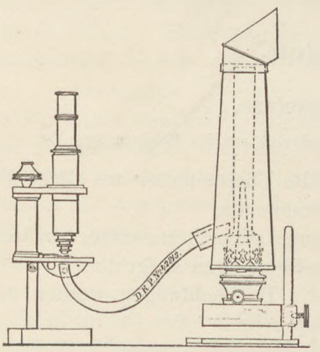
Für Kalibrierungen und sonstige Prüfungsarbeiten werden Gebühren nach Maassgabe der aufgewendeten Arbeit erhoben und wird dabei für jede Arbeitsstunde eine Gebühr von 1,50 M. angesetzt. Für Aufätzung einer Strichmarke oder einer anderen vorgeschriebenen Bezeichnung wird eine Gebühr von 0,10 M. berechnet.

[Die Erledigung von Sendungen mässigen Umfanges nimmt meistens etwa drei Wochen in Anspruch.]

Mikroskopierlampe von W. Kochs und M. Wolz.

Aus der Werkstätte für wissenschaftliche Präcisions-Instrumente von Max Wolz in Bonn.

Der wesentliche Bestandteil der Lampe ist ein Reflektor, bei welchem das Gesetz zur Anwendung kommt, dass Lichtstrahlen an der Grenze von Glas und Luft total reflektiert werden, sobald der Einfallswinkel den Wert von ca. 41° überschreitet. Die hierzu benutzten Glaskörper werden nach dem Patentbericht (D. R. P. No. 42818) in Form einer Parabel gebogen, wobei die Lichtquelle an der Spitze des absteigenden Astes der Parabel angebracht ist. Der Glaskörper kann voll oder hohl sein; bei der Mikroskopierlampe ist er aus einem Glasstabe gebildet. Das Licht wird auf diese Art in voller Stärke fortgeleitet und kommt diffus und kalt zum Austritt, Eigenschaften, welche diese Lampe für die Mikroskopie ganz besonders geeignet machen. Da die Lampe vollständig verdeckt ist und die Wände des Glasstabes kein Licht seitwärts austreten lassen, so bleibt das Auge vom direkten Licht absolut unbelästigt. Die Lichtstärke kann durch Entfernen der Austrittsstelle vom Objekt beliebig reguliert werden. Die Lampe eignet sich auch zur Beleuchtung von undurchsichtigen Objekten, da das diffus austretende Licht diese allseitig umfasst. Sie lässt sich ohne Hülfseinrichtung bei jedem Mikroskop direkt verwenden, es braucht dazu nur das freie Ende des Stabes unter den Mikroskopiertisch gerückt und der Blende soweit genähert zu werden, bis die gewünschte Lichtstärke erzielt ist. — Die Vorrichtung erscheint auch geeignet zur Demonstration der Totalreflexion. Preis für Petroleum 15 M., für Gas 20 M.



Correspondenz.

W. H. Greifswald. — Ihrem Wunsche nach einem alphabetischen Sachverzeichnis soll am Schlusse des laufenden Jahrganges entsprochen werden.

A. H. Czernowitz. — Eine Modifikation des zweiten Schwungkraftbeweises ist bereits von Herrn M. Koppe vorgeschlagen und stimmt im wesentlichen mit der Ihrigen überein. Eine kritische Vergleichung und Beurteilung der verschiedenen Beweise ist von anderer Seite in Aussicht gestellt und wird in einem der nächsten Hefte erscheinen.

F. M. Brandenburg. — Wir nehmen dankend Notiz von der Bemerkung, dass die Schellbach'sche Vorrichtung zum Nachweise der Absorption durch Natriumdampf auch gestattet, schon bei ganz geringer Erwärmung die spectroskopische Umkehrung der Natriumlinie zu constatieren.

H. P. Czernowitz. — Nur durch regere Mitarbeit von seiten der Herren Fachlehrer der Chemie wird dem auch von uns empfundenen Mangel an chemischen Beiträgen abzuhelfen sein.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.