

Experimentelle Einführung in die Lehre vom elektrischen Potential.

Von

Dr. F. Poske in Berlin.

In einem früheren Aufsätze (*d. Zeitschr. I, 89*) sind die Gründe dargelegt worden, welche für die Einführung des Potentialbegriffs in die elementare Behandlung der Elektrizitätslehre sprechen. In historischer Beziehung knüpft dieses Vorgehen an die Thatsache an, dass der „elektroskopische Zustand“ OHM's, auf dessen klarer Erfassung die Theorie der galvanischen Kette beruht, nichts anderes als das anschauliche Äquivalent des erst später auf diesem Gebiet zur Herrschaft gelangten Potentialbegriffs und des missverständlich dafür gebrauchten Wortes Spannung ist.

Gegen den Vorschlag, das Wort Spannung in dem hier gemeinten Sinne durch das zutreffendere „Potential“ zu ersetzen, ist unter völliger Anerkennung der geltend gemachten Gründe¹⁾ eingewendet worden, das Wort Spannung sei in der elektrotechnischen Praxis so eingebürgert, dass es aussichtslos erscheine, dagegen noch anzukämpfen. Dem gegenüber muss aber gesagt werden, dass die, wenn auch noch so allgemeine Verbreitung eines Missbrauchs kein Grund sein kann, die Einführung eines richtigeren Sprachgebrauchs zu unterlassen, sobald nur jener Missbrauch als solcher erkannt ist. Es kann sich lediglich noch darum handeln, die Überzeugung von der Notwendigkeit einer Abhülfe allgemein zum Bewusstsein zu bringen. Im Übrigen ist die Frage der Bezeichnung für die Sache selbst nebensächlich, und man mag immerhin einstweilen das Wort Spannung brauchen, wenn nur damit eine klare und zutreffende Anschauung verbunden wird. Dass es an einer solchen gerade in technischen Kreisen nicht selten fehlt, ist von zuständiger Seite anerkannt worden.²⁾

Erheblicher scheint ein anderer Einwand, der sich gegen die vorgeschlagene Definition des Potentials richtet. Diese Definition lautete: „Elektrisches Potential heisst der elektrische Zustand eines Körpers, wie er sich durch die Wirkung auf ein Elektroskop zu erkennen giebt.“ Es kann Bedenken erregen, dass an die Stelle des mathematisch exakten Arbeitsbegriffs eine so empirische und noch dazu so unzureichend bestimmte Definition wie die eben angegebene treten soll. Aber es mag daran erinnert werden, dass jeder physikalische Begriff eine anschauliche Grundlage hat, und dass der Zusammenhang mit dieser Grundlage nicht aufgehoben werden darf, wenn das volle Verständnis des Begriffs erhalten bleiben soll. So bedeutet Geschwindigkeit nicht den Quotienten s/t , der an sich völlig sinnlos ist, sondern vielmehr einen eigenartigen Zustand eines Körpers, dessen genaue Messung mit Hülfe dieses Quotienten möglich wird; so bedeutet Masse

1) A. Weinhold, *d. Ztschr. I, 263*.

2) O. Frölich, *Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus, 2. Aufl., Vorwort S. VI.*

nicht p/g , sondern eine Eigenschaft, vermöge welcher ein Körper unter der Einwirkung einer bestimmten Kraft eine bestimmte Beschleunigung erfährt. Ebenso ist die anschauliche Bedeutung des Potentials eines Körpers nicht durch die Formel für das bloss gedachte Arbeitsquantum gegeben, welches nötig sein würde, um die Elektrizitätsmenge Eins aus dem Unendlichen bis an die Oberfläche des Körpers zu führen. Das Potential eines Körpers ist vielmehr ein Zustand, vermöge dessen allerdings in dem bezeichneten Fall jene Arbeitsgrösse aufgewendet werden müsste, welcher aber bestehen kann, ohne dass dieser Fall jemals verwirklicht wird. Dagegen zeigt sich das Vorhandensein und der Grad dieses Zustandes ganz sinnfällig und unmittelbar anschaulich in dem Ausschlage eines Elektroskops, das mit dem Körper in Verbindung gesetzt ist. Diese Erscheinung liefert die thatsächliche Handhabe zur Erkennung und zur Beurteilung des elektrischen Zustandes, und darf um so weniger bei Seite geschoben werden, als sie die experimentelle Grundlage der Theorie des elektrischen Stromes gebildet hat. Den Übergang von der hiermit gegebenen Definition jenes Zustandes zu dem mathematischen Begriff des Potentials hat bekanntlich G. KIRCHHOFF mit genialer Scharfblick vollzogen (vgl. *d. Ztschr.* I, 93). Diesen Übergang mindestens verständlich zu machen, wird der elementaren Behandlung des Potentials nicht erspart werden dürfen; auch wer mit der Arbeitsdefinition beginnt, wird den Nachweis zu führen haben, wie es denn kommt, dass die so definierte Grösse am Elektrometer oder einem ihm gleichwertigen Instrument gemessen werden kann. Hat man sich aber überzeugt, dass es sich hier nur um verschiedene Seiten eines und desselben Zustandes handelt, so wird man kein Bedenken mehr haben, beide Seiten mit demselben Namen zu bezeichnen, gleichviel, ob man von der einen oder von der andern Seite ausgeht.³⁾

Für die Versuche, die zur Erläuterung des Potentials dienen sollen, ist früher das Quadranten-Elektrometer von W. THOMSON empfohlen worden. Seither hat B. KOLBE in dieser Zeitschrift (I, 152; II, 9, 153) sein Papier-Elektroskop und sein Aluminium-Elektrometer bekannt gemacht. Diese Apparate haben sich als so brauchbar für den vorliegenden Zweck erwiesen, dass von der Benutzung des nicht ganz leicht zu handhabenden Quadranten-Elektrometers Abstand genommen werden kann. Die Papier-Elektroskope haben den Vorzug, dass ihre Ausschläge auf weite Entfernung sichtbar sind. Die Angaben des Aluminiums-Elektrometers können durch Projektion auf einen durchscheinenden Schirm ebenfalls allgemein sichtbar gemacht werden.

Apparate. Ausser zwei möglichst gleich empfindlichen Papier-Elektroskopen und einem für Projektion eingerichteten Aluminium-Elektrometer sind für die folgenden Versuche noch erforderlich: Zwei Würfel (*A* und *B*) aus Pappe, von etwa 30 cm Seite, mit Stanniol oder unechtem Silberpapier beklebt; einer von ihnen (*A*) offen und durch eine entsprechend grosse quadratische Pappscheibe verschliessbar.

³⁾ Der Weg von der elektroskopischen zur mathematischen Definition des Potentials wird auch durch die historische Thatsache gerechtfertigt, dass bereits Henry Cavendish seinen elektrischen Untersuchungen (*Philos. Transactions* 1771) den Begriff des Grades der Elektrisierung (*degree of electrification*) zu Grunde gelegt und Elektroskope primitivster Art zur Messung dieses Elektrisierungsgrades benutzt hat. Diesen Begriff bezeichnet MAXWELL in der Einleitung zur Gesamtausgabe von Cavendish's *Electrical Researches* (1879) als gleichbedeutend mit dem, was wir heut Potential nennen. Auch die theoretischen Vorstellungen, die sich Cavendish von der Natur des elektrischen Zustandes machte, sind der Idee des Potentials im heutigen Sinne nahe verwandt (*Electr. Res. Art.* 91, 102, 199).

Zwei Isoliertischchen, aus Bodenplatte, Glasfuss und Hartgummischeibe gebildet, auf welche die Würfel zu stehen kommen. Ein kleinerer Würfel (*C*), etwa von halber Kantenlänge (als solcher kann der in jeder Sammlung vorhandene LESLIE'sche Würfel dienen). Eine Hartgummiplatte, zur isolierenden Unterlage für diesen Würfel bestimmt. Zwei messingene Probekügelchen (Durchmesser $\frac{1}{2}$ —1 *cm*) an Hartgummi-stielen, jedes mit einem kautschuküberzogenen Kupferdraht von mindestens 1 *m* Länge versehen. Ein Messingstab von etwa 50 *cm* Länge, an einem in der Mitte angebrachten Handgriff aus Siegellack befestigt.

Vorausgesetzt wird, dass die elektrischen Grunderscheinungen, die Influenz und die Verteilung der Ladung auf der Oberfläche bereits bekannt sind; auch die Begriffe der Elektrizitätsmenge und der elektrischen Dichtigkeit, sowie das COULOMB'sche Gesetz seien bereits erläutert, letzteres unter Ausführung von Demonstrationsversuchen an der COULOMB'schen Drehwaage.⁴⁾

1. Constanz des elektrischen Zustandes.

Versuch: Ein grosser Würfel, auf einem Isoliertischchen aufgestellt, wird dadurch geladen, dass ein geriebener Glasstab an der Kante hin und her geführt wird. Eine Probekugel wird durch einen langen Draht mit einem entfernt stehenden Elektroskop verbunden. Führt man die Probekugel auf der Oberfläche des Würfels umher, so zeigt das Elektroskop einen stets gleich bleibenden Ausschlag. Dieser bleibt auch unverändert, wenn man die Probekugel mit irgend einer Stelle der Innenwand zur Berührung bringt. Hieraus folgt:

Der „elektrische Zustand“ eines Körpers, wie er sich durch den Ausschlag eines entfernt aufgestellten und mit ihm verbundenen Elektroskops zu erkennen giebt, ist für den ganzen Körper constant.

Der betrachtete „elektrische Zustand“ unterscheidet sich daher wesentlich von der Dichte der Elektrizität, die an verschiedenen Stellen des Körpers verschiedene Werte besitzt. Um dies zu zeigen, benutzt man nach der Angabe von SZYMANSKI (*d. Ztschr. II, 79, Anm.*) Fähnchen aus farbigem Papier, die wie die KOLBE'schen Elektroskopstreifen gestaltet und paarweise an kurzen Messingsäulchen aufgehängt sind. Diese Streifen spreizen weit auseinander, wenn sie elektrisch geladen werden. Stellt man zwei solche Doppelfähnchen auf die obere Würfel-fläche und verschiebt sie mittelst eines isolierenden Stäbchens, so bemerkt man, dass das Spreizen in der Mitte der Fläche schwach, an der Kante stärker, in der Nähe der Ecke am allerstärksten ist. Ein solches Fähnchen im Innern des Würfels aufgestellt, bleibt völlig unbewegt. Da die Ansammlung der Ladung hauptsächlich an den Kanten und Ecken stattfindet, so ist es für die Versuche ohne Belang, wenn man die Vorderseite des Würfels offen lässt (vgl. R. HEYDEN, *d. Ztschr. II, 78*). An Stelle dieser Versuche können auch die von WEINHOLD (*Demonstrationen, 2. Aufl. S. 451*) und von B. KOLBE (*d. Ztschr. II, 157*) vorgeschlagenen treten.

2. Begriff des Potentials.

Versuch: Steckt man den Stab der Probekugel so in ein Stativ, dass die Kugel eine beliebige Stelle der Aussenwand berührt, so beobachtet man, dass der

⁴⁾ Die COULOMB'schen Versuche sind nach Professor E. Mach durch einfachere Versuche ersetzbar, die von ODSTRČIL angegeben worden sind (Mach und ODSTRČIL, Grundriss der Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen, Prag 1887, S. 171).

Ausschlag des Elektroskops zunimmt, wenn man die Ladung vergrößert. Der Ausschlag des Elektroskops ist daher ein Merkmal für den Grad des elektrischen Zustandes.

Erklärung: Der Grad des elektrischen Zustandes eines Körpers heisst sein elektrisches Potential.⁵⁾

Das Potential eines positiv elektrischen Körpers heisst um so höher, je stärker der Ausschlag am Elektroskop ist.

3. Gleichheit und Ungleichheit des Potentials.

Versuch: Die zwei grossen Würfel *A* und *B* (Fig. 1) werden auf ihre Isolierstischen gestellt, durch Probekugel und Draht mit je einem entfernten Elektroskop verbunden und positiv geladen. Verbindet man beide Würfel durch den Messingstab, so findet keine Veränderung an den Elektroskopen statt, wenn die Ausschläge gleich gross waren; dagegen zeigt bei verschiedenen starken Ladungen die beim Verbinden eintretende Gleichheit der Ausschläge an,

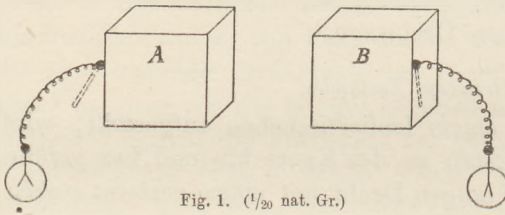


Fig. 1. ($\frac{1}{20}$ nat. Gr.)

dass das Potential auf dem stärker geladenen Würfel sich erniedrigt, das auf dem schwächer geladenen sich erhöht hat. Wir erhalten daher die Erfahrungssätze:

Zwischen zwei Körpern von gleichem elektrischen Potential besteht elektrisches Gleichgewicht.

Zwischen zwei Körpern von verschieden hohem Potential findet ein Ausgleich statt, indem Elektrizität vom Körper höheren zum Körper niederen Potentials übergeht.

Diese Sätze gelten bis jetzt nur für positiv elektrische Körper.

4. Verallgemeinerung des Potentialbegriffs für entgegengesetzte Elektricitäten.

Die bisherigen Versuche werden mit negativen Ladungen wiederholt. Die Versuchsergebnisse sind dieselben wie vorher, wobei zunächst das Potential auch für negativ elektrische Körper ein um so höheres genannt wird, je stärker der elektroskopische Ausschlag ist. Eine weitere Frage ist, wie verhalten sich entgegengesetzt elektrische Körper?

Versuch: Werden die beiden Würfel *A* und *B* entgegengesetzt elektrisch geladen, so findet bei gleich hohen Potentialen Aufhebung statt; bei ungleichen Potentialen behalten beide Körper nach der Verbindung ein Potential von dem Vorzeichen desjenigen, das vorher das grössere war.

Diese Ergebnisse lassen sich kurz zusammenfassen, wenn man die Potentiale negativ elektrischer Körper als negative Potentiale einführt, und diese negativen Potentiale mit den positiven zu einer Reihe vereinigt, ähnlich wie negative

⁵⁾ Für das Wort „Potential“ kann man auch in den §§ 2–7 die Bezeichnung „Grad des elektrischen Zustandes“ oder „Elektricitätsgrad“ beibehalten. Dies wird sogar rathsam sein, wenn etwa bereits auf einer früheren Unterrichtsstufe die mechanische Definition des Potentials eingeführt worden ist. — Wie ich erst nach Veröffentlichung des Aufsatzes im Jahrg. I S. 89 erfahren habe, ist die Lehre vom Potential bereits von A. von Obermayer in seinem Lehrbuch der Physik für die K. K. Infanterie-Kadetten-Schulen (2. Aufl. Wien 1885) in gleichem Sinne behandelt worden. Das elektrische Potential wird dort (§ 297) als Ausdruck für den elektrischen Zustand eines Körpers bezeichnet.

und positive Zahlen zu einer Zahlenreihe, negative und positive Temperaturgrade zu einer Temperaturskala zusammengefasst werden. Das Potential Null wird einem Körper beigelegt, der am Elektroskop keinen Ausschlag bewirkt. (Der Nullpunkt des Potentials unterscheidet sich jedoch vor der Hand von der Temperatur 0° wesentlich dadurch, dass seine Lage keine willkürliche ist, sondern die Grenze zwischen zwei qualitativ entgegengesetzten Zuständen bezeichnet.) Die in 3. aufgestellten Erfahrungssätze haben daher auch für das Verhalten negativ elektrischer und entgegengesetzt elektrischer Körper Gültigkeit. Der Ausgleich geschieht stets so, als ob positive Elektrizität von dem Körper höheren zu dem Körper niederen Potentials (oder negative in umgekehrter Richtung) überginge.

Nach dem Bisherigen kann das Potential auch definiert werden als der Zustand elektrischer Körper, vermöge dessen Elektrizität von einem Körper zum andern übergeht.

5. Kapazität.

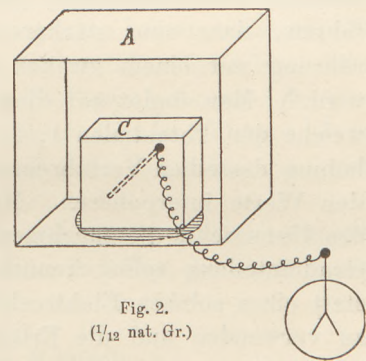
Bisher waren nur Körper von gleicher Grösse zu den Versuchen benutzt worden. Nimmt man Körper von verschiedener Grösse und Gestalt, so verlaufen die Versuche im Allgemeinen wie vorher, wenn nur die Dimensionen der Körper einigermaassen beträchtlich gegenüber denen des Elektroskopes sind. Nur in folgendem Fall wird eine Abweichung beobachtet.

Versuch: Stellt man zwei Würfel *A* und *C* von verschiedener Grösse nebeneinander, führt dem einen positive, dem anderen negative Elektrizität zu, bis die mit ihnen in Verbindung gesetzten Elektroskope gleiche Ausschläge zeigen, und verbindet darauf die Würfel mit einander, so fallen die Blättchen der Elektroskope nicht zusammen, sondern divergieren beide mit der Art von Elektrizität, die dem grösseren mitgeteilt war. Dieses Ergebnis lässt darauf schliessen, dass ungleich grosse Körper von gleichem Potential ungleich grosse Mengen Elektrizität enthalten. Zur Bestätigung dient der folgende

Versuch: In den grösseren Würfel (*A*), der an der Vorderseite geöffnet bleibt, wird der kleinere Würfel (*C*) unter Zwischenfügung einer Hartgummiplatte hineingestellt (Fig. 2); unter die Hartgummiplatte setzt man zweckmässigerweise einen niedrigen Glasdreifuss. Der Würfel *C* wird dann soweit elektrisch geladen, dass ein mit ihm verbundenes Elektroskop einen kräftigen Ausschlag zeigt. Verbindet man nun beide Würfel durch Berührung mit der am Siegellackgriff gehaltenen Metallstange, so geht die ganze Ladung auf *A* über; wird dann *A* mit dem Elektroskop verbunden, so ist der Ausschlag geringer als vorher und es bedarf noch einer weiteren Zuführung von Elektrizität, um das Potential von *A* auf dieselbe Höhe zu bringen, die vorher beobachtet war. Es folgt also:

Verschieden grosse Körper erfordern verschiedene Elektrizitätsmengen, um auf gleiches Potential gebracht zu werden.
Oder: Verschieden grosse Körper haben verschiedene Kapazität.

Vergleich mit Flüssigkeiten, die sich in verschieden weiten Gefässen befinden und deren Höhe dem Potential analog ist. Hinweis, dass die Kapazität ausser von der Grösse auch von der Gestalt der Körper abhängig ist.



Ein Vergleich der Kapazitäten kann angestellt werden, indem man wiederholt gleiche Ladungen des kleineren Würfels auf den grösseren überträgt, bis der Ausschlag des grösseren dem des kleineren gleichkommt. Die Versuche haben selbstverständlich schon wegen der Verluste durch Zerstreung bloss qualitativen Wert.

Da auch das Elektroskop (und ebenso der Draht) eine gewisse Kapazität besitzt, so ist ersichtlich, dass bei jeder Verbindung des Elektroskops mit einem elektrischen Körper, das Potential dieses Körpers eine Verminderung erleidet; es dürfen deshalb für die bisher beschriebenen Versuche nicht Körper von zu geringer Kapazität gewählt werden, und bei genauen Messungen würde die Kapazität des Elektroskops mit in Betracht zu ziehen sein. (Analogie mit dem Thermometer.)

6. Empirische Messung des Potentials.

Der Ausschlag des Elektroskops hat bis jetzt nur zur Vergleichung von elektrischen Zuständen gedient; zur Messung des Potentials eignet er sich zunächst nicht, denn das Wachsen des Ausschlages braucht nicht notwendig dem Wachsen des Potentials proportional gesetzt zu werden. Da das Potential mit der Stärke der Ladung wächst, so erscheint es vielmehr zweckmässig, die Elektrizitätsmenge zu Grunde zu legen, um eine Graduierung nach genauen, wenschon willkürlichen Einheiten zu erhalten. Das Potential wird demzufolge als doppelt, dreifach u. s. f. bezeichnet, wenn dem Elektroskop die doppelte, dreifache u. s. f. Elektrizitätsmenge (d. h. die Ladung von zwei, drei und mehr gleich grossen Körpern gleichen Potentials) zugeführt wird.

Eine solche Graduierung des Elektroskops nach empirischen Einheiten durch successive Zuführung gleich grosser Elektrizitätsmengen kann auf verschiedene Art ausgeführt werden. (Vgl. die Aichungsmethode von B. KOLBE, *diese Zeitschr.* III, S. 140.) An dieser Stelle genügt es, wenn eine rohere Methode des Graduierens zur Anschauung gebracht wird. Diese besteht in dem bekannten Verfahren, dass eine stärkere, dem Elektroskop zugeführte Ladung durch Berührung mit einem zweiten gleichempfindlichen Elektroskop wiederholt halbiert wird.⁶⁾ Man findet auf diesem rein experimentellen Wege die Ausschlagswinkel, welche den Potentialen 1, 2, 4, 8, 16 . . . entsprechen, und kann durch Wiederholung desselben Verfahrens mit einer anderen Anfangsladung die zwischenliegenden Werte interpolieren. Man wird am besten thun, diese Aichung ausserhalb des Unterrichts vorzunehmen und die Werte des Potentials womöglich an der Gradeinteilung selbst kenntlich zu machen. Es hat dann auch kein Bedenken, statt eines solchen Elektroskops ein auf exakterem Wege geaichtes Elektrometer zu verwenden und die Erläuterung des dabei benutzten Aichungsverfahrens auf später zu verschieben; das Prinzip, dass das Potential der zugeführten Elektrizitätsmenge proportional gesetzt wird, ist in allen Fällen dasselbe. (Vergleich mit einer Thermometergraduierung durch Zuführung gleicher Wärmemengen.)

Als Maass für die Kapazität eines Körpers kann danach die Elektrizitätsmenge dienen, die nötig ist, um den Körper auf die Einheit des Potentials zu bringen. Leicht ergibt sich hieraus, unter Voraussetzung empirischer Einheiten, die Gleichung:

$$Q = K \cdot V,$$

worin Q die Elektrizitätsmenge, K die Kapazität, V das Potential bedeutet.

⁶⁾ Das Verfahren ist wohl zuerst von Saussure (*Journ. de Phys.* 1784—85) angegeben worden.

7. Das elektrische Feld.

Versuche: a) Der offene Würfel (A) wird elektrisiert und die zum Elektroskop abgeleitete Probekugel im Innenraum des Würfels umhergeführt, schliesslich auch mit der Innenwand in Berührung gebracht. Das Potential erweist sich im ganzen inneren Raum als constant und gleich dem an der Aussenseite. Hierbei ist der Stab des Probekügelchens hinreichend lang zu nehmen, weil sonst der Arm des Experimentierenden Änderungen in der Verteilung bewirkt. Folgerung:

Das Potential ist im Innern eines elektrisch geladenen Körpers constant und gleich dem Potential an der Oberfläche.

b) Elektroskop und Probekugel werden entladen, letztere darauf dem noch geladenen Würfel langsam genähert. Der Ausschlag wächst mit der Annäherung, nimmt mit der Entfernung wieder ab, und bleibt constant, wenn man die Kugel in einem gewissen Abstände um den Würfel herumführt. (Für genauere Messungen allerdings würde statt der Probekugel eine Spitze oder eine Flamme benutzt werden müssen.) Es kommt daher auch den Stellen des Raumes, die in der Umgebung des elektrischen Körpers liegen, ein Potential zu, und von diesem gilt der Satz:

Das Potential in der Umgebung eines elektrisch geladenen Körpers nimmt mit der Entfernung von dem Körper ab, bleibt dagegen auf gewissen gedachten Flächen, welche den Körper umgeben, constant. (Flächen gleichen Potentials, Niveauflächen, Elektrisches Feld.)

Bei einer Kugel sind die Niveauflächen gleichfalls Kugeln, wie an einem kugelförmigen Leiter (dem Conduktor der Elektrisiermaschine) gezeigt werden kann. — Durch die angegebenen Sätze wird der Begriff des Potentials dergestalt erweitert, dass er auch von Stellen gebraucht werden kann, an denen sich keine Elektrizität befindet.

c) Verhalten von Leitern im elektrischen Felde. Befindet sich ein Leiter in einem elektrischen Felde, so ist das Potential auf dem ganzen Leiter constant. Zu diesem Versuche eignet sich einer der länglichen, horizontal aufgestellten Conduktoren, die zu den Grundversuchen über elektrische Influenz gebraucht werden. Stellt man einen solchen in die Nähe einer positiv elektrischen Metallkugel, so ist das Potential constant und positiv, obwohl sich auf dem Conduktor negative Elektrizität befindet.

Hier können sich die Versuche anschliessen, welche zur Erläuterung der Theorie des Condensators bestimmt sind. (Vergl. STEWART und GEE, *Praktische Physik*, deutsch von NOACK, S. 46 ff.)

8. Das Arbeitsmaass des elektrischen Potentials.

Das bisher benutzte empirische Maass des Potentials lässt sich durch ein mechanisches ersetzen, wenn man die Wirkung eines elektrischen Körpers auf ein Elektroskop näher in Betracht zieht. Diese Wirkung kann nur dadurch zustande kommen, dass die auf dem Körper befindliche Elektrizität eine Abstossung erfährt, vermöge deren soviel Elektrizität in das Elektroskop getrieben wird, bis die Ladung des Elektroskops eine ebenso starke Abstossung ausübt wie die Ladung des mit ihm verbundenen Körpers. Eine Abstossung gleicher Art herrscht auch in dem ganzen elektrischen Felde, das den Körper umgiebt. Die Stärke dieser Abstossung lässt sich durch die Arbeit darstellen, welche zu ihrer Überwindung

aufgewendet werden muss. Als mechanisches Maass des Potentials an einer bestimmten Stelle des Raums wählt man daher die Arbeit, welche erforderlich ist, um die Einheit positiver Elektrizität von einer Stelle mit dem Potential Null (z. B. aus unendlicher Entfernung oder von der Erdoberfläche) bis an die betrachtete Stelle heranzuführen. Bei der Elektrizitätseinheit hat man sich selbstverständlich einen damit geladenen kleinen Körper vorzustellen.

Die Berechnung der bezeichneten Arbeit kann auf dem üblichen elementaren Wege⁷⁾ geschehen und führt zu den Formeln:

$$V = \frac{e}{r}$$

für das Potential der in einem Punkte vereinigten Elektrizitätsmenge e auf einen um r davon entfernten Punkt;

$$V = \frac{e}{R}$$

für das Potential einer mit der Elektrizitätsmenge e belegten Kugel vom Radius R auf einen Punkt ihrer Oberfläche. Hierzu kommt noch

$$V = \frac{e}{r}$$

für das Potential derselben Kugel auf einen Punkt ausserhalb ihrer Oberfläche, der um r vom Mittelpunkte der Kugel entfernt ist. Zur Herleitung dieser letzten Formel genügt der FARADAY'sche Versuch, welcher zeigt, dass ein elektrischer Körper im Innern einer metallischen Hülle beliebig hin und her geführt werden kann, ohne dass das Potential der Hülle sich ändert, und dass auch beim Überführen der Ladung auf die Hülle das Potential unverändert bleibt.

Eine einfache Überlegung lässt erkennen, dass die so ermittelte Arbeit derjenigen gleich ist, welche gewonnen werden würde, wenn die positive Elektrizitätsmenge von der betrachteten Stelle bis zu einer Stelle vom Potential Null übergeführt wird (unter der Voraussetzung, dass sich dadurch am elektrischen Zustande nichts ändert). Für eine negative Ladung wechselt das Potential sein Zeichen, demgemäss wird bei der Heranführung der positiven Elektrizitätsmenge die verbrauchte Arbeit negativ, ebenso die bei der Entfernung gewonnene; beide Arbeiten vertauschen also einfach ihren Sinn.

