Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

I. Jahrgang. **Februar 1888.** Drittes Heft.

Über einige Grundbegriffe der Elektricitätslehre.[1])

Von
Dr. **Fr. Poske** in Berlin.

Die Grundbegriffe der Elektricitätslehre haben sich, wie es der Gang jeder historischen Entwicklung mit sich bringt, nur allmählich geklärt. Während einzelne von ihnen, wie der Begriff der Elektricitätsmenge, seit langer Zeit unzweideutig festgestellt sind, herrscht bei andern, namentlich bei dem Begriff der elektrischen Spannung, bis heut selbst in wissenschaftlichen Darstellungen eine Verschiedenheit des Gebrauchs, die zu Verwirrungen Anlass giebt. Kein Wunder daher, wenn auch in besseren Lehrbüchern die Fassung der Grundbegriffe selten völlig klar und bestimmt ist.

Der elektrische Zustand eines Körpers unterliegt in doppelter Hinsicht einer messenden Bestimmung; es kann einerseits die Quantität der vorhandenen Elektricität, andererseits die Intensität des elektrischen Zustandes in Betracht gezogen werden. Auf dem Gebiete der Wärmelehre, wo diesen beiden Bestimmungen die Begriffe der Wärmemenge und der Temperatur entsprechen, hat sich die Sonderung der beiden Seiten der Erscheinung nur langsam und schwierig vollzogen. Nicht minder mühsam war die Scheidung, welche auf dem Gebiete der Elektricität unter dem Einflusse der von Volta entdeckten Tatsachen notwendig wurde. Und zwar findet der folgende bemerkenswerte Gegensatz statt: während bei der Wärme, ihrer specifischen Empfindungsqualität zufolge, im Temperaturbegriff die intensive Seite zuerst aufgefasst wurde, kam bei der Elektricität, gemäss dem mechanischen Charakter der zu Grunde liegenden Thatsachen, zuerst die quantitative Seite im Begriff der Elektricitätsmenge zu deutlicher Ausprägung.

Unter dem Einflusse der Hülfsvorstellung des elektrischen Fluidums, deren Brauchbarkeit für die Zusammenfassung der Erscheinungen über ihre bloss gleichnishafte Bedeutung täuschen konnte, war der Begriff der Elektricitätsmenge schon früh in die Wissenschaft eingeführt worden. Die verschiedene Intensität der Wirkungen auf eine Verschiedenheit des Quantums zurückzuführen, war dadurch nahe gelegt. Die Schlagweite des Entladungsfunkens, wie später die Entladungszahl der Lane'schen Maassflasche, diente als ein empirisches Maass dieses Quantums, und auch der Ausschlag des Elektroskops wurde naturgemäss als ein Mittel zur Vergleichung verschiedener elektrischer Quantitäten aufgefasst. Eine exakte Definition der Elektricitätsmenge endlich und damit eine Messung nach absolutem Maass wurde durch Coulomb's Untersuchungen ermöglicht. Diesen zufolge wird als Einheit der Elektricitätsmenge diejenige Menge angesehen, welche auf eine

[1]) Nach einem im Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin am 23. Mai 1887 gehaltenen Vortrage.

gleich grosse in der Entfernung 1 befindliche die Kraft 1 ausübt. Die hierdurch von der Proportionalitätsconstanten befreite Gleichung

$$f = \frac{e \cdot e'}{r^2}$$

führt dazu, ein beliebiges elektrisches Quantum mit der angegebenen Einheit zu vergleichen, sobald nur die Entfernung der beiden Quanta und die Grösse der zwischen ihnen ausgeübten Kraft ermittelt ist. Dabei ist über die Natur des der Messung zu Grunde liegenden Agens nichts vorausgesetzt. Als Krafteinheit wird dieselbe benutzt, welche bei den Gravitationswirkungen materieller Körper auf einander zur Anwendung kommt. Es ist vielleicht nicht überflüssig, hier an die Veranschaulichung zu erinnern, welche E. Mach von der Einheit der Elektricitätsmenge gegeben hat. Die Masse von 1 g erhält durch die Erdschwere eine Beschleunigung von 981 cm, wird also mit einer Kraft von 981 (oder rund 1000) Krafteinheiten angezogen. Man denke sich nun zwei kleine Körperchen von je 1 g Gewicht an vertikalen Fäden von 5 m Länge so aufgehängt, dass sie sich berühren. Werden beide gleich stark elektrisch und entfernen sich hierbei um 1 cm von einander, so ist ihre Ladung gleich der (elektrostatischen) Einheit der Elektricitätsmenge, denn ihre gegenseitige Abstossung hält dann der Schwerkraft-Componente von rund 1 mg das Gleichgewicht. Oder man denke sich ein sehr kleines Kügelchen an einer Wage äquilibriert, darunter ein zweites in 1 cm Entfernung. Werden beide gleich stark elektrisiert, und bedarf es eines Zuleggewichtes von 1 mg, um von neuem Gleichgewicht herzustellen, so enthält auch hierbei jedes Kügelchen (rund) die Einheit der Elektricitätsmenge.[2])

Mit dem Begriff der Elektricitätsmenge hängt aufs engste derjenige der elektrischen Dichte zusammen. Wenn gleichförmige Verteilung (auf einer Kugelfläche) vorausgesetzt wird, so bedeutet Dichte diejenige Elektricitätsmenge, welche sich auf der Flächeneinheit befindet. Bei ungleichförmiger Verteilung ist dafür das Verhältnis der Elektricitätsmenge an einer bestimmten Stelle zu der Grösse des Flächenelements, auf welchem sie sich befindet, zu setzen.

Endlich schliesst sich hier der oft missbräuchlich und in verschiedenster Bedeutung angewendete Begriff der elektrischen Spannung an. Um völlige Klarheit zu erzielen, ist an die mechanische Bedeutung dieses Begriffs anzuknüpfen. Ein Faden, der über eine feste Rolle geführt und an jedem Ende mit einem Gewicht von 1 kg belastet ist, erfährt eine Spannung von 1 kg. Dasselbe findet statt, wenn ein Faden am oberen Ende befestigt und am unteren Ende 1 kg angehängt wird; die Reaktionswirkung am festen Ende ersetzt hier das zweite Gewicht von 1 kg. Das Wort Spannung bedeutet also, seinem herkömmlichen Sinne nach, einen Druck oder Zug, der durch ein Gewicht gemessen wird. Daher wird auch der Druck, den ein eingeschlossenes Gas auf die Begrenzung seines Volumens, die Wandung des Gefässes u. s. w. ausübt, als Spannung des Gases bezeichnet.

Dem bisher Gesagten entspricht es, wenn elektrische Spannung definiert wird als der Druck, den ein bestimmter Teil der Oberfläche eines Conductors in Folge der abstossenden Kraft der gesamten übrigen Elektricität auf die an dieser Stelle befindliche erfährt; gemessen wird dieser Druck durch diejenige Kraft, welche auf die Einheit der Oberfläche ausgeübt werden würde, also durch so und so viel Pfund per Quadratzoll oder so und so viel Gramm per Quadratcentimeter (*Maxwell, El. and Magn. 1. §. 48*). Diese Definition ist vollständig unabhängig von

[2]) E. Mach, Über die Grundbegriffe der Elektrostatik. Vortrag, geh. auf der internat. elektr. Ausstellung in Wien am 4. Septbr. 1883, abgedruckt in „Lotos", Jahrb. f. Naturw., 1884.

der Vorstellung, die man sich im übrigen über die Beschaffenheit des Agens und die Art des Zustandekommens der beobachteten Wirkung bilden mag. Man muss sich demzufolge bei dem Begriff der Spannung vergegenwärtigen, dass eine dünne metallene Hohlkugel oder besser noch eine Seifenblase, wenn sie elektrisiert wird, eine wirkliche mechanische Einwirkung erfährt, durch welche ihre Oberfläche in der Richtung der Normale nach aussen getrieben wird. Die Grösse dieses Druckes lässt sich in gewissen Fällen leicht berechnen; sie beträgt z. B. für eine Kugel von 1 cm Durchmesser, die mit Hülfe einer Elektrisiermaschine von 30 cm Funkenlänge geladen ist, etwa $^1/_{70}$ einer Atmosphäre (Serpieri). Ein hierauf bezüglicher Versuch ist bereits durch Van Marum angestellt worden; er beobachtete, dass ein mit Wasserstoff gefüllter Ballon, wenn er elektrisiert wurde, sich leichter erwies und eine grössere Steigkraft gewann.[3])

Nicht selten findet man Spannung und Dichte wie gleichbedeutende Begriffe gebraucht.[4]) Aber abgesehen von der verschiedenen Definition zeigt schon eine elementare Überlegung, dass Spannung und Dichte nicht einmal einander proportional sind. Wird etwa die Dichte auf einer Oberfläche verdoppelt, so verdoppelt sich sowohl die Menge der an einer bestimmten Stelle befindlichen Elektricität als auch die Menge der gesamten übrigen Elektricität, von der jene abgestossen wird. Die Spannung wächst also mit dem Quadrat der Dichte.[5])

Man könnte geneigt sein, durch den Begriff der Spannung auch die Intensität eines elektrischen Zustandes gekennzeichnet zu finden. Dass dies aber nicht in zureichender Weise der Fall ist, geht schon daraus hervor, dass die Spannung an einer bestimmten Stelle wesentlich von der Dichtigkeit an dieser Stelle abhängt und also bei nicht kugelförmigen Conductoren für verschiedene Stellen im allgemeinen verschiedene Werte besitzt. Vielmehr hat sich zur Kennzeichnung der Intensität bekanntlich am geeignetsten der Begriff des Potentials erwiesen, dessen Wert für den Fall des elektrischen Gleichgewichts, also bei elektrostatischen Erscheinungen, für alle Teile desselben Leiters constant ist. Doch ist der Potentialbegriff in die Elektrostatik ursprünglich nur als ein Hülfsbegriff zur Berechnung der in Wirkung tretenden Kräfte eingeführt gewesen; das Bedürfnis, ihn zur Kennzeichnung des elektrischen Zustandes zu verwenden, ist erst durch das Studium der galvanischen Erscheinungen hervorgerufen worden.

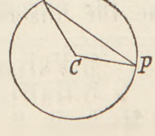
In der Lehre von der galvanischen Elektricität findet sich das Wort Spannung

---

[3]) H. Januschke, Das Prinzip der Erhaltung der Energie in der elementaren Elektricitätslehre, S. 10.

[4]) So u. a. selbst bei Fliedner (Aufgaben, 6 Aufl. XXXI 3, und Auflösungen, 6 Aufl.), der doch in seinem „Lehrbuch" eine zutreffende Definition dieser Begriffe giebt.

[5]) Eine einfache Ableitung des Wertes der Spannung für den Fall einer Kugelfläche hat W. Thomson (*Reprint of papers etc. p. 88*) gegeben. Ist σ ein Oberflächenelement am Punkte P, ω ein Raumwinkelelement bei P, welches bei H eine kleine Fläche ausschneidet, so hat diese die Grösse $\omega \,.\, (PH)^2/\cos CHP$. Die Abstossung, welche diese Fläche auf σ ausübt, ist (wenn ρ die Dichte bedeutet) gleich dem Produkt der beiden Elektricitätsmengen, dividiert durch das Quadrat des Abstandes:



$$\frac{\rho\omega \,.\, (PH)^2}{\cos CHP} \cdot \frac{\rho\sigma}{(PH)^2} = \frac{\omega}{\cos CHP} \cdot \rho^2\sigma,$$

daher die Componente der Abstossung in der Richtung des Radius CP:

$$\frac{\omega}{\cos CHP} \cdot \rho^2\sigma \,.\, \cos CHP = \omega\rho^2\sigma,$$

woraus durch Summation über die ganze Kugel folgt: $2\pi\rho^2 \,.\, \sigma$.

sehr allgemein als identisch mit Potential gebraucht; namentlich auch in elementaren Darstellungen ist es üblich, bei Darlegung des Verhaltens der Volta'schen Säule sich des Wortes Spannung zu bedienen; von diesem aber wird häufig überhaupt keine Definition gegeben, oder es wird auf die elektrostatische Definition verwiesen, die für den vorliegenden Fall nicht mehr zutrifft. Man sieht leicht, dass der Begriff der Spannung ganz neu und abweichend von dem früher festgestellten Gebrauch definiert werden müsste, wenn er sich mit dem des Potentials decken sollte. Wenn „Spannung" einen Druck bedeutet, so bezeichnet „Potential" eine Arbeitsgrösse. Es entspricht nicht sowohl der Spannung (etwa eines Bogens), als vielmehr der in dem gespannten Bogen aufgespeicherten „Spannkraft". Auch eine Proportionalität zwischen beiden ist nicht vorhanden, denn wie schon bemerkt, ist die Spannung an verschiedenen Stellen eines Conductors je nach der Dichte verschieden, das Potential dagegen constant; auf zwei Conductoren kann die Spannung gleich, das Potential aber verschieden sein, so dass die Elektricität trotz gleicher Spannung von dem einen zu dem andern übergeht, wenn man beide metallisch verbindet. —

Der Gebrauch des Wortes Spannung bei galvanischen Erscheinungen schreibt sich aus der frühesten Zeit dieses Wissenschaftszweiges her, aus einer Periode also, in welcher die Begriffe Spannung, Dichtigkeit, Elektricitätsmenge, elektrische Kraft noch nicht scharf auseinander gehalten wurden. Volta, in seiner Abhandlung *„Sull identità del fluido elettrico col fluido galvanico"* (1802), ringt danach, für die electroskopische Wirkung der durch Contakt elektrisch gewordenen Metallplatten den angemessenen Ausdruck zu finden: „la forza, l'intensità o tensione elettrica, come io la chiamo", mit diesen Worten sucht er die eigenartige Erscheinung, um die es sich handelt, zu beschreiben.[6]) Erinnert nicht die Verlegenheit des Ausdrucks aufs lebhafteste an die Art, wie Galilei an einer berühmten Stelle (mit Dühring zu reden), einen Begriff zu verdeutlichen sucht, für den er keine ihm völlig genügende Formel zu finden weiss? Dort braucht Galilei zur Erläuterung des Momentbegriffes die Wendungen: „l'impeto, il talento, l'energia o vogliamo dire il momento del discendere".[7])

Auch Biot, in dem Bericht über Volta's Versuche, den er 1801 im Namen der dazu eingesetzten Kommission dem französischen Nationalinstitut erstattete, schwankt in der Wahl der Bezeichnung. Er hat eine exakte Vorstellung davon, dass das, was „Spannung des elektrischen Fluidums" genannt wird, durch die Repulsivkraft verursacht ist, mit welcher dessen Teile sich von einander zu entfernen streben, oder mit welcher sie ein neues Teilchen, das sich ihnen verbinden wollte, wegstossen.[8]) Er ist daher vorsichtiger im Gebrauch dieses Wortes und spricht in der Darstellung der Volta'schen Theorie bald von dem „elektrischen Zustand" der Metallplatten, bald von der „Quantität" der Elektricität. Späterhin wendet er auch das Wort Spannung abweichend von der vorher gegebenen Definition an, um damit die „Quantität" der Elektricität auf einer Metallplatte zu bezeichnen.

Mit grosser Klarheit spricht sich G. S. Ohm in der berühmten kleinen Schrift *„Die galvanische Kette"* (1827) über den neuen Grundbegriff aus. Es sei gestattet, eine für unsern Zweck wichtige Darlegung daraus wörtlich anzuführen:

[6]) Volta, opere, Firenze 1816, t. II, 2, 181.

[7]) Galilei, opere, XII, 174; vgl. Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik, 3. Aufl. S. 24.

[8]) Gilbert, Annalen X, 395; vgl. auch Hoppe, Geschichte der Elektricität, S. 145.

„Um die Veränderungen, welche in der elektrischen Beschaffenheit eines Körpers *A* vorfallen, auf eine völlig bestimmte Weise verfolgen zu können, bringen wir diesen Körper jedesmal unter einerlei Umständen mit einem zweiten beweglichen Körper von unveränderlicher elektrischer Beschaffenheit, das Elektroskop genannt, in Verbindung und bestimmen die Kraft, womit das Elektroskop von dem Körper abgestossen oder angezogen wird. Diese Kraft nennen wir die elektroskopische Kraft des Körpers *A*, und um unterscheiden zu können, ob sie eine abstossende oder anziehende ist, setzen wir in dem einen Falle das Zeichen + und in den anderen das Zeichen — vor die Angabe ihres Maasses“.[9])

Nach der hier gegebenen Erläuterung, die das rein Thatsächliche an dem eingeführten Begriff mit Bestimmtheit hervortreten lässt, ist die elektroskopische Kraft Ohm's mit dem identisch, was in früheren Untersuchungen (auch von ihm selber) mit dem Worte Spannung bezeichnet worden war. Bei den von Ohm angestellten Messungen wurde anfangs eine Säule von 100 dreizölligen Plattenpaaren und kochsalzgetränkten Pappscheiben angewendet, deren freie Enden durch einen Messingdraht von $^1/_{16}'''$ Dicke und 300′ Länge verbunden waren; die elektroskopische Kraft längs des Drahtes war ihrer Grösse und Verteilung nach nur mittelst eines Condensators am Elektroskop nachzuweisen; dagegen gelang es bei Anwendung eines sehr dünnen Eisendrahtes von gleicher Länge, die Grösse und „Beweglichkeit“ jener elektroskopischen Kraft auch direkt am Elektroskop deutlich wahrzunehmen. Bei späteren Versuchen wurden 12 Becher-Elemente mit dem gleichen Erfolge benutzt. R. Kohlrausch endlich bestätigte (*Pogg. Ann. Bd. 78, 1848*) Ohm's Messungen der elektroskopischen Kraft mit Hülfe des Dellmann'schen Elektrometers durch Versuche mit einem einzigen Element, wobei der Messdraht auf einem Holzbrett zickzackförmig ausgespannt war.

Es würde ganz angemessen sein, die Ohm'sche Bezeichnung auch im Unterricht bei der Einleitung in den Galvanismus anzuwenden, wenn nicht inzwischen ein weiterer wichtiger Schritt in der Auffassung der „elektroskopischen Kraft“ oder des „elektroskopischen Zustandes“ erfolgt wäre. G. Kirchhoff hat nämlich in einer grundlegenden Abhandlung gezeigt (1849), dass die Ohm'sche Theorie der galvanischen Kette erst dadurch mit den elektrostatischen Gesetzen in Einklang gebracht wird, dass man die „elektroskopische Kraft“ als identisch mit dem annimmt, was in der Elektrostatik als das „Potential“ der Elektricität in einem Leiter bezeichnet worden ist. Demzufolge ist die Grösse, die bei der Wirkung eines elektrischen Körpers auf ein Elektroskop maassgebend ist, nichts anderes als das Potential der Elektricität in dem Körper. Eine genaue Maassbestimmung dieser Grösse ist freilich erst durch die absoluten Elektrometer von W. Thomson möglich geworden, die nach einer von Snow Harris (1834) ausgesprochenen Idee construiert worden sind, deren Prinzip aber schon weit früher von Volta, sowie von P. L. Simon (1808) und Egen (1828) bei ihren Wage-Elektrometern in Anwendung gebracht worden ist.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass sowohl Ohm als Kirchhoff auch nach der Einführung der „elektroskopischen Kraft“ noch von elektrischer Spannung reden; aber sie bezeichnen damit nicht diese elektroskopische Kraft oder das Potential, sondern den „Unterschied der elektroskopischen Kräfte“ oder den „Unterschied der Werte des Potentials“ in zwei Körpern. Damit ist eine dritte

---

[9]) G. S. Ohm, die galvanische Kette. Berlin 1827, S. 87.

Bedeutung des vielgestaltigen Begriffes aufgestellt, die aber auch nicht mehr der ursprünglichen Vorstellung von der Spannung als von einem Drucke entspricht. In der Wissenschaft und in der Technik mag der verschiedene Gebrauch eines und desselben Wortes keinen so grossen Nachteil mit sich bringen, weil der Kundige leicht übersicht, mit welcher Bedeutung er es im gegebenen Falle zu thun hat. Anders beim Unterricht, wo auf Klarheit und Eindeutigkeit der Begriffe zu halten ist. Der Gebrauch des Wortes Spannung sollte daher auf die erste Definition (Spannung = Druck) beschränkt bleiben. Wollte man dennoch, der historischen Tradition zu Liebe, das Wort „Spannung" auch in dem Sinne von „Potential" anwenden, so würde es wenigstens durch die genauere Bezeichnung „Volta'sche Spannung" von jener ersten Bedeutung zu unterscheiden und neu zu definieren sein. Diese wie auch die dritte Definition (Spannung = Potentialdifferenz) sollte nur erwähnt werden, um den historischen Ausdruck „Spannungsreihe" und den technischen Gebrauch des Wortes zu erläutern.

Wenn es sich nun aber darum handelt, den elektrischen Zustand an den verschiedenen Stellen einer galvanischen Kette, also die elektroskopische Kraft Ohm's, mit einem einfachen Ausdruck zu bezeichnen, so bietet sich dafür, dem oben angedeuteten Entwicklungsgang der Wissenschaft zufolge, eben der Ausdruck „elektrisches Potential" als durchaus sachgemäss dar. Dies ist nicht so zu verstehen, dass im Unterricht mit der exakten analytischen Definition dieses Begriffes begonnen oder auch nur die Beziehung zum Energiebegriff von vornherein klargelegt werden soll. Die Sache steht vielmehr so, dass der Potentialbegriff selber durch die Anwendung auf den elektrischen Zustand der abstrakt analytischen Sphäre, in welcher er entstanden war, entrückt und in Beziehung zu einer sachlich anschaulichen Unterlage gesetzt wurde. Der Wert des Potentials in einem Leiter ist demnach als ein Merkmal des elektrischen Zustandes anzusehen in dem gleichen Sinn, in welchem die Temperatur als Merkmal des thermischen Zustandes gilt. Potential bezeichnet daher soviel wie Grad, Stärke, Intensität des elektrischen Zustandes und deckt sich völlig mit dem, was von Volta „intensità", von Pfaff (in Gehler's Wörterbuch) und auch von Fechner „elektrische Intensität" genannt worden ist. Man hat sich überdies zu vergegenwärtigen, dass auch jene mathematische Funktion, als welche das Potential in der mathematischen Physik zuerst auftrat, ihrer ursprünglichen Bedeutung nach dazu gedient hat, einen gewissen Zustand an einer bestimmten Stelle des Raumes zu kennzeichnen[10]); und dass mit der Beziehung auf die Energie, im Arbeitsäquivalent, nur die eine Seite des Begriffes erschöpft, die eigentlich qualitative Seite aber, die das Besondere dieses Zustandes ausmacht, unberücksichtigt gelassen wird. Es erscheint daher sowohl durch die Natur der Sache als durch die historische Entwicklung völlig gerechtfertigt, wenn bei der Einleitung in den Galvanismus die folgende Definition zu Grunde gelegt wird:

> Elektrisches Potential heisst der elektrische Zustand eines Körpers, wie er sich durch die Wirkung auf ein Elektroskop (oder Elektrometer) zu erkennen giebt.[11])

---

10) Von Professor E. Mach werde ich darauf aufmerksam gemacht, dass er ebenfalls in einem Aufsatz „Über Guébhard's Darstellung der Aequipotentialcurven" (Sitz.-Ber. d. Wien. Akad. Bd. 86, S. 13) die Funktion φ, welche der Gleichung $\Delta\varphi = 0$ entspricht, als Kennzeichen eines bestimmten Zustandes, sei es der Wärme, der Elektricität oder der Strömung, charakterisiert hat.

11) Noch allgemeiner würde es anscheinend sein, wenn man „Potential" als diejenige Eigenschaft elektrischer Körper definierte, vermöge welcher bei der Berührung Elektricität von

Wollte man einer deutschen Bezeichnung den Vorzug geben, so würde hierfür nach dem vorher Gesagten nicht das Wort „Spannung“, sondern schlechthin „elektrischer Zustand“ oder „Grad des elektrischen Zustandes“, oder auch „Elektricitätsgrad“ in Betracht kommen.

An die gegebene Definition schliessen sich ferner die folgenden:

1. Zwei Körper haben gleiches (elektrisches) Potential, wenn sie in Verbindung mit einem und demselben Elektrometer einen gleichen Ausschlag hervorrufen.
2. Ein Körper hat ein höheres (elektrisches) Potential als ein anderer, wenn er an demselben Elektrometer einen stärkeren Ausschlag hervorruft als dieser. Potentiale von positiver und solche von negativer Elektricität sind wie entgegengesetzte Grössen zu behandeln.

Dabei ist zu bemerken, dass der Ausschlag des Elektrometers zunächst nicht als ein Maass, sondern nur als ein Merkmal des elektrischen Zustandes angesehen werden darf — ebenso, wie dies von E. Mach bezüglich der Messung des Wärmezustandes durch das Thermometer ausgeführt worden ist (Heft 1 S. 4). Die Angaben des Elektrometers führen daher zunächst nur zu einer Zahlenreihe, welche den Graden des elektrischen Zustandes zugeordnet ist und durch Anwendung eines Condensators nach beiden Richtungen hin beliebig ausgedehnt werden kann. (Schon Volta hatte eine Reihe von immer empfindlicheren Wage-Elektrometern so zusammengestellt, dass er damit eine Skala von 1450 „Graden“ beherrschte). Auch hier ist aber ein glücklicher Umstand von Nutzen: ein für elektrometrische Messungen viel verwendeter Apparat, das Thomson'sche Quadranten-Elektrometer, zeigt in seinen Ausschlägen innerhalb gewisser Grenzen völlige Proportionalität mit den absoluten Werten des Potentials, wie sie einer genauen analytischen Bestimmung entsprechen. Es ist daher dieses Elektrometer in einer für diesen Zweck vereinfachten Form, auch vorzugsweise dazu geeignet, zur experimentellen Erläuterung jener Definitionen und zur Vorführung der daran sich schliessenden elektrischen Thatsachen beim Unterrichte zu dienen.

