

Die humanistischen Aufgaben des physikalischen Unterrichtes.

Von

Professor Dr. Alois Höfler in Wien.

„Das Verfahren der Physik ist seiner Natur nach nicht von demjenigen des wissenschaftlichen Denkens im allgemeinen verschieden, noch auch ist die Beweiskraft der Folgerungen im Bereiche des physikalischen Forschens eine geringere als auf anderen Wissensgebieten. Indem der Physikunterricht darthut, wie physikalisches Wissen erzeugt wird, liefert er eines der gültigsten Zeugnisse von der Entstehung des Wissens überhaupt. Auch der Physikunterricht hat daher eine im eigentlichen Sinne humanistische Aufgabe.“

Diese Worte bilden einen wesentlichen Teil des Programmes, mit welchem sich unsere Zeitschrift vor Jahresfrist einführte. Gern entspreche ich der Aufforderung des Herausgebers, indem ich zur Einleitung des zweiten Jahrganges jenen Gedanken eines humanistischen Physikunterrichtes näher auszuführen versuche. Freilich deckt sich der richtig gefasste Begriff des Humanismus von vornherein so sehr mit dem obersten Zwecke jedes Unterrichtes, der nicht bloss Fach-Unterricht sein will, dass sich die Untersuchung naturgemäss auch auf die Stellung der Physik zum Ganzen des Unterrichtes erstrecken muss; um möglichst concrete Verhältnisse vor Augen zu haben, ziehen wir in erster Linie die Stellung in Betracht, welche der Physik an den im engeren Sinne ‚humanistisch‘ sich nennenden Schulen, den Gymnasien, zukommt; leicht ergibt sich dann die Übertragung auf Schulen anderer Art, soweit sie mit dem Gymnasium ein im weiteren Sinne humanistisches Unterrichtsziel teilen.

1. Es giebt eine Auffassung von dem Zwecke des physikalischen Unterrichtes, nach welcher dieser freilich nur eine im engsten Sinne ‚realistische‘ Aufgabe hätte. Diese Auffassung verrät sich überall da, wo in erster Reihe die praktischen Erfolge naturwissenschaftlicher Entdeckungen und Erfindungen geltend gemacht werden. So gross aber die Bedeutung dieser praktischen Erfolge für die ganze Kultur unseres Zeitalters auch ist, wir bekennen unsererseits, dass wir, wenn wirklich die praktische Bedeutung der Naturwissenschaften den entscheidenden Rechtsgrund für deren Aufnahme in den Gymnasiallehrplan gebildet hätte, diese Begründung für unzureichend halten müssten. Jeder Unterrichtsgegenstand hat derartige praktische Nebenerfolge; aber keiner bemisst seine Bedeutung für das Ganze der Gymnasialbildung nach derlei eng realistischen Werten. Wird dagegen der Begriff des Realismus so verstanden, dass er die klare Erkenntnis und besonnene Wertschätzung des Wirklichen in der physischen wie in der psychischen Welt bezeichnet, so stellt er zwar einen vollberechtigten Gegensatz zum Formalismus und Verbalismus, nimmermehr aber einen Gegensatz zu ächtem Humanismus dar.

Diejenigen Lehrfächer, welche auf den Ehrennamen ‚humanistisch‘ den unmittelbarsten Anspruch machen, thun es in zweierlei Sinn: erstens, weil ihr Inhalt selbst ‚der Mensch‘ ist, dessen Wesen sich am vielseitigsten in der Sprache kundgibt und dessen Schicksale uns die Geschichte erzählt; zweitens, weil der Unterricht dadurch, dass er den Zögling anhaltend mit jenem humanistischen Inhalt beschäftigt, die edelsten Kräfte der menschlichen Natur im Zöglinge selbst zu entwickeln hofft. Jenes können wir den Unterrichts-, dieses den Erziehungs-Wert der sprachlichen und geschichtlichen Lehrfächer nennen.

Auf eben diese Wirkungen aber verzichten auch diejenigen realistischen Fächer nicht, deren Inhalt vornehmlich Thatsachen und Beziehungen der physischen Welt sind. Längst ist dies anerkannt von der Mathematik. Man sucht den Schüler in die Kenntnis der arithmetischen und geometrischen Beziehungen nicht in erster Reihe um ihrer selbst oder ihrer praktischen Anwendung willen einzuführen, sondern man will ihn erstens mit den logischen Formen der Mathematik bekannt machen und ihn zweitens in deren Handhabung üben. Dem auf diesem Wege erworbenen logischen Wissen und Können aber kommt ebenso gewiss ein humanistischer Unterrichts- und Erziehungs-Wert zu, wie der Logik selbst, die zu ihrem ausschliesslichen Gegenstände das ‚richtige Denken‘, also eine Bethätigung des menschlichen Geistes hat, und darum auch von jeher zu den humanistischen Fächern gezählt worden ist. Ebenso nun, wie durch die ‚Logik der Mathematik‘, werden wir auch durch die ‚Logik der Physik‘ an dem realistischen Stoffe humanistische Erfolge erzielen können.

2. Indem die eingangs angeführten Worte es als eine Aufgabe des Physikunterrichtes aufstellen, „darzuthun, wie physikalisches Wissen erzeugt wird“, weisen sie zunächst hin auf die ‚Logik der Physik‘ in dem ersten, theoretischen Sinne einer Einsicht in die Gesetze des richtigen Denkens, wie sich dieses an dem realistischen Stoffe der Physik bethätigt. — Wird aber diese allgemeine logische Aufgabe nicht ausreichend erfüllt durch andere Unterrichtsfächer, namentlich durch Mathematik, Grammatik und durch die Logik selbst, soweit diese einen Teil der philosophischen Propädeutik des Gymnasiums bildet?

Indem wir das Gemeinsame des logischen Inhaltes dieser Gegenstände hervorheben, dürfen wir doch auch deren Besonderheiten nicht übersehen. Und insbesondere ist es unschwer zu zeigen, dass die Logik der Physik viel unmittelbarer als die der Mathematik geeignet ist, typische Beispiele für die correkte Lösung derjenigen Aufgaben zu liefern, vor welche sich das praktische Denken des gewöhnlichen wie des wissenschaftlichen Lebens am alleröftesten gestellt sieht. Die Einsicht in das syllogistische Verfahren der Mathematik mag eine vortreffliche, vielleicht eine unübertreffliche erste Grundlage theoretisch-logischer Bildung abgeben: überall dort aber, wo diese Prozesse über den syllogistischen Typus hinausgreifen — und beinahe überall, mit Ausnahme fast nur der Schul-Mathematik selbst, ist dies der Fall — hat es sich längst als verhängnisvoller Irrtum erwiesen, wenn man die Erscheinungen der physischen und der psychischen Welt ‚more geometrico‘ logisch beherrschen zu können meinte. Der deduktiven Logik der Schul-Mathematik muss also ein Gegengewicht in der induktiven Logik der Schul-Physik gegeben werden. — Wir müssen es uns mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum versagen, wie von der Mathematik auch von der Grammatik und der Logik selbst zu zeigen, dass ihnen logische Leistungen zufallen, welche die der Physik zwar ergänzen, aber nicht ersetzen können. In wievielen Beziehungen insbesondere

der zusammenhängende Unterricht der Logik und nicht minder der des zweiten philosophisch-propädeutischen Gegenstandes, der Psychologie¹⁾, von dem physikalischen unterstützt werden kann, hoffe ich später an einer andern Stelle besonders darzulegen.

Wie mit der Einsicht in die Logik der Physik steht es auch mit deren Bethätigung. Gelingt es dem physikalischen Unterrichte, dem Zögling die Typen des induktiven Denkens — die sorgfältige Constatierung des ‚Dass‘ und des ‚Wie‘ vor allem verfrühten Fragen nach dem ‚Warum‘, das Aufsteigen von den Einzelbeobachtungen zu den Gesetzen, von diesen zu den Hypothesen und Theorien, das Verfahren bei deren Exklusion und Verifikation — nicht nur zum wohlverstandenen Wissen, sondern zum wohlgeübten Können zu machen, so möchte es nicht leicht eine Natur- oder Geisteswissenschaft geben, bei deren fachmännischem Betrieb der dem Gymnasium längst Entwachsene nicht dankbar des physikalischen Elementarunterrichtes gedächte. — So hatte ich vor mehreren Jahren die Freude, von einem angehenden Nationalökonom, der mein Schüler gewesen war, als ich zum ersten Male Physik in den oberen Klassen des Gymnasiums lehrte, zu hören, dass das, was ihm in den Streitigkeiten zwischen der „historischen“ und der „dogmatischen“ Schule der Nationalökonomie zur entscheidenden Stellungnahme verholfen habe, Erinnerungen an die induktive Logik des physikalischen Gymnasialunterrichtes gewesen seien. —

3. Wie soll nun mit dem Physikunterricht die theoretische und praktische Unterweisung in der Logik der Physik verbunden werden? — Dass hierbei die Gefahr arger Missgriffe sehr nahe liegt, verkenne ich nicht. Sicherlich verkehrt wäre es, die abstrakten Gesetze eines solchen Denkens vor dessen concreten Bethätigungen dem Schüler einprägen zu wollen. Ebenso sicher aber begiebt sich der physikalische Unterricht seiner besten Wirkung, wenn er es versäumt, während und nach solcher Bethätigung, durch unermüdliche Hinweise auf das Typische darin, dem Schüler Sinn und Zweck des physikalischen Denkens zu immer deutlicherem abstrakten Bewusstsein zu bringen. — Ganz unmöglich macht sich natürlich solche Erfolge derjenige Unterricht, der selber die induktive Grundrichtung des physikalischen Denkens, aus was immer für wohlgemeinten Absichten, in ihr Gegenteil verkehrt.

Das weitaus wirksamste Verfahren, welches von selbst alle solche Fehler ausschliesst und die natürliche Logik der Physik zur lebendigsten Anschauung bringt, ist das des möglichsten Anschlusses an die historische Entwicklung, wie dies mit grösster Entschiedenheit E. MACH²⁾ in verschiedenen Veröffentlichungen verlangt und an Beispielen gezeigt hat.

Soll übrigens die in den Hauptzügen unzweifelhafte Beziehung zwischen dem Logischen und Geschichtlichen der Physik (ebenso wie jeder anderen Wissenschaft) ins rechte Licht treten, so ist der Schein zu vermeiden, als bestehe eine Art durchgängiger prästablierter Harmonie zwischen logischer und historischer Ordnung der Erkenntnis. Die logische Anordnung des Lehrstoffes wird sich nicht durchweg mit der historischen Entwicklung decken, und andererseits wird

1) Einige dieser Beziehungen habe ich angedeutet in der Programm-Abhandlung: „Zur Propädeutikfrage“ (Gymnasium der k. k. Theresianischen Akademie in Wien, 1884) S. 66 ff.

2) So in der ‚Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt‘, in dem von ihm und Ostreil verfassten Lehrbuche und in dieser Zeitschr., I. Jahrg., S. 3.

auch durch didaktische Rücksichten manche Abweichung von dem historischen Gange geboten sein.

Ein Beispiel im Grossen bildet das Verhältnis der Statik zur Dynamik; ein spezielleres, aber doch prinzipiell wichtiges Beispiel die phoronomische Beschreibung des freien Falles. GALILEI setzte mit seiner empirischen Feststellung der Fallgesetze, welche in den drei Formeln

$$s = \frac{g}{2} t^2, \quad v = gt, \quad w = g$$

ihren arithmetisch äquivalenten Ausdruck finden, bei der mittleren dieser drei Beziehungen ein. Da nun aber Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung als Funktionen der Zeit eine natürliche logische Reihe bilden, und da nur s , nicht v oder w , direkt zu beobachten ist, so vereinigen sich hier logische und didaktische Gründe, mit der ersten jener drei Formeln, als der direktesten Beschreibung der Fallbewegung, zu beginnen.

Gerade deshalb, weil solche Abweichungen zwischen dem historischen und didaktischen Gange in der Regel nicht sehr augenfällige, sondern gleichsam nur Glieder zweiter Ordnung sein werden, bildet das Auffinden des didaktisch richtigen Mittelweges zwischen dem streng historischen und dem streng logischen Vorgehen eine umfassende und nicht allzu leichte Aufgabe der Didaktik der Physik*).

4. Wir haben bisher das Geschichtliche als ein didaktisches Mittel in Betracht gezogen; aber die Geschichte der Physik verdient es auch, als Zweck so gut ins Auge gefasst zu werden, als nur irgend ein Teil der allgemeinen Weltgeschichte, welche einen Hauptbestandteil des humanistischen Unterrichtes bildet. Immer zahlreicher werden da die Stimmen, welche eine Hervorhebung der Kulturgeschichte gegenüber der politischen, namentlich der Kriegs-Geschichte verlangen. Gegen diese Forderung mag eingewendet werden, dass sie die Gefahr in sich birgt, das Einprägen der äusseren Daten solcher Kultur-Erscheinungen zu verlangen, deren innere Bedeutung der Schüler doch noch nicht ermessen kann. Ist man aber einmal entschlossen, nur solche kulturgeschichtliche Typen für den allgemeinen geschichtlichen Unterricht auszuwählen, welche durch jene Vorwürfe nicht getroffen werden, so dürften sich nicht viele Leistungen von so entscheidender Bedeutung finden lassen, deren Inhalt zugleich schon dem Schüler des Gymnasiums so gründlich verständlich gemacht werden kann, wie einige Charakterbilder aus der Geschichte der Physik.

Es soll natürlich nicht im Entferntesten davon die Rede sein, neben der Physik auch eine fortlaufende Geschichte der Physik am Gymnasium zu lehren, naheliegende Gründe verbieten es. Vielmehr müssten einige wenige sorgfältig ausgewählte Typen auf den gehörig vorbereiteten Schüler einen um so nachhaltigeren Eindruck hervorbringen. Wäre namentlich auch nur die Eine Kette von Geistesschöpfungen in ihren an sich so einfachen leitenden Gedanken vom Schüler wahrhaft begriffen, welche mit HIPPARCH'S Bemühungen um eine exakte ‚Beschreibung‘ der Sonnen- und Mondbewegung anhebt und mit der erstaunlichsten logischen und historischen Konsequenz durch die Leistungen der PTOLEMAEUS, KOPERNIKUS, KEPLER, GALILEI zu NEWTON'S Gravitations-Lehre als der dynamischen ‚Erklärung‘ ihres Phänomen-

*) Anmerkung des Herausgebers: Weitere Beispiele der oben erwähnten Art bieten sich in der Lehre vom Luftdruck und in der Einleitung zum Galvanismus dar; hierauf, wie auch auf die vom Verfasser angedeutete Behandlung der GALILEI'schen Fallgesetze wird in der Folge ausführlicher einzugehen sein.

Kreises führt³⁾, so möchte das klare Bild von dem stillen Wirken jedes dieser Grossen ein helleres Licht auf die Weltanschauungen ihres Zeitalters werfen, als die ausführlichsten Verzeichnisse kulturhistorischer Namen und Zahlen. Freilich, nach der Mehrzahl der gegenwärtig verbreiteten Physik-Lehrbücher zu urteilen, welche u. A. KEPLER'S Gesetze als eine ‚Anwendung‘ des NEWTON'Schen Gravitationsgesetzes vorführen, fehlt heute noch viel oder alles, um von seiten des Physik-Unterrichtes dem logischen und kulturhistorischen Unterrichte diejenigen Grundlagen zu geben, ohne welche auch die Namen jener Forscher vom Schüler nur eitel genannt werden und das Reden von ihren Leistungen leeres Geschwätz ist. Verblüffende historische Notizen, wie die von der Entdeckung des Neptun auf Grund von LEVERRIER'S Deduktionen aus dem Gravitations-Gesetze, können nicht die Einsicht ersetzen, aus welchen Erkenntnisgründen denn der Gedanke jenes Gesetzes überhaupt hatte gefasst werden können. Wäre dagegen der Inhalt jener Leistungen — wir wiederholen: in seinen einfachsten, leitenden Gedanken — dem Schüler zum eigensten geistigen Besitz geworden, so würde dem sachlichen Interesse ungesucht auch ein rein menschliches für die grossen Lehrer selbst sich zugesellen: und wie reich an unmittelbar ansprechenden Zügen ist das Denkerleben eines KOPERNIKUS, eines KEPLER!

5. Es mag endlich ein noch weiter ausschauender Blick auf diejenige ideale Gestaltung des Gymnasiums gestattet sein, in welcher an Stelle des heute leider vielfach noch unvermittelten Neben- und manchmal sogar Gegeneinanderwirkens einer humanistischen und einer realistischen Fachgruppe, deren jede sich wieder in eine Vielheit von Unterrichtselementen spaltet, ein wahrhaft organisches Zusammenwirken getreten sein wird. Welche Stellung würde dem physikalischen Unterrichte innerhalb eines solchen Organismus zu kommen?

Bekennen wir sogleich, dass eine der tiefgehendsten von denjenigen Ursachen, welche die Erfolge des Physik-Unterrichtes in seiner gegenwärtigen Gestalt oft recht gering machen, darin liegt, dass wir heute noch viel zu unvermittelt dem Schüler Stücke der fertigen physikalischen Wissenschaft selbst bieten, statt dass wir auf jeder Stufe der Entwicklung unseres Zöglings sein natürliches Interesse für die Erscheinungen der physischen Welt zu beobachten und jedesmal nur insoweit zu befriedigen trachten, als ein Bedürfnis nach physikalischer Erkenntnis wirklich bereits vorhanden ist oder auf naturgemässe Weise geweckt werden kann. Zwar ist Dies um soviel schwieriger als Jenes, wie Erziehen schwieriger ist als Unterrichten: aber das wird uns nicht hindern, das Ziel der Erziehung als das höhere auch beim Physik-Unterrichte fest im Auge zu behalten. — Nach eben diesem Maassstabe nun haben wir den letzten, entscheidenden Rechtsgrund dafür, ob und wie am Gymnasium Physik gelehrt werden soll, darin zu suchen, ob ein solches natürliches Interesse für physikalische Gegenstände in dem Knaben und Jüngling erfahrungsgemäss besteht; wann die Empfänglichkeit für die verschiedenen Stufen physikalischer Belehrung am lebhaftesten ist; und wie weit der Unterricht zu gehen hat, damit — worauf ja schliesslich Alles ankommt — auch nach abgeschlossener Gymnasiallehrzeit die angebahnte Bildung ihre reifen Früchte trage?

³⁾ Auf die Bedeutung, welche eine zusammenhängende Darstellung jener historischen Entwicklung auch für den Logik-Unterricht haben könnte, habe ich bereits hingewiesen in dem oben angeführten Programm, S. 17.

Nun verrät sich thatsächlich für kein anderes Gebiet der Anschauung und des Denkens ein lebhafteres, freudigeres Interesse, als für dasjenige, auf welchem sich der Geist des Knaben den Gebilden der Natur gegenübergestellt sieht. Diese allgemeine Beobachtung, und die auf den ersten Blick vielleicht minder erfreuliche, dass dieses Interesse, in den ersten Schuljahren mit kindlicher Frische sich kundgebend, in den letzten nicht selten fast ganz zu schwinden scheint, muss uns als so bedeutsam gelten, dass wir ihr entscheidenden Einfluss auf die Anordnung nicht nur des naturwissenschaftlichen, sondern des gesamten Gymnasial-Unterrichtes eingeräumt sehen möchten.

Gerade auf den untersten Stufen des Gymnasial-Unterrichtes⁴⁾ scheint uns der naturwissenschaftliche (naturgeschichtliche, geographische, physikalische) Unterricht berufen, vor allem Freudigkeit des Lernens zu wecken und wach zu halten, dann aber auch solche Denk-Gewohnheiten zu befestigen, vermöge deren überall nur das in der Anschauung Erfasste zum Ausgangspunkte alles weiteren Denkens und Sprechens gemacht, und nie die Zeichen für die Dinge genommen werden. Diese psychologischen Dispositionen sind für realistischen und humanistischen Unterricht gleich unerlässlich; viel leichter aber wird sie der erstere durch Anknüpfen an das natürliche Interesse für die anschauliche Natur lebendig erhalten und widerstandsfähig machen können, indem er dem kindlichen Geiste diejenige Nahrung gewährt, wonach dieser von Anfang triebartig verlangt. — Freilich wird es nicht sogleich Natur-, Wissenschaft' sein dürfen, was man dem Kinde und dem Knaben zur Befriedigung seines natürlichen Interesses bietet. Ich spreche hier nicht von dem selbstverständlichen Verzicht auf alle einigermaßen schwierigen Denk-Operationen, welche zur eigentlich wissenschaftlichen Bearbeitung der Natur unentbehrlich sind. Ein ganz anderer Gegensatz ist es, auf den ich hinweisen möchte: Indem die Wissenschaft die ‚Natur‘ zu ihrem Gegenstande macht, unterwirft sie sofort die ‚natürlichen‘ Gebilde und Erscheinungen einer vorbereitenden Zerlegung, und erst auf das aus dem Zusammenhange mit der natürlichen Umgebung losgelöste Thier oder Mineral, auf den durch das Loch im Fensterladen dringenden Lichtstrahl wendet sie ihre strengen Methoden an. So wenig aber als der Künstler erkennt dann das Kind in diesen isolierten Gebilden noch die ‚Natur‘. Und so unerlässlich jenes vorbereitende Verfahren der Wissenschaft ist — wo der unerreichte Meister künstlerischer Natur-Anschauung, GOETHE, dies verkannte, bleiben seine Bemühungen von eigentlich wissenschaftlicher Bewertung für immer ausgeschlossen, — so wenig darf die Schule sich der Verpflichtung überheben, ihrerseits mit der Betrachtung der Natur-Gebilde an einem noch weiter zurückliegenden Punkte einzusetzen: sie muss Geist und Gemüt des Zöglings vor allem auf die Natur als ganze, wie sie sich dem völlig Unbefangenen darstellt, zu lenken bedacht sein, ehe sie ihn einführt in jene kunstvolle Forschungsweise, welche die Menschheit sich erst in hundertjährigen Entwicklungen errungen hat — ja deren

⁴⁾ An den österreichischen Gymnasien wird in I. und II. (den beiden untersten Klassen) und im 1. Semester der III. Klasse Naturgeschichte, im 2. Semester von III. und in IV. Physik (einschliesslich Chemie) gelehrt. Im Ober-Gymnasium sind dann wieder V. und VI. für Naturgeschichte, VII. und VIII. für Physik bestimmt. Dass und warum jener physikalische Vorunterricht noch nicht ganz den wichtigen Aufgaben gerecht wird, welche gerade einer solchen Vorbildung zukämen, habe ich etwas näher darzulegen gesucht in dem Vortrage: „Über die Verteilung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes am nicht-zweistufigen Gymnasium (Mitteilungen der „Mittelschule“, II. Jahrg., S. 1—21; Wien, Hölder 1888).

eigentliches Verständnis genau besehen auch heute erst nur Geheimlehre einer ganz verschwindenden Zahl von Geistern ist.

Wir wissen wohl: es bedürfte gänzlich anderer äusserer Bedingungen unseres höheren Unterrichtes, um ein Lehren der ‚Natur‘ in der ‚Natur‘ auch nur annähernd möglich zu machen. Aber Einiges könnte doch zur Erfüllung so hoher Forderungen bereits heute gethan werden: in besonderen dürfte der physikalische Unterricht nie vergessen, dass wo die Anschauung eines Vorganges, der sich spontan in der Natur abspielt, dem Schüler irgendwie zugänglich gemacht werden kann, kein Apparat, keine Zeichnung für jene auch nur annähernd vollwertigen Ersatz bietet; und wo Zeichnungen und Apparate unentbehrlich sind, müsste das an ihnen Erlernte immer wieder auf möglichst mannigfaltige Anschauungen und Erfahrungen des Lebens ausser der Schule zurück übertragen werden.

Nehmen wir nun an, eine solche ‚Naturlehre‘, welche wir dem Zögling während der ersten Schuljahre geboten hätten, sei ihm so zu eigen geworden, dass er während der mittleren Jahre, in denen der Unterricht der Naturgeschichte seine Vertiefung erfährt, in den Erscheinungen der ihm umgebenden Welt fortwährend Anregungen zu liebevoller Beachtung physikalischer Thatsachen fände, so liesse sich nun erst in den obersten Klassen ein Verständnis dafür anbahnen, welche Unvollkommenheiten der ausserwissenschaftlichen Betrachtung physikalischer Phänomene das Bedürfnis einer besonderen physikalischen Wissenschaft überhaupt erzeugt haben und in welchen Beziehungen und durch welche Methoden jene Bedürfnisse in dieser Wissenschaft befriedigt werden. Fort und fort wäre es dann der Eindruck einer nur auf höchsten Kulturstufen überhaupt erst möglichen menschlichen Bethätigung, welche das Interesse des Jünglings nun nicht minder fesseln würde als der Reiz, welchen die physikalischen Thatsachen selber demjenigen — und gründlich befriedigend eben nur ihm — gewähren, der sich wahre Einsicht in sie errungen hat. —

6. Und wenn so der physikalische Unterricht sich zu Wirkungen emporgearbeitet hätte, deren er sicherlich erst in einer vielleicht noch fernen Zukunft sich wird rühmen dürfen, wie hoch gedenkt er dann seine Beiträge zur Verwirklichung des letzten Zweckes der Gymnasialbildung anzuschlagen im Vergleiche zu den Beiträgen der übrigen Unterrichtszweige? Es sei gestattet, die Antwort ohne Abwägung aller Gründe für und wider zu geben, welche ja ohne Eingehen auf die meist umstrittenen Probleme der gegenwärtigen Gymnasialpädagogik nicht möglich ist.