Aus den Potentialwerten V_1 und V_2 an zwei um s von einander entfernten Punkten lässt sich sofort die mittlere Kraft K ableiten, welche bei der Überführung der Elektrizitätseinheit von dem niederen zum höheren Potential wirksam ist. Aus $K \cdot s = V_1 - V_2$ folgt:

$$K = \frac{V_1 - V_2}{s}.$$

Hieraus wird ersichtlich, dass das gewählte Arbeitsmaass mit der anfänglich gegebenen Definition des Potentials völlig im Einklang ist. Auf einem Leiter darf im Falle des Gleichgewichts der Elektrizität keine Kraft zwischen zwei beliebigen Punkten des Leiters vorhanden sein, daher muss $V_1 - V_2 = 0$ sein, d. h. das Potential ist auf dem ganzen Leiter constant. (Vgl. § 1.) Befinden sich ferner zwei Leiter auf verschiedenen Potentialen, so ist nach derselben Gleichung eine Kraft vorhanden,

⁷⁾ Man vergl. z. B. Serpieri, Das elektrische Potential, § 8, oder Müller-Pfaundler, Lehrbuch der Physik, 9. Aufl. Bd. III, §§ 27, 66, 67. — Bei ganz elementarer Behandlung des Gegenstandes kann man übrigens auch diese Berechnung fortlassen und sich auf die Diskussion der nachher benutzten Gleichung der Arbeit: $K \cdot s = V_1 - V_2$ beschränken, ohne dass dem Verständnis Eintrag geschieht.

welche bei leitender Verbindung beider Körper positive Elektrizität von dem höheren nach dem niederen Potential treibt. (Vgl. § 2—4). Es ergibt sich überdies, dass zur Verschiebung von Elektrizität auf der Oberfläche eines Leiters oder auf einer Niveaufläche keine Arbeit erforderlich ist. Die elektrische Kraft muss endlich senkrecht zu den Niveauflächen stehen, darauf gründet sich das System der Kraftlinien.

Es bleibt noch nachzuweisen, dass das neue Arbeitsmaass sich von dem früher benutzten empirischen Maass nur durch einen Proportionalitätsfaktor unterscheidet. Bei einer Kugel ist, wie aus $V = e/r$ ersichtlich, der Arbeitswert des Potentials proportional der Ladung, ebenso wird bei Körpern von anderer Gestalt der Arbeitswert des Potentials in gleichem Verhältnis wie die Elektrizitätsmenge wachsen, da die abstossende Kraft proportional der Elektrizitätsmenge zunimmt. Es bleibt also die früher erwähnte Methode der Graduierung des Elektrometers auch für die neue Maasseinheit gültig.

Hiernach lässt sich das Potential auch definieren als der Zustand eines elektrisch geladenen Körpers, vermöge dessen Arbeit erforderlich ist, um die Einheit positiver Elektrizität von der Erde bis an den Körper heranzuführen.

Der Arbeitswert des Potentials wird auch kurz als „Potential“ bezeichnet.

Die in einem Leiter enthaltene elektrische Energie kann gemessen werden durch die Arbeit, welche bei der Entladung des Leiters gewonnen wird. Denken wir uns die Entladung so vorgenommen, dass allmählich eine Elektrizitätseinheit nach der anderen von der Oberfläche des Leiters zur Erde abgeführt wird, so wird die mit einer Elektrizitätseinheit gewonnene Arbeit um so kleiner sein, je tiefer das Potential in Folge der bereits vollzogenen Ableitungen schon gesunken ist. Ist die anfänglich vorhandene Elektrizitätsmenge E , das Anfangspotential V , so wird die gesamte gewonnene Arbeit so gross sein, als ob die ganze Elektrizitätsmenge E bei dem Mittelwerte des Potentials, d. h. dem Werte $\frac{1}{2} V$, auf einmal von dem Leiter entfernt worden wäre. Es ist demnach die Energie des Leiters $= \frac{1}{2} E V$, wofür nach § 6 auch $\frac{1}{2} K V^2$ oder $\frac{1}{2} E^2/K$ gesetzt werden kann.

Zur Veranschaulichung des in einem elektrischen Leiter vorhandenen Arbeitsvorrats ist der folgende einfache Versuch geeignet. Einem geladenen Conduktor (dem früher benutzten Würfel A) wird ein mit der Hand gehaltener Metallstab genähert und zwischen beide ein elektrisches Pendel gehängt, so dass der Conduktor durch das hin und hergehende Kugelehen allmählich entladen wird. Auch das elektrische Glockenspiel kann zu diesem Zwecke dienen. Die Entladungsversuche mit der Leydener Flasche gewinnen von hier aus erst ihre volle Bedeutung.

9. Potentialdifferenz bei der Berührung heterogener Leiter.

Zur Vorführung der Potentialdifferenz, die beim VOLTA'schen Fundamentalversuch auftritt, wird ein Elektrometer mit Condensator und Projektionsvorrichtung benutzt. Am zweckmässigsten ist es, das Bild des Aluminium-Blättchens auf die Rückseite eines aus durchscheinendem Papier hergestellten Schirms zu werfen, dessen Vorderseite den Schülern zugewendet ist. Macht man den Schirm nicht grösser als nötig, so können die Schüler alle vorgenommenen Operationen deutlich verfolgen, zumal nur allenfalls eine Abschwächung des Tageslichts, nicht aber eine gänzliche Verdunkelung nötig ist. Ein Skioptikon mit Petroleumbrenner, in dessen Ermangelung auch wohl eine Lampe und zwei Linsen genügen als Licht-

quelle. Für den Fundamentalversuch wählt man am besten Condensatorplatten aus Zink und Kupfer, die man durch einmalige oder wiederholte Berührung mit den zum Contact gebrachten Platten derselben Metalle ladet. Dem Versuch ist heut nur noch historische Bedeutung beizumessen.

Die Potentialdifferenz galvanischer Ketten kann in der von B. KOLBE (*diese Zeitschr.* II, 9) beschriebenen Weise vorgeführt werden. Die Metallcombinationen Zn/Cu , Zn/C , u. s. f. werden in kleine Gläschen gesetzt, die reines Wasser, Wasser mit wenig Schwefelsäure, endlich Chromsäurelösung enthalten. Die Condensatorplatten sind aus vernickeltem Messing gebildet. Die Ableitung geschieht so, dass beide Platten mit den Poldrähnen der Kette berührt werden. Doch ist es auch wichtig zu zeigen, dass die Potentialdifferenz ungeändert bleibt, wenn man den einen Pol zur Erde ableitet und den anderen mit der Collectorplatte verbindet. Es wird dann noch die Potentialdifferenz bei einem *Daniell*, einem *Bunsen* u. a. Elementen bestimmt und deren relative Grösse in Bezug auf 1 *Daniell* mit Hülfe der Graduierung des Elektrometers gemessen; die gefundene Potentialdifferenz der offenen Ketten liefert ein Maass für ihre elektromotorische Kraft. An diese Messungen ist bei der späteren Behandlung des OHM'schen Gesetzes zu erinnern.

An dritter Stelle ist die Zunahme der Potentialdifferenz mit der Zahl der hintereinander geschalteten Elemente zu demonstrieren. Dazu kann die von B. KOLBE vorgeschlagene kleine Batterie von vier Elementen Zn/C in Chromsäure, eine gewöhnliche Tauchbatterie oder eine kleine Wasserbatterie von etwa zehn Elementen (Zn/Cu oder Zn/Pt in destilliertem Wasser) dienen; die letztgenannte darf indessen nicht geschlossen werden, weil die Polarisierung sofort störend wirkt. Der eine Pol der Batterie wird zur Erde abgeleitet, dann nacheinander der andere Pol vom ersten, zweiten u. s. f. Element zur Ladung des Condensators benutzt. Das Potential steigt proportional der Zahl der Elemente. Dasselbe findet statt, wenn der andere Pol zur Erde abgeleitet und der Versuch dann wiederholt wird. Leitet man endlich die Mitte der Batterie zur Erde ab, so zeigen die beiden Enden nunmehr entgegengesetzte Potentiale von halber Stärke. Die Entstehung des galvanischen Stroms ist durch diese Versuche hinreichend veranschaulicht. Die weiteren Versuche, welche zur Ergänzung hinzugezogen werden können (Unabhängigkeit der Potentialdifferenz von der Plattengrösse, Potentialdifferenz zwischen einem Metall und einer Flüssigkeit u. s. w.) bedürfen keiner näheren Darlegung.

10. Änderung des Potentials im Stromkreise.

Die Änderung des Potentials auf einer Leitung lässt sich für Reibungs-Elektricität leicht mit Hülfe einer Holtz'schen Influenzmaschine zeigen, indem man ihre Pole durch einen langen trockenen Bindfaden verbindet, der um einen entfernt stehenden isolierenden Stab geführt ist. Man findet auf dem Bindfaden leicht die Stelle, welche das Potential Null hat, und kann durch Entlangführen eines Papier-Elektroskops zeigen, dass das Potential in der einen Richtung in positivem Sinne, in der anderen in negativem Sinne wächst.

Um den Abfall des Potentials in einem galvanischen Stromkreise zu zeigen, benutzt man eine Batterie von etwa vier *Bunsen*-Elementen, deren einer Pol direkt zur Erde abgeleitet ist, während der andere unter Einschaltung eines Rheostatendrahts und anderer grösserer Widerstände (Glühlampe) mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt ist. Die früher benutzte Probekugel wird durch einen Draht mit der Collectorplatte verbunden und nacheinander an verschiedenen Stellen der Leitung

angelegt. Das Potential zeigt, wenn man die Berührungsstelle mehr und mehr von dem Pol entfernt wählt, eine Abnahme, die einen Zusammenhang mit der Länge und der Art der eingeschalteten Leiter erkennen lässt (Potentialdifferenz an den Klemmschrauben verschiedener Glühlampen). Ähnlich ist das Ergebnis, wenn man die beiden Pole der Kette miteinander durch die bezeichnete Leitung in Verbindung setzt; doch ist die Potentialdifferenz zwischen den Polen dann nicht so gross wie bei ungeschlossener Kette, und zwar um so geringer, je geringer der Widerstand in dem Schliessungskreise ist. Die genauere Ausdeutung dieser Versuche gehört in die Darstellung des OHM'schen Gesetzes. Es ist aber wohl ohne Weiteres ersichtlich, dass nur durch solche Versuche die Vorstellung eines beständigen Strömens der Elektrizität zureichend begründet werden kann.

Als Analogieen eignen sich die bekannten Versuche über das Strömen der Wärme in einem Metallstabe und über den Druck des Wassers, wenn es durch eine Röhre vom höheren zum tieferen Niveau geleitet wird. Dem Ansteigen des Wasserdruckes in der Versuchsröhre, welches beim Ansetzen eines langen und engen Kautschukschlauches eintritt, entspricht das Ansteigen des Potentials, welches beobachtet wird, wenn man in den Weg der zur Erde abströmenden Elektrizität einen grossen Widerstand einschaltet.

Die gegebene Zusammenstellung erhebt nicht den Anspruch, eine muster-gültige Form für die elementare Behandlung des Gegenstandes zu bieten; aber sie ist vielleicht geeignet, die Möglichkeit einer solchen Behandlung darzuthun. Einige wichtige oder wünschenswerte Ergänzungen, namentlich in experimenteller Hinsicht, werden hoffentlich bald von anderer Seite dem Gesagten hinzugefügt werden. Auf eine Besonderheit der gegebenen Darstellung des Potentials sei nur zum Schlusse noch hingewiesen. Diese Darstellung liefert, in dem allmählichen Hervorwachsen der vollen Bedeutung des Potentialbegriffs, ein Beispiel für die Entwicklung wissenschaftlicher Begriffe überhaupt und möchte daher, ebenso wie die Geschichte der Begriffe von Säure und Salz in der Chemie, für die Zwecke eines auf allgemeine Geistesbildung gerichteten Unterrichtes von Nutzen sein.

Die Lehre von der Interferenz und Polarisation des Lichtes im Unterricht.

Von

Dr. W. Grosse in Vegesack.

Zu den Kapiteln der Physik, welche von mancher Seite als zu schwierig aus dem Unterrichte verbannt werden, gehört vor allem die Interferenz, Polarisation und Doppelbrechung des Lichtes. Meiner Erfahrung nach sind die Schwierigkeiten bei richtiger Methodik und gehöriger Energie des Unterrichtes, welche besonders das Nebensächliche gegen das Wesentliche zurücktreten lässt, nicht bedeutender, als bei anderen Teilen der Physik. Für die Beibehaltung im Unterricht spricht besonders, dass die Optik trotz einiger Lücken dasjenige Gebiet der Physik ist, in welchem die rein gedankenmässigen, logischen und mathematischen Verknüpfungen sich am vollständigsten mit der Erscheinung und dem Versuch decken. Ich würde es sehr bedauern, wenn ich meine Schüler gewissermassen vor den Thoren dieses wunderbaren und einheitlichen Baues lassen sollte, an welchem die bedeutendsten Geister der letzten Jahrhunderte mitgearbeitet haben. Und wenn auch

Kenntnisse dieser Art wenig praktischen Nutzen haben, so steigern sie doch die Freude an der Natur und vermehren den idealen Gehalt des Lebens. Neben diesem mehr ästhetischen Grunde möchte ich aber noch den pädagogischen betonen, dass in den Teilen der Optik, von denen wir sprechen, der Lehrer auf jedem nur denkbarem Wege vorgehen und Erfolg haben kann. Wem eine reiche Sammlung von Apparaten zu Gebote steht, der wird den Schüler durch den Glanz und die Mannigfaltigkeit der Versuche fesseln; wer mit einfacheren Hilfsmitteln arbeitet, wird Zeit finden, auch den mathematischen Gang zu verfolgen und eine Reihe von Anwendungen goniometrischer Aufgaben und leichter analytischer Darstellungen zu geben, die er durch den Versuch verifizieren kann. Jeder Lehrer aber wird sich freuen, hier die wichtigsten mechanischen Gesetze ohne Einschränkung in ihrer reinen ursprünglichen Gestalt wirkend vorführen zu können. Denn die Gesetze der elementaren Mechanik erfahren bekanntlich durch die Reibung eine oft beträchtliche Einschränkung; die Gesetze des Stosses ferner werden nur für völlig elastische und völlig unelastische Körper abgeleitet. Die mathematische Darstellung deckt sich demnach im elementaren Unterricht nicht mit den Thatsachen. Das ist ein entschiedener Mangel, und der Schüler, welcher in der Naturlehre die lang ersehnte Anwendung seiner mühsamen Mathematikstudien zu finden hoffte, fühlt sich enttäuscht, wenn er doch nicht das wahre Resultat, sondern nur die Lösung einer fingierten Aufgabe findet. Die Welt der Aufgaben ist eben eine andere, als die der Thatsachen, und die Übungsbeispiele haben nur Sinn unter stillschweigender Voraussetzung sehr erheblicher Beschränkungen. In der Optik dagegen haben wir eine Welt von Bewegungen, die streng nach mechanischen Gesetzen erfolgen, und können wir die Bewegungen selbst auch nicht wahrnehmen, so doch ihre Wirkung, welche sich streng mit der Rechnung deckt. Und noch eins ist wichtig. So gewaltig die Strecken sind, welche das Licht durchmisst — das Lichtjahr der Astronomen beträgt 1,3 Billionen Jahre — so unmessbar klein sind die Strecken, auf denen wirklich mechanische Bewegungen erfolgen. In diesen Unterschieden, im Grossen und im Kleinen, sich begrifflich zurechtzufinden, ist für eine richtige Würdigung der Natur und unserer Stellung in ihr unumgänglich notwendig.

Ich will nun im Folgenden versuchen, die Hauptmomente, die bei dem Unterrichte in den erwähnten Teilen der Optik in Betracht kommen, herauszuheben. Nicht ein Lehrgang soll dargeboten werden, sondern nur einige besonders wichtig scheinende Punkte möchte ich erörtern.

Zunächst befürworte ich, den so lax eingeführten Begriff der Strahlen und des Schattens im Kapitel der Interferenz und Beugung seiner Wichtigkeit entsprechend klar zu legen. G. STOKES sagt in seinen Vorlesungen über das Licht¹⁾: „Es ist bemerkenswert, dass die Entstehung der Strahlen, welche früher den grossen Stein des Anstosses für die Annahme der Wellentheorie bildete, jetzt als zu einer Klasse von Erscheinungen, (denen der Beugung) gehörig erkannt worden ist, deren vollständige und merkwürdig einfache Erklärung, wie sie durch die Wellentheorie geboten wird, heute eine der grossen Stützen dieser Theorie bildet.“ Wie bei dem Gesetze von HERON und FERMAT für die Reflexion und Brechung, so ergibt auch hier die Theorie, dass die Lichtbewegung den kürzesten Weg (Strahl) nimmt, wodurch die Bildung scharfer Schatten sich erklärt.

¹⁾ G. Stokes, das Licht, deutsch von Dziobek, Leipzig 1888.

Für die Demonstration der Wellenbewegung und der Interferenz benutze ich den äusserst brauchbaren Apparat von PFAUNDLER²⁾. Ich hebe besonders hervor, dass ein Blick auf die oberen Endigungen der Stäbchen und ihrer senkrechten Entfernungen die Bewegung der Teilchen als Pendelbewegung kennzeichnet. Zum Vergleich lässt man ein wirkliches Pendel daneben schwingen. Dann ziehe ich aber auch gleich den STÖHRER'schen Apparat zur Erzeugung der LISSAJOUS'schen Figuren heran, bei welchem in äusserst sinnreicher Weise Schwingungsbewegungen erzeugt werden.³⁾ Hier vollführt der Knopf in dem Schlitz eine pendelartige Bewegung und stösst den Schlitz mit der Stahlstange in einer senkrechten Richtung ebenfalls pendelartig vorwärts, so dass die ursprüngliche Kreisbewegung des Knopfes in zwei senkrechte Schwingungsbewegungen zerlegt wird. Die Demonstration dieser Bewegung ist in hohem Grade instruktiv für das Verständnis der elastischen Schwingungen. Auch bei der mathematischen Entwicklung geht man zweckmässig von dieser Darstellung aus, unter Anwendung des Gesetzes vom Parallelogramm der Kräfte und der Centrifugalkraft, welche bei der gleichförmigen Bewegung eines Punktes auf der Peripherie eines Kreises auftritt.⁴⁾

Die verschiedenen Holzwellen des PFAUNDLER'schen Apparates werden bezüglich ihrer Wellenlänge und Amplitude verglichen. Die meistens schon in der Goniometrie erläuterte Formel $y = a \sin x$ wird herangezogen und dabei die Bedeutung der Amplitude und Wellenlänge für die Empfindung erklärt (Analogie aus der Akustik). Der Begriff der Interferenz wird durch Einschieben der einzelnen Wellen in den Apparat völlig klar gelegt, besonders auch der Fall, dass eine vollständige Vernichtung der Bewegung in bestimmten Punkten des Raumes stattfindet, wenn gleich grosse, aber entgegengerichtete Schwingungsimpulse in ihm zur Wirkung gelangen. Der FRESNEL'sche Spiegelversuch oder der Versuch mit dem POUILLET'schen Doppelpisma mit homogenem Licht und der entsprechende Versuch aus der Akustik (vgl. *M. P.*, 1886, S. 795) schliessen sich daran an. Die FRESNEL'schen Spiegel (gewöhnliches Spiegelglas) legt man mit ihren schmalen Kanten aneinander auf ein Holzklötzchen und bringt unter das freie Ende je ein Wackskügelchen, durch welches die Gläser festgehalten werden, während der Winkel etwas geringer wird, als 180° . Als Licht dient eine Natriumflamme, die durch ein Diaphragma passend begrenzt wird. Die Beobachtung geschieht mittelst einer Lupe. Diese erzeugt zwei umgekehrt verkleinerte reelle Bilder der beiden in den Spiegeln erscheinenden Lichtpunkte, welche den Ausgangspunkt der interferierenden Wellen bilden. Diese werden betrachtet. Das Streifensystem entsteht dann auf der Netzhaut, welche den Schirm vertritt. Man kann auch mit blossem Auge beobachten, dann vertritt das Auge die Lupe; besonders bei Kurzsichtigen gelingt diese Art der Beobachtung leicht. Auch die Proportion, mittelst deren die Berechnung der Wellenlänge des Lichtes erfolgt, ist einfach zu erhalten. Die NEWTON'schen Farben dünner Blättchen beanspruchen aus historischen Gründen Erwähnung. Man erkläre den Grund der Farbenergänzung im reflektierten und durchgelassenen Licht und bespreche das Prinzip der Umkehrung der Phase bei der Reflexion an optisch dünneren Medien, welches ja allgemein mechanisch sich formulieren lässt. (Offene und gedeckte Pfeifen). Verschieden gefärbte, aber für sich homogene Lichtstrahlen geben keine Interferenzen, wie man nach der Analogie aus der Akustik (Differenztöne) erwarten sollte. Der Grund

²⁾ Vergl. diese Zeitschrift 1888. Heft 3.

³⁾ Weinhold, Physik. Demonstr. Aufl. 2, S. 251. Pogg. Ann. Bd. 158.

⁴⁾ Vergl. Müller-Pouillet, 9. Aufl. 1886. Bd. I. S. 181.

liegt darin, dass das Gebiet der Schwingungszahlen in der Optik relativ bedeutend kleiner ist, als in der Akustik (8—40000 hier, 400—750 Billionen dort). In der Optik ist also die Differenz der Schwingungszahlen zweier verschiedenfarbiger Strahlen in jedem Falle zu klein, um neue auf den Sehnerven wirkende Resultanten zu geben.

Dass die Wellenlänge vom roten Ende des Spektrums nach dem blauen hin abnimmt, sieht man bei Vorhaltung gefärbter Gläser beim FRESNEL'schen Versuche dadurch, dass die Abstände der Streifen in dieser Weise abnehmen. Das ist hier einleuchtender für den Schüler, als die entsprechenden Versuche bei der Brechung des Lichtes. Für die Anwendung weissen Lichtes folgt aus dem Übergreifen der Streifen für die verschiedenen Strahlarten, dass eine absolute Dunkelheit nur in der Mitte vorkommen kann, während nach beiden Seiten Mischfarben folgen, ähnlich wie in den Versuchen mit dem Prisma, wo die von GÖTHE so intensiv behandelten spektralen Ränder nicht so sehr der Erklärung bedürfen, als die weisse Mitte. Um einen besseren Einblick in die Natur und Aufeinanderfolge dieser Mischfarben zu erhalten, empfiehlt sich ganz besonders die graphische Darstellung (*M. P. Bd. II, 1879, S. 473*). Für die Praxis verwendet man am bequemsten den NEWTON'schen Mischungskreis, dessen Darstellung sich in NEUMANN's⁵⁾ Optik findet. Der PFAUNDLER'sche Apparat gestattet noch die Darstellung der Stösse aus der Akustik, wofür auch die Optik ein Analogon hat. Eine Kochsalzflamme sendet Licht beider Natriumlinien aus mit den Wellenlängen 590,0 und 589,4 Milliontel Millimeter. Es kommen demnach auf 983 Wellen der Linie D_1 , 984 der Linie D_2 , wodurch für jedes Tausend Streifen etwa eine Periode entsteht, welche in der Mitte verwaschen ist und nach den Enden zu schärfer wird (FIZEAU). Man weise hier auf den Vorschlag hin, die Wellenlänge der Natriumlinie als Normalmaass einzuführen. Das Meter als zehnmillionster Teil des Erdquadranten würde sich bei etwaigen geologischen Veränderungen mitändern, während die Wellenlänge der D -Linie unabhängig von terrestrischen Änderungen ist. Doch zeigt die Tabelle⁶⁾ der von verschiedenen Beobachtern berechneten Wellenlängen für die D -Linie Abweichungen von ca. 1 *pro mille*, was relativ genommen doch ziemlich bedeutend ist und gegen eine Einführung dieses Normalmaasses spricht. Überhaupt ist streng homogenes Licht isoliert nicht zu erhalten und daher auch keine unbegrenzte Anzahl von Interferenzstreifen. FIZEAU erhielt bei seinen sorgsamem Versuchen bis zu 50 000 Streifen. Die mathematische Darstellung der Interferenz erfordert die Kenntnis einfacher goniometrischer Formeln. Man findet bekanntlich, wenn x die Wegdifferenz in Wellenlängen und a die Amplitude beider Strahlen ist, für die Amplitude des resultierenden Strahls:

$$A = a \sqrt{2 + 2 \cos 2 \pi \frac{x}{\lambda}}.$$

Diese in den meisten Lehrbüchern angegebene Form wird für die Berechnung und Diskutierung zweckmässiger dargestellt durch die Gleichung $A = 2 a \cos \pi x/\lambda$; mittelst der Beziehung $\cos \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{(1 + \cos \alpha)/2}$. Die allgemeine Form für verschiedene Amplituden a und b ist:

$$A = \sqrt{a^2 + b^2 + 2 ab \cos 2 \pi \frac{x}{\lambda}}$$

und stellt die dritte Seite eines Dreiecks dar, dessen andere Seiten a und b und dessen eingeschlossener Winkel $2 \pi x/\lambda$ ist. (Parallelogramm der Amplituden, FRESNEL).

⁵⁾ Herausg. von DORN, S. 36. 1885.

⁶⁾ Wüllner, Bd. II, S. 413.

Die Erklärung der Beugungserscheinungen erfordert lediglich eine Anwendung der Interferenzgesetze. Sie gestatten eine genauere Messung der Wellenlänge (Mikrometerschraube!). Wo ein NOBERT'Sches Gitter vorhanden ist, gehe man auf die Theorie der Gitterspektren ein, mittelst deren die Wellenlängen des Lichtes (s. o.) von verschiedenen Beobachtern mit befriedigender Übereinstimmung bestimmt wurden. Man mache besonders darauf aufmerksam, dass das durch ein Gitter erhaltene Spektrum sich als Normalspektrum besser eignet, als das durch Brechung erhaltene, weil dieses von der Dispersion des Glases wesentlich abhängt, während beim Gitter die Abstände der Teile des Spektrums den Differenzen der Wellenlängen proportional sind. So befindet sich beim Gitterspektrum das mittlere Gelb räumlich in der Mitte des Spektrums. ANGSTRÖM hat daher sein grosses Sonnenspektrum mittelst des Gitterspektrums hergestellt. Man vergleiche *M. P. Bd. II, S. 464*, wo die Abbildung eines Gitterspektrums sich über der eines gleich grossen Flintglasspektrums befindet. Man vergesse auch nicht, den Schüler auf die Feinheit der mechanischen Hilfsmittel aufmerksam zu machen, wie sie beispielsweise in der Mikrometerschraube zur Messung der Spaltbreiten und bei den Gittern zur Anwendung gelangen. Die Messung der Spaltbreiten muss auf Hundertstel Millimeter genau geschehen. Bezüglich der Seitenspektren muss betont werden, dass nur das erste isoliert liegt und daher eben als Normalspektrum verwertbar ist, während die Seitenspektren höherer Ordnung sich teilweise überdecken und daher Mischfarben geben.

Die gewöhnliche Vorstellung des natürlichen Lichtes würde sich mechanisch reduzieren und darstellen lassen durch zwei senkrecht zueinander gerichtete Schwingungen, welche gleichzeitig an gleichen Punkten ihrer Bahn sind und gleiche Amplituden und Geschwindigkeiten besitzen. Dies wird am STÖHRER'Schen Apparat durch Einschieben der beiden gleichen Zahnräder gezeigt; doch muss jede Schwingung sich unabhängig von der anderen fortpflanzen, da jede ja eben nur die Reduktion unzählig vieler Componenten auf eine Koordinatenachse darstellt. Würde faktisch der Äther in diesen beiden Richtungen und ohne Phasendifferenz schwingen, so würde nach dem Parallelogramm der Kräfte eine Resultierende mit einer Neigung von 45° sich ergeben, d. h. wir würden polarisiertes Licht erhalten, wie man beim Drehen der Kurbel ersieht. Die Geschwindigkeit der Pendelbewegung, die sogenannte Schwingungsdauer t , hängt aber offenbar von der Wellenlänge λ insofern ab, als λ/t die Geschwindigkeit des Lichtes, also eine für dasselbe Medium constante Grösse ergibt. Je grösser λ , um so geringer die Geschwindigkeit der Ätherbewegung. Demnach müssen wir, um von einer constanten Geschwindigkeit sprechen zu können, ein constantes λ voraussetzen. Versuche haben aber, wie schon oben erwähnt, ergeben, dass Licht mit einer Wellenlänge von einem festen Werte, sogenanntes homogenes Licht nicht isolierbar ist. Stets kann nur annähernd homogenes Licht mit einem Durchschnittswert von λ erhalten werden, in welchem demnach Schwingungsimpulse von ein wenig verschiedener Geschwindigkeit vorhanden sind. Unser Apparat gestattet zwei senkrecht zu einander gerichtete Schwingungen von etwas verschiedener Schwingungsdauer zu combinieren. Wir erhalten je nach der Phasendifferenz, wie schon vorher für die beiden gleichen Räder (denen Schwingungen von gleicher Geschwindigkeit entsprechen) gezeigt sein möge, einen Kreis, eine Ellipse oder eine Gerade. Jetzt wechselt zugleich die Phase, also findet ein allmählicher Übergang der Geraden in die Ellipse und in den Kreis u. s. f. statt. (Analogie in der Akustik, Prüfung von Stimmgabeln).