Die Sätze über das Potential gestalten sich auf diese Weise völlig analog denen, welche für die Temperatur gelten. Ueberdies ist es auch für die elementarste Betrachtung empfehlenswert, darauf hinzuweisen, dass sich die gewöhnlichen Elektroskope und Elektrometer zum absoluten Elektrometer gerade so verhalten, wie die Thermoskope und die sonstigen Thermometer zum Luftthermometer; dass Thomson's Quadranten-Elektrometer für die Elektricität dieselbe Rolle spielt, wie das Differential-Thermometer für die Wärme u. s. f.

---

dem einen auf den andern übergeht; doch würde damit praktisch nichts gewonnen sein, da man zur Constatierung der eingetretenen Veränderung doch ein elektrometrisches Verfahren einzuschlagen genöthigt sein wird.

Der Einwand, dass die Contakt-Elektricität zwischen dem Elektrometer-Metall und dem zu prüfenden Körper der Anwendung der obigen Definition im Wege steht, ist deswegen nicht von Gewicht, weil sich Vorkehrungen treffen lassen, um diesen Einfluss zu beseitigen oder besonders in Rechnung zu ziehen.

Erheblicher ist der Umstand, dass das Potential eines elektrisch geladenen Körpers durch Abgabe eines Teils der Ladung an das Elektrometer eine Verminderung erfährt; doch wird durch diesen Umstand der Wert der elektrometrischen Messung ebensowenig endgültig beeinträchtigt, wie derjenige der thermometrischen Messung durch die Thatsache, dass zwischen dem Thermometer und dem zu untersuchenden Körper ein Wärmeausgleich stattfindet.

Man kann einwenden, dass die Elektrometer keine solchen Fixpunkte besitzen, wie das Thermometer. Aber das Wesentliche, was beiden gemeinsam ist, besteht eben darin, dass bei beiden nach einer willkürlich gewählten empirischen Einheit gemessen wird; diese Einheit ist in dem einen Fall der hundertste Theil der Länge, um welche sich eine gegebene Quecksilbermasse in einem Rohr von gegebener Weite ausdehnt — im andern Fall der Ausschlag, welchen ein Elektrometer von gegebenen Dimensionen anzeigt, wenn die durch ein Daniell'sches Element dargestellte Potentialdifferenz darauf einwirkt. Eine Proportionalität der Angaben des Instruments mit dem Grade des zu messenden Zustandes ist in keinem von beiden Fällen an und für sich verbürgt. Auch begnügt man sich in Wissenschaft wie Technik im allgemeinen mit den empirischen Angaben der beiden Arten von Instrumenten; im besonderen wird die praktische Messung von Potentialen in der Regel dadurch bewirkt, dass bei einem den Leistungsbereich des Apparats übersteigenden Betrage eine Gegenschaltung von bekannten elektromotorischen Kräften nach dem Prinzip der Wage vorgenommen wird, so dass nur der etwa überschiessende Bruchteil eines Daniell am Elektrometer gemessen zu werden braucht. Nur wo es sich um absolute Maassbestimmungen handelt, ist die Umsetzung der gefundenen Werte in Einheiten des absoluten Maasssystems oder die Anwendung von Messapparaten besonderer Art erforderlich. Messungen solcher Art gehen aber über das Bedürfnis einer ersten Einführung in den Galvanismus im Schulunterricht hinaus.

Die Analogie mit der Wärme liefert auch eine willkommene Bekräftigung für die eben vorgetragene Auffassung des Potentials; denn das Wort „Temperatur“ ist lange gebraucht worden und wird noch heute gebraucht lediglich als Bezeichnung für den „Wärmezustand“, in welchem sich ein Körper befindet. Es ist ein eigentümlicher Gegensatz, dass sich für den Begriff „Temperatur“ erst spät eine exakte, absolute Definition herausgebildet hat, während der Gebrauch des Wortes „Potential“ mit der mathematischen Definition anhob und erst lange nachher eine Identifikation mit dem „elektrischen Zustande“ erfahren hat. Diese Verschiedenheit des historischen Ganges ist indessen nur scheinbar; denn auch in der Lehre vom Galvanismus ist der Begriff des „elektrischen Zustandes“ dem der genaueren Bestimmung dieses Zustandes durch den Potentialbegriff vorausgegangen. Die Analogie von Wärme- und Elektricitätsleitung ist übrigens schon von Ohm hervorgehoben und bei der theoretischen Ableitung seines Gesetzes benutzt worden. Noch heut wird man gut thun, zur Erläuterung des Ohm'schen Gesetzes die Erscheinungen bei der Wärmefortpflanzung heranzuziehen. Diese Analogie ist geeigneter als die beliebte hydrodynamische, so fruchtbar auch die Vorstellung der verschiedenen Niveauhöhen ist, um die Erhaltung einer constanten Potentialdifferenz unter dem Einflusse der elektromotorischen Kraft zu veranschaulichen. Für den Strömungsvorgang aber ist diese Analogie um so weniger dienlich, als sie nur unter ganz besonderen Bedingungen zutrifft, die weder experimentell noch rechnungsmässig der elementaren Behandlung zugänglich sind[12]).

Die Analogie von Wärme und Elektricität führt endlich dazu, auch auf die Unterschiede zwischen ihnen aufmerksam zu machen; in dieser Hinsicht ist namentlich das Verhalten eines erwärmten Körpers im Innern einer Hohlkugel

[12]) Poiseuille's Gesetz für Flüssigkeitsströmung durch enge Röhren ist als das wahre Analogon des Ohm'schen Gesetzes zu betrachten, vgl. E. Riecke, *Über einige Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrischen Erscheinungen. Gött. Nachr. 1887, No. 1.*

zu vergleichen mit dem Verhalten eines elektrischen Körpers in gleicher Lage. Zweitens ist auf die Verschiedenheit zu achten, welche durch das Vorhandensein einer verschiedenen Wärmecapacität der Körper bedingt wird, während die elektrische Capacität zwar von der Anwesenheit benachbarter Leiter, aber nicht von dem Stoffe des Körpers, dem sie zugehört, abhängig ist.

Durch die im Vorstehenden auseinandergesetzte anschauliche Fassung des Potentialbegriffes soll dessen mathematisch-mechanische Deutung nicht ausgeschlossen sein; vielmehr enthält die Art, wie dieser Begriff eingeführt wird, selbst schon den Hinweis und die Forderung, dass die vorläufige empirische Messung durch eine solche nach absolutem Maass zu ersetzen ist. Wie die Darstellung dieses Zusammenhanges zu geschehen hat, und in welchem Umfange der Begriff der Energie auch beim Unterrichte in der Elektricitätslehre zur Geltung zu bringen ist, dies festzustellen wird eine der nächsten und wichtigsten Aufgaben dieser Zeitschrift sein.

Die Überleitung von der empirischen zu der mathematischen Definition des Potentials wird etwa auf folgende Art vorgenommen werden können. An die gegebene Definition schliessen sich unmittelbar die beiden durch Versuche nachzuweisenden Erfahrungsthatsachen:

1. Werden zwei Körper von gleichem Potential mit einander leitend verbunden, so geht keine Elektricität von dem einen auf den andern über.
2. Werden zwei Körper von ungleichem Potential mit einander leitend verbunden, so geht (positive) Elektricität von dem Körper mit höherem Potential zu demjenigen mit niedrigerem Potential über. — Ein besonderer Fall hiervon ist die Ableitung eines (positiv oder negativ) elektrischen Körpers zur Erde.

Man kann nun einen elektrisierten Leiter in der Weise allmählich entladen denken, dass durch Berührung mit einem zweiten Leiter der anfangs vorhandene Elektricitätsgrad n successive um je 1 vermindert wird; der zweite Leiter wird dann von dem ersten abgestossen werden und eine Geschwindigkeit annehmen, welcher ein gewisser Betrag von geleisteter Arbeit entspricht. Auf diese Weise wird die Vorstellung erzeugt, dass ein jeder Elektricitätsgrad auf einem Leiter ein bestimmtes Arbeitsquantum repräsentiert. Man sieht auch sofort, dass dieses Arbeitsquantum um so grösser sein muss, je höher der Elektricitätsgrad des in Betracht kommenden Körpers ist. Daraus lässt sich weiter folgern, dass, um einen und denselben Körper bis zu einem gewissen Elektricitätsgrad n zu laden, eine um so grössere Arbeit erforderlich ist, je höher dieser Elektricitätsgrad ist. Es ist ferner leicht einzusehen, dass der Betrag dieser Arbeit nicht nur von dem Elektricitätsgrad, sondern auch von der auf dem Körper befindlichen Elektricitätsmenge (bezw. von der Capacität des Körpers) abhängig, und zwar dass er dieser Elektricitätsmenge proportional ist. Als Maass des elektrischen Zustandes würde daher diejenige Arbeit angesehen werden können, die erforderlich ist, um die Elektricitätsmenge 1 auf diesen Zustand zu bringen. Statt dessen ist man übereingekommen, als Maass des elektrischen Zustandes die Arbeit anzunehmen, die erforderlich ist, um die Elektricitätsmenge 1 (bez. einen damit geladenen Körper) an den Körper heranzubringen, der bereits den Elektricitätsgrad n besitzt; diese Arbeit ist, wie eine elementare Betrachtung zeigt, das Doppelte derjenigen Arbeit, welche im vorigen Fall erforderlich war. Man kann endlich die Hinzuziehung des

Begriffes der Elektricitätsmenge ganz vermeiden, indem man die als Maass des elektrischen Zustandes eingeführte Arbeit auf eine Kugel vom Radius 1 cm bezieht, welche mit dem zu untersuchenden Körper in elektrischem Gleichgewicht steht. Das Potential 1 würde hiernach demjenigen Körper zukommen, bei welchem diese Arbeit (in absoluten Maasse) den Wert 1 hat. Damit ist die genauere Maassbestimmung gegeben, welche an die Stelle der anfänglichen empirischen Messung des Potentials zu treten hat, ohne dass jedoch deren eigentümlich anschaulicher Charakter dadurch beeinträchtigt zu werden braucht.

Ein Wellenapparat zur Demonstration der Zusammensetzung von zwei und mehreren Transversalwellen mit stetiger Änderung des Gangunterschiedes.

Von

Prof. Dr. **L. Pfaundler** in Innsbruck.

Der hier zu beschreibende Apparat, welcher auf der Wiesbadener Naturforscherversammlung ausgestellt war, ist als eine Verbesserung des vom Verfasser in dem Müller-Pouillet'schen Lehrbuche (9. Aufl. I, 655 und 811) publizierten und abgebildeten Apparates anzusehen. Vor ähnlichen Wellenapparaten, welche schon früher von Dove und Brücke, später auch von Weinhold angegeben worden sind, hat dieser zwei Vorteile voraus. Einmal ist er so eingerichtet, dass, während die zusammengesetzte Welle fertig erscheint, stetige Änderungen am Gangunterschiede der zusammensetzenden Wellen hervorgebracht und demnach der Einfluss dieser Gangunterschiede auf die Form der resultierenden Welle besser gezeigt werden kann. Dann aber ist er noch mit einer Einrichtung versehen, um für gewisse wichtige Fälle die Zusammensetzung der resultierenden Welle mit weiteren, successive hinzugefügten Wellen demonstrieren zu können. Als Beispiel ist dabei die Zusammensetzung der Welle eines Grundtons mit den Wellen der ungeradzahligen Obertöne gewählt, welche bekanntlich bei den stehenden Wellen schwingender Saiten eine wichtige Rolle spielt.

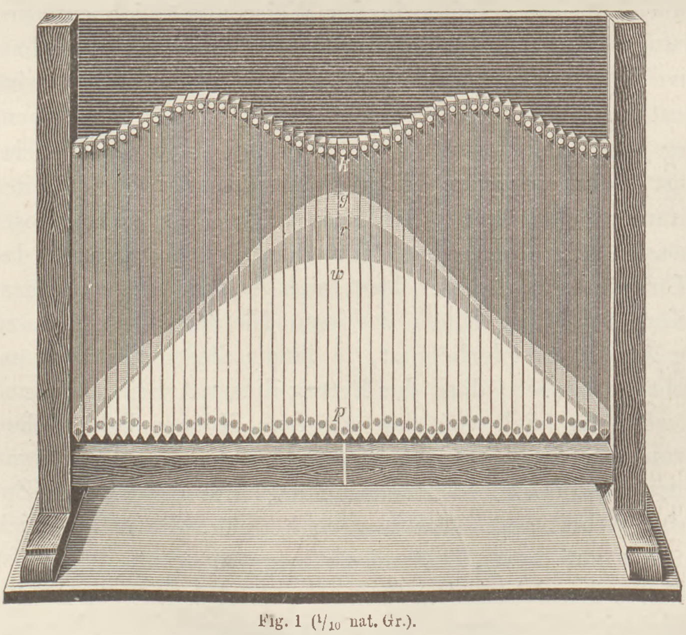


Fig. 1 (1/10 nat. Gr.).

Der Apparat (Fig. 1) besteht aus einem Holzgestelle mit vertikaler schwarz gefärbter Rückwand, vor welcher 49 Holzstäbchen mit quadratischem Querschnitte in senkrechter Lage nahe an einander stehend auf und abbewegt werden können. In der Anfangslage stehen die unteren Kanten dieser Stäbchen alle auf einer horizontalen Leiste auf, über welche sie nach vorne um die halbe Dicke hervorragen. Die oberen Enden der Stäbchen tragen weisse Knöpfe (*k*), welche bei dieser Lage eine doppelte Sinuswelle darstellen. Die Führung der Stäbchen ist durch ebenso viele vertikale Schlitze in der Rückwand bewerkstelligt, in welche von jedem Stäbchen zwei Metallstifte hineinragen, die durch Schraubenmuttern an der Hinterseite vor dem Hervorfallen gesichert sind. Die Vorderseite der Stäbchen ist im oberen Teile geschwärzt, im mittleren Teile sind mehrere Curven aufgetragen und durch Färbung der dazwischen liegenden Flächen weithin sichtbar gemacht. Gegen das untere Ende endlich ist noch eine rotgefärbte Punktreihe (*p*) in Form einer Welle geringerer Wellenlänge aufgetragen.

Die auf den Stäbchen in der Anfangslage (Fig. 1) ersichtlichen Wellen sind folgende:

1. Eine doppelte Welle, gebildet durch die weissen Knöpfe (*k*), von der Wellenlänge $\lambda = 36$ cm und der Amplitude $a = 3$ cm.
2. Eine weiss bemalte halbe Welle (*w*) von der Wellenlänge $\lambda = 144$ cm und der Amplitude $A = 25$ cm.
3. Eine rot punktierte 6 fache Welle (*p*) von der Wellenlänge $\lambda = 12$ cm und der Amplitude $\alpha = 1$ cm.
4. Eine rot bemalte Curve (*r*) } beide von unten zu besprechender Wellenform.
5. Eine gelb bemalte Curve (*g*) }

Um die Zusammensetzung der Wellensysteme zu bewerkstelligen, wird dann, wie Fig. 2 zeigt, eine der sieben dem Apparate beigegebenen Wellenschablonen aus Holz unter den Stäbchen eingeschoben und durch Hin- und Herziehen derselben der gewünschte Gangunterschied hervorgebracht.

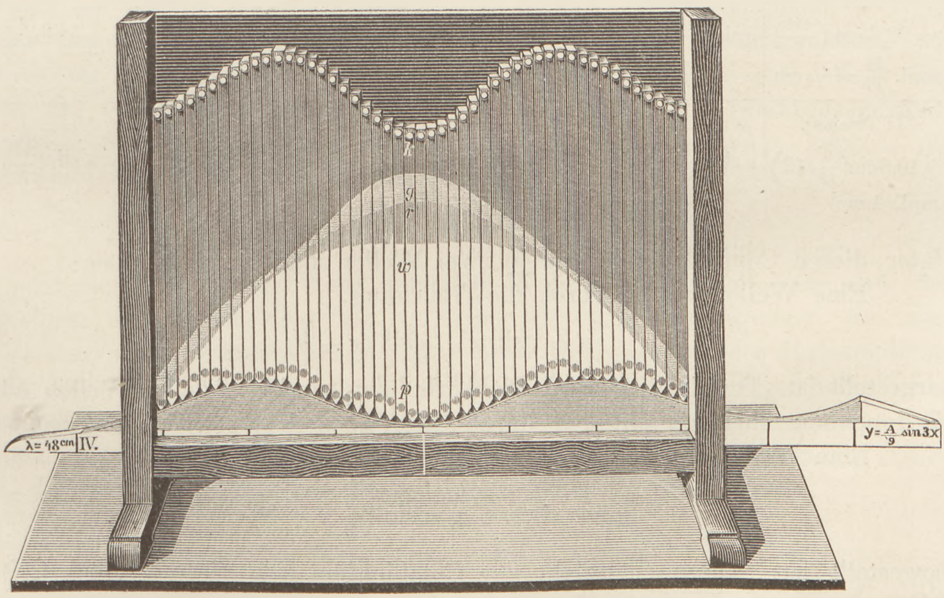


Fig. 2 (1/10 nat. Gr.).

Diese Wellenschablonen sind teils weiss, teils rot, gelb oder orangefarbig bemalt und entsprechen Wellensystemen von verschiedener Wellenlänge und Amplitude. Die folgende Tabelle enthält sämtliche 21 Kombinationen, welche sich zwischen diesen Wellen und den auf den Stäbchen gezeichneten herstellen lassen.

Übersicht der Combinationen von je zwei Wellen.

Wellen-schablonen	Weisse Knopfreihe. Wellenlänge 36 cm Amplitude $a = 3$ cm	Weiss bemalte grosse Halbwelle. Wellenlänge 144 cm Amplitude $A = 25$ cm	Rot punktierte Welle. Wellenlänge 12 cm Amplitude $\alpha = 1$ cm
I (weiss). $\lambda = 36$ cm Ampl. 3 cm	$y =$ $a \sin x + a \sin (x + \vartheta)$	$y =$ $A \sin x + \frac{3}{25} A \sin (4x + \vartheta)$	$y =$ $\alpha \sin x + 3\alpha \sin \left(\frac{1}{3} x + \vartheta\right)$
II (weiss). $\lambda = 24$ cm Ampl. $^3/_2$ cm	$a \sin x + \frac{1}{2} a \sin \left(\frac{3}{2} x + \vartheta\right)$	$A \sin x + \frac{3}{50} A \sin (6x + \vartheta)$	$\alpha \sin x + \frac{3}{2} \alpha \sin \left(\frac{1}{2} x + \vartheta\right)$
III (weiss). $\lambda = 18$ cm Ampl. $^3/_2$ cm	$a \sin x + \frac{1}{2} a \sin (2x + \vartheta)$	$A \sin a + \frac{3}{50} A \sin (8x + \vartheta)$	$\alpha \sin x + \frac{3}{2} \alpha \sin \left(\frac{2}{3} x + \vartheta\right)$
IV (rot). $\lambda = 48$ cm Ampl. $^{25}/_9$ cm	$a \sin x + \frac{25}{27} a \sin \left(\frac{3}{4} x + \vartheta\right)$	$A \sin x + \frac{1}{9} A \sin (3x + \vartheta)$	$\alpha \sin x + \frac{25}{9} \alpha \sin \left(\frac{1}{4} x + \vartheta\right)$
V (gelb). $\lambda = 28{,}8$ cm $\left(\frac{144}{5}\right)$ Ampl. 1 cm	$a \sin x + \frac{1}{3} a \sin \left(\frac{5}{4} x + \vartheta\right)$	$A \sin x + \frac{1}{25} A \sin (5x + \vartheta)$	$\alpha \sin x + \alpha \sin \left(\frac{5}{12} x + \vartheta\right)$
VI (orange). $\lambda = 20{,}6$ cm $\left(\frac{144}{7}\right)$ Ampl. $\frac{25}{49} = {}^1/_2$ cm	$a \sin x + \frac{1}{6} x \sin \left(\frac{7}{4} x + \vartheta\right)$	$A \sin x + \frac{1}{49} A \sin (7x + \vartheta)$	$\alpha \sin x + \frac{1}{2} \alpha \sin \left(\frac{7}{12} x + \vartheta\right)$
VII (weiss). $\lambda = 10{,}8$ cm $\left(\frac{9}{10} \cdot 12\right)$ Ampl. 1 cm	$a \sin x + \frac{1}{3} a \sin \left(\frac{10}{3} x + \vartheta\right)$	$A \sin x + \frac{1}{25} A \sin \left(\frac{40}{3} x + \vartheta\right)$	$\alpha \sin x + \alpha \sin \left(\frac{10}{9} x + \vartheta\right)$

Unter diesen Combinationen von je zwei Wellen sind hervorzuheben:

Eine Welle, welche durch die Gleichung

$$y = a \sin x + a \sin (x + \vartheta)$$

dargestellt ist. Durch diese wird die Aufhebung zweier gleichen Wellen oder die Verdoppelung ihrer Amplituden durch Interferenz demonstriert (*Unisono*).

Eine Welle, welche durch die Gleichung

$$y = a \sin x + \frac{1}{2} a \sin \left(\frac{3}{2} x + \vartheta\right)$$

dargestellt ist: Diese entspricht der Combination von *Grundton* und *Quinte* mit halber Amplitude der letzteren.

Eine Welle, welche durch

$$y = a \sin x + \frac{1}{2} a \sin (2x + \vartheta)$$

dargestellt wird, entsprechend der Combination von *Grundton* und *Oktave* (von halber Amplitude.)

Diese drei Wellen erscheinen an der weissen Knopfreihe. (Es wird sich beim Unterricht empfehlen, den nicht benutzten Teil des Apparates vorläufig zu verhüllen.)

Die nun folgende Combination erscheint an der roten Punktreihe:

Eine Welle dargestellt durch

$$y = \alpha \sin x + \alpha \sin \left(\frac{10}{9} x + \vartheta\right),$$

entsprechend dem Tonintervall $^{10}/_{9}$ (eines *ganzen Tones*), zugleich zur Demonstration der Stösse geeignet.

Zu sämtlichen bisherigen Combinationen dienen die weissbemalten Wellenschablonen. Zu der nun folgenden Reihe von Experimenten gehören die rot, gelb und orange bemalten Holzschablonen und überdies zwei Schablonen aus Pappe. Es handelt sich dabei um successive Zusammensetzung der den ungraden Obertönen entsprechenden Wellen mit der grossen Halbwelle, welche durch die weisse Fläche auf den Stäbchen dargestellt ist.

Man schiebt zunächst die rote Schablone IV ein; kommt dabei das Wellenthal in die Mitte zu stehen, so entsteht die Fig. 2, entsprechend der Gleichung

$$y = \mathrm{A} \sin x + \frac{1}{9} \mathrm{A} \sin 3x .$$

Schiebt man aber den Wellenberg in die Mitte, so entsteht die Welle:

$$y = \mathrm{A} \sin x - \frac{1}{9} \mathrm{A} \sin 3x,$$

welche sich schon etwas der Form eines gleichschenkligen Dreiecks nähert. Diese nämliche Welle ist auf einer Pappschablone kopiert; wie man sich überzeugt, indem man die letztere vor die weisse Fläche hinhält. Jetzt zieht man die Holzschablone heraus und zeigt, dass dieselbe Welle in der Anfangsstellung des Apparates rot aufgemalt ist (*r* in Fig. 1). — Nun gibt diese rote Welle den Ausgang zur Combination mit der gelben Holzschablone V. Dadurch entsteht, wenn wiederum ein Wellenberg derselben in die Mitte zu stehen kommt, die dreifachcombinierte Welle von der Gleichung:

$$y = \mathrm{A} \sin x - \frac{1}{9} \mathrm{A} \sin 3x + \frac{1}{25} \mathrm{A} \sin 5x;$$

diese, jetzt durch die rote Fläche formierte Welle, welche sich noch mehr der Dreiecksform nähert, ist wiederum auf einer Pappschablone kopiert, wie man durch Vorsetzen der letzteren zeigt. Nach dem Herausziehen der Holzschablone erscheint dieselbe Welle gelb bemalt auf dem in der Anfangslage befindlichen Apparate (*g* in Fig. 1). Endlich wird noch die orangefarbige Holzschablone eingeschoben. Es formiert sich, sobald wieder ein Wellenberg in die Mitte zu stehen kommt, die vierfach combinierte Welle entsprechend der Gleichung:

$$y = \mathrm{A} \sin x - \frac{1}{9} \mathrm{A} \sin 3x + \frac{1}{25} \mathrm{A} \sin 5x - \frac{1}{49} \mathrm{A} \sin 7x,$$

welche noch mehr der Dreiecksform sich nähert, als die früheren. Es ist dann leicht plausibel zu machen, dass durch Fortsetzung des Verfahrens sich die noch abgerundete Kuppe in der Mitte immer mehr zuspitzen muss, da immer schmälere Wellenberge dort sich übereinanderhäufen werden. Damit ist es also ermöglicht, die aus dem Fourier'schen Theoreme für die Form einer schwingenden Saite abzuleitenden Folgerungen durch den Versuch zu veranschaulichen.

Der Fachmann wird ausser den hier angegebenen Demonstrationen noch manche andere mit dem Apparate anzustellende herausfinden; auch lassen sich leicht noch weitere Holzschablonen anfertigen. Eine in Fig. 1 und 2 nicht eingezeichnete, nachträglich am Apparate angebrachte gerade weisse Linie gestattet ausserdem die Entstehung einer Transversalwelle durch Einschieben einer Holzschablone zu demonstrieren.

Die Firma Leybold's Nachfolger in Köln wurde von mir ausschliesslich autorisiert, den Apparat in der hier beschriebenen Form herzustellen.

Apparate zur Wärmelehre.