Für jede absehbare Zukunft werden diejenigen Menschheits-Ideale die hehrsten bleiben, welche in den klassischen Schriftdenkmälern des hellenischen und des deutschen Volkes ihren schönsten, überzeugendsten Ausdruck empfangen haben. Wie nahe der Zögling des Gymnasiums dem wahren Verständnis dieser Schriften gekommen ist und wie kräftig dieses Verständnis sich in der weiteren Lebensführung thätig kundgiebt, darin wird man den entscheidenden Maassstab dafür finden, ob die Bildung des Mannes eine echt humanistische genannt werden darf. — So werden die sprachlichen und geschichtlichen Lehr-Fächer von den übrigen jederzeit gerne als diejenigen anerkannt werden, welche durch ihren Inhalt von selbst dazu berufen sind, zur Verwirklichung des Humanitäts-Gedankens in seinen beiden eingangs unterschiedenen Bedeutungen, der des Unterrichtens und der des Erziehens, die entscheidendsten Beiträge zu liefern.

Verglichen mit der unüberschaubaren Mannigfaltigkeit menschlicher Geistes- oder Gemüts-Bethätigungen, welche Geschichte und Litteratur dem Zöglinge vor-

führen, möchten diejenigen intellektuellen Leistungen des Menschen, mit welchen die Physik bekannt macht, höchst einseitig und wohl gar kleinlich erscheinen. Aber der Schein schwindet, wenn wir das physikalische Denken als den in seiner Art einfachsten Repräsentanten desjenigen ‚exakten‘ Denkens auffassen, welches die Welt des Wirklichen in letzte Teile und Kräfte aufzulösen und aus diesen letzten Elementen das anschaulich gegebene Ganze im Geiste wieder aufzubauen bemüht ist. Wie wenig es bisher thatsächlich gelungen ist und wohl vielleicht überhaupt je gelingen wird, in diesem Sinne die sämtlichen ‚Naturwissenschaften‘ auf Physik (und sämtliche ‚Geisteswissenschaften‘ auf Psychologie) zurückzuführen, so deckt sich doch der Begriff, welchen unser ganzes Zeitalter mit dem Ausdrucke ‚exakte Wissenschaft‘ verbindet, so sehr mit jenem Ziele einer analytisch-synthetischen Bearbeitung des Gegebenen, dass ohne Paradoxon gesagt werden darf, Derjenige habe keinen Begriff von exakter Wissenschaft, der keinen Einblick in Gegenstand und Methode der Physik besitzt.

Nur wer sich durch das Schlagwort ‚exakte Wissenschaft‘ so blenden liesse oder uns für so verblendet hielte, zu meinen, dass es neben diesem eigenartigen Ziele, das sich die Geistesarbeit der neuesten Zeit gesteckt hat, fürder keine gleich- oder gar höher berechtigten geben dürfe, könnte in der typischen Bedeutung, welche wir dem physikalischen innerhalb alles übrigen Denkens zuerkennen, eine anmaassende Bevorzugung der Physik als Wissenschaft und als Schulgegenstand erblicken. Allerdings nehmen wir für den physikalischen Gymnasial-Unterricht der obersten Unterrichtsstufe den Vorzug in Anspruch, dass der Schüler an dem denkbar einfachsten Stoffe die denkbar exaktesten Methoden geübt sieht; und niemand verkennt, dass wenn die sprachlichen und historischen Fächer des Gymnasiums zeigen wollten, wie man auf ihren unendlich verwickelteren Stoff neustens gleich exakte Methoden anwendet, hier überall weit über die Ziele dieser Fächer hinausgeschossen werden müsste. So nimmt also die Physik durch Hervorhebung der methodologischen Seite den im engeren Sinne humanistischen Gymnasial-Gegenständen eine Verpflichtung ab, der diese nur unter Schädigung ihres viel höheren Hauptzweckes gerecht werden könnten. Dieser Zweck darf schon als erreicht gelten, wenn die Geschichte auch ohne eine bis auf letzte psychologische Elemente zurückgehende Pragmatik den Zögling nur mit den Hauptzügen der menschlichen Entwicklung bekannt macht; und die antiken und unsere nationalen Litteraturwerke werden gerade dann am richtigsten begriffen sein, wenn sie mit derselben Unmittelbarkeit als Erzeugnis künstlerischer Intuition oder reifer Lebenserfahrung von den Zöglingen genossen und verstanden werden, mit der sie von ihren Schöpfern ersonnen wurden, lange bevor es unser modernes Wissenschafts-Ideal gab. — Solcher freien künstlerisch-litterarischen Bildung gegenüber fiele vorwiegend dem mathematischen und physikalischen Unterrichte die Pflege des streng wissenschaftlichen Denkens zu; und wäre es dem Physik-Unterrichte vergönnt, auf dem einfachen Wege der Arbeitsteilung mittelbar dazu beizutragen, dass dem sprachlichen und geschichtlichen Unterrichte des Gymnasiums etwas von jener Frische und Unmittelbarkeit gewonnen würde, welche das Gemeinsame in der Jugend der Völker und des Einzelnen ist, so hätte die Physik sicherlich auch von dieser Seite her sich den Dank der humanistischen Hauptträger des Gymnasial-Organismus verdient. —

Doch vergessen wir über so fern liegende Beziehungen zwischen den verschiedenen Gymnasial-Fächern nicht die nächsten, kräftigsten. — All unser Bemühen, die Natur zu ergründen und all unser Stolz, wenn die Arbeit sich durch immer

umfassendere, tiefere Einsicht belohnt sieht, wurzelt ja doch letztlich in der Überzeugung, dass was wir da erkennen, eine eigenartige Schönheit zeige, die von dem, was die vorwissenschaftliche Naturbetrachtung als Naturschönheit fühlt, zwar in ungeahntem Maasse verschieden ist, die aber von den Forschern, welchen sich zuerst solche Geheimnisse erschlossen, immer wieder in Ausdrücken gepriesen wird, in welchen wir sonst nur von Schönem und Erhabenem zu sprechen pflegen. — Vermöchten wir dem Zöglinge, den wir mit den edelsten Menschen-Werten vertraut machen wollen, auch etwas von diesem Gefühle für die Herrlichkeiten der nicht nur im Anschauen, sondern auch im Denken erfassten Natur zu geben, so hätten wir gewiss den Begriff einer humanistischen Bildung voller verwirklicht, als wenn wir bei engeren oder engsten Auslegungen dieses Wortes Halt machen wollten.

In diesem Sinne mag denn auch der physikalische Unterricht des Gymnasiums in seiner bescheidenen Sphäre mitarbeiten an der Aufgabe, welche ein weitausschauender Geist als die Aufgabe aller Kulturarbeit bezeichnet hat: „das Reimenschliche mit dem ewig Natürlichen in harmonischer Übereinstimmung zu erhalten“.

Zur Bestimmung der Potentialdifferenz galvanischer Ketten.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Vor kurzem ist in dieser Zeitschrift¹⁾ die Bedeutung des elektrischen Potentials erörtert und auf die Wichtigkeit der Demonstration der damit zusammenhängenden Grunderscheinungen hingewiesen worden. Den grossen Vorzügen des für diesen Zweck empfohlenen Thomson'schen Quadranten-Elektrometers steht indessen in vielen Fällen der hohe Preis und die Kompliziertheit des Apparates gegenüber. Die grosse Empfindlichkeit meines in dieser Zeitschrift beschriebenen Aluminium-Elektroskops²⁾ brachte mich daher auf den Gedanken, dieses Elektroskop in Verbindung mit einem Condensator zu benutzen, um die Potentialdifferenz der verschiedenen galvanischen Ketten zu demonstrieren³⁾.

Da hierbei sehr kleine Elemente verwandt werden können, so benutze ich Zinkstreifen (100—120 mm lang, 10 mm breit und ca. 2 mm dick) an deren einem Ende ein biegsamer, umspannter Kupferdraht angelötet ist. Fig. 1 zeigt ein Zink-Kohle-Elementchen in $\frac{1}{3}$ nat. Grösse. Um die Zinkplatte sind schmale Gummiringe b_1 und b_2 , d. h. Stücke eines Gummischlauches geschoben, um die Berührung von Zink und Kupfer zu verhindern. Ein Kohlenstäbchen, von der Art, wie sie zu elektrischem Bogenlicht verwandt werden (100 bis 120 mm lang, 5 mm Durchm.), ist am oberen Ende mit Graphit eingerieben und mit dem blank gemachten Ende des umspannenen Kupferdrahtes umwickelt. Darüber ist ein breiterer Gummiring g geschoben. Durch zwei weitere Gummiringe e_1 und e_2 werden Zink und Kupfer zusammengehalten. An die freien Enden der Kupferdrähte d_1 und d_2 sind längliche Ösen aus steifem, also federndem, versilbertem Kupferdraht f_1 und f_2 gelötet. Solcher

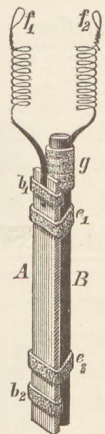


Fig. 1.

¹⁾ Poske: Ueber einige Grundbegriffe der Electricitätslehre (diese Ztschr., I. Jahrg., S. 95).

²⁾ Kolbe: Ein Demonstrations-Elektroskop. (I. Jahrg., S. 152.)

³⁾ Die hier beschriebenen Apparate wurden vorgeführt in der Versammlung der Lehrer der Physik und Kosmographie im Pädagog. Museum in St. Petersburg am 17. (29.) Mai 1888.

Zink-Kohle-Elementchen verwende ich 4, ausserdem je ein Zn/Cu -, Zn/Pt -, Zn/Fe - und Cu/C -Element.

Das zugehörige Gestell ist durch Fig. 2 (in $\frac{1}{3}$ nat. Grösse) dargestellt. Auf dem, an der unteren Seite, durch eine Bleiplatte beschwerten Brette D ist ein Stab A aus hartem Holz befestigt. Durch den Stab sind Löcher gebohrt und

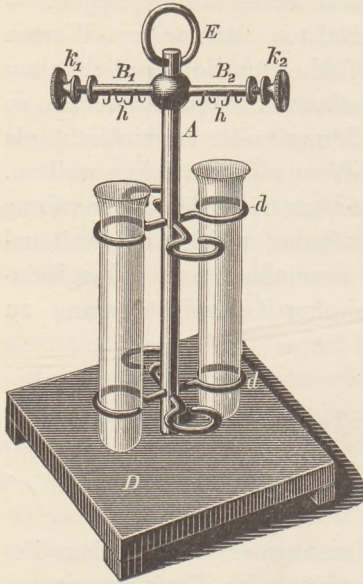


Fig. 2.

kreuzweise zwei Paar Messingdrähte hindurchgesteckt, die zu Ösen umgebogen sind. Vier Reagenzglaschen aus dickwandigem Hartglase (in der Zeichnung sind zwei fortgelassen) dienen zur Aufnahme der Elemente. Auf das etwas dünnere obere Ende des Stabes A ist eine durchbohrte Holz- oder besser eine Hartgummikugel geschoben, in welche die beiden von einander solierten Messingstäbe B_1 und B_2 eingeschraubt sind. Da die Kugel mit den Messingarmen (mit einiger Reibung) um den Stab drehbar ist, so können die Reagenzglaschen, nach Bedarf, leicht herausgenommen werden. Die Messingstäbe sind mit Klemmschrauben (k_1 und k_2) für die Leitungsdrähte versehen. Durch die Messingstäbe sind je zwei Löcher gebohrt, durch welche versilberte Kupferdrähte gesteckt und zu Haken (h) umgebogen sind. Die federnden Ösen der Elemente (f_1 und f_2 , Fig. 1) können — bei Parallelschaltung — an den Haken befestigt, oder (bei Schaltung

hintereinander oder bei Anwendung eines einzigen Elementes) teilweise in einander gesteckt und durch eine kleine Drehung der einen Öse genügend fest verbunden werden. Die beiden freien Poldrähte werden an B_1 und B_2 gehakt, da man dann nur ein Paar etwas längerer Leitungsdrähte von k_1 und k_2 zu den Condensatorplatten braucht. Die Leitungsdrähte sind am freien Ende mit ca. 20 mm langen Griffen aus Siegellack von verschiedener Farbe versehen. Gut ist es, wenn auch hier Ösen aus versilbertem Kupferdraht angelötet sind, da man dann des metallischen Contactes sicher ist. Der Ring E am Stabe verhindert ein Herabfallen der Kugel und dient zugleich als bequeme Handhabe.

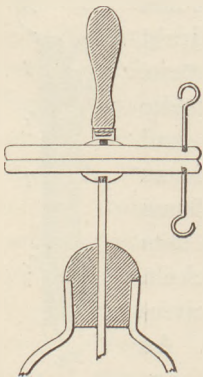


Fig. 3.

Für den Condensator haben sich durch viele Versuche Platten von 80 mm Durchmesser bei 4 mm Dicke als die geeignetsten erwiesen; doch gaben auch Platten von 65 mm Durchmesser bei Anwendung von Zink-Kohle-Elementen schon sehr bedeutende Ausschläge. Zweckmässiger fast, als die gebräuchlichen vergoldeten Kugeln an den Condensatorplatten, scheinen mir Stäbchen aus versilbertem oder vergoldetem Messingdraht zu sein, welche in die Condensatorplatten eingeschraubt werden, und deren abgerundete Enden hakenförmig gebogen sind (Fig. 3). Statt des Glasstieles wende ich an der oberen Platte einen Griff

aus Hartgummi an. Auch finde ich es bequemer beide Condensatorplatten mit den Poldrähten zu berühren, statt eine Platte und einen Poldraht mit der Erde zu verbinden. Natürlich kann auch der Exner'sche Condensator (*diese Zeitschr. I. Jahrg., S. 169*) benutzt werden.

Eine Skala zum Ablesen des Ausschlages kann unterhalb der Aluminiumblättchen leicht angebracht werden, darf aber nicht aus leitendem Material bestehen, da sonst unberechenbare Störungen durch Influenz auftreten. In jedem Falle muss das freie Ende des Aluminiumstreifens abgerundet sein und mindestens 10 bis 15 mm von der in der Schwingungsebene angebrachten Skala abstehn. Recht zweckmässig dürfte die von Exner bei seinem transportablen Elektroskop an der vorderen planparallelen Glasfläche angebrachte Millimeterskala mit einem an der Hinterfläche befindlichen Visierstreifen sein, doch müsste der Apparat von vornherein entsprechend gebaut werden.

Bei Anwendung von horizontal einfallendem Sonnenlicht oder parallel gemachtem künstlichen Licht kommt man auch in der folgenden Weise zum Ziel. Hinter dem auf ein niedriges Stativ gestellten Elektroskop wird eine vertikale Kartonscheibe von 25 cm Breite und ca. 20 cm Höhe aufgestellt. Diese Scheibe ist mit quadriertem Millimeterpapier beklebt. Markiert man, den Schatten beobachtend, den Ort der Drehungsachse der Aluminiumblättchen und ihre Ruhelage vermittelt einer Bleifeder, so kann man, bei geladenem Elektroskop, leicht die Coordinaten des Endpunktes des Schattens, den die Blättchen werfen, ablesen und hieraus den Winkel finden. Zu Demonstrationen ist die folgende Versuchsanordnung zweckmässiger (Fig. 4).

Von den Drehungspunkten (auf dem Karton) zieht man, von der Ruhelage ausgehend, nach beiden Seiten Viertelkreise von 100 mm Radius und bringt eine Gradteilung an, die von 5 zu 5° weithin sichtbar gemacht wird. Dies kann in ähnlicher Weise geschehen, wie es von Weinhold für die Skala der optischen Bank, die Teilung des Monochords etc. angegeben ist. Als Zeiger dient je ein Streifen Karton von 5 mm Breite, der vermittelt einer feinen Holzschraube (auf welche zuerst ein kleines durchbohrtes Metallplättchen geschoben ist) an dem Karton (im Drehpunkt) befestigt ist. Indem die Schraube in ein an der Hinterseite des Kartons angelacktes Stückchen Holz mehr oder weniger fest eingeschraubt wird, hat man es ganz in der Hand, dem drehbaren Zeiger eine solche Reibung zu geben, dass er leicht beweglich bleibt, aber doch in jeder Stellung verharrt. Der ganz hellrot bemalte Zeiger hat in der Mitte eine feine schwarze Linie, die als Index dient. Eine rechtwinklig gebogene Verbreiterung (*a*) am unteren Ende dient als Handhabe.

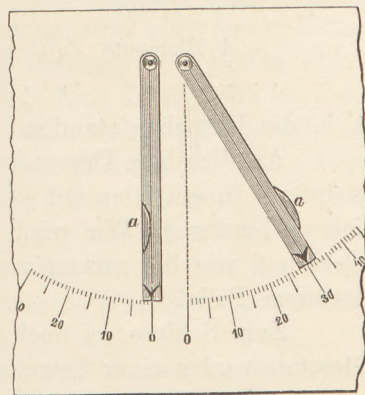


Fig. 4.

Beim geladenen Elektroskop stellt man den Zeiger so ein, dass der Schatten des Aluminiumblättchens auf die Mittellinie des Zeigers fällt. Da der Schatten des feinen Aluminiumblättchens sehr schwer sichtbar ist, wenn das Licht senkrecht zur Schwingungsebene auffällt, so muss entweder das Elektroskop etwas gedreht, oder das Ende der Blättchen am Rande etwas umgebogen werden, was aber sehr schwierig ist und leicht die sehr zarten Aluminiumstreifen verdirbt. Gelingt es aber, so sind die Ausschläge viel weiter sichtbar. Die Ruhelage der Blättchen ist durch einen roten Strich bezeichnet.

Die Graduierung des Apparates kann in derselben Weise geschehen wie bei Exner's Elektroskop: vermittelt einer Wasserbatterie von 200 kleinen Zn/Pt -Elementen (die wohl auch durch Zn/C -Elemente zu ersetzen sind).

Bei der Demonstration kann zunächst die Potentialdifferenz der einzelnen beschriebenen Elemente Zn/C , Zn/Cu , Zn/Pt , etc. gezeigt werden, und zwar zuerst in Wasser, dem einige Tropfen Schwefelsäure zugesetzt sind, und darauf in Chromsäurelösung. (Es empfiehlt sich, vier Reservegläschen vorrätig zu halten und nach Bedarf einzustellen. Beim Nichtgebrauch werden die Gläschen durch einen mit Vaselin eingeriebenen Kork verschlossen. Die Plattenpaare werden nach dem Gebrauch mit Wasser gut abgespült; das Zink ist natürlich soweit es eintaucht amalgamiert.) So erhielt ich bei einer Versuchsreihe für die Grösse des beiderseitigen Ausschlages die folgenden Zahlen:

	Zn/Pt	Zn/C	Zn/Cu	Cu/C
in verdünnter Schwefelsäure	31°	30°	17°	4°
in Chromsäurelösung	45°	45°	25°	6°.

Sehr anschaulich ist der Unterschied zwischen paralleler oder successiver Schaltung. Der Ausschlag war bei zwei Versuchsreihen:

	<i>a</i>	<i>b</i>
bei 1. Bunsen	72°	65°
bei 2. „ parallel geschaltet, ebenfalls	72°	65°
bei 2. „ hintereinander geschaltet, fast	90°, fast 90°.	

Entsprechend ergaben:

4 Elemente Zn/C , parallel, wie einzeln	45°
„ „ „ , hintereinander	90°,

d. h. die Blättchen standen horizontal!

An die obige Demonstration lässt sich folgende Denkaufgabe für die Schüler knüpfen: In ein Glas mit gesäuertem Wasser tauchen zwei Zn/C -Elemente ohne sich zu berühren. Wie wird die Wirkung dieses Doppel-Elementes sein bei paralleler, und wie bei successiver Schaltung? D. h. wächst die Potentialdifferenz in letzterem Falle?

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass durch Annäherung eines geriebenen Glasstabes oder einer Siegellaackstange leicht erkannt werden kann, ob das Elektroskop $+E$ oder $-E$ enthält. Damit wird direkt der Nachweis geführt, dass im äusseren Schliessungsbogen der positive Strom zum Zinke geht. Bei diesem Versuch ist aber Vorsicht nötig, da die zarten Aluminiumblättchen beschädigt werden können, wenn man eine Glasstange zu rasch nähert. Halte ich meinen (mit amalgamiertem Leder geriebenen) Flintglasstab 75 cm über die Condensatorplatte, so stehen die Blättchen schon fast horizontal.

Ein Wasser-Dilatometer.

Von

Dr. F. Poske in Berlin.

Die Thatsache, dass das Wasser bei der Erwärmung von 0° bis 4° C. eine Verminderung seines Volumens erleidet, ist in theoretischer wie in praktischer Hinsicht von so hohem Interesse, dass ein möglichst deutlicher und einwurfsfreier Nachweis dieser Thatsache im Unterricht nicht übergangen werden darf.

Das direkteste Mittel zur Demonstrierung der genannten Thatsache würde ein Wasserthermometer abgeben, d. h. ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss, an

welches ein enges Rohr angesetzt ist. Taucht man das Gefäß nacheinander in Wasser von 0° und von 4° , so tritt im zweiten Fall allerdings ein Sinken des Wassers in der Röhre ein, das aber zunächst nur in der Ausdehnung des Gefäßes seinen Grund hat. Wartet man, bis das Wasser im Innern gleichfalls auf 4° erwärmt ist, so wird immer noch eine Verminderung des Volumens sichtbar sein. Diese Verminderung ist aber auch noch kein Beweis für eine wirkliche Zusammenziehung des Wassers, da die gleiche Erscheinung auch eintreten würde, wenn irgend eine Flüssigkeit von geringerem Ausdehnungscoefficienten als Glas demselben Versuche unterworfen würde.

Es wird deswegen meist der indirekte Nachweis vorgezogen, der sich auf den Umstand gründet, dass das leichtere Wasser von 0° sich über dem schwereren Wasser von 4° lagert. Auch hiervon ist eine unmittelbare oder eine mittelbare Art der Demonstration möglich. Die erste besteht darin, dass man die Temperaturen in verschiedenen Schichten des Wassers selbst misst, wobei noch verschiedene Formen der Ausführung gewählt werden können. Die einfachste ist die, dass man ein Glasgefäß mit Wasser füllt, zerkleinertes Eis oder Schnee hineinbringt und die Temperaturänderungen am Boden des Gefäßes mit dem Thermometer verfolgt. Eine andere Form — einer Angabe Maxwells zufolge von Hope herrührend — ist folgende: man umgibt ein hohes Gefäß voll Wasser in der Mitte mit einer Kältemischung und beobachtet an zwei oben bezw. unten eingeführten Thermometern, dass das kältere Wasser anfänglich zu Boden sinkt, bei Temperaturen unterhalb 4° C. aber in die Höhe steigt. Eine dritte Form ist, dass man Wasser von 0° in einem Gefäß sich erwärmen lässt und die Temperaturen gleichzeitig nahe der Oberfläche und dicht am Boden beobachtet. Alle diese Versuchsformen haben, abgesehen von der langen Dauer, den Nachteil, dass die Thermometer-Ablesungen mit den gewöhnlich zur Verfügung stehenden Mitteln nicht gut objektiv sichtbar gemacht werden können, und dass die Genauigkeit der Beobachtung durch Erschütterungen und noch mehr durch äussere Wärmeinflüsse erheblich beeinträchtigt wird.

Unter den mittelbaren Arten, das Untersinken von Wasser von 4° unter solches von 0° zu demonstrieren, ist die von Weinhold angegebene wohl die vollkommenste¹⁾. Dieser benutzt eine Art Differential-Thermometer, aus zwei Gefässen bestehend, von denen das eine im oberen, das andere im unteren Teil einer auf 0° abgekühlten Wassermasse sich befindet; das Verbindungsrohr zwischen beiden Gefässen enthält eine gefärbte Flüssigkeit, deren Verschiebung den Sinn der Temperaturänderung in den Gefässen erkennen lässt. Die Handhabung erfordert grosse Umsicht und führt doch im günstigsten Fall nur zu dem Ergebnis, „dass das Wasser bei einer Temperatur, die etwas über 0° liegt, sein Dichtigkeitsmaximum hat“; es muss dann noch die Ablesung der Temperatur in dem Moment, wo die Verschiebung im Verbindungsrohr gleich Null ist, hinzutreten. Die störenden Einflüsse, welche von äusseren Wärmequellen herrühren, müssen auch hier mit Sorgfalt ferngehalten werden. — Andere mittelbare Formen des Nachweises ergeben sich aus der Anwendung eines justierten Schwimmers, der bei 0° sich am Boden befindet, beim Erwärmen in die Höhe steigt, und aus der Bestimmung des Gewichtsverlustes, welchen eine im Wasser aufgehängte Glaskugel bei verschiedenen Temperaturen erfährt; gegen beide aber spricht derselbe Grund wie gegen den

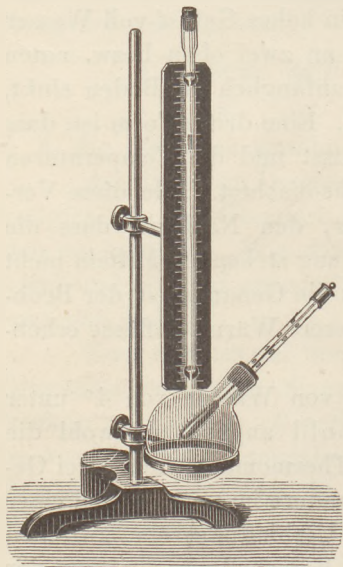
1) Weinhold, *Physikalische Demonstrationen* (2. Aufl.), S. 390.

anfangs angeführten direkten Nachweis, nämlich die blosse Relativität der Volumänderung mit Bezug auf die Ausdehnung des Glases.