Diese so erhaltene Schwingungsform könnte ebenfalls als Repräsentant der Schwingungsform des natürlichen Lichtes gelten; dann würde weisses Licht durch eine andere, etwa die Combination zweier Räder mit dem Verhältnis 1:2 der Radien dargestellt werden. Bei diesen Versuchen kann eine Reihe von Analogieen aus der Akustik (Oktave, Quint, Quart, Terz etc.) herangezogen werden. Ich möchte namentlich für die Akustik auf das mehr ästhetische Moment hinweisen, dass einer vollkommeneren Consonanz auch eine vollkommener, d. h. einfachere und übersichtlichere Schwingungsfigur entspricht. Ein wesentlicher Unterschied findet allerdings zwischen Akustik und Optik statt, der in dem Apparat nicht hervortritt. In der Optik haben wir das der Geometrie entsprechende Prinzip des stetigen Fortschritts, nicht zwei bestimmte extreme Wellenlängen, d. h. Geschwindigkeiten wirken zusammen (Endpunkte der geraden Linie oder Curve), sondern alle die unendlich vielen verschiedenen den Wellenlängen entsprechenden Geschwindigkeiten (sämtliche Punkte der Linie). In der Akustik dagegen und hier in den Darstellungen des Apparates wirken zwei bestimmte Schwingungszahlen, d. h. Schwingungsgeschwindigkeiten zusammen (Arithmetik). Die ganze Darstellung beabsichtigte nur eine mehr oder minder gelungene Analogie, die aber meiner Erfahrung nach pädagogisch wertvoll ist. Zur Klärung der Vorstellung von natürlichem, wie polarisiertem homogenen und weissen Licht tragen diese Betrachtungen wesentlich bei.

Nicht unerwähnt dürften die Versuche von H. W. DOVE bleiben, welche beweisen, dass man natürliches Licht als Licht auffassen kann, in welchem keine Schwingungsrichtung bevorzugt wird. Er mischte 6 Strahlen von bestimmter Schwingungsrichtung, deren Polarisationsazimute sich um je 30° unterschieden. Das Licht verhielt sich wie natürliches. Ebenso verhielt sich ein in einem Kalkspath erzeugter polarisierter Strahl, wenn der Krystall und damit die Polarisations-ebene um den Strahl als Achse gleichförmig bewegt wurde. Es entsprechen diese Versuche der FRESNEL'schen Anschauung, dass das natürliche Licht als eine rasche Folge von Wellensystemen aufzufassen sei, die nach allen Richtungen polarisiert sind. Da aber die Ellipse die allgemeinste Schwingungsform ist, wie wir gezeigt haben, so kann das natürliche Licht ebenso gut auch als rasche Folge elliptischer Schwingungen mit fortwährendem Wechsel der Achsenrichtung und des Achsenverhältnisses aufgefasst werden, wie bereits oben erwähnt und mit dem STÖHRER'schen Apparat gezeigt ist. STEFAN hat dann später gezeigt, dass das natürliche Licht sich in zwei von einander unabhängige, gleich intensive, senkrecht zu einander polarisierte elliptische oder zwei entgegengesetzt polarisierte cirkulare Componenten zerlegen lasse. Dies ist die allgemeinste Auffassung des natürlichen homogenen Lichtes. Die vier Gesetze von FRESNEL und ARAGO über die Interferenz sind nun verständlich. Das erste hat gewöhnlich die Fassung: Zwei polarisierte Lichtstrahlen, deren Polarisations-ebenen einander parallel sind, interferieren wie gewöhnliches Licht. Für uns würde es umgekehrt heissen müssen: Zwei Strahlen gewöhnlichen Lichtes interferieren wie polarisierte Strahlen von gleicher Polarisationsrichtung. Denn die Theorie und der Versuch mit dem PFAUNDLER'schen Wellenapparat zeigen ohne Weiteres, wie sogenanntes polarisiertes Licht interferiert, und da der FRESNEL'sche Spiegelversuch mit natürlichem homogenen Lichte später dasselbe ergiebt, ist der Satz richtig. Das zweite FRESNEL'sche Gesetz besagt, dass zwei senkrecht polarisierte Strahlen nie interferieren, d. h. stets dieselbe Intensität geben, welches auch ihre Phasendifferenz sei. Auch dieser Satz ist aus mechanischen Gründen klar.

Für den experimentellen Beweis empfehle ich bei Anstellung des FRESNEL'schen Versuchs die Einschiebung des von mir angegebenen Doppelprismas aus Kalkspath (vgl. *Zeitschr. für Instr. April 1887*). Sind aber beide Strahlen durch Zerlegung aus einem polarisierten Lichtstrahl entstanden und werden sie auf eine Schwingungsebene zurückgeführt, so interferieren sie, ihrer Phasendifferenz entsprechend, der jedoch unter Umständen eine halbe Wellenlänge hinzuzufügen ist (drittes Gesetz). Das vierte Gesetz ist bei genauer Fassung des dritten überflüssig, da es nur besagt, dass die Interferenz in letzterem Falle nicht stattfindet, wenn die beiden senkrecht zu einander polarisierten Strahlen aus nicht polarisiertem Licht entstanden sind. Das dritte Gesetz ergibt sich unmittelbar aus der Theorie.

Beeinflusst nun, wie wir sahen, die Interferenz, deren Grundlage die soeben diskutierten FRESNEL-ARAGO'schen (1816) Gesetze bilden, die Intensität, also die Amplitude parallel polarisierten Lichtes, so wird die Form der Schwingungen geändert, sobald senkrecht polarisierte Strahlen zusammentreffen. Die Versuche mit dem STÖHRER'schen Apparat, sowie einfache mechanische Prinzipien beweisen, dass die Ellipse die allgemeinste Form solcher Schwingungen ist, falls wir von Strahlen gleicher Schwingungsdauer reden. Das kreisförmige Licht kann eigentlich nicht mehr polarisiert genannt werden, da hier keine Richtung bevorzugt ist: dennoch spricht man von ihm meistens als von circular-polarisiertem Lichte. Im elliptisch polarisiertem Lichte giebt die Richtung der längsten Achse die Lage des Pols. Kreisförmig polarisiert ist ein Strahl, dessen Schwingungen sich aus dem Zusammentreffen zweier senkrechter zu einander polarisierter Strahlen bilden, deren Phasendifferenz eine viertel Wellenlänge ist u. s. f. Das zweite FRESNEL'sche Gesetz könnte also dahin erweitert werden, dass senkrecht polarisierte Strahlen zwar nicht interferieren, wenn sie zusammentreffen, dass jedoch ihre Schwingungsform sich ändert und je nach der Phasendifferenz Gerade, Ellipse oder Kreis ist.

Das bisher Besprochene ist fast rein theoretischer Natur. Die beiden grösseren angezogenen Apparate, wie die Versuche über Interferenz und Beugung, erleichtern das Verständnis und gewöhnen den Schüler stets in dem Rahmen der Undulationstheorie zu denken. Es ist wichtig, dass bei den folgenden schwierigeren Kapiteln die Aufeinanderfolge der Versuche nicht zu häufig und nicht zu lange unterbrochen wird, damit der Schüler im Stande ist, Alles unter einem Gesichtspunkte zu betrachten. Daher halte ich es für zweckmässig, auch die FRESNEL'schen Gesetze, überhaupt Alles, was sich ohne spezielle Kenntnis der Lehre von der Doppelbrechung erklären lässt, durchzunehmen, ehe das Kapitel von der Doppelbrechung, von der Polarisation durch Reflexion, von der elliptischen und chromatischen Polarisation etc. begonnen wird. Die dahin gehörigen zahlreichen Versuche entbehren den grössten Teil ihres Reizes, wenn nicht eine tüchtige Grundlage für das Verständnis durch Betrachtung analoger Verhältnisse und durch mathematische Deduktionen gewonnen ist.

Über Perspektive.

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

Im Folgenden sollen die Ursachen zusammengestellt werden für die Möglichkeit, einen Körper oder das Bild eines Körpers körperlich zu sehen. Hierzu veranlasst mich die Thatsache, dass man in keinem Buche, soweit mir bekannt, eine solche Zusammen-

stellung findet, und dass eine Reihe von neuen Demonstrationsobjekten und Demonstrationsweisen von mir den schon bekannten hinzugefügt ist.

In erster Linie liegt das Körpersehen daran, dass wir von einem Körper mit beiden Augen ein verschiedenes Bild wahrnehmen und an dieser Verschiedenheit die Körperlichkeit des Objektes erkennen. Daher bekommen wir mit Hilfe des Stereoskops auch von zwei etwas verschiedenen Bildern den Eindruck des Körperlichen. Durch Vertauschung der Bilder im Stereoskop wird die Art des Reliefs umgekehrt. Dieses ist besonders zu sehen an den in Linienzeichnungen ausgeführten Stereoskopbildern eines mathematischen Körpers. Als Landschaftsbild eignet sich hierzu besonders die von Weinhold (*Demonstrationen S. 358*) angegebene Partnachklamm.

Bei solchen Vertauschungen ist es empfehlenswert, so zu verfahren, dass man sich drei Bilder verschafft, von welchen zwei für das linke und eins für das rechte Auge passend sind. Man klebt dann diese drei Bilder so nebeneinander auf einen Pappstreifen, dass das für das rechte Auge geeignete zwischen den beiden für das linke Auge geeigneten liegt. Man braucht dann nicht bei einer beabsichtigten Vertauschung die Bilder herauszunehmen, sondern den Pappstreifen nur um eine Bildbreite nach links oder rechts zu verschieben, um den gewünschten Erfolg zu haben.

Bei dem monokularen Sehen liegt die Ursache des Körperlichsehens vor allem in der Gewöhnung. Ein naives Auge wird die SCHRÖDER'sche Treppenzzeichnung (Weinhold, *Demonstr. S. 356*) stets als das Bild einer aufwärts gehenden Treppe ansehen. Erst

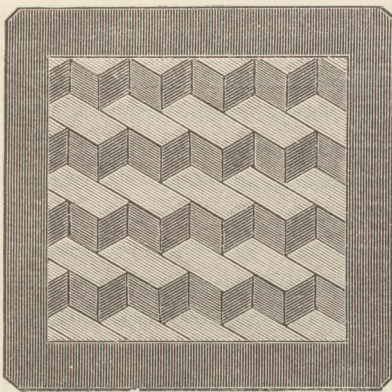


Fig. 1.

durch grosse Überwindung gelingt den meisten Beobachtern die Umkehrung. Ein zweites, wie ich glaube, noch auffallenderes Beispiel ist eine Zeichnung von einer Anzahl in besonderer Weise aufgestapelter rechtwinkliger Parallelepipeda. Die nebenstehende Fig. 1 zeigt diese Zeichnung. Bei der ersten Betrachtung scheint das Bild mehrere Reihen von Kisten darzustellen, von denen die oberen Reihen gegen die unteren etwas zurückliegen. Dreht man das Bild um 180° um, so müssten natürlich jetzt die oberen Reihen vorn liegen, doch sofort verschiebt sich das Bild und der Eindruck ist derselbe, wie derjenige von vorhin. Für den Unterrichts empfiehlt es sich, die Zeichnung so gross auszuführen, dass sie auch von

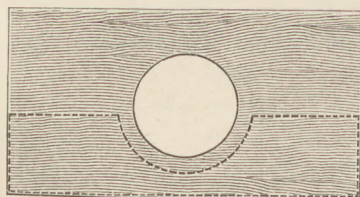


Fig. 3.

den ferner sitzenden Schülern erkannt werden kann, oder mit dem Scioptikon ein auf Glas gezeichnetes Bild auf einen Schirm zu projizieren. Zu dem Zwecke habe ich mir eine Fassung hergestellt, welche eine kreisförmige Glasplatte von ca. 70 mm Durchmesser aufnimmt. Die Fassung ist in Fig. 2 dargestellt. Sie besteht aus einem Drahtringe von starkem Messingdraht, auf dessen eine Seite ein Blechring aufgelötet ist, dessen innerer Durchmesser ca. 65 mm beträgt. Auf der anderen Seite ist nur ein kleines Stück Messingblech aufgelötet. Eine Glasplatte lässt sich dann auf den Blechring auflegen und wird an einer Stelle durch das kleine Blechstück festgehalten. An der gegenüberliegenden Stelle des Ringes befindet sich als Griff ein ca. 120 mm langer Draht, über welchen ein kurzes Ende Messingrohr geschoben ist, das mit einem kleinen Ansatz versehen ist. Dieser Ansatz hält beim Hinunterschieben des Rohres die Glasplatte an einer zweiten Stelle fest. Die Fassung wird beim Gebrauch mit der zu verwendenden Glasplatte in einen passenden Rahmen (Fig. 3) zwischen Lampe und Scioptikon-

Fig. 2: A technical drawing of a circular frame assembly. It consists of a thin wire ring with a small circular handle at the top. A larger circular ring is attached to the bottom of the wire ring, and a small rectangular piece is attached to the bottom of this larger ring. The drawing shows the assembly from a side perspective, highlighting the circular components and the handle.

Fig. 2.

kopf gebracht. Der Rahmen besteht aus zwei dünnen Brettern, welche kreisförmig ausgeschnitten sind und zwischen welche ein drittes Brett von der punktiert in Fig. 3 gezeichneten Form geleimt ist. Durch diese Vorrichtung wird erreicht, dass man Bilder im Scioptikon um 180° drehen kann durch Umlegen des Griffes obiger Fassung, ohne die Bilder vorher herauszunehmen. Die Vorrichtung ist bei Demonstrationen mit dem Scioptikon in manchen Fällen von grossem Nutzen. Auch in dem oben angegebenen Falle benutze ich diese Fassung, indem ich auf eine passende Glasplatte die Fig. 1 aufzeichne und dieses Bild verwende. Als geeignetes Zeichenmaterial möchte ich hier den gewöhnlichen schwarzen Asphaltlack empfehlen. Mit demselben lassen sich Zeichnungen auf Glas unter Benutzung der Reissfeder hinreichend sauber und undurchsichtig ausführen, wenn man durch den Zusatz von etwas Terpentinöl den geeigneten Flüssigkeitsgrad herstellt. Auch kann man die Zeichnungen auf die matte Seite einer matt geschliffenen Glasplatte mit dick angerührter chinesischer Tusche unter Anwendung der Reissfeder zeichnen und durch Übergiessen der matten Seite mit Negativlack, wie ihn der Photograph gebraucht, zugleich die Zeichnung gegen das Auslöschen fixieren und der Platte die Durchsichtigkeit wiedergeben. Letzteres ist besonders dann anzuwenden, wenn die Zeichnungen schattiert werden sollen.

Ein ferneres passendes Beispiel ist folgendes. Ich stelle mir von einer Münze, z. B. der Wappenseite eines Pfennigs, einen Kupferabdruck in der Weise her, dass ich die Münze zwischen zwei Stücke dünnen ausgeglühten Kupferbleches (Schablonenblech) und dann dieses wieder zwischen zwei Stücke Bleiblech lege und nun diese Bleche dem Drucke einer hydraulischen Presse aussetze. Die Prägung wird dann vollständig in dem Kupferblech abgedrückt. Einen solchen Abdruck klebe ich mit etwas Klebwachs auf ein schwarz (mit Schellack und Russ) gestrichenes Brett und in geringem Abstände hiervon die Münze selbst. Ein solches Objekt lässt sich durch Anwendung eines Scioptikons mit Ansatz für undurchsichtige Objekte in vergrössertem Maasse auf einen Schirm projizieren. Es erscheint dann sowohl das Bild des Abdrucks als auch das der Münze selbst als ein erhabenes Relief, besonders wenn man die beiden Objekte nicht gleichzeitig, sondern hinter einander zeigt.

Endlich bediene ich mich der Gypsmodelle einer erhabenen und einer vertieften Halbkugel, wie sie als Zeichenvorlagen gebraucht werden, und hänge diese Objekte vor der Tafel des verdunkelten Zimmers auf. Ich beleuchte alsdann nach einander mit dem Scioptikon erst das eine und dann das andere Modell, doch so, dass nur die Halbkugel und der nächstliegende Teil des Hintergrundes beleuchtet wird. Sowohl erhabene als vertiefte Halbkugeln erscheinen erhaben.

Die Ursache liegt in allen diesen Fällen darin, dass wir die erhabenen Objekte häufiger gesehen haben, als die vertieften.

Eine zweite Ursache des Körperlichsehens in dem einen oder anderen Sinne kann in der Begrenzung einer Zeichnung liegen. Um dieses zu zeigen, bediene ich mich der schon oben angegebenen Zeichnung (Fig. 1). Ich stelle mir zu dieser Zeichnung eine Schablone aus Pappe her von der in Fig. 4 gezeichneten Form. Diese Schablone lässt von der Zeichnung nur zwei Reihen Kisten sehen. Je nachdem man die Schablone legt, scheinen diese beiden Kistenreihen über oder unter einander zu liegen.

Eine weitere Ursache davon, dass man manche Teile einer Zeichnung tiefer liegen sieht als andere, ist die, dass diese Teile der Zeichnung verschwommen oder punktiert gezeichnet sind. In besonders auffallender Weise zeige ich dieses folgendermaassen. Auf eine in die vorhin beschriebene Fassung passende Glasplatte zeichne ich auf die eine

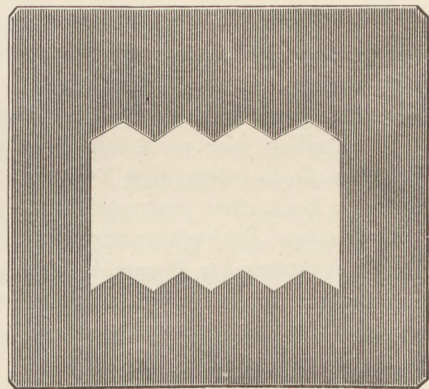


Fig. 4.

Seite das Bild der Vorderflächen eines mathematischen Körpers (z. B. eines Ikosaeders oder eines Dodekaeders) und auf die andere Seite der Platte die hinteren Flächen desselben Körpers, sodass die Begrenzungen der Zeichnungen auf Vorder- und Hinterfläche einander decken. Dann bringe ich dieselben in das Scioptikon und stelle den Projektionskopf so ein, dass die Linien der einen Seite der Glasplatte scharf erscheinen, es erscheinen dann die Linien der anderen Seite verschwommen und das projizierte Bild erscheint vollkommen körperlich, die scharfen Linien vorn, die verschwommenen hinten. Durch eine geringe Verschiebung des Projektionskopfes wird dann die eben verschwommene Seite scharf eingestellt, die vorhin scharfen Linien werden jetzt verschwommen und treten in den Hintergrund des Bildes, während die anderen vortreten. Diese Vertauschung ist so auffällig, dass es scheint, als gingen die einzelnen Flächen durcheinander hindurch. Die Benutzung der oben beschriebenen Fassung ist deshalb von Vorteil, weil man dann die Bilder so drehen kann, wie man gewohnt ist, dieselben zu sehen oder zu zeichnen.

Endlich, nicht am wenigsten, liegt die Ursache für das Körperlichsehen in der Art der Beleuchtung. Wir sehen z. B. eine einseitig beleuchtete Vollkugel deshalb als Vollkugel, weil die helleren Partien der Kugel der Lichtquelle zugewandt sind. Täuscht man sich über die Richtung der Lichtquelle, so ist oft die Folge dieser Täuschung auch eine Täuschung über die Art des Reliefs eines Körpers. Legt man eine Münze oder besser einen Abdruck einer Münze (wie vorhin angegeben) unter das schwach vergrößerte Okular eines terrestrischen Fernrohrs, so sieht man durch das Okular ein umgekehrtes Bild der Münze, auch die Schatten liegen umgekehrt und die Folge ist, dass ein Objekt mit erhabenem Relief vertieft, ein mit vertieftem Relief erhaben zu sein scheint. In derselben Weise glaubt man das Bild einer erhabenen Halbkugel zu sehen, wenn man mittels des astronomischen Fernrohres eine einseitig beleuchtete hohle Halbkugel betrachtet.

Für objektive Darstellungen ist hier folgender Versuch geeignet. Man verschaffe sich die Glasphotographie einer hohlen Halbkugel (z. B. des schon oben benutzten Modelles für den Zeichenunterricht), in welcher Licht und Schatten allmähliche Übergänge bilden, also kein eigentlicher Schlagschatten vorhanden ist, und schneide sich diese Photographie so aus, dass sie in die drehbare Fassung passt. Projiziert man diese Photographie mittels des Scioptikons so, dass die Lichtseite nach links oben zu liegen kommt, so glaubt der Beobachter das Bild einer erhabenen Halbkugel zu sehen. Dreht man die Lichtseite nach rechts unten, so wird das Bild das einer vertieften Halbkugel, weil wir gewohnt sind, bei Zeichnungen u. s. w. die Beleuchtung nach links oben zu verlegen. Besonders gut gelingt diese Umkehrung der Perspektive, wenn die Beobachter rechts von dem Scioptikon sich befinden, da dann die Meinung, die Beleuchtung käme von links, noch durch das Vorhandensein der Scioptikonlampe an der linken Seite erhöht wird.

Endlich mag noch folgender Versuch erwähnt werden. Aus starkem Schreibpapier wird eine flache vierseitige Pyramide ohne Grundfläche zusammengesetzt und in ein quadratisches Loch einer undurchsichtigen Pappscheibe so hineingeklebt, dass die hohle Seite der Pyramide dem Beobachter zugekehrt ist. Stellt man im dunklen Zimmer nun unmittelbar hinter der Spitze der Pyramide eine brennende Stearinkerze, so erscheint dem Beobachter die Pyramide nicht vertieft, sondern erhaben, weil die Spitze stärker beleuchtet ist, als die unteren Teile der Seitenflächen, und weil wir glauben, dass die stärker beleuchteten Teile uns zugewandt sind.

Zur Theorie des Elektroskops.

Von

Dr. G. Leonhardt in Dessau.

Im Jahrgang II S. 129 hat Herr Szymanski die merkwürdige Beobachtung mitgeteilt, dass ein Elektroskop, dem ein Hartgummistab genähert ist, nach Berührung mit dem Finger zunächst negativ geladen erscheint, und dass die Blättchen bei Entfernung

des Stabes erst zusammenfallen, um dann mit positiver Ladung zu divergieren. Diese Erscheinung ist von Herrn Poske (im Jahrg. III, S. 29) aus einer Schirmwirkung der Hand erklärt worden; in der That wird die Erscheinung noch deutlicher, wenn man den Knopf nicht mit dem Finger, sondern mit der ganzen flachen Hand berührt, so dass die Hand zwischen Knopf und Stab zu liegen kommt. Nimmt man gar, wie schon Herr Poske bemerkt, statt der Hand eine Metallscheibe, so kann die negative Ladung der Blättchen so stark werden, dass sie nach Entfernung der Scheibe zusammenfallen, ohne wieder mit + zu divergieren.

Als ich aber den von Herrn Szymanski beschriebenen Versuch des öfteren wiederholte, bemerkte ich bisweilen eine von der erwähnten abweichende Erscheinung. Ich konnte nämlich unter Umständen bei der Berührung des Knopfes mit dem Finger ein teilweises, nach Entfernung des letzteren ein gänzlich Zusammenfallen der Blättchen beobachten, welche dann nach Entfernung des Stabes mit + divergierten. Dieser Versuch liess ferner manche kleine Abarten erkennen, die später zur Sprache kommen werden.

Im folgenden soll nun eine genauere, auf Rechnung gestützte Theorie dieser Versuche gegeben werden, welche die beiden eben erwähnten verschiedenartigen Erscheinungen mit allen ihren Abänderungen zum Ausdruck bringt.

Bedeutet e die verteilende Elektrizitätsmenge und m einen echten Bruch, so ist die durch die Verteilung entstandene Menge $= \pm me$ zu setzen. Ich will m kurz als „Verteilungszahl“ bezeichnen; ihre Grösse hängt wie bekannt von der Entfernung der beiden Körper, von der Art des zwischenliegenden Isolators und schliesslich auch von der Grösse und Gestalt des Körpers ab, auf welchem die Verteilung stattfindet. Lässt man z. B. auf eine Kugel eine Elektrizitätsmenge verteilend einwirken und nähert ihr an der abgewandten Seite eine zweite Kugel bis zur Berührung, so werden die verteilten Elektrizitätsmengen grösser als vorher, weil sie sich jetzt weiter von einander entfernen können. Dies geht soweit, dass, wenn man die Kugel an der abgewandten Seite mit dem Finger berührt, den Körper also zu einem unendlich grossen macht, die Elektrizität auf der zugewandten Seite sich mit der verteilenden durch einen Funken vereinigen kann. Wir müssen daraus schliessen, dass die Verteilungszahl unter sonst gleichen Umständen bei einem unendlichen Körper grösser ist, als bei einem endlichen.

Nähert man also einem Stabe, welcher auf ein Elektroskop verteilend einwirkt, den Finger, so wird auf der dem Stabe zugewandten Seite des letzteren eine grössere Elektrizitätsmenge entstehen als in dem Elektroskope selbst, denn die Entfernungen des Fingers und des Knopfes vom Stabe sind annähernd gleich, der Finger aber ist als Teil eines unendlich grossen Körpers anzusehen. Die in ihm entstandene Elektrizitätsmenge wirkt aber ebenfalls verteilend auf das Elektroskop ein und die in dem Knopfe des letzteren befindliche Menge auch verteilend auf den Finger, und von der gegenseitigen Grösse dieser verschiedenen Kräfte hängen die an dem Elektroskope auftretenden Erscheinungen ab.

Nun wird der Finger dem Knopfe bis zur Berührung genähert. Betrachten wir zunächst die Wirkung des Knopfes auf den Finger, d. h. die Wirkung eines endlichen, geladenen Körpers auf einen unendlich grossen unelektrischen. Je kleiner die Entfernung zwischen beiden wird, desto grösser wird die Verteilungszahl, und da nach der Berührung der endliche Körper entladen ist, so muss bei der Berührung $m = 1$ gewesen sein. Ferner wirkt die durch den Stab auf dem Finger verteilte und in ihm gebundene Elektrizität auch ihrerseits verteilend auf das Elektroskop ein. Bei der Berührung wird aber der unendliche Körper nicht unelektrisch, sondern giebt nur einen Teil seiner Elektrizität an den endlichen Körper ab, so dass in diesem Falle die Verteilungszahl auch bei der Berührung < 1 bleiben muss.

Nach diesen Bemerkungen gehe ich an die genauere Entwicklung der auftretenden Elektrizitätsmengen. Der dem Knopfe genäherte Ebonitstab enthalte eine gewisse Menge $-e$. Diese zieht in den Knopf des Elektroskops $+me$ und stösst $-me$ in die Blättchen. Der Stab wirkt aber auch verteilend auf den genäherten Finger, zieht an das

zugewandte Ende desselben die Menge $+ne$ und stösst $-ne$ in die Erde. Nach dem vorher Gesagten ergibt sich, dass n im allgemeinen $> m$ sein muss. Drittens wirkt jetzt die Menge $+me$ im Knopfe verteilend auf den Finger, zieht also in das zugewandte Ende die Menge $-\nu \cdot me$ und stösst $+\nu \cdot me$ in die Erde, und schliesslich wirkt die Menge $+ne$ im Finger verteilend auf den Knopf, zieht also $-\mu \cdot ne$ in letzteren hinein und stösst $+\mu \cdot ne$ in die Blättchen. Im ganzen sind also folgende Elektrizitätsmengen entstanden:

$$\begin{aligned} &\text{in dem Finger } +ne - \nu me, \\ &\text{in dem Knopfe } +me - \mu ne, \\ &\text{in den Blättchen } -me + \mu ne. \end{aligned}$$

Bei der Berührung kommen nun die in dem Finger und dem Knopfe entstandenen Mengen zusammen und man erhält bei der Berührung:

$$\begin{aligned} &\text{in Knopf und Finger } A = e[(m+n) - (\nu m + \mu n)] \\ &\quad \text{oder, da } \nu, \text{ d. i. die Verteilungszahl eines endlichen Körpers auf einen unendlich grossen, bei der Berührung } = 1 \text{ ist,} \\ &\quad A = e(n - \mu n) = ne(1 - \mu), \\ &\text{in den Blättchen . . } B = -e(m - \mu n). \end{aligned}$$

Die nähere Untersuchung dieser beiden Gleichungen liefert uns die am Elektroskope auftretenden Erscheinungen.