Von

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

1. Ein Luftthermometer.

In der beistehenden Figur zeigt *A* die Thermometerkugel von etwa 40 mm Durchmesser. *A* ist durch die zweimal rechtwinklig gebogene Capillare *B* mit dem kurzen 8 mm weiten Rohr *C* verbunden, welches seinerseits mittels des Gummischlauchs *D* mit der ebenso weiten Glasröhre *E* communiciert. Letztere ist in der Hülse *G* mit einiger Reibung nach oben und unten verschiebbar. Im Schlauch, sowie im unteren Teil von *C* und *E*, befindet sich Quecksilber. Ueber dem Quecksilber in *C* steht Schwefelsäure von 1,8 V.G., welche durch eine Spur Zucker schwarz gefärbt worden ist, und deren Stand durch Heben und Senken der Röhre *E* bei jedem Versuch bis zum Index *K* gebracht wird.

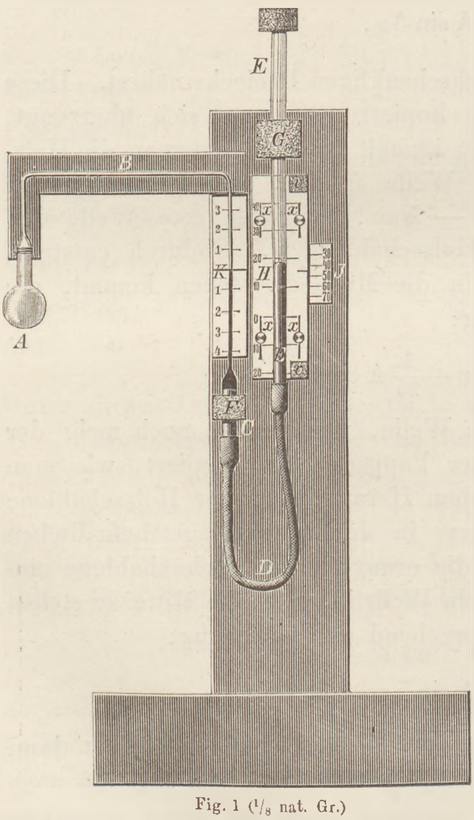


Fig. 1 (1/8 nat. Gr.)

Hinter *E* ist die verschiebbare Thermometerskala *H* angebracht, daneben die feste Millimeterskala *J* zur Correktion des Luftdrucks. Wie nun der Apparat gebraucht wird, bedarf keiner weiteren Erörterung. Das Neue an demselben ist die Einführung der Schwefelsäure als Indicator. Wegen ihres 7,6 mal kleineren V.G. ist die Einstellung ungleich schärfer und bequemer, als bei Quecksilber. So ist an dem Apparate, welchen ich benutze, die Entfernung der Gradstriche auf der Skala *H* gleich 3 mm, während der Stand der Säure bei *K* durch eine Temperaturschwankung von 1° um 19 mm geändert wird, sodass man in einem Abstande von 4 m noch eine Differenz von 0,1° erkennen kann. Zum Messen kleiner Temperaturdifferenzen dient die Skala bei *K*. Eine noch grössere Empfindlichkeit muss eintreten, wenn man durch Heben von *E* die Säure in den horizontalen Teil von *B* treibt. Indessen zeigt sich dann infolge der Dickflüssigkeit der Schwefelsäure eine störende Trägheit, sodass selbst nach 5 Minuten der Stand nicht ganz stationär wird, während die Einstellung bei K nach wenigen Sekunden erfolgt. Vielleicht lassen sich an Stelle der Schwefelsäure auch hochsiedende und dünnflüssige organische Verbindungen verwenden. Ich wählte Schwefelsäure, weil sie bis 100° so gut wie keine Dämpfe abgiebt und überdies die in der Thermometerkugel vorhandenen Wasserdämpfe absorbiert.

Man kann sich den beschriebenen Apparat leicht selber herstellen. Zu dem Zweck bläst man an das eine Ende einer 150 mm langen, 8 mm weiten Glasröhre die Thermometerkugel. Da wo der Stiel der Kugel nachher an das Gestell gebunden werden soll, macht man vor der Lampe eine leichte Einschnürung; am andern Ende lässt man die Röhre sich etwas verjüngen, um später den Schlauch bequem darauf schieben zu können. Nunmehr zieht man die Röhre in der Mitte zu einer gegen 1 mm weiten 400—500 mm langen Capillare aus, wobei man durch Stauchen der Glasmasse für eine gehörige Wandstärke zu sorgen hat. Die Biegung der Capillare geschieht mit aller Vorsicht über einem ganz kleinen Flämmchen.

Die Halter F und G bestehen aus sorgfältig gebohrten Korken; diese kittet man mittels Siegellacks auf das Hinterbrett, dessen Länge etwa 60 cm beträgt. Um das Thermometer zu befestigen, hängt man es bei der Biegung über der Kugel auf einen in den horizontalen Arm des Gestells eingetriebenen Stift und drückt dann das Ende C durch die Bohrung von F. Hierauf bindet man den Stiel der Kugel mittels feinen Drahtes gehörig fest. Über E, welches sich in einer der herrschenden Temperatur entsprechenden Stellung befindet, ist bereits das eine Ende des dickwandigen Schlauchs geschoben. Während man das andere Ende neben die Öffnung von C hält, giesst man soviel Quecksilber in den Schlauch, bis es etwa 90 mm unter dem Rande steht. Dann bringt man auf das Quecksilber 10 mm Schwefelsäure und schiebt den Schlauch über C. Schliesslich giesst man oben in E soviel Quecksilber nach, bis die Säure zum Index K gelangt. Dazu wird etwa 100 mm Überdruck erforderlich sein.

Die Skalen werden auf Streifen von Cartonpapier aufgetragen und mit Heftzwicken befestigt. Die Hauptskala H enthält oben und unten feine parallele Längsschlitze von 50 mm Länge, durch welche man die Zwicken X nicht zu fest in das Hinterbrett eintreibt, sodass sich der Streifen bequem auf und nieder schieben lässt. Korkstückchen V, die oben und unten auf die Streifen gekittet wurden, dienen dabei als Handhaben.

Zur Berechnung der Skala H stellt man auf den Index ein und beobachtet Temperatur und Luftdruck, sowie die Höhen der drückenden Quecksilber- und Schwefelsäure-Säulen. Sei T die beobachtete absolute Temperatur und D der Gesamtdruck, unter dem die eingeschlossene Luft steht, so gilt für die Druckvermehrung x, welche einer Temperaturerhöhung um 1° entspricht,

$$\frac{T+1}{T} = \frac{D+x}{D},$$

woraus sich als der Abstand der Skalenstriche für je 1° Temperaturerhöhung ergiebt

$$x = \frac{D}{T}.$$

Wenn später die Skala fertig ist, beobachtet man wieder Temperatur und Luftdruck, stellt den der Temperatur entsprechenden Strich auf die Kuppe ein und befestigt dann die Millimeterskala J derart, dass der dem Luftdruck entsprechende Strich vor dem Index auf der Hauptskala steht.

Behufs Herstellung der Nebenskala K muss das Querschnittsverhältnis der Capillare und des Rohres C bekannt sein. Angenommen es sei 1 : 100. Wird nun die Kuppe in E um einen Skalenteil gesenkt, so wird die Schwefelsäure in der Capillare etwa 20 mm sinken, mithin das Quecksilber in C um 0,2 mm. Sei die Länge eines Skalenteils a mm, so wäre die Quecksilbersäule nicht um einen, sondern um

$$1 - \frac{0,2}{a}$$

Skalenteile erniedrigt. Also muss ich die beobachtete Strecke von 20 mm auf

$$20 \cdot \frac{a}{a - 0,2} \text{ mm}$$

vergrössern, um den richtigen Abstand der Gradstriche an der Skala K zu erhalten.

Da man an der Hauptskala ohne feinere Messapparate nur bis auf 0,1° ablesen kann, hilft man sich in der Weise, dass man mittels eines dünnen Stechhebers 13,6 Striche Wasser in E bringt, resp. aus E wegnimmt und im übrigen verfährt, wie angegeben. Selbstverständlich muss die Thermometerkugel bei diesen Arbeiten in ein grösseres Wasserquantum von Zimmertemperatur eintauchen. Dann gelingt die Justierung bis auf 0,01°.

Falls die Capillare wie beschrieben durch Ausziehen hergestellt worden, also konisch ist, bestimmt man die Lage der Teilstriche an der Skala K experimentell mit Hilfe eines feinen Quecksilberthermometers, an dem man noch 0,01° ablesen kann, wie es sich an jedem guten Psychrometer befindet. Man taucht dieses und das Luftthermometer in ein Gefäss mit Wasser von Zimmertemperatur, rührt durch Einblasen von Luft gut um und stellt den Schwefelsäurefaden genau auf den Index ein. Darauf erwärmt oder kühlt man durch Zugiessen von etwas heissem oder kaltem Wasser um annähernd 1, 2, 3 Grade und misst die zugehörigen Verschiebungen des Fadens in beiden Thermometern.

Beim Nichtgebrauch muss E so tief gestellt werden, dass infolge von Temperaturerniedrigung keine Schwefelsäure nach A hinübergezogen werden kann.

Was schliesslich die Verwendung des Apparates im Unterricht anlangt, so soll er in erster Linie die Richtigkeit des Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetzes zeigen. Man lässt zu dem Zweck von den Schülern die Skalenberechnung wiederholen und zeigt dann die Übereinstimmung des Luftthermometers mit dem Quecksilber- oder Schwefelsäure-Thermometer.

Selbstverständlich kann der Apparat auch zu vielen thermometrischen Versuchen dienen. Ganz besonders brauchbar zeigt er sich bei der genauen Messung geringer Temperaturdifferenzen, namentlich bei calorimetrischen Experimenten. Endlich lässt er sich auch bei Versuchen über die strahlende Wärme verwenden.

2. Apparat zur Messung der Spannung des Wasserdampfs in lufterfüllten Räumen.

A ist eine grosse Flasche von mindestens 6 Liter Inhalt, welche einerseits mit der Manometerröhre B, andererseits durch den Schlauch C mit der tubulierten Flasche D in Verbindung steht. Alles Übrige ist aus der Figur leicht zu erkennen.

A wird sorgfältig gereinigt und mit Fliesspapier getrocknet. Dann hängt man einen Tag vor der Ausführung des Versuchs einen mit Chlorcalciumstückchen gefüllten, fingerdicken Drahtnetzcylinder hinein. Zugleich bringt man auf den Boden eine dünnwandige zugeschmolzene Glaskugel mit Wasser. Beim eigentlichen Beginn des Versuchs wird vor den Augen der Schüler das Chlorcalcium herausgenommen, der Stopfen mit den Röhren aufgesetzt, *B* mit gefärbtem Wasser bis zur Hälfte gefüllt und der Schlauch mit *D* verbunden. Nun zertrümmert man durch stossende Bewegung der Flasche die Glaskugel. Alsbald steigt das Wasser im Manometer. Um die Verdunstung zu beschleunigen, neigt man, während das Manometer mit einem Kork verschlossen wird, die Flasche hin und her, sodass die Seitenwände benetzt werden. Man fasst sie dabei nicht direct mit der Hand, sondern mittels eines zusammengelegten Tuchs an. Nach wenigen Minuten wird das Manometer stationär. Nachdem die Niveaudifferenz gemessen, lässt man durch Hinunterdrehen der Ausflussröhre soviel Wasser aus *D* in einen calibrierten Cylinder fliessen, bis die Flüssigkeit in beiden Schenkeln von *B* gleich hoch steht. Der beobachtete Druck und die erhaltene Wassermenge müssen nach dem Mariotte'schen Gesetz in einer bestimmten Beziehung stehen. Bei einem Klassenversuche betrug die Temperatur 13°, der Luftdruck 750 mm. Die Flasche fasste 6,8 Liter. Der beobachtete Druck betrug 144 mm Wasser oder 10,6 mm Quecksilber. Darnach hätten rechnungsmässig 96 ccm ausfliessen sollen, während 98 ccm wirklich ausflossen.

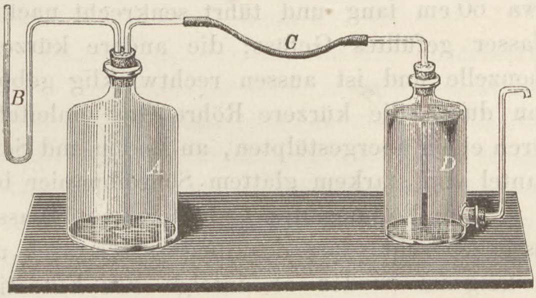


Fig. 2 (1/15 nat. Gr.).

Soll der Versuch eine noch exaktere Form erhalten, so verbindet man, nachdem der Chlorcalciumcylinder aus der Flasche gezogen und der Stopfen aufgesetzt ist, *B* erst mit einem grösseren Trockenapparat und saugt mittels eines Aspirators ein Luftquantum, dessen Volum ein mehrfaches von *A* ist, hindurch.

Vorlesungs-Versuche über Diffusion und Absorption der Gase.

Von
Dr. N. Zuntz,
Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin.

Zur Erläuterung der physikalischen Grundlagen des Respirationsprocesses habe ich mir eine Reihe von Experimenten zusammengestellt, welche sich bei der Einfachheit der erforderlichen Mittel und der Durchsichtigkeit der ablaufenden Vorgänge auch für den Schulunterricht verwenden lassen werden.

1. Diffusion der Gase.

a) Nachdem auf bekannte Weise gezeigt ist, dass Kohlensäure schwerer ist als Luft, und dass ein Licht in Kohlensäure erlischt, leitet man in das cylindrische Glasgefäss, das zu diesen Nachweisen gedient hat, noch einmal Kohlensäure und lässt es einige Minuten offen stehen; ein eingesenktes Licht brennt jetzt weiter. Es ist also, der Schwere entgegen, Kohlensäure aus dem Gefäss herausdiffundiert und durch atmosphärische Luft ersetzt worden.

b) Die Abhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit vom specifischen Gewicht der Gase wird mit Hülfe einer vollkommen trockenen porösen Thonzelle gezeigt (vgl. *Pfaundler, Physik* (9) *I, p. 604*). Die nach unten gerichtete Öffnung der etwa 300 ccm fassenden Thonzelle ist mit einem Kork verschlossen, durch den zwei etwa 4 mm breite Glasröhren hindurchgehen. Die eine von diesen ist etwa 60 cm lang und führt senkrecht nach unten in ein kleines mit gefärbtem Wasser gefülltes Gefäss; die andere kürzere, reicht bis nahe zum Boden der Thonzelle und ist aussen rechtwinklig gebogen. Die Füllung geschieht, indem man durch die kürzere Röhre Gas einleitet und während dessen die Diffusion durch einen übergestülpten, an Boden und Seiten der Thonzelle eng anschliessenden Mantel von starkem glattem Schreibpapier beschränkt.

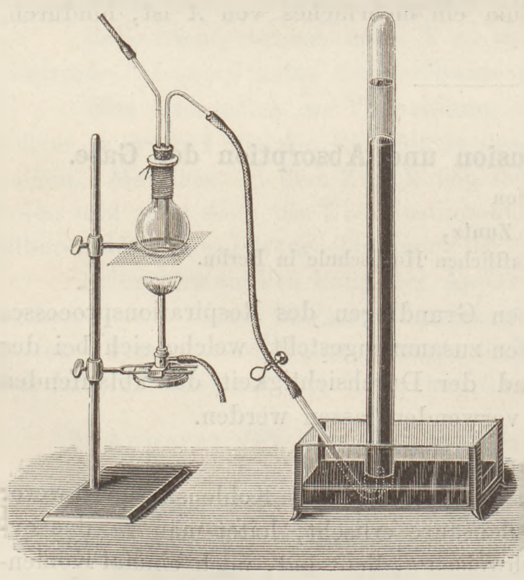
Bei Füllung des Cylinders mit Wasserstoff überwiegt die Diffusion nach aussen so sehr, dass das Sperrwasser rasch um 30—40 cm emporsteigt; dann fällt es langsam wieder ab infolge der Filtration von Luft in den luftverdünnten Raum. — Die reine Wirkung der letzteren zeigt man bei luftgefülltem Cylinder, indem man das Sperrwasser durch Saugen an der umgebogenen Röhre ebenso hoch emporhebt, wie es vorher durch die Wasserstoffdiffusion stieg.

Andererseits wird der Thoncylinder mit Kohlensäure gefüllt: es überwiegt jetzt der Diffusionsstrom der Luft in den Cylinder, der überschüssige Inhalt tritt Blase nach Blase durch die sperrende Flüssigkeit aus.

2. Absorption von Gasen in Flüssigkeiten.

a) Man füllt ein etwa 1 m langes, 15—18 mm weites genügend befeuchtetes Rohr mit Quecksilber, stülpt es in der Quecksilberwanne um, und zeigt dass der Quecksilbermeniscus um den Wert der Tension des Wasserdampfes niedriger steht, als im Barometer.

In einer neben der Quecksilberwanne erhöht stehenden Spritzflasche (vgl. die nebenstehende Figur) ist inzwischen Wasser in heftigem Sieden erhalten worden; an das längere Rohr der Spritzflasche setzt sich aussen ein enger, etwa 50 cm langer Kautschukschlauch an, dessen Ende mit einem hakenförmig umgebogenen Glasrohr versehen und durch einen Quetschhahn verschliessbar ist. Dieser Schlauch ist vor dem Kochen (durch Hineinblasen in das kurze Rohr der Spritzflasche) mit Wasser gefüllt worden, welches nachher, indem man den Quetschhahn eine kurze Zeit öffnet, durch ausgekochtes ersetzt wird. Man lässt jetzt eine etwa 13 cm hohe Schicht des ausgekochten Wassers ins Vacuum steigen und zeigt, dass nach dem Erkalten der Druck der Wassersäule plus dem der Quecksilbersäule ebenso gross ist, wie vorher der der Quecksilbersäule allein. Nebenher beobachtet man während des Abkühlens des eingeführten Wassers die Beziehung zwischen Temperatur und Dampftension. — Nach Entleerung der Torricelli'schen Röhre wird der Versuch mit lufthaltigem Wasser



($^1/_{15}$ nat. Gr.)

wiederholt. Man bemerkt das lebhafte Entweichen der absorbierten Luft und kann bei den angegebenen Dimensionen eine Tensionsverminderung um etwa 2 cm Quecksilber nachweisen. Ein dritter Versuch mit Wasser, durch welches ein Kohlensäure-Strom bis zur Sättigung gegangen, ergiebt unter gleichen Verhältnissen eine Depression der Quecksilbersäule um etwa 19 cm.

b) Parallel zu dieser Versuchsreihe, welche die Abgabe der absorbierten Gase demonstriert, würde eine zweite die Aufnahme der Gase in luftfreies Wasser zu zeigen haben: Zwei Röhren von etwa 25 cm Länge werden über Quecksilber bis zu correspondierenden Marken mit Luft resp. Kohlensäure gefüllt; dann kommt in jede auf die eben beschriebene Weise ein gleiches Quantum ausgekochten Wassers; nach wiederholtem heftigen Schütteln der mit dem Daumen verschlossenen Röhren zeigt sich der Niveauunterschied entsprechend der Grösse der resp. Absorptionscoefficienten.

3. Diffusion von Gasen durch Flüssigkeitsmembranen.

Bekanntlich erlaubt die Diffusion durch poröse Thonwände keinen direkten Schluss auf die Diffusion durch Flüssigkeitshäute, wie sie beim Eintritt der Luft aus den Lungenbläschen ins Blut stattfindet. Diese erfolgt vielmehr proportional den Absorptionscoefficienten der Flüssigkeit und umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus dem specifischen Gewicht der Gase.[1])

a. Man fülle einen hohen, 6—10 cm weiten Glascylinder mit Kohlensäure und lasse in diesen eine gewöhnliche Seifenblase aus recht gutem Material fallen.[2]) Die Blase schwimmt auf der Kohlensäure und wächst zusehends, da die Kohlensäure etwa 25 mal rascher nach innen, als die Luft nach aussen diffundiert. In demselben Maasse, wie die Blase an Umfang zunimmt, sinkt sie langsam tiefer hinab. Die wachsende Verdünnung lässt sich an den Interferenzfarben verfolgen.

b) Eine mit Wasserstoff gefüllte Blase hingegen, die in Luft emporsteigt, nimmt an Volumen ab, aber viel langsamer als die Luftblase in der Kohlensäure zunimmt; da sie schwerer wird (wegen des Ersatzes von Wasserstoff durch Luft), so beginnt sie nach einiger Zeit zu sinken.

c) Um zu zeigen, dass Gase auch durch festere colloide Substanzen diffundieren, leitet man Kohlensäure durch einen dünnwandigen Kautschukschlauch und sperrt diesen dann an beiden Enden durch Quetschhähne zu; am anderen Tage ist der Schlauch leer und vollkommen platt gedrückt; die Kohlensäure ist also durch den Schlauch nach aussen diffundiert. Dass diese Erklärung die richtige ist, geht daraus hervor, dass ein mit Luft gefüllter Kautschukschlauch prall bleibt.

Das Mitnehmen durch die Reibung.

Von

Professor Dr. **A. Handl** in Czernowitz.

Es giebt manche Erscheinungen, über welche man beim Unterrichte rasch hinweggeht, ohne ihnen eine gründliche Betrachtung zu widmen, obwohl die Frage nach ihrer Erklärung sich den Schülern, welche nur einigermaassen beobachten und denken, von selbst aufdrängt und auch verhältnismässig leicht zu beantwor-

1) Nach Exner, Wied. Ann. **155**, p. 321 u. 443 (1875).
2) Nach Marianini, Ann. d. Chim. et d. Phys. (3) IX, p. 382 (1843).

ten wäre. Solches Vorgehen ist aber insofern von Schaden, als es die Schüler zwingt, sich mit halber und unklarer Einsicht zu begnügen, und ihnen eine Oberflächlichkeit einprägt, welche dem obersten Ziele des Unterrichtes geradezu entgegengesetzt ist. Dazu gehören die folgenden Versuche:

Legt man auf den Hals einer Flasche ein Kartenblatt und darauf eine Münze, derart dass sich diese über der Mündung der Flasche befindet, und schnellt man das Kartenblatt mit dem Finger fort, so fällt die Münze in die Flasche hinab.

Ferner: Legt man mehrere hölzerne Damenbrettsteine so aufeinander, dass sie eine kleine senkrechte Säule bilden, und schiebt den untersten Stein langsam vorwärts, so lässt sich die ganze Säule vorwärts bewegen; schlägt man aber mit einem schmalen Körper, z. B. einer Messerklinge, stark gegen den untersten Stein, so fliegt er fort, ohne dass die übrigen Steine in merkliche Bewegung geraten; die Säule fällt um die Dicke des herausgeschlagenen Steines, bleibt aber aufrecht stehen. (*Weinhold, Vorschule.*)

Man benutzt diese Versuche, um das Beharrungsvermögen zu zeigen. Warum aber die Unterlage bei langsamer Bewegung den darauf liegenden Körper mitnimmt, bei schneller Bewegung (scheinbar!) nicht, darüber geht man mit der Bemerkung hinweg, es sei nicht hinreichend Zeit vorhanden, um die Bewegung von der Unterlage auf den darauf liegenden Körper zu übertragen. Damit ist offenbar sehr wenig erklärt, denn es bleiben die Fragen unerörtert: Wie viel Zeit ist zu jener Übertragung der Bewegung nötig? Bei welcher Geschwindigkeit der Unterlage geht die eine Erscheinung in die andere über? u. s. w.

Die gründlichere Beantwortung dieser Fragen ist einfach. Auf der wagerechten Unterlage liegt ein Körper vom Gewichte Q; ist f der Reibungscoefficient, so ist fQ die Grösse der Reibung. (Wir setzen dabei voraus, die Gestalt des Körpers sei eine solche, dass ein Rollen oder Umkippen auf der Unterlage nicht vorkommen kann). Da die Kraft Q dem Körper in einer Sekunde die Beschleunigung $g = 981$ (cm/sec^2) zu erteilen vermag, so wird ihm die Kraft fQ die Beschleunigung fg erteilen können. Diese Kraft wirkt aber jeder gegenseitigen Verschiebung des Körpers und der Unterlage entgegen; soll sich der Körper auf der ruhenden Unterlage bewegen, so tritt sie als Bewegungshindernis auf, was uns jetzt nicht bekümmert; soll die Unterlage unter dem Körper weggezogen werden, so wirkt die Reibung als „bewegende Kraft“, welche den Körper mitzunehmen strebt.

Nehmen wir vorerst an, der Unterlage werde auf irgend eine Weise eine gleichmässig andauernde Beschleunigung g' erteilt, so dass sie in der beliebigen Zeit t die Geschwindigkeit $c' = g't$ erlangt. Ist $g' \leqq fg$, so erscheint der Körper durch die Reibung wie fest mit der Unterlage verbunden, er nimmt ohne weiteres ebenfalls die Beschleunigung g' an und hat zu jeder Zeit die gleiche Geschwindigkeit wie die Unterlage. Ist aber $g' > fg$, so kann und muss der Körper unter dem Einflusse der Reibung die Beschleunigung fg, und in der Zeit t die Geschwindigkeit fgt annehmen. In der Zeit t legt die Unterlage den Weg $s' = {}^1/_2 g't^2$, der Körper den Weg $S = {}^1/_2 fgt^2$ zurück. Der Unterschied $s' - S$ ist das Wegstück, um welches der langsamer bewegte Körper auf der schneller bewegten Unterlage zurückbleibt. Ist nun L die „Länge“ der Unterlage, so wird diese während der Zeit t_1 unter dem Körper weggleiten, wenn $L = s' - S = {}^1/_2 (g' - fg)\, t_1^2$, oder

$$t_1 = \sqrt{\frac{2L}{g' - fg}}$$

ist. Der Körper bleibt also überhaupt nicht an seinem ursprünglichen Orte, sondern wird um das Stück

$$S = \frac{1}{2} fgt_1^2 = \frac{fgL}{g' - fg}$$

nach vorwärts bewegt und erlangt dabei die wagerechte Geschwindigkeit fgt_1, kann also nach dem Verlassen der Unterlage auch nicht genau lotrecht herunterfallen. Es wird aber von der Länge L und der Beschleunigung g' abhängen, ob diese Abweichungen eine merkliche Grösse erlangen oder nicht.