Unter diesen Umständen verdient der direkte Nachweis mit dem Wasserthermometer, der ja an und für sich allen indirekten Methoden vorzuziehen sein würde, eine nochmalige Prüfung im Hinblick darauf, ob es möglich ist, ihn einwandfrei zu gestalten. Dies dürfte bei der nachstehend beschriebenen Form des Versuches zutreffen, bei welcher die Ausdehnung des Glases mit in Betracht gezogen werden kann²⁾. Diese Form schliesst sich eng an das Verfahren an, welches bei den mustergültigen Bestimmungen der Ausdehnungsconstanten des Wassers durch H. KOPP (*Pogg. Ann.*, Bd. 72) befolgt worden ist. Der benutzte Apparat ist, nach dem Vorgange von H. KOPP, als Dilatometer bezeichnet worden. Er unterscheidet sich von den für genaue Bestimmungen benutzten namentlich dadurch, dass die Temperatur des darin befindlichen Wassers jederzeit an einem direkt in den Apparat eingefügten Thermometer abgelesen werden kann.

Der Apparat wird hergestellt, indem an eine dickwandige Capillarröhre von etwa 24 cm Länge eine Hohlkugel von ungefähr 6 cm Durchmesser angeblasen und diese mit einem seitlichen Tubulus versehen wird. In den Tubulus wird mittels

Kautschukstopfens das Thermometer befestigt, dessen Teilung die Grade -10° bis $+30^{\circ}$ C. umfasst; die Länge des Thermometers ist so gewählt, dass sein Quecksilberbehälter ungefähr bis in die Mitte der Hohlkugel reicht, während sein Nullpunkt ausserhalb des Stopfens sichtbar ist. Das andere (obere) Ende der Capillarröhre ist zu einem kleineren cylindrischen Gefässe erweitert. Die Hohlkugel ruht auf einem ringförmigen Träger, der an einem Stativ angebracht ist; die Röhre ist überdies durch zwei Klemmfedern vor einer Skala befestigt, die eine Millimeterteilung von 20 cm Länge trägt und sich an demselben Stativ befindet.



$\frac{1}{5}$ nat. Gr.

Für den Gebrauch wird die Hohlkugel durch den Tubulus mit destilliertem Wasser gefüllt, welches durch vorhergehendes Auskochen möglichst luftfrei gemacht ist. Indem man darauf das Thermometer vorsichtig drehend einführt, bewirkt man, dass das Wasser durch die Capillarröhre in das Ansatzgefäss hinaufsteigt.

Die überschüssige Flüssigkeit wird erst kurz vor dem Versuch bis zu dem Maasse entfernt, dass die Röhre, deren Weite nachher angegeben werden wird, bei etwa 18° C. bis zu ihrem oberen Ende mit Wasser gefüllt ist. Um die Höhe des Wasserstandes in der Röhre auf grössere Entfernung sichtbar zu machen, wird auf das Wasser, ehe es sich von der Öffnung zurückzieht, ein Tropfen einer gefärbten Flüssigkeit gebracht. Am geeignetsten hat sich für diesen Zweck, nach mehrfachen Versuchen mit anderen Substanzen, Amylalkohol erwiesen, welcher durch Alkana roth gefärbt ist. Damit der sich bildende Faden dem Wasser gleichförmig folgt, ist möglichst vollkommene Reinheit der Röhrenwand erforder-

²⁾ Ein erster, nur in der Form des Stativs von dem hier beschriebenen abweichender Apparat war gelegentlich der Naturforscherversammlung in Berlin 1886 ausgestellt.

lich, die man meist schon durch wiederholtes Spülen mit Alkohol, schliesslich mit Äther erzielt. Nach dem Versuch wird der Tropfen von dem in das Ansatzgefäss wieder hinaufgestiegenen Wasser mittels Fliesspapiers wieder abgehoben.

Die Abkühlung des Apparates geschieht durch Eintauchen in ein Gemisch von Eis und Wasser. Befindet sich dieses in einem rechteckigen Trog, so gestattet es die Gestalt des gusseisernen Fusses, die Kugel nach Rückwärtsdrehung des sie tragenden Ringes unmittelbar in den Trog hinabzusenken. Man kann auch eine schwache Kältemischung verwenden, muss dabei aber sowohl eine zu rasche und darum ungleichmässige, als auch eine zu starke Abkühlung vermeiden. Bei strenger Winterkälte ist es das bequemste, das Wasser durch längeres Stehenlassen des Apparates in der kalten Luft bis auf 0° abzukühlen. Es kann dabei selbst eine Überkältung um mehrere Grade stattfinden, ohne dass das von Luft befreite Wasser gefriert. An dem überkälteten Wasser lässt sich überdies die interessante Thatsache der weiteren Ausdehnung des Wassers, die bekanntlich eine recht beträchtliche ist, beobachten. Die Höhe des Wassers bei 0° wird passenderweise durch einen auf der Skala verschiebbaren Zeiger markiert (in dessen Ermangelung genügt auch ein schmaler Streifen weissen, gummierten Papiers, der auf diese Stelle der Röhre geklebt wird); ein zweiter Zeiger dient dazu, die allmählich veränderte Höhe bei wachsender Temperatur zu bezeichnen.

Setzt man den Apparat darauf der Zimmerwärme aus, so lassen sich die Änderungen des Wasservolums im Laufe der Unterrichtsstunde leicht verfolgen und mit den gleichzeitigen Angaben des Quecksilberthermometers vergleichen. Von Grad zu Grad werden die Ablesungen gemacht und zu einer Tabelle zusammengestellt. Während dessen kann der Apparat, der den Vorzug hat, sich ohne Schädigung der Versuchsergebnisse hin- und hertragen zu lassen, wiederholt in der Klasse an verschiedenen Stellen demonstriert und das Ablesungsverfahren, wie die allmähliche Verschiebung des gefärbten Flüssigkeitsfadens, allen Schülern ganz nahe vor Augen gebracht werden. Die Angaben des Apparates haben bei öfterem Gebrauch eine sehr befriedigende Übereinstimmung gezeigt; es scheint, dass die Quecksilbermasse im Innern der Kugel wesentlich zu einer gleichförmigen Verteilung der Wärme durch die ganze Wassermenge beiträgt. Will man exakter verfahren, so kann man die Kugel in einen Trog senken, der mit Wasser von 4° (bzw. 6°) gefüllt ist, und die Ablesung nach geschehenem Temperatúrausgleich vornehmen, doch ist das Resultat von dem auf dem vorigen Wege erhaltenen nicht verschieden. Bei diesen Versuchen tritt, wegen der gleichzeitigen Ausdehnung des Glases, das relative Dichtigkeitsmaximum des Wassers bei etwa 6° ein. Die Abnahme des Volumens ist indessen von 4° bis 6° so gering, dass der Wasserstand zwischen diesen beiden Grenzen thatsächlich fast unverändert erscheint. Auch wird die bei 0° beobachtete Wasserhöhe, ebenfalls aus dem angegebenen Grunde, nicht zwischen 8° und 9° , sondern erst zwischen 11° und 12° wieder erreicht.

Eine gültige Folgerung auf die wirkliche Zusammenziehung des Wassers von 0° bis 4° lässt sich aus diesen Beobachtungen erst ableiten, wenn man die Ausdehnung des Glases in Rechnung zieht. Dazu ist ausser dem Ausdehnungscoefficienten des Glases (0,000024) der Rauminhalt des Gefässes und die Weite der Capillarröhre erforderlich. Den Inhalt der Kugel bestimmt man hinreichend genau durch Auswägung mit Wasser; er betrug an dem von mir benutzten Apparat 114,12 ccm (bei 4° C.). Die Weite der Capillarröhre findet man auf bekannte

Weise durch Wägung eines in ihr abgegrenzten Quecksilberfadens von gemessener Länge; der Durchmesser ergab sich in dem angegebenen Fall zu 0,69 mm. Aus diesen Daten berechnete sich wegen der Ausdehnung des Glases allein (d. h. wenn das Wasser sein Volumen zwischen 0° und 4° überhaupt nicht änderte) eine Verkürzung der Wassersäule zwischen 0° und 4° um 3 cm. Die beobachtete Verkürzung war mehr als 6 cm. Hieraus erst war zu schliessen, dass das Wasser von 0° bis 4° eine Zusammenziehung erfährt, die überdies ungefähr der Ausdehnung des Glases zwischen denselben Temperaturgrenzen gleich kommt. Die nötigen Rechnungen können bequem in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Ablesungen des Dilatometers vorgenommen werden.

Erst hierdurch tritt der Nachweis des Dichtigkeits-Maximums des Wassers in die Reihe der messenden Schulversuche und kommt als solcher den Schülern auf eine höchst eindringliche Weise zum Bewusstsein. Dass der eine oder der andere der anfangs erwähnten indirekten Nachweise bei der Wichtigkeit des Gegenstandes hinterher vorgeführt werden kann und nunmehr eine willkommene Anwendung der klar erkannten Grundthatsache bildet, bedarf kaum der Erwähnung. Von besonderem Werte aber erscheint es mir, dass auf diese Weise gleich im Anfang der Wärmelehre eine Anzahl von meist getrennt behandelten Vorgängen, wie die Ausdehnungserscheinungen fester und flüssiger Körper, in logische und methodische Verbindung mit einander gebracht werden. Erwünscht würde es sein, wenn zuvor nicht bloß die Thatsache der Ausdehnung, sondern auch der Betrag der Ausdehnung eines Glasstabes bei der Erwärmung anschaulich gemacht werden könnte. Als vorzüglich verwendbar für diesen Zweck erscheint der freilich kostspielige Fühlhebel-Apparat von Fuess (*Diese Ztschr. I, 134*).

Eine Controlle für den Wert des Ausdehnungscoefficienten des Glases lässt sich überdies aus dem Umstande gewinnen, dass die Höhe in der Röhre etwa bei $11\frac{1}{2}^\circ$ gleich derjenigen bei 0° ist. Die (scheinbare) Volumzunahme von 4° bis 0° ist nämlich gleich der Summe der Volumverminderung des Glases und der Volumvermehrung des Wassers, die Volumzunahme von 4° bis $11\frac{1}{2}^\circ$ dagegen gleich der Differenz zwischen der Volumvermehrung des Wassers und der Volumvermehrung des Glases. Setzt man beide einander gleich, so erhält man, wenn v_0^4 und $v_0^{11,5}$ die Volumänderungen des Wassers zwischen den bezeichneten Grenzen bedeuten, α der Ausdehnungscoefficient des Glases ist:

$$v_0^4 + 4\alpha = v_0^{11,5} - 7,5\alpha.$$

Nach den maassgebenden Messungen von Jolly sind nun die Werte $v_0^4 = 0,000126$, $v_0^{11,5} = \text{ca. } 0,000400$; hieraus folgt $\alpha = 0,000024$.

Schliesslich seien noch zwei weitere Versuche angeführt, die der beschriebene Apparat gestattet. Füllt man ihn mit Salzlösung, so lässt sich leicht zeigen, dass bei dieser das Dichtigkeitsmaximum tiefer rückt, und zwar um so mehr, je stärker der Salzgehalt ist. Stellt man den Apparat unter die Glocke der Luftpumpe, so kann man, nach möglichst vollkommener Entfernung der gelösten Luft, den Einfluss sichtbar machen, den die Aufhebung des Luftdruckes auf das Volumen der eingeschlossenen Wassermasse ausübt³⁾.

³⁾ Der Apparat wird in der oben abgebildeten Form in den mechanischen Werkstätten von Ferdinand Erneck in Berlin angefertigt.

Die Schwingkraft.

Von

Dr. A. Voss in Berlin.

1. In den Ableitungen der Grösse der Centripetalbeschleunigung, welche die Lehrbücher zu geben pflegen, lassen sich zwei wesentlich verschiedene Anschauungen unterscheiden.

Die erste ist kurz folgende: In Folge des Beharrungsvermögens, würde der materielle Punkt (Fig. 1) sich in der sehr kleinen Zeit τ von A nach B bewegen, er kommt aber nach D , in A wirkt daher eine nach C gerichtete Kraft auf ihn, vermöge welcher er in der Zeit τ die Strecke AE zurücklegen würde. Die Geschwindigkeit in A sei v , so ist $AB = ED = v\tau$ und $v^2\tau^2 = AE(2r - AE)$, also mit Vernachlässigung des Quadrats von AE

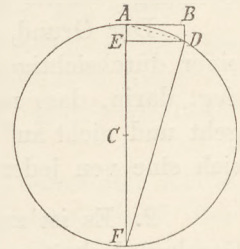


Fig. 1.

$$1) \dots \dots \dots AE = \frac{v^2\tau^2}{2r}.$$

Nun wird weiter geschlossen: Die nach C gerichtete Kraft ist eine continuierlich wirkende wie die Schwerkraft, AE ist der in τ Sek. zurückgelegte Weg, folglich ist — nach Analogie der Formel $s = \frac{1}{2}gt^2$ — die Beschleunigung

$$K = \frac{AE}{\frac{1}{2}\tau^2} = \frac{v^2}{r}.$$

Hiervon verschieden ist die zweite Art der Ableitung: Der Punkt durchläuft die mit den Bögen zusammenfallenden unendlich kleinen Sehnen αA , AD u. s. w. (Fig. 2); von A würde er nach dem Beharrungsgesetz in der Zeit τ nach B kommen, in A erhält er aber einen Impuls, der ihn in τ Sek. nach E führen würde (AE gleich und parallel BD), in Folge beider Bewegungen kommt er nach D . Es ist nun $AB = ED = v\tau$ und, da Dreieck ABD ähnlich ACD ist,

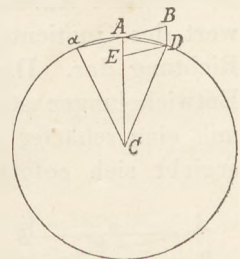


Fig. 2.

$$BD = \frac{AD^2}{AC},$$

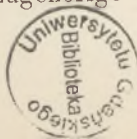
also

$$2) \dots \dots \dots AE = \frac{v^2\tau^2}{r}.$$

Nun wird AE in τ Sek. durchlaufen, also ist die Geschwindigkeit $AE/\tau = v^2\tau/r$, diese Geschwindigkeit wird aber in τ Sek. erzielt, also hat man in einer Sekunde die Geschwindigkeit v^2/r , d. h. die Beschleunigung ist v^2/r .

Vergleicht man beide Entwicklungen, so fällt zunächst die verschiedene Grösse von AE auf. AE ist doch beide Mal die von der Centrkraft bewirkte Komponente der Bewegung nach dem Mittelpunkt hin, trotzdem ist sie nach Formel 1) nur halb so gross wie nach Formel 2).

Überlegt man nun, welche Auffassung die richtige ist, so findet man, wie mir scheint, dass beide nur in gezwungener Weise zu dem richtigen Resultat führen. Die erste Entwicklung würde richtig sein, wenn die Beschleunigung, wie bei der Schwerkraft, während der Zeit τ von derselben Grösse und Richtung bliebe, das letztere ist aber nicht der Fall. Legt der Punkt in einer Sek. einen Bogen von v Metern zurück, so ist der zugehörige Winkel gleich v/r , in dem Zeittheilchen τ



wird also eine Richtungsänderung von $(v/r)\tau$ bewirkt, diese Grösse kann aber durchaus nicht vernachlässigt werden, da sie von derselben Ordnung wie AB ist. —

In der zweiten Entwicklung muss man dem Impuls eine gewisse Zeitdauer zusprechen, denn aus ihm soll eine stetig wirkende Kraft abgeleitet werden, ebenso muss die Geschwindigkeit, mit welcher infolge des Impulses AE durchlaufen wird, von Null anfangen; man müsste also um die Entwicklung einwandfrei durchzuführen, die Zeitdauer des Impulses von der Zeit τ unterscheiden und käme damit zu einer Untersuchung von unendlich kleinen Grössen verschiedener Ordnung, welche in dieser Form mindestens wenig übersichtlich ist.

Der Grund, aus welchem man nach den vorstehenden Methoden nicht zu einer durchsichtigen Analyse einer anscheinend so einfachen Bewegung gelangt, liegt darin, dass man, um die Beschleunigung zu erhalten, auf die Wege zurückgeht und nicht auf die Geschwindigkeiten. Geschieht das Letztere, so ergibt sich eine von jeder Künstlichkeit freie Art der Behandlung.

2. Es ist zunächst für die gradlinige Bewegung gelehrt worden: ist v_1 die Geschwindigkeit zur Zeit t_1 , v_2 die Geschwindigkeit zur Zeit t_2 , so ist $(v_2 - v_1)/(t_2 - t_1)$ die mittlere Zunahme der Geschwindigkeit und der Grenzwert dieses Quotienten die Beschleunigung in dem betrachteten Moment. Welches ist nun weiter die Beschleunigung, wenn die Geschwindigkeit nicht nur ihre Grösse, sondern auch ihre Richtung ändert? Die Beantwortung

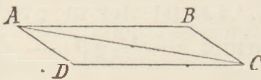


Fig. 3.

dieser Frage wird durch folgenden Grundsatz gegeben: Ist AB (Fig. 3) nach Grösse und Richtung die Geschwindigkeit zur Zeit t_1 , AC dieselbe zur Zeit t_2 , so ist

$$\frac{AD}{t_2 - t_1} = \frac{BC}{t_2 - t_1}$$

der mittlere Zuwachs der Geschwindigkeit nach Grösse und Richtung; der Grenzwert des Quotienten $AD/(t_2 - t_1)$ stellt also die Beschleunigung nach Grösse und Richtung dar. Diesem Grundsatz, der ja im Keime in allen hierher gehörenden Entwicklungen steckt, müsste meines Erachtens in den Darstellungen der Dynamik eine schärfer hervortretende, prinzipielle Stellung gegeben werden. Aus ihm ergibt sich sofort die Ermittlung der Geschwindigkeit in jedem Punkte der

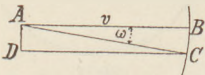


Fig. 4.

Wurfbewegung, welche ja vor der Kreisbewegung behandelt wird. Auch hier ändert die Geschwindigkeit ihre Richtung, da aber der Zuwachs der Geschwindigkeit stets nach derselben Richtung und proportional der Zeit erfolgt, so stellt die Diagonale des aus den Seiten c (Anfangsgeschwindigkeit) und gt gebildeten Parallelogramms die Grösse und Richtung der Geschwindigkeit zur Zeit t dar.

Ändert nun die Geschwindigkeit nur ihre Richtung ($AB = AC$, Fig. 4), so muss die Beschleunigung stets senkrecht zur jedesmaligen Geschwindigkeit sein, und umgekehrt: eine zur Geschwindigkeit (Tangente der Bahn) senkrechte Beschleunigung ändert nur die Richtung; ihre Grösse ist durch den Grenzwert von

$$\frac{AD}{t_2 - t_1} = \frac{v \omega}{t_2 - t_1}$$



Fig. 5.

gegeben. Ist die Richtungsänderung constant, so ist die Ermittlung des Grenzwertes sehr leicht: Bei der gleichförmigen Kreisbewegung

(Fig. 5) ist die Beschleunigung im Punkte *A* gleich dem Grenzwert von

$$\frac{BD}{t_2 - t_1} = \frac{v \omega}{t_2 - t_1}$$

ω ist die in der Zeit $t_2 - t_1$ stattfindende Richtungsänderung; da diese in einer Sekunde v/r ist, so folgt

$$\omega = \frac{v}{r} (t_2 - t_1)$$

und die Beschleunigung $= v^2/r$.

3. Bisher wurde ein gewisser gleichförmiger Bewegungszustand betrachtet; auf welche Weise der Körper in diese Bewegung versetzt worden ist, darüber ist noch nichts gesagt. Das Ergebnis lautet: Um die Masse m in einer gleichförmigen Kreisbewegung zu erhalten, ist eine nach dem Mittelpunkt gerichtete Kraft von der Grösse $m v^2/r$ nötig. Nach dieser Kraft werden wir uns nun bei den wirklichen Kreisbewegungen umsehen müssen.

a) Ein an einem mehr oder weniger elastischen Faden befestigter Körper bewegt sich im Kreise; man bemerkt eine Verlängerung des Fadens, durch diese ist eine bestimmte Spannung im Faden verursacht, welche die Bewegung erhält. Die durch die Grösse der Verlängerung bestimmte in Kilogrammen angebbare Kraft muss gleich $m v^2/r$ sein.

b) Ein an dem einen Ende längs der Achse beweglicher, in der Ruhelage halbkreisförmiger elastischer Streifen (Fig. 6) hat, in Rotation versetzt, die punktierte Lage angenommen. Auch hier sind durch die Deformation elastische Kräfte entwickelt, welche zur Achse senkrechte Componenten haben. Von der Existenz derselben überzeugt man sich leicht dadurch, dass man den Streifen auch in der Ruhelage durch entgegengesetzt gerichtete, etwa durch Ziehen mit der Hand hervorgebrachte Kräfte in der punktierten Lage im Gleichgewicht erhalten kann.

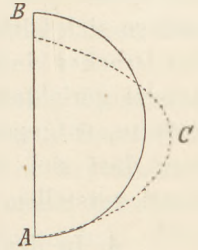


Fig. 6.

c) Bei dem an einem Schleifstein haftenden und im Kreise mitgeführten Wassertropfen ist es die Adhäsion, welche die Kreisbewegung erhält; um die Grösse der dazu nötigen Kraft wird die Adhäsion kleiner, um ebensoviel würde es also leichter sein, den Tropfen vom Steine zu entfernen. Ist die Adhäsion nicht mehr im Stande, den Tropfen in der geschwinder werdenden Kreisbewegung zu erhalten, so fliegt er nach dem Beharrungsgesetz tangential ab, die Grösse der Geschwindigkeit (v) des Abfliegens hängt von der Grösse der Adhäsion ab, ist letztere k , so hat man $k = m v^2/r$.

d) Ganz ähnlich verhält es sich mit einem Körper, der — der Einfachheit wegen am Äquator — die Drehung der Erde mitmacht; hier wird ein Teil des Zuges, welchen die Anziehungskraft der ruhenden Erde auf den Körper ausüben würde, zur Erhaltung der Kreisbewegung hergegeben.

e) Die Oberfläche einer in einem cylinderförmigen Gefäss rotierenden Flüssigkeitsmenge (Fig. 7) hat die Form einer Rotationsfläche angenommen; welches ist die Gestalt der Meridiankurve? Die auf das Teilchen *A* von den Nachbartheilchen ausgeübten Kräfte müssen die zur Erhaltung der Kreisbewegung nötige Kraft *AB* und die zur Überwindung der Schwere nötige Kraft *AC* hergeben, folglich müssen diese Kräfte eine Resultante von der Grösse und Richtung *AD* haben.

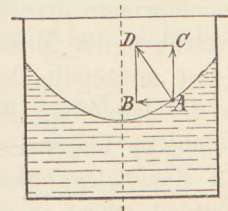


Fig. 7.

Nimmt man nun den Satz zu Hülfe, dass der auf ein Flüssigkeitsteilchen ausgeübte Druck im Gleichgewichtszustande immer senkrecht zur Oberfläche sein muss, so ist die Richtung des Kurvenelements in A als senkrecht zu AD , und dadurch die Natur der Kurve bestimmt.

f) Der Mond bewegt sich nahezu gleichförmig und im Kreise um die Erde, die zu dieser Bewegung nötige Centripetalbeschleunigung ist aus seiner Geschwindigkeit und aus seiner Entfernung von der Erde zu berechnen; als die Kraft, welche diese Beschleunigung bewirkt, hatte Newton die Anziehung der Erde erkannt und die Grösse derselben nach dem Attraktionsgesetz berechnet. Es ergab sich mit hinreichender Genauigkeit, dass die letztere in der That im Stande ist, dem Mond die erforderliche Centripetalbeschleunigung zu geben. —

In allen diesen Fällen ergeben die auf den Körper wirkenden Kräfte eine Resultante von der erforderlichen Grösse und Richtung. Man kann aber mathematisch die Sache noch anders ausdrücken. Statt zu sagen: Die Kräfte müssen eine bestimmte Resultante ergeben, kann man sagen: Die auf den Körper wirkenden Kräfte müssen mit einer der vorigen gleichen, aber entgegengesetzt gerichteten Kraft im Gleichgewicht stehen. Statt z. B. in (*d*) zu sagen: Die Anziehungskraft der Erde und der von der Oberfläche derselben gegen den Körper ausgeübte, entgegengesetzt gerichtete Druck müssen eine Resultante haben, welche den Körper in der Kreisbewegung erhält, kann man sagen: Die Anziehung, der Reaktionsdruck und eine der Centripetalkraft gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft müssen sich Gleichgewicht halten. Ebenso kann man in (*e*) die Richtung und Grösse des Druckes dadurch bestimmen, dass derselbe der Schwerkraft und der entgegengesetzt gerichteten Centripetalkraft das Gleichgewicht halten muss. Diese hinzugefügte, entgegengesetzt gerichtete Kraft pflegt man Centrifugalkraft zu nennen, man darf sich dieselbe aber nicht als eine wirklich auf den Körper wirkende Kraft vorstellen.