Nun ist μ , d. i. die Verteilungszahl auf einen endlichen Körper, stets < 1 . Die in dem Knopfe bei der Berührung gebundene Elektrizitätsmenge A ist also stets positiv. Anders aber verhält es sich mit der Grösse B . Diese kann positiv, null oder negativ werden, je nachdem $\mu n \cong m$ ist, d. h. je nachdem die Wirkung des Fingers auf das Elektroskop grösser, gleich oder kleiner als die des Stabes ist. Und diese drei möglichen Fälle können, wie man leicht sieht, auch wirklich eintreten.

Erster Fall: $\mu n > m$. Dies wird stattfinden, wenn der Stab senkrecht über dem Knopfe gehalten und der Finger, oder noch besser die ganze Hand zwischen Stab und Knopf gelegt wird. Es ist dann n aus zwei Gründen $> m$, erstens, weil in einem unendlich grossen Körper eine stärkere Scheidung der beiden Elektrizitäten stattfinden kann, und zweitens, weil die Entfernung der Hand vom Stabe kleiner, als die des Knopfes ist. Es wird daher n beträchtlich $> m$ sein müssen, so dass auch derjenige Bruchteil von n , welcher durch μn ausgedrückt wird, trotzdem μ ein echter Bruch ist, doch $> m$ werden kann. In diesem Falle ist:

$$\begin{aligned} A &= ne(1 - \mu) \text{ positiv, wird also vom Stabe angezogen,} \\ B &= -e(m - \mu n) \text{ ist auch positiv und wird daher gleichfalls vom Stabe angezogen}^1). \end{aligned}$$

Die ganze Menge B geht also aus den Blättchen in den Knopf, und man erhält deshalb nach der Berührung:

$$1) \dots\dots\dots A = +e(n - m), \quad B = 0.$$

Nun vermag aber der Stab in der Hand die Menge $+ne$ durch Verteilung herzustellen. Er wirkt folglich von neuem verteilend auf die Hand und zieht noch so viel

¹⁾ Ich will hier gleich einem Einwande, der gemacht werden könnte, begegnen. Man könnte nämlich meinen, dass die positive Menge B zwar von $-e$ im Stabe angezogen, aber auch von der positiven Menge A im Knopfe abgestossen werde und daher nicht in den Knopf fliessen könne. Bedenkt man jedoch, dass, wie jede einzelne Verteilung uns zeigt, die anziehende und abstossende Kraft der verteilenden Elektrizität auf die verteilten grösser ist, als die anziehende Kraft der verteilten Elektrizitäten unter einander, so muss auch hier die anziehende Kraft der Menge $-e$ grösser sein, als die abstossende Kraft zwischen den durch Verteilung entstandenen Mengen A und B .

Elektricität hinzu, dass $+ne$ in derselben entsteht. Es wird daher bei der Berührung $+me$ in die Hand gezogen und $-me$ abgestossen. Die Menge $-me$ geht nicht in die Blättchen, sondern fliesst durch die Hand in die Erde. Wir erhalten also nach der Berührung nicht die durch die Gleichungen 1) angegebenen Mengen, sondern:

$$A = +ne, \quad B = 0.$$

Die vom Stabe angezogene Menge $+ne$ geht nun grösstenteils in die dem Stabe zugewandte Seite der Hand, und nur ein kleiner Teil, etwa $\lambda \cdot ne$ bleibt in dem Knopfe zurück. Hier bedeutet λ wieder einen echten und zwar recht kleinen Bruch, welcher wie ersichtlich, sich um so mehr der 0 nähert, je grösser der den Knopf berührende Körper ist. Nach Entfernung der Hand würden wir also erhalten:

$$A = +\lambda ne, \quad B = 0,$$

wenn nicht der Stab von neuem verteilend auf den Knopf einwirkte und dort eine Menge $+me$ hervorriefe. Zu λne kommt also hinzu die Menge $me - \lambda ne$. Dieselbe Menge mit entgegengesetztem Vorzeichen wird aber in die Blättchen gestossen, so dass wir nach Entfernung der Hand in der That erhalten:

$$2) \dots \dots A = +me, \quad B = -e(m - \lambda n).$$

Die in dem Knopfe nach Entfernung der Hand durch den Ebonitstab gebundene Menge A ist also stets positiv. Näher zu untersuchen ist noch das Vorzeichen der Grösse B , d. h. derjenigen Menge, welche in den Blättchen entsteht, wenn man die Hand, aber noch nicht den Stab entfernt hat. Nun ist zwar $n > m$; λ aber, wie eben bemerkt, ein recht kleiner Bruch, so dass λn nicht nur $< n$, sondern auch $< m$ wird. Die Grösse B wird daher negativ.

Entfernt man schliesslich noch den Stab, so kommen die beiden Mengen der Gleichungen 2) zusammen und man erhält die Ladung des ganzen Elektroskops $= +\lambda ne$. Da aber die Blättchen vor Entfernung des Stabes negativ waren und nachher positiv geladen sind, so müssen sie bei Entfernung des Stabes erst zusammenfallen und dann divergieren. Dies ist aber die von Herrn Szymanski beschriebene Erscheinung.

Die schliessliche Ladung des Elektroskops ist hiernach unabhängig von der Grösse m , d. h. unabhängig von der Wirkung des Stabes auf das Elektroskop selbst und wird nur durch die Wirkung des Stabes auf die Hand und die Grösse λ bedingt. Je kleiner daher λ wird, um so kleiner wird auch die Ladung des Elektroskops sein müssen. Wenn λ gradezu $= 0$ wäre, so wäre vor Entfernung des Stabes in dem Knopfe die Menge $+me$, in den Blättchen die Menge $-me$ vorhanden, welche sich nach Entfernung des Stabes aufheben würden. Diese Folgerung lässt sich durch den Versuch bestätigen. Berührt man nämlich den Knopf statt des Fingers, mit einer grossen, in der Hand zu haltenden Metallscheibe, so fallen die Blättchen wie vorher ganz zusammen. Nach Entfernung der Scheibe divergieren sie aber sehr stark, weil nämlich jetzt fast die gesamte Menge $+ne$ in die im Vergleich zum Knopfe sehr grosse Scheibe gegangen und auf diesem nur eine verschwindend kleine Menge zurückgeblieben ist. Nach Entfernung der Scheibe ist also der Knopf fast unelektrisch, so dass der Stab wie vor Annäherung der Scheibe in dem Knopfe die Menge $+me$, in den Blättchen $-me$ verteilt, welche sich nach Entfernung des Stabes aufheben. Und in der That habe ich bei hinreichend grosser Scheibe beobachtet, dass die vor Entfernung des Stabes stark divergierenden Blättchen nach Entfernung desselben zusammenfallen, ohne von neuem mit $+$ zu divergieren, sodass das Elektroskop ungeladen zurückbleibt.

Schliesslich noch eine Bemerkung. Legt man auf den Knopf nicht die Hand, sondern nur einen Finger und hält den Stab etwas seitwärts vom Elektroskop, so kann es vorkommen, dass, trotzdem $\mu n > m$ ist, doch λ ein so grosser echter Bruch wird, dass $\lambda ne > me$ ist. Alsdann tritt natürlich nach Entfernung des Fingers keine neue Verteilung

ein, sondern es wird im Gegenteil ein gewisser Bruchteil der Menge λne frei und fliesst in die Blättchen. Wir werden auf dieselbe Erscheinung bei der Ableitung des dritten Falls stossen, wo sie des näheren untersucht werden wird.

Zweiter Fall: $\mu n = m$, d. h. die Wirkung des Fingers auf das Elektroskop ist ebenso gross wie die des Stabes. Dann wird:

$$A = e(n - m), \quad B = 0.$$

Wir erhalten also sofort die Gleichungen 1) des ersten Falls und damit dieselben Resultate.

Dritter Fall: $\mu n < m$. Dies wird stattfinden, wenn der Stab seitwärts vom Elektroskope gehalten wird und der Finger die dem Stabe abgewandte Seite des Knopfes berührt. Wahrscheinlich ist zwar auch dann noch $n > m$, weil die Wirkung des Stabes auf einen unendlich grossen Körper stärker ist, als auf das endliche Elektroskop. Weil aber jetzt der Finger weiter vom Stabe als der Knopf entfernt ist, wird aus diesem Grunde n nicht sehr viel $> m$ sein, so dass derjenige Bruchteil von n , welcher durch μn ausgedrückt wird, doch $< m$ werden kann. In diesem Falle ist:

$$A = ne(1 - \mu) \text{ positiv, wird also vom Stabe angezogen,}$$

$$B = -e(m - \mu n) \text{ negativ, wird daher nicht wie im ersten Falle vom Stabe angezogen, sondern von ihm abgestossen und bleibt somit in den Blättchen.}$$

Da aber durch die Berührung der Knopf ein Teil eines unendlichen Körpers geworden ist, so wird in ihm die Menge $+ne$ verteilt werden müssen. Es kommt also zu A noch eine Menge $+\mu ne$ hinzu, während $-\mu ne$ in die Erde geht. Wir haben also nach der Berührung in der That:

$$3) \dots\dots A = +ne, \quad B = -e(m - \mu n).$$

Die in dem Knopfe gebundene Menge A ist also auch hier positiv. Die Menge B ist, da $\mu n < m$ sein soll, negativ, d. h. die Blättchen divergieren auch jetzt noch mit negativer Elektrizität, aber nicht mehr wie vor der Berührung mit der Menge $-me$, sondern mit der kleineren Menge $-e(m - \mu n)$; sie sind also bei der Berührung teilweise zusammengefallen.

Entfernt man nun den Finger, so wird nur ein geringer Teil der Menge $+ne$ mit dem Finger entfernt werden, der grösste Teil dagegen in dem dem Stabe näher liegenden Knopfe bleiben. Bezeichnet man diesen Teil mit $l.ne$, so wird l ein recht grosser echter Bruch sein, welcher sich der Einheit um so mehr nähert, je grösser der Knopf des Elektroskops ist. Wir würden daher nach Entfernung des Fingers erhalten:

$$A = +lne, \quad B = -e(m - \mu n),$$

wenn der Stab in dem Knopfe die Menge $+lne$ binden könnte. Er kann aber, wie vor der Berührung, in ihm nur $+me$ binden. Da nun $n > m$ und l ein grosser echter Bruch ist, so wird $ln > m$ sein, so dass ein Teil von $+lne$ frei wird und in die Blättchen fliesst, nämlich so viel, dass in dem Knopfe die Menge $+me$ bleibt, d. h. abfliessen muss die Menge $lne - me$. Wir erhalten also nach Entfernung der Hand in der That:

$$4) \dots A = e[ln - (ln - m)] \quad B = e[\mu n - m + (ln - m)]$$

$$= +me, \quad = -e[2m - (\mu + l)n].$$

Näher zu untersuchen ist auch hier wieder das Vorzeichen der Grösse B . Nun ist n zwar grösser, aber nicht viel $> m$; μ ist ein echter Bruch, ebenso l , letzterer aber ein recht grosser echter Bruch, der unter Umständen $= 1$ ist, so dass $\mu + l$ sehr leicht > 1 werden kann. Dies mit n multipliciert, kann daher $> 2m$ sein, obgleich dies wohl nur selten eintreten wird. Wir müssen daher drei Fälle unterscheiden:

- a) $(\mu + l)n < 2m$. Dann ist, wie leicht zu sehen, B negativ, aber schwächer als bei der Berührung; die Blättchen fallen also nach Entfernung des Fingers noch weiter zusammen.

- b) $(\mu + l)n = 2m$. Dann ist $B = 0$, d. h. die Blättchen fallen ganz zusammen.
c) $(\mu + l)n > 2m$. Dann ist B positiv, aber wahrscheinlich nur sehr schwach positiv, d. h. die Blättchen fallen ganz zusammen, um aber sofort mit schwacher positiver Elektrizität zu divergieren.

Welcher von diesen drei möglichen Fällen wirklich eintritt, hängt wohl hauptsächlich von der Grösse des Bruches l ab. Man kann in der That die drei Fälle erhalten, wenn man den Stab etwas schräg oberhalb des Knopfes hält; je weiter dann der Berührungspunkt des Fingers vom Stabe zu liegen kommt, d. h. je grösser l wird, desto eher tritt der Fall c ein.

Entfernt man schliesslich auch den Stab, so kommen die beiden Mengen der Gleichungen 4) zusammen und man erhält die Ladung des ganzen Elektroskops $= +e[(n+l)n - m]$, also jedenfalls positiv, weil schon ln allein $> m$ ist. Da aber die Blättchen vor Entfernung des Stabes a) negativ, b) unelektrisch, c) positiv waren, so werden sie nach Entfernung des Stabes a) zusammenfallen, um dann mit $+$ zu divergieren; man erhält also dieselbe Erscheinung, wie im ersten Falle, aber weit schwächer, b) sie werden vom Ruhezustande aus mit $+$ divergieren, c) sie werden schon mit $+$ geladen, noch weiter divergieren, ohne vorher zusammenzufallen.

Die beiden von Herrn Szymanski und mir beobachteten Fälle lassen sich also in der That durch Rechnung ableiten, und die Folgerungen, welche man aus den gefundenen Ausdrücken ziehen kann, stehen mit den Versuchen in Einklang. Wie ersichtlich, kommt es aber so sehr auf das gegenseitige Grössenverhältnis der auftretenden Verteilungszahlen an und über dieselben lässt sich vor dem Versuche so wenig aussagen, dass es klar ist, wie eine völlig sichere Vorherbestimmung des Experiments nicht möglich ist. Im allgemeinen lassen sich allerdings die beiden von Herrn Szymanski und mir erwähnten Fälle unterscheiden. Ist nämlich die mit der Hand fortgenommene Menge so gross, dass eine neue Verteilung stattfinden kann, so wird der von Herrn Szymanski beschriebene Fall eintreten; ist sie aber so gering, dass der Stab die nach Entfernung des Fingers in dem Knopfe zurückbleibende Menge nicht vollständig zu binden vermag, so wird sich die von mir angegebene Erscheinung zeigen.

Man muss jedoch, sollen die Versuche gelingen, einige Vorsichtsmassregeln anwenden. Es ist nicht zweckmässig, den verteilenden Stab in der Hand zu halten; ich habe ihn bei meinen Versuchen durch ein Stativ festgeklemmt und dann schliesslich das Elektroskop entfernt. Ferner darf man den Stab vom Elektroskop oder letzteres vom Stabe nur langsam entfernen. Geschieht dies nämlich schnell, so geht der Wechsel der Elektrizitätsarten in den Blättchen so rasch vor sich, dass kein Zusammenfallen eintritt, sondern nur ein Zucken der Blättchen zu bemerken ist. Und hierin glaube ich einen Grund zu sehen, weshalb die von Herrn Szymanski beschriebene Erscheinung nicht früher beachtet ist. Ich habe das Zucken bei früheren Versuchen häufig beobachtet, ohne mir darüber Rechenschaft zu geben. Jetzt sind wir in der Lage, in jedem Zucken der Blättchen einen Wechsel in der Elektrizitätsart zu erkennen.

Macht man die Versuche oft hinter einander, so kann die Elektrizität der Blättchen, vom Stabe abgestossen, sehr leicht in die Luft ausströmen. Vielleicht liesse sich dieser Übelstand in etwas dadurch abhelfen, dass man die Blättchen unten abrundet. Ist dies aber wie gewöhnlich nicht der Fall, so wird die Glaswand des Elektroskops durch die ausströmende Elektrizität geladen, und diese kann die Versuche in merklicher Weise stören. Auf diesen Punkt hat schon BEEZ²⁾ aufmerksam gemacht.

Es kommt ferner sehr darauf an, ob die Glaswand leitend oder nichtleitend ist. Da es nun im allgemeinen nicht zu vermeiden ist, dass auf dem Glase durch die feuchte Luft sich Niederschläge bilden, so haben wir in der Glaswand ein in hohem Maasse störendes Element, so dass, wie ebenfalls BEEZ a. a. O. bemerkt, das Elektroskop in

²⁾ Pogg. Ann. Bd. 158, S. 320.

seiner jetzt gebräuchlichen Art im Grunde genommen das unbrauchbarste Instrument zur Prüfung der Elektrizitätsarten ist. Ob die Glaswand Elektrizität enthält, kann man mit ziemlicher Sicherheit daran erkennen, ob ohne Annäherung des Stabes die Blättchen bei Berührung des Knopfes divergieren. Dies kann natürlich nur von der Wirkung der auf dem Glase angesammelten Elektrizität herrühren. In diesem Falle gelingt es auch nicht, durch Berühren des Knopfes die Blättchen zu entladen, sondern man muss zu diesem Ende die Glaswand zuvor mit den Händen bestreichen und so die Elektrizität von ihr entfernen.

Wie sehr übrigens die Leitungsfähigkeit des Glases störend einwirken kann, lässt sich daraus abnehmen, dass die Versuche in scheinbar völlig gleicher Weise angestellt an verschiedenen Tagen ganz verschieden ausfallen können, was doch wohl nur davon herrühren kann, dass das Glas mehr oder weniger Feuchtigkeit auf sich niedergeschlagen hat. Dass von RIESS zur Vermeidung dieses Übelstandes angegebene Mittel, den Messinghals des Elektroskops durch einen auf dem Glase entlang laufenden Staniolstreifen mit einer leitenden Unterlage zu verbinden, scheint, wie BEETZ bemerkt, völlig vergessen zu sein.

Auch der Messinghals des Elektroskops kann störend auf die Versuche einwirken. Denn der verteilende Stab äussert seine Wirkung nicht nur auf den Knopf, sondern auch auf den Messinghals, und man kann eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen beobachten, wenn man nicht wie gewöhnlich den Knopf, sondern den Messinghals berührt. Ich habe z. B. bisweilen beobachtet, dass, wenn man den Ebonitstab in der Höhe des Messinghalses diesem nähert, ihn berührt und den Stab entfernt, die Blättchen zusammenfallen, nach Berührung des Knopfes aber heftig mit negativer Elektrizität divergieren, so dass das Elektroskop auffallenderweise mit der gleichnamigen Elektrizität geladen war. Man kann dasselbe mit einer Leydener Flasche vergleichen, in welchem der Messinghals die äussere, Knopf und Stab des Elektroskops die innere Belegung darstellen. Es gelingt daher auch nicht, die Elektrizität der Blättchen durch Berühren des Knopfes zu entfernen, sondern man muss entweder oft hintereinander Messinghals und Knopf, oder beide gleichzeitig berühren. An anderen Tagen aber habe ich diese Erscheinung nicht erzielen können, sondern beobachtet, dass bei Berührung des Messinghalses die Blättchen teilweise zusammenfallen, um nach Entfernung des Fingers und Stabes erst zusammenzufallen und dann wie gewöhnlich mit $+$ zu divergieren. Diesen auffallenden Unterschied der beiden in völlig gleicher Weise angestellten Versuche glaube ich in der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Glaswand suchen zu müssen. Ist nämlich an trockenen Tagen das Glas nicht leitend, so wird die in dem Messinghalse verteilte positive Elektrizität auch auf ihm bleiben und daher in die Mitte des Elektroskops negative Elektrizität hinziehen, in die Blättchen und den Knopf positive abstossen, so dass die Blättchen mit $+$ divergieren. Ist aber an feuchten Tagen das Glas leitend, so wird die in dem Messinghalse verteilte positive Elektrizität nicht auf ihm bleiben, sondern sich über das ganze Glas verbreiten. Es wird daher jetzt die positive Elektrizität in den Knopf gestossen, die negative in die Blättchen gezogen, so dass letztere mit $-$ divergieren und diese Elektrizität von der auf der Glaswand angesammelten positiven gebunden durch Berühren des Knopfes nicht entfernt werden kann. Bei letzterem Versuche ist mir nur das eine unklar, warum der Knopf nach Entfernung des Fingers und Stabes erst berührt werden muss, um eine Divergenz der Blättchen zu erzielen. Eine solche Berührung des Knopfes muss auch stattfinden, wenn man den Stab unterhalb der Blättchen diesem nähert, so dass letztere näher dem Stabe liegen als der Knopf. Es gehen dann die Blättchen nicht sofort auseinander, sondern divergieren erst mit $+$, wenn man den Knopf berührt hat. Auch von dieser Erscheinung vermag ich keine Erklärung zu geben.

Um alle die erwähnten, mit dem Glase und dem Messinghalse verbundenen Störungen für einige Zeit zu beseitigen, habe ich es für zweckmässig erkannt, von Zeit zu Zeit Messinghals und Knopf mit zwei Fingern der einen Hand zu berühren und gleichzeitig mit der anderen Hand die Glaswand zu bestreichen.

Schliesslich will ich noch bemerken, dass sämtliche erwähnte Erscheinungen nur auftreten, wenn das Elektroskop durch Verteilung geladen wird. Geschieht dies aber durch unmittelbares Berühren des elektrischen Körpers, so kommen natürlich ganz andere und teilweise höchst merkwürdige Erscheinungen vor. Dass z. B. das Elektroskop durch Berühren mit einer nachweislich negativen Kautschukstange positiv geladen werden kann, ist von FORSTER³⁾ mitgeteilt und erklärt worden.

Die Bewegung des Schwerpunktes und der Stoss in geometrischer Darstellung.

Von

E. Oehler in Strassburg i. E.

Im Folgenden gebe ich eine geometrische Ableitung der Gesetze von der Bewegung des Schwerpunktes und vom Stoss, welche vor der analytischen wenigstens den Vorzug der Anschaulichkeit haben dürfte.

Bezüglich der Bezeichnung bemerke ich, dass, wenn eine Strecke nach Grösse und Richtung genommen werden soll, über dieselbe ein Strich gesetzt ist. Demgemäss bedeutet auch z. B. $\overline{ab} + \overline{bc}$ die geometrische Summe der genannten Strecken. Geschwindigkeiten sind immer nach Grösse und Richtung zu nehmen.

1. Es seien A und B (Fig. 1) zwei Punkte mit den Massen m_1 und m_2 , S ihr Schwerpunkt, so dass also $AS/SB = m_2/m_1$. A werde um die Strecke $\overline{AA_1}$, B um $\overline{BB_1}$ verschoben. Zieht man $\overline{SC} = \overline{AA_1}$ und $\overline{SD} = \overline{BB_1}$ und schneidet A_1B_1 mit CD in S_1 , so ist $AS/SB = A_1C/DB_1 = A_1S_1/S_1B_1 = CS_1/S_1D = m_2/m_1$, da $A_1C \parallel AB \parallel DB_1$; somit ist S_1 der Schwerpunkt von A_1 und B_1 und $\overline{SS_1}$ die Verschiebung desselben. Die Ableitung gilt auch, wenn AA_1 und BB_1 windschief sind, denn A_1B_1 und CD liegen in der durch die Parallelen A_1C und DB_1 bestimmten Ebene, müssen sich also schneiden.

Sind die Verschiebungen von A und B diejenigen in einer Sekunde, beziehungsweise die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 der Punkte, so ist $\overline{SS_1} = V$ die Geschwindigkeit ihres Schwerpunktes.

Aus Fig. 1 ergibt sich unmittelbar folgende Konstruktion von V aus v_1 und v_2 : Ziehe von einem beliebigen Punkte a (Anfangspunkt) aus (Fig. 2) $\overline{ab} = v_1$ und $\overline{ac} = v_2$ und teile bc durch d so, dass $bd/dc = m_2/m_1$, so ist $\overline{ad} = V$.

Da $\overline{ab} = \overline{ad} + \overline{db}$ und $\overline{ac} = \overline{ad} + \overline{dc}$, ist, wenn m_1 und m_2 die Maasszahlen der Massen sind,

$$m_1 \cdot \overline{ab} + m_2 \cdot \overline{ac} = m_1 \cdot \overline{ad} + m_2 \cdot \overline{ad} + m_1 \cdot \overline{db} + m_2 \cdot \overline{dc} = (m_1 + m_2) \overline{ad},$$

weil wegen $bd/dc = m_2/m_1$ auch $m_2 \cdot \overline{dc} = -m_1 \cdot \overline{db}$ ist; oder:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V,$$

d. h. das Bewegungsmoment des Schwerpunktes, wenn in ihm die Masse der Punkte vereinigt gedacht wird, ist gleich der geometrischen Summe der Bewegungsmomente der Punkte.

Nehmen die Geschwindigkeiten zu um die parallelen, entgegengesetzt gerichteten Grössen $\overline{A_1E}$ und $\overline{B_1F}$ (Fig. 1), welche sich umgekehrt wie die Massen der entsprechenden Punkte verhalten, so ist S_1 auch der Schwerpunkt von E und F , V bleibt also ungeändert. Ein besonderer Fall hiervon sind die Geschwindigkeitsänderungen, welche eintreten, wenn

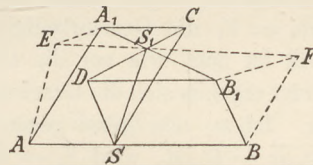


Fig. 1.

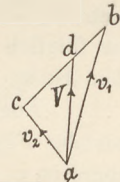


Fig. 2.

³⁾ Pogg. Ann., Bd. 144, S. 439.

A und B Kräfte auf einander ausüben, also innere Kräfte wirken; wir haben somit den Satz: Innere Kräfte ändern die Geschwindigkeit des Schwerpunktes nicht.

Was hier für zwei Punkte bewiesen ist, kann auf beliebig viele und somit auch auf Körper ausgedehnt werden. In ähnlicher Weise kann auch bewiesen werden, dass die Beschleunigung des Schwerpunktes dieselbe ist, wie wenn in ihm die ganze Masse vereinigt und die Kräfte parallel nach ihm verschoben wären.

2. Das Gefundene wenden wir an auf den centralen Stoss. Es seien A und B zwei Kugeln (Punkte) mit den Massen m_1 und m_2 und den in derselben Geraden liegenden

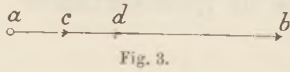


Fig. 3.

Geschwindigkeiten v_1 und v_2 ; dieselben sollen auf einander stossen, bei gleichgerichteten Geschwindigkeiten diese also entsprechende Grössen haben. Da die beim Stoss auftretenden Kräfte innere sind, wird die Geschwindigkeit des Schwerpunktes dabei nicht geändert. Macht man $\overline{ab} = v_1$, $\overline{ac} = v_2$ (Fig. 3) und teilt bc durch d so, dass $bd/dc = m_2/m_1$, so ist dieselbe nach 1. gleich \overline{ad} .

a) Die Kugeln seien unelastisch. Sie bleiben nach dem Stoss beisammen, müssen also die Geschwindigkeit $V = \overline{ad}$ ihres Schwerpunktes haben.

Aus Figur 3 ergibt sich auch unmittelbar die Geschwindigkeit V in besonderen Fällen. Ist m_2 sehr gross gegen m_1 , so fällt d (nahezu) mit c zusammen und es wird $V = v_2$, also 0 für $v_2 = 0$.

Sind v_1 und v_2 entgegengesetzt gleich, so fällt, wenn auch $m_1 = m_2$ ist, d auf a , V wird 0.

b) Die Kugeln seien elastisch. Dann sind beim Stoss bekanntlich zwei Momente zu unterscheiden. Zunächst erlangen beide Kugeln die Geschwindigkeit $\overline{ad} = V$ (Fig. 4)

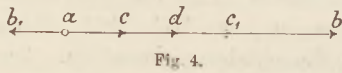


Fig. 4.

ihres Schwerpunktes, welche wie vorhin gefunden wird. Dann erhalten sie durch die Elasticität nochmals dieselben Geschwindigkeitsänderungen wie im ersten Moment. Macht man $\overline{dc_1} = \overline{cd}$ und $\overline{db_1} = \overline{bd}$, dreht also die Strecke cb um den Punkt d um 180° , so ist folglich $\overline{ab_1} = V_1$ die Geschwindigkeit von A und $\overline{ac_1} = V_2$ diejenige von B nach dem Stoss. \overline{ad} ist nach wie vor die Geschwindigkeit des Schwerpunktes.