Ein dieser Betrachtung entsprechender Versuch könnte in folgender Weise angestellt werden: Auf eine wagerechte Tischplatte mit abgerundeter Kante wird ein hinreichend langer Papier- oder Tuchstreifen gelegt, und an dem über den Tischrand herabhängenden Ende mit einem Gewichte P belastet, welches so gross ist, dass seine Fallgeschwindigkeit weder durch die Reibung des Streifens auf der Tischplatte, noch durch die des darauf liegenden Körpers merklich beeinträchtigt wird. Lässt man nun dies Gewicht durch die Höhe h herabfallen, wozu die Zeit $t = \sqrt{2h/g}$ erforderlich ist, so nimmt auch der Streifen die Beschleunigung g an, und legt in der Zeit t den Weg h zurück, während der darauf liegende Körper den Weg $\frac{1}{2}fgt^2 = fh$ durchläuft, also um das Stück $(1 - f)\,h$ gegen die Unterlage zurückbleibt. Misst man also die relative Verschiebung des Körpers auf dem Streifen, so giebt diese Messung Gelegenheit, den Wert von f zu berechnen, und mit den auf andere Weise bestimmten Reibungscoefficienten zu vergleichen. Bringt man ferner den Körper bei Beginn des Versuches in die Entfernung fh vom Tischrande, so muss er diesen mit der wagerechten Geschwindigkeit $fgt = f\sqrt{2hg}$ erreichen, und von da an als geworfener Körper weitergehen. In derselben Zeit $t = \sqrt{2h/g}$, in welcher er durch die Höhe h herabfällt, legt er den Weg $tf\sqrt{2hg} = 2hf$ in wagerechter Richtung zurück, wird also in dieser Entfernung vom Gewichte P den Boden treffen. Diese Messung giebt wieder ein Mittel zur Prüfung der Richtigkeit der Formeln, beziehungsweise zur Bestimmung von f.

Die bisherige Betrachtung entspricht nicht ganz den Bedingungen, unter welchen die eingangs erwähnten Versuche ausgeführt werden; denn bei diesen wird der Unterlage innerhalb einer sehr kurzen Zeit τ (wie man zu sagen pflegt: momentan) eine Geschwindigkeit c erteilt, die man während der übrigen Dauer des Versuches als unveränderlich betrachten kann. Während der Zeit τ kann die Beschleunigung der Unterlage $g'' = c/\tau$ gesetzt werden; da ohne Zweifel $g'' > fg$, so erfährt der Körper die Beschleunigung fg, und die gleiche Beschleunigung erfährt er noch in der folgenden Zeit ϑ, wenn die Unterlage mit der unveränderlichen Geschwindigkeit c weitergeht. Die Beschleunigung des Körpers wird solange stattfinden, bis er entweder die Geschwindigkeit der Unterlage angenommen hat und fortan mit ihr weitergeht, oder bis er infolge seines Zurückbleibens gegen die Unterlage dieselbe verlassen hat. Nennen wir die ersterwähnte Zeit ϑ_1, so ist $c = fg\,(\tau + \vartheta_1)$, und die während dieser Zeit von der Unterlage und vom Körper zurückgelegten Wege sind

$$U = c\,(\tau/2 + \vartheta_1),\quad K = \tfrac{1}{2} fg \cdot (\tau + \vartheta_1)^2$$

oder, wenn man für $\tau + \vartheta_1$ den Wert c/fg einsetzt,

$$U = \frac{c^2}{fg} - \frac{1}{2} c\tau,\quad K = \frac{c^2}{2fg},$$

wobei man $^1/_2 c\tau$ wohl vernachlässigen darf, so dass $U = 2K$ und die Strecke, um welche der Körper auf der Unterlage zurückbleibt,

$$D = U - K = K = c^2/2fg$$

wird. Es wird also nur von der Länge der Unterlage abhängen, ob der Körper mitgenommen wird oder nicht; ersteres geschieht, wenn $L \geqq D$ ist, letzteres, wenn $L < D$. Auch im letzteren Falle erfährt der Körper eine Verschiebung nach vorwärts und nimmt eine Geschwindigkeit in wagerechter Richtung an, welche beide von L abhängig sind, wenn c und f immer gleiche Werte behalten.

Ganz ähnlich, wenn auch nicht in so einfacher Weise durch die Rechnung zu verfolgen, ist die Erklärung der Erscheinungen, welche beim Stosse eines mit sehr grosser Geschwindigkeit bewegten Körpers gegen einen ruhenden auftreten, so des Durchreissens einer Glasscheibe durch einen gegen dieselbe geschleuderten Stein, des Durchbohrens eines Brettes durch eine Gewehrkugel, des Durchschlagens eines Holzstabes, welcher auf Glasstäben aufliegt oder an schwachen Fäden aufgehängt ist, u. dgl. Auch diese Erscheinungen pflegt man, (wenn man sie nicht ganz mit Stillschweigen übergeht) einfach mit der Bemerkung abzuthun, dass nicht genug Zeit zur Übertragung der Bewegung von den unmittelbar getroffenen Teilchen auf den ganzen Körper vorhanden sei, ohne dass dabei angedeutet wird, wie viel Zeit eigentlich dazu erforderlich wäre, und von welchen sonstigen Umständen der Vorgang beeinflusst wird.

Der Vorgang lässt sich im allgemeinen folgendermaassen klarstellen. Die erste Bewegung der unmittelbar vom Stosse betroffenen Teilchen hat eine Verschiebung derselben gegen ihre Nachbarn zur Folge; infolge dessen treten Elasticitätskräfte auf, welche den Nachbarteilchen eine gewisse Beschleunigung erteilen, aber derart, dass die gegenseitigen Verschiebungen zunächst noch immer grösser werden. Nun wird es einerseits von der Anfangsgeschwindigkeit der unmittelbar getroffenen Teilchen, andererseits von der Grösse der Elasticitätskräfte abhängig sein, ob diese Verschiebungen bis zu einem solchen Maasse anwachsen, dass sie die Grenze der vollkommenen Elasticität oder gar die Festigkeitsgrenze überschreiten. Im ersteren Falle wird eine dauernde Gestaltsveränderung, im letzteren ein Zerreissen des gestossenen Körpers eintreten.

Physikalische Aufgaben.

Neben denjenigen physikalischen Aufgaben, welche zu ihrer Behandlung der Rechnung bedürfen, giebt es auch eine Art von Aufgaben, die ausschliesslich dazu dienen, das Nachdenken des Schülers rege zu machen und ihn in der Anwendung der ihm bekannt gewordenen Gesetze zu üben. Ihre Beantwortung erfordert oft mehr Scharfsinn und Überlegung, als die Lösung der mit Rechnung verknüpften Probleme. Sie können im engeren Sinne als

‚physikalische Denkaufgaben'

bezeichnet werden. Vor Jahrzehnten hat R. Kohlrausch (Vater) im *Jahresbericht über das Kurfürstliche Gymnasium zu Rinteln (1844)* Proben solcher Übungsaufgaben veröffentlicht, und neuerdings hat G. Helm im *Programm der Annenschule zu Dresden (1885)* von neuem auf diese Aufgaben und ihren Wert für den Physikunterricht hingewiesen. Einige Aufgaben dieser Art folgen hier. *P.*

1. Wasser, welches sich bei höherem Druck mit Luft hat sättigen können, zeigt nach dem Ausströmen aus der Wasserleitung eine Trübung, die sich Minuten lang erhält und allmählich durch Klärung von den unteren Schichten aus verschwindet. Wie wird die Klärung verlaufen, wenn ein Gefäss mit derartigem Wasser auf der Schwungmaschine gleichförmig rotiert?

2. Könnte man, im Hinblick auf die Relativität der Bewegung, den Plateau'schen Versuch der Abplattung eines im Wasser-Alkohol-Gemisch schwebenden Oeltropfens auch auf die Weise ausführen, dass man das ganze Gefäss auf die Schwungmaschine setzt und rotieren lässt?

M. Koppe, Berlin.

---

3. Wird ein Gegenstand aus einem fahrenden Eisenbahnzuge mit einer Geschwindigkeit, welche der des Zuges entgegengesetzt gleich ist, herausgeschleudert, so wird seine horizontale Geschwindigkeit aufgehoben und er fällt in senkrechter Linie mit einer Geschwindigkeit, welche nur von der Fallhöhe abhängt, zu Boden. Wo liegt das Äquivalent für die beim Wurf aufgewandte Muskelarbeit, sowie für die lebendige Kraft, welche dem Körper vermöge der Fahrtgeschwindigkeit innewohnte? (Vergrösserung der Zuggeschwindigkeit.)

4. Ist der Gasdruck in den höheren Etagen eines Hauses stärker, schwächer, oder gleich dem in den unteren? Macht es einen Unterschied, ob die Hähne offen oder geschlossen sind? Und wie verhält es sich mit dem Wasserdruck?

5. Ist die Änderung der Tonhöhe die einzige Folge, welche sich aus der Bewegung der Tonquelle für das Ohr ergiebt? (Änderung der Dauer und der Intensität des Tones.)

6. Warum erscheint im Spiegel für gewöhnlich nur rechts und links, nicht aber oben und unten vertauscht?

S. Epstein, Berlin.

---

7. Welche physikalische Wirkung hat es, wenn man Zucker in heissem Kaffee auflöst? — (Zwei Gründe für die Abkühlung.) — Macht es einen Unterschied in der Dauer der Gesamt-Abkühlung, ob man den Zucker sofort oder erst nach teilweise erfolgter Abkühlung in den Kaffee wirft? Vorausgesetzt wird, dass die Auflösung des Zuckers die Temperatur des Kaffees, mag sie höher oder niedriger sein, stets um eine gleiche Zahl von Graden vermindert. (Es ist das Newton'sche Abkühlungsgesetz zu benutzen; legt man die genaueren Versuche zu Grunde, nach welchen die Abkühlungsgeschwindigkeit schneller als die Temperatur wächst, so ergiebt sich um so mehr, dass man um die Gesamt-Abkühlungszeit zu verkürzen, möglichst lange warten muss, ehe man den Zucker in den Kaffee wirft.)

Nach *Journ. de Phys. élém.* ***II**, 250; 1887.*

8. Wenn man in einem Rezipienten feuchte Luft durch eine grosse Zahl von Pumpenstössen comprimiert hat, und man öffnet schnell den Hahn, so entweicht die Luft mit einem Zischen, das nach und nach schwächer wird. Wenn man kein Geräusch mehr hört, so schliesse man den Hahn. Wenn man ihn dann nach einer halben Stunde oder später wieder öffnet, so hört man von neuem die Luft mit einem sehr merklichen Zischen herausströmen. Die nämliche Erscheinung kann sich nach Verlauf einer folgenden halben Stunde noch einmal zeigen, aber schwächer. Wie ist die Erscheinung zu erklären?

Nach *F. A. Korschel, Bary's neue physikalische Probleme, Halle 1857.*

9. Eine Torricelli'sche Röhre wird mit Quecksilber gefüllt und an eine Wage gehängt, während ihr offenes Ende unter Quecksilber taucht. Wie gross ist die Belastung, welche die Wage erfährt?

(Dieser Versuch hat im 17. Jahrhundert als Einwand gegen den Luftdruck eine Rolle gespielt.)

10. Ein cylindrisches Glasgefäss wird, zum Teil mit Luft, zum Teil mit Wasser gefüllt, aus einem grösseren Gefäss mit Wasser emporgehoben und an eine Wage gehängt, während das offene Ende unter Wasser taucht. Wovon hängt in diesem Falle die Belastung der Wage ab?

Erdmagnetische Elemente uud meteorologische Mittelwerte für Berlin.

Mitgeteilt von Prof. Dr. **B. Schwalbe.**

Bei dem Unterrichte in den Teilen der Physik, welche sich auf die physikalischen Verhältnisse der Erde (Meteorologie, Erdmagnetismus etc.) beziehen, ist es oft notwendig Zahlenwerte zu geben, welche für den betreffenden Ort oder die betreffende Gegend von Wichtigkeit sind; dies trägt zur Belebung des Unterrichts und zur Anregung ausserordentlich viel bei. Nun bringen die Lehrbücher über diese Verhältnisse nur sehr unzureichendes Material, das überdies meist auf älteren Beobachtungen fusst. Die neueren Daten sind schwer zugänglich und oft gar nicht zu erlangen, wo sich nicht wissenschaftliche Centralstellen befinden. Wenn es nun auch nicht möglich ist, solche Zahlen für eine grosse Anzahl von Orten zu geben, so werden doch die Angaben für einige Hauptorte Deutschlands und benachbarter Länder vielen nicht unwillkommen sein. Vielfach aus Lehrerkreisen nach den jetzigen erdmagnetischen Verhältnissen von Berlin gefragt, fand ich in der laufenden Litteratur keine Angaben darüber. Durch die Freundlichkeit des Direktors der Seewarte in Hamburg, Herrn Geh.-R. Dr. G. Neumayer, erhielt ich folgende Zusammenstellung:

Beobachtungen der magnetischen Deklination (D), Inklination (J) und Horizontal-Intensität (T) in Berlin und Potsdam.

A. *Bei der Sternwarte in Berlin.* Bestimmungen von Dr. G. Neumayer für Mitte April 1873. Beobachtungen am 11. Januar, 28. März und 18. Mai 1873. Die Reduktion wurde mit Hülfe der Münchener (Bogenhausen) Beobachtungen ausgeführt.

$D = 12^\circ\ 26',33$ westl. $J = 66^\circ\ 48',4$ nördl. $T = 0{,}18429\ CGS.$

B. *Auf den Rehbergen bei Berlin.* Beobachtungen von Dr. G. Neumayer am 4. Februar 1874.

$D = 12^\circ\ 17',09$ westl. (um $1^h.30$ p. m.) $J = 66^\circ\ 58',50$ nördl. $T = 0{,}18228\ CGS.$

Hieraus unter Benutzung von Lamont's Constante der säkularen Änderung ($-\ 7',79$) für April 1873 berechnet:

$D = 12^\circ\ 23',59$ westl.

C. *Auf dem Telegraphenberge bei Potsdam (heut Astrophysikalische Warte).* Beobachtungen von Dr. G. Neumayer.

1) Am 27. und 28. Mai 1874:

$D = 12^\circ\ 23',95$ westl. (um $10^h\ 51^m$ a. m.) $T = 0{,}18385\ CGS$ (am 27. 9^h a. m.)

$T = 0{,}18343\ CGS$ (am 28. 9^h a. m.)

2) Ebenda am 15. Juli 1875, in dem auf Dr. Neumayer's Antrag erbauten magnetischen Häuschen.

$J = 66^\circ\ 51',0$ nördl. $T = 0{,}18459\ CGS$ (3^h p. m.)

3) Ebenda am 4. November 1875:

$T = 0{,}18452\ CGS$ (2^h p. m.)

D. *Auf den Rehbergen bei Berlin,* Standort wie 1874. Beobachtungen von Dr. Duderstadt (Seewarte) am 1. Oktober 1887. (Reduktion auf Tagesmittel mit der Kew-Periode — $2^{hp}\ 15^m$ und $4^{hp}\ 30^m$ — für die Deklination.)

$D = 10^\circ\ 48',9$ westl. $J = 66^\circ\ 53',8$ nördl. ($4^h\ 40 - 5^h\ 25$ p. m.)

$T = 0{,}18518\ CGS.$ ($3^h\ 32'$ p. m.)

Die Mittelwerte der säkularen Änderung ergeben sich für die Epoche 1873—1887 wie folgt:

	in Berlin	in Hamburg[1])
für die westliche Deklination (abnehmend):	$-\ 6',8$	$-\ 7',0$
für die nördliche Inklination (abnehmend):	$-\ 0',34$ (?)	$-\ 0',32$ (?)
für die Horizontal-Intensität (zunehmend):	$+\ 0{,}00020\ CGS.$	$+\ 0{,}00016\ CGS.$

1) Für Hamburg war 1884,5: $D = 12^\circ\ 46',2$ westl., $J = 67^\circ\ 46'$ nördl.

Ausserdem sind mir durch Herrn Professor Müttrich in Eberswalde die folgenden Angaben zugegangen, die von Herrn Professor Förster mitgeteilt waren:

Im Jahre 1882 war für die Nachbarschaft von Berlin

$$D = 11°,18 - 0,1\, d\varphi° - 0,7\, d\lambda°,$$

wo $d\varphi$ den Unterschied der Breite (N positiv) und $d\lambda$ den Unterschied der Länge (O positiv) bedeutet. Die jährliche Abnahme ist 0°,11. Für Eberswalde war demzufolge im Jahre 1882: (wegen $d\varphi = 19'44'' = 0°,329$ und $d\lambda = 26' = 0°,434$)

$$D = 10°\,51',0.$$

Diesen Angaben mögen die Mittelwerte der meteorologischen Elemente von Berlin (innere Stadt) nach den von Herrn Dr. Hellmann den Mitgliedern der deutschen meteorologischen Gesellschaft gemachten Mitteilungen folgen:

	Wahrer Luftdruck*) in 41,5 m mm	Wahrer Luftdruck*) im Meeresniveau mm	Lufttemperatur**) C°	Absol. Feuchtigkeit mm	Relat. Feuchtigkeit Proc.	Bewölkung 0—10	Niederschlagshöhe mm	Tage mit messbarem Niederschlag	Tage mit Schnee	Tage mit Gewitter
Januar	759,0	763,0	—0,5	3,9	84	7,4	38	14,8	6,7	0,02
Februar	58,2	62,1	1,2	4,1	80	7,0	39	13,2	6,0	0,07
März	56,5	60,4	3,5	4,5	75	6,3	42	14,8	6,7	0,12
April	57,0	60,8	8,4	5,3	69	5,7	39	12,4	1,3	0,92
Mai	57,5	61,2	13,2	7,1	64	5,4	51	12,3	0,1	2,10
Juni	57,8	61,5	17,5	9,6	66	5,7	69	13,6	.	3,50
Juli	57,4	61,1	19,0	10,7	67	5,5	74	14,0	.	3,62
August	57,5	61,2	18,1	10,6	69	5,6	59	13,8	.	2,72
September	58,7	62,4	14,9	8,8	73	5,3	40	12,1	.	0,92
Oktober	57,9	61,7	9,4	7,2	79	6,7	47	13,4	0,3	0,12
November	57,3	61,1	3,7	5,1	83	7,4	47	14,5	3,4	0,05
December	58,1	62,0	0,7	4,2	84	7,7	51	16,1	6,7	0,05
Jahr	759,7	761,5	9,1	6,6	74	6,3	596	165,0	31,2	14,20

*) Schwere-Correktion + 0,52 mm.

**) Ausserhalb der Stadt ist es durchschnittlich kälter: im Winter und Frühling um 0,6, im Sommer um 1,1, im Herbst um 1,0, im Jahre um 0,9° C.

Die höchste Temperatur war 37,0° C. am 20. Juli 1865, die niedrigste: — 25,0° C. am 22. Januar 1850. Die grösste Niederschlagsmenge an einem Tage war 67,0 mm (am 11. Juli 1858), die grösste Niederschlagsmenge in einer Stunde 31,5 mm (am 22. Juli 1886), dieselbe in einer Viertelstunde 16,5 mm am 6. Oktober 1883.

In einem der nächsten Hefte werden Angaben meteorologischer und magnetischer Werte für einige andere Orte folgen[2]).

Kleine Mitteilungen.

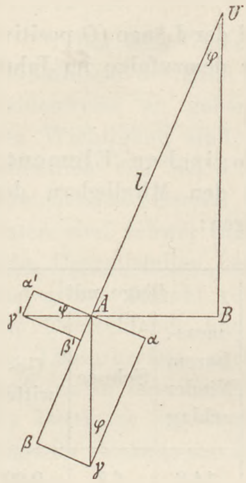
Eine Verwendung des Centrifugalpendels.

Von Prof. Dr. **O. Reichel** in Charlottenburg.

Die Prüfung des Gesetzes der Centrifugalkraft mittels der Schwungmaschine bezieht sich in der Regel nur darauf, dass jene proportional dem Radius ist, aber nicht auf die Proportionalität mit dem Quadrat der Umdrehungsgeschwindigkeit. Diese Lücke lässt sich mit Hülfe des Centrifugalpendels leicht ausfüllen. Die Formel für die halbe

[2]) Wünsche in dieser Beziehung wolle man an die Redaktion gelangen lassen.

Umlaufszeit T eines solchen Pendels wird bekanntlich wie folgt abgeleitet. Sei UA eine der Lagen des Pendels, B die Projektion von A auf die durch U gehende Vertikale, $\sphericalangle BUA = \varphi$, ferner $A\alpha$ und $A\beta$ die Componenten der Schwerkraft $A\gamma$, ebenso $A\alpha'$ und $A\beta'$ die Componenten der Centrifugalkraft $A\gamma'$, so folgt, da φ bei der Bewegung des Pendels seinen Wert nicht ändert, dass $A\alpha' = A\alpha$ sein muss. Es ist aber



$$A\alpha' = A\gamma' \,.\, \cos\varphi = \frac{\pi^2 \,.\, AB}{T^2}\cos\varphi = \frac{\pi^2 l \sin\varphi \cos\varphi}{T^2}.$$

Da ferner $A\alpha = g\sin\varphi$, so folgt

$$\frac{\pi^2 l \sin\varphi\cos\varphi}{T^2} = g\sin\varphi, \quad \text{oder}$$

$$T = \pi\sqrt{l/g} \,.\, \sqrt{\cos\varphi}.$$

Bezeichnet T' die Schwingungsdauer eines eben so langen gewöhnlichen Pendels, so ist $T' = \pi\sqrt{l/g}$, also

$$T = T' \,.\, \sqrt{\cos\varphi}.$$

Ist nun φ nur mässig gross, so ist $\sqrt{\cos\varphi}$ nahezu $= 1$ (z. B. für $\varphi < 15°$ ist $\sqrt{\cos\varphi} > 0{,}9828$), daher nahezu $T = T'$. Da diese Gleichung sich durch den Versuch bestätigen lässt, so ist damit auch die Richtigkeit der zu Grunde gelegten Formel für die Centrifugalkraft dargethan.

Man übe sich, eine Bleikugel an einem Faden, den man mit zwei Fingern hält, in horizontale Kreisbewegung zu versetzen und darin zu erhalten, dann im Takt, jeder halben Umdrehung entsprechend, zu zählen 1, 2, 1, 2, ..., sodann wenn man den Takt sicher hat, durch eine auf 1 auszuführende plötzliche Schwenkung des Aufhängepunktes das Centrifugalpendel in ein gewöhnliches zu verwandeln; zählt man dabei in dem nämlichen Takte weiter, so bemerkt man, dass auch das Pendel diesen Takt weiter inne hält. Bei grösseren Werten von φ hört natürlich die Übereinstimmung auf, wie es der Faktor $\sqrt{\cos\varphi}$ verlangt. Variiert man dagegen die Länge des Pendels, so bleibt der Erfolg immer der gleiche. Die Umlaufszeit ändert sich selbst dann nicht merklich, wenn die Bahn mehr oder weniger vom Kreise abweicht; daher ist der Einwand, dass eine genaue Kreisbahn auf die angegebene Weise schwer herzustellen sei, ohne Belang. Der Takt bleibt endlich auch der nämliche, ob man den Aufhängepunkt selbst im Kreise herumführt oder ob man ihn dann völlig still hält. Der Versuch hat den Vorzug, dass jeder Schüler ihn mit Leichtigkeit selber wiederholen kann.

[Denselben Versuch benutzt Fr. C. G. Müller in der Programmabhandlung *„Neue Apparate und Versuche für den physikalischen Unterricht“* (*Brandenburg a. H., 1887*), um zu zeigen, dass die Formel $T = \pi\sqrt{l/g}$ nicht bloss für das Centrifugalpendel, sondern auch für das gewöhnliche Pendel gültig ist. Der Verf. nimmt noch als zweiten Versuch hinzu, dass beim gewöhnlichen Pendel die Schwingungsdauer auch innerhalb grösserer Ausschläge die nämliche ist wie bei kleineren, und findet so die Pendelformel in ihrem vollen Umfange bestätigt. Auf diese Weise kann also eine direkte elementarmathematische Ableitung der Pendelformel umgangen werden. Der Verfasser weist überdies darauf hin, dass Versuche mit Centrifugalpendeln allein, also auch ohne den Vergleich mit dem gewöhnlichen Pendel, hinreichen, um die Richtigkeit der Schwungkraftformel indirekt zu bestätigen. Bei der Gelegenheit wird auch das folgende lehrreiche Experiment beschrieben: Nach dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte muss beim Centrifugalpendel die Fadenspannung grösser als das Gewicht der Pendelkugel sein. Um dies nachzuweisen, befestigt man zwei Rollen in einiger Entfernung so an den Balken eines Stativs, dass sie sich in der nämlichen Ebene drehen und führt über dieselben einen Faden, welcher beiderseits durch gleiche Gewichte gespannt ist. Setzt man nun das eine Gewicht so in Bewegung, dass es ein Centrifugalpendel von nicht zu kleiner Amplitude wird, so sinkt es, selbst wenn man zu dem Gegengewicht noch einige Gramme zulegt. Ein ähnlicher Erfolg tritt auch ein, wenn das eine Gewicht als gewöhnliches Pendel in einer Ebene schwingt, nur dass die Kraft ruckweise wirkt, und zwar dann, wenn das Pendel sich der Stellung seines grössten Ausschlags nähert. Diese Versuche lassen sich sehr bequem an einer Atwood'schen Fallmaschine ausführen. *P.*]

Neue Versuche über den Stoss.