4. In den obigen Beispielen ist die Existenz der Centripetalkräfte nachgewiesen, es erübrigt noch, sich eine Vorstellung davon zu verschaffen, wie in einem System dadurch, dass es in Rotation versetzt wird, Deformationen entstehen, welche die obigen Kräfte verursachen. Denkt man sich in (*a*) der am Faden befestigten Masse plötzlich eine tangentiale Geschwindigkeit mitgeteilt, so würde sich die Masse nach dem Beharrungsgesetz, wenn sie frei wäre, tangential gleichförmig fortbewegen; hieran durch die Befestigung an dem Faden verhindert, wird sie zunächst eine zwischen Tangente und Kreis liegende Bahn durchlaufen und zwar so lange, bis die durch die Ausdehnung des Fadens bewirkte Spannung gleich $m v^2/r$ ist (v und r bedeuten die entsprechenden Grössen in diesem Zeitpunkt), denn jetzt ist eine gleichförmige Kreisbewegung möglich, da die Spannung gerade ausreicht, das Bestreben der Masse sich tangential zu entfernen, zu verhindern. Die ganze der Masse mitgeteilte lebendige Kraft zerlegt sich also in die Ausdehnungsarbeit und in die lebendige Kraft der Kreisbewegung. — Zum Schlusse sei noch auf Bewegungen hingewiesen, welche auch durch Rotation von Körpern entstehen, aber mit der Schwungkraft nichts zu thun haben. Ein auf einer rotierenden Stange gleitender Körper erhält von derselben in jedem Moment Geschwindigkeiten, vermöge deren er tangential fortfliegen würde, er kann diesem Streben aber nur folgen, soweit es der Zwang auf der Stange zu bleiben erlaubt.

Krystallisationsversuche.

Von

Professor Dr. E. Loew in Berlin.

Um im chemischen Unterricht die Bildung deutlich ausgebildeter Krystalle in möglichst kurzer Zeit vorzuführen, empfiehlt sich folgendes Verfahren. Man schmilzt in einem Reagensglase krystallisierten, gepulverten Kaliumaluminiumalaun in seinem Krystallwasser (Schmelzpunkt $92,5^\circ$), wobei derselbe je nach der Dauer der Wärmewirkung eine steigende Menge des Krystallwassers abgiebt¹⁾ und giesst zu der auf diese Weise erhaltenen Schmelzflüssigkeit ein gleiches Volum heissen Wassers. Nimmt man die Schmelzung des Alauns im Wasserbade vor, so lässt sich die Temperatur annähernd genau einhalten; doch gelingt der Versuch ebenso, wenn man das den Alaun enthaltende Reagensglas direkt über der Gasflamme erhitzt und fortgesetzt neue Mengen von gepulverter Substanz hinzufügt. Die durch Vermischung des geschmolzenen Alauns und des heissen Wassers entstandene Flüssigkeit setzt beim Erkalten rasch schöne oktaëdrische Krystalle ab. Nimmt man Wasser von gewöhnlicher Temperatur, so erfolgt die Krystallausscheidung schneller, aber die erhaltenen Krystalle sind weniger deutlich; auch durch Verminderung des zugesetzten Quantum von heissem Wasser lässt sich die Krystallbildung beschleunigen. Das beschriebene Verfahren führt in kürzerer Zeit zum Ziele als das Abkühlenlassen einer auf gewöhnlichem Wege hergestellten, gesättigten Alaunlösung, so dass es sich bequem während einer Unterrichtsstunde ausführen lässt.

Die durch Schmelzung von krystallisiertem Alaun hergestellte Flüssigkeit lässt sich noch zu einem zweiten Krystallisationsversuch verwenden. Lässt man dieselbe, ohne sie mit Wasser zu vermischen, langsam erkalten, so krystallisiert sie bekanntermaassen nicht, sondern erstarrt zu einer durchscheinenden, amorphen, stearinähnlichen Masse, welche teilweise ihr Krystallwasser verloren hat. Fügt man nach dem Erkalten eine geringe Quantität von Wasser hinzu, so nimmt sie das fehlende Krystallwasser unter Erwärmung und Volumvergrösserung wieder auf, wobei das die Masse enthaltende Gefäss zersprengt wird. Der Versuch erläutert somit die Erscheinungen, welche entwässerte Salze bei Wiederaufnahme des Krystallwassers darbieten, und kann in mehrfacher Weise abgeändert werden. Um ferner zu zeigen, dass analog zusammengesetzte, isomorphe Verbindungen unter Umständen in ihren Krystallisationsbedingungen sich verschieden verhalten, kann man neben der Schmelzung von gewöhnlichem Alaun auch eine solche mit Kaliumchromalaun vornehmen; die violetten Krystalle desselben ergeben dabei eine grüne Lösung, welche jedoch nicht wie die des gewöhnlichen Alauns beim Erkalten zu einer amorphen Masse erstarrt, sondern flüssig bleibt und erst nach wochenlangem Stehen Krystalle ausscheidet.

Zu den bekannten, in den Lehrbüchern beschriebenen Experimenten mit übersättigten Salzlösungen wird gewöhnlich unterschwefligsaures Natron, schwefelsaures Natron oder essigsäures Natron benutzt. Besonders letzteres Salz ist für schnelle Herstellung (Schmelzung der Krystalle unter Zufügung einer geringen Wassermenge, Schliessung des Gefässes vor dem Erkalten durch einen Baumwollepfropf) einer geeigneten Lösung sehr bequem. In der Regel wird der wichtige Nachweis unterlassen, dass Krystalle von abweichender Constitution, z. B. ein in die Lösung des essigsäuren Natrons eingeworfener Kupfervitriolkrystall,

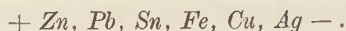
die Krystallisation nicht herbeiführen. Um weiter zu zeigen, dass nur bei direkter Berührung mit dem betreffenden Krystall das Festwerden der übersättigten Lösung eintritt, überzieht man einen Krystall z. B. von essigsauerm Natron mit einer dünnen, undurchdringlichen Schicht, indem man ihn kurze Zeit in geschmolzenes Paraffin eintaucht, und wirft dann den allseitig mit erstarrtem Paraffin überzogenen Krystall in die übersättigte Lösung. Operiert man unter der notwendigen Rücksicht darauf, dass der Oberfläche der Paraffinschicht nicht die geringste Spur von Teilchen des essigsaueren Natrons anhaften darf, so ruft der eingeworfene, mit Paraffin überzogene Krystall keine Erstarrung der übersättigten Lösung hervor. Man muss sich vor allem hüten, den Krystall mit Fingern zu berühren, die vorher mit essigsauerm Natron in Berührung waren, und verfährt am besten so, dass man zunächst einen vollkommen reinen Glasstab an einem Ende mit Paraffin überzieht, dann den Krystall, ohne ihn mit den Fingern zu berühren, an dem noch weichen Paraffin zum Anhaften bringt und schliesslich mittels des Glasstabes in das geschmolzene Paraffin taucht. Man führt dann entweder den am Glasstabe feststehenden Krystall in die übersättigte Lösung ein oder stösst ihn vorsichtig mit Hilfe eines zweiten Glasstabes los. Schüttelt man nach dem Einwerfen des mit Paraffin überzogenen Krystalls die Lösung des essigsaueren Natrons derartig hin und her, dass der Krystall an den Wänden des Gefässes sich reibt, so tritt die Krystallisation sofort ein, weil durch das Reiben die Paraffinschicht stellenweise abgeschleudert wird. Blosses Schütteln ohne Gegenwart eines Krystalls führt bei Beachtung der bekannten Vorsichtsmaassregeln (Abhaltung fester Krystallpartikelchen vom Innern des Glasgefässes, sowie Anwendung reiner Baumwolle) keine Krystallisation herbei. Um endlich die Temperatursteigerung im Moment des Festwerdens der übersättigten Lösung zu zeigen, empfiehlt schon Gernez die Anwendung einer engen, am Ende zugeschmolzenen, mit einer Farbstofflösung angefüllten Glasröhre, welche in die Lösung eintaucht und beim Einwerfen des Krystalls durch Steigen der in ihr enthaltenen Flüssigkeit die Erwärmung aus der Entfernung sichtbar macht. Die beschriebenen Versuche eignen sich auch für die Ausführung durch Schüler im Laboratoriumsunterricht, da dieselben nur sehr einfache äussere Hilfsmittel, aber ein recht vorsichtiges Experimentieren erfordern.

Zusammenstellung der wichtigsten Versuche über Kontaktelektrisierung.

Von

Dr. G. Jaumann in Prag.

1. Ungleiche Metalle, welche mit einander in Berührung gehalten werden, weisen bekanntlich ungleiche Potentiale auf. Diese Kontaktpotentialdifferenzen sind je nach der Natur der Probemetalle verschieden, und zwar innerhalb der Grenzen 0 und 1 Volt. Volta (1802) ordnet danach die gebräuchlichsten Metalle in die Spannungsreihe:



Jedes in dieser Reihe vorangehende Metall wird bei der Berührung mit einem der folgenden Metalle positiv elektrisiert und zwar zu einer Potentialdifferenz, welche um so grösser ist, je weiter die Metalle in der Reihe von einander abstehen.

1) Vgl. J. Juttke: Über die Bindung des Krystallwassers in einigen Alaunen. Inaug.-Diss. Berlin 1887.

Zur bequemen Orientierung über den ungefähren absoluten Wert dieser Spannungen sollen gleich hier einige von Ayrton und Perry (1880) gegebene Zahlen Platz finden. Jede derselben bedeutet die Kontaktpotentialdifferenz in Volt, welche man durch Combination derjenigen zwei Metalle erhält, welche den Zeilen- und Colontentitel der folgenden Tabelle bilden:

	Zn	Pb	Sn	Fe	Cu	Pt
Zn	0					
Pb	0,21	0				
Sn	0,28	0,10	0			
Fe	0,60	0,40	0,31	0		
Cu	0,75	0,54	0,46	0,15	0	
Pt	0,98	0,77	0,69	0,37	0,24	0

Ich habe die angeführten Messungen hier bevorzugt, weil sie umfangreich und neu sind. Auf die volle Verlässlichkeit dieser Zahlen kommt es nämlich nicht an. Aus dem Folgenden wird ersichtlich werden, dass es streng genommen überhaupt nicht möglich ist, das Contactphänomen in einer zweidimensionalen Tabelle ausreichend zu beschreiben.

Die ausgezeichnete Einfachheit gerade dieses unter seinen Experimenten, des Fundamentalversuches, rechtfertigt es, dass Volta dasselbe für grundlegend hielt. So entstand die noch heute von vielen Seiten festgehaltene Anschauung: die blosse Berührung heterogener Körper wirke elektromotorisch bis zu einer durch die Natur derselben bestimmten Potentialdifferenz.

Volta wusste bereits, dass hierzu nicht einmal die unmittelbare Berührung erforderlich sei. Zwei Metalle M_1 und M_2 nehmen bei direkter Berührung dieselbe Potentialdifferenz (Zeichen: M_1/M_2) an, welche sie aufweisen, wenn man sie durch ein drittes Stück eines beliebigen Metalles M_3 verbindet. Die Existenz der Kontaktelektrisierung zugegeben, erkennt man leicht, dass man es im zweiten Falle mit zwei an den Berührungsstellen auftretenden Potentialsprüngen M_1/M_3 und M_3/M_2 zu thun habe, und dass der gleiche Ausfall des zweiten und des ersten Experimentes die Bedeutung habe:

$$M_1/M_2 = M_1/M_3 + M_3/M_2.$$

Es ist dies das Volta'sche Spannungsgesetz. Dasselbe ist der direkten experimentellen Bestätigung zugänglich, und diese wurde schon durch Volta selbst, allerdings nur in erster Annäherung, durch folgende Verhältniszahlen gegeben:

$$\begin{array}{l|l} Zn/Pb = 5 & Cu/Ag = 1 \\ Pb/Sn = 1 & Zn/Ag = 12 \\ Sn/Fe = 3 & Sn/Cu = 5 \\ Fe/Cu = 2 & Zn/Fe = 9 \text{ 1) } \end{array}$$

Die in der zweiten Colonne mitgetheilten Zahlen lassen sich nach dem Spannungsgesetz aus den Zahlen der ersten Colonne berechnen. So soll z. B. die Summe dieser fünf Zahlen gleich der rechtsstehenden Zahl Zn/Ag sein, und sie ist es nach Volta auch. Die ungefähre Gültigkeit des Spannungsgesetzes ist demnach als zweite experimentelle Thatsache dieses Capitels hinzunehmen.

Volta schon, namentlich aber seine Nachfolger, berufen sich nun auf ein Experiment, welches, allerdings nur vom Standpunkt der Contacttheorie, die exakte Gültigkeit des Spannungsgesetzes fordert. Innerhalb eines aus drei Metallen $M_1 M_2 M_3$ gebildeten geschlossenen Ringes kann kein Strom auftreten, es müsste denn ein immerwährender Strom sein. Seine Ursache würde sich nämlich, als ein durch Contactwirkung hergestelltes Potentialgefälle, in immer gleicher Weise wieder herstellen. Es ist also zweifellos, dass

1) Vergl. G. Wiedemann, *El. u. Magn.*, I, 238, 251; II 970.

jedes Metall M in seiner ganzen Masse auf constantem Potential V befindlich ist. Die identische Gleichung:

$$(V_1 - V_2) = (V_1 - V_3) + (V_3 - V_2)$$

liefert dann das genaue Spannungsgesetz.

Betrachtungen ganz ähnlicher Art stützen die wichtigsten physikalischen Gesetze. Diesen darf sich das Spannungsgesetz nicht zuzählen, weil die experimentelle Grundlage desselben nicht zweifellos richtig aufgefasst ist. Ich mache, um ein bestimmtes Beispiel zu haben, auf die Ähnlichkeit der angeführten Beweisführung mit der Ableitung des Prinzips der schiefen Ebene durch Stevin²⁾ aufmerksam. Stevin befindet sich sehr bedeutend im Vorteil gegen Volta. Er hat es nämlich mit dem unzweifelhaften Fallbestreben der Kette zu thun, von welcher er weiss, dass sie nicht von selbst und immerwährend rotiert, Volta hingegen mit den bloss vorausgesetzten Kontaktwirkungen seines Ringes. Es macht danach das Spannungsgesetz nicht eigentlich den Eindruck einer Errungenschaft der Kontakttheorie, als vielmehr den einer durch dieselbe geforderten Annahme.

Die genaue Gültigkeit dieses Gesetzes ist nämlich bis heute noch nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Die Arbeiten der unmittelbaren Nachfolger Volta's (Seebeck (1822), Rosenschöld (1835), Pfaff (1840), Pécelet (1841)) beschränken sich auf die Bestätigung des Fundamentalversuchs und die Erweiterung der Spannungsreihe. Die günstige Aufnahme, welche die Kontakttheorie gefunden hat, veranlasste dann weiter bis in die neueste Zeit viele Beobachter, das Spannungsgesetz als etwas Selbstverständliches sogar der Berechnung ihrer Versuche zu Grunde zu legen. Einen Versuch zur Verifizierung des Gesetzes machte R. Kohlrausch (1853). Er bestimmt die Kontaktpotentiale von Zn gegen Cu , Ag , Au , Pt und Fe , und berechnet daraus die Potentiale für Fe in Berührung mit Cu , Ag , Au , Pt , welche er ebenfalls misst. Er erhält so:

	Fe/Cu	Fe/Ag	Fe/Au	Fe/Pt
beobachtet:	31,9	29,8	39,7	32,3
berechnet:	25,3	30,9	38,0	32,3

Die Übereinstimmung ist desto schlechter, je oxydierbarer das Versuchsmetall ist. Im Ganzen sprechen diese Zahlen nicht sehr zu Gunsten der Volta'schen Auffassung. Dieselbe ist in ihrer ursprünglichen Form seit 1853 verlassen. Kohlrausch selbst wies einen Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit der Probenmetalle nach. Mit der Berücksichtigung einer hypothetischen Kontaktkraft zwischen den Metallen und ihren Oxydhüllen gelang es darauf, das Spannungsgesetz der experimentellen Bestätigung unzugänglich zu machen und damit die Kontakttheorie noch weiter mit dem Experiment im Einklang zu halten. Dieselbe hatte jedoch damit ihre einfache, von Volta überkommene Form eingebüsst.

2. Der Volta'sche Fundamentalversuch gelingt in der beschriebenen Weise nur mit Metallen. Isolatoren elektrisieren sich (oder Metalle) durch Berührung (ohne Reibung) nicht. Es liegen nur vereinzelte und nicht einwurfsfreie Beobachtungen vor, welche das Gegenteil darthun sollen (Fechner 1829, Jos. Thomson 1876, Ayrton und Perry 1878).

Nichtmetallische Leiter hingegen weisen bei der Berührung mit einander oder mit Metallen oft sehr beträchtliche Potentialdifferenzen auf. Diese Erscheinung, welche ungleich wichtiger ist, als die Kontaktelektrisierung zweier Metalle, ist wesentlich verschieden von letzterer, wie schon Volta erkannte. Nichtmetallische Leiter (Leiter zweiter Ordnung) lassen sich nämlich nicht in die Spannungsreihe einordnen. Ein geschlossener leitender Ring kann thatsächlich einen immerwährenden Strom liefern, so lange ein Leiter zweiter Ordnung eingeschaltet ist. Innerhalb des Ringes entspricht diesem Strom eine ebenso andauernde chemische Reaktion.

Die Auffassung, welche Volta und seine ersten Nachfolger sich hiervon bildeten,

²⁾ E. Mach, Die Mechanik, 1883, S. 10.

war eine eigentümliche und ist uns deshalb unverständlich, weil das Bewusstsein der Erhaltung der Energie unsere sämtlichen physikalischen Vorstellungen durchdringt, Volta aber und den meisten seiner Zeitgenossen durchaus nicht im Gefühle lag. Die Ursache des Stromes sollte lediglich der Umstand sein, dass der Leiter zweiter Ordnung im Stromkreise dem Spannungsgesetz nicht gehorche. Die chemischen Veränderungen im Element sollten eine sekundäre Wirkung der Kontaktelektrisierungen innerhalb desselben sein.

Die Erkenntnis, dass diese elektromotorischen Vorgänge ihrem Wesen nach eine Verwandlung von Chemismus in elektrische Energie seien, liess einige Jahrzehnte auf sich warten. Davy (1826) war der Erste, welcher einen wesentlichen Anteil der chemischen Prozesse im Stromkreis an der Strombildung voraussetzte. Faraday (1834, 1843) erkannte den chemischen Process im Element als mitwirkende Ursache des Stromes, welcher seine Richtung ändert, wenn die chemische Thätigkeit in der Zelle entgegengesetzt abläuft. De la Rive (1836) behauptete die Proportionalität zwischen der chemischen Thätigkeit in der Zelle und ihrer elektromotorischen Kraft. Becquerel (1849) und Gauguain (1854) bezeichneten die chemische Verbindung als Ursache der Elektrizitätsentwicklung.

Neben der mehr und mehr sich befestigenden Ansicht von der Möglichkeit einer direkten Umsetzung von potentieller chemischer in potentielle elektrische Energie erhielt sich aber die Annahme der Elektrisierung durch blosse Berührung, und Helmholtz selbst war es, welcher diese Annahme mit dem Prinzip der Erhaltung der Energie in Einklang zu bringen suchte. Er erklärte die Kontaktelektrisierung als Arbeitsleistung der Differenz der nach der Natur der sich berührenden Körper verschiedenen Anziehung des elektrischen Fluidums durch ihre Masse.

Dieser Hypothese stellte De la Rive (1853) die Behauptung entgegen, das Volta'sche Phänomen sei eine Elektrisierung durch chemische Prozesse, und zwar durch Oxydationen, welche entweder durch die auf den Metalloberflächen niedergeschlagenen Wasserschichten, oder durch den Sauerstoff der Luft eingeleitet werden. Er sieht zwischen einem Volta'schen Condensator und einem Element keinen wesentlichen Unterschied. Die Spannungsreihe muss danach mit der Reihe der Oxydationsfähigkeit der Metalle zusammenfallen und zwar so, dass die leichten Metalle das positive, die Edelmetalle das negative Ende derselben bilden, wie dies thatsächlich zutrifft.

Diese chemische Theorie des Fundamentalversuches fand keine gute Aufnahme. Indess ist alles, was man damals gegen dieselbe aufzuführen wusste, in neuerer Zeit zu ihren Gunsten entschieden worden. So stehen den alten Versuchen von Pfaff, welcher einen Einfluss der Natur der Atmosphäre, welche die Probepplatten umgibt, leugnet, während doch ein solcher nach De la Rive zu erwarten wäre, neuere Versuche von J. Brown (1879, 1887) entgegen³⁾, welche in Übereinstimmung mit der chemischen Theorie diesen Einfluss constatieren. Die Potentialdifferenzen Zn/Cu , Zn/Fe , Cu/Fe und Ag/Fe wechseln sogar das Vorzeichen, wenn man den Versuch statt in Luft in einer Schwefelwasserstoffatmosphäre vornimmt. Dasselbe tritt ein für Cu/Ni in Chlorwasserstoff und Ammoniak.

3. Zur selben Zeit, zu welcher De la Rive das Zusammenfallen der Spannungs- und der Oxydationsreihe erkannte und der Atmosphäre, welche die Kontaktmetalle umgibt, einen wesentlichen Einfluss zuschrieb, wurden auch die Kontakttheoretiker, und zwar auf experimentellem Wege, einem ganz ähnlichen Schlusse entgegengeführt. Sie constatirten zwar nicht einen Einfluss der Atmosphäre, in welcher sich die Probemetalle während des Versuches befinden, erkannten aber eine wichtige Wirkung der Atmosphäre, in welcher dieselben sich vor dem Versuch befunden haben.

Es wurde bereits mitgeteilt, dass R. Kohlrausch (1853) das Spannungsgesetz nicht bestätigt fand für stärker oxydierbare Metalle. Es führte ihn dies zur Erkenntnis des wesentlichen Einflusses der dünnen Oxydschichten, welche diese Metalle stets bedecken,

³⁾ Vergl. den Bericht in dieser Zeitschr., Jahrg. I, S. 220.

und es gelang ihm, denselben direkt nachzuweisen. Er fand, dass eine oxydierte Zinkplatte gegen eine frisch gereinigte sich negativ verhalte, und dass die Potentialdifferenz dieser zwei Platten $-0,4 \text{ Zn/Cu}$ erreichen könne. Ähnliche Messungen stellten Hankel (1861, 1865), Gerland (1868), Clifton (1877) und Pellat (1880) an.

Eine eigentlich bestimmte Form gewann die Anschauung der Kontakttheoretiker über diesen Punkt erst, nachdem durch Fr. Exner (1879) von Seiten der chemischen Theorie auf diese Oberflächenschichten aufmerksam gemacht worden war. Pellat (1880) nimmt kontaktelektromotorische Kräfte zwischen den Oxydschichten und ihren Metallen an. Es wird damit der Volta'sche Condensator zu einem viel complicierteren System, in welchem nicht einer, sondern drei Potentialsprünge stattfinden. Die Volta'sche Spannung Zn/Cu zerfällt danach in die Summe: $\text{ZnO/Zn} + \text{Zn/Cu} + \text{Cu/CuO}$.

Diese Annahme, ohne welche sich die Kontakttheorie nicht mehr halten kann, scheint gleichzeitig der erste Schritt zur Vereinbarung derselben mit der chemischen Theorie zu sein. Die zwei elektromotorischen Kräfte $\text{ZnO/Zn} + \text{Cu/CuO}$ werden auch durch die chemische Theorie (Exner), wenngleich von anderem Gesichtspunkt aus, gefordert. Der Streit dreht sich also zunächst um die Zulässigkeit der Potentialdifferenz Zn/Cu .

Exner macht nun mit Recht darauf aufmerksam, dass die Annahme dieser Potentialdifferenz mit der Auffindung der beiden anderen auch für die Kontakttheoretiker vollkommen unnötig wird. Es gilt dies nun gerade für den Fundamentalversuch, und dieser ist das einzige Experiment, welches im früheren Stadium der Untersuchung eine Potentialdifferenz (Zn/Cu) an der Grenzfläche zweier in wirklichem Contact stehenden Metalle zu fordern schien. Es verliert somit die Annahme dieser Potentialdifferenz jede experimentelle Grundlage. Selbst für die Kontakttheorie, so weit sich dieselbe damit noch zu halten weiss, spielt diese Annahme keine andere Rolle als die eines historischen Überbleibfels.

Besonders vereinfacht wird durch das Aufgeben derselben die Theorie des galvanischen Elementes. Hier steht die Kontakttheorie mit der chemischen Theorie insofern in Widerspruch, als sie Potentialdifferenzen auch an Berührungsflächen annimmt, in welchen keine chemische Wirkung auftritt. In diesem Fall kann durch das Experiment mit Leichtigkeit eine Entscheidung getroffen werden. Im Smee'schen Element zum Beispiel soll nach der Kontakttheorie zwischen Pt und H_2O ein Potentialsprung stattfinden. R. Kohlrausch, Gerland, Ayrton und Perry behaupteten auch einen solchen gefunden zu haben. Indess liess sich nachweisen, dass ihre Aufstellungen nur vom Standpunkt der Kontakttheorie aus fehlerfrei, vom Standpunkt der chemischen Theorie hingegen unzulässig waren. Im Gegensatz hierzu giebt Fr. Exner (1880) an, dass Pt und H_2O zu einem Volta'schen Condensator combinirt die Potentialdifferenz 0 liefern. Er operierte mit einer Aufstellung, bei welcher $1/72$ Daniell seiner Beobachtung nicht hätte entgehen können, und welche nach beiden Theorien einwurfsfrei ist. Seither ist dieses Resultat durch S. Pagliani (1886) bestätigt worden.