Auch hier ergeben sich die Geschwindigkeiten in besonderen Fällen wieder unmittelbar aus der Figur. Ist m_2 sehr gross gegen m_1 , so fallen c , d und c_1 zusammen, und wenn überdies $v_2 = \overline{ac} = 0$ ist, wird $V_1 = \overline{ab_1} = -\overline{ab} = -v_1$, A springt also mit entgegengesetzter gleicher Geschwindigkeit zurück.

Ist $m_1 = m_2$, so wird d Mittelpunkt von cb , b_1 fällt mit c und c_1 mit b zusammen, d. h. die Kugeln tauschen ihre Geschwindigkeiten aus. Ist überdies $v_2 = 0$, so wird $V_1 = 0$ und $V_2 = v_1$.

Entsprechend lassen sich auch die Gesetze für den schiefen Stoss behandeln.

Physikalische Aufgaben.

20. Eine elastische Kugel habe die Masse m und bewege sich mit der Geschwindigkeit V in normaler Richtung gegen eine Wand, welche mit der Geschwindigkeit v verschoben wird, welchen Verlust an lebendiger Kraft erleidet die Kugel beim Stosse und wie gross ist die hierbei geleistete Arbeit?

Auflösung: Beim Zusammenstoss erhält die relative Geschwindigkeit der Kugel gegen die Wand, also $(V - v)$, die entgegengesetzte Richtung, daher ist die lebendige Kraft der Kugel nach dem Stosse $\frac{1}{2} m (V - v)^2$ und der Verlust an lebendiger Kraft ist:

$$\frac{1}{2} m V^2 - \frac{1}{2} m (V - v)^2 = \frac{1}{2} m (2Vv - v^2).$$

Der Druck der Kugel gegen die Wand ist gleich dem Produkte aus der Masse m in die Geschwindigkeitsänderung $\{V - [-(V - v)]\} = (2V - v)$ dividiert durch die Zeit-

dauer τ des Stosses; der Weg während des Stosses kann in gleichförmig verzögerter Bewegung zurückgelegt gedacht werden, und man erhält dafür aus dem Mittel der Geschwindigkeiten zu Anfang $[V]$ und zu Ende $[-(V-v)]$ den Wert $\frac{1}{2}v\tau$; demnach ist die Arbeit:

$$m \cdot \frac{2V-v}{\tau} \cdot \frac{1}{2}v\tau = \frac{1}{2}m(2Vv - v^2).$$

Diese ist dem Verluste an lebendiger Kraft gleich. Was lehrt die Berechnung, wenn V und v entgegengesetzte Vorzeichen haben? — Welche Erscheinung der gasförmigen Körper erklärt dieses Resultat im Sinne der kinetischen Gastheorie?

21. Zwei Massenpunkte M und m bewegen sich mit den Geschwindigkeiten C und c in derselben Richtung; welche Geschwindigkeit v besitzt der Schwerpunkt des Systemes, das aus den beiden Massenpunkten gebildet wird?

Antwort: $v = \frac{MC + mc}{M + m}$.

In welcher Beziehung steht dieses Resultat zu der Geschwindigkeit zweier unelastischen Kugeln mit den Massen M und m nach ihrem Zusammenstosse? — Welche Betrachtung über das Verhalten des Schwerpunktes in Bezug auf innere Kräfte eines Systemes lassen sich daran knüpfen? — Was besagt die Gleichung in der Form $(M+m)v = MC + mc$ in Bezug auf die Zusammensetzung von Bewegungsgrössen in derselben Richtung?

22. Zwei materielle Punkte mit den Massen M und m bewegen sich mit den Geschwindigkeiten C und c unter einem Winkel φ gegeneinander; welche Richtung und Geschwindigkeit kommen bei dieser Bewegung dem Schwerpunkte des Systemes zu?

Auflösung: Wenn M und m nach der Zeit t in A (Fig. 1) zusammentreffen, so sind $\overline{AM} = Ct$, $\overline{Am} = ct$ und für die Schwerpunktslage S gilt: $\overline{MS} = m \cdot \overline{Mm} / (M + m)$ durch Anwendung des Sinussatzes auf die Dreiecke AMS und AmS erhält man:

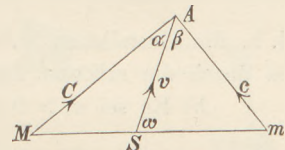
$$\overline{MS} : C \cdot t = \sin \alpha : \sin \omega$$

und

$$\overline{mS} : c \cdot t = \sin \beta : \sin \omega.$$

Durch Division der beiden Gleichungen und Berücksichtigung der Lage von S folgt:

$$M \cdot C : m \cdot c = \sin \beta : \sin \alpha.$$



Die Gleichung bestimmt die Bewegungsrichtung des Schwerpunktes. Die Grösse der Geschwindigkeit v kann man etwa mittelst der Flächenberechnung der Dreiecke AMS , AmS und AMm durch je zwei Seiten und den eingeschlossenen Winkel finden; man erhält:

$$v = \frac{Cc \sin(\alpha + \beta)}{C \sin \alpha + c \sin \beta}.$$

Durch Verbindung dieses Ausdruckes mit der vorhergehenden Gleichung ergibt sich folgende Beziehung zwischen den Bewegungsgrössen:

$$(M + m)v = MC \cdot \cos \alpha + mc \cos \beta,$$

$$[(M + m)v]^2 = (MC)^2 + (mc)^2 + 2MC \cdot mc \cdot \cos(\alpha + \beta).$$

Wie in der vorigen Aufgabe bedeutet auch hier v zugleich die Geschwindigkeit beider Massenteilchen nach dem Stosse. Wie lassen sich mit Rücksicht darauf die gewonnenen Gleichungen in Bezug auf die Zusammensetzung von Bewegungsgrössen interpretieren? (Vgl. O. Reichel *d. Zeitschr. II. S. 268*).
H. Januschke.

23. Wie macht man Primanern, nachdem ihnen der Grundgedanke der Clausius'schen Gastheorie vorgeführt worden ist, begreiflich, dass ein Gas durch Zusammendrücken einen Wärmegewinn, durch Ausdehnung unter Leistung von Arbeit einen Wärmeverlust

erfährt, bei einer ohne Arbeitsleistung erfolgenden Ausdehnung aber seine Temperatur nicht ändert?

Antwort: Durch eine Ausdeutung der Gleichung des geraden Zusammenstosses elastischer Kugeln! — Holt eine mit der Geschwindigkeit v laufende Kugel von der Masse m eine zweite mit der Geschwindigkeit v_1 gehende von der Masse m_1 ein, und sind c und c_1 die Geschwindigkeiten beider Kugeln nach der gegenseitigen Berührung, so ist bekanntlich:

$$(1) \quad c = \frac{2m_1 v_1 + v(m - m_1)}{m + m_1}, \quad (2) \quad c_1 = \frac{2mv + v_1(m_1 - m)}{m + m_1}.$$

Die gegebene Gasmenge befinde sich nun in einem horizontal liegenden cylindrischen Gefässe und sei hier durch einen luftdicht schliessenden aber reibungslos beweglichen Stempel abgesperrt von der Umgebung. Letztere werde der Einfachheit halber als luftleer vorausgesetzt, der Stempel besitze eine Masse m_1 und habe in dem zu betrachtenden Zeitpunkt die Geschwindigkeit v_1 . Die zur selben Zeit gegen ihn prallenden Gasteilchen haben die Gesamtmasse m und — einfachste Annahme — die gemeinsame Geschwindigkeit v in der Richtung parallel der Cylinderachse und zwar vom Gefässboden zum Stempel.

Es sei nun a) $v_1 < 0$, und es bleibe auch $c_1 < 0$, d. h. der Stempel besitze einen solchen Schwung, dass letzterer zu einer Zusammendrückung des Gases genügt; es sei also:

$$2mv + v_1(m_1 - m) < 0, \quad \text{oder:} \quad v_1 m_1 < -2mv + v_1 m.$$

Hiermit gehe man ein in die Gleichung (1). Alsdann ergibt sich leicht:

$$c < -v - \frac{2m(v - v_1)}{m + m_1},$$

also, da $v_1 < 0 < v$ angenommen wurde,

$$c < -v, \quad \text{also} \quad \frac{m}{2} c^2 > \frac{m}{2} v^2,$$

d. h. die Gasteilchen haben durch den Anprall an lebendiger Kraft gewonnen, das Gas ist durch die erlittene Zusammendrückung wärmer geworden.

b) Es sei $v_1 > 0$ und zugleich $v > v_1$. Alsdann ist:

$$2mv + v_1(m_1 - m) > 2mv_1 + v_1(m_1 - m), \quad \text{oder} \quad > v_1(m + m_1),$$

also — siehe (2) —: $c_1 > v_1$; das Gas vergrössert also, indem es sich ausdehnt, die Geschwindigkeit des Stempels; es leistet eine Arbeit. Ferner aber kann Gleichung (1) geschrieben werden:

$$c = -v + \frac{2(m_1 v_1 + mv)}{m + m_1}.$$

Wegen der Vergleichung $0 < v_1 < v$ ist hierbei:

$$0 < \frac{2(m_1 v_1 + mv)}{m + m_1} < 2v;$$

also hat man $-v < c < +v$ und demnach:

$$\frac{1}{2} m c^2 < \frac{1}{2} m v^2,$$

d. h. die Arbeitsleistung ist auf Kosten des Wärmeverrats erfolgt.

c) Wiederum sei $v_1 > 0$, aber $v < v_1$, alsdann kommt es zu keinem Anprall der Gasteilchen. Wird alsdann der Kolben durch ein Hindernis plötzlich festgehalten, so prallen nach einiger Zeit die Gasteilchen wieder gegen ihn und prallen mit unveränderter Geschwindigkeit wieder zurück, trotz der Verdünnung des Gases hat der Wärmezustand sich nicht geändert.

O. Reichel, Charlottenburg.

Denkaufgaben.

24. Am Tage bei klarem Himmel zu fragen: Wer kann mit dem Finger nach der Stelle zeigen, wo wir alle uns nach einem halben Jahr befinden werden?

25. Nach welcher Richtung müsste man in Berlin am 21. März Abends 6 Uhr mit einer Geschwindigkeit von ca. 4 Meilen ein Geschoss abfeuern, wenn dasselbe direkt in die Sonne fallen sollte, die Anziehungskraft der Erde als unwirksam vorausgesetzt?

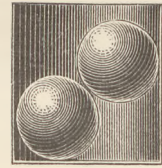
Antwort: Unter 61° Elevation nach Süden mit ein wenig westlicher Abweichung.

26. Wenn der Mond zwischen Sonne und Erde steht, so befindet er sich, von der Erde aus betrachtet, jenseits des Punktes gleicher Anziehung von Sonne und Erde. Wie kommt es, dass er sich trotzdem weiter um die Erde bewegt?

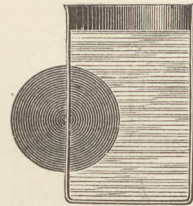
O. Reichel, Charlottenburg.

27. Ein Hohlcylinder ohne Boden vom Gewichte Q und mit einem Grundradius r_1 steht auf einer horizontalen Ebene. In ihm liegen zwei gleich grosse Kugeln vom Gewichte P und Radius r . Wieviel muss der Cylinder wiegen, um nicht umzufallen?

Antwort: $Q > 2P \cdot \frac{r_1 - r}{r_1}$.



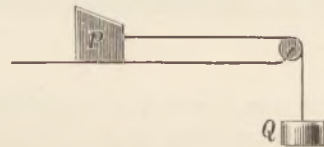
28. Ein Cylinder von der Form eines Schleifsteines, der sich um eine horizontale Achse drehen kann, ragt zur Hälfte in einen Wasserbehälter durch eine rechteckige Öffnung, deren Ränder sich dicht an den Cylinder anlegen und wasserdicht schliessen. Wird der Auftrieb nun bewirken, dass der Cylinder sich dreht, so dass ein Perpetuum mobile entsteht?



29. Ein Glas mit Wasser hat das Gewicht P und wird horizontal durch ein Gewicht Q bewegt; beweise, dass die Oberfläche des Wassers sich schräg stellt, und bestimme den Winkel, welchen sie mit der Horizontalebene bildet.

Die gesamte Beschleunigung ist $G = Q/(P + Q) \cdot g$, und wenn man ein Molekül der Oberfläche betrachtet, dessen Masse m sein möge, so muss Gleichgewicht stattfinden zwischen dem Gewicht mg , der Kraft $-mG$ und dem Druck der übrigen Moleküle. Dafür ist erforderlich, dass die Resultante der beiden ersten senkrecht zur Oberfläche steht; diese Oberfläche bildet deshalb mit der Horizontalebene einen Winkel φ , der bestimmt ist durch:

$$\text{tg } \varphi = \frac{G}{g} = \frac{Q}{P + Q}$$



30. Wenn ein Glas Wasser längs einer schiefen Ebene ohne Reibung hinabgleitet, so stellt sich die Oberfläche des Wassers parallel zur schiefen Ebene. Beweis! Nach der *Mekanisk Fysik* von Petersen und Forchhammer, mitgeteilt von

R. v Fischer-Benzon, Kiel.

31. Jemand hält in einer Hand einen Würfelbecher und daneben, zwischen den Fingern, zwei Würfel. Es gelingt leicht, den einen Würfel in die Höhe zu werfen und im Becher aufzufangen. Versucht man aber, den zweiten auf dieselbe Art in den Becher zu befördern, so gelingt dies in der Regel nicht, ohne dass man den ersten wieder aus dem Becher verliert. Wie ist zu verfahren, um mit Sicherheit beide Würfel im Becher zu haben?

Antwort: Statt den zweiten Würfel hoch zu werfen, bewegt man die Hand mit dem Becher rasch abwärts, während man den Würfel loslässt; dann ist es leicht, die Öffnung des Bechers unter den langsamer fallenden Würfel zu bringen und diesen aufzufangen.
(Nach *La Nature* No. 857, 1889.)

Kleine Mitteilungen.

Elementare Ableitung der Pendelformel.

Von **W. Saltzmann** in Neu-Rappin.

Der Ausdruck $\pi\sqrt{l/g}$ stellt bekanntlich die Schwingungsdauer dar, wenn die Elongation des Pendels α so klein ist, dass man schon das zweite Glied des genauen Ausdrucks, welches $\sin^2 \frac{1}{2}\alpha$ enthält, vernachlässigen kann. Wir wollen für unsere folgende Entwicklung die Bedingung zu Grunde legen, dass α so klein ist, dass man $\sin \alpha = \alpha$ setzen kann, eine Bedingung, welche sich von der vorigen nicht sehr wesentlich unterscheidet.

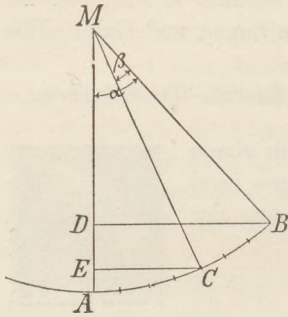


Fig. 1.

Sei nun (Fig. 1) $MA = l$ die Länge des mathematischen Pendels, $\angle AmB = \alpha$ seine Elongation, gemessen durch den Bogen im Kreise mit dem Radius 1, also der Bogen $AB = l\alpha$. Dann teilen wir denselben in n gleiche Teile und werden später n unendlich gross werden lassen. Dadurch wird der Weg des schweren Punktes von B bis A in n Bogenelemente von der Grösse $l\alpha/n$ zerlegt; jedes Element kann als gerade Linie angesehen werden, welche mit konstanter Geschwindigkeit durchlaufen wird, nämlich mit derjenigen, welche der schwere Punkt im Endpunkte des Bogenelementes besitzt. Die Ge-

schwindigkeit in jedem Teilpunkte des Bogens BA ist bekanntlich $=\sqrt{2gh}$, wo h den in vertikaler Richtung bis dahin zurückgelegten Weg bedeutet. Die Geschwindigkeit in dem beliebigen Punkte C ist daher $\sqrt{2g \cdot DE}$. Setzt man den Winkel $CMB = \beta$, so erhält man leicht für diese Geschwindigkeit:

$$v = \sqrt{2gl} \cdot [\cos(\alpha - \beta) - \cos\alpha] = \sqrt{4gl \cdot \sin \frac{2\alpha - \beta}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2}} = \sqrt{gl(2\alpha - \beta)\beta}$$

und für die Zeit, in welcher der schwere Punkt das dem Punkte C vorhergehende Bogenelement durchläuft, den Ausdruck:

$$\frac{l\alpha}{n\sqrt{gl(2\alpha - \beta)\beta}}$$

Sei nun C von B aus gerechnet der x te Teilpunkt, also $\beta = \alpha/n \cdot x$, so geht der vorige Ausdruck über in:

$$\sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{1}{\sqrt{x(2n - x)}}$$

Setzt man in diesem Ausdruck der Reihe nach für x die Werte 1, 2, 3 ... n , so erhält man sämtliche Zeitelemente, welche zur Zurücklegung des Weges BA erforderlich sind, und also für die Schwingungsdauer T den Ausdruck:

$$1) \quad T = 2\sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \left\{ \frac{1}{\sqrt{2n-1}} + \frac{1}{\sqrt{2(2n-2)}} + \frac{1}{\sqrt{3(2n-3)}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{(n-1)(n+1)}} + \frac{1}{n} \right\}$$

Der Wert der aus n oder unendlich viel Gliedern bestehenden Summe in der Klammer kann auf geometrischem Wege erkannt werden. Wir teilen den Durchmesser AB (Fig. 2) eines Kreises in $2n$ gleiche Teile, und nehmen die Länge eines solchen Teilchens als Masseneinheit, so dass $AB = 2n$ und $AC = n$ zu setzen ist. Sei nun E von A ausgerechnet der x te Teilpunkt, so ist $AE = x$ und $EB = 2n - x$, folglich das in E errichtete Lot EF nach bekanntem Satz $=\sqrt{x(2n - x)}$. Man erkennt also, dass wenn man sich den Quadranten ACD mit unendlich vielen Loten in gleichem Abstand ausgefüllt denkt, diese Lote der Reihe nach die Nenner der Summanden der obigen Reihe darstellen. Man hat also nur nötig, die Summe der reciproken Werte dieser Lote zu ermitteln.

Zeichnen wir der Deutlichkeit halber diese Lote in etwas grösserem Abstände, d. h. nehmen n vorläufig nicht unendlich gross. Da die Maasseinheit der Abstand zweier Lote

ist, so wird der Wert $1/\sqrt{x(2n-x)}$ durch den Quotienten EG/EF dargestellt (Fig. 2). Verbindet man F mit G und bezeichnet $\angle GFE$ mit ε , so ist $EG/EF = \operatorname{tg} \varepsilon = \varepsilon$, da ε unendlich klein ist, d. h. die Summanden der gesuchten Summen bedeuten die kleinen Winkel, welche entstehen, wenn man die Endpunkte aller Lote mit dem Fusspunkte des jedesmal vorangehenden Lotes verbindet, gemessen durch den Bogen im Kreise mit dem Radius 1. Die gesuchte Summe ist also gleich dem Bogen desjenigen Winkels, welcher gleich der Summe sämtlicher Winkel ε ist.

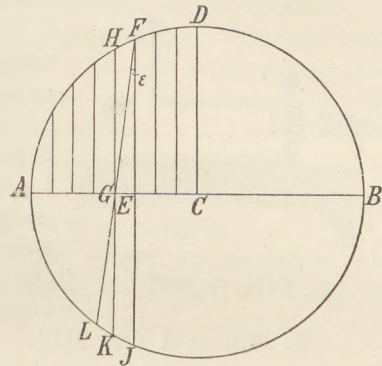


Fig. 2.

Verlängert man nun FE , FG und HG bis zum Durchschnitt mit der Peripherie, so ist ε ein Peripheriewinkel über dem Bogen $JL = JK + KL = HF + KL$. Es ist aber unter der Voraussetzung, dass die Lote GH , EF u. s. w. unendlich nahe auf einander folgen, auch $KL = HF$. Denn ersetzt man die kleinen Bogen durch die Sehnen, so ist Dreieck $HFG \sim GLK$ aus der Gleichheit aller Winkel, folglich:

$$\frac{HF}{KL} = \frac{GF}{GK}$$

Es ist aber $GF = EF / \cos \varepsilon$ und $GK = GH$ unter obiger Voraussetzung von EF nur um eine gegen EF unendlich kleine Grösse verschieden, so dass $HF/KL = \cos \varepsilon$, also wenn ε unendlich klein, $HF/KL = 1$. Der Winkel ε ist also ein Peripheriewinkel über einem Bogen, der doppelt so gross ist als HF . Dasselbe gilt von jedem der kleinen Winkel, welche an den Endpunkten der Lote entstanden sind. Addiert man daher alle diese Winkel, so erhält man einen Peripheriewinkel, dessen zugehöriger Bogen doppelt so gross ist als die Summe der Bogenelemente von D bis A . Die Winkelsumme ist also gleich einem Rechten. Die gesuchte Summe in der Klammer in Gleichung (1) ist nun aber, wie wir oben gesehen haben, nichts weiter als der Bogen dieses Winkels im Kreise mit dem Radius 1, d. h. $= \pi/2$. Man erhält daher:

$$T = 2\sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{\pi}{2} = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Verbesserungen am Elektrometer.

Von **Bruno Kolbe** in St. Petersburg.

Die günstige Aufnahme, welche mein einfaches Elektrometer (*d. Zeitschr. II 1889, S. 153*) gefunden hat, beweist, dass das Bedürfnis nach einem handlichen Schulelektrometer vorhanden ist. Da ich nun durch liebenswürdige Winke und Ratschläge der Herren Fachkollegen veranlasst worden bin, das Elektrometer zweckentsprechender einzurichten, so will ich im folgenden die wichtigsten Verbesserungen aufzuführen.

1. Dem Ebonitpfropf des Leitungsstabes ist auf den Rat von Herrn Dr. Szymanski die in Fig. 1 im Querschnitt sichtbare Form gegeben, die sich in der That vorzüglich bewährt, indem die Aussenfläche (s) beim Anfassen leicht leitend wird und unbequem zu reinigen ist, wenn das Blättchen schon am Bügel befestigt ist, wogegen der ringförmige Hohlraum (h) nicht berührt wird und daher gut isolierend bleibt.



Fig. 1. (2/3 nat. Gr.)

2. Der für qualitative Versuche oder bei Verwendung des Apparates als Entladungselektrometer (vergl. WEINHOLD, *phys. Dem. 1881, S. 571—575*) benutzte kleine Conduktor wurde tiefer gelegt, so dass er 10 mm von der Bodenplatte eintritt und dann dreimal rechtwinklig gebogen ist (Fig. 2); demnach bleibt die Kugel nach Bedarf etwas unterhalb des schwingenden Blättchens, oder wird, wenn man den Conduktor vorschiebt, von ihm berührt. Beim Nichtgebrauch braucht der

Conduktor nicht herausgenommen zu werden, sondern wird seitwärts gedreht, so dass die Kugel (k) auf die Bodenplatte zu liegen kommt. Die erste Biegung dient dazu, der weiter unten beschriebenen Projektionsskala Raum zu geben.

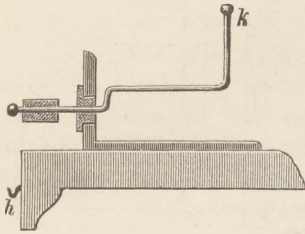


Fig. 2. ($\frac{2}{3}$ nat. Gr.)

3. Am Holzbrett ist ein vernickelter Haken (h , Fig. 2) angebracht, der durch einen Blechstreifen mit dem Gehäuse verbunden ist, und zur Befestigung der Erdleitung dient.

4. Die elektrische Versicherung, welche den Apparat vor zufälligen Ladungen schützt, besteht aus einer Locke feinen, harten, vernickelten Messingdrahtes, dessen eines Ende an das Gehäuse geschraubt ist, während das andere Ende einen Haken trägt, der um den Leitungsstab (L , Fig. 1) gehakt wird, wobei die Locke gespannt sein muss, um einen sichereren Contact herzustellen.

5. Will man das Blättchen völlig vor störenden Influenzwirkungen schützen, so kann man von den Seiten und von vorne entsprechend geformte und oben rechtwinklig umgebogene Stücke aus Drahtnetz aufsetzen (hinten genügt die Belegung des Spiegels). Das vor die Vorderseite gestellte Drahtnetz muss natürlich einen passend geformten Ausschnitt haben. Die Seitenwände aus Metall herzustellen ist nicht rätlich, da das Innere zu stark verdunkelt wird.

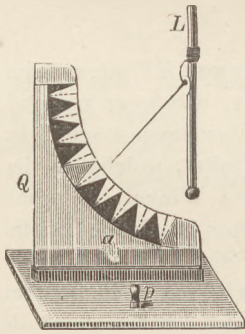


Fig. 3. ($\frac{1}{3}$ nat. Gr.)

6. Auf Anregung von Prof. O. Lehmann in Karlsruhe habe ich eine einsetzbare Projektionsskala in der Schwingungsebene des Blättchens angebracht, die auch bei Demonstrationen in der Klasse gute Dienste leistet. Aus dünnem Spiegelglase, oder besser noch aus einem Stück Glimmer wird ein Quadrant (Q , Fig. 3) ausgeschnitten und von 5° zu 5° geteilt, wobei man die Teilstriche, welche 0° , 10° , 20° u. s. w. entsprechen, durch Dreiecke bezeichnet, welche bei 0° und 50° rot, sonst blau mit Lackfarbe übermalt werden. Die zwischenliegenden Teilstriche sind einfach eingeritzt. Der Radius des Kreisabschnitts wird um $10-15$ mm länger gemacht als die Länge des Blättchens (40 mm) beträgt, — dessen beste Breite nach vielen Versuchen

gleich $3,5$ mm und zwar gleich der Dicke des Leitungsstabes (L) zu nehmen ist. Der Knopf (p) dient zum Anfassen, während der Ausschnitt (a) auf der hinteren Seite unter einen Schraubenkopf greift.

Mein russischer Kollege, Herr Ssadowsky machte mich darauf aufmerksam, dass Zirkon-Licht (mit Sauerstoffgebläse) wegen der ausserordentlich kleinen Flamme direkt ein gutes Schattenbild des Elektrometers und der Skala liefert, so dass (bei Ablendung der Flamme) die Schüler gleichzeitig die Erscheinung verfolgen können, wobei noch der grosse Vorteil erzielt wird, dass der Schatten der Condensatorplatten, der Hände, des elektrischen Stabes etc. gleichzeitig projiziert wird, die Manipulationen des Experimentators also verfolgt werden können!

Klemmt man zwischen die Ringe des Leitungsstabes L einen 2 mm dicken, $8-10$ cm langen Draht, an den man eine mit einem eisernen Häkchen versehene frisch amalgamierte Zinkplatte ($d = 5$ cm) aufhängt, so kann man die von ELSTER und GEITEL (*Wied. Ann.* **38**, 497; 1889) für Sonnenlicht nachgewiesene rasche Entladung der negativen Elektrizität sehr anschaulich mit Magnesiumlicht zeigen, indem man in ca. $20-25$ cm Entfernung von der Platte ein etwa 15 cm langes Stück Magnesiumband verbrennt. Die negative Ladung nimmt hierbei sehr rasch ab, während die positive unverändert bleibt. Frisch mit Smirgel abgeriebene Aluminiumplatten wirken auch, aber schwächer.