Von Prof. **A. Handl** in Czernowitz.

Bei Schulversuchen über den Stoss zeigt man wohl meist den geraden Stoss zwischen gleichen oder ungleichen Kugeln und den schiefen Stoss einer elastischen Kugel gegen eine unbewegliche Wand. Die folgenden, leicht herzustellenden Vorrichtungen gestatten eine nicht überflüssige Vermehrung der Versuche.

An einem Gestelle ist ein würfelförmiger Holzblock von ungefähr 10 cm Seitenlänge an zwei 5—8 mm von einander abstehenden parallelen Fäden aufgehängt. Richtiger wäre wohl die Aufhängung an nur einem Faden, damit die Drehung des Blockes um seine lotrechte Achse mit möglichst geringem Widerstande möglich sei. Aber auch die bifilare Aufhängung lässt die bei excentrischen und schiefen Stössen erregten Drehungen noch ganz gut zustande kommen, und bei der Aufhängung an einem Faden hat man es nicht in seiner Gewalt, der Vorderfläche des Blockes eine bestimmte Richtung zu geben, was für die Versuche notwendig ist. Zu diesem Zwecke sind die oberen Enden der Fäden an einer kleinen um ihren Mittelpunkt drehbaren Scheibe aufgehängt, so dass der Block mit seiner Vorderseite beliebig gestellt werden kann.

Neben (vor) diesem Blocke ist in der üblichen Weise, nämlich an zwei divergierenden Fäden, eine Bleikugel von ungefähr 38 mm Durchmesser (325 gr schwer) aufgehängt, so dass sie nur in einer bestimmten Ebene Pendelschwingungen ausführen, bezw. einen Stoss ausüben kann. Die oberen Enden der Fäden sind an einer Holzleiste befestigt, welche sich in einer Schlittenführung verschieben lässt, und zwar so, dass die Richtung der Verschiebung mit der Ebene der beiden Fäden zusammenfällt, also senkrecht gegen die Schwingungsebene der Bleikugel ist. Man kann nun folgende Versuche ausführen: die Vorderfläche des Holzblockes steht senkrecht gegen die Stossrichtung der Kugel, der Stoss ist ein gerader. — Die Vorderfläche des Blockes wird um einen beliebigen Winkel gedreht, der Stoss ist ein schiefer. — Durch Verschiebung der Bleikugel wieder kann der Stoss gegen verschiedene Punkte der gestossenen Fläche gerichtet, er kann nach Belieben zu einem centralen oder einem mehr oder weniger excentrischen gemacht werden.

Die Mannigfaltigkeit der Versuche kann noch erhöht werden, wenn man die Bleikugel durch eine Holz- (oder Elfenbein-) Kugel von grösserer Elastizität ersetzt, und wenn man endlich noch an Stelle des Holzblockes eine an einem einzigen Faden aufgehängte Kugel verwendet. Auf der letzteren müssen einige Meridianlinien mit weithin sichtbarer Farbe aufgetragen werden, damit man die vorkommenden Drehungen gut sehen kann.

Ein einfacher Versuch über die Spannkraft der Dämpfe.

Von Prof. **Dr. B. Schwalbe** in Berlin.

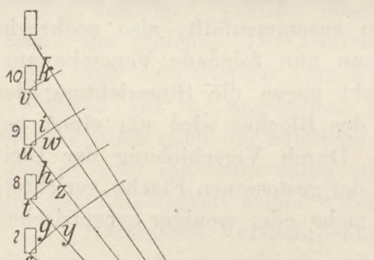
Um die grosse Spannkraft des Dampfes einer leicht verdunstenden Flüssigkeit bei Gegenwart einer schwerer flüchtigen im lufterfüllten Raume und bei gewöhnlicher Temperatur zu zeigen, kann man sich eines sehr einfachen Apparats bedienen. Ein Stehkolben von ungefähr $^3/_4$ l Inhalt wird mit doppelt durchbohrtem Gummipfropfen geschlossen; durch die eine Durchbohrung geht ein langes Glasrohr (1—$1^1/_2$ m) bis auf den Boden, durch die andere Durchbohrung ein stumpfwinklig nach oben gebogenes Rohr, das nur bis unter den Pfropfen hineinragt. An diesem Rohre ist seitlich durch einen Gummischlauch mit Quetschhahn ein kleiner Trichter befestigt. In dem Stehkolben befindet sich gefärbtes Wasser. Giesst man nun Äther in den Trichter und lässt durch vorsichtiges Öffnen des Quetschhahnes einige Tropfen Äther in das Wasser des Stehkolbens fallen, so steigt dasselbe plötzlich bis zur Mündung des hohen Rohres, und es zeigt sich so die Vermehrung der Spannkraft in augenscheinlicher Weise. Nimmt man ein etwas kürzeres Rohr, das zu einer Spitze nach oben ausgezogen ist, so erhält man einen Springbrunnen, das Wasser wird oft bis an die Decke geschleudert. Es lässt sich auch der viel geringere Zuwachs beim Eintropfen von Alkohol zeigen; und zwar tritt hier deutlich hervor, dass bei Anwachsen des Alkoholgehaltes auch die Spannkraft wächst (wie die Untersuchungen von Dronke ergeben hatten), wenn auch nicht entsprechend der zugesetzten Menge Alkohol. Dass der Apparat auch zu Demonstrationen mit Dampfspannungen anderer Flüssigkeiten dienen kann, liegt auf der Hand.

Das tönende Echo.

Von Dr. **R. von Fischer-Benzon** in Kiel.

Die nachstehende Mitteilung ist das Resultat von im Sommer 1871 angestellten Beobachtungen. Ich nahm damals von der Veröffentlichung einer von J. C. Poggendorff schon zum Druck bestimmten Abhandlung abstand, weil ich erfuhr, dass bereits 1855 J. J. Oppel, Gymnasiallehrer in Frankfurt a. M., dieselbe Erscheinung untersucht und beschrieben habe (Beobachtungen über eine neue Entstehungsweise des Tons und Versuch einer Theorie derselben, *Pogg. Ann.* ***94***, *357—398, 530—572*). Die Erscheinung, um die es sich handelt, ist inzwischen kaum bekannter geworden, und wird auch in den mir zugänglichen Lehrbüchern der Physik nicht berücksichtigt; ich übergebe daher meine Beobachtungen der Öffentlichkeit, um dadurch vielleicht die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf die Erscheinung und auf die verdienstvolle Arbeit Oppel's hinzulenken.

Geht man in einiger Entfernung an einem gewöhnlichen hölzernen Gitter vorüber, und ist der Weg derartig, dass das Geräusch der Schritte deutlich ist, so hört man unmittelbar nach jedem Schritte einen ziemlich hohen, eigentümlich pfeifenden, sehr rasch verklingenden Ton. Derselbe erscheint bei genauerem Hinhören weder von gleichbleibender Höhe noch Intensität. Die Intensität wächst rasch und nimmt dann wieder langsamer ab; die Höhe scheint allmählich abzunehmen. Die Dauer des Tones ist ausserordentlich kurz und seine Intensität ist so gering, dass derselbe bei dem gewöhnlichen Strassengeräusche einer Stadt leicht unbeachtet bleibt. Begiebt man sich an weniger besuchte Plätze, namentlich in der Nacht, und stellt sich in der Nähe eines Gitterwerks auf, so genügt ein Tritt auf den Kiesgrund des Weges oder auf einen Stein, um den eigentümlichen Ton deutlich erklingen zu lassen; er hat dann einige Ähnlichkeit mit dem Pfeifen eines Sperlings. Ich halte den Ton für einen Sirenenton und denke mir seine Entstehung folgendermaassen:



Einer Reihe von vierkantigen Gitterstäben gegenüber werde an einer Stelle A eine Erschütterungswelle erregt, die sich successive bis an immer entfernter gelegene Gitterstäbe 1, 2, 3, 4 . . . fortpflanzt. Die Reflexion der Welle kann sowohl an den Vorderflächen $a, b, c, d, \ldots\ldots$ der Gitterstäbe, als auch an den Seitenflächen $m, n, o, p, \ldots\ldots$

erfolgen; aber der nach A reflektierte Schall wird um so schwächer, je spitzer der Winkel ist, unter dem die Welle die Fläche trifft. An den Vorderflächen a, b, c, d, ... wird der Schall merklich nur von den ersten Stäben reflektiert werden. Umgekehrt stellt es sich mit den Seitenflächen m, n, o, p .....; hier trifft die Welle die ersten Flächen unter sehr spitzem Winkel, der Winkel wächst aber rasch und nähert sich 90° immer mehr. Von den weiter entfernten Gitterstäben wird daher der Schall an den Flächen s, t, u, v, ... merklich reflektiert. Es kommen also in A nacheinander reflektierte Wellen an, deren Wegunterschied δ respektive $2\,ty$, $2\,uz$ u. s. w. beträgt. Sind ty, uz, vw, ... unter einander gleich, so muss ein bei A befindliches Ohr einen Ton hören. Die Höhe dieses Tones ergiebt sich, indem man die Schallgeschwindigkeit c durch den Wegunterschied δ dividiert; es ist dann c/δ gleich der Anzahl Doppelschwingungen des Tones. Ähnliche Betrachtungen würden für die in a, b, c, ... reflektierte Welle gelten. Hier sind aber, so lange noch eine merkliche Reflexion stattfindet, die Wegdifferenzen zu klein, als dass ein hörbarer Ton entstehen könnte.

Die Strecken ty, uz, vw, ... sind nun freilich nicht genau gleich. Sie wachsen zuerst ziemlich rasch und nähern sich dann ganz allmählich einem Maximum: der Entfernung zweier reflektierenden Flächen von einander. Der entstehende Sirenenton muss also an Höhe abnehmen. Bei grösserer Entfernung der Gitterstäbe von der Schallquelle wird aber auch die reflektierende Fläche immer kleiner, sie wird durch den vorhergehenden Stab immer mehr verdeckt; hiedurch und durch den immer längeren Weg, den die Welle zurücklegen muss, erklärt sich die Abnahme der Intensität des Tones.

Die eben angestellten Überlegungen fanden durch Versuche, die ich mit einem Freunde in Kiel vornahm, volle Bestätigung. Wir wählten eine etwas entlegene Strasse, in der sich 2 Gitter von verschiedenen Dimensionen befanden und begannen unsere Beobachtungen abends 10^h, nachdem das Geräusch in den benachbarten Strassen ziemlich verstummt war. Der Schall wurde durch Anschlagen mit einem Hammer an eine Bretterwand, 11,3 m von dem Gitter entfernt, hervorgerufen. An dem Gitter I waren die reflektierenden Flächen der Stäbe 0,13 m, am Gitter II 0,14 m von einander entfernt. Bei beiden Gittern zeigte sich der Sirenenton scharf und deutlich, bei dem 2. Gitter deutlich tiefer. Eine sorgfältige Vergleichung des Tones mit dem einer kleinen hölzernen Pfeife von König, mit dem er auch in der Klangfarbe Ähnlichkeit hatte, namentlich bei nicht zu starkem Anblasen, ergab für das 1. Gitter *a'''*, für das zweite *gis'''*. Die Wellenlänge von *a'''* ist nahe 10 cm, die von *gis'''* 10,6 cm. Ich habe nun die Berechnung der vorher bezeichneten halben Wegunterschiede für beide Gitter durchgeführt, und zwar erst von der Stelle an, wo die Welle unter einem Winkel von 45° auf die Seite des Gitterstabes trifft.

Gitter I.			Gitter II.		
9,2	9,7	10,0	10,0	10,4	10,8
9,3	9,7	10,0	10,0	10,5	10,9
9,3	9,7	10,1	10,0	10,5	11,0
9,4	9,8	10,1	10,1	10,6	11,0
9,4	9,8	10,2	10,2	10,6	11,0
9,5	9,9	10,2	10,2	10,7	11,1
9,5	9,9	10,2	10,3	10,7	11,1
9,6	10,0	10,2	10,3	10,7	11,1
9,6	10,0	10,3	10,4	10,8	11,2

Für beide Gitter giebt es also 6—8 Wegdifferenzen, die entweder gleich der Wellenlänge des beobachteten Tones oder doch nicht wesentlich von ihr verschieden sind. Hört man dabei den Ton deutlich und ist meine Annahme über die Entstehung desselben richtig, so würde daraus folgen, dass unser Ohr im Stande ist, einen Ton deutlich als solchen aufzufassen, der eine Dauer von nur etwa 0,005 bis 0,003 Sekunden hat. — Noch an mehreren andern Gittern wurde die Höhe des Sirenentons bestimmt;

stets nahm die Tonhöhe zu, wenn sich die Entfernung der Gitterstäbe verringerte und umgekehrt. Ähnliche Töne wie bei solchen Gittern hört man auch, wenn man auf einem See vor einer Schilfwand in die Hände klatscht oder auf den Rand des Bootes klopft; der hier entstehende Ton scheint mir noch höher zu sein, als der an Gittern beobachtete. Auch mag hierher der eigentümliche Ton gehören, den man auf der Freitreppe der Regensburger Walhalla hört.

Verzögerung der (drehenden) Bewegung einer Kupferscheibe durch einen Magnet.

Von Prof. Dr. **G. Krebs** in Frankfurt a. M.

Schon seit längerer Zeit bediene ich mich, um die Verzögerung der (drehenden) Bewegung einer Kupferscheibe durch einen Magnet zu zeigen, folgenden einfachen Apparates: Auf die Achse eines durch ein Uhrwerk getriebenen Sirenapparates von Seebeck setze man, statt einer gelochten Scheibe, eine dünne Kupferscheibe von ca. 20 cm Durchmesser, welche leicht genug ist, um durch das Uhrwerk umgetrieben zu werden. Um die Geschwindigkeit der Drehung der Scheibe beurteilen zu können, klebe man an einer Stelle dicht am Rande ein kreisförmiges Papierblättchen von 1 cm Durchmesser an. Ferner ist auf einem einfachen Gestell ein hufeisenförmiger Elektromagnet so angebracht, dass seine Schenkel in eine Horizontalebene fallen. Es genügt eine Schenkellänge von 8 cm bei einem Schenkeldurchmesser von 1 cm. Die Schenkel sind mit 2—3 Lagen dicken, übersponnenen Drahtes umwickelt und stehen um 1—1 $^1/_2$ cm voneinander ab; ausserdem tragen sie Polschuhe, von denen der eine fest und der andere mittels einer Schraube verschiebbar ist, damit man die Polschuhe einander beliebig nähern kann. Selbstverständlich muss der Elektromagnet höher und tiefer gestellt werden können. Man rückt nun den Elektromagnet so an die Scheibe heran, dass deren Rand zwischen die Polschuhe fällt, welche so nahe als möglich an die Scheibe geschoben werden.

Hierauf setzt man das Uhrwerk in Gang, und wenn die Scheibe eine genügende Geschwindigkeit erlangt hat, lässt man den Strom eines Bunsen'schen Elements in die Windungen fliessen. Sofort verlangsamt sich die Bewegung, und zwar gewöhnlich so weit, dass die Scheibe zum Stillstand kommt.

Umsetzung von mechanischer Arbeit (Drehung) in Elektricität und Rückverwandlung.

Von Prof. Dr. **G. Krebs** in Frankfurt a. M.

Auf ein Holzbrett ist ein ca. 20 cm langer und 3 cm breiter Multiplikatorrahmen montiert. Den Widerstand der Windungen macht man zweckmässig so gross, wie den der Windungen eines im Kabinet vorhandenen Galvanometers (mit Multiplikator). Mitten durch den Multiplikatorrahmen geht eine kurze vertikale Achse, an der ein Magnetstab von ca. 18 cm Länge und 2 cm Breite im Innern des Rahmens befestigt werden kann. Die Klemmen des Multiplikatorrahmens verbindet man mittels längerer Drähte mit denen eines Galvanometers; die Drähte wählt man lang, damit der Magnet nicht direkt auf die Galvanometernadel wirken kann. Vor der Verbindung der beiden Apparate durch die Drähte stellt man den Magnetstab durch Drehen an dem aus dem Rahmen hervorragenden Ende der Achse so, dass er senkrecht zu den Windungen steht. Lässt man nun den Magnetstab eine halbe Umdrehung machen, so schlägt die Nadel des Galvanometers aus; dreht man, nachdem die Nadel zur Ruhe gekommen, abermals um 180°, so schlägt jetzt die Nadel nach der entgegengesetzten Seite aus.

Lässt man den Magnetstab rasch rotieren, so zittert die Nadel um die Nulllage rasch, aber mit unbedeutendem Ausschlag hin und her.

Hat der Apparat längere Zeit unbenutzt gestanden, so muss der Magnetstab frisch magnetisiert werden.

Berichte.

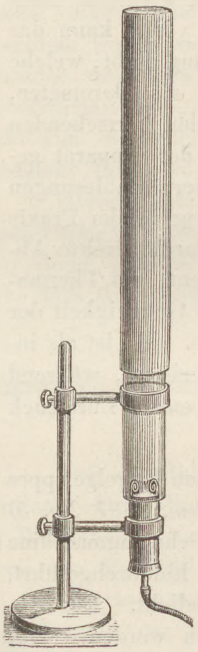
1. *Apparate und Versuche.*

Das Thermobaroskop als Messinstrument und Demonstrationsapparat. Schon vor längerer Zeit ist von H. Emsmann *(Ztschr. z. Förd. d. phys. Unterr. 1884, S. 49)* auf die Brauchbarkeit des Galilei'schen (fälschlich nach Drebbel genannten) Thermoskops für den Unterricht hingewiesen worden. Eine sinnreiche Verbesserung des Instruments, welche es als Messinstrument brauchbar macht, wird von A. Steinhauser im *Rep. d. Phys. XXIV, 412 (1887)* beschrieben. Denkt man sich ein Luftthermometer, aus Gefäss und Röhre bestehend, horizontal gelegt und als Index einen Quecksilberfaden in der am Ende offenen Röhre angebracht, so werden bekanntlich bei gleicher Temperatur die Angaben je nach dem herrschenden Barometerstand verschieden ausfallen. Dieser Einfluss des Barometerstandes kann aber dadurch compensiert werden, dass man das Luftthermometer um eine horizontale Achse so lange dreht, bis das Gewicht des Quecksilberfadens in der Röhre, je nach der Richtung der Drehung in positivem oder negativem Sinne wirkend, der Änderung des Luftdruckes entgegengesetzt gleich wird. Es bedarf dazu eines Quecksilberfadens von 35 mm Länge, da die vorkommenden Abweichungen vom barometrischen Mittel diesen Betrag nicht überschreiten. Die Barometerstandsskala wird auf einem Kreisbogen angebracht, dessen Teilung sich leicht berechnen lässt; die Teilung ist für Orte mit verschiedenem barometrischen Mittel dieselbe, wenn nur die Indexlänge von 35 mm die gleiche bleibt. Die Röhre selber wird mit einer Temperaturskala versehen, die die wirkliche Temperatur bei horizontaler Lage und bei dem barometrischen Mittel angiebt. Man kann das Instrument entweder als Thermometer brauchen, indem man ihm die Neigung giebt, welche dem herrschenden (auf 0° reduzierten) Barometerstande entspricht, oder als Barometer, wenn man es so neigt, dass die an der Skala abgelesene Temperatur der herrschenden gleich wird. Eine eingehendere Untersuchung der Genauigkeit, welche der Apparat gestattet, zeigt, dass für die Verwendung als Barometer sehr genaue Temperaturablesungen vorausgesetzt werden müssen; dennoch empfiehlt es sich für die Anwendung in der Praxis durch Billigkeit, leichte Transportierbarkeit bei arretiertem Index, und durch direkte Ablesung ohne Correktur oder Reduktion. Dagegen zeichnet sich das Instrument, als Thermometer gebraucht, durch seine grosse Empfindlichkeit und durch die grosse Genauigkeit der Ablesung infolge der grossen Grade vor gewöhnlichen Thermometern aus. Es ist als instruktives Demonstrationsinstrument für den physikalischen Unterricht geeignet, während seine praktische Verwendung durch die Notwendigkeit, es auf den herrschenden Luftdruck einzustellen, beeinträchtigt wird.

Veranschaulichung der Erdabplattung. An Stelle des gebräuchlichen Kugelgerippes aus Messing- oder Stahlstreifen empfiehlt Demichel *(Journ. de phys. élem. 1887 No. 5)* einen kugelförmigen Kautschukballon, der mit Wasser gefüllt und auf die Schwungmaschine gesetzt wird. Zu diesem Zwecke ist eine Röhre durch den Ballon hindurchgeführt, welche als Achse dient und zugleich die Einfüllung des Wassers ermöglicht. Die Abplattung kann mit wachsender Rotationsgeschwindigkeit sehr beträchtlich werden. Das Paradoxon, dass trotz der Änderung der Kugelgestalt und der damit verbundenen Volumverminderung kein Wasser austritt, findet durch die Ausdehnung der elastischen Kautschukwand ihre Erklärung.

Ein Versuch über Lichtemission glühender Körper. Ferd. Braun teilt in den *Gött. Nachr. 1887, 465* folgenden Versuch zur Erläuterung des Kirchhoff'schen Gesetzes der Absorption und Emission mit. Man bedecke eine kleine Stelle, etwa einige qcm, eines Porzellangegenstandes mit der schwarzen Farbe der Porzellanmaler und erhitze ihn in einer allseitig, bis auf ein röhrenförmiges Schauloch, geschlossenen Muffel, so beobachtet man, dass das Porzellan mit beginnender Rotglut zu leuchten beginnt, während der Fleck sich davon noch dunkel abhebt. Mit steigender Temperatur (etwa 800°) verschwindet der Fleck scheinbar gänzlich, wird aber noch schwarz auf hellem Grunde sichtbar, wenn man einen brennenden Span oder eine Gasflamme in die Muffel einführt. Bei noch höherer Temperatur (1000—1100°), eilt die Lichtemission des Fleckes der des Porzellans voraus, er erscheint weiss strahlend auf hellrosenrotem Grunde. Die Erscheinung erklärt sich daraus, dass die Farbe ein grösseres Absorptionsvermögen für die leuchtenden Strahlen hat, als das (schon bei gewöhnlicher Temperatur durchscheinende) Porzellan. In demselben Maasse wie die leuchtenden Strahlen im Glühlicht an Intensität gewinnen, steigert sich daher auch die Lichtemission des Fleckes im Vergleich zu der des Porzellans. Für einen Vorlesungsversuch empfiehlt Braun, einen grösseren, innen bemalten Porzellantiegel in der Bunsenflamme, unter Verdunkelung des Zimmers zu erhitzen, doch tritt die Erscheinung dann weniger deutlich hervor. Dagegen strahlt ein Goldfleck bei ca. 800° ein intensiv grünes Licht aus, welches bei abnehmender Temperatur in tiefes Dunkelblau übergeht, Farben, welche lebhaft an die Durchlassfarben dünner Goldschichten erinnern. Platin leuchtet beim Abkühlen lange intensiver als Porzellan, das Licht verschwindet zuletzt mit schwachem Rot, wie bei andern festen undurchsichtigen Körpern; der Vergleich mit dem Golde zeigt deutlich, dass diesem eine specifische Emission für gewisse Strahlengattungen zukommt.

Spiralförmige Wirbel in Flammen. Schon vor einigen Jahren hatte W. Holtz einen Versuch beschrieben, wie man mittelst zweier gegen einander gerichteten Gasflammen eigentümliche spiralförmige Wirbel erzeugen könne. Es ist ihm inzwischen gelungen, ganz ähnliche Erscheinungen in einer einzigen Flamme mittelst des von ihr selbst erzeugten Luftstromes zu gewinnen (*Nachr. v. d. K. Ges. d. W. zu Göttingen 1886 No. 18.)* Ein 10 cm langes, 2—3 cm weites Rohr, am besten von Metall, senkrecht an dem einen Arme eines Stativs befestigt, ist unten durch einen Stöpsel verschlossen. In der Mitte des Stöpsels und mit seiner oberen Fläche abschneidend sitzt ein kurzes enges Rohr, das durch einen Gummischlauch mit der Gasleitung verbunden ist. Das in dem weiten Rohre langsam aufsteigende Gas wird oben angezündet und der Zufluss so geregelt, dass eine niedrige, bläuliche Flamme entsteht. Hiernach wird ein möglichst langes, 3—4 cm weites Glasrohr, oder ein kürzerer Glascylinder, welcher durch ein Papprohr verlängert ist, an dem zweiten Arme desselben Statives so befestigt, das es das untere Rohr auf eine Länge von 5—8 mm umfasst. Sofort brennt die Flamme hell und zeigt spiralförmige Wirbel, indem sie an der einen Seite des Rohres aufsteigend ihre Spitze nach innen und zugleich niederwärts biegt. Der Grund ist natürlich, dass wegen des starken Luftstromes an der Peripherie des Metallrohrs in seinem Centrum eine Verdünnung entsteht. Damit der Luftstrom stark genug sei, muss das obere Rohr möglichst lang sein. Je kürzer es ist, um so mehr muss man den Gaszufluss hemmen, damit sich überhaupt die Erscheinung zeigt. Bei ganz kurzen Rohren kommt sie gar nicht zustande, weil bei sehr langsamem Zufluss die Flamme eher erlischt.