4. Die zahlreichen Potentialdifferenzen, welche die Kontakttheorie an den Berührungsflächen eines Systems von Leitern erster Ordnung annimmt (nach dem Vorigen: ohne dazu genötigt zu sein) geben von einem solchen System in elektrischer Beziehung ein sehr viel anderes Bild, als man es vom Standpunkt der chemischen Theorie erhält. Es ist kein Zweifel, dass solche in dem allen Anscheines energielosen metallischen Complex verborgenen Energieen sich auf die Dauer nicht als blossе Phantasiegebilde halten können. Sollen sie vorhanden sein, so muss man sie nachweisen können. Die gewöhnlich zu Messungen verwandten Aufstellungen sind nach keiner Richtung hin als beweiskräftig zu verwenden.

In dieser Hinsicht entscheidende Versuche wurden durch Fr. Exner (1880—1887) angestellt. Ein isolirtes, vorher abgeleitetes⁴⁾ Metallstück M_1 kann nach der Kontakt-

⁴⁾ Die Erdleitung ist als dünner Draht zu denken, so dass die Capacität von M_1 und M_2 durch das Anlegen und Abheben derselben nicht geändert wird.

theorie nicht das Potential Null (das Potential der Erde und der Zimmerwände) aufweisen. Es müsste also geladen sein. Diese Ladung liesse sich jedoch durch Mitteilung auf ein zweites (vorher abgeleitetes) Metallstück M_2 deshalb nicht übertragen, weil auch dieses bei der Ableitung bereits entsprechend seiner Stellung in der Spannungsreihe elektrisiert wurde, so dass bei der direkten Berührung von M_1 und M_2 keine Elektrizitätsbewegung mehr eintreten kann. Anders aber, wenn man nach der Ableitung die Capacität eines der isolierten Metallstücke vergrössert. Es würde damit sein Potential sinken, und es wäre dann befähigt, sich durch Mitteilung an dem zweiten Stück zu laden.

Der Effekt einer solchen Neuverteilung ist von Exner auf folgende Art beobachtet worden. Er operiert mit vier Metallkörpern: der Erdleitung E , dem Versuchskörper M_1 , dem Messquadranten des Elektrometers M_2 und einem Faraday'schen Würfel F , welcher den Versuchsraum umschliesst und äussere elektrische Einflüsse abhält. Der Versuchskörper M_1 besteht aus zwei Platten aus demselben Metall, welche sich von einander abheben lassen und dabei durch einen Draht (aus gleichem Metall) verbunden bleiben. Das Abheben erhöht die Capacität von M_1 etwa auf das Doppelte und hat sonst keine Wirkung.

Die Erdleitung E hat (und behält während des Versuches der sehr grossen Capacität wegen, welche an ihr hängt) das Potential V_0 (nach der chemischen Theorie = Null). Man verbindet zunächst den Würfel F mit ihr. Er nimmt je nach dem Metall von E und F das Potential φ_0 (n. d. chem. Th. = Null) an. Nun leitet man innerhalb desselben den Messquadranten M_2 und das Plattenpaar M_1 (in geschlossenem Zustand) ab. Ersterer nimmt das Potential V_2 (= 0, chem. Th.), letzteres das Potential V_1 (= 0, chem. Th.) an. Bereitet man nun die Messung vor, indem man M_1 und M_2 verbindet, so findet dabei keine Elektrizitätsbewegung statt, weil die Potentialdifferenz $V_1 - V_2$ (= 0, chem. Th.) gerade die Kontaktspannung der zwei Metalle M_1 und M_2 ist. M_1 hat dabei eine der Potentialdifferenz $V_1 - \varphi_0$ (= 0, chem. Th.) entsprechende Ladung.

Man liest den Stand der Elektrometernadel ab und gewinnt damit eine Marke für das Potential V_2 des Messquadranten. Hebt man nun die Platten M_1 auseinander, so sinkt damit das Potential derselben von V_1 auf v_1 . Es veranlasst dies einen Elektrizitätszufluss von dem Messquadranten her, wodurch dessen Potential auf v_2 sinkt. Es bleibt nach der Kontakttheorie $v_1 - v_2 = V_1 - V_2$.

Die Potentialänderung ($V_2 - v_2$) des Messquadranten hätte sich, wäre sie vorhanden gewesen, ablesen lassen und zwar der gewählten Aufstellung nach 10 bis 15 Skalenteile betragen. Exner constatirt das vollständige Ausbleiben dieses Ausschlages. Es fand also bei der Capacitätsvergrösserung von M_1 keine Neuverteilung statt, die Ladung von M_1 und also die Potentialdifferenz ($V_1 - \varphi_0$) war gleich Null.

Exner operierte mit Versuchskörpern M_1 aus Kohle, Kupfer, Eisen und Zink mit gleichem Erfolg. Alle diese Körper haben somit gegen den Faraday'schen Würfel (welcher aus verrostetem Eisen bestand), also auch untereinander keine Kontaktpotentialdifferenz. Es existieren also überhaupt keine Kontaktpotentialdifferenzen.

Der eben beschriebene Versuch ist das Experimentum crucis und entscheidet gegen die Kontakttheorie. Dass kein Aufstellungsfehler⁵⁾ vorhanden war, erhellt schon daraus, dass man bei diesem Versuch einen vollkommen der Rechnung entsprechenden Ausschlag erhält, wenn man nur vorher (durch Zwischenschaltung eines Elementes) eine Potentialdifferenz zwischen M_1 und M_2 , wie sie nach der Kontakttheorie von selbst vorhanden sein sollte, einführt.

5. Eine kurze Übersicht der Fortschritte der chemischen Theorie in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurde oben gegeben. Ich darf nicht vergessen, die elektrolytischen Gesetze Faraday's zu erwähnen, welche zu den einfachsten und sichersten unserer Erkenntnisse gehören, und einen innigen Zusammenhang zwischen dem Stromvorgang und den chemischen Veränderungen im Stromkreis darthun.

Aus einer Erweiterung dieser Gesetze auf elektromotorische Zersetzungszellen im

⁵⁾ Ein Einwurf von W. Hallwachs wurde durch Exner widerlegt.

Stromkreis lässt sich das experimentell bereits gut bestätigte, gewöhnlich nach W. Thomson benannte Gesetz ableiten, dass die in einer Reaktionsfläche auftretende elektromotorische Kraft je nach der Natur der entstehenden Verbindung verschieden und zwar proportional ist der Wärmetönung derselben, d. i. dem Produkt aus der Verbindungswärme pro Gramm in das Äquivalentgewicht der Verbindung.

Die durch den Volta'schen Versuch nachgewiesene Potentialdifferenz setzt sich zusammen aus den zwei zwischen den Probemetallen und ihren Oxydschichten während der Oxydation auftretenden elektromotorischen Kräften ($ZnO/Zn + Cu/CuO$). Fr. Exner zeigt nun weiter, dass sich von der chemischen Theorie nach dem eben erwähnten Gesetze die absolute Grösse einer solchen Potentialdifferenz voraussagen lasse. Dieselbe muss sich nämlich zu einem Daniell verhalten, wie die Wärmetönung des Metalloxydes zum gesamten Wärmewert der Reaktion im Daniell. Letzterer beträgt nach J. Thomson 24300 (Cal./Vol.). Beispielsweise beträgt die Oxydationswärme von Zink 42700 (Cal./Vol.). Die Potentialdifferenz ZnO/Zn soll danach $\frac{42700}{24300}$ Daniell = 2,0 Volt betragen. Da Pt keine Oxydschicht aufweist, soll diese Potentialdifferenz auch die eines Zn/Pt Condensators sein. Entsprechend berechnen sich die übrigen Zahlen nachstehender Tabelle:

	Volt
Zn/Pt	2,0
Fe/Pt	1,6
Cu/Pt	0,9
Ag/Pt	0,1

Mit diesen Zahlen stimmen weder die Versuche Exner's noch die seiner Vorgänger. Man erhielt Potentialdifferenzen, welche zwischen der Hälfte und dem dritten Teil der angeführten Zahlen schwanken. Die Exner'sche Auffassung enthält also noch eine Unvollkommenheit. Leider entging dies Exner infolge eines Rechenfehlers.

Hankel (1861, 1865) hat bereits gezeigt, dass die Volta'sche Kontaktkraft nicht constant, sondern im allgemeinen eine Funktion der Zeit und zwar des Alters der Oberflächenschicht der Metalle sei. Unmittelbar nach dem Reinigen derselben ist sie am grössten und nimmt ab, erst sehr rasch, dann langsamer, endlich nicht mehr. Von einem einzigen Wert einer solchen Potentialdifferenz kann also überhaupt keine Rede sein, sondern nur von bestimmten Grenzwerten.

Folgende Tabelle macht dies ersichtlich. Man erhält durch Subtraktion zweier Zahlen derselben die Potentialdifferenz der ihren Zeilen vorangestellten Metalle in den durch die Colonnentitel bestimmten Zuständen. Es ist dabei gesetzt $Zn/Cu = 100$. Man kann also jede Zahl dieser Tabelle von neuem Standpunkt betrachten als die Potentialdifferenz des Metalles und seiner Oxydschicht bezogen auf $(ZnO/Zn + Cu/CuO) = 100$.

	Tage nach der Reinigung			
	0	1 bis 2	7	60
<i>Al</i>	145	—	88	63
<i>Zu</i>	123	111	—	80
<i>Cd</i>	104	—	87	62
<i>Sb</i>	54	—	45	36
<i>Bi</i>	53	39	33	29
<i>Fe</i>	39	—	23	15
<i>Cu</i>	23	—	9	—
<i>Au</i>	13	—	4	—
<i>Ag</i>	5	—	—7	5
<i>Pt</i>	0	—	0	—

Die Abnahme der Oberflächenpotentialdifferenz ist desto ausgiebiger, je oxydierbarer das Metall ist. Von Pellat (1880) rühren ähnliche Messungen her.

J. Brown (1887) hat diese Messungen mit verbesserter Aufstellung wiederholt und zwar besonders rasch nach dem Reinigen der Platten beobachtet. Die bekannten Werte der betreffenden Spannungen für verschiedene unmittelbar auf die Reinigung folgende Zeiten ermöglichen eine Extrapolation für den Reinigungs Augenblick selbst. In diesem fand Brown die Potentialdifferenz zwischen den Metallen und ihren Oberflächenschichten von der durch die chemische Theorie aus den Oxydationswärmen vorhergesagten Grösse, entsprechend den in der vorletzten Tabelle mitgetheilten Werten.

6. Die Frage nach der Ursache des bei weiterem Stehen an der Luft erfolgenden Absinkens dieser Potentialdifferenzen von ihrem theoretischen Wert fällt zusammen mit der Frage nach den genaueren Umständen der Beteiligung der die Metalloberflächen bedeckenden Gas-, Dampf- und Oxydschichten an der Herstellung und Erhaltung ihres elektrischen Zustandes.

Die Oberflächenschicht ladet sich wie die Flüssigkeit eines ungeschlossenen Elementes. In einem solchen erhält sich die einmal erreichte maximale Spannung nur durch das Fortdauern des chemischen Angriffs. Verschlechtert sich die Flüssigkeit des Elementes oder die Oberfläche des Poles, so sinkt die elektromotorische Kraft des Elementes.

Im hier betrachteten Falle könnte die Sache nach Exner (1879) insofern etwas anders liegen, als bei der Oxydation der Probeplatten feste Metalloxyde entstehen, welche bekanntlich ziemlich gute Isolatoren sind. Die Ladung, welche dieselben während ihrer Bildung aufnehmen, kann deshalb auch nach dem Aufhören des chemischen Processes bestehen bleiben, oder doch nur langsam absinken.

Brown (1887) stellt sich den Vorgang auf der Oberfläche der Probeplatten ganz so vor wie den oben beschriebenen Vorgang im ungeschlossenen Element. Er denkt sich den chemischen Angriff hierbei als einen immerwährenden oder doch längere Zeit nach der Reinigung der Metalloberflächen anhaltenden Process.

Brown kann nachweisen, dass auch das auf der Metalloberfläche niedergeschlagene Wasserhäutchen als oxydierendes Agens thätig sei. Die Potentialdifferenz eines Zn/Cu Condensators sinkt beim Austrocknen der ihn umgebenden Luft von 0,68 auf 0,51 Volt, und steigt sofort nach dem Zulassen normal feuchter Luft wieder auf 0,65 Volt. Es wird damit ein alter Versuch von Gassiot (1844) verständlich (vgl. den Bericht in d. Ztschr. I, S. 220). Zwei vorher abgeleitete Platten (Cu und Zn) werden einander bis auf $\frac{1}{100}$ Zoll genähert, wobei jede Berührung derselben vermieden wird. Nach dem Entfernen erweisen sie sich elektrisch. Bei dieser kleinen Entfernung kann man sich die Wasserschichten der Metalle in leitender Berührung denken. Der Condensator wirkt dann vollständig wie ein ungeschlossenes Volta'sches Element.

Brown geht noch weiter. Er nähert die zwei Platten soweit als ohne Berührung möglich und verbindet sie sodann durch ein Galvanometer. Dasselbe zeigt einen continuierlichen durch das Plattenpaar gelieferten Strom an. Entsprechend geht zwischen den Platten der Strom eines (Leclanché) Elementes hindurch. Bei Vergrößerung ihres Abstandes sinkt die Stromstärke desselben entsprechend der Widerstandsänderung. Verbindet man gleich darauf die Platten unter Ausschaltung des Leclanché mit einem Galvanometer, so zeigt dieses einen Ausschlag, welcher grösser sein kann, als der durch die frühere elektromotorische Kraft des Condensators bestimmte. Derselbe kann einen Polarisationsstrom bedeuten oder eine Folge elektrolytischer Convektion sein. Der in den Wasserschichten jedenfalls in beträchtlicher Menge gelöste freie Sauerstoff dürfte überhaupt bei diesen Erscheinungen eine wesentliche Rolle spielen.

7. Was die nähere Erklärung des Vorganges beim Volta'schen Fundamentalversuch betrifft, welcher nach der chemischen Theorie kein Fundamentalversuch ist, so stimmen Exner (1879) und Brown (1887) darin überein, dass die metallische Verbindung oder Berührung der Metallkörper keinen anderen Zweck habe, als das Potential

derselben gleichzumachen, wodurch ihre elektrischen Oberflächenschichten eine Potentialdifferenz annehmen, welche gleich ist der algebraischen Summe der durch die beiden Oxydationsprocesse bestimmten elektromotorischen Kräfte.

Es ist dies gerade die umgekehrte Aufstellung, wie sie ein ungeschlossenes Element zeigt. Bei diesem stehen die Flüssigkeitsteile, welche die Metallpole bedecken, in leitender Verbindung und die Metalle zeigen die algebraische Summe der Reaktionspotentialdifferenzen.

Es versteht sich danach von selbst, dass auch das Vorzeichen der Potentialdifferenz der Pole eines ungeschlossenen Elementes das entgegengesetzte ist als dasjenige eines Volta'schen Condensators. Bei einem solchen scheint das *Zn* positiv, das *Cu* negativ zu sein, im ungeschlossenen Element ist das *Cu* positiv und das *Zn* negativ.

Parragh's Apparate für messende Schulversuche.

Mitgeteilt von Rudolf Somogyi in Budapest.

Infolge des Fortschrittes, den die praktische Anwendung der Elektrizitätslehre in der letzten Zeit gemacht hat, kann bei dem physikalischen Unterricht in den Mittelschulen die experimentelle Ableitung des internationalen absoluten Maasssystems nicht mehr unberücksichtigt bleiben. Um die Einheiten dieses Maasssystems demonstrieren zu können, hat Prof. Gedeon Parragh in Keeskemét (Ungarn) einige Schulapparate konstruiert, deren Beschreibung in ungarischer Sprache in dem 1886/87er Programm des reform. Obergymnasiums zu Keeskemét erschienen ist; die Anwendung dieser Apparate hat sich mir als eine so bedeutende Erleichterung des Unterrichts erwiesen, dass ich es für zweckmässig halte, die Beschreibung derselben, mit Genehmigung des Herrn Prof. Parragh, hier mitzuteilen.

1. Das Spiegel-Magnetometer. (Fig. 1.)

An einem Magnet (*NS*), welcher an einem ungedrehten Seidenfaden hängt und durch Glycerin (*G*) gedämpft ist, sind zwei Spiegel (*T* und *T*₁) befestigt, welche mit einander einen Winkel von 45° bilden. Vor den Spiegeln steht eine Linse (*L*) von ungefähr 1—1,5 m Brennweite. Im Vordergrunde, nahe zum Brennpunkt, steht eine kleine Petroleumlampe und daneben eine auf mattem Glase befindliche kurze Skala. Hinter dem Apparate hingegen, ist in der Richtung von Ost-West eine Skala zu dem Zweck befestigt, um daran den zu messenden Magnetstab oder einen elektrischen Stromkreis bequem hin und her schieben zu können. Bei der Einteilung der Skala ist als Einheit diejenige Entfernung genommen, bei welcher der als absolute Einheit angenommene Magnet die Deklinationsnadel um einen Winkel von 45° ablenkt. Diese Entfernung kann für Keeskemét constant gleich 2,1 cm genommen werden, da die Veränderlichkeit der horizontalen Componente des Erdmagnetismus so gering — kaum ein Tausendstel — ist, dass sie bei Schulexperimenten ausser Acht gelassen werden kann.

Bei dem Gebrauche des Apparates ist darauf zu sehen, dass die Ablenkung 45° beträgt; zu diesem Zwecke wird die Entfernung des zu messenden Magnetes oder des elektrischen Stromkreises von der Deklinationsnadel durch Verschieben längs der hinteren Skala so lange geändert, bis das von dem einen Spiegel reflektierte Bild auf denselben Strich der Glasskala fällt, wie das von dem andern Spiegel vor dem Versuche reflektierte Bild. Dieser Apparat hat vor der Busssole nicht nur den Vorteil, dass die Einstellung mit der grössten Schärfe — bis auf $\frac{1}{100}$ eines Skalenteiles, also bis auf die dritte Dezimalstelle

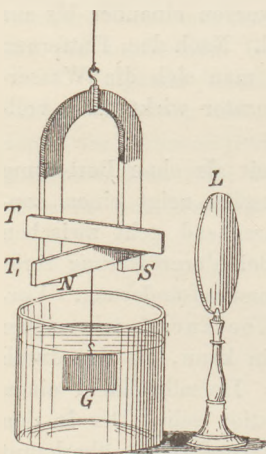


Fig. 1.

genau — bewerkstelligt werden kann, sondern auch den, dass seine Angaben vom ganzen Auditorium gesehen werden können*).

Der Apparat lässt sich zu folgenden Versuchen verwenden: 1. Zur Bestimmung der horizontalen Componente des Erdmagnetismus. — 2. Zum Nachweis der Gesetze der magnetischen Fernwirkung. — 3. Zum Messen der magnetischen Inklination. — 4. Zum Nachweis der Gesetze der magnetischen Fernwirkung von elektrischen Strömen. — 5. Zur Bestimmung der absoluten und der praktischen Stromeinheit.

Beispiel: Ein Stromkreis, dessen Windungen eine Fläche F von 2500 cm^2 einschliessen, sei vom Mittelpunkt der Magnetonadel 7 Skalenteile oder $14,7 \text{ cm}$ entfernt. Das magnetische Moment M ist demnach $7^3 = 343$ mal so gross als das Moment desjenigen Magneten, welcher als absolute Einheit angenommen wurde. Wir erhalten die Intensität des Stromes, wenn wir das magnetische Moment desselben durch die Fläche, welche die Windungen einschliessen, dividieren. $J = M : F = 343 : 2500 = 0,1372$ absolute Einheiten oder $= 1,372$ Ampère.

2. Das Elektro-Thermometer. (Fig. 2.)

Unter den internationalen Normal-Maassen ist eines der wichtigsten die Maass-einheit des Widerstandes: das Ohm. Zur Demonstration desselben dient das Elektro-Thermometer¹⁾.

Ein Messingdraht (AG) von etwa 120 cm Länge ist am oberen Ende (A) durch eine Klemmschraube, welche in einer Höhe von 2 m an der Wand befestigt ist, festgeklemmt. Diese Klemmschraube ist noch mit dem einen Pole einer Bunsen-Batterie, welche aus 6 Elementen besteht, verbunden. An das untere Ende des Drahtes ist ein Gewicht von 560 g gehängt, welches in Glycerin getaucht, die wellenförmigen Änderungen der Drahtlänge dämpft. In der Entfernung 1 m vom oberen Ende ist der Draht mit einer Rolle (B) verbunden; an derselben Rolle ist in der Entfernung von $3\frac{1}{2} \text{ mm}$ vom Drehpunkt ein planparalleler Spiegel befestigt. Vor diesem steht eine Sammellinse (L) von 133 cm Brennweite. Seitwärts von dem Apparate endlich, nahe dem Brennpunkt der Linse, steht senkrecht eine auf mattem Glase angebrachte Skala. Auf diese Skala wird durch den Spiegel und die Linse das Bild eines vor der Flamme geworfen Petroleumlampe ausgespannten horizontalen dunklen Fadens geworfen und hierdurch die geringste Veränderung der Länge des Drahtes, wenigstens tausendfach vergrößert, sichtbar gemacht. Zwischen der Achse der Rolle und dem zweiten Pol der Bunsen-Batterie ist ein Sekundenpendel eingeschaltet, welches so eingerichtet ist, dass es in der äusseren Leitung der Bunsen-Batterie in jeder Sekunde einmal eine $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{100}$ Sekunde lang andauernde Verbindung zustande bringt. In diese Leitung kann auch ein Voltmeter eingeschaltet werden, welches zwei Skalen hat, deren eine die Stärke des $\frac{1}{10}$ Sekunde, die zweite diejenige des $\frac{1}{100}$ Sekunde anhaltenden Stromes in Ampères anzeigt.

Mit diesem Elektro-Thermometer können folgende Versuche ausgeführt werden:

*) Der Hufeisenmagnet ist, wie der Herr Einsender uns mitteilt, viel kleiner als die Figur vermuten lässt; er wiegt nur 19 g und die Hufeisenform wurde gewählt, weil hier die magnetische Axe kürzer, dabei das magnetische Moment gross und die Stabilität der Drehungsachse beträchtlicher ist. Versuche, welche Herr Dr. Szymanski in Berlin nach den obenstehenden Vorschriften, aber mit einem ganz kurzen Magnetstäbchen angestellt hat, haben gleichfalls zu befriedigenden Resultaten geführt.

¹⁾ Dieser Apparat wird von G. Parragh selbst als der gelungenste unter den hier beschriebenen bezeichnet.

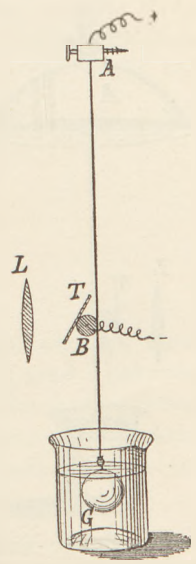


Fig. 2.

1. Der Nachweis des Joule'schen Gesetzes. — 2. Auf Grund dieses Gesetzes die Bestimmung der Widerstandseinheit. — 3. Die Auffindung des Abkühlungsgesetzes eines erwärmten Metalldrahtes. — 4. Die Ermittlung der Gesetze der Elasticität. — 5. Das Messen des Elasticitätsmodulus. — 6. Das Messen der Wärme, welche bei dem Entladen einer Leydener Flasche entsteht. — 7. Die Bestimmung des Verhältnisses zwischen den elektrostatischen und den elektrodynamischen Einheiten.

Beispiel: Wie gross ist der Widerstand des 1 m langen Drahtes am Elektro-Thermometer, in internationalen Einheiten ausgedrückt, wenn das Gewicht des Drahtes = 0,4 g, sein Abkühlungs-Coefficient = 0,32 ist, und wenn ein Strom von 2,2 Ampère die Temperatur desselben in einer Zeit von $\frac{1}{10}$ Sekunde um $3,6^\circ$ erhöht? (Die spezifische Wärme des Drahtes = 0,094, das mechanische Aequivalent der Wärme = 4,2 gesetzt.)

Berechnung:

$$4,84 w = 0,4 \cdot 0,094 \cdot 3,658 \cdot 4,2 \cdot 10 = 5,73^2), \text{ daraus} \\ w = 5,73 : 4,84 = 1,183 \text{ Ohm.}$$

3. Das Spiegel-Manometer. (Fig. 3.)

Dieser Apparat besteht aus einem halbkugelförmigen Gefäss (A), welches oben mit einem weiten Hahn versehen ist; der untere Teil hingegen ist durch eine kreisförmige elastische Metallplatte verschlossen. Von der Mitte der Metallscheibe reicht ein Kupferdraht herab, welcher die Formveränderung der elastischen Platte auf einen Spiegel überträgt, der um eine Achse drehbar ist. Vor dem Spiegel steht eine Sammellinse und vor dieser, nahe dem Brennpunkt, eine Glas-Skala, auf welcher die Lichtquelle, beziehungsweise das Bild des vor ihr ausgespannten dunklen Fadens, die Formveränderung der elastischen Platte tausendfach vergrössert zeigt; hierdurch kann also die geringste Veränderung des Druckes, welchen die im Gefäss eingeschlossene Luft erfährt, sichtbar gemacht werden.

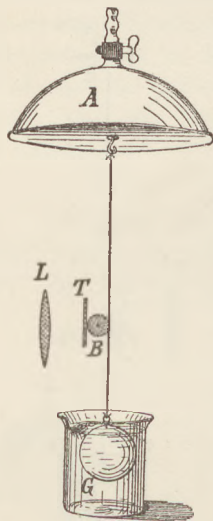


Fig. 3.

Dieser Apparat kann zu folgenden Demonstrationen dienen: 1. Zum Nachweis des Gay-Lussac'schen Gesetzes. — 2. Zur Bestimmung des mechanischen Aequivalentes der Wärme. — 3. Zur experimentellen Bestätigung des potenzierten Mariotteschen Gesetzes³⁾.