Bei Beschreibung der „Aichung eines Elektroskopes mit Hilfe eines einzigen galvanischen Elementes“ (*d. Zeitschr.* **III** 1890, S. 140) ist durch ein Versehen die Reduktion der empirischen Skala auf Volt fortgelassen. Für Schulzwecke werden

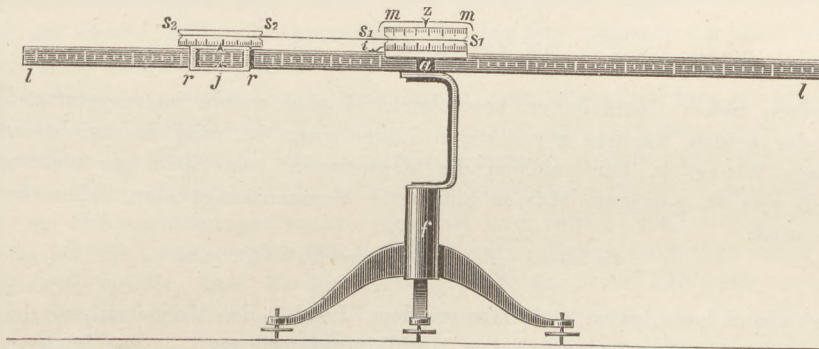
quantitative Versuche doch wohl nur mit Hilfe eines Condensators angestellt werden. Die Reduktion auf Volt ist dann einfach folgende: Man trägt auf quadriertem Millimeter-Papier die Anzahl der Ladungen als Abseisse und den zugehörigen Ausschlagswinkel als Ordinate ein, dann bestimmt man (im Mittel aus mehreren Beobachtungen) den Ausschlag, den ein Normalelement (*Daniell*) bei diesem Condensator giebt, und sucht in der graphischen Darstellung der empirischen Skala zu der betreffenden Ordinate (dem Ausschlagswinkel) die zugehörige Abseisse (Skalenwert) und hat damit den Reduktionsfaktor, wenn man es nicht vorzieht, graphisch eine Skala für Zehntel oder Fünftel Volt (bezogen auf diesen Condensator!) zu entwerfen, was nicht zeitraubend ist, da man nur die entsprechenden Ordinaten mit farbiger Tinte zu ziehen braucht, um die Skala nach Volt zu erhalten.

Die absolute Aichung des Elektrometers hätte in der Weise zu geschehen, wie es EXNER für sein Elektrometer angegeben hat. (*Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 95 (1889); d. Zeitschr. I. 1888, S. 169.*)

Wechselwirkung zweier Magnete.

Von Prof. Dr. P. Salcher in Fiume.

Zur Demonstration der Wechselwirkung zweier Magnete pflegt man sich nach WEBER's Angabe eines etwas breiten Maassstabes, in dessen Mitte eine gewöhnliche Bussole aufgestellt wird, zu bedienen und bringt, um den Nachweis auf die beiden GAUSS'schen Hauptlagen zu beschränken, den Maassstab das einmal in die Richtung des magnetischen Meridians, das anderemal in die darauf senkrechte Lage. Das Umlegen und Einstellen des Maassstabes, sowie das mit jeder neuen Lage desselben neue Stellen des fixen Magnetes in die zum magnetischen Meridian senkrechte Lage ist jedoch unbequem und zeitraubend. Ich habe daher schon vor Jahren (siehe „*Beiblätter*“, 1883) einen einfachen Apparat beschrieben, der nicht bloss die angedeuteten Unannehmlichkeiten nicht besitzt, sondern auch den Nachweis der Wechselwirkung in allen Lagen auf eine sehr einfache Art gestattet.



Das seitlich mit einer Teilung versehene Lineal ll ist um einen Zapfen a, dem durch Stellen des Dreifusses f leicht eine wenigstens nahezu vertikale Lage gegeben werden kann, in einer horizontalen Ebene drehbar. Am Zapfen fest sitzt eine Kreisscheibe s_1 mit Schnurlauf und Gradeinteilung; darüber befindet sich eine Magnetnadel $m m$ auf einer Spitze z . Eine zweite Kreisscheibe von gleichem Durchmesser und ebenfalls mit Schnurlauf und Teilung versehen, sitzt drehbar auf einem Bügel $r r$, der sich am Lineale verschieben und festklebmen lässt.

Verbindet man beide Scheiben durch eine Schnur und dreht das Lineal, so bleibt ein auf die zweite Scheibe gelegter Magnetstab stets seiner ursprünglichen Lage parallel, somit stets senkrecht zum magnetischen Meridian, wenn er anfangs in solcher Lage auf die Scheibe gebracht wurde.

Die Indices i und j , ersterer am Lineal, letzterer am Bügel, dienen zur Messung der vorgenommenen Drehung und zur Controlierung beider Ablesungen. Die Ablenkung der Magnetnadel beobachtet man an der oberen Teilung der ersten Scheibe.

Der Nachweis der Wechselwirkung in den zwei GAUSS'schen Hauptlagen ist einfach: Hat man das Lineal in den magnetischen Meridian, die zweite Scheibe mit dem Nullpunkt der Teilung auf den Index eingestellt und den Ablenkungsstab in einer zum magnetischen Meridian senkrechten Lage auf die Scheibe gebracht, so beobachtet man die Ablenkung der Nadel und führt darauf das Lineal um 90° weiter, um die Ablenkung in der anderen Hauptlage wahrzunehmen.

Eine dritte besondere Lage ist diejenige, in welcher die Wechselwirkung Null ist oder, richtiger gesagt, die Magnetnadel durch den fixen Stab gar nicht abgelenkt wird. GAUSS selbst hat diesen Fall berührt (*Intensitas vis magn. etc., Werke Bd. V*); aber häufig und gerade in sehr verbreiteten Lehrbüchern wird die Sache so dargestellt, als wenn dieser Fall der Wechselwirkung gar nicht bestände. Es wird von dem möglichst grossen Ablenkungswinkel in der „ersten“ und möglichst kleinen Winkel in der „zweiten Hauptlage“ gesprochen, dadurch aber, dass des Winkels Null gar keine Erwähnung geschieht, der Schein wachgerufen, als wenn der Übergang vom einen zum anderen Grenzwinkel ein unmittelbarer wäre und nicht durch Null hindurch stattfände.

Wenn man in dem von GAUSS aufgestellten und in die ausführlicheren Lehrbücher der Physik übergegangenen Ausdrücke für $\operatorname{tg} u$, wo u den Ablenkungswinkel bedeutet, $u = 0$ setzt, so erhält man die Bedingungsgleichung für jene Lage (des Lineals), in welcher die Nadel durch den zum magnetischen Meridian senkrechten Magnetstab gar nicht abgelenkt wird:

$$0 = \frac{M M_1}{D} \cdot \frac{2 \sin^2 \psi - \cos^2 \psi}{R^3} + \frac{Q}{R^5} \dots$$

Darin bedeuten M und M_1 die magnetischen Momente von Nadel und Stab, D die magnetische Richtkraft der Nadel, R den Abstand der Mittelpunkte beider Magnete, ψ den Winkel, welchen R (Richtung des Lineals) mit dem magnetischen Meridian einschliesst und Q einen Coefficienten. Durch Auflösung ergibt sich die Gleichung:

$$\sin^2 \psi = \frac{1}{3} + \frac{Q'}{R^2} \dots$$

worin Q' einen neuen Coefficienten bezeichnet. Bisher wurde vorausgesetzt, dass der Abstand R der beiden Magnete gegen deren Länge gross ist, und da ergibt sich somit, dass derjenige Winkel ψ , bei welchem die Magnetnadel vom Stabe gar nicht abgelenkt wird, von R nur in geringem Maasse abhängt. Vernachlässigt man daher die Glieder mit R , so wird:

$$\sin^2 \psi = \frac{1}{3} \quad \text{und} \quad \psi = 35^\circ 16'.$$

Der Versuch bestätigt es. Geht man mit dem Lineal — den Magnetstab auf der Scheibe $s_1 s_2$ in senkrechter Lage zum magnetischen Meridian vorausgesetzt — aus letzterem heraus und allmählich bis zum Winkel von 90° weiter, so weicht währenddem die Magnetnadel aus ihrer anfänglichen Ablenkung in den magnetischen Meridian zurück, den sie bei obigem Winkelwerte von ψ erreicht, um darauf den Meridian zu überschreiten und am Ende die ungefähr doppelte Ablenkung der anfänglichen einzunehmen. Während einer Drehung des Lineals um 360° erfährt die Nadel je zweimal die Ablenkung der ersten und zweiten „Hauptlage“, in vier Zwischenlagen gar keine Ablenkung.

Von anderen Anwendungen, zu welchen sich der Apparat eignet, will ich nur erwähnen, dass die Ersetzung des fixen Magnetes durch einen Kreisrahmen mit Drahtwindungen Gelegenheit giebt, die Wechselwirkung zwischen elektrischem Strom und Magnetnadel, also auch die Tangentenbussole u. a. zu demonstrieren.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einige eigentümliche Capillaritätsversuche. VON VAN DER MENSBRUGGHE. Füllt man ein Glas mit Wasser, so dass dieses eine schwach convexe Wölbung über dem Rande bildet, und legt auf die freie Oberfläche ein Stück Kartonpapier (z. B. eine Visitenkarte), so dass ein Teil von ihr über den Rand hervorragt (Fig. 1), so biegen sich in einiger Zeit die seitlichen Ränder nach oben und bei einer richtig abgemessenen Wassermenge gleitet das Papier nach der Mitte der Oberfläche zu, bis die ganze untere Seite benetzt ist. Bei einer Karte von 9 cm Länge und 6 cm Breite beträgt die Pfeilhöhe der Krümmung nach $\frac{1}{4}$ Stunde 2 cm. Die Krümmung erklärt sich leicht daraus, dass die intermolekularen Abstände an der Unterseite sich durch Wasseraufsaugung vergrößern; dies wird dadurch bestätigt, dass bei völliger Durchtränkung des Papiers (die man durch Betupfen der Oberseite beschleunigen kann) die Biegung wieder verschwindet. Das Gleiten zur Mitte rührt von einem Zuge her, der durch den concaven an der Unterseite gebildeten Meniskus ausgeübt wird.

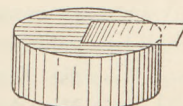


Fig. 1.

Der angegebene Versuch verläuft schneller bei Anwendung von Schreibpapier. Faltet man ein länglich rechteckiges Papierstück in der Mitte (parallel der kürzeren Seite) zusammen, und schiebt es mit der Faltungskante voran auf die Oberfläche des Wassers, so dreht sich sehr rasch die obere unbenetzte Hälfte um diese Kante wie um ein Scharnier herum und legt sich nach einer Drehung von fast 180° auf die Wasserfläche. Faltet man das Papier nur soweit zusammen, dass beide Hälften einen Winkel von 30° bilden, so kann man deutlich beobachten, wie sich ein concaver Meniskus längs der Faltungskante bildet und diese in die Höhe hebt; während die untere Hälfte des Papiers sich krümmt, senkt sich zunächst die schräg aufwärts gerichtete obere Hälfte (im Sinne des abnehmenden Winkels), so dass sie ungefähr einen unveränderten Winkel mit der Tangente der unteren Hälfte bildet. Erst wenn keine Hebung der Kante mehr stattfindet, beginnt die Drehung der trockenen Hälfte im Sinne des wachsenden Winkels, wie vorher beschrieben. Wenn endlich die untere Hälfte sich wieder grade zu strecken beginnt, so wird dadurch die Drehung der oberen noch weiter vermehrt. Die Versuche gelingen mit allen Sorten Papier, und auch sogar mit dünnen Gelatineplatten.

Zur Erklärung dieser Erscheinung hat man zu beachten, dass bei der Faltung alle Moleküle an der Innenseite der Bruchkante einander stark genähert werden, während an der Aussenseite im Gegenteil eine Auseinanderzerrung eintritt. Bei dem beschriebenen Versuch nun dringt die Feuchtigkeit durch die Bruchstelle bis zur Innenseite, wirkt dort dehnend auf die zusammengedrängten Moleküle und bewirkt jene Drehung, die solange fort dauert, bis die Distanzen der Moleküle auf beiden Seiten möglichst wenig verschieden sind. Hierfür spricht, dass die Erscheinung auch dann vor sich geht, wenn man das gebrochene Papier nicht auf die Wasserfläche selbst, sondern auf ein auf dieser ausgebreitetes Stück Papier legt; in diesem Falle übt der Dampf der Flüssigkeit, der vom Papier absorbiert wird, die beschriebene Wirkung aus. Als Bestätigung wird auch angeführt, dass ein warmer Luftstrom, gegen die Innenseite der Kante eines gefalteten Papierses geblasen, dieses zur Auseinanderfaltung bringt.

Auch der Durchfeuchtung der Aussenseite der Kante schreibt der Verfasser einen gewissen Einfluss zu, da die Dehnung der Moleküle dort stärker in der Richtung parallel zur Kante als senkrecht zu ihr stattfinden muss. Ist der Winkel der beiden Teile anfänglich ein stumpfer, so kommt noch das Gewicht des beständig wachsenden Meniskus an der Unterseite hinzu, welches im gleichen Sinne wirkt.

Als eine Bestätigung der gegebenen Erklärung führt der Verfasser noch an, dass die Dehnung um so rascher geschieht, je durchlässiger für Wasser die angewandte Papiersorte ist. Bei Fließpapier geht die Entfaltung fast augenblicklich vor sich, wie besonders

auffällig zu bemerken ist, wenn das Papier mehrere Falten nebeneinander hat. Stellt man aus einem länglichen Stück Papier durch geeignete Faltung ein Kästchen mit vier senkrechten Wänden her und stellt es aufs Wasser, so legen sich gleicherweise die Seiten nach und nach wieder auseinander.

Weitere Versuche sind von F. LECONTE den vorigen hinzugefügt worden. Schneidet man ein Papier derart, dass ein längliches Rechteck an den kürzeren Seiten sich in zwei Trapeze fortsetzt, die etwas kürzer als die halbe Länge des Rechtecks sind (Fig. 2), und knifft die Trapeze nach innen über das Rechteck, so biegt sich das Ganze auf Wasser so zusammen, dass eine Art Brücke aus den beiden zusammengegeneigten Trapezen gebildet wird. Zusammengefaltetes Seidenpapier öffnet sich schon, wenn man die Kante von aussen mit einem feuchten Pinsel oder mit dem Munde benetzt. Man kann auch einen grossen Teil der Kante aufschneiden, ohne dass die Erscheinung verhindert wird. Ähnliches beobachtet man endlich auch, wenn ein geknicktes Hölzchen an der Biegung mit einem Tropfen Wasser befeuchtet wird, oder wenn man an einem Hölzchen durch schräge Einschnitte einige Splitter abspaltet, ohne sie zu trennen, sie dann umbiegt und das Hölzchen in Wasser taucht.



Fig. 2.

Die Kraft, mit welcher diese Gestaltsänderungen vorgehen, wird aus dem folgenden Versuch ersichtlich. Man knickt einen Grashalm, hängt ihn mit den Enden an zwei Fäden auf und bringt dann an die Knickungsstelle einen Tropfen Wasser. Sogleich streckt sich der Halm trotz der Arbeit, die zur Hebung seines Schwerpunktes, zur Überwindung der entgegengesetzten Wirkung des Flüssigkeitsmeniskus und zur Entfernung der Fäden von einander erforderlich ist (Fig. 3). Noch anschaulicher ist es, die der Kante entgegengesetzten Ränder eines gefalteten Papierstücks

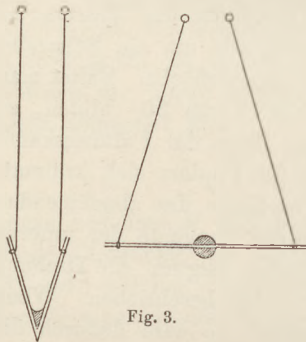


Fig. 3.

von 10—12 cm Länge mit zwei Korkscheibchen zu versehen, die etwa 12 mm Durchmesser und 2 mm Dicke haben (Fig. 4). Lässt man dies System auf Wasser schwimmen und befeuchtet die Bruchkante, so senkt sich das Papier völlig auf die Wasserfläche, während die Korkscheiben aus-

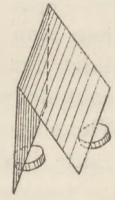


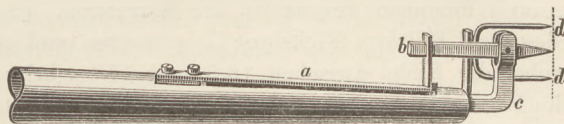
Fig. 4.

einander rücken und sich vertikal stellen. Auch ein Grashalm, an den Enden mit Korkscheibchen versehen, kann zu diesem Versuch dienen.

Der Verfasser weist darauf hin, dass auf viele Vorgänge in der Pflanzenwelt eine ähnliche Erklärung anzuwenden sei. So genügt bei den Fruchtgrannen des Reiherschnabels ein kurzes Eintauchen in Wasser, um eine Aufrollung von vier bis fünf Windungen herbeizuführen, die beim Trocknen wieder rückgängig wird. Einen scheinbaren Widerspruch zu dem Bisherigen liefert das Verhalten der Seile, die sich beim Anfeuchten verkürzen und gleichzeitig an Dicke zunehmen. Versuche darüber haben gelehrt, dass die einzelnen aufgedrehten Kordeln in der That sich durch Befeuchtung verlängern; die gleichzeitige Verdickung aber bewirkt, dass die einzelnen Kordeln nicht so viele Windungen wie vorher bilden können, was eine Verkürzung des Seils trotz der Verlängerung der einzelnen Kordeln zur Folge hat. Genaue Messungen der Zunahme von Länge und Dicke an Seilen aus Flachs, Hanf und Baumwolle liefern den zahlenmässigen Nachweis für die Richtigkeit dieser Erklärung. (*Bull. de l'Acad. Belg. (3) XVIII No. 7; 1889.*)

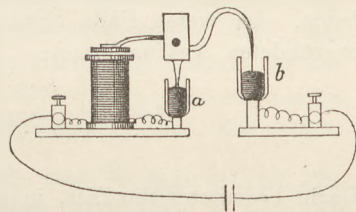
Ein Zungenpfeifenchronograph. Dieser von E. GRUNMACH construierte Chronograph besteht in einer Zungenpfeife von aus der Figur ersichtlicher Einrichtung. Die stählerne Zunge *a*, welche auf 100 Schwingungen pro Sekunde abgestimmt ist, deckt einen 22,5 mm langen und 2 mm breiten Schlitz am Ende eines verjüngt ausgezogenen Messingrohres von 12 cm Länge. Das freie Ende der Zunge ist rechtwinklig aufgebogen und von einem länglichen Loche durchbohrt. Dahinein ist das stumpfe Ende eines dünn geschabten Rabenfederkiels *b* locker gepasst; 10 mm davor ist das Federstückchen von einer kurzen nadel-

förmigen Achse durchbohrt, die in einem auf dem Ende des Pfeifenrohrs sitzenden Gabelchen *c* drehbar ist. Das Schreibende der Feder ist zart zugespitzt und nur etwa 4 mm vom Drehpunkt entfernt, wodurch der Einfluss der Reibungswiderstände der Schreibspitze auf die schwingende Zunge unmerklich gemacht wird. Um die Schwingungsebene mühelos parallel der Schreibe ebene zu stellen, sind von dem Ende der Pfeife aus zwei stumpfe Nadeln *d, d* schräg gegen die Schreibfläche gelehnt, so dass zwischen deren Spur die in die gemeinsame Tangente eingesetzte Schreibspitze unbehindert schwingt. Das weite Ende des Pfeifenrohrs passt auf den Fortsatz eines Kugelresonators, der auf den dritten Oberton der Zungenpfeife abgestimmt ist. Diametral gegenüber dem Rohransatz trägt die Resonator kugel einen zweiten, der zur Verbindung mit einem Gummischlauch dient. Dieser Schlauch führt zu einem Aspirator: einer Wasserausgumppe, einem Spirometer mit nach Bedürfnis vermehrten Zuggewichten oder in Ermanglung solcher Hilfsmittel dem saugenden Munde des Experimentators. Die gezeichneten Wellen lassen sich bei 1 mm Höhe sehr bequem zählen. (H. KRONECKER in der *Ztschr. f. Instrumentenk.* IX. 238, 1889.)



Der Apparat kann auch leicht als elektrischer Unterbrechungsapparat dienen und eine elektrische Stimmgabel in ziemlich vollkommener Weise und mit geringen Kosten ersetzen. Es genügt dazu, dass man das freischwingende Zungenende mit einem Platindrahtstückchen versieht und dieses auf bekannte Weise in Quecksilber eintauchen lässt. Für einen sicheren und gleichmässigen Gang des Unterbrechungsmechanismus empfiehlt sich die beständige Spülung der Quecksilberoberfläche mit verdünntem Alkohol, welche von Kronecker a. a. O. unter der Bezeichnung „Spülkontakt“ beschrieben ist.

Ein selbstthätiger Stromunterbrecher. Von A. ELSAS. Um eine langsam arbeitende selbstthätige Unterbrechung herzustellen, benutzt der Verfasser an Stelle der Transversal-schwingungen einer Lamelle oder eines Stabes die Torsions-schwingungen, welche ein horizontal ausgespannter Draht ausführt. Die mit einander in leitender Verbindung stehenden Platinspitzen *a* und *b* liegen in einer Ebene, welche die Achse des Drahtes in dessen Mitte senkrecht schneidet, und tauchen beide in Quecksilbernäpfe. Durch die Schwingungsbewegung des Drahtes wird die Spitze *b* periodisch aus dem Quecksilber herausgehoben, während die Spitze *a* dauernd eingetaucht bleibt. In den Träger der Spitzen ist entgegengesetzt zu der nach *b* führenden Verbindung ein starker Draht geschraubt, der ein kleines Eisenplättchen trägt. Dieses spielt über einem Elektromagneten, der einerseits mit dem Quecksilbernapf *a*, andererseits mit einem galvanischen Element und dem Quecksilbernapf *b* (wie die Figur zeigt) verbunden ist. Bei Anwendung eines starken Clavierdrahtes von 1 bis 1,5 mm Dicke und 30 cm Länge erfolgt die Unterbrechung nur zwei- bis dreimal in der Sekunde. Ein einziges Leclanché-Element genügt zum Betrieb.



Nach demselben Princip ist auch eine selbstthätige Wippe construiert, die als Demonstrationsapparat dienen kann und mehrere Stromkreise synchron zu öffnen und zu schliessen gestattet. Sie ist nach dem Schema der Pohl'schen Wippe gestaltet und erfordert ausser den sechs zu dieser gehörigen Quecksilbernäpfen noch zwei weitere, welche den Näpfen *a* und *b* der vorher beschriebenen Vorrichtung entsprechen. Diese Wippe ist namentlich verwendbar, um ein Voltmeter abwechselnd mit einer galvanischen Säule und einem Galvanometer in Verbindung zu setzen. Wenn das Galvanometer eine langsam schwingende Nadel besitzt, so schlägt diese infolge der vom polarisierten Voltmeter herrührenden Stromstösse aus und vibriert innerhalb fester Grenzen um eine mittlere Lage, die man zur Messung des Polarisationsstromes benutzen kann. Der Unterbrechungsapparat muss dabei so aufgestellt sein, dass er nicht leicht während der Versuche zufällige Erschütterungen er-

fährt. — Mit demselben Vorteil lässt sich der Apparat benutzen, um die Gesetze der Selbstinduktion in Spiralen zu demonstrieren; bei einem Versuche (mit einem Leclanché-Element) war die Spule mit 0,4 mm dickem, mit Seide besponnenen Kupferdraht in ca. 2000 Windungen bewickelt; der Extrastrom wurde mit einer Sinustangentenbussole von Siemens & Halske (Wicklung II) gemessen und gab einen mittleren Ausschlag von $16\frac{3}{4}^\circ$, wobei die Nadel zwischen $16,5$ und 17° vibrierte. In diesem Fall wird augenscheinlich die Erscheinung viel anschaulicher durch constante Ausschläge des Galvanometers als durch die Wirkung einzelner Stromstöße demonstriert. Ferner lassen sich auf gleiche Weise die Entladungsströme eines Condensators und, bei angemessener Schaltung, die Wechselströme in einer Induktionsspirale nachweisen. Auch im Laboratorium kann man, bei Messung von Widerständen mit Selbstinduktion nach der Brückenmethode, die Vorrichtung mit Nutzen verwenden, indem man zur Constatierung der Stromlosigkeit im Brückenzeige das Telephon zu Hilfe nimmt. (*Wied. Ann.* **38**, 675; 1889.)

[In ähnlicher Weise hat H. Jahn schon vor längerer Zeit (*Wied. Ann.* **28**, 498, 1886) eine stromunterbrechende Stimmgabel benutzt, um behufs Messung der elektromotorischen Kraft der Polarisirung gleichzeitig einen Stromkreis zu öffnen und einen anderen zu schliessen.]

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über den Ausfluss stark verdichteter Luft. Von P. SALCHER und J. WHITEHEAD. (*Sitz.-Ber. der Wiener Akademie XCVIII*, 1889.) Bekanntlich ist der Ausfluss der Gase mit der kinetischen Theorie noch nicht ganz in Übereinstimmung gebracht, andererseits mehren sich die Fälle, in welchen Pressluft zur Anwendung kommt, so z. B. beim Whitehead-Torpedo, dessen Füllung mit Luft von nahezu 100 Atm. erfolgt. Theoretisch wie praktisch wichtig sind daher besonders Versuche wie die vorliegenden, die sich mit stark gepresster Luft befassen.

SALCHER und WHITEHEAD haben mit Luft bis zu 70 Atm. experimentiert. Es wurde nicht bloss ein gefülltes Reservoir von 90 cdm Inhalt wiederholt in die freie Atmosphäre, sondern auch in ein anderes, mit Luft von niedrigerem Drucke gefülltes Reservoir entladen. Im ersten Falle ergab sich eine gute Übereinstimmung mit der von Hugoniot begründeten Ausflussformel:

$$t = \frac{V}{A\sqrt{gR}T_1} \sqrt{\frac{2}{\gamma(\gamma-1) \left(\alpha^{\frac{2}{\gamma}} - \alpha^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)}} \left\{ \left(\frac{p_1}{p} \right)^{\frac{\gamma-1}{2\gamma}} - 1 \right\}.$$

Darin bedeutet t die Zeit, in welcher der Druck in dem auf p_1 geladenen Reservoir von Inhalte V bis auf den Wert p abnimmt; A die Mündungsfläche, g die Beschleunigung der Schwerkraft, R die Constante des Mariotte-Gay Lussac'schen Gesetzes, T_1 die absolute Temperatur zu Beginn des Ausflusses, γ das Verhältnis der spezifischen Wärmen (für Luft = 1,41) und α eine Constante, die für den hier angenommenen adiabatischen Vorgang = 0,522 ist. — Zahlreiche Temperaturmessungen, vorgenommen mit gewöhnlichen Thermometern, auf thermoelektrischem Wege und mittelst Manometer nach dem Vorgange von Clement und Desormes, führten zu Ergebnissen, die mit der theoretischen Formel:

$$T = T_1 \left(\frac{p}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

verglichen wurden; darin bedeuten T_1 und p_1 die absolute Temperatur und den Druck zu Beginn des Ausflusses; es zeigte sich, dass der Vorgang in der That mit ziemlicher Annäherung als adiabatisch betrachtet werden durfte. Als Beispiel sei erwähnt, dass bei einer Öffnung von 3 mm, Anfangsdruck 61 Atm., Anfangstemperatur $26,8^\circ$, das Minimum der Temperatur mit $-17,8^\circ$ nach 1 Min. 45 Sek. bei dem Drucke von 9 Atm. eintrat; dies Minimum dauerte 20 Sek. an, um dann einer langsamen Temperaturzunahme zu weichen. Als mittlerer Ausflusscoefficient für Mündungen in dünner Wand ergab sich 0,855.

Im zweiten Falle, wo in ein anderes Reservoir von verschiedener Füllung, also bei wechselndem Gegendrucke, entladen wurde, erhielten SALCHER und WHITEHEAD die Bestätigung für die schon von Saint-Venant und Wantzel (1839) gemachte Wahrnehmung, dass, solange der äussere Druck (Gegendruck) einen gewissen Wert, nämlich ungefähr die Hälfte des inneren (des Druckes im Ausfluss-Reservoir) noch nicht erreicht hat, die Menge der ausfliessenden Luft nahezu constant bleibt. Diese interessante Erscheinung, lange angefochten, ist durch die vorliegenden Versuche ausser allem Zweifel gestellt. Damit im Einklang war auch die Wahrnehmung, dass die continuierliche Überfüllung der Luft aus einem mit starkem Druck geladenen Reservoir in ein anderes, nur Luft von Atmosphärendruck enthaltendes, anfangs einige Zeit hindurch so erfolgt, als wenn die Luft frei ausströmte. Der Gegendruck macht sich hierbei erst bemerkbar, wenn er einen grösseren Wert, etwa $\frac{1}{2}$ des höheren, angenommen hat.