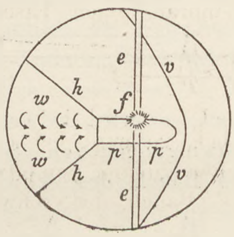


Die Wirbel können sich sehr verschiedenartig gestalten, je nachdem man den Gaszufluss ändert oder das obere Rohr etwas höher oder tiefer stellt, und die Erscheinung ist in ihrem Formwechsel so fesselnd, dass man sie lange ohne zu ermüden betrachten kann. Immer jedoch steigt die Flamme vorzugsweise an einer Seite auf, so dass die Axe des Wirbels gradlinig oder halbkreisförmig wird, nie an allen Seiten zugleich, so dass ein Wirbel mit vollkommen kreisförmiger Axe entstände. Der Grund ist wohl, dass ein Glasrohr nie ganz rund ist, und dass es nebenbei fast unmöglich ist, beide Rohre genau concentrisch zu stellen. *(Mitget. v. Verf.)*

Eine galvanische Wasserbatterie. Henry A. Rowland beschreibt (*Amer. Journ. of Science, (3) XXXIII, No. 194, 1887*) eine Wasserbatterie, die sich als einfach, billig und brauchbar erwiesen hat. Zink- und Kupferstreifen von 2″ (etwa 5 cm) Breite werden mit den Längskanten zusammengelötet, so dass sie einen combinierten Streifen von etwas weniger als 4″ Breite bilden. Jeder solche Streifen wird dann in Stücke geschnitten, die $^1/_4$″ breit sind und halb aus Zn, halb aus Cu bestehen; jedes dieser Stücke wird U-förmig umgebogen, so dass die Aeste nur etwa $^1/_4$″ von einander entfernt sind. Darauf wird eine dicke Glasplatte erwärmt und mit einer Schellackschicht von $^1/_8$″ Dicke überzogen; in diese werden die Streifenpaare mit den Löthstellen reihenweise eingesetzt, so dass ein Zinkstreifen von dem Kupferstreifen des folgenden Elementes um etwa $^1/_{16}$″ entfernt ist. Auf diese Weise können auf einer Platte von 10″ im Quadrat gegen 800 Streifenpaare angebracht werden. Die Platte wird nunmehr vorsichtig erwärmt und bis zu einer Höhe von $^1/_2$″ mit einer Mischung von Wachs und Harz, die leichter als Schellack schmilzt, übergossen, um die Elemente zu befestigen. Endlich wird die Platte in einen Holzrahmen gefasst und mit einem Ring zum Aufhängen versehen. Für den Gebrauch wird die Vorrichtung mit den Spitzen der Elemente in Wasser getaucht und dann wieder aufgehängt; in den Zwischenräumen von je $^1/_{16}$″ bleiben dabei Wassertropfen hängen, die sich etwa eine Stunde lang erhalten und die Batterie vervollständigen.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Momentphotographie von bewegten Luftmassen. Wenn ein Projektil an irgend einer Stelle seiner Flugbahn einen elektrischen Funken auslöst, so kann es bei dessen Licht im dunkeln Zimmer photographiert werden. Scharfe Bilder der Art wurden von Mach und Wentzel bereits 1884 hergestellt. Auch Momentbilder von Schallwellen in der Luft wurden bereits damals gewonnen; dagegen ist die Abbildung der Luftverdichtung, welche ein fliegendes Projektil erzeugt, erst kürzlich gelungen. Die Versuche sind nach Mach's Angaben von Salcher und Riegler in Fiume ausgeführt und von Mach und Salcher beschrieben worden (*Ber. d. Wien. Ak., 21. April 1887; Wied. Ann.* **32**, *277*). Benutzt wurden Gewehre, deren Projektile Geschwindigkeiten von 440 bis 530 m erreichten, da sich herausgestellt hatte, dass nur bei solchen Geschwindigkeiten, welche die des Schalles übersteigen, eine deutliche Verdichtung auftritt. Eine Leydener Flasche war in ihrem Schliessungsbogen mit zwei Unterbrechungen versehen; wurde die eine derselben durch das Projektil momentan geschlossen, so trat sowohl an dieser wie auch an der zweiten Stelle ein Schliessungsfunken auf; das Licht dieses zweiten Funkens diente dazu, die erste Funkenstelle samt dem hindurchfliegenden Projektil zu beleuchten. Stellte man zwischen diese Funkenstelle und den photographischen Apparat eine Linse, so erschien diese in der Photographie als ein helles Feld, von welchem sich das Projektil dunkel abhob. In der beistehenden schematischen Figur bezeichnet p das Geschoss, ee die Elektroden, f den elektrischen Funken. Um auch die vor dem Projektil verdichtete Luft sichtbar zu machen, wurde die Schlierenmethode angewendet, deren Anfänge bei Huygens (De formandis vitris) zu finden sind, und deren Vervollkommnung Foucault (1878) und Toepler (1864) verdankt wird. Bekanntlich wird die erhitzte Luft über einer Wärmequelle sichtbar durch das scheinbare Zittern der dahinter befindlichen Gegenstände, ebenso der Schatten einer Kerzenflamme im Sonnenlicht durch die wechselnde kleine Lichtablenkung in den heissen Gasen. Soll nun die Luftverdichtung vor dem Projektil sichtbar gemacht werden, so fasst man das Funkenbild scharf mit dem Rande einer Blendung ab, so dass das Gesichtsfeld des photographischen Apparats oben dunkel erscheint. Allein am Rande des Projektils wird das Licht gebeugt, geht teilweise neben der Blendung vorbei und liefert ein Bild des Projektils. Befindet sich vor dem Projektil verdichtete Luft, so verstärkt diese an der betreffenden Stelle die Brechung durch die Linse, ein Teil des Lichtes gelangt neben der Blendung vorbei in das Objektiv der photographischen Kammer und bildet die Grenze der Luftverdichtung



ab. Diese Grenze v ist einem das Projektil umgebenden Hyperbelast ähnlich, dessen Scheitel vor dem Kopf des Projektils und dessen Axe in der Flugbahn liegt. Ähnliche aber gradlinige Grenzstreifen *(h)* gehen von dem hinteren Ende des Geschosses divergierend nach rückwärts. Die erste Begrenzung entspricht der Bugwelle eines Dampfschiffes, die zweite der Achterwelle. Bei der grössten bisher angewendeten Geschwindigkeit endlich erschien der Schusskanal hinter dem Projektil mit Wölkchen erfüllt, die als Luftwirbel aufzufassen sind. Ihr Sichtbarwerden bei der Schlierenmethode wird daraus erklärt, dass die Luft beim Einströmen in den Schusskanal sich erwärmt und daher ihre Dichte ändert. Der Zusammenhang der ganzen Erscheinung mit der Theorie der Schallwellen ist in der Abhandlung selbst eingehender erörtert.

Optische Darstellung der Vorgänge im Telephon. Von O. Fröhlich ist in der *Elektrotechn. Ztschr. 1887, V, 210* eine Reihe von Versuchen angegeben worden, durch welche die Bewegungen der Telephon-Membran nachgewiesen und die Eigentümlichkeiten dieser Bewegungen experimentell untersucht werden können. Die Schwingungen einer durch Singen oder Sprechen erregten Telephon-Membran erzeugen beim Bestreuen mit Lycopodiumsamen keine Spur von Klangfiguren. Klebt man aber ein Spiegelchen s (Fig. 1) auf die Telephon-Membran zwischen Rand und Mitte, so giebt ein hiervon reflektierter Lichtstrahl auf einem entfernten Schirm S schwache Bewegungen des von ihm hervorgerufenen Lichtbildes zu erkennen. Genauere Messungen mit Hülfe von Fernrohr und Skala haben ergeben, dass die Bewegung der Mitte der Telephon-Membran etwa 0,035 mm beträgt.

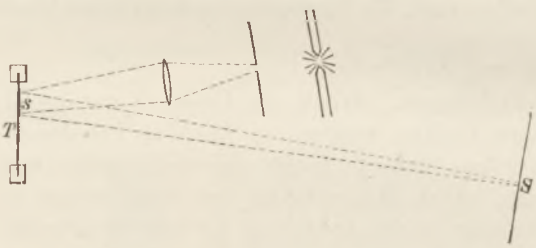


Fig. 1.

Viel deutlicher wird der Nachweis, wenn man nach Melde's Prinzip mit der Membran einen Eisendraht (von etwa 40 cm Länge und 0,6 mm Dicke) verbindet (Fig. 2) und diesen durch eine Spiralfeder spannt; leitet man in das Telephon die Ströme einer elektrisch erregten Stimmgabel, so wird bei einer gewissen Spannung der Feder der Draht in deutlich sichtbare Schwingungen von etwa 5 mm Amplitude versetzt. Befestigt man aber zwischen Knoten und Bauch des schwingenden Drahtes ein leichtes Spiegelchen s und lässt von diesem einen Lichtstrahl reflektieren, so kann man selbst die Membranschwingungen sichtbar machen, die durch Hineinsingen in ein Mikrophon hervorgebracht werden; man erhält auf dem Schirm starke Bewegungen des Lichtbildes, die bis 50 cm betragen.

Fig. 2.

Endlich werden auch die tanzenden Flammen von König zur direkten Darstellung der Membranschwingungen benutzt. Zu diesem Zwecke wird auf die Mitte der Telephon-Membran (Fig. 3) ein Stück Kork gesetzt, welches oben rundlich abgefeilt ist und in eine darüber angebrachte Höhlung aus Messing passt. Spannt man über diese Höhlung eine möglichst dünne Haut aus Gummi oder Fischblase, so kann man die Vorrichtung mit Hülfe einer Mikrometerschraube so einstellen, dass die Haut fast ganz an die messingene Wand angedrückt und daher der zwischen Haut und Messingwand liegende Hohlraum sehr verengt wird. Hierdurch wird es möglich, auch bei der schwachen Bewegung der Telephon-Membran ein deutliches Tanzen der Flamme, welche durch das die

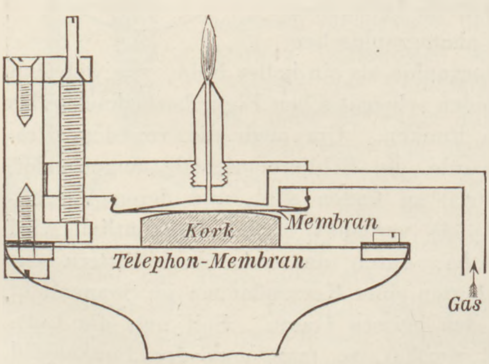


Fig. 3.

Kapsel durchströmende Gas gespeist wird, zu erhalten; die auf diese Weise in einem rotierenden Spiegel sichtbar gemachten Flammenformen sind ebenso deutlich und scharf ausgeprägt, wie bei den Versuchen von König. Vergleicht man die so erhaltenen Flammenbilder mit denjenigen, welche von denselben Tönen ohne Vermittlung des Telephons hervorgebracht werden, so stellen sich erhebliche Unterschiede heraus, in der Regel in dem Sinne, dass die Schwingungen der Telephon-Membran mehr Zacken haben und also kompliziertere Schwingungsformen darstellen, als die einer direkt durch den Ton beeinflussten Flammenkapsel. Ähnliches zeigt sich auch, wenn man die Lissajous'schen Figuren erst mit zwei Stimmgabeln erzeugt und dann die eine von ihnen durch eine von ihr erregte Telephon-Membran mit Spiegelvorrichtung ersetzt; die Figuren erscheinen nun compliziert und verzerrt und deuten darauf hin, dass jeder einfache in das Telephon geschickte Strom in einen zusammengesetzten Klang verwandelt wird (die Originalabhandlung enthält sowohl für diese Versuche als für diejenigen mit der tanzenden Flamme anschauliche graphische Darstellungen). Wenn schon die Wiedergabe der Vokale sich als mangelhaft erwies, so ist dies noch vielmehr bei den Konsonanten der Fall; selbst die deutlichsten bringen am Flammenbilde des Telephons kaum eine Spur von Eindruck hervor. Dies findet seine Bestätigung durch direkte Sprachversuche, denen zufolge namentlich die Wiedergabe der Aspirations-, Kehl- und Zischlaute höchst unvollkommen ist. Wie schon beim gewöhnlichen Sprechen, so wird, nur in noch höherem Grade, beim Telephonieren ein grosser Teil des Gesprochenen unbewusst erraten. —

Die beschriebenen Versuche werden nun nicht nur zu Demonstrationszwecken, sondern für eine Reihe von praktisch wichtigen Untersuchungen benutzt. Der schädliche Einfluss von in den Telephonkreis eingeschalteten Elektromagneten auf die Deutlichkeit der telephonischen Reproduktion wird durch die Flammenbilder nachgewiesen. Die Eigenschaften des Leitungskabels (Widerstand, Capacität und Selbstinduktion) bekunden ihre Wirkung nicht nur in den Intensitätsverhältnissen, sondern auch in den qualitativen Veränderungen der Schwingungsform. Diese aber sind für die telephonische Wahrnehmung weit wichtiger als jene; vergleichende Versuche zeigen, dass auch sehr geringe Intensitäten noch zu deutlicher Wahrnehmung gelangen, wenn die Qualität der Schwingung bewahrt bleibt; während selbst grosse Intensitäten bei sehr starker Änderung der Schwingungsform nicht mehr das Verständnis des Klanges zu bewirken vermögen. — Das Telephon mit tanzender Flamme hat sich ferner als Messinstrument brauchbar erwiesen. Dazu bedarf es einer Fixierung der Flammenbilder, die am genauesten auf photographischem Wege möglich ist. Bei der geringen Zeitdauer einer Flammenzacke ist in dess die gewöhnliche Leuchtgasflamme hierfür völlig ungeeignet; benutzt wurde vielmehr die in photochemischer Hinsicht als überaus wirksam bekannte Flamme von Schwefelkohlenstoff in Stickoxyd, die freilich auch nur die Spitzen (Zacken) der Flammenbilder deutlich wiedergab. Die Anwendung dieser Methode gestattet z. B. die Verfolgung der Stromintensität bei den schnell wechselnden oder schwankenden Strömen, die in allen Fällen der Ladung und Induktion auftreten und von denen die gewöhnlichen elektrischen Messungen nur Mittelwerte liefern, aus welchen auf den Vorgang selbst nicht geschlossen werden kann. So lässt sich u. a. die „Stromkurve“ für Wechselstrommaschinen und die Folge der Stromimpulse, welche bei Dynamomaschinen durch das Vorübergehen der Kommutatorlamellen an den Bürsten entstehen, graphisch wiedergeben. — Eine andere Anwendung bezieht sich auf chronographische Bestimmungen mit Hülfe der photographischen Flammenbilder, für deren Herstellung der rotierende Spiegel durch ein vielseitiges, mit schmalen lichtempfindlichen Streifen versehenes Prisma ersetzt wird, dessen Umdrehungszeit genau reguliert und bestimmt sein muss. Auf Grund dieser Methode wird schliesslich ein Vorschlag auseindergesetzt, wie die Geschwindigkeit eines Geschosses im Geschützrohr zu bestimmen wäre. Legt man nämlich in das Geschoss einen Eisenstab und versieht das Rohr aussen mit einem System von Drahtspiralen, deren jede aus einem primären von starkem Strom durchflossenen Teil und einem sekundären mit dem registrierenden Telephon verbundenen Teil besteht, so muss, wenn das Geschoss eine solche Spirale passiert, ein Stromstoss entstehen, der am zugehörigen Telephon eine Flammenzuckung zur Folge hat. Diese Stromstösse würden in der vorher beschriebenen Art zu registrieren sein. Weitere Mitteilungen über diese wie über andere Anwendungen des Apparates sind in Aussicht gestellt.

Pyroelektrische Untersuchungen. Zur Erklärung der pyroelektrischen Erscheinungen an gewissen Krystallen, namentlich am Turmalin, ist schon seit langer Zeit, und noch neuerdings von W. Thomson, die Hypothese aufgestellt worden, dass jene Krystalle aus polar-elektrischen Molekülen bestehen; doch war es bisher nicht gelungen, alle Erscheinungen in befriedigender Weise mit dieser Annahme in Einklang zu setzen. E. Riecke hat nun (1885) eine Theorie entwickelt unter der Voraussetzung, dass der Turmalin ein permanent-elektrischer Körper ist; die Moleküle (resp. Volumelemente) des Krystalls werden als polar-elektrisch angesehen und ihnen nach Analogie der magnetischen Körper ein gewisses elektrisches Moment beigelegt, das sich bei Erwärmung oder Abkühlung, zugleich mit der Volumänderung der Elemente, verändert. Nach aussen erscheint diese Polarität nur als eine Belegung der Endflächen, deren Wirkung aber dadurch völlig aufgehoben werden kann, dass sich auf die Oberfläche eine entgegengesetzt elektrische Schicht auflagert. Dies ist der Grund, weshalb jeder Turmalin für gewöhnlich unelektrisch erscheint. Nur bei Temperaturänderung wird in Folge der Änderung des elektrischen Moments auch die aufgelagerte Ladung eine andere, so dass ein Überschuss freier Elektrizität an den Enden auftritt, der aber bald wieder verschwindet, weil die Oberfläche ein hauptsächlich von condensierter Feuchtigkeit herrührendes Leitungsvermögen besitzt. Der Einfluss dieses Leitungsvermögens trat schon in den damals angestellten Versuchen unzweifelhaft hervor. Ein entscheidender Beweis für die von der Theorie gemachte Voraussetzung ist aber erst dadurch geliefert worden, dass es Riecke gelungen ist, Turmaline permanent-elektrisch zu erhalten. (*Nachr. v. d. K. Ges. d. W. zu Göttingen, 1887, No, 7; Wied. Ann. 31, S. 889; 1887*). Die Turmaline wurden zu diesem Zweck in einem trockenen Kasten mehrere Stunden lang erhitzt und dann in einen Raum gebracht, wo die Bildung einer leitenden Oberflächenschicht verhindert oder wenigstens verzögert war. Als ausreichend hierfür erwies sich das Innere einer Luftpumpenglocke, wenn die Luft zuvor gut getrocknet und von Staub befreit war und dann mässig verdünnt wurde. Der elektrische Zustand der Krystalle wurde an einen Fechner'schen Elektroskop gemessen, welches (nach dem Vorgange von Gaugain) bei einer gewissen Grösse des Ausschlags eine Selbstentladung bewirkte, so dass die Zahl der beobachteten Entladungen ein Maass für die Menge der entwickelten Elektrizität abgab. In der Mehrzahl der Fälle war der elektrische Zustand noch nach durchschnittlich 24 Stunden erkennbar, während die Abkühlung (bis auf eine Differenz von $1/2\,^{\circ}$) schon im Laufe von etwa 1 Stunde eintrat. Es ergab sich ferner, dass das Zeichen der an einem Krystallende entwickelten Elektrizität während der ganzen Abkühlung dasselbe bleibt, und endlich, dass bei freier Abkühlung eines Turmalins seine elektroskopisch nachweisbare Ladung wächst entsprechend der aus der Theorie abgeleiteten Gleichung $\varepsilon = E(1 - e^{-az})$, worin E den Maximalwert der Ladung, a eine Constante, z die Zeit bezeichnet, und wobei vorausgesetzt ist, dass der Einfluss der oberflächlichen Leitung vernachlässigt werden kann. Der graphisch dargestellte Verlauf dieser Formel stimmt mit den Beobachtungsergebnissen äusserst genau überein, so dass auch hierdurch die zu Grunde gelegten Annahmen eine Bestätigung erhalten. — Schliesslich werden Andeutungen über den Zusammenhang der Elastizität der Krystalle mit der pyroelektrischen Polarität gegeben; danach ist diese Eigenschaft nur bei solchen Krystallen zu erwarten, bei denen die Relationen für ein nach allen Richtungen gleiches Verhalten der Moleküle nicht erfüllt sind; dies trifft in der That, nach vorliegenden Messungen der Elastizitätsconstanten, bei Flusspath und Bergkrystall zu, während beim Steinsalz, wo jene Relationen bestehen, keine pyroelektrische Kraft vorhanden ist.

Das lange dauernde Haften des Staubes an der Oberfläche von Turmalinen erklärt der Verfasser als eine blosse Folge der Adhäsion, eingeleitet allerdings durch den Druck, mit welchem die Staubteilchen gegen die Fläche des Krystalls gepresst wurden, während dieser elektrisch erregt war. Ein direkter Zusammenhang zwischen diesem Anhaften des Staubes und der Polarität des Turmalins besteht nach der Ansicht des Verfassers nicht.

Chemische Zersetzung durch Druck. Eine Thatsache, welche mit der in Heft I, S. 35 berichteten Erstarrung einer Flüssigkeit durch Druck verwandt ist, haben W. Spring und J. van't Hoff *(Zeitschr. f. phys. Chem. 1887, S. 227)* beobachtet. Das Calcium-Kupferacetat ist ein Doppelsalz, welches sich oberhalb 75° C. in seine beiden Componenten zersetzt, wobei abweichend von analogen chemischen Processen eine Contraktion stattfindet. Dieselbe Zersetzung haben die genannten beiden Forscher dadurch hervorgerufen, dass sie das fein gepulverte Salz in einer Schraubenpresse von besonderer Construktion einem Druck unterwarfen, den sie auf 6000 Atmosphären angeben. Sie erklären es durch die Versuchsbedingungen für ausgeschlossen, dass durch die Compression eine Temperatur-Aenderung um mehr als Bruchteile eines Grades eintreten konnte. Die Zersetzung, die von einem Farbenwechsel aus blau in grün begleitet ist, kann daher nur der erzwungenen Volumverminderung des Salzes zugeschrieben werden.

Die Wechselwirkung von Zink und Schwefelsäure. Pattison Muir und R. H. Adie haben bezüglich des Verhaltens von Zink zu Schwefelsäure (*Chem. N.* ***56,*** *205; 1887*) folgende Thatsachen festgestellt. Reines oder fast reines Zink giebt mit concentrierter Schwefelsäure fast ausschliesslich schweflige Säure; mit mässig verdünnter Säure entsteht bei mittlerer Temperatur nur Wasserstoff, bei höherer tritt daneben SO_2 und H_2S in wachsender Menge auf. Mit käuflichem Zink bildet sich bei jeder Temperatur und bei jeder Verdünnung stets (neben Wasserstoff) auch schweflige Säure und Schwefelwasserstoff. Daraus schliessen die Verf., dass die Einwirkung von fast reinem Zink und reiner Schwefelsäure (verschiedener Concentration) in der Hauptsache eine chemische Reaktion ist, während bei weniger reinem Zink elektrolytische Wirkungen auftreten; sie vermuthen, dass verwickeltere Reaktionen zwischen Zink und Molekularaggregaten von H_2SO_4 und H_4O, oder von H_2SO_4, SO_3 und H_2O stattfinden. (*Nach Chem. Centr. Bl.* ***58,*** *1484; 1887.*)

Darstellung von Ammoniak, Salzsäure und Chlor aus Chlorammonium. Nach Ludw. Mond (D. R. P. 40685) werden Dämpfe von NH_4Cl bei 350—400° C. über die Oxyde zon *Ni, Co, Fe, Mn, Al, Cn* oder *Mg* geleitet, wobei sich Metallchloride bilden und NH_3 entweicht, dessen vollständige Entfernung durch Auspumpen oder Durchleiten eines indifferenten Gasstromes bewirkt wird. Leitet man hierauf unter Erhitzung auf 500—600° C. langsam Luft über die Chloride, so wird *Cl* frei und wieder das ursprüngliche Oxyd gebildet, welches von neuem zur Zersetzung von Salmiak dienen kann. Leitet man dagegen statt Luft heissen Wasserdampf über die Chloride, so entsteht Salzsäure. (Bei Verwendung von Oxyden des *Fe* oder *Mn* müssen nach Austreibung des Chlors aus den Chloriden die gebildeten höheren Oxydationsstufen vor der wiederholten Verwendung reduziert werden, da diese höheren Oxyde beim neuen Überleiten von Salmiak das Ammoniak teilweise zerstören würden). — Statt über die Oxyde können nach demselben Verf. (D. R. P. 40686) die Salmiakdämpfe auch über die gesättigten Salze, Kieselsäuren, Borsäuren und Phosphorsäuren derselben Oxyden geleitet werden. Es bilden sich neben den Metallchloriden die sauren Salze, während das Ammoniak entweicht. Beim überleiten von Luft werden darauf unter Austreibung des Chlors die neutralen Salze zurückgebildet. Durch heissen Wasserdampf wird auch hier Salzsäure entwickelt. *(Pol. Notizbl. 1887, No. 31 und 32.)*

3. Geschichte.

Der Lullin'sche Versuch. Von K. L. Bauer (Karlsruhe) ist im *Rep. d. Phys. XXIII, S. 483—509 (1887)* eine Abhandlung veröffentlicht worden, aus welcher hervorgeht, dass Lullin ein Genfer Rechtsgelehrter war, der daselbst eine politisch hervorragende Stellung einnahm und wiederholt als erster Bürgermeister fungierte. Es hat nichts unwahrscheinliches, dass er als junger Mann das Laboratorium des ihm später eng befreundeten B. de Saussure besuchte und die „Dissertatio physica de electricitate" (1766) verfasste, die seinen Namen trägt. K. L. Bauer giebt eine genaue Analyse dieser (vielleicht nur noch in einem Exemplar, in Genf, vorhandenen) Schrift, die für die Geschichte der Physik auch sonst von Interesse ist und wohl im wesentlichen die Ansichten Saussure's wiederspiegelt; in Poggendorff's *Biogr. litt. Hwb.* wird sie gradezu Saussure selber zugeschrieben. In ihr findet sich unter zahlreichen Versuchen auch der nach Lullin genannte: Eine Spielkarte wurde so zwischen die Spitzen eines Ausladers gebracht, dass diese einander nicht gerade gegenüberstanden, sondern 2 bis 3 Linien von einander entfernt waren; der Entladungsfunke einer Franklin'schen Tafel (tabula magica) durchbohrte die Karte dann stets in der Nähe der negativen Spitze, während er an der positiven Seite um ein entsprechendes Stück auf der Oberfläche der Karte fortglitt. Durch diesen Versuch sollte „die Natur befragt werden", in welcher Richtung sich das elektrische Fluidum bei der Durchbohrung bewege. Lullin, der ein Anhänger der unitarischen (Franklin'schen) Theorie war, glaubte die Frage hierdurch entschieden, obwohl die Thatsache der beiderseitig aufgeworfenen Ränder schwer damit in Einklang zu bringen war. Er fasste den Vorgang so auf, als ob das elektrische Fludium aus der positiven Spitze ausströme, sich auf der Oberfläche der Karte fortbewege bis es sich der negativen Spitze grade gegenüber befinde, und dann das Papier durchbreche. Für das Verständnis der Erscheinung sind spätere Versuche von Trémery *(Gilb. Ann. XXIII)* wichtig, bei denen sich zeigte, dass im luftverdünnten Raum das ungleiche Verhalten der beiden Spitzen verschwindet. Trémery glaubte deshalb den Lullin'schen Versuch dadurch zu erklären, dass er der atmosphärischen Luft ein viel grösseres Leitungsvermögen für + als für — Elektricität zuschrieb. Riess dagegen *(L. v. d. Reib.-El. II, 213/214)* nahm an, dass die Oberfläche der Karte bei der ersten Partialentladung durch die an der Karte hingetriebene Feuchtigkeitsschicht negativ elektrisch werde, und dass daher die + Elektricität sich über eine grössere Fläche ausbreite, als die — Elektricität. Die beiderseitige Aufwerfung der Ränder wurde von Riess so gedeutet, dass die mechanische Wirkung der Entladung sich nach allen Seiten äussert und daher die Papierfasern da wo sie keinen Widerstand finden, auflockert, ohne dass dadurch für oder gegen eine bestimmte Richtung der Entladung etwas entschieden wird. — Von den zahlreichen sonstigen Versuchen, die in der kleinen Abhandlung Lullin's beschrieben sind, ist namentlich noch die Erschütterung zu erwähnen, die bei der Entladung durch Oel stattfand. „So haben wir dicke gläserne Becher, auch wenn sie offen und konisch waren, durch eine fast gefährliche Explosion zersprengt, indem wir die Erschütterung zwangen, durch das in den Bechern enthaltene Oel zu gehn".