Beispiel. Es sei zur Zeit des Versuches der Luftdruck = 749,0 mm. Der Druck werde durch Verdichtung langsam auf 757,3 mm erhöht. Hierauf werde der Hahn auf einen Augenblick geöffnet und sogleich wieder geschlossen. Während des Öffnens sinkt der Druck auf 749 mm, fängt aber plötzlich wieder an zu steigen und bleibt nach kurzer Zeit bei 751,4 mm stehen. Die Expansionskraft der Luft verminderte sich im Augenblicke des Öffnens aus zwei Ursachen: erstens infolge der Ausdehnung, zweitens infolge der Abkühlung; durch die Ausdehnung von 757,3 auf 751,4 mm und durch die Abkühlung von 751,4 auf 749 mm. Wenn wir den Druck der verdichteten Luft mit P_1 , den der ausgedehnten, aber wieder erwärmten Luft mit P_2 , ferner den Druck der ausgedehnten und abgekühlten Luft mit

²⁾ Die Zahl 3,658 wird erhalten wie folgt. Der Abkühlungscoefficient 0,32 entspricht einer Sekunde, auf $\frac{1}{10}$ Sekunde entfällt daher 0,032. Diese Zahl mit der mittleren Temperatur ($1,8^\circ$) des auf $3,6^\circ$ erwärmten Drahtes multipliziert giebt $1,8^\circ \cdot 0,032 = 0,058^\circ$ als Betrag der Abkühlung für $\frac{1}{10}$ Sekunde. Der Draht würde sich also ohne Abkühlung um $0,058^\circ$ mehr, also um $3,658^\circ$ erwärmt haben.

³⁾ D. i. der adiabatischen Gleichung von Poisson. Vgl. die elementare Ableitung von A. Voss, d. Ztschr. I. Jahrg. S. 155. — P.

P_3 , endlich das Volumen der verdichteten Luft mit V_1 und das der ausgedehnten Luft mit V_2 bezeichnen, so ist:

$$\frac{P_1}{P_3} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^x, \text{ oder da } \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}, \frac{P_1}{P_3} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^x;$$

$$\text{folglich } x = \frac{\log P_1 - \log P_3}{\log P_1 - \log P_2}, \text{ oder annähernd } x = \frac{P_1 - P_3}{P_1 - P_2} = \frac{8,3}{5,9} = 1,41.$$

4. Das Variations-Mikroskop.

Die tägliche Richtungsänderung des Erdmagnetismus übersteigt für gewöhnlich nicht $\frac{1}{3}$ Grad, so dass auf eine Stunde kaum 1—2 Minuten entfallen. Um diese kleine Variation einem grösseren Auditorium gleichzeitig sichtbar zu machen, benutzt Parragh den folgenden Apparat. Eine Magnetnadel wird an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt und durch Glycerin gedämpft. Die kleinste Bewegung dieser Nadel wird dadurch sichtbar gemacht, dass ein an die Nadel befestigter planparalleler Spiegel und eine vor ihm aufgestellte Linse von $\frac{5}{4}$ m Brennweite das Bild einer in der Nähe des Brennpunktes befindlichen Lichtquelle auf eine daneben stehende Glas-Skala werfen.

Unter der Magnetnadel ist ein starker Magnetstab, mit den magnetischen Polen der Erde entgegengesetzt, in einer solchen Entfernung angebracht, dass dessen Wirkung um $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{30}$ mal kleiner ist, als die des Erdmagnetismus, dass also die Resultante der beiden Kräfte gleich $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{30}$ der horizontalen Componente des Erdmagnetismus wird. Dann ist die Variation der Deklination in dem Maass vergrößert, um welches diese Resultierende kleiner ist als H . — Die auf diese Weise 20 bis 30fach vergrößerte Variation bewirkt auf der Glas-Skala eine Verschiebung um 3—4 cm in der Stunde und kann daher gleichzeitig von dem ganzen Auditorium beobachtet werden.

Physikalische Aufgaben.

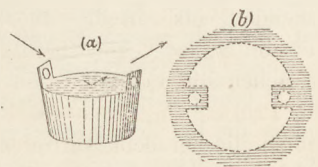
Denkaufgaben.

Für die Unterstufe des physikalischen Unterrichtes.¹⁾

1. Zwei Trinkgläser passen mit den Rändern annähernd aneinander und der Raum beider ist mit Wasser gefüllt. Wie mag die Füllung vollzogen worden sein? (Antw.: Entweder unter Wasser in einem grösseren Gefäss; oder wenn ein solches fehlt, durch Anwendung des bekannten Kunststückes mit dem gefüllten Glase, dessen Mündung nach unten gekehrt und mit einem Papierblatt verschlossen ist: ein solches Glas wird auf ein gefülltes aufrechtstehendes gestellt und das Papierblatt zwischen beiden weggezogen.)

2. Bedarf eine Pferdebremse, welche ein schnell laufendes Gespann verfolgt, ihrer eigenen Muskelkraft, oder wird sie infolge der Trägheit mitgenommen, nachdem sie eine Zeit lang auf dem Pferde gesessen und dabei dessen Geschwindigkeit angenommen hatte? Wie verhält sich dies bei einer Fliege, welche sich im Innern eines geschlossenen, eines ‚offenen‘ Wagens an ‚derselben‘ Stelle schwebend erhält? (Anwendung auf die Widerlegung der ersten Einwürfe gegen Kopernikus' Lehre.)

3. An dem Wasserspiegel eines bis zum Rande gefüllten Gefässes mit zwei Handhaben (a) werden die einfallenden Sonnenstrahlen reflektiert und erzeugen an der Decke des Zimmers einen runden Lichtfleck (b), in welchem die Schatten der beiden Handhaben gegen einander gekehrt sind. Wie kommt das?



¹⁾ Vgl. die Anmerkung in diesem Heft, S. 6.

4. Lässt sich mit einer Porta'schen Camera obscura (ohne Linse) eine zweite so verbinden, dass das Bild in letzterer aufrecht ist? (Schülerfrage.)

5. a) Wie erklärt es sich, dass die Strahlen, welche die dem Horizonte nahe Sonne durch die Lücken zwischen Gewitterwolken in die dunstige Atmosphäre sendet, von dem Orte der Sonne aus zu divergieren scheinen, wiewohl sie infolge der grossen Entfernung der Sonne doch beinahe parallel sind? — b) Der Unterzeichnete hat zweimal von einer Bergeshöhe in der Nähe des Unterberges bei Salzburg beobachtet, dass ausser einem Strahlenbüschel der eben beschriebenen Art, welches von der über dem Untersberge hinter Gewitterwolken untergehenden Sonne aufstieg, ein ganz ähnliches sich auch in der Ostgegend zeigte, obwohl daselbst der Horizont bis auf eine leichte Trübung wolkenfrei und nicht etwa der Mond oder ein anderes Gestirn im Aufgehen begriffen war. (Analogieen zu den perspektivischen Erscheinungen in einem langen Gange, an dessen Ende, in dessen Mitte man steht.)

A. Höfler, Wien.

6. Nach welcher Richtung verschiebt sich der Schwerpunkt einer Quecksilber enthaltenden eisernen Flasche bei weiterem Zugiessen, 1) wenn der Schwerpunkt noch oberhalb, 2) wenn er schon unterhalb des Quecksilber-Spiegels liegt? Wann liegt also der Schwerpunkt am tiefsten? Zur Erläuterung ist für ein bestimmtes Gefäss, z. B. einen Cylinder von gegebenen Dimensionen, die Lage des Schwerpunkts bei verschiedenen Füllungen zu berechnen und durch graphische Darstellung eine zusammenfassende Übersicht der Einzelergebnisse zu geben.

7. In ein Gefäss, in welchem eine hohle Glaskugel (Volumen = 50 ccm, Masse = 45 gr) auf Wasser schwimmt, giesse man Petroleum (spec. Gew. 0,81), so dass der Schwimmer vollständig davon bedeckt sei. Um wieviel ändert sich dadurch das in Wasser eintauchende Volumen desselben? Wird er durch den Druck des auf ihn geschichteten Petroleums tiefer in das Wasser hinabgedrückt?

M. Koppe, Berlin.

8. Welchen Einfluss hat es auf die Rotation der Erde, wenn ein an der Erdoberfläche befindlicher Körper von 1 kg um eine Strecke von 1 m in die Höhe gehoben wird? Ist dieser Einfluss an allen Stellen der Erdoberfläche gleich gross?

9. Aristoteles glaubte die Schwere der Luft dadurch nachgewiesen zu haben, dass er einen Schlauch im aufgeblasenen Zustande schwerer fand als im unaufgeblasenen. Wie ist die thatsächlich eintretende Zunahme des Gewichtes zu erklären? [Versuch an einem mit Hahn versehenen Kautschukballon; Einfluss von Temperatur, Spannung und Feuchtigkeit der eingeblasenen Luft.]

P.

Kleine Mitteilungen.

Versuch über das Elektrisieren durch Reibung.

Von Dr. G. Leonhardt in Dessau.

Die Erscheinung, dass bei jeder gegenseitigen Reibung zweier Körper der eine positiv, der andere negativ elektrisch wird, lässt sich auf deutliche und die Schüler anregende Weise an dem menschlichen Körper selbst zeigen. Tritt man nämlich auf eine auf die Erde gelegte Ebonitplatte und berührt den Knopf eines Elektroskops mit der Hand, so gehen die Goldblättchen auseinander und zeigen somit Elektrizität an, und zwar, wie die Prüfung mit einer geriebenen Glas- oder Harzstange ergibt, negative Elektrizität, indem die bei dem Auftreten auf die Platte entstehende geringe Reibung der Sohle gegen die Platte schon genügt, die letztere positiv, die erstere aber und somit den menschlichen Körper selbst negativ elektrisch zu machen. Man kann den Versuch beliebig oft wiederholen, jedesmal zeigt das Elektroskop Elektrizität an, vorausgesetzt, dass zwischen dem

Auftreten auf die Platte und dem Berühren des Elektroskops keine anderweitige Berührung stattgefunden hat.

Dieser Versuch ist auch in der Richtung beachtenswert, dass die Ebonitplatte dabei positiv elektrisch wird, während dieselbe Platte mit einem Fuchsschwanz geschlagen negative Elektrizität annimmt.

Exakter Versuch für das Archimedische Prinzip.

Von Professor Dr. A. Weinhold in Chemnitz.

Der gewöhnliche zur Bestätigung des Archimedischen Prinzips benutzte Versuch mit einem Hohleylinder und einem möglichst gut in dessen Höhlung passenden, cylindrischen Einsatzstück (Müller-Pfaundler, 9. Aufl., Bd. 1, S. 378 u. f., Fig. 374; Frick, 5. Aufl., S. 123 u. f., Fig. 171) giebt nie ganz gute Resultate, weil die Höhlung immer etwas weiter ist, als das Einsatzstück, so dass man sie nicht ganz mit Wasser füllen darf, wenn man den Gewichtsverlust des Einsatzstücks in Wasser ausgleichen will. Ausserdem liefert der Versuch die Bestätigung des Satzes nur für eine einfache Form des eingetauchten Körpers, für welche die Richtigkeit des Satzes am ehesten noch ohne experimentellen Nachweis einzusehen ist.

Genauer fällt der Versuch aus mit der Vorrichtung Fig. 1, welche auch die Anwendung unregelmässiger Körper gestattet. Ein cylindrisches Glasgefäss *A*, oben offen und gut eben abgeschliffen, unten halbkugelförmig geschlossen, wird gehalten durch einen Drahtbügel *abba* und zwei bei *aa* und *bb* in diesen Bügel eingelötete, das Glas *A* umspannende Messingringe. An seiner untersten Stelle hat der Drahtbügel einen kleinen Ring, welcher einen Haken *c* aus Neusilberdraht trägt; oben endigt er in zwei Ösen, in welche ein halbkreisförmiger Drahtbügel eingehakt ist, der zum Aufhängen an der Wage dient.

Das Gefäss *A* muss den Körper, dessen Gewichtsverlust nachgewiesen werden soll, aufnehmen können; dieser muss zum Anhängen an den Haken *c* eingerichtet, kann aber im übrigen beliebig gestaltet sein. Fig. 1 zeigt einen hohlen, mit Quecksilber beschwerten Glaskörper *B*; ebensogut könnte ein oben mit einer Öse versehenes, massives Glasstück von passender Grösse, aber unregelmässiger Form Verwendung finden.

Behufs Ausführung des Versuchs bringt man zunächst in das Gefäss *A* etwas Wasser, damit beim Einsetzen des Körpers *B* zwischen diesem und der Wand von *A* keine Luftblasen bleiben; dann hängt man das Ganze an der Wage auf, füllt *A* mittels einer Pipette eben voll Wasser und bringt die Wage durch auf die andere Seite gelegte Gewichte zum Einspielen — die Ebenheit der Wasserfläche in *A* lässt sich recht scharf controlieren durch Beobachtung des Spiegelbildes eines Fensterkreuzes in der Wasserfläche. (Noch schärfer liesse sich ein bestimmtes Wasservolumen abgrenzen durch Auflegen einer Glasplatte auf das etwas übervoll gemachte Gefäss; dabei müsste man aber das überlaufende Wasser jedesmal sorgfältig abtrocknen.)

Nach Herstellung des Gleichgewichts an der Wage hängt man den Körper *B* an den Haken *c*; damit man dabei den Drahtbügel und die Aussenseite von *A* nicht nass macht, verfährt man so, dass man zuerst etwas Wasser mittels der Pipette aus *A* heraus-saugt, dann das Ganze von der Wage abhängt, den oberen beweglichen Drahtbügel umlegt, *B* mittels einer Pincette heraushebt und endlich nach dem Anhängen von *B* an *c* das Ganze wieder an die Wage hängt.

Nun lässt man *B* in ein Gefäss tauchen, welches man so hoch mit Wasser füllt, dass der Wasserspiegel gerade bis zur Mitte des Hakens *c* reicht, wenn die Wage einspielt; um die Wage wieder zum Einspielen zu bringen, muss man *A* wieder gerade so weit, wie vorher, mit Wasser füllen, d. h. man muss ein um das Volumen von *B* grösseres

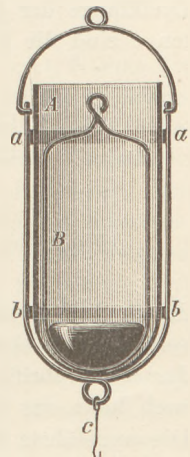


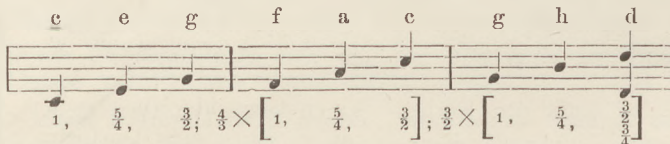
Fig. 1.

Wasservolumen haben als vorher, wenn der Gewichtsverlust ausgeglichen werden soll, den *B* in Wasser erleidet. Man kann auch, nachdem man *B* an *c* gehängt hat, aber bevor man *B* in Wasser tauchen lässt, durch Einfüllen einer passenden Wassermenge in *A* die Wage wieder zum Einspielen bringen, um dann den Eintritt des Gewichtsverlustes beim Eintauchen von *B* unmittelbarer anschaulich zu machen.

Die Ableitung der Tonleiter.

Von Professor **Hans Januschke** in Troppau.

Die Tonleitern sind in der Musik allmählich aus Tönen der konsonierenden Zusammenklänge entstanden und werden in Musikwerken demgemäss nach dem Gesetze der Konsonanz entwickelt. Nach meiner Erfahrung kann dies auch im Unterrichte ohne besonderen Zeitaufwand und in solcher Weise geschehen, dass sich daran weitere Elemente der theoretischen Musik folgerichtig anschliessen lassen. Die Tonleiter besteht nämlich aus den konsonanten Tönen, deren Tonverhältnisse mit den Zahlen von 1—6 geschrieben werden, und zwar aus Grundton und Oktav (Tonverhältnis 1 : 2), Grundton und Quart (Tonverhältnis 3 : 4) und dem Dur-Dreiklange Grundton, Terz und Quint (Tonverhältnis 4 : 5 : 6, oder 1, $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$). Bildet man für den Grundton (1), für dessen Quint ($\frac{3}{2}$) und Quart ($\frac{4}{3}$) die zugehörigen Dreiklänge (1, $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$) und bezieht diese auf den gegebenen Grundton, so erhält man durch geordnete Zusammenstellung der Töne dieser drei Dreiklänge die Dur-Tonleiter. Dabei wird nur zu beachten sein, dass man von der im Dreiklange der Quint erscheinenden Quint die niedrigere Oktav nimmt. Für den Grundton *c* sind die besagten drei Dreiklänge und ihre Tonhöhen:



Nach der Höhe geordnet geben diese Töne die Dur-Tonleiter, nämlich:

$$1, \frac{9}{8}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{15}{8}, 2,$$

daraus bilden sich leicht die Intervalle und die Gesetze der Dur-Tonleiter, welche auf verschiedene Grundtöne angewendet, zur Einschaltung von halben Tönen führt, die in der Notenschrift durch den zu ändernden Tönen vorgesetzte \flat oder \sharp angezeigt werden; auch kann das Gesetz der betreffenden Vorzeichnungen darnach leicht gewonnen werden. Die angeführte Methode zur Ableitung der Dur-Tonleiter führt auch zur Moll-Tonleiter. Der Moll-Dreiklang entsteht bekanntlich aus dem Dur-Dreiklang durch eine Umkehrung der Intervalle der beiden aufeinander folgenden Terzen und enthält die Töne mit den relativen Höhen 1, $\frac{9}{5}$, $\frac{3}{2}$; gegenüber dem Dur-Dreiklang erscheint die erste Terz um einen halben Ton erniedrigt. Bildet man analog wie oben für Grundton, Quart und Quint die Molldreiklänge, so erhält man die Moll-Tonleiter; die Höhen ihrer Töne bezogen auf den Grundton sind in geordneter Reihenfolge:

$$1, \frac{9}{8}, \frac{6}{5}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{8}{5}, \frac{9}{5}, 2.$$

Der Unterschied zwischen Dur- und Moll-Tonleiter besteht in den 3 Tönen, welche auch in den angewendeten 3 Dreiklängen unterschieden sind; in der Notenbezeichnung müssen demnach die betreffenden 3 Töne der Dur-Skala besonders erniedrigt werden, um zur Moll-Skala zu gelangen. — Bei einmaliger Vorzeichnung aller zu erniedrigenden oder zu erhöhenden Töne am Anfange eines Tonstückes durch \flat oder \sharp kann demnach der Grundton für die Dur- und Moll-Tonleiter nicht derselbe sein. — Musikalische Schüler werden in diesem Falle aus dem Unterschiede zwischen der Dur- und Moll-Skala leicht die Zusammengehörigkeit derjenigen Grundtöne der beiden Tonleitern finden, welche sich um eine kleine Terz unterscheiden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Eine automatische Wage. Um grössere Mengen von Wasser behufs Bestimmung des Salzgehaltes zu verdampfen, ohne beständige Überwachung nötig zu haben, wird von Сн. Трусов die folgende sinnreiche Einrichtung getroffen. Die eine Schale einer Wage ist durch ein Drahtnetz ersetzt, auf welches ein kleines Platingefäss gestellt werden kann. In dieses wird aus einer Mariotte'schen Flasche die zu verdampfende Flüssigkeit geleitet und zwar in der Weise, dass der zur Überführung dienende Kautschukschlauch zwischen dem Wagebalken und einem nahe darunter angebrachten festen Stützbalken hindurchgeführt wird. Das Gefäss ist durch Gewichte so äquilibrirt, dass es sich bis etwa zu drei Vierteln mit Wasser füllt, bei Vermehrung der Wassermenge aber sich senkt und durch den Druck des Wagebalkens auf den Kautschukschlauch das weitere Zufließen von Wasser verhindert. Setzt man nun unter das Gefäss eine Gasflamme, so tritt Verdampfung und dadurch Verminderung des Gewichts ein, so dass von neuem Wasser zufließen kann. Die Regulierung ist so genau, dass das Wasser in Tropfen (30 bis 60 in der Minute) herabfällt und dass das Niveau sich vollkommen konstant erhält. Der Apparat kann mehrere Tage lang funktionieren, wenn nur dafür gesorgt wird, dass die Flasche in gewissen Zwischenräumen wieder gefüllt wird. Ein Versagen der Vorrichtung kann dadurch unschädlich gemacht werden, dass man den Gaszuführungsschlauch in ähnlicher Weise unter dem andern Wagebalken hindurchführt, so dass er bei dessen Herabsinken zusammengedrückt und der Gaszufluss unterbrochen wird. (*La Nature*, 1888, No. 788.)

Die Bestimmung des spezifischen Gewichts fester Körper wird von O. Kleinstück (*Arch. der Pharm.* 1888, S. 166), zunächst für praktische Zwecke, mit grösseren Mengen des zu untersuchenden Körpers vorgenommen, als gewöhnlich zu geschehen pflegt. Diese Modifikation ist auch für den Unterricht empfehlenswert. Der Verf. benutzte Glascylinder von 17 oder 18 cm Höhe und 10,5 bzw. 13,5 cm Durchm., die erst mit Wasser, dann mit Wasser und dem zu untersuchenden Körper gefüllt und durch eine abgeschliffene Glasplatte verschlossen wurden. Die Wägung geschah theils auf einer feinen Wage (Empfindlichkeit 1 dg : 3,5 kg), theils auf einer Tafelwage (1 g : 5 kg). Dem Körper anhaftende Luftblasen wurden mit der Hand entfernt, bei leichteren Körpern wurde ein Belastungskörper zugefügt, der auch beim ersten Wägen im Cylinder gelassen wird. Die beschriebenen Messungen, mit einem alten kg-Stück, mit ca. 1 kg Glas, $\frac{1}{4}$ kg Wachs u. s. w. angestellt, gaben mit der feineren Wage bis zur dritten Dezimale übereinstimmende Resultate; auch bei der gröberer Wage waren für Stücke von mindestens $\frac{1}{2}$ kg die Werte bis zur zweiten, selbst dritten Dezimale genau; nur für sehr schwere Substanzen (Stabeisen) traten schon in der zweiten Dezimale Abweichungen auf. Die Wasserwägungen wurden durchgehend auf 4° C. reduziert.

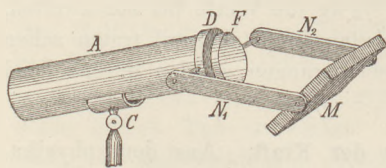
Zusammenhang von Dauer und Wirkungsgrösse der Kraft. Aus dem physikalischen Kursus der Universität Glasgow teilt M. Maclean (*Nature* 37, 612; 1888) die folgenden Versuche mit: 1. An einem langen Draht wird eine schwere Kugel aufgehängt und an ihr ein Wollfaden angebracht, durch welchen man einen Zug in horizontaler Richtung auf die Kugel ausüben kann. Man führt zunächst einen Zug aus, der den Faden nicht zerreisst, hört auf ehe die Kugel eine merkliche Verschiebung erfahren hat und beobachtet die Weite des nun erfolgenden Ausschlags. Ein zweites Mal zieht man an dem Faden so stark, dass er reisst: der Ausschlag ist in diesem Falle geringer als vorher. Endlich zerreisst man den Faden durch einen ganz plötzlichen Zug. Die Bewegung der Kugel ist kaum wahrnehmbar. Die Erklärung ergibt sich aus der Beziehung zwischen der Kraft und der Zeit, während welcher sie wirkt. Die Kraft ist im ersten Fall geringer, die Dauer der Wirkung aber eine unverhältnissmässig grössere als in den beiden anderen Fällen.

2. Ähnliche Erscheinungen treten ein, wenn man über eine mit Reibung drehbare Walze einen Faden führt und an diesen zwei durch einen Kautschukring zusammengehaltene Holzbacken anhängt, zwischen welchen eine Kugel mit Reibung gleiten kann. Lässt man ein an dieser angehängtes Gewicht um eine geringe Strecke herabfallen, so wird die Walze in Drehung versetzt, ohne dass die Kugel zwischen den Backen herausgleitet. Vergrössert man die Fallhöhe des Gewichts, so wird die Kugel herausgezogen, der Winkel aber, um den die Walze sich dreht, ist geringer, und wird unmerklich klein, wenn man das an die Kugel gehängte Gewicht mehrere Fuss tief herabfallen lässt. Bei diesen Versuchen ist bloss Kraft und Masse von Versuch (1) durch Drehungsmoment und Trägheitsmoment ersetzt. Die Walze ist natürlich noch mit einem in entgegengesetzter Richtung aufgewundenen Gewicht belastet, durch welches die beschriebene Vorrichtung äquilibrirt wird.

3. Eine Holzplatte wird als ballistisches Pendel aufgehängt. Aus einer Büchse wird eine Kugel, zuerst mit schwacher Pulverladung, gegen das Brett (möglichst im Trägheitsmittelpunkt) geschossen, die Kugel bleibt im Brett stecken und bewirkt einen grossen Ausschlag. Die Pulverladung wird nun soweit verstärkt, dass die Kugel das Brett durchbohrt; die Ablenkung ist jetzt weit geringer als vorher und wird ein Minimum, wenn man die Maximal-Ladung anwendet.