Die Elasticität fester Körper. Von E. H. AMAGAT. Den schon früher berichteten Untersuchungen der Elasticitätscoefficienten ($\frac{1}{\alpha}$) bei Glas und Bergkrystall hat der Verfasser ähnliche über mehrere Metalle hinzugefügt. Gleichzeitig sind die kubischen Compressibilitätscoefficienten (ϵ) und die Werte des Poisson'schen Coefficienten (μ) angegeben. Nachstehend sind die von AMAGAT veröffentlichten Zahlen zusammengestellt; die für $\frac{1}{\alpha}$ und für μ sind bei den Metallen Mittelwerte aus den nach zwei verschiedenen Methoden erhaltenen Resultaten:

	$\frac{1}{\alpha}$	ϵ	μ
Glas	6775	0,000002197	0,2451
Bergkrystall .	6242	0,000002405	0,2499
Stahl	20395	0,000000680	0,2686
Kupfer	12145	0,000000857	0,3270
Messing	10851	0,000000953	0,3275
Deltametall . .	11697	0,000001021	0,3399
Blei	1556	0,000002761	0,4282

Es zeigt sich, dass der Wert von μ , der für Flüssigkeiten der Theorie nach gleich 0,5 ist, bei festen Körpern um so kleiner wird, je mehr sie sich dem Zustande eines „vollkommen festen Körpers“ (d. h. eines solchen von absoluter Elasticität) nähern. Wahrscheinlich kommt diese Eigenschaft keinem Naturkörper in aller Strenge zu, am meisten nähern sich diesem Zustande Glas und Bergkrystall. (*Journ. de Phys.* (2) VIII, 359; 1889.)

Verbindungen des Fluors. Das Fluor vereinigt sich nach MOISSAN (*C. R.* 110, 276) direkt mit dem Kohlenstoff, und zwar mit verschiedener Leichtigkeit je nach der allotropen Modifikation, in welcher sich der Kohlenstoff befindet. Kienruss verbrennt direkt, leichte Holzkohle condensiert zunächst gewisse Mengen des Fluors und verbrennt dann unter Funkensprühen; dichtere Holzkohle muss auf 50—100° C. erwärmt werden, ehe sie Feuer fängt. Graphit verbrennt bei dunkler Rotglut, Retortenkohle bei heller Rotglut und Diamant gar nicht.

Es bilden sich dabei verschiedene Fluoride. Bei niederer Temperatur entsteht hauptsächlich Tetrafluorkohlenstoff, ein Gas, das sich bei 10° unter einem Druck von 5 Atmosphären verflüssigt, und von alkoholischer Kalilauge vollständig unter Bildung von Fluorkalium und Kaliumcarbonat absorbiert wird. Dieselbe Verbindung entsteht, wie CHABRIÉ (*C. R.* 110, 278) nachgewiesen hat, beim Erhitzen von Tetrachlorkohlenstoff mit Silberfluorid auf 200° im zugeschmolzenen Rohre. Die Dampfdichte dieses Fluorides wurde zu 2,90 (ber. 3,05) bestimmt. Bei ca. 300° bildet sich nach MOISSAN durch direkte Einwirkung von Fluor auf Kohlenstoff ein schwerer zu verflüssigendes gasförmiges Kohlenstofffluorid und ein fester Körper. Ersteres ist vielleicht das von CHABRIÉ dargestellte C_2F_4 (Dichte gef. 3,43, ber. 3,46). — Die Kohlenstofffluoride geben charakteristische Spektren mit den hellen Linien des Fluor.

J—n.

3. Geschichte.

Robert Mayer. Eine Schrift von J. J. WEYRAUCH¹⁾ bietet eine biographische Skizze Mayer's, welche zwar kein neues Material beibringt, aber doch wegen ihrer einsichtsvollen Beurteilung der Lebensschicksale des grossen Heilbronner Arztes Beachtung verdient. Die mannichfachen Verkennungen, deren Opfer Mayer gewesen, werden nicht beschönigt, gleichzeitig aber angedeutet, dass die „unzweckmässigen“ Bezeichnungen und Titel in Mayer's Schriften nicht unwesentlich dazu beigetragen haben, die Anerkennung zu verzögern. Es darf nie vergessen werden, dass erst ein Vortrag von John Tyndall (1862) eine entscheidende Wendung zu Gunsten Mayer's herbeiführte, obwohl bereits 1859 Liebig mit Nachdruck auf die Bedeutung der Mayer'schen Entdeckung hingewiesen hatte. Wie sehr sich in Bezug auf die „metaphysische“ Grundlage die Ansichten geändert haben, zeigt, neben einer auf S. 72 angeführten Bemerkung Du Bois-Reymond's, das folgende Urteil des Verfassers: „Übrigens hätte die Erfahrung allein wohl niemals zum Prinzip von der Erhaltung der Energie geführt. Die Vorgeschichte desselben, wie die Geschichte seiner Aufindung beweisen, dass bei dieser Erkenntnis metaphysische Gesichtspunkte in erheblichem Maasse mitgewirkt haben.“ Will man das Prinzip vom zureichenden Grunde als ein metaphysisches bezeichnen, so kann man diesem Urteil wohl beistimmen; man wird aber auch beachten müssen, dass dieses Prinzip, insofern es aller Erfahrung zu Grunde liegt, doch immer nur die formelle Vorbedingung aller Erfahrung darstellt; die materielle Ausführung dieser Form ist lediglich Sache des auf der Erfahrung fussenden wissenschaftlichen Denkens oder des ihm vorausseilenden genialen Instinktes gewesen. Mayer selbst hat so wenig an eine Vermengung eigentlich metaphysischen und naturwissenschaftlichen Denkens gedacht, dass er sich vielmehr mit G. Kirchhoff aufs engste berührt, wenn er (1850) den Ausspruch thut: „Die wichtigste, um nicht zu sagen einzige Regel für die ächte Naturforschung ist die: eingedenk zu bleiben, dass es unsere Aufgabe ist, die Erscheinungen kennen zu lernen, bevor wir nach Erklärungen suchen oder nach höheren Ursachen fragen mögen. Ist einmal eine Thatsache nach allen ihren Seiten hin bekannt, so ist sie eben damit erklärt und die Aufgabe der Wissenschaft ist beendet“ (S. 53 der angef. Schrift) und ferner: „Die ächte Wissenschaft begnügt sich mit positiver Erkenntnis und überlässt es willig dem Poeten und Naturphilosophen, die Auflösung ewiger Rätsel mit Hülfe der Phantasie zu versuchen“ (S. 36 der Schrift).

Die Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents, wie Mayer selbst sie in seiner „Mechanik der Wärme“ S. 28 ff. dargestellt hat, lässt sich genauer als in der vorliegenden Schrift wie folgt wiedergeben: Ein Cubikcentimeter atmosphärische Luft bei 0° und 76 cm Druck wiegt 0,001293 Gramm, bei constantem Druck um 1° erwärmt, dehnt es sich um 0,003665 ccm aus und hebt somit eine Quecksilbersäule von 1 qcm Grundfläche und 76 cm Höhe um 0,003665 cm. Da das Gewicht dieser Säule 1033 g beträgt, so ist die geleistete Arbeit 1033 · 0,003665 (cm.g) oder 0,037859 (m.g). Nun sind nach den Versuchen von REGNAULT zur Erwärmung von 1 g Luft um 1° bei constantem Druck 0,23751 W. E. nötig, folglich zur Erwärmung derselben Menge bei constantem Volum 0,23751/1,41 oder 0,16844 W. E. Die Differenz beider Wärmemengen ist 0,06907 W. E., woraus für 1 ccm oder 0,001293 g eine Differenz der Wärmemengen von 0,06907 · 0,001293 oder 0,00008931 W. E. folgt. Wird diese Wärmemenge der geleisteten Arbeit gleich gesetzt, so ist für 1 W. E. der Arbeitswert 424 (m.g). Die erste Berechnung von Mayer, mit den ungenaueren Zahlen von Delaroche und Bérard ausgeführt, ergab bekanntlich nur 367 (m.g). — Unter allen Nachweisen für den Satz vom mechanischen Äquivalent der Wärme ist keiner für den Unterricht so wertvoll, wie diese gedankenklare Berechnung Mayer's, zu der die Reibungsversuche Joule's und anderer lediglich die Bestätigung geliefert haben, ohne ihr an Tiefe und Scharfsinn gleichzukommen.²⁾ P.

¹⁾ Robert Mayer, der Entdecker des Prinzips von der Erhaltung der Energie. Aus Anlass der Enthüllung seines Stuttgarter Denkmals von Dr. J. J. Weyrauch, Prof. an der techn. Hochschule zu Stuttgart. Mit einem Bildnisse Robert Mayers. Stuttgart, K. Dittmer 1890. 75 S.

²⁾ Unter den Aufsätzen Mayer's ist namentlich der 1850 verfasste mit dem Titel „Be-

Zur Geschichte der ältesten Chemie. Der historischen Arbeiten Berthelot's ist in dieser Zeitschrift schon mehrfach gedacht worden (vgl. 1. Jahrg. S. 80 u. 222, und 2. Jahrg. S. 305). Neuerdings hat Berthelot seine Quellen, eine Anzahl griechisch abgefasster Papyri und Manuskripte, nebst französischer Übersetzung und Erläuterungen in zwei grossen Werken „*Collection des Anciens Alchimistes Grecs 1887—88*“ und „*Introduction à l'Etude de la Chimie des Anciens et du Moyen-Age, 1889*“ herausgegeben und will damit das Material für eine zukünftige systematische Geschichte der alten Chemie geliefert haben. — Das Stammland dieser Wissenschaft, welche nicht aus Spekulationen, sondern aus technischen Erfahrungen und Experimenten erwachsen ist, war Ägypten. Dasselbst wurden uralte Recepte über die Behandlung der Metalle und Legierungen, über Destillation und Färberei, über Fabrikation von Glas und künstlichen Edelsteinen u. s. w. schon in der vorchristlichen Zeit gesammelt, nachdem sie früher mündlich überliefert oder wohl auch in Begleitung magischer Formeln auf monolithischen Denkmälern eingegraben worden waren. Derartige Zusammenstellungen, welche man besonders zu Alexandria in griechischer Sprache niedergeschrieben hatte, wurden später von den römischen Kaisern, die gegen alle Geheimlehren in den Provinzen planmässig vorgingen, zerstört. Nur eine geringe Anzahl solcher Papyri sind uns erhalten geblieben; sie stammen aus dem Anfang des dritten nachchristlichen Jahrhunderts und befinden sich jetzt zu Leyden. Von Mystik, wie in den nachherigen alchemistischen Schriften, ist hier nichts zu finden; sie enthalten klare Vorschriften zur Vermehrung des Gewichtes von Gold und Silber, zur Herstellung von den Edelmetallen ähnlichen Legierungen u. s. f., und dienten jedenfalls zum Gebrauche eines Praktikers, der an eine wirkliche Metallverwandlung nicht glaubte, sondern nur Andere täuschen wollte. Insbesondere handeln viele Recepte dieser Papyri über das Asem $\alpha\sigma\gamma\mu\sigma\nu$, worunter sowohl das Electrum, d. h. eine natürliche Gold-Silberlegierung, als auch eine künstliche Legierung derselben Art, sowie ähnlich aussehende Nachahmungen aus Kupfer + Zink, aus Zinn + Blei + Arsen + Quecksilber u. s. w. verstanden wurden. Dieses Asem, welches als selbständiges Metall galt, wurde — da es auf chemischem Wege darstellbar war und je nach der Menge seiner Bestandteile bald mehr die Eigenschaften des Goldes, bald mehr die des Silbers zeigte — zu einem Ausgangspunkte für den Gedanken der Transmutation der Metalle. Die Angaben zu seiner Bereitung wie hier, nur mit geheimnisvollen Sprüchen untermischt, dienten daher späteren Alchemisten zu den Zwecken der Goldnacherkunst. — Auch Philosophen, besonders Gnostiker und Neuplatoniker, wie Zosimus, Jamblichus und Proclus, beschäftigten sich in den ersten Jahrhunderten nach Chr. mit Chemie. Die ersteren fügten mystische und allegorische Ideen hinzu; die letzteren den Gedanken der Urmaterie, welche als „Merkur der Philosophen“ für die gemeinsame Basis aller Metalle erklärt wurde und gleichzeitig zur wissenschaftlichen Begründung der Transmutationslehre diente. So entstanden etwa um 400 nach Chr. durch Synesius, Olympiodorus und Andere die ersten zusammenhängenden chemischen Theorien. Daneben bestanden griechisch-ägyptische Schulen, welche — wie diejenige, deren Schriften unter dem gefeierten Namen Demokrit's erschienen — alle derartigen Abhandlungen sammelten und mit Kommentaren versahen. Eine Anzahl solcher Zusammenstellungen sind in Kopien erhalten geblieben; sie stammen aus wenig späterer Zeit wie die Papyri von Leyden, während die vorliegenden Abschriften bedeutend jünger sind. Diese Manuskripte, insbesondere gewisse zu Venedig und Paris, sind eine weitere Hauptquelle für Berthelot

merkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme“ geeignet auch im Unterrichte herangezogen und wenn möglich von den Schülern gelesen zu werden. Neuerdings empfiehlt Hugo Goering in der „Neuen Deutschen Schule“ (Jahrg. I, 374) den Lehrern der Physik die von Preyer herausgegebenen Briefe Mayer's an Griesinger (vgl. diese Zeitschr. III, 43) als Lesestoff in Prima — eine Empfehlung, der wir uns, bei dem (von Mayer selbst betonten) fragmentarischen und gelegenheitlichen Charakter jener Briefe, nicht anschliessen können. Für die Schule ist nach einem alten Satze nur „das Beste gut genug“. Damit soll nicht in Abrede gestellt sein, dass dem Lehrer durch diese Briefe wertvolles Material zur Fruchtbarmachung des Unterrichts an die Hand gegeben wird.

gewesen. Sie hatten nicht Täuschungen zum Zweck, wollten vielmehr die künstliche Darstellung von wirklichem Gold und Silber lehren. Sie zeigen ferner den Anfang einer chemischen Zeichensprache. Je nach Farbe, Glanz oder anderen Eigenschaften gab man nämlich den sieben Metallen jener Zeit die Zeichen der damals bekannten, an Zahl ihnen gleichen Planeten; so wurde das Gold mit der Sonne, das Silber mit dem Mond, das Eisen mit dem Mars und das Quecksilber mit dem Merkur verbunden. Für Derivate wie Eisenrost und Zinnober fügte man zu dem Symbol ihres Metalles ein zweites hinzu, das deren Natur als Erz, Legierung u. s. w. oder den zu ihrer Darstellung führenden Vorgang wie Kalcinieren, Schmelzen oder Oxydieren ausdrückte. Für Mineralien und medicinische Substanzen wählte man den oder die Anfangsbuchstaben zur Bezeichnung. — Auch eine grosse Anzahl von Abbildungen, welche Berthelot naturgetreu wiedergegeben hat, finden sich in diesen Manuskripten. Dieselben stellen teilweise Apparate dar wie Destillierkolben, Kessel, Digestionsgefässe und Wasserbäder, teilweise magische Figuren, die das Geheimnis der Metallverwandlung enthalten sollen. — Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Darstellung des Arsens und Antimons aus ihren Erzen bereits den griechisch-ägyptischen Alchemisten bekannt gewesen ist. Das letztere Metall, dessen Entdeckung gewöhnlich dem Basilius Valentinus im 15. Jahrhundert zugeschrieben wird, wurde fast chemisch rein sogar schon von den Chaldäern verarbeitet, wie die Analyse eines authentischen Restes der uralten Kultur dieses Volkes ergeben hat.

J. Schiff.

4. Unterricht und Methode.

Zur elementaren Behandlung der Elektrostatik und des Potentials. Unter dem Titel „Vorschule der Elektrostatik und das Potential“ (1889), hat H. SCHUMANN, Rektor der Realschule in Bamberg, ein Schriftchen veröffentlicht, das zur Vertiefung des Unterrichts in der elementaren Elektrizitätslehre bestimmt ist. Der Verfasser „unterschätzt keineswegs die Bedenken, welche der Einführung der schwierigen Begriffe Potential, Kapazität u. s. w. in die Schule entgegenstehen“, und meint, „dass es sehr zeitraubend und mühevoll ist, jüngere Schüler zu einem richtigen Gebrauche dieser Begriffe zu führen“. Er hält aber namentlich den Begriff Potential in der Elektrizitätslehre für ebenso notwendig, wie Temperatur in der Wärmelehre und Spannung des Gases in der Aerostatik. Er geht deshalb nach den einleitenden Versuchen über Elektrizitätserzeugung, Influenz und Verteilung, und nach Vorführung des Coulomb'schen Gesetzes (§ 1—11) gleich zum Potential über, das durch die Arbeit in bekannter Weise definiert wird. Es folgen dann Aufstellungen über resultierende Kraft, elektrisches Gleichgewicht, Niveauflächen, Kraftlinien; aner kennenswert ist auch der sonst in elementaren Darstellungen meist vernachlässigte Nachweis, inwiefern das Goldblattelektroskop zur Messung des Potentials dienen kann (§ 19). Dann erst folgt der mathematische Ausdruck für das Potential, sowie die mannigfachen Anwendungen, namentlich auf Condensatoren und Leydener Flaschen; Einzelnes, wie Thomson's Theorie der elektrischen Bilder, geht schon über die Grenze des für die Schule Wünschenswerten hinaus. Den Schluss bilden die Erklärungen der elektrischen Maschinen vom Standpunkte der Potentialtheorie, Auseinandersetzungen über Dielektrika, elektrostatischen Auftrieb und atmosphärische Elektrizität.

Die Schrift bietet demnach einen willkommenen Beitrag zu den auch in dieser Zeitschrift vertretenen Bestrebungen, dem Potential eine Stelle im Schulunterricht anzuweisen. Sie weicht von dem in dieser Zeitschrift unternommenen Versuch (I, 79; III, 161) darin ab, dass sie sich unmittelbar an die heut in der Wissenschaft übliche Einführung des Begriffes hält. Bei der Schwierigkeit, die es hat, jüngeren Schülern die Anwendung abstrakter Begriffe auf Erscheinungen verständlich zu machen, erweist sich doch vielleicht der Weg als minder „mühevoll“, der den Begriff selbst an der Hand der Erscheinungen allmählich herauswachsen lässt, wie in dieser Ztschr. a. a. O. versucht wird. Jedenfalls aber ist die Schrift als eine schätzenswerte Ergänzung solcher das gleiche Ziel anstrebender Versuche zu betrachten.

P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Tabellarische Übersicht der Mineralien, nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen, geordnet von P. Groth. Dritte vollständig neu bearbeitete Auflage. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1889. X u. 168 S. 4^o. — M. 8,50.

Ein jeder, der sich mit Mineralogie eingehender beschäftigt oder der dieselbe als Hilfswissenschaft gebraucht, weiss, wie notwendig ein Nachschlagebuch für die krystallographisch-chemischen Eigenschaften der Mineralien ist. Das Werk von Groth entspricht dem Bedürfnis vollkommen und berücksichtigt die seltensten Mineralien, sowie die neuesten Forschungen. Eingehende Darlegungen über die Verhältnisse der Silikate machen das Buch noch besonders schätzenswert; ein vollständiges Sachregister gestattet die schnelle Auffindung der einzelnen Mineralien. Die Anordnung im Texte ist nicht die alphabetische, sondern eine systematische nach Klassen, die wesentlich nach der chemischen Zusammensetzung aufgestellt sind. Wünschenswert wäre vielleicht eine kurze Angabe der Ableitung der einzelnen Namen und erweiterte Angabe der Synonymen, welche Punkte berücksichtigt werden könnten, ohne dass die übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften (ausser der Zusammensetzung) herangezogen zu werden brauchten, denn durch deren Mitberücksichtigung würde das Werk zu einer tabellarischen Übersicht der ganzen Mineralogie heranwachsen.

B. Schwalbe, Berlin.

Vademecum astronomi. Vollständige Sternkarte für das nördliche und mittlere Europa, nebst vier stummen Karten zum Einzeichnen von Meteorbahnen, Planetenörtern und Kometen, einer ausführlichen Erklärung der Karten, Anleitung zum Beobachten und Übersicht der Himmelserscheinungen, welche von Oktober 1889 bis 1. Januar 1892 mit freiem Auge zu beobachten sind. Für gebildete Naturfreunde zusammengestellt von Josef Plassmann. Paderborn, Ferdinand Schöningh, 1889. — M. 3,—.

In der „Vorbemerkung“ bestimmt der Herausgeber sein neuartiges Unternehmen sowohl „für Leser, die mit der Sache bereits vertraut sind und ein bequemes Mittel zum schnellen und zuverlässigen Notieren auffällender Himmelserscheinungen haben wollen, als auch für solche, die erst in die Anfangsgründe der Himmelskunde eindringen, hierbei aber, statt nur zu lesen, sofort selbst tätig sein wollen.“ — Eine „vollständige“ Karte auf weissem Schreibpapier enthält in schwarzem Drucke die Sterne einschliesslich derer vierter Grösse, und in mattblauem Unterdruck die Parallel- und Deklinationskreise, die Ekliptik und den „galaktischen Äquator“, die Namen und Grenzlinien der Sternbilder, nebst den griechischen Buchstaben für eine Anzahl hellerer Sterne. Eine „stumme“ Karte auf Pauspapier in vier gleichen Exemplaren (liefert die Verlagshandlung auf Wunsch weitere Exemplare nach, und zu welchem Preise?) dient zum Eintragen der Beobachtungsergebnisse. Durch Auflegen der stummen auf die vollständige Karte kann nach der Beobachtung jederzeit die nähere Orientierung gewonnen werden¹⁾. — Der Text ist so abgefasst, dass er, indem er die „scheinbaren“ Ortsbestimmungen und Bewegungen beschreibt und benennt, überall von den entsprechenden „wirklichen“ Vorgängen ausgeht, also immerhin ein gewisses, schon nicht mehr ganz geringes Maass von Vorkenntnissen voraussetzt; doch für die Zwecke des Lehrmittels gewiss nicht mit Unrecht, denn das Eintragen von Planeten-, Meteoriten-Örtern u. dgl. wird man nicht als allerersten Anfang der Beschäftigung mit Astronomie und astronomischer Geographie betreiben können. Ref. darf aus seiner Schulpraxis berichten, dass er in eben diesen Wochen (Februar, März 1890) seine vierzehnjährigen Schüler anhält, fleissig die Örter des Saturn zu verzeichnen, der durch seine Nähe bei Regulus, und weil er gerade jetzt (seit 1889 Dez. 14 bis 1890 Apr. 28) rückläufig ist, ein äusserst dankbares und die Knaben aufs lebhafteste interessierendes Objekt bildet. Es gelang natürlich die ersten Male sehr unvollkommen; gefordert wurde anfangs nur das Abzeichnen der gegenseitigen Stellung von Saturn, Regulus und einigen anderen Sternen des grossen Löwen; jetzt versuchen sich einige aus freiem Antrieb in der genaueren Darstellung der wechselnden Örter des Saturn auf „Millimeter-Papier“, wobei der populäre astronomische Kalender der Sternwarte Wien zu Hilfe genommen wird. Den nächsten Schritt soll dann die Benutzung der Plassmann'schen Karten bilden.

An wieviel Schulen wohl gegenwärtig Lehrer und Schüler von dem herrlichen Schauspiel, das Saturn und Regulus eben jetzt bieten, Notiz nehmen? Wenn es Plassmann gelingt, durch sein Unternehmen der Schule den so nötigen Anstoss zu geben, dass auf dem dankbarsten Gebiete

¹⁾ Es sei gestattet, hier daran zu erinnern, dass der vom Ref. herausgegebene „transparente Himmelsglobus“ (*diese Zeitschr.* II, 166) ebenfalls von aussen betrachtet eine „redende“, von innen eine „stumme“ Karte des Fixsternhimmels darstellt.

mit dem „Anschauen der Natur“ Ernst gemacht wird, so ist das Verdienst seines Unternehmens auch vom besonderen Standpunkte des physikalischen Unterrichtes gar nicht hoch genug zu schätzen.

A. Höfler, Wien.

Die Klassiker der exakten Wissenschaften. Herausgegeben von Prof. W. Ostwald in Leipzig, in Verbindung mit H. Bruns, A. Wangerin, M. v. Frey u. a. Leipzig, W. Engelmann, 1889. — No. 1. H. Helmholtz, Über die Erhaltung der Kraft (M. 0,80). — No. 2. Carl Fr. Gauss, Allgemeine Lehrsätze in Beziehung auf die im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstossungs-Kräfte (M. 0,80). — No. 3. J. Dalton und W. H. Wollaston, Die Grundlagen der Atomtheorie (M. 0,50). — No. 4. Gay-Lussac, Untersuchungen über das Jod (M. 0,80). — No. 5. Carl Fr. Gauss, Allgemeine Flächentheorie (M. 0,80). — No. 6. E. H. Weber, Über die Anwendung der Wellenlehre auf die Lehre vom Kreislaufe des Blutes und insbesondere auf die Pulslehre (M. 1,—). — No. 7. F. W. Bessel, Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels (M. 3,—). — No. 8. A. Avogadro, Versuch einer Methode, die Massen der Elementarmolekeln der Stoffe und die Verhältnisse, nach welchen sie in Verbindungen eintreten, zu bestimmen. Brief von AMPÈRE an BERTHOLLET. (M. 1,20.)

Durch diese Veröffentlichungen ist ein wertvolles Hilfsmittel für das eindringendere Studium der Quellen wissenschaftlicher Erkenntnis dargeboten. Je mehr sich die Überzeugung verbreitet, dass der Unterricht an die Forschung selbst anzuknüpfen und aus ihr direkt Nahrung und Förderung zu entnehmen hat, um so mehr wird auch das Studium der historischen Originalwerke sich als eine Notwendigkeit erweisen. Die vorliegenden Hefte enthalten teils mathematische, teils physikalische, teils chemische Abhandlungen, denen in der Regel von den Herausgebern orientierende Anmerkungen beigelegt sind. Wir machen unsere Leser besonders auf die chemischen Abhandlungen aufmerksam, die für die Behandlung des theoretischen Teils der Schulchemie vielfache Aufklärung bieten. Bei den übrigen Heften bedarf es gleichfalls nur des Hinweises auf die Titel, um ihnen die allgemeine Beachtung zuzuwenden. P.

Flugtechnik. Von Josef Popper. 1. Heft. Revidierter Sonderabdruck aus der „Zeitschrift für Luftschiffahrt.“ Berlin, W. H. Kühl, 1889. VIII und 128, 8°. Mk. 4.

Seit mehr als zehn Jahren hat sich der Verfasser durch Arbeiten über Theorie und Praxis der Luftschiffahrt rühmlich bekannt gemacht. In der vorliegenden Veröffentlichung knüpft er an den augenfälligsten neueren Fortschritt, an die willkürliche horizontale Fortbewegung der Ballons an, wie sie Giffard, Hänlein, Dupuy de Lôme, Tissandier und Renard erzielt haben, und an die hierbei gewonnene überraschende Erkenntnis, dass der Widerstandskoeffizient der Ballons bei bester Form sich nicht auf weniger als $\frac{1}{6}$ herabdrücken lässt, während er für Ozeandampfer angeblich bis auf $\frac{1}{30}$ herabgeht, und geht dann überhaupt auf einen Vergleich zwischen Ballons und Schiffen ein, namentlich unter Voraussetzung gleicher Tragkraft. Es folgt eine Kritik der sogenannten „gemischten Aeroplans“, Segelballons, parachute montgolfière etc. angeblich ökonomischer Luftschiffe und ein Exkurs über Ballonheizung. Der Leser wird erstaunt sein, welche eine grosse Menge von Rücksichten auf alle möglichen Nebenwissenschaften in Fragen der Luftschiffahrt genommen werden müssen, und wird sein Interesse in vollem Masse gefesselt finden. Selbst an lebensunfähige Projekte knüpfen sich nicht selten recht interessante wissenschaftliche Fragen, deren Erledigung ein Verdienst ist.

In der zweiten Hälfte des Buches wendet sich der Verfasser flugtechnischen Fragen zu, der Unterscheidung von Schwebearbeit und Translationsarbeit, dem Gleitproblem, einer Analyse des Ruderfluges der Vögel und dem projektierten sogenannten Wellenflug. Wir haben diesen Teil der Schrift nicht mit dem gleichen Vergnügen zu lesen vermocht, wie den ersten. Obgleich es sich hier um lebhaft umstrittene Fragen handelt und der Polemik auch reichlich Platz eingeräumt ist, so scheint doch nicht der genügende Raum in der Zeitschrift verfügbar gewesen zu sein, um die aufgeworfenen Fragen mit überzeugender Ausführlichkeit und erlösender Gründlichkeit mathematisch zu behandeln; daher das wiederholte Versprechen, die detaillierten Ableitungen anderswo zu geben. — Über die Vorstellung eines „halben Dirichletschen Körpers“ wollen wir nicht rechten. Gesetz, sie sei unzulässig, so ist sie doch originell.