Gustav Theodor Fechner, geb. am 19. April 1801, gest. am 19. November 1887 in Leipzig, nimmt in der Geschichte der Physik des 19. Jahrhunderts eine bemerkenswerte Stelle ein. Sein Hauptwerk „Maassbestimmungen über die galvanische Kette" (1831) lieferte die genaue experimentelle Bestätigung der Ohm'schen Theorie und zugleich wichtige Ergänzungen dazu, wobei die Stromstärke nicht aus der Ablenkung, sondern aus der Änderung der Schwingungsdauer der Magnetnadel bestimmt wurde. Die Untersuchungen Fechner's über den Übergangswiderstand haben die Grundlage für die genauere Erforschung der Polarisationswirkungen des Stroms gebildet. Die Hypothesen, welche Fechner zur Verknüpfung von Faraday's Induktionserscheinungen mit Ampère's elektrodynamischen Gesetzen (1845) aufstellte, sind für W. Weber (1846) als Voraussetzungen bei der Ableitung des elektrodynamischen Grundgesetzes maassgebend gewesen und auch in Kirchhoff's Untersuchungen über die Bewegung der Elektricität in Drähten und in Leitern (1857) beibehalten worden. Fechner's Annahmen, dass in der Stromesleitung ein gleichzeitiger entgegengesetzter Strom von positiver und negativer Elektricität bestehe, dass die gleichartigen Elektricitäten bei gleicher Richtung einander anziehen, bei entgegengesetzer Richtung einander abstossen, ungleichartige Elektricitäten aber umgekehrt sich verhalten — diese Annahmen waren die subtilsten Verfeinerungen, zu denen die Hypothese der elektrischen Fluida nötigte. Wie auch später über diese Annahmen geurteilt werden mag, ihr historischer Wert ist schon dadurch fest begründet, dass sie zur Auffindung einer wichtigen neuen Naturconstanten geführt haben, deren Vorhandensein von Fechner vorhergesagt und deren Grösse von Weber ermittelt worden ist (Weber's Constante c). Auch Fechner's Deutung der Induktionserscheinungen fand durch W. Weber ihre mathematische strenge Bestätigung. — Von mehr philosophischer Bedeutung ist die Schrift: *„Über die physikalische und philosophische Atomenlehre“* (1855). Von den Leistungen Fechner's auf anderem Gebiete seien nur die *„Elemente der Psychophysik“* (1860) genannt, durch welche er eine neue Wissenschaft begründete; das Problem der Messung von Empfindungsintensitäten durch quantitative Grössenbeziehungen hat in den „psychophysischen Grundgesetze“ eine erste Formulierung gefunden, deren Berechtigung und Tragweite noch heut Gegenstand der Forschung ist. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Das Verhältnis der mathematischen Physik zur Experimentalphysik hat Paul Janet zu Grenoble in einer Rede behandelt, die in der *Rev. scient. t. 39, 33 (1887)* veröffentlicht ist. Als Ziel der mathematischen Physik gilt ihm die Substitution des strengen und exakten Calcüls an Stelle der Erfahrung, die ihrer Natur nach mit einer „gewissen Ungenauigkeit“ behaftet sei. Andererseits erkennt er mit Newton nur diejenige Forschungsart an, die ihre Sätze aus den Erscheinungen ableitet und durch Induktion zu allgemeinen macht. Dieser Weg sei nach Newton von Männern wie Fourier, Sadi Carnot und Ampère eingeschlagen worden.

Als Beispiele für diesen Weg der Forschung werden die beiden Hauptsätze der Wärmetheorie angeführt. In dem ersten Satze ist nur die Rede von Grössen, die einen experimentell feststehenden Sinn haben: Temperatur, Wärmemenge, Arbeit; dieser Satz lässt daher eine direkte experimentelle Bewahrheitung zu; das hypothetische besteht hier nur darin, ein Gesetz als streng gültig anzunehmen, das die Erfahrung nur angenähert ergiebt, und dieses Gesetz auf alle die Fälle auszudehnen, wo die Erfahrung es nicht direkt gezeigt hat. Das zweite Gesetz besagt bekanntlich, dass in jeder Maschine, welche Wärme in Arbeit umsetzt, ein Wärmeübergang von einem wärmeren zu einem kälteren Körper stattfindet, und dass das Verhältnis der dem wärmeren Körper entzogenen Wärme zu der erzeugten Arbeit unabhängig von der Natur dieser Körper und nur abhängig von den Temperaturen beider ist. Dieses Gesetz hat zwar nur wenige direkte experimentelle Bestätigungen erfahren, aber eine grosse Zahl von Folgerungen daraus sind durch die Erfahrung als richtig erkannt worden; überdies ist es aus zwei Erfahrungsthatsachen ableitbar: aus der Notwendigkeit einer Temperaturdifferenz bei jeder thermischen Maschine und der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile. — Dagegen wird die kinetische Theorie der Gase, weil auf einer Anzahl von hypothetischen Voraussetzungen nicht erfahrungsmässiger Art beruhend, als eine metaphysische bezeichnet, die in Anbetracht gewisser Neigungen und Bedürfnisse des menschlichen Geistes nicht von der wissenschaftlichen Forschung auszuschliessen sei, aber nicht mehr als Physik gelten könne. Als weiteres Beispiel, ebenfalls noch aus dem Gebiet der Wärme, wird die Fourier'sche Theorie der Wärmeleitung angeführt, und dazu die lichtvolle Auseinandersetzung von Ampère citiert, die wir in freier Übersetzung wiedergeben: „Die Theorie der Wärmeleitung beruht auf allgemeinen Thatsachen, die unmittelbar durch die Beobachtung gegeben sind; die aus diesen Thatsachen abgeleitete Gleichung wird durch die Übereinstimmung ihrer Consequenzen mit der Erfahrung bestätigt, sie muss daher als Ausdruck der wahren Gesetze für die Fortpflanzung der Wärme anerkannt werden sowohl von denjenigen, die eine Ausstrahlung von Wärmemolekülen annehmen, wie von denjenigen, welche die Erscheinung auf die Vibrationen eines den Raum erfüllenden Fluidums zurückführen. Wenn den beiden letztgenannten Theorieen die Ableitung des thatsächlichen Gesetzes aus ihren Grundhypothesen gelingt, so haben sie damit nicht etwa die Gewissheit des Gesetzes erhöht, sondern nur die Zulässigkeit ihrer Hypothesen dargethan. Der Physiker, der in dieser Hinsicht keine Partei ergriffen hat, wird fortfahren Fourier's Gleichung als exakten Ausdruck der Thatsachen zu betrachten; und wenn neue Erscheinungen und neue Rechnungen dazu führen sollten, dass die Wirkungen der Wärme in Wirklichkeit nur durch die Vibrationshypothese erklärt werden können, so wird der grosse Physiker, der zuerst jene Gleichung aufgestellt und für ihre Anwendung neue Integrationsmethoden aufgesucht hat, darum nicht weniger als der Urheber der mathematischen Theorie der Wärme gelten, ebenso wie Newton der Urheber der Theorie der Planetenbewegungen ist, obwohl erst seine Nachfolger die vollständige Deduktion der Gesetze geliefert haben." —

Ampère selber hat mit seiner Ableitung der elektrodynamischen Wirkungen ein weiteres schönes Beispiel für eine durchaus nur auf thatsächlichen Voraussetzungen ruhende Theorie gegeben. Aber auch in der Geschichte der Elektrodynamik sind geistvolle Spekulationen gefolgt, welche die von Ampère aufgestellten Gesetze mit den allgemeinen Prinzipien der Mechanik zu verknüpfen suchten, und die, sofern sie auf nicht verificierbaren Grundvoraussetzungen beruhen, über die Grenzen der Physik als Erfahrungswissenschaft hinausgehn.

In der Elektrostatik erklärt sich das Festhalten an der Hypothese der elektrischen Fluida zum grossen Teil aus der Leichtigkeit, die daraus für den Calcül erwächst; mit der Elektricität wird gerechnet wie mit einer materiellen Substanz, deren Teile sich nach dem Newton'schen Gesetz anziehn oder abstossen. Die Hypothese hat sich indessen so fruchtbar erwiesen für die Erforschung der elektrostatischen Gesetze, und ihre Ergebnisse stimmen so durchgängig mit der Erfahrung überein, dass man den Schluss ziehen darf — nicht etwa auf die Wahrheit der Hypothese, sondern darauf, dass die erhaltenen Formeln absolut wahr sind und unabhängig von dem besonderen Hülfsmittel, durch welches wir zu ihnen gelangt sind. Janet fordert daher, dass man die Hypothese eliminieren müsse, die ein der Untersuchung fremdes Element enthalte, und dass man suchen müsse, dieselben Formeln unabhängig von jeder Hypothese zu erhalten. Er teilt mit, was auch für uns von grossem Interesse ist, dass man in Frankreich bestrebt sei, beim Unterricht alle Grössen wie elektrische Masse, elektrische Dichtigkeit u. s. f., die noch der Sprechweise der Hypothese entlehnt sind, auf rein experimenteller Grundlage zu definieren.

In der Optik ist es noch unmöglich, von der Hypothese des Lichtäthers und der Vibrationsbewegung abzusehen. Hier hat die Analogie der Lichterscheinungen mit denen des Schalls dieselbe Folge gehabt, wie die vorhin erwähnte Analogie der elektrischen Wirkungen mit denen der Gravitation. Auch hier ist die Annahme von Wellen nur eine Gedankenschöpfung (conception de l'esprit). Aber auch hier hat die Hypothese in den Händen Fresnel's, zu den bewundernswertesten Resultaten geführt, die von der Erfahrung bestätigt worden sind. Was indessen thatsächlich allen Ableitungen zu Grunde liegt, ist nur das Vorhandensein einer Grösse im Raum, die periodisch variabel ist; alles weitere ist hypothetisch. Hypothesen dieser Art sind notwendig für die Wissenschaft und können zu ihren glänzendsten Entdeckungen führen; aber man darf nicht aus dem Auge verlieren, dass sie nur ein Gerüst sind, dessen Entfernung in einem geeigneten Moment erst das Werk frei und in sich ruhend hervortreten lässt.

Janet beruft sich für die hier dargelegte Auffassung auf das Wort von Aug. Comte, dem Schöpfer der 'Philosophie positive': „Eine wissenschaftliche Hypothese muss sich ausschliesslich auf die Gesetze der Erscheinungen beziehen und niemals auf die Art ihrer Hervorbringung". Von diesem Gesichtspunkte betrachtet ist die mathematische Physik zugleich eine experimentelle Physik; wenn sie auf den Calcül ihre Folgerungen stützt, so schöpft sie aus der Erfahrung ihre Gewissheit.

Die elementare Herleitung des Newton'schen Anziehungsgesetzes aus den Kepler'schen Gesetzen. Das unter diesem Titel von H. Vogt (Breslau) in der *Ztschr. f. math. u. naturw. Unt. 1887, S. 481* veröffentlichte Verfahren ist im wesentlichen dasselbe, welches in dem astronomischen Abschnitt von Jochmann's Grundriss der Physik angewandt ist. Die Kreisbewegung eines freien Punktes, auf den ein ausserhalb des Mittelpunktes M gelegenes Anziehungscentrum C wirkt, erfordert ein von dem Newton'schen verschiedenes, hier elementar abgeleitetes Anziehungsgesetz. Die erhaltene Bewegung wird auf eine durch MC gelegte Ebene projiciert, deren Neigung so gewählt ist, dass C ein Brennpunkt der nun elliptischen Bahn wird. Der Verf. hat die bisherigen Methoden einer kritischen Vergleichung unterzogen, doch scheint ihm die spätere Schellbach'sche Methode (*Crelle's Journal, Bd. 74*), die ebenso einfach ist, wie die Hamilton'sche, (vgl. *Maxwell, Matter and motion, art. 133*) nicht bekannt gewesen zu sein. Die Kürze, Allgemeingültigkeit und elementare Natur der letzteren erkennt der Verf. an, verwirft sie aber deshalb, weil der bei ihr benutzte Begriff des Hodographen allein zum Zweck dieses Beweises eingeführt werden müsse. (Als Hodograph einer Planetenbahn bezeichnet man den Ort der Endpunkte der nach Grösse und Richtung von einem festen Punkte aus abgetragenen Geschwindigkeiten des Planeten.) Hierzu möge bemerkt sein, dass der Hodograph der Erdbahn der Aberrationsbahn jedes Sternes zu Grunde liegt. Denkt man sich den mittleren Ort (α) eines Sternes auf einem Himmelsglobus, dessen Radius gleich der Geschwindigkeit des Lichtes (40000 Meilen) sei, und zieht man von α eine die augenblickliche Erdgeschwindigkeit nach Grösse und Richtung darstellende Linie, so giebt die Gerade vom Centrum nach dem Endpunkte dieser Linie den scheinbaren Ort des Sterns. Die Endpunkte aller solcher Linien bilden einen den Punkt α umgebenden excentrischen und der Ebene der Ekliptik parallelen Kreis, der mit ungleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen wird und sich auf den Globus im allgemeinen als (excentrische) Ellipse projiziert. *M. K.*

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Über Herstellung, Eigenschaften und Verwendung sehr dünner Fäden. In den *Proceed. of the Phys. soc. of London, IX, 8, Octob. 1887* beschreibt C. V. Boys Versuche zur Herstellung dünner Fäden, bei denen eine sehr kleine Glasmasse durch ein Löthrohr möglichst weit erhitzt und dann mittels eines sehr leichten Pfeils (Nähnadel und Strohhalm) mit einer sehr grossen Geschwindigkeit fortgeschleudert wurde. Als Material für den Bogen wird Tannenholz gewählt, diejenige Holzsorte also, welche die grösste Schallgeschwindigkeit und also die grösste Elasticität hat. Es gelang auf diese Weise Glasfäden von $^1/_{10000}$ Zoll Durchmesser herzustellen. Auch geschmolzene Mineralien wurden benutzt, es zeigten sich Smaragd, Almandin, Orthoklas, besonders aber Quarz für diesen Zweck geeignet. Die Quarzfäden schätzt der Verf. auf weniger als $^1/_{100000}$ Zoll, also unter der Leistungsfähigkeit der besten Mikroskope. In einem guten Zeiss'schen Mikroskop war das Bild des Fadens, vom dickeren Ende aus untersucht, bis auf einen schmalen Bruchteil einer Teilung in 13000stel Zoll sichtbar; dann wurden Diffraktionsfransen vorherrschend, die bis zum dünnsten Ende hin das Vorhandensein des für sich nicht mehr sichtbaren Gegenstandes andeuteten. Diese Quarzfäden zeigten eine ausserordentlich vollkommene Torsionselasticität, so dass ihre Verwendung für Präcisionsmessungen und für sehr feine Wägungen vorteilhaft sein wird. Auch Diffraktionsgitter hat der Verf. bereits hergestellt, die bei vollkommnerer Ausführung alle bisherigen übertreffen dürften.

Über die Verwendung des Diamanten in der Präcisionsmechanik macht Hugo Schröder (*Ztschr. f. Instrumentenk. VII, 261 u. 339; 1887*) interessante Mitteilungen. Der Diamant wird sowohl als Stichelschneide für feine Dreharbeiten an Stahl und harten

Steinen, wie auch als Reisser für Teilungen, Gitter u. s. w. verwendet. Die Fassung geschieht, indem der Stein zunächst lose in die axiale Bohrung eines weichen Kupferdrahtes gebettet wird; darauf wird durch Anpressen des letzteren gegen ein rotierendes kelchförmiges Werkzeug das Metall gegen und über den Diamanten gedrückt, sodass es diesen allseitig fest umschliesst. Um nun die Spitze frei zu legen, wird auf einem Sandstein das Kupfer genügend weit weggeschliffen, wobei der Diamant vermöge seiner Härte unversehrt bleibt. — Zur Herstellung feiner Glasgitter benutzt Nobert eckige Diamantspitzen, welche unter ganz leisem Druck — bei den ganz feinen Teilungen (Strichabstand unter 0,000162 Linien) genügt das Eigengewicht des Stichels — von einem Uhrwerk über die Fläche hingezogen werden. Bei zu starkem Drucke würde das Glas eine Pressung erleiden und der Strich infolgedessen aussplittern. Man kann sich von der Möglichkeit, auf diese Weise dauernde Pressungen hervorzurufen, überzeugen indem man mit der kugelförmig abgestumpften Spitze eines glasharten Polierstahles auf poliertes Spiegelglas schreibt. Bringt man dann dieses unter das Polarisationsmikroskop, so erscheint bei Zwischenschaltung einer Gypsplatte die Schrift in einer der Spannung des Glases entsprechenden Färbung. — Der Grund für die Eigenschaft des Diamanten, Glas zu schneiden, wird neben seiner Härte in einer Konvexität seiner Kanten gefunden. Das Durchschneiden dünner Platten empfiehlt der Verfasser auf einer dicken matten Glasplatte unter Zwischenschaltung von etwas Wasser vorzunehmen; beim Schneiden von Deckgläschen, welche meist Kugelkalotten sind, soll man darauf achten, dass die konvexe Seite hierbei nach unten kommt. *E—n.*

Elektrisches Löthen und Schweissen der Metalle. Wie R. Rühlmann in der *Ztschr. d. Vereins deutsch. Ing. XXXI, 281 u. 863* mitteilt, sind neuerdings zwei Verfahren hierfür angegeben worden. Nach dem einen, von dem Amerikaner Elihu Thomson erfundenen, werden die zu vereinigenden Stücke gegeneinander gepresst und ein Strom von entsprechender Stärke durch die Verbindungsstelle geschickt, welche dadurch zum Erweichen gebracht wird. Beispielsweise erforderte die Vereinigung zweier Eisenstäbe von 37 mm Durchmesser während nicht ganz $1^{\text{min.}}$ einen Strom von 50000 Amp. und $^1/_2$ Volt, d. h. den Effekt von 35 Pferdekräften. Derartig intensive Ströme werden durch einen Transformator geliefert, welcher die von einer Wechselstrommaschine kommenden Ströme geringer Intensität und hoher ‚Spannung‘ in solche von hoher Intensität aber geringer ‚Spannung‘ umsetzt. Der sekundäre Stromkreis eines solchen Transformators (ein breiter Kupferring) hat einen Widerstand von nur 0,00003 Ohm.

Das zweite Verfahren rührt von N. v. Benardos in Petersburg her. Dieser benutzt den elektrischen Lichtbogen, wobei das Metall (resp. die zu vereinigenden Metallteile) mit dem negativen Pol verbunden und ihm eine Kohle als positiver Pol gegenüber gestellt wird. Der von einer Nebenschlussmaschine gelieferte Strom, wird einer parallel geschalteten Gruppe von Akkumulatoren zugeführt. Ein in unmittelbarer Nähe des Arbeiters befindlicher Umschaltetisch gestattet diesem, die gerade geeignete Schaltungsweise herzustellen. Die Kohle mit dem von ihr zum Werkstück übergehenden Lichtbogen wird wie eine Stichflamme gehandhabt. Das Auge des Arbeiters ist durch dunkles Glas geschützt, durch die Verbindung mit dem — Pol ist das Metall vor der Oxydation gesichert. Bei der hohen Temperatur des Lichtbogens gelingt es, selbst heterogene Metalle, wie Eisen mit Kupfer, Zinn, Zink, Blei, Gusseisen mit Stahl ohne Anwendung eines Lothes zu vereinigen. Die Festigkeit so verschmolzener Metallstücke ist nahezu derjenigen des unbearbeiteten Materials gleich. Von den ferneren Anwendungen des Verfahrens ist das Einschmelzen von Löchern, das Ausbessern schadhafter Stellen, gebrochener Wellen u. s. w., endlich das Löthen unter Wasser hervorzuheben. *E—n.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Physikalische Demonstrationen von Dr. Adolf F. Weinhold, Professor an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. 2. vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 4 lithographischen Tafeln und 517 Holzschnitten. Leipzig, Quandt u. Händel, 1887. XV und 739 S. M. 22,50.

In Verbindung mit des Verfassers ‚Vorschule der Experimental-Physik‘ (3. Aufl. 1883) gestaltet sich dies Werk immer mehr zu einem Grundbuch für die physikalische Demonstrations-Praxis. Die zweite Auflage ist mannichfach bereichert, sowohl durch wertvolle praktische Winke, wie durch eine Anzahl neuer Apparate, unter diesen die „Influenzmaschine ohne Polwechsel“, Christiani's Wasserwellenmaschine, v. Waltenhofen's Pendel zum Nachweis der Foucault'schen Ströme. Charakteristisch ist, dass jetzt auch die magnetischen Kraftlinien eingeführt und bei der Erklärung des Gramme'schen Ringes und der v. Hefner-Alteneck'schen Trommel verwendet sind. Die Frage der Bezeichnungen ‚Spannung‘ und ‚Potential‘ wird gleichfalls erörtert und die Verschiedenheit beider durch einen hübschen Versuch erläutert, indem durch Ableitung verschiedener Stellen eines leitenden Hohlkegels nach dem Elektroskop gezeigt wird, dass das Potential an allen Stellen gleich gross ist, während die Ladung einer Probekugel [oder Probescheibe] an verschiedenen Stellen verschieden gross ausfällt. An Stelle von Potential will der Verfasser die Bezeichnung Spannung beibehalten wissen, unter Verwerfung des Gebrauchs desselben Worts für den Druck gegen ein Oberflächenelement. Für den Nachweis des entgegengesetzten Poles bei der magnetischen Verteilung ist ein von Meutzner angegebenes Verfahren empfohlen, das wohl auch sonst schon im Unterricht eingeschlagen worden ist. Dem einen Pol eines Stabmagneten wird eine Magnetnadel gegenübergestellt und demjenigen ihrer Pole, welcher dem Magneten zunächst liegt, von der Seite her ein unmagnetischer Eisenstab (‚magnetisch‘ ist ein Druckfehler) genähert. Der angerathenen Projektion des Versuches bedarf es wohl kaum, da durch zwei farbige Markkügelchen, welche auf die Spitzen der Nadel aufgesteckt werden, selbst geringe Drehungen der letzteren gut sichtbar gemacht werden können, namentlich wenn man den unmagnetischen Stab in gewissem Tempo nähert und wieder entfernt. *P.*

Leitfaden der Experimental-Physik für Gymnasien. Mit einem Anhang: Mathematische Geographie und Grundlehren der Chemie. Von Prof. Dr. Georg Krebs. 2. verb. Auflage. Mit 412 Fig, 2 lithogr. Tafeln, 1 Farbentafel und Logarithmentafel. Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1887. VIII und 476 S.