Zusammensetzung von Schwingungen. An derselben Stelle wie die vorstehend beschriebenen Versuche wird angegeben, dass eine leichte Kugel (etwa von Elfenbein) an einen Kautschukfaden von mehreren Fuss Länge aufgehängt, eigentümliche Kombinationsbewegungen zeigt, wenn man den abgelenkten Faden stark auszieht und die Kugel dann plötzlich frei lässt. Die Kurve, welche die auf und abtanzende Kugel beschreibt, wird beim Hingang des Pendels entgegengesetzt zur Richtung des Uhrzeigers, beim Rückgang in gleichem Sinne mit diesem durchlaufen. Erteilt man der Kugel die Bewegung eines Centrifugalpendels, so erhält man eine dreidimensionale Combinationsbewegung.

Versuche über die Abhängigkeit der Körperfarbe von dem Neigungswinkel des auffallenden Lichtes hat V. L. ROSENBERG (*J. d. russ. phys.-chem. Gesellsch., phys. Abt. 1887, XIX. S. 477—480*) mittelst des folgenden einfachen Apparates angestellt. Eine starke Papprolle (*A*), von etwa 50 cm Länge und 3—4 cm Durchmesser, ist auf einem Ständer so befestigt, dass sie im Gelenk *C* in einer vertikalen Ebene gedreht werden kann. Ein starker Ring *D* trägt zwei horizontale Achsen, an welchen die beiden Leisten *N*₁ und *N*₂ mit einiger Reibung drehbar sind. Am anderen Ende der Leisten befindet sich die drehbare



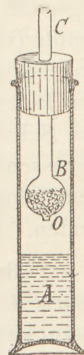
Platte *M*. 1. In die Röhre *A* wird eine Röhre aus zusammengerolltem farbigem, schwarzem oder weissem Papier (*F*) gesteckt, während die Scheibe *M* um die Achse *E*₁ *E*₂ nach unten gedreht ist. Richtet man die Röhre gegen eine weisse Lampenglocke, so erscheint beim Hindurchblicken im Inneren der Röhre *F* jede Farbe verschwunden. Matte Flächen (farbige oder beliebige andere) erscheinen dunkel, dagegen an dem Ende der Röhre, das näher zur Lampe liegt, glänzend weiss, am andern Ende schwarz.

2. Die Röhre *A* wird horizontal gestellt. Das Brettchen *M*, fast horizontal, um einen sehr kleinen Winkel zur Lampe zu geneigt, trägt Kartonstücke, die mit verschiedenen Papieren beklebt sind. Bei richtigem Neigungswinkel erscheint die matte Fläche derselben schwarz. Ein Kreuz aus schwarzem Glanzpapier auf mattem weissem Papier erscheint weiss auf schwarzem Grunde. Bei Anwendung farbiger Papiere erscheint stets die matte Fläche schwarz, die glänzende hell. Verdeckt man die Lampenglocke dem Beobachter durch einen Schirm, so tritt die Farbe der Flächen deutlich hervor. Stellt man auf die Platte *M* ein dreiseitiges, rechtwinkliges Prisma, das mit Glanzpapier (z. B. rot) beklebt ist, so findet man durch Drehung desselben leicht eine Stellung heraus, wo eine Katheten-

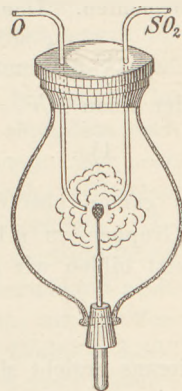
fläche weiss, die andere farbig (rot) erscheint, während die mit demselben Papier beklebte Fläche *M* so gedreht werden kann, dass sie schwarz aussieht. In diesem Falle erscheint dasselbe rote Papier gleichzeitig schwarz, weiss und rot. B. K.

Ein Quarzplatten-Elektrometer. J. und P. CURIE haben die von ihnen schon vor längerer Zeit beschriebenen Erscheinungen der elektrischen Dilatation und Contraction (Spannung und Pressung) in einem Dielektrikum, dem Quarz, zur Construction eines neuen Elektrometers benutzt. Aus einem Quarzkrystall werden zwei Platten normal zur elektrischen Axe geschnitten, so dass ihre Gestalt ein Rechteck bildet, dessen längere Seite zugleich zur optischen Axe normal ist; die Dicke der Platten wird bis auf wenige Hundertstel mm vermindert, und beide aneinander gekittet, nachdem die eine von beiden umgewendet worden ist, so dass die elektrischen Axen in ihnen entgegengesetzt gerichtet sind. Die äusseren Flächen werden versilbert, nur ein schmaler Rand wird freigelassen, um die Leitung zu verhindern. Bei Herstellung einer Potentialdifferenz zwischen den beiden Flächen erfährt die eine Platte eine Ausdehnung, die andere eine Verkürzung in der Richtung der längeren Seite; infolge davon erleidet die Doppelplatte eine Krümmung, deren Grösse an einer Nadel abgelesen werden kann, die an dem einen freien Ende der Platte befestigt ist. Die Ablenkungen sind der Potentialdifferenz proportional, die Bewegung aperiodisch, die Isolierung ausgezeichnet. Dagegen ist die Empfindlichkeit nicht sehr gross; bei passender Dicke der Platten lassen sich Potentiale zwischen 0 und 600 Volt bis auf 0,5 Volt genau ablesen; den Erfindern zufolge lassen sich auch solche Apparate herstellen, die bis auf 20 Volt Potentiale von mehreren Tausend Volt abzulesen gestatten. (*C. R.* 106, 1287; 30. Avr. 1888.)

Ein einfacher Gasentwicklungs-Apparat. An Stelle des Kipp'schen Apparates wird von G. STILLINGFLEET JOHNSON (*Chem. News* 57, No. 1488; 1888) der folgende einfachere Apparat benutzt. An eine Glasröhre *C* wird eine Kugel *B* geblasen, die am freien Ende eine enge Öffnung *O* hat. Diese Kugel wird mit der festen Substanz (*Zn*, *CaCO₃*, *FeS*) gefüllt und die Röhre so in einen Kautschukstopfen gepasst, dass sie bequem auf und ab geschoben werden kann. Beim Einsenken der Kugel in die Säure, welche sich im unteren Teil des Cylinders befindet, beginnt die Entwicklung des Gases, welches aus dem oberen Ende der Röhre *C* entweicht. Der Apparat hat neben seiner Einfachheit vor dem Kipp'schen den Vorzug, dass sich die Erneuerung der Flüssigkeit in der Kugel *B* mit Leichtigkeit durch Auf- und Abbewegen der Röhre bewirken lässt.



Vorlesungs-Apparat zur Erzeugung von Schwefelsäure-Anhydrid. W. R. HODGKINSON und F. K. LOWNDES benutzen zur Oxydation von schwefeliger Säure durch Sauerstoff in Gegenwart von Platinschwamm ein Glasgefäss von der beistehend angegebenen Gestalt. Durch die untere Öffnung ist mittelst eines Kautschukstopfens ein Holzstab geführt, der einen kurzen Platindraht mit einem Stück Platinschwamm trägt. Auf die obere Öffnung ist eine Holzscheibe aufgelegt (aber nicht fest gemacht), durch welche zwei Glasröhren, wie die Figur zeigt, bis nahe zum Platinschwamm führen. Dieser wird zu Beginn des Versuches in der Flamme eines Bunsenbrenners zu mässig hoher Temperatur erhitzt und an seinen Platz gesteckt; lässt man darauf Ströme von Sauerstoff und Schwefeldioxyd eintreten, so füllt sich das Gefäss augenblicklich mit Dämpfen von Schwefeltrioxyd, dessen Menge bei nicht zu heftiger Gaszufuhr in kurzer Zeit eine beträchtliche werden kann. Das Experiment ist noch schlagender, wenn man eine kurze Zeit lang nur schwefelige Säure einleitet und dann erst den Sauerstoff zuführt oder umgekehrt (*Chem. News*, 57, No. 1486; 1888). Ähnliche Versuchsanordnungen sind übrigens bei uns bereits vielfach in Gebrauch.



2. Forschungen und Ergebnisse.

Der Ausdehnungscoefficient des Wassers bei hohem Druck. Untersuchungen von E. H. AMAGAT über die Ausdehnung stark komprimierter Flüssigkeiten durch die Wärme (C. R. 105, 1120) haben ergeben, dass der Ausdehnungscoefficient (α) im allgemeinen abnimmt, wenn der Druck wächst; so ist für Äthyläther α bei 3000 Atm. Druck nur noch $\frac{1}{3}$ so gross als bei 1 Atm. (0,000558 gegen 0,001700); während bei normalem Druck α für Äther viel grösser ist als für Schwefelkohlenstoff (0,001212), stimmen beide bei 2500 Atm. Druck mit einander nahe überein (0,000630) und bei 3000 Atm. ist der Wert für Schwefelkohlenstoff der grössere. Beim Wasser wächst α , im Gegensatz zu den andern Flüssigkeiten, mit dem Druck sehr rasch und nimmt über 2500 Atm. langsam wieder ab. Die Unterschiede von α für verschiedene Temperaturintervalle, welche bei normalem Druck sehr gross sind, werden bei sehr hohen Drucken ganz gering; es sind nämlich die Werte bei

	a) 1 Atm.,	b) 3000 Atm.
zwischen 0 und 10°	0,000012	0,000383
„ 0 „ 30°	0,000138	0,000415
„ 0 „ 50°	0,000236	0,000413.

Bei sehr hohem Druck ist daher das Wasser denselben Gesetzen der Ausdehnung wie die übrigen Flüssigkeiten unterworfen. — In Bezug auf die Lage des Dichtigkeitsmaximums hatte AMAGAT schon früher (C. R. 104, 1159) festgestellt, dass dieses bei etwa 200 Atmosphären auf 0,5° sinkt und bei 700 Atmosphären unter 0° liegt.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles. Von J. VIOLLE und Th. VOUTIER sind Versuche über die Fortpflanzung des Schalles in Röhren von 70 cm Durchmesser angestellt worden, wobei der Verlauf einer Welle mehrere Minuten lang verfolgt werden konnte (vgl. d. Ztschr. Jahrg. I, S. 32). Als Schallquelle diente eine in das eine Rohrende eingeschaltete Pistole. Die Messung der Zeit, welche der Schall braucht, um die Länge des Rohres zum ersten, zweiten, dritten Mal u. s. w. zurückzulegen, hat ergeben, dass die Schallgeschwindigkeit unzweifelhaft mit der Intensität abnimmt; die Zunahme der gemessenen Zeiten betrug im Maximum 0,17'' auf 37,42''. Dagegen hat die völlige Unabhängigkeit der Geschwindigkeit von der Höhe des Tons von neuem Bestätigung gefunden. (C. R. 106, 1003; 1888.)

Bestimmung der besten Anordnung der Elemente einer Batterie von S. ZETLIN (Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. 1888, XX, Heft 2, S. 29—30). Mit Hilfe eines Voltameters allein kann man die zweckmässigste Gruppierung der Elemente einer Batterie in folgender Weise bestimmen. Es seien n Elemente, der Widerstand jedes einzelnen = r , der äussere Gesamtwiderstand der Kette = R , die elektromotorische Kraft eines Elementes = e . Die günstigste Gruppierung sei die bei x Gruppen zu y (unter sich parallel geschalteten) Elementen. Dann ist bekanntlich:

$$x = \sqrt{n \cdot \frac{R}{r}}, \quad y = \sqrt{\frac{r}{R} \cdot n};$$

oder wenn $R/r = k$ gesetzt wird,

$$1) \dots \dots \dots x = \sqrt{kn}, \quad y = \sqrt{\frac{n}{k}}.$$

Es genügt also die Grösse k zu bestimmen. Hierzu werden die Elemente zunächst in p Gruppen zu q Elementen geteilt, so ist die Stromstärke i am Voltameter zu messen. Jetzt bilden wir q Gruppen zu p Elementen und messen i_1 . Nun ist

$$i = \frac{p \cdot q \cdot e}{pr + qR} \quad \text{und} \quad i_1 = \frac{p \cdot q \cdot e}{qr + pR}.$$

Hieraus ergibt sich $i(pr + qR) = i_1(qr + pR)$ und

$$2) \dots \dots \dots k = \frac{R}{r} = \frac{ip - i_1q}{i_1p - iq}.$$

Indem wir die Messungen derart wiederholen, dass der ganze äussere Widerstand vom

Voltameter allein gebildet wird, bestimmen wir auch leicht k für den Fall, wo das Voltameter ausgeschaltet ist.

Genauer ist folgende Methode, bei welcher die elektromotorische Kraft der Polarisation e' benutzt wird. Es sei bei n hintereinander geschalteten Elementen die Stromstärke $= i$ und bei n hintereinander geschalteten Doppелеlementen $= i_1$, so hat man

$$i = \frac{ne - e'}{nr - R} \quad \text{und} \quad i_1 = \frac{ne - e'}{\frac{nr}{2} + R},$$

$$\frac{i}{i_1} = \frac{n + 2k}{2n + 2k}, \quad \text{mithin} \quad k = \frac{n}{2} \cdot \frac{2i - i_1}{i_1 - i}.$$

Diese beiden Methoden können da von Nutzen sein, wo man — in Ermangelung der betreffenden Messapparate — darauf verzichten muss, den inneren und äusseren Widerstand direkt zu bestimmen. B. K.

Das elektrische Leitungsvermögen des Schwefels. Der Schwefel, bei gewöhnlicher Temperatur ein sehr schlechter Leiter, gestattet den Durchgang des Stromes, wenn er bis zur Siedetemperatur erhitzt wird. Dies hat E. DUTER (*C. R.* **106**, 863; 1888) durch folgende Versuche dargethan. Ein Stück ganz reinen krystallinischen Schwefels wurde in eine Glasröhre gebracht und durch einen Commutator mit einer Säule von 100 Volta-Elementen, bez. mit einem Lippmann'schen Capillar-Elektrometer verbunden. Dabei zeigten die in den Schwefel eingesenkten Elektroden Polarisation und wurden durch den Schwefel angegriffen. Man wendete daher Goldelektroden an, die ebenfalls Polarisation zeigten, ohne indessen angegriffen zu werden; eine Berührung der Elektroden mit der Wand der Glasröhre wurde vermieden, da das Glas in der Hitze selbst polarisierbar und leitend wird. Nun wurde der Schwefel erhitzt und der Entladungsstrom von neun grossen Leydener Flaschen hindurchgeschickt, die durch einen Induktor mit sechs Bunsen-Elementen geladen waren. In den Stromkreis wurde eine Kupfersulfatzelle eingeschaltet, die eine Ausscheidung von Sauerstoff und Kupfer lieferten, sobald der Schwefel die Siedetemperatur erreicht hatte. Nach acht Stunden betrug der Niederschlag 1 mg, was einer Stromstärke von etwa $\frac{1}{8000}$ Ampère entspricht. Die Goldelektroden waren mit einem Niederschlag bedeckt worden, dessen Natur noch nicht festgestellt ist.

Die Dampfdichte des Eisenchlorids. Um die Molekulargrösse des Eisenchlorids zu bestimmen, haben W. GRÜNWARD und V. MEYER die Dampfdichte dieser Verbindung, welche durch Erhitzen von Eisen im Chlorstrom und Sublimieren des entstehenden Produktes in Form hexagonaler Blättchen von cantharidengrüner Farbe erhalten wurde, aufs Neue bei verschiedenen Temperaturen gemessen (*Chem. Ber.* **XXI**, 687). Sie wandten die Verdrängungsmethode an und gebrauchten Apparate (für die niederen Temperaturen aus Glas, für die höheren aus Platin), welche abgesehen von geringen Veränderungen mit den von V. Meyer für diese Methode konstruirten Apparaten übereinstimmten. Die Formel Fe_2Cl_6 verlangt für das Eisenchlorid die Dichte 11,2. Indess ergaben bereits die im Schwefeldampf (Sdp. 448°) ausgeführten Bestimmungen die Zahl 10,487, ohne dass nach dem Erkalten das Vorhandensein von Ferrochlorid nachgewiesen werden konnte. Bei noch niedrigerer Temperatur eine Bestimmung auszuführen erwies sich als unmöglich, weil schon im Schwefeldampf die Verdampfung des Eisenchlorids nicht schnell genug erfolgte. Die Bestimmungen im Dampfe von Phosphorpentasulfid (Sdp. 518°) führten zu der Zahl 9,569 und nach dem Erkalten wurde das Vorhandensein einer geringen Menge Ferrochlorid nachgewiesen, dessen Betrag in den folgenden Versuchen in dem Maasse zunahm, als die Versuchstemperatur stieg. Im Dampf von Zinnchlorür (Sdp. 606°) wurde die Dichte = 8,383 gefunden. Bei höheren Temperaturen (750°, 1050°, 1300°) ergaben sich noch kleinere Zahlen; allein schon bei 750° war noch nach dem Erkalten ein Drittel des Eisenchlorids in Eisenchlorür umgesetzt, so dass bei diesen Temperaturen infolge der stärkeren Dissociation schwankende Zahlen gefunden wurden. Aus der Thatsache indess, dass das Eisen-

chlorid im Schwefeldampf unzersetzt vergast und bei dieser Temperatur eine kleinere Dampfdichte liefert als der theoretischen entspricht, folgern die Verfasser, dass keine Temperatur existiert, bei der das Eisenchlorid die Formel Fe_2Cl_6 besitzt, dass sein Molekül also vom Augenblick der Vergasung an gemäss der Formel $FeCl_3$ zusammengesetzt ist. Bestimmungen, welche zum Behuf möglicher Verminderung der Dissociation in einer Chlorgasatmosphäre ausgeführt wurden, ergaben dieselben Resultate, nämlich beim Verdampfen durch siedenden Schwefel die Zahl 10,65, beim Verdampfen durch Phosphor-pentarsulfid die Zahl 9,23.

Bgr.

3. Geschichte.

Über Influenzmaschinen. In einer Vorlesung vor der Royal Institution in London (*Engineering*, No. 1166; May 4, 1888) machte J. WIMSHURST die nachstehenden historischen Angaben. Das Prinzip der Influenz ist zuerst von Willeke (1762) zur Hervorbringung elektrischer Ladungen angewendet worden; hierdurch wurde Volta zur Erfindung des Elektrophors (1775) in der heutigen Form angeregt. Bennet erfand (1786) den Duplikator, dessen Wirkungsweise darin besteht, dass durch eine Platte a eine zweite b entgegengesetzt elektrisch, durch diese eine dritte c wieder ebenso wie a elektrisch wird und dass darauf a und c vereinigt zur verstärkten Influenzierung von b benutzt werden. Carvallo entdeckte (1787) die wichtige Thatsache, dass isolierte Metallplatten stets von selbst schwache Ladungen besitzen; hierauf gründete Nicholson (1788) einen Apparat, bei welchem zwei isolierte Metallplatten in einer Ebene angebracht waren, während eine dritte ebenfalls isolierte durch Drehung an ihnen vorübergeführt wurde; durch passend angebrachte Kontakte wurden die erzeugten Ladungen abgeleitet. 1823 beschrieb Ronalds eine ähnliche Maschine für telegraphische Zwecke, bei welcher die bewegliche Scheibe an dem Pendel einer Uhr angebracht war. Seitdem trat ein Stillstand ein, bis Varley (1860), Toepler und Holtz (1865) den Gegenstand wieder aufnahmen. Der Vortragende führte eine Holtz'sche Maschine älterer Form von bekannter Konstruktion vor und erwähnte das Urtheil William Thomson's: die Leistungsfähigkeit dieser Maschine beruhe auf der gänzlichen Abwesenheit von Metallbelegen und metallischen Unterbrechungskontakten; sie unterscheide sich von derjenigen Varley's (und Thomson's) dadurch, dass die Induktoren völlig sich selbst überlassen bleiben und dass der im Schliessungsbogen erzeugte Strom zur Benutzung kommt. — Von den Holtz'schen Maschinen mit einer grösseren Scheibenzahl sagte WIMSHURST, dass bei ihnen leicht ungleiche Erregung der einzelnen Scheiben und teilweise Aufhebung der Wirkung eintrete. Er gab an, diese Art von Maschinen dadurch erheblich vervollkommen zu haben, dass er zwischen die beweglichen Scheiben rechteckige Glasscheiben mit Papierinduktoren setzte, die miteinander metallisch verbunden waren. [Hierzu teilt uns Herr Prof. W. Holtz mit, dass bei der genannten Art von Maschinen unterschieden werden müsse, ob verschiedene Scheibenpaare auf Spannung — nach Art einer Kette, oder auf Quantität verbunden sind. Im ersten Falle träten allerdings leicht Gegenwirkungen ein, im letzteren nur dann, wenn die Scheibenpaare in zu grossem Abstände von einander ständen.] Eine spätere Form der Holtz'schen Maschine hat zwei entgegengesetzt rotierende Scheiben, im übrigen auch keine Metallsektoren und keine metallischen Kontakte. Der Vortragende gesteht eine solche Maschine nicht gesehen zu haben, stimmt aber dennoch einem Ausspruch zu, den Holtz angeblich selber in *Uppenborn's Zeitschrift* (Mai 1881) gethan haben soll: „Für Demonstrationszwecke verzichte er lieber auf den Gebrauch einer solchen Maschine“. [Diese Angabe ist unrichtig, da Prof. Holtz uns auf Befragen ausdrücklich erklärt hat, dass er diesen Ausspruch nicht gethan habe; auch findet sich ein solcher a. a. O. nicht.] — 1867 erfand Sir William Thomson eine Maschine (Replenisher), die für Erhaltung eines constanten Potentials in einer Leydener Flasche bestimmt ist. 1868 construierte Carré eine Maschine, die in einer Verbindung von Reibungsmaschine und Influenzmaschine bestand. Seit 1880 werden auch von Voss selbsterregende Influenzmaschinen construiert (doch wird den Maschinen leichtes Umsetzen nachgesagt). Am Schluss wurden mehrere der neuerdings von WIMSHURST

construierten Maschinen vorgeführt, bei denen zwei Scheiben, jede mit einer Anzahl von Metallsektoren belegt, gegeneinander gedreht werden. Diese Maschinen sollen auch nach stundenlanger Ruhe sofort wieder ansprechen und nie die Wirkung versagen. Nach den Berichten über die Sitzung der Royal Society am 9. Mai d. J. (*Nature*, No. 978) hatte die grösste dieser Maschinen 12 Scheiben von je $2\frac{1}{2}$ Fuss Durchmesser und mit je 16 Metallsektoren. Mit Leydener Flaschen armirt, gab sie Funken von $13\frac{5}{8}$ Zoll Länge.

Es muss hier hinzugefügt werden, dass das Prinzip der WIMSHURST'schen Maschine gleichfalls zuerst von W. Holtz angegeben worden ist. Dieser hat bereits 1883 sich veranlasst gesehen, in *Uppenborn's Centrallbl. f. Elektrotechn.* dagegen Verwahrung einzulegen, dass WIMSHURST die Erfindung der Influenzmaschinen mit entgegengesetzt rotierenden Scheiben für sich in Anspruch nimmt. W. Holtz hat bereits 1867 und 1869 in *Pogg. Ann.* die beiden möglichen Konstruktionen dieser Art von Influenzmaschinen beschrieben; auch die Selbsterregung durch Aufsetzung von schmalen radial gerichteten Stanniolstreifen und Anbringung von schleifenden Federn an den Conductoren ist von ihm bereits 1876 in den *Göttinger Akad. Ber.* angegeben worden. Es kann somit J. WIMSHURST kein Anteil an der Erfindung der genannten Art von Influenzmaschinen zuerkannt werden. Übrigens ist W. Holtz der Ansicht, dass Metallbelege und Contactdrähte, wie sie für die Selbsterregung erforderlich sind, mehr Schaden als Nutzen bringen (vergl. auch *Ztschr. f. angew. Elektrizitätslehre*, 1881).

4. Unterricht und Methode.

Zum Anfangsunterricht in der Chemie. In der *Ztschr. f. d. Realschulwesen* XIII, Heft 8 (1888) versucht A. WEINSTEIN einen Weg anzugeben, der den Schülern das Verständnis der chemischen Symbole erleichtern soll. Nach Feststellung des Gesetzes der constanten Verbindungsgewichte und der multiplen Proportionen wird zur Auseinandersetzung der Begriffe Molekül und Atom geschritten, und dann das Avogadro'sche „Gesetz“ durch einen sinnreichen Vergleich erläutert. (Ein Litergefäss wird mit gleich grossen Erbsen, ein anderes mit ebenso grossen Hollundermarkkugeln gefüllt gedacht; jene repräsentieren den Sauerstoff, diese den Wasserstoff.) Hieraus werden sofort „durch Verallgemeinerung“ die Sätze gewonnen: 1) „Dass die Moleküle eines und desselben Gases, festen oder flüssigen Körpers einander in Grösse und Gewicht gleichen, mit den Molekülen eines anderen Elementes Form und Grösse gemeinsam haben, sich aber im Stoff und im Gewichte von diesen unterscheiden“; und 2) dass „gleiche Volumina aller Gase unter derselben Voraussetzung des Druckes und der Temperatur eine gleich grosse Anzahl von Molekülen enthalten“. Unter Hinzunahme der Vergleichung zwischen den Volumengewichten der Gase gelangt man dann „zur Erklärung des Begriffes Atomgewicht und zu einer Art der Bestimmung desselben bei Gasen“. Zur Einübung der chemischen Symbole wird endlich die aus A. W. Hofmanns „Einleitung“ bekannte graphische Methode empfohlen, aber nicht bloss für Volumgewichtsbeziehungen, sondern allgemein zur Darstellung von Molekülen und Atomen in Anwendung gebracht.