Dem vorliegenden ersten Heft sollen zwei weitere folgen, deren erstes die Physik des Luftballons und die Physik der Flugvorgänge, deren zweites die technisch reale Ausführung von Flugmaschinen, sowie deren kulturelle Bedeutung behandeln soll. Wir hoffen, dass diese Arbeit, deren Einleitung das vorliegende Heft allem Anscheine nach sein soll, nicht allzu lange auf sich warten lässt.

E. Gerlach, Berlin.

Versammlungen und Vereine.

Britische Naturforscher-Versammlung zu Newcastle, 1889. (Schluss aus Heft 3.)

5. Was geschieht beim Verbrennen organischer Substanzen?

Da bei allen Verbrennungen organischer Substanzen die Bildung von Kohle zu beobachten ist, welche allmählich verbrennt, so ist diese zunächst zu untersuchen. Verbrennt man entzündete Kohle im Sauerstoffstrom, so bemerkt man kein sichtbares Produkt, es kann also nur ein unsichtbares Gas entstehen. Ist es vielleicht Stickstoff, und ist der Stickstoff der Luft nicht überhaupt nur verbrauchter Sauerstoff, wie ihn die Verbrennung organischer Stoffe erzeugt? oder ist es vielleicht mit dem Kalkgas identisch? Der Versuch ergibt eine Trübung, einen Niederschlag, der durch Glühen denselben Gewichtsverlust erleidet, wie der vom Kalkgas erzeugte Niederschlag. Endlich bleibt noch zu beweisen, dass das erhaltene Produkt schwerer ist, als die verbrannte Kohle. Zu diesem Zweck wird Kohle im Sauerstoffstrom verbrannt und das Gas in eine gewogene Vorlage mit Kalkmilch und Trockenapparat geleitet. Die zweite Wägung führt zu der Entdeckung, dass Kalkgas ein Oxyd der Kohle ist, und dass Kalk mindestens aus drei Stoffen besteht. Auf den Einwurf, dass ein Vorgehen in dieser Weise allzu viel Zeit beanspruche, ist zu erwidern, dass diese Versuche gerade praktisch durchgeführt werden müssen, weil sie die Schüler dazu erziehen, nichts Unerwiesenes für wahr zu halten, keine übereilten Schlüsse zu ziehen und zufrieden zu sein, wenn sie langsam aber sicher vorwärts kommen.

Man verbrennt nun mehrere organische Körper, weist in allen Fällen das Kalkgas und durch dieses die Kohle als einen nie fehlenden Bestandteil nach. Bei diesen Versuchen zeigt sich auch das Auftreten einer Flüssigkeit, woraus folgt: dass Kalkgas nicht das einzige Produkt, resp. Kohle nicht ihr einziger Bestandteil ist. Hieran schliessen sich Erörterungen über die Rolle des Kohlenstoffs bei der Ernährung und Atmung (Kalkgas in der ausgeatmeten Luft).

6. Was geschieht beim Verbrennen von Schwefel?

Das Verschwinden des Schwefels beim Verbrennen macht es wahrscheinlich, dass er, ähnlich der Kohle, mit dem Sauerstoff ein gasförmiges Oxyd bildet. Man verbrennt ihn zunächst in einer durch Wasser abgesperrten Glocke in Sauerstoff. Hierbei steigt das Wasser, während das Volumen fast unverändert bleibt, wenn der Versuch in einem trockenen Gefäss ausgeführt wird (Apparat von A. W. Hofmann, vergl. d. Zeitschr. I, 214); also folgt, dass Schwefel und Sauerstoff eine in Wasser lösliche Verbindung ergeben. Verbrennt man ferner Schwefel im Sauerstoffstrom und leitet das Gas in Wasser, so zeigt sich, dass die Lösung den Geruch des Gases und einen sauren Geschmack besitzt. Vergleicht man nun dieses Gas mit dem Kalkgas, so zeigt sich, dass auch die saure Lösung mit Kalkwasser einen Niederschlag ergibt, der sich in einem Überschusse der ersteren wieder löst, während ein Überschuss der letzteren den Geruch der sauren Lösung aufhebt. Verbrennt man ferner Schwefel in einer gewogenen, Ätzkalk enthaltenden Röhre, so nimmt das Gewicht zu, also liefert Schwefel, ebenso wie Kohle, beim Verbrennen ein Oxyd. Die vorher erwähnte Auflösung des Kalkniederschlags führt zum vergleichenden Versuch mit dem Kalkgase; auch hier zeigt sich, dass der zuerst entstandene Niederschlag sich beim fortgesetzten Einleiten des Gases allmählich löst. Man bestimmt nun die Löslichkeit der neuen Substanz, indem man das Gas durch Wasser leitet, welches Kalk suspendiert enthält, filtriert darauf und verdampft. Dabei beobachtet man, dass beim Erhitzen der Flüssigkeit ein Niederschlag entsteht, der sich als Kalk erweist (Vorkommen des Kalks im Wasser, sein Absetzen beim Kochen desselben und seine Wirkung auf Seife).

Da die Oxyde der Kohle und des Schwefels sich mit Kalk verbinden, so entsteht die Frage, ob nicht das eine das andere austreiben und ersetzen könne. Lässt man die saure Lösung des Schwefeloxydes auf Kalk einwirken, so bemerkt man ein Aufbrausen, es entweicht ein Gas, welches in Kalkwasser einen Niederschlag erzeugt. Gewöhnlicher Essig bringt dieselbe Wirkung hervor; man hat hier also eine sehr bequeme Methode der Kalkgasbereitung. Das Produkt der Phosphorverbrennung liefert ebenfalls eine saure Lösung, die auf Kalk angewandt ebenfalls Kalkgas entwickelt. Bei der Nachforschung nach wohlfeileren Säuren zur Erzeugung desselben zeichnen sich Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure vorteilhaft aus. Nun wendet man seine Aufmerksamkeit den in Aufgabe 4 und 5 erhaltenen Niederschlägen zu und zeigt, dass die Chemie weit kräftigere Agentien besitzt, als die anfangs benutzte Wärme. Die Namen von Vitriolöl, Scheidewasser, Salzsäure sind zu erklären, ihre Darstellung und Eigenschaften anzugeben und zu zeigen, ohne jedoch auf ihre chemische Natur weiter einzugehen. Bereitung der Schwefelsäure aus Eisenvitriol, ihr Verhalten beim Verdünnen und ihre Verwendung als Trockenmittel.

7. *Wie verhalten sich Metalle beim Erhitzen mit Säuren?*

Man nehme Eisen, Zink, Blei, Zinn, Kupfer und Silber. Eisen oder Zink mit Schwefelsäure behandelt, lösen sich unter Entwicklung eines Gases, welches sich als brennbar erweist. Also wieder ein neues Gas! Vor dessen weiteren Untersuchung stellte man jedoch fest, dass Blei, Zinn, Kupfer und Silber von Schwefelsäure nicht angegriffen werden. Genau so, wie die Schwefelsäure, wirkt Salzsäure auf Eisen und Zink, ausserdem aber auch auf Zinn, während Blei, Kupfer und Silber nicht merklich verändert werden. Salpetersäure (Scheidewasser) greift jedoch alle sechs Metalle lebhaft an, und löst sie, mit Ausnahme des Zinns, welches in ein weisses Pulver verwandelt wird. In allen sechs Fällen entwich ein gefärbtes Gas. Sammelt man dasselbe über Wasser, so ist es farblos, tritt Luft hinzu, so färbt es sich; man untersucht daher getrennt den Einfluss von Sauerstoff und Stickstoff auf dasselbe. Man erkennt, dass auch hierbei Luft genau wie Sauerstoff wirkt, dass dieser durch seine Vereinigung mit Stickstoff gar nicht beeinflusst wird, beide also nicht verbunden sind. Das Lösen von Gold und Platin in Königswasser bildet den Schluss dieser Versuche.

8. *Wie wirken Säuren auf Oxyde?*

Die beim Verbrennen von Metallen erhaltenen Oxyde hatten sich als in Wasser unlöslich erwiesen. Sollten die Säuren, welche die Metalle angriffen, nicht auch auf deren Oxyde wirken? Man unterwirft die Oxyde von Zink, Eisen, Kupfer und Blei der Einwirkung der vorerwähnten drei Säuren. Schwefelsäure löst Eisen-, Kupfer- und Zinkoxyd ohne Gasentwicklung. Wendet man einen Überschuss der Oxyde an, filtriert und dampft ein, so kann man die hierbei entstehenden Krystalle mit denen vergleichen, welche beim Behandeln der Metalle mit den Säuren sich unterschieden u. s. w. Bleiglätte wird augenscheinlich nicht angegriffen, wohl aber Mennige, obgleich sie sich nicht löst. In Salzsäure lösen sich alle Oxyde, wobei die Mennige ein gelbgrünes Gas von sehr üblem Geruch entwickelt. Dies wird für eine spätere Untersuchung notiert. Die Lösung der Bleiglätte setzt beim Abkühlen Krystalle ab, man löst das Rohprodukt in kochendem Wasser, filtriert u. s. w. Hierbei wendet sich die Aufmerksamkeit auf die verschiedene Löslichkeit der Produkte. Wendet man nun Salpetersäure an, so lösen sich wieder alle Oxyde, mit Ausnahme der Mennige, obwohl sich dieselbe verändert. Auch hier zeigt sich die Bleiverbindung weniger löslich als die der anderen Oxyde, wengleich löslicher als die oben erwähnte mittelst Salzsäure hergestellte Verbindung des Bleies. Da der Schüler schon in Aufgabe 6 bemerkt hat, dass bei der Einwirkung zweier Körper auf einen dritten, der eine der beiden kräftiger wirken und den andern austreiben und ersetzen könne, so liegt hier die Frage nahe, welche der drei angewandten Säuren die stärkste sei? Löst man ein Metall oder Oxyd in einer der Säuren und setzt die andern hinzu, so zeigt sich bei Kupfer, Eisen und Zink nichts Besonderes, während die salpetersaure Bleilösung sowohl durch Schwefel- wie Salzsäure gefällt wird. Der schwefelsaure Niederschlag erweist sich als unlöslich in kochendem Wasser, in Salz- und Salpetersäure, der salzsaure dagegen löst sich beim Kochen im Wasser und scheidet sich beim Abkühlen in derselben Form ab, wie nach dem Erhitzen des Bleioxyds in Salzsäure. Hieraus lässt sich der Schluss ziehen, dass beim Behandeln der Bleioxyde mit Schwefelsäure derselbe Körper entsteht, welchen man erhält, wenn die salpetersaure Bleilösung mit Schwefelsäure versetzt wird. Ebenso ergiebt sich, dass Säuren, welche schwer- oder unlösliche Verbindungen geben, die Metalle selbst wenig oder gar nicht angreifen. Zieht man nun andere Metalle in den Bereich der Betrachtung, so ergiebt sich, dass dieselben stets aus ihrer Lösung durch solche Säuren gefällt werden, in denen sie selbst unlöslich sind. Auf diese Weise findet man z. B. die Chlorreaktion auf Silber.

Beim Hantieren mit Säuren ist auch deren Wirkung auf die Haut und die Kleider leicht zu beobachten; hieran reiht sich die Kenntnis der Farbenveränderung von Blättern und Blüten durch Säuren, die Anwendung von Lakmus, Cochenille u. s. w., die Neutralisation von Säuren durch Oxyde (Basen), sowie die Wiederherstellung durch Säuren veränderter Farben, und endlich bieten ein paar Versuche ein vortreffliches Mittel, die zersetzende Wirkung des Vitriolöls und des Scheidewassers auf organische Substanzen wie Zucker u. a. zu veranschaulichen.

9. *Was geschieht beim Verbrennen des Gases, welches beim Auflösen von Eisen oder Zink in Salz- oder Schwefelsäure entsteht?*

Zunächst ist festzustellen, ob das Gas, welches man mit farb- und geruchloser Flamme verbrennen sah, hierzu auch des Sauerstoffs bedarf. Man leitet zu diesem Zwecke einen brennenden Strahl desselben in einen trockenen mit Sauerstoff gefüllten Cylinder, und bemerkt ausser dem Fortbrennen die Bildung kleiner Tröpfchen in dem Glase oberhalb der Flamme. Das Verbrennungsprodukt ist also flüssig. Da die Flamme im Stickstoff erlischt, so liefert das Gas beim

Verbrennen ein Oxyd. Wiederholt man den Versuch in einem durch Wasser abgesperrten Cylinder, so steigt das Wasser so lange, bis der Sauerstoff vollständig verzehrt ist. Nun ändert man den Versuch derart, dass sich das flüssige Verbrennungsprodukt zur näheren Untersuchung in einer Vorlage ansammelt. Dasselbe sieht aus wie Wasser, ist geschmack- und geruchlos. Wie stellt man nun fest, ob es Wasser ist? Es ist früher beobachtet worden, dass gefrorenes Wasser bei 0°C schmilzt und flüssiges bei 100°C siedet; ferner dass ein Kubikcentimeter desselben bei 4°C gerade ein Gramm wiegt. Demnach bestimmt man nun Gefrier-, resp. Schmelz- und Siedepunkt und das specif. Gewicht. Hieraus ergibt sich, dass beim Verbrennen des Gases Wasser entsteht, und nun mag auch sein Name genannt und erklärt werden. Demnach scheint also Wasser ein Oxyd des Wasserstoffs zu sein. Um dies zu bestätigen, leitet man über Bleioxyd, welches ja nur aus Blei und Sauerstoff besteht, trockenes Wasserstoffgas und erhitzt allmählich zur Rotglut. Das gebildete Wasser muss eine Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff sein. Zum Beweise, dass beide Gase nicht durch Mischung, sondern nur durch Verbrennung Wasser ergeben, entzündet man eine kleine Menge einer solchen Mischung, worauf eine heftige Explosion erfolgt. Hinweis auf die Veränderung der Eigenschaften, welche beim Verbinden der Stoffe eintritt.

10. Was geschieht, wenn Wasserstoff und andere brennbare Substanzen mit Oxyden erhitzt werden?

Die Oxyde von Eisen, Zink und Kupfer werden im Wasserstoffstrome erhitzt. Das Erste bleibt unverändert, die andern beiden dagegen nicht, vielmehr bildet sich Wasser und es bleibt metallisches Kupfer bez. Eisen zurück (Prüfung durch den Magneten, durch Schwefelsäure). Mischt man sodann Bleiglätte oder Kupferoxyd mit Russ oder Kohlenpulver und erhitzt diese Gemenge, so entweicht ein Gas, welches Kalkwasser trübt, während metallisches Blei oder Kupfer zurückbleiben. Es lassen sich also einige, wenn auch nicht alle Oxyde durch Kohle oder Wasserstoff ihres Sauerstoffs berauben (technische Gewinnung des Eisens). Einige lufttrockene verbrennliche organische Substanzen, wie Zucker, Brot und Fleisch werden mit Kupferoxyd in einer Röhre verbrannt, deren vorderer Teil rein und kühl erhalten wird. Man bemerkt das Auftreten von Wasser, während Kalkgas entweicht. Die Anwesenheit von Wasserstoff in organischen Substanzen ist demnach entdeckt. Rolle des Wasserstoffes und des Wassers in dem Haushalt der organischen Wesen.

11. Lassen sich Oxyde, wie Wasser und Kalkgas, mit Hilfe von Metallen ihres Sauerstoffs berauben?

Da Wasserstoff und Kohle wohl einigen aber nicht allen Metalloxyden ihren Sauerstoff entziehen (grössere oder geringere Affinität), so fragt es sich, ob es nicht einige Metalle gibt, welche diesen von Wasserstoff und von Kohle zu trennen vermögen. Wir sahen, dass Kupfer und Eisen sich vom Sauerstoff trennten, Zink und Magnesium dagegen nicht; diese vier Metalle wollen wir weiter vergleichen. Man leitet Dampf durch eine zur Rotglut erhitzte mit Kupferstücken gefüllte kupferne Röhre; man beobachtet keine Veränderung. Wiederholt man den Versuch mit Eisen, so entweicht Wasserstoff, während sich die Eisenstücke (Nägel) mit einem schwarzen Überzuge bedecken. Hierauf untersucht man Zink und darauf Magnesium; sie liefern ebenfalls Wasserstoff. Leitet man nun Kalkgas über rotglühendes Kupfer, so bleibt es unverändert, während beim Leiten über rotglühendes Eisen oder Zink ein neues Gas erhalten wird, das mit blauer, rauchloser Flamme verbrennt, in Kalkwasser nicht löslich ist und beim Verbrennen Kalkgas liefert, also augenscheinlich Kohle enthält. Mit Sauerstoff liefert es, ebenso wie Wasserstoff, ein explosives Gemenge. Endlich erhitzt man noch Magnesium in Kalkgas. Man bemerkt eine Verbrennung, wobei sich das Magnesium in eine schwarze Substanz verwandelt, während bei der Verbrennung in der Luft ein weisses Oxyd entstand. Bei Behandlung mit Salzsäure löst sich ein Teil davon (Magnesiumoxyd) auf, der schwarze Rückstand liefert beim Verbrennen Kalkgas, besteht also aus Kohle. Diese Versuche liefern den vollständigsten „analytischen“ Beweis für die Richtigkeit der synthetischen Schlüsse, durch welche vorher die Zusammensetzung von Wasser und Kalkgas ermittelt wurde. Da Wasserstoff und Kohle Oxyde bilden, aus denen Sauerstoff mit Hilfe einiger, wenn auch nicht aller, Metalle geschieden werden kann, so bleibt noch die Frage zu beantworten, welcher von beiden Stoffen die grössere Affinität zum Sauerstoff besitze. Man leitet Wasserdampf über glühende Kohlen, dabei entweicht Wasserstoff und Kohlenoxyd (Nachweis). Entzieht nun Kohle nicht auch teilweise dem Kalkgas seinen Sauerstoff? Der Versuch lehrt, dass dies der Fall ist. Hinweis auf den Unterschied zwischen gewöhnlicher Verbrennung und der im Schmelzofen.

12. Woraus besteht Salzgas, und wie wirkt es auf Metalle und Oxyde?

Wir wissen schon, dass die Lösung dieses Gases in Wasser Metalle unter Wasserstoffentwicklung auflöst, was Wasser allein nicht vermag; stammt nun der Wasserstoff aus dem Wasser

oder aus dem gelösten Gase? Leitet man das Gas allein über erhitzte Eisendrehspähne, so entweicht Wasserstoff. Also besteht das Salzgase aus letzterem und einem andern Stoff. Um diesen zu erhalten, erinnert man sich, dass Wasserstoff grosse Affinität zu Sauerstoff hat, sowie, dass Salzsäure über Mennige geleitet ein grüngelbes Gas ergab. Dieser Versuch wird nun in grösserem Maassstabe wiederholt und das erhaltene Gas geprüft. Ist dasselbe im Salzgase mit Wasserstoff enthalten, so entsteht das Salzgase vielleicht, wenn man ein Gemenge beider entzündet, ähnlich wie Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff erhalten wurde. Ein Versuch bestätigt diese Vermutung, das Salzgase besteht also höchstwahrscheinlich aus Wasserstoff und jenem grüngelben Gase — dem Chlor. Kommt aber das Chlor aus dem Salz oder aus der Schwefelsäure? Man erinnert sich, dass eine salpetersaure Silberlösung wohl mit Salzsäure, nicht aber mit Salpetersäure einen charakteristischen Niederschlag lieferte. Setzt man nun eine Kochsalzlösung zu einer Silberlösung, so lässt der entstehende Niederschlag wenig zweifelhaft, dass das Chlor aus dem Salz stamme. Wie wirken nun Metalloxyde auf Salzsäure? Es ist zu erwarten, dass sich ihr Sauerstoff mit dem Wasserstoff der Säure zu Wasser vereinigt. Erhitzt man Zinkoxyd mit Wasserstoffchlorid, so erhält man in der That Wasser, welches überschüssiges Salzsäuregas enthält, und dampft man die Lösung ab, so bleibt ein Rückstand, der wie gewöhnliches Salz aussieht — ohne Zweifel eine Verbindung von Zink und Chlor (Zinkchlorid). Wie wirkt nun aber das Wasserstoffchlorid auf Kalk? Augenscheinlich trennt es nicht nur das Kalkgas von dem Ätzkalk, sondern löst diesen auch auf. Was bildet sich hierbei? Erhitzt man ungelöschten, geglähten Kalk (Ätzkalk) in einem Wasserstoffchloridstrom, so erhält man, wie beim Zinkoxyd Wasser, welches Salzsäuregas gelöst enthält, und beim Abdampfen einen Rückstand, der dem Zinkchlorid ähnlich ist. Die Entstehung von Wasser führt zu der wichtigen Entdeckung, dass Ätzkalk auch ein Oxyd ist, dass also der rohe Kalk aus zwei Oxyden zusammengesetzt ist. Die Ähnlichkeit des Ätzkalkes mit dem Zink- und Magnesiumoxyd ist so auffällig, dass es nahe liegt, in dem Ätzkalk ein metallisches Oxyd zu vermuten, was an dieser Stelle angeführt werden mag. Die schrittweise Entdeckung der Zusammensetzung des Kalkes bildet ein wertvolles Beispiel chemischer Forschung, es zeigt, wie der Chemiker in seinen Entdeckungen oft inne halten muss, um erst nach der Auffindung neuer Thatsachen und Methoden die Untersuchung zu Ende zu führen. Die bei der Auflösung von Zinkoxyd und Ätzkalk in Salzsäure erhaltenen, zur völligen Trocknis verdampften Rückstände, sind fest und weiss, wie Salz, an der Luft aber werden sie flüssig und nehmen an Gewicht zu, verhalten sich also wie Schwefelsäure. Sie nehmen daher wahrscheinlich Wasser aus der Luft auf, denn über Schwefelsäure oder Ätzkalk aufbewahrt, verändern sie sich nicht. Bei dieser Gelegenheit sind also zwei neue Trockenmittel entdeckt.

13. Woraus besteht Soda?

Das Studium dieser Substanz ist für die Einführung in den Begriff eines Alkali wichtig. Man beschreibt die Darstellung aus Kochsalz. Erhitzt man die Krystalle, so schmelzen sie unter Entwicklung von Dämpfen (Wasserdämpfe). Ferner zeigt sich, dass das Wasser im Ofen sehr leicht völlig ausgetrieben werden kann, und dass dasselbe einen bedeutenden Teil des Gewichtes der Krystalle ausmacht (Begriff des Krystallwassers). Beim Erhitzen der getrockneten Substanz auf einer Platinschale bis zur Rotglut, lässt sich kein Verlust bemerken und löst man das Ganze nachher im Wasser, so erhält man wieder Krystalle, die Hitze hatte also keine Veränderung bewirkt. Vielleicht führen die Säuren einen Schritt weiter. In der That entweicht ein farb- und geruchloses Gas, welches ein Licht auslöscht. Mittelst Kalkwasser stellt man fest, dass es Kalkgas und nicht Stickstoff ist. Demnach ist also Soda, ähnlich dem rohen Kalk, eine Kalkgasverbindung, — aber womit? Mit einem Oxyd? Erhitzt man die getrocknete Substanz in einem Chlorwasserstrom, so entweicht Kalkgas wie zuvor und man erhält eine Flüssigkeit, die man als mit Chlorwasserstoff gesättigtes Wasser erkennt. Der Rückstand ist in Wasser löslich und krystallisiert daraus genau wie Kochsalz, als welches es sich auch erweist. Also wird das, was jetzt im Salz mit Chlor vereinigt ist, in den Sodakrystallen mit Sauerstoff, Kalkgas und Wasser verbunden sein. Hierauf folgt die Beschreibung der Darstellung von Natrium aus Soda. Es bleibt noch die Frage übrig, ob Kalkgas zum Ätzkalk oder zum Natron die grössere Affinität besitzt? Bei einem Zusatz von Kalkwasser zu Sodalösung wird Kalk gefällt. Was enthält die Lösung? Kalkwasser enthält Kalk mit Wasser verbunden; ist das Natriumoxyd hier auch in Verbindung mit Wasser? Man erhitzt Soda mit Kalkmilch in einer eisernen Schale, bis keine Reaktion auf Kalkwasser mehr erfolgt, giesst die Flüssigkeit ab und verdampft zur Trocknis. Das Produkt ist der Soda wenig ähnlich, es wirkt ätzend und zerfliesst an der Luft. Bildet dasselbe ein Analogon zum gelöschten (kaustischen) Kalk, so muss es sich mit Kalkgas wieder zu Soda vereinigen. Der Erfolg bestätigt

die Vermutung, und das Natron ist auf diese Weise entdeckt. Roher Kalk und Ätzkalk vermögen bekanntlich Säuren zu neutralisieren, auch Soda und Natron thun das und ausserdem üben sie auf Farben eine den Säuren entgegengesetzte Wirkung aus. Begriff des Alkali, Unterscheidung von Alkalien und Säuren, Bildung der Salze. Rückblick. — Geschichtliche Daten. — Definition des Elements. Aufzählung der bekannten Elemente und ihrer Eigentümlichkeiten. Neue Eigenschaften der Verbindungen im Vergleich mit den sie bildenden Elementen. Verschiedene Verbindungstypen. — Die bisher angedeutete Unterrichtsweise muss das Denken von aufmerksamen Schülern in hohem Grade beeinflussen. Neue Thatsachen wurden durch logische Verwendung von bereits bekannten Thatsachen entdeckt. Die logische Ausnutzung von Thatsachen und die Gewohnheit solche zu verwerten, ist eingepägt worden. Es soll nicht einen Augenblick scheinen, als bezwecke der chemische Unterricht an Schulen aus allen Schülern Chemiker zu machen. Aber Gewöhnung an ein geordnetes Untersuchungsverfahren ist wohl für jeden Lebensweg von Wert.

Stufe V. Die quantitative Untersuchung.

Die quantitative Zusammensetzung mehrerer der Stoffe, welche früher bereits qualitativ untersucht worden sind, soll hier zum teil durch den Lehrer von der Klasse, zum teil seitens der Schüler festgestellt werden. Zuerst bestimmt man die Zusammensetzung des Wassers nach der Dumas'schen Methode [Reduktion von Kupferoxyd durch Wasserstoff, schon von Berzelius und Dulong benutzt], welche in wenigen Stunden genaue Resultate liefert. Es würde darauf hinzuweisen sein, in welchem Umfange solche Versuche notwendigerweise Fehlern unterworfen sind. Historisches; Beweise für die Constanz der Zusammensetzung des Wassers. Die Zusammensetzung des Kalkgases wird durch die Verbrennung unreiner Kohle (Lampennuss) und Veranschlagung des Wasserstoffs festgestellt. Auch hier ist die Aufmerksamkeit auf die Resultate geschickter Forscher und die Gründe für die Unveränderlichkeit der Zusammensetzung des Kalkgases zu lenken. Die Zusammensetzung des Kupferoxydes wird im Zusammenhange mit der des Wassers ermittelt. Die Bleioxyde, Bleiglätte, Mennige und das braune Oxyd, welches man beim Behandeln der letzteren mit Salpetersäure erhält, werden in ähnlicher Weise reduziert. Das braune Oxyd erweist sich als die höchste Oxydationsstufe. Der Verlust, den es beim Glühen erleidet, kann ebenfalls bestimmt werden.

Stellt man nun die Resultate zusammen, indem man berechnet, mit welchem Betrage des einzelnen Elementes diejenige Sauerstoffmenge sich vereinigt, welche im Wasser mit einem Gewichtsteile Wasserstoff verbunden ist, so ergeben sich folgende Zahlen. Es sind vereinigt:

- 1 Teil Wasserstoff mit 8 Teilen Sauerstoff im Wasser;
- 3 Teile Kohle mit 8 Teilen Sauerstoff im Kalkgase;
- 31,5 Teile Kupfer mit 8 Teilen Sauerstoff im Kupferoxyd;
- 103,5 Teile Blei mit 8 Teilen Sauerstoff in der Bleiglätte (Silberglätte, Lithargyrum);
- 51,8 Teile Blei mit 8 Teilen Sauerstoff im braunen Bleioxyd (Bleisuperoxyd).

Hieraus geht deutlich hervor, dass sich die Elemente in sehr verschiedenem