Der Leitfaden enthält ein sehr reiches Material in übersichtlicher Anordnung. Die zweite Auflage unterscheidet sich von der ersten, nach Angabe des Verf., hauptsächlich durch die Umarbeitung der Grundgesetze der Mechanik, wofür die von Mach herrührenden scharfsinnigen Aufstellungen zu Grunde gelegt sind *(Vergl. Carl's Rep. Bd. IV* und *Mach, die Entwicklung der Mechanik, S. 188 ff).* Demgemäss beginnt der Verf. das Kapitel von den Kräften mit dem „Erfahrungssatz“: „Wenn freibewegliche Körper aufeinander wirken, so erteilen sie einander entgegengesetzte Beschleunigungen“. Dann wird das Massenverhältnis zweier Körper als das negative umgekehrte Verhältnis der gegenseitigen Beschleunigungen, die Kraft als das Produkt aus Masse und Beschleunigung definiert. Wir können dem Verf. in der Verwendung dieser Sätze für eine Einführung in die Lehre von den Kräften nicht beipflichten und sind gewiss, dass auch dem Urheber jener Massendefinition selber eine solche Übertragung auf den elementaren Unterricht völlig fern liegt. Der an die Spitze gestellte Erfahrungssatz entspricht weder dem Kriterium der unmittelbaren Anschaulichkeit, noch dem der (auch für die Schüler) hinlänglich beglaubigten Allgemeingültigkeit; er ist vielmehr erst als Abstraktion aus einer grossen Zahl physikalischer Erscheinungen und im Zusammenhange mit dem Gesetze der Aktion und Reaktion gewonnen worden. Wir erkennen daher in der Einführung jener Definition eine unzulässige Bevorzugung der deduktiven Geistesrichtung und eine Abwendung von den natürlichen und gesunden Grundlagen der Erkenntnis. Ein solches Verfahren passt auch nicht zu der sonstigen Darstellungsweise des Buches, welches in manchen Beziehungen auf eine geradezu handgreifliche Anschaulichkeit hinarbeitet. In Pfaundler's viel ausführlicherem Lehrbuch ist Mach's Definition nur in einer Anmerkung erwähnt, übrigens aber der nicht ganz zutreffende Einwand erhoben, dass die darin enthaltene Erfahrungsthatsache nur aus astronomischen Beobachtungen zu gewinnen sei *(Müller-Pfaundler, 9. Aufl., I, 85)*. Die Möglichkeit einer solchen Meinungsverschiedenheit allein zeigt schon, welche Bedenken es haben muss, Erfahrungssätze allgemeinster Art dem Unterricht zu Grunde zu legen. Das vorliegende Lehrbuch hat denn auch die Lücke, dass jede Überleitung zu der Gravitationsdefinition des Kraftbegriffes fehlt; es wird vielmehr ohne weiteres die Kraft, welche von einer Masse ausgeübt wird (Attraktion) mit der Kraft, welche auf diese Masse wirkt (Schwere) identisch gesetzt. Es dürfte daher entschieden vorzuziehen sein, dass man bei dem, von metaphysischer Unklarheit gereinigten, älteren Begriff der Masse bleibt, wie er etwa auch von Kirchhoff in der 2. Vorlesung der *„Mechanik"* gebraucht wird, dass man also unter Masse diejenige Eigenschaft der Materie versteht, vermöge welcher verschiedene Körper unter der Einwirkung einer gleichen Kraft verschiedene Beschleunigungen erlangen. *P.*

Die Geschichte der Physik in Grundzügen von Dr. Ferd. Rosenberger. III. Teil, 1. Abteilung. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1887. 318 S. M. 6,50.

Die neu erschienene Abteilung des Werkes zeigt, wie die abgeschlossenen ersten beiden Teile das schöne Bestreben des Verfassers, aus dem Gewirre der Einzelforschungen die wissenschaftlichen Leitideen jedes Zeitalters kräftig hervorzuheben; und dieses Bestreben ist auch den Schwierigkeiten nicht unterlegen, welche die Annäherung an die Gegenwart und die Schilderung von Jahrzehnten voll wesentlich experimenteller Arbeit ihm allerdings entgegensetzt. Das biographische Element tritt mit Recht gegenüber den wissenschaftlichen Ideengruppen noch mehr zurück als in den abgeschlossenen Teilen des Werkes und wird nur in Fussnoten gegeben.

Den ersten Abschnitt bildet im vorliegenden Hefte die Zeit von 1780 bis 1815, die der Verfasser als Periode der Imponderabilien bezeichnet. Sie erscheint in fast allen Stücken als die Vorstufe der mit dem Jahre 1840 abgeschlossenen Periode der Kraftverwandlungen. Den Abschluss des ganzen Werkes, den der Verfasser leider erst in 2 bis 3 Jahren liefern zu können hofft, würde die Entwickelung der Energieanschauungen bilden und ihre bis in die Gegenwart reichende wissenschaftliche Ausarbeitung. So dürfen wir erwarten, dass sich das Werk zu einem harmonischen Aufbau der verwickelten Geschichte der Physik der letzten hundert Jahre ausgestalten wird. *G. Helm.*

Handbuch der Elektricität und des Magnetismus. Für Techniker bearbeitet von Dr. O. Frölich. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten und zwei Tafeln. 2. vermehrte und verbesserte Auflage. Berlin 1887, J. Springer. XIV. u. 508 S. M. 15,00.

Die Gesichtspunkte, die bei einem für den Praktiker bestimmten Lehrbuch maassgebend sind, unterscheiden sich nicht unerheblich von denen, welche beim Unterricht an Schulen ins Auge gefasst werden müssen; dort kommt es auf Mitteilung von Kenntnissen, hier auf Ausbildung des Erkenntnisvermögens an. Die Mittel aber, durch welche in jenem Falle eine klare Anschauung von den Grundgesetzen des Gebietes erreicht wird, können vielfach auch im Schulunterricht von Nutzen sein. Überdies gewährt das Buch eine Einsicht in den heutigen Zustand der Technik und in die Beziehungen, welche zwischen den Grundgesetzen und deren Anwendungen bestehen. Neben den Dynamomaschinen und den Telephonen ist namentlich die Telegraphie eingehend behandelt; nicht sowohl die Apparate, als die Vorgänge und die Messmethoden sind es, deren Erläuterung das Buch sich zur Aufgabe setzt. Von besonderem Interesse ist die Darstellung der elektrischen Erscheinungen in Telegraphenkabeln (S. 343—399). *P.*

Versammlungen und Vereine.

60. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wiesbaden, 1887. Rede von Johannes Wislicenus: Über die Entwicklung der Lehre von der Isomerie chemischer Verbindungen[1]).

Der Vortrag giebt — ausser einer wichtigen neuen Hypothese des Autors — die Geschichte eines belangreichen Abschnittes der theoretischen Chemie.

Die moderne Chemie, welche durch Lavoisier's Deutung des Verbrennungsprocesses eingeleitet wurde, erkannte vermöge ihrer quantitativen Richtung, dass die Eigenschaften der Verbindungen nicht nur von der Art, sondern auch von der Gewichtsmenge ihrer elementaren Bestandteile abhängig sind. Das Grundgesetz, dem „die Änderungen in den sich mit einander verbindenden relativen Massen folgen“ — das Gesetz der ganzzahligen multiplen Proportionen — wurde von Dalton 1804 entdeckt und in seiner 1810 veröffentlichten Atomlehre begründet. — Ein Jahr später führte Avogadro den Begriff der aus Atomen zusammengesetzten Molekel ein, indem er, auf Gay-Lussac's bekannte Untersuchungen gestützt, den Satz aussprach, dass gleiche Volumina von Gasen und Dämpfen bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gleich viel kleinste Partikelchen (oder Molekeln) enthalten.

Nach der neuen Anschauung sollten die Eigenschaften der Verbindungen ausschliesslich durch Art und Zahl der in ihrer Molekel vereinigten Atome bestimmt werden. Hiergegen sprachen jedoch manche Thatsachen, wie die gleiche Zusammensetzung des Kalkspats und des Arragonits, der in allen Eigenschaften so grundverschiedenen cyansauren und knallsauren Salze u. s. w. — Berzelius erklärte es zwar anfangs für unmöglich, dass die angeführten Körper nach Qualität und Quantität der Elemente gleich sein könnten; aber als seine eigenen Forschungen (insbesondere über die Weinstein- und Traubensäure) neue Bestätigung brachten, schlug er 1830 für diese Thatsache den Namen „Isomerie“ vor. — Von den isomeren Stoffen im engeren Sinne — auch metamere genannt — trennte er als polymer sofort diejenigen ab, welche verschiedene Dampfdichte, also auch verschiedene Molekulargrösse besassen. Auch das Rätsel der eigentlich isomeren Verbindungen erschien mit Hilfe der Theorie der zusammengesetzten Radikale lösbar; man erkannte, dass ihre Molekeln zwar gleich seien nach Art und Zahl der Atome, aber verschieden durch Aneinanderlagerung derselben zu verschiedenen engeren Gruppen.

Inzwischen waren jedoch neue isomere Verbindungen dargestellt worden, wie die sekundären und tertiären Alkohole, welche man weder auf Polymerie noch Metamerie zurückführen konnte, indem sich ihre Molekeln selbst bezüglich der zusammengesetzten Radikale als gleich erwiesen. Es war klar, dass die Gründe hierfür in den Radikalen selbst gesucht werden mussten. — Gleichzeitig zwangen auch andere Erwägungen, von den Gruppen auf die Elemente zurückzugehen; es ergab sich (seit 1847) eine Auflösung der Radikaltheorie, und man bestrebte sich, die Eigenschaften der Verbindungen direkt von den Elementaratomen herzuleiten. — Hierzu war zunächst eine — vielfach für unmöglich erklärte — genaue Bestimmung aller Atomgewichte nötig, eine Aufgabe, welche durch Zuhilfenahme neuer, rein chemischer Methoden erfüllt werden konnte.

Gleichzeitig wurde die merkwürdige Allotropie der Elemente als ein besonderer Fall von Polymerie erkannt. Durch Anwendung des inzwischen als Gesetz erkannten Avogadro'schen Satzes fand man, dass auch die Atome der Grundstoffe zu Molekeln chemisch verbunden seien, und zwar je nach ihrer verschiedenen Zahl zu den Molekeln verschiedener Modifikationen desselben Elements.

Seit etwa 25 Jahren ist die Strukturchemie die herrschende chemische Richtung. Sie beruht auf der Lehre von der Valenz als einer aus den Atomgewichtsbestimmungen erschlossenen neuen Fundamentaleigenschaft der Atome. Sie berücksichtigt ausser Art und Zahl der Atome einer Molekel auch die Reihenfolge, „nach welcher diese gemäss ihren Fundamentalwerten mit einander verbunden oder verkettet sind“. Durch Bestimmung der Constitution oder Struktur sind zahlreiche Isomerieen (Butan und Isobutan, Äthylen- und Äthylidenmilchsäure), welche der Radikaltheorie Schwierigkeiten boten, aufgeklärt, viele andere theoretisch vorhergesagt und die entsprechenden Verbindungen später dargestellt worden.

Die organische Chemie kennt jedoch auch isomere Körper von gleicher Struktur, die weniger in ihrem chemischen als in ihrem physikalischen Verhalten Verschiedenheiten zeigen, so die Gährungs- und die Fleischmilchsäure, von denen die erstere optisch inaktiv, die andere optisch aktiv ist (d. h. die Schwingungsebene eines polarisierten Lichtstrahls dreht. Die Lösung des neuen Problems gaben 1873 Le Bel und van't Hoff. Dieselben betrachten die Molekeln nicht als

1) Die Rede ist auch in der „Naturw. Rundschau“, No. 45, 1887 (5. Novbr.) abgedruckt.

ebene, sondern als räumliche Gebilde, indem sie die Lage von vier Atomen oder Radikalen zu dem sie anziehenden Kohlenstoffatom mit derjenigen der Ecken zu dem Centrum eines Tetraëders vergleichen. Alsdann ergiebt sich eine Möglichkeit zweier verschiedenen Formen räumlicher Gruppierung trotz identischer Struktur, und zwar für solche Verbindungen, die, wie sämtliche optisch aktiven, ein asymmetrisches (d. h. mit vier unter einander verschiedenen Atomen oder Radikalen verbundenes) Kohlenstoffatom besitzen. — Eine Hypothese zum Verständnis einer zweiten Klasse isomerer Körper, die bei derselben Constitution aus geometrischen Gründen verschieden sind, hat Wislicenus selbst aufgestellt. Sie bezieht sich auf ungesättigte Verbindungen wie die Fumar- und Maleïnsäure, in denen zwei Kohlenstoffatome mit je zwei Valenzen vereinigt sind, und unterliegt zur Zeit der Kritik der Chemiker (vgl. diese Zeitschr. II. 2, S. 85).

Zum Schlusse seiner Betrachtungen hebt der Verfasser hervor, dass „die grossen Fragen der chemischen Isomerie nur vom Boden der atomistischen Naturanschauung aus beantwortet werden konnten“ und daher „ein starkes Zeugnis für die Existenz der Atome ablegen.“ *J. Sch.*

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 25. November 1887. Herr Stapff sprach über Bodentemperatur-Beobachtungen im Hinterland der Wallfischbay. Die Schwankungen der Bodentemperatur erwiesen sich viel beträchtlicher als die der Lufttemperatur; eine Bewegung der letzteren zwischen 12,8° und 30,0° war von einer Änderung von 12,4° bis 54,7° in der Oberfläche von Sandboden begleitet. — Herr Sieg teilte ein Verfahren zur Bestimmung der Capillaritätsconstanten an grossen Tropfen und Blasen mit; aus den Resultaten sei hervorgehoben, dass absorbierbare Gase, die über den Flüssigkeiten stehen, die Capillaritätsconstante vermindern, um so mehr, je grösser der Absorptionscoefficient ist; gashaltige Lösungen zeigen grössere Capillaritätsconstanten als gasfreie.

Sitzung am 8. Dezember 1887. Herr E. Budde teilte eine neue Methode zur Lösung von Schwingungsproblemen mit, bei welcher die Parameter der Fourier'schen Reihen als Coordinaten in die Lagrange'schen Gleichungen eingeführt werden. So ergab sich, dass bei zwei geometrisch ähnlichen Platten die Tonhöhen homologer Schwingungen sich umgekehrt wie die Quadrate der Kantenlängen verhalten; auch für zwei quadratische Platten von gleicher Dimension, aber verschiedenem Material wurde das Verhältnis der Tonhöhen bestimmt. — Herr E. Pringsheim teilte eine gemeinsam mit O. Lummer ausgeführte Bestimmung von k, dem Quotienten der specifischen Wärmen mit. Es wurde ein Glasballon von 70—90 l. Inhalt benutzt, ein Überdruck von 80 bis 172 mm Quecksilber angewandt und die Temperatur aus der Widerstandsänderung einer Silberspirale von 0,02 mm Drahtdicke und 13,6 S. E. Widerstand ermittelt. Das Mittel der Messungen war $k = 1{,}3840$, die grösste Abweichung vom Mittel weniger als 0,1%.

Sitzung am 22. Dezember 1887. Herr Schwalbe unterzog die Untersuchungen von Aubel und van't Hoff — über die Geschwindigkeit der Einwirkung von bleihaltigem Zink auf einige Säuren — einer eingehenden Besprechung.

Berichtigung: In Heft II, S. 85, Z. 4 v. u. ist zu lesen: „in absolutem Maass 422, 4 bez. 422, 2, in kgm (für Berlin) 432,5.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 28. November 1887. Herr M. Koppe trug über den Winkelspiegel vor und besprach Zahl und Lage der entstehenden Bilder unter Berücksichtigung der Stellung des Auges.

Sitzung am 12. Dezember 1887. Herr Poske zeigte und besprach neue Apparate und Versuche.

Sitzung am 16. Januar 1888. Herr Schwalbe (Ehrenmitglied) führte eine Reihe von Versuchen vor über Diffusion der Gase, Ladung von Elektroskopen, Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten, Umkehrung der Verbrennung u. a. Herr Poske teilte einen Versuch zur Demonstration der magnetischen Induktion mit und berichtete über neue Apparate.

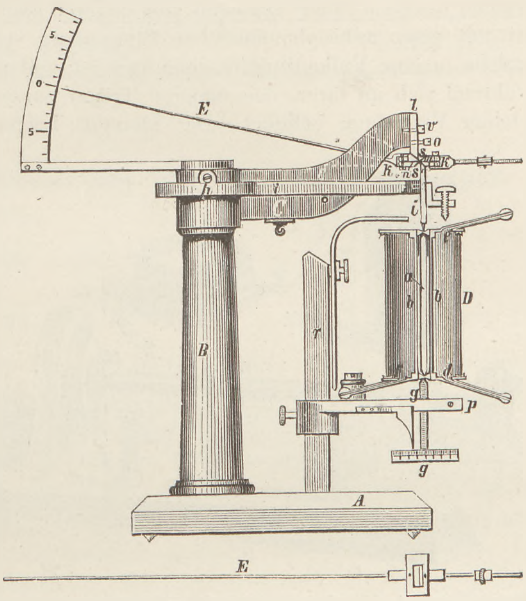
Mitteilungen aus Werkstätten.

Fühlhebel-Apparat

von R. Fuess in Berlin.

Der Apparat ist gleichzeitig zu Fundamentaluntersuchungen und zu Demonstrationen über die Ausdehnung fester Körper durch die Wärme bestimmt. Auf dem Sockel *A* befindet sich die Säule *B* mit dem Träger *C*, dem Erhitzungs-Apparat *D* und dem Fühlhebel-System *E*.

An dem oberen Ende des Trägers ist die Schneide l befestigt, ebenso an dem rechten Ende des um h drehbaren Armes i die Schneide c, zwischen beiden ruht der Fühlhebel, dessen langer Arm durch eine Durchbrechung des Trägers hindurchragt und auf die Skala zeigt. Die untere Schneide c wird mit dem Arme i durch den Erhitzungsapparat oder, wenn dieser herausgenommen ist, durch einen an dem Träger befindlichen Stift gehalten. Der Erhitzungsapparat selbst ruht auf der Mikrometerschraube g, und diese wieder erhält eine feste Lage durch den Schieber p, welcher auf dem dreiseitigen Stahlprisma r mit der Mikrometerschraube in längeren oder kürzeren Entfernungen zum Fühlhebel verstellbar ist, um auch andere Körper als den Erhitzungsapparat einschalten zu können. Das zu untersuchende Stäbchen a wird in das Messingrohr b gesenkt, welches unten durch ein auf beiden Seiten konisch ausgehöhltes Elfenbeinstück fest verschlossen ist. Oben passt locker eine Messinghülse mit Elfenbeineinsatz hinein, deren konische Vertiefung die obere Spitze des Stabes berührt, während die Erhöhung in eine entsprechende Vertiefung der Schneide c hineinpasst. Mit dem Rohr steht unten eine kreisförmige, messingne Scheibe in fester Verbindung, während oben eine ihr ähnliche auf dasselbe geschraubt werden kann. Zwischen beiden Scheiben ist ein Cylinder aus Glas vermittelst zwischengelegter Gummischeiben dampfdicht festgepresst. Zur Erwärmung wird Wasserdampf angewendet, welcher durch einen Schlauch durch das am unteren Boden befindliche Loch d in den cylindrischen Hohlraum geleitet werden kann. Hier umspült er den inneren Cylinder und kann durch die obere Öffnung e entweichen, während das durch Condensation erzeugte Wasser durch das unten im Boden befindliche Loch f abfliesst. Dehnt sich nun das Stäbchen a aus, so wird die untere Schneide c in die Höhe gehoben und dadurch eine Drehung des Fühlhebels k um die Schärfe der oberen Schneide l bewirkt. Eine ausserordentliche Empfindlichkeit wird dadurch erreicht, dass zwei gleich grosse Stahlplättchen m, n in das untere Ende des Fühlhebels eingesetzt und mit einer langen Schraube nebst Laufgewicht verbunden sind. (Die obere Ansicht des Fühlhebels wird in der Nebenfigur dargestellt.) Die Platten sind mit viereckigen Ausschnitten versehen, derart, dass an drei Seiten der Schnitt senkrecht heruntergeht, während er an der vierten Seite schräg nach innen zu geführt ist, alsdann sind die Platten so aufeinandergelegt, dass die beiden schrägen Stücke in eine Ebene fallen. In den Ausschnitt der unteren Platte ragt die untere Schneide hinein und berührt die untere Fläche der oberen Platte, so dass diese auf ihr ruht. In entsprechender Weise berührt die obere Schneide die untere Platte, welche durch das Laufgewicht gegen sie gedrückt wird. Bei einer Bewegung des Hebels durch Hebung der Schneide wird also der kürzere Hebelarm durch die Entfernung beider Schneiden gebildet. Dieser kann dadurch, dass die obere Schneide l vermittelst der Schraube o gestellt wird, sehr klein gemacht werden.



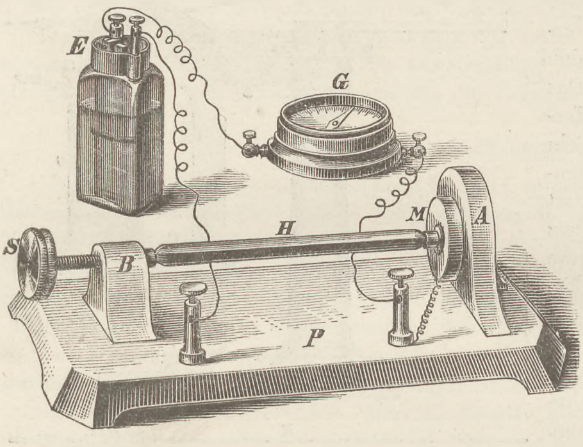
Bewegt sich nun bei Ausdehnung des Stäbchens der Zeiger, welcher im Anfange auf 0 eingestellt ist, nach unten, so wird durch entsprechende Drehung der Mikrometerschraube der ganze Erhitzungsapparat gesenkt und so der Zeiger immer auf 0 erhalten. Bleibt nach Verlauf einiger Zeit der Zeiger in Ruhe, so hat das Stäbchen die constante Temperatur angenommen. Die Grösse der Drehung kann nun an der auf dem Rande der Mikrometerschraube befindlichen Kreisteilung abgelesen und dadurch die Grösse der Ausdehnung berechnet werden. — Messende Versuche mit diesem Apparat sind von P. Glatzel angestellt und in *Pogg. Ann. Bd. 160, S. 497* beschrieben worden.

Der so empfindliche Fühlhebel des Apparates lässt sich auch zur Demonstration interessanter Biegungserscheinungen anwenden. Lässt man z. B. einen Druck von nur wenigen Grammen auf das obere Ende des massiven Trägers einwirken, so überrascht es zu sehen, dass hierdurch wirklich eine Biegung des Trägers und so auch der 4 Centimeter dicken Eisensäule stattfindet.

Edison's Mikro-Tasimeter

von E. Seybold's Nachfolger in Cöln.

Das Mikro-Tasimeter ist das empfindlichste Instrument, um minimale Änderungen des Druckes oder der Temperatur nachzuweisen. Es besteht aus einer messingenen Fussplatte mit zwei Trägern, welche in einem Stück gegossen und dadurch ganz stabil sind. Der grössere dieser beiden Träger ist mit einer mikrophonähnlichen Einrichtung versehen; diese besteht in einer Kohlenscheibe, welche in eine Vulkanitplatte eingesetzt ist und mit dem Träger in leitender Verbindung steht, während sich an ihrer, dem anderen Träger zugewendeten Seite eine bewegliche Metallplatte mit kleiner Vertiefung befindet. Der kleinere Träger ist mit einer Stellschraube versehen, welche ebenfalls eine Vertiefung hat. In diese Vertiefungen kann ein Hartgummi- oder auch ein Gelatinestäbchen gelagert werden. Die Kohlenscheibe wird in den Stromkreis eines Leclanché-Elementes mit eingeschaltetem Galvanometer eingeschlossen. Befindet sich das Hartgummistäbchen in den Vertiefungen und nähert man ihm eine warme Hand, so dehnt es sich aus, die bewegliche Platte stellt einen innigeren Contakt her und das Galvanometer zeigt einen Ausschlag von etwa 30°. Da das verwandte Galvanometer nur wenige Drahtwindungen und eine einfache Magnetnadel hat, so ist die Empfindlichkeit des Mikro-Tasimeters eine weit grössere, als die der Melloni'schen Thermosäule. Wird an Stelle des Hartgummistäbchens ein Gelatinestäbchen und in dessen Nähe ein angefeuchteter Papierstreifen gebracht, so dehnt sich das Stäbchen aus und das Galvanometer zeigt einen gleichen Ausschlag. Der Apparat ist daher auch geeignet, die Gegenwart von Feuchtigkeit anzuzeigen, sowie die Ausdehnung, welche gewisse Körper durch Feuchtigkeit erleiden.



Correspondenz.

Lb. — Die Roscoe'sche Rede über die Entwicklung der Chemie in den letzten 50 Jahren (Heft II S. 83) ist zuerst in der englischen Zeitschrift *Nature*, ***36***, *416* (*1887*) veröffentlicht worden. Eine fast vollständige Übersetzung der Rede findet sich in der *„Naturwissenschaftlichen Rundschau“* von Dr. Sklarek, *No. 49 und 50 (3. und 10. Dezember), 1887.*

C. M. — Der Apparat von Bergmann (Heft I, S. 25) wird von dem Mechaniker G. Thiele (H. Belling's Nachf.) in Greifswald angefertigt.

T. — Zur Herstellung von Seifenlösung für Plateau's Versuch, Newton'sche Farbenringe u. s. w. giebt Pfaundler in Anlehnung an Plateau das nachstehende Rezept *(Lehrbuch, 9. Aufl. I, 425)*: 25 g Marseiller Seife werden in 1 l destillierten Wassers bei gelinder Wärme gelöst, filtriert und dem Filtrat 666 g Glycerin zugesetzt. Der sich allmählich bildende Niederschlag steigt nach 8 bis 12 Tagen in die Höhe, so dass die darunter befindliche Flüssigkeit mittels eines Hebers abgezogen werden kann.

Für die Darstellung schwebender Seifenblasen, die sich Tage lang halten, ist von A. Schuller *(Wied. Ann.* ***19****, 254; 1883)* auch das folgende Verfahren empfohlen worden: Schmierseife (Kaliseife) wird auf Glasplatten in dünne Schichten zerteilt und lange Zeit an der Luft getrocknet, dann nach erfolgtem Zerbröckeln mit der zum Bedecken erforderlichen Menge von absolutem Alkohol übergossen und in der Kälte digeriert. Die filtrierte Lösung kann beliebig lange aufbewahrt werden und giebt mit der vierzigfachen Menge einer 10procentigen Glycerinlösung eine sehr gute Mischung. Wird diese trübe, so muss sie filtriert werden. — Diesem ähnlich ist das Verfahren, welches Weinhold in der 2. Auflage der *„Phys. Dem.“* als zuverlässig beschreibt: Reine Ölseife wird in zarte Späne geschabt, in ganz gelinder Wärme getrocknet und durch leichtes Reiben zwischen den Händen in Pulver verwandelt; 20 g davon werden mit 400 cm Glycerin (sp. G. 1,135) 1 bis 2 Stunden lang im Wasserbade auf 24—25° C. erhalten und dann durch ein Faltenfilter wiederholt filtriert, bis das Filtrat klar wird. Das Glycerin stellt man durch Mischung von 12 Vol. käuflichem Glycerin mit 13 Vol. destilliertem Wasser her.

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