Die im vorstehenden angedeutete Darstellung legt von neuem die Frage nahe, ob man nicht besser thäte, auf der untersten Stufe des chemischen Unterrichts von einer näheren Erörterung der Beziehung zwischen Volumgewicht und Atomgewicht noch abzu- sehen. Die Elemente der Chemie sind in der wundervollsten Weise zur Einführung in die Methode exakten wissenschaftlichen Denkens und Forschens geeignet. Diesem Ziel aber handelt man gerade zuwider, wenn man eine Hypothese als ein ‚Gesetz‘ einführt und noch dazu dieses Gesetz durch eine ‚Verallgemeinerung‘, in Wahrheit vielmehr durch eine äusserliche Analogie zu stützen sucht. Es soll nicht verkannt werden, dass diesem Verfahren die wohlmeinende Absicht zu Grunde liegt, den Schülern eine Anschauung von den in der Wissenschaft gebrauchten Begriffen zu geben; aber man darf nicht übersehen, dass durch dieses Verfahren eine Neigung zu unstrengem Denken, ja zu gedankenlosem sich Überredenlassen genährt wird. Wenn wir die Aufgabe des chemischen Unterrichtes so hoch fassen, dass wir in ihm eine Schulung zu klarem und sachgemäsem Denken er-

kennen, so müssen wir von einer solchen Behandlungsart Abstand nehmen, um so mehr als sich auch ohne Hinzuziehung der Avogadro'schen Hypothese, ja selbst ohne Berücksichtigung der Volumgewichte, ein gut Stück chemischer Kenntnisse übermitteln lässt (wie man aus Lavoisiers schon früher einmal erwähntem „*Traité élémentaire de chimie*“ lernen kann).

In einem Nachtrag zu dem Aufsätze macht M. KUHN in dankenswerter Weise darauf aufmerksam, dass die „elektrische Zerlegung des Wassers“ noch immer missverständenerweise als grundlegender Versuch in den Anfängen des chemischen Unterrichtes verwendet wird. Im Physik-Unterrichte habe er längst den Versuch der ‚Zerlegung des angesäuerten Wassers‘ durch den der ‚Zerlegung der Kupfervitriol-Lösung‘ ersetzt. Es sei unzulässig, mit einer erwiesenermassen falsch gedeuteten Thatsache ein Lehrgebäude zu begründen. — Derselbe hebt auch hervor, dass bei dem Gesetz der multiplen Proportionen selbst in besseren Lehrbüchern oft nicht klar wird, warum bei Angabe der Zusammensetzung von Verbindungen die Regeldetri-Berechnung stets auf dieselbe Zahl von Gewichtstheilen (z. B. 16 für O) zurückgeführt wird; er verweist diesbezüglich auf die kurze, streng wissenschaftliche und klare Darstellung in Rüdorffs Grundriss der Chemie. — Endlich regt M. KUHN an, dass es nicht unzweckmässig wäre, das Wichtigste über die bekannten Thatsachen der Volumgewichte überhaupt dem rechnenden Teil der Chemie voranzuschicken und alles Andere darauf zu bauen. Gegen den ersten Teil dieses Vorschlages wird nichts einzuwenden sein, da es sich dabei vornehmlich um eine wünschenswerte physikalische Vorbereitung handelt; dem zweiten Teil wird man auch soweit zustimmen dürfen, als die Behandlung sich streng auf dem Boden des Thatsächlichen hält. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Ursachen der Fehler von Libellen. Über den Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Glases auf seine Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und Luft hat Prof. RUD. WEBER bereits 1879 (*Wied. Ann. VI*) Untersuchungen veröffentlicht, an welche sich 1883 der Nachweis schloss, dass die sog. Depressionerscheinungen der Thermometer (die mit der Zeit eintretenden Verschiebungen des Nullpunktes) von dem Verhältnis der im Glase enthaltenen Alkalien abhängig sind; es zeigte sich, dass die „thermische Nachwirkung“ nicht eintritt, wenn das Glas nicht Kali und Natron zugleich, sondern nur eins von beiden enthält. Ähnliche Einflüsse machen sich auch bei den für Präzisionsmessungen benutzten Libellen bemerkbar, indem die Luftblase weniger beweglich wird und den feinen Änderungen der Niveaulage nicht mehr genau folgt. In solchen Fällen sind Veränderungen der Glaswand oft schon mit blossem Auge wahrzunehmen. Über die Ursachen dieser Veränderungen hat RUD. WEBER den Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen am 4. Juni d. J. berichtet (vgl. *Sprechsaal für Keramik und Glasindustrie, 1888 No. 26*). Der Vortragende hat während eines Zeitraumes von mehr als vier Jahren Versuchslibellen aus verschiedenen Glassorten periodisch beobachtet und dabei einen doppelten Einfluss feststellen können. Einerseits sind harte Gläser (reine Kalk-Kalisilikate) widerstandsfähiger als weiche (Kalk-Kali-Natronhaltige) Gläser. Andererseits aber übt die Beschaffenheit des zur Füllung benutzten Äthers den entscheidendsten Einfluss aus. Nur solche Libellen, die mit frisch rektifiziertem, also möglichst wasserfreiem Äther gefüllt waren, zeigten sich dauernd unveränderlich, während bei Füllung mit solchem Äther, der durch längeres Stehen einen geringen Wassergehalt angenommen hatte, selbst harte Gläser mit der Zeit Ausscheidungen lieferten, welche die Beweglichkeit der Luftblase beeinträchtigten. Dieser Einfluss der Reinheit des Äthers geht so weit, dass sich selbst Röhren aus weicheren Glassorten noch als brauchbar erweisen, wenn sie mit völlig wasserfreiem Äther beschickt werden.

Ähnliche Untersuchungen sind von F. Mylius in der *Ztschr. f. Instr.-K. VIII, 267* (August 1888) veröffentlicht worden. Diese erstrecken sich namentlich auf die zahlenmässige Feststellung der Angreifbarkeit verschiedener Glassorten und kommen, unter dem Vorbehalt noch fortzusetzender Versuche, gleichfalls zu dem bereits von R. WEBER gewonnenen Ergebnis, dass man einerseits ein möglichst widerstandsfähiges Glas, andererseits einen möglichst wasserfreien Äther verwenden müsse.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Elemente der Experimental-Chemie. Ein methodischer Leitfaden für den chemischen Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. O. Lubarsch (Ordentl. Lehrer am Friedrichs-Realgymnasium zu Berlin). In 2 Teilen. I. Teil: Die Metalloide. Berlin, J. Springer, 1888. X u. 178 S. M. 2,40.

Im Gegensatz zu den neueren Bestrebungen den chemischen Schulunterricht auf eine mehr methodische Grundlage zu stellen, hält der Verfasser des vorliegenden Buches die von verschiedenen Seiten vorgeschlagenen Änderungen des chemischen Unterrichtsganges für unzureichend und behält die in den chemischen Handbüchern bisher übliche systematische Darstellungsform bei. Dagegen betont auch er die Notwendigkeit aus den vorggeführten Versuchen die Gesetze möglichst auf induktivem Wege ableiten zu lassen und den Lehrstoff dem Zwecke der Schule entsprechend zu beschränken. Von dem angegebenen Standpunkt aus betrachtet erscheint das Werk in seinem ersten, bis jetzt vorliegenden Teile insofern dankenswert, als es in sachlicher Beziehung aus zuverlässigen Quellen schöpft und die neueren Anschauungen hinreichend zur Geltung bringt. Auch werden mancherlei, in den Schullehrbüchern sich forterbende Irrtümer, wie z. B. über das Aussehen der reinen SO_2 -Krystalle, über das Anhydrid der phosphorigen Säure u. dgl. berichtet. Beim Fluor wäre wohl auch die Arbeit von Moissan, die über die Eigenschaften dieses Gases wichtige neue Aufschlüsse gibt (vgl. *d. Ztschr.* I, 171), zu berücksichtigen gewesen.

Weniger als die wissenschaftliche Seite des Buches befriedigt uns die methodische. Sollte es wirklich ein praktischer Weg sein, den Schüler bei Beginn des Unterrichts zuvörderst mit einer möglichst wissenschaftlichen Unterscheidung von Atom und Molekül, sowie von inter- und intramolekularen Erscheinungen bekannt zu machen und an den Versuch, mit einem erhitzten Gemenge von Fe und S den Satz anzuknüpfen, dass dabei „die Energie der Bewegung der Moleküle soweit gesteigert werden musste, dass die dadurch verursachte Erschütterung der Moleküle genügte, um die innere Kohärenz der letzteren zu überwinden und sie selbst zu zertrümmern“? Ist es ferner für den Anfangsunterricht nicht zu viel Theorie, z. B. bei den Schwefelverbindungen die Radikale Sulfuryl, Sulfoxyl und Thionyl, bei den Stickstoff-Verbindungen Nitrosyl und Nitroxyl u. a. m. einzuführen? Was soll sich der Schüler endlich bei den gleich in den ersten Stunden auftretenden chemischen Prozessen, wie etwa der Darstellung von Wasserstoff aus Schwefelsäure und Zink denken, wenn er in keiner Weise befähigt wird, die Zusammensetzung der Schwefelsäure und die Bildung des Zinksulfats aus vorangehenden Versuchen zu verstehen? — Mit der Stellung dieser Fragen will Recensent nur den Standpunkt andeuten, welchen Lubarschs Buch gegenüber den besonders von Arendt und Wilbrand vertretenen methodischen Anschauungen einnimmt. Der Wert desselben als einer wohldurchdachten systematischen Stoffübersicht wird durch diese Ausstellungen nicht geschmälert.
E. Loew.

Die Eigenschaften der Materie. Von P. G. Tait. Autorisierte Übersetzung von G. Siebert. Wien, A. Pichler's Witwe u. Sohn, 1888. 322 S. M. 7.

Das Buch bietet eine Einleitung zum Kursus der Physik an der Universität Edinburg. Die allgemeinen Erörterungen über Materie, Energie, Kraft haben manche Schwächen, lehrreich sind die Einzelausführungen: so die Anknüpfung der Eigenschaften der Materie an den allgemeinen Sprachgebrauch, die Auseinandersetzung über Centrifugalkraft, die Ableitung des Gravitationsgesetzes aus Keplers Gesetzen mit Hilfe des Hodographen. Eingehende Besprechung findet die Elasticität, namentlich die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten (von Boyle bis Amagat); sehr ausführlich wird auch die Molekular-Physik behandelt. Von historischem Interesse ist, dass die Priorität Boyles gegen Mariotte durch Wiedergabe der Originalversuche und durch ein Urteil Newtons erhärtet wird; die kinetische Gastheorie wird auf Hooke zurückgeführt.
P.

Versammlungen und Vereine.

Britische Chemische Gesellschaft.

Über Metaclemente. Rede von Crookes, F. R. S. Präsident der Gesellschaft, auf der Jahresversammlung am 28. März 1888 (*The Times, weekly edition, No. 588*).

Der Vortrag stellt sich die Aufgabe, mit Körpern bekannt zu machen, welche einerseits weder Verbindungen noch Gemenge, andererseits auch nicht Elemente im hergebrachten Sinne des Wortes sind, sondern eine Zwischenstufe darstellen, für welche die Bezeichnung Meta-Elemente eingeführt wird.

Unter einem Element versteht man einen Körper, dessen Atome in allen ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften völlig übereinstimmen. Sobald zwei Atome also irgend eine Verschiedenheit zeigen, gehören sie zwei verschiedenen Elementen an, mögen sie auch in anderen Eigenschaften, selbst in der wichtigsten, dem Atomgewicht, übereinstimmen. Von alters her werden daher Kobalt und Nickel getrennt, weil ihre Verbindungen nahezu complementäre Farben zeigen, trotz des gleichen Atomgewichts und einer ausserordentlichen Ähnlichkeit in vielen Beziehungen.

Nun haben aber neuere, vom Vortragenden für unanfechtbar erklärte Untersuchungen gezeigt, dass die Eigenschaften gewisser bisher als Elemente bekannter Körper nicht immer völlig die nämlichen sind, dass dieselbe Erde aus verschiedenem Gestein entnommen z. B. leichte Abweichungen im Spectrum oder eine grössere oder geringere Neigung, sich durch eine Basis ausfällen zu lassen, zeigt. Man hat es also in diesem Fall nicht mit einem Element, sondern mit einem Gemenge zweier oder mehrerer einander allerdings ausserordentlich nahestehender Elemente zu thun. Das bisherige Atomgewicht erscheint dann als ein Mittelwert, der vielleicht der überwiegenden Anzahl der Atome wirklich zukommt, vielleicht aber auch nur eine ideale Durchschnittszahl ist.

So ist Didym durch Auer von Welsbach in Neo-Didym und Praseo-Didym getrennt worden; so haben Krüss und Nilson Gruppen einander nahestehender Elemente entdeckt, über welche die Untersuchungen noch nicht zum Abschluss gekommen sind. So hat endlich der Vortragende durch Behandlung einer stark verdünnten Lösung eines Yttriumsalzes mit einer Menge Ammoniak, welche nur einen Teil des Yttriums nach längerem Stehen auszuscheiden vermochte, besonders nach wiederholter Anwendung dieser fraktionierten Fällung, einen wesentlichen Unterschied in den Endgliedern dieser Reihe festgestellt.

Es ist anzunehmen, dass weitere Untersuchungen auch noch andere bisher als gut betrachtete Elemente in Gruppen von zwei oder mehreren einander sehr nahestehender Elementoide auflösen werden; die Anzahl der Elemente scheint also ins Unbegrenzte zu wachsen, ohne dass diese neu entdeckten Körper aber, jeder einzeln für sich, das Recht hätten, sich mit den altbewährten scharfumschriebenen Elementen wie Sauerstoff oder Chlor auf gleiche Stufe zu stellen. Um sich mit diesen Missstand einerseits und mit dem Mendelejeff'schen periodischen System, das heute als Grundlage jeder theoretischen Chemie dienen muss, andererseits abzufinden, empfiehlt der Vortragende an die Stelle gewisser Elemente Gruppen von Meta-Elementen einzureihen.

Diese Elementoidgruppen vertragen sich aber nicht nur mit dem periodischen System, sondern sie dienen sogar zur Stütze und Erklärung der eng damit verbundenen Hypothese der Bildung aller Elemente aus einem Urstoff; nach dieser Hypothese ist eine Art Gruppenbildung, die an verschiedenen Orten, zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen elektrischen und anderen Bedingungen zwischen den Partikelchen des Urstoffs stattgefunden hat, als die Ursache der Entstehung der so grundverschiedenen und doch in gewissen Beziehungen wieder so ähnlichen Elemente anzusehen. Ein Gleichnis hierfür bietet die Bewegung der Fussgänger in einer lebhaften Strasse. Die Menge der Gehenden erscheint nicht gleichmässig auf die Strecke verteilt, sondern es wechseln dichtgedrängte Gruppen mit verhältnismässig leeren Zwischenräumen ab. Gehen nämlich einige Personen etwas langsamer, so werden ihre Hintermänner aufrücken und falls sie nicht vorbeieilen dürfen, — man denke an eine marschierende Truppe — mit den ersten einen Haufen bilden, während die Vorderleute unbehindert weitereilend den Zwischenraum allmählich frei machen bis zu der nächsten Ansammlung. Ebensowenig aber wie in einer solchen Gruppe alle ursprünglich dieselbe Geschwindigkeit hatten, ebensowenig wird eine Atomgruppe, in welcher die Form der Energie, die wir Atomgewicht nennen, den Coefficienten 35,5 hat, ausschliesslich Atome mit genau diesem Atomgewicht enthalten. Es wird sich vielmehr um einen Grundstock von vollwertigen Element-Atomen, ein vielleicht nur kleiner Bruchteil minder- oder überwertiger Atome gesellen, die dann als Elementoide zu betrachten sind. Ähnliche Gruppen werden sich um die Zahlen 80 und 127 bilden.

Allerdings führt die Verfolgung der Hypothese auch eine weitere Umwälzung der Grundanschauungen über die Atome herbei. Die Entstehung der Atome wird an die Grenze des Universums (den ‚Ort des öchsten Potentials‘) verlegt. Der Entstehung steht folgerichtig eine Zersetzung am ‚Ort niedrigsten Potentials‘ in dem Centrum übermässig angewachsener und im Innern erloschener Sterne gegenüber. Dazwischen liegt aber ein allmähliches Sichverwandeln. Die Atome sind nicht heute dieselben wie zur Zeit ihrer Entstehung, die Spectraluntersuchung hat durchaus nicht dargethan, dass überall im Weltenraum dieselben Stoffe vorhanden sind. Die völlig veränderten Temperatur- und Druckbedingungen können Gleiches verschieden, Verschiedenes möglicher Weise gleich erscheinen lassen.

Über die Quelle der Energie, die in den chemischen Atomen aufgespeichert ist, lässt sich eine Hypothese aufstellen, die Sir William Thomsons Prophezeiung von dem Untergang der Welt durch Zerstreuung der Energie zu Schanden macht: nämlich dass die Wärmestrahlung der wägbaren Masse durch einen uns unbekanntem Vorgang an der Grenze des Weltalls in die primären — wesentlichen — Bewegungen der chemischen Atome umgesetzt wird, und dass diese, sobald sie gebildet sind, das Bestreben haben, ins Innere des Universums zu eilen, um ihm die verlorene Energie zurückzuerstatten.

Zur Anordnung der Elemente nach Mendelejeffs System kann Emerson Reynolds Zickzack-Kurve dienen. Diese ist aber selbst nur als Projektion einer Raumkurve anzusehen; denn es sind drei Faktoren, unter deren Einfluss die Erzeugung der Elemente vor sich gegangen ist: [Zeit und mit ihr] Temperatur, Elektrizität, [Raum und mit ihm] chemische Energie. Während die erste gleichmässig abnimmt, zeigt die zweite und dritte eine Oscillation um eine Gleichgewichtslage und zwar ist die Bewegung im letzten Fall doppelt so rasch zu denken. Werden diese drei Faktoren als rechtwinklige Ordinaten eines Raumpunktes betrachtet, so beschreibt dieser eine lemniskatenartige Raumspirale [deren Gleichungen $x = at$, $y = b \sin t$, $z = c \sin 2t$ sein können].

A. T.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 20. August 1888. Herr R. Heyden legte ein in mechanischer Hinsicht interessantes Spielzeug vor und demonstrierte einige aus feinem Drahtnetz hergestellte Hohlcylinder nach Sloane, welche, in Wasser getaucht, sich zu Versuchen über Oberflächenspannung eignen. Herr Szymanski gab eine Erklärung der als „Galathee“ bezeichneten optischen Täuschung, die auf der Verbindung eines durchsichtigen Spiegels mit zwei abwechselnd benutzten Lichtquellen beruht. Zur Diskussion gelangten ferner einige Mitteilungen von Zeitschriften, sowie mehrere Beobachtungen von Vereinsmitgliedern.

Sitzung am 3. September 1888. Herr A. Voss sprach über die bisherigen Ableitungen der Schwingkraft und setzte eine einfache Behandlungsart auseinander. (Der Vortrag ist in diesem Hefte veröffentlicht.) In der Diskussion wurde die Schellbach'sche Methode der Zerlegung der Kraft in Impulse eingehend erörtert. — Derselbe teilte die Beobachtung mit, dass eine Nähnadel, zwischen das Auge und eine freie Öffnung in einem Papierblatt gehalten, umgekehrt erscheint. Die Erklärung wurde darin gefunden, dass die Nadel einen Teil der Strahlen verdeckt, welche von der gegenüberliegenden beleuchteten Wand durch die freie Öffnung in das Auge gelangen.

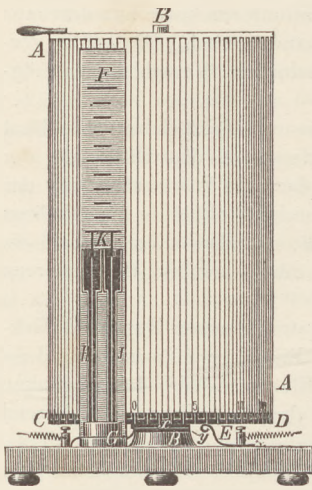
Mitteilungen aus Werkstätten.

Rheostat nach Fr. C. G. Müller.

Von G. Wanke in Osnabrück.

Die gebräuchlichen Instrumente dieser Art sind für Unterrichtszwecke nicht geeignet, da ihnen namentlich eine übersichtliche und auch aus der Entfernung erkennbare Anordnung fehlt. Der in umstehender Figur abgebildete, in längerem Gebrauch vorzüglich bewährte, dabei wohlfeile Rheostat enthält erstens einen Neusilberdraht von 50 m Länge und 1 mm Stärke, welcher Meter für Meter ohne Stromunterbrechung eingeschaltet werden kann, zweitens einen veränderlichen Quecksilberfaden, zur Bestimmung von Bruchteilen des durch 1 m des Hauptdrahts dargestellten Widerstandes. Zur Aufnahme des Drahtes dient eine hölzerne, mit weissem Papier überzogene Trommel AA von 50 cm Höhe und 34 cm Durchmesser, welche sich auf einem vertikalen Holzzapfen BB leicht drehen lässt. Um den unteren Rand der Trommel ist ein 2 cm breiter Reifen von starkem Kupferblech gelegt, dessen Rand ein wenig nach unten übergreift und auf der kräftigen,

mit dem einen Poldraht verbundenen Kontaktfeder *E* schleift. Der Reifen erhält hundert feine Durchbohrungen in je 1 cm Abstand von einander, durch welche kleine Messingstifte in das Holz geschlagen werden. Ebenso werden in den oberen Rand der Trommel hundert Stifte senkrecht über den unteren eingeschlagen. Die Stifte werden anfangs nicht ganz eingetrieben, um



über dieselben den Messdraht in der aus der Figur ersichtlichen Weise auf- und abzuführen. Der straffgespannte Draht bildet des bessern Haltswegen um jeden Stift eine Schlinge. Nachdem der Draht aufgezogen, werden die Stifte fest eingeschlagen. Nunmehr wird der Reifen *CD* durch feine Sägeschnitte in 50 isolierte Abschnitte 0, 1, 2 50 zerlegt. Der Abschnitt 0 steht in gut leitender Verbindung mit dem auf der Trommelbasis befestigten kupfernen Flachring *x*. Dieser schleift auf einem gleichen Flachringe *y*, welcher auf dem von *BB* gebildeten Absatze sitzt und den Strom zuleitet. Durch einfache Umdrehung werden ohne Stromunterbrechungen 1 bis 50 m Draht ein- oder ausgeschaltet.

Auf einem schmalen Brett *FG* befinden sich vor der Trommel zwei dickwandige Glasröhren *H* und *J* von $1\frac{1}{2}$ mm innerer Weite. In diese sind unten die zuleitenden Kupferdrähte gekittet, von denen einer zur zweiten Polklemme, der andere zum Flachringe *y* führt. Die oberen Enden stecken mittels Korken in weiteren Glasrohrstutzen, welche mitsamt den Röhren Quecksilber enthalten. Beide Röhren werden nun leitend überbrückt von einem wenig dünnerem, zweimal rechtwinklig gebogenen Stahldraht *K*, welcher mit seinen Schenkeln bis auf den Boden der Röhren *H* und *J* reicht. Durch Auf- und Niederziehen von *K* wird mehr oder weniger Quecksilberwiderstand eingeschaltet. Nahezu 30 Centimeter entsprechen einem Meter des Hauptdrahts. Das horizontale Stück der Brücke *K* liegt dicht vor einer weithin sichtbaren Skala, so dass man von Weitem noch $\frac{1}{100}$ schätzen kann, entsprechend etwa $\frac{1}{620}$ Siemens-Einheit.

Mit Hilfe des Quecksilberwiderstands werden auch die ersten zehn Meter des Hauptdrahts nach der Substitutionsmethode bis auf $\frac{1}{100}$ genau abgeglichen. Die Mehrzahl der Drahtgänge wird übereinstimmen. Diejenigen mit zu grossem Widerstande verkürzt man durch eine oben über die beiden Drähte genagelte Brücke von Kupferblech. Ist der Widerstand zu gering, so schabt man das betreffende Drahtstück mit einem Messer so lange dünner, bis es richtig ist. Eine nachträgliche Kontrolle beliebig herausgegriffener Drahtgänge lässt sich auch vor einem Auditorium mit Hilfe des früher beschriebenen Wagegalvanometers (*diese Ztschr.* I, 182) nach der Substitutionsmethode binnen einer Minute bewerkstelligen.

Der beschriebene Rheostat ist, wie das Wagegalvanometer, nicht allein für den Unterricht, sondern auch für wissenschaftliche und technische Zwecke ein ebenso bequemes, wie exaktes Instrument. Die Kontakte namentlich sind dank dem beträchtlichen Gewicht der Trommel unbedingt zuverlässig. Hinsichtlich der Temperatureinflüsse gilt das nämliche, wie bei allen nicht gekühlten Rheostaten. Wie experimentell festgestellt, vergrößert sich der Widerstand bei einer Stromstärke von 10 Knallgaseinheiten um 0,53 Prozent. Der Preis des Apparates ist 40 M.

Correspondenz.

R. W. — In Bezug auf die Frage nach der Sichtbarkeit des Regenbogens durch ein Fernrohr ist es von Interesse, dass (nach *Dingler's Polyt. J.* Bd. 264, Heft 4, 1888) die photographische Aufnahme eines Regenbogens durch H. Kayser auf Rigikulm 1887 mit Hilfe von Azalinplatten ausgeführt worden ist. Dasselbe ist, nach dem Bericht von M. Eder (*ebenda*), bereits 1886 Ellerbeck in Liverpool gelungen.

B. K. — Für Vorlesungszwecke geeignete Formen des Thomsonschen Quadranten-Elektrometers sind ausser von Weinhold auch von V. v. Lang, von G. Kirchhoff (construiert von Desaga in Heidelberg) und von Stöhrer in Leipzig beschrieben worden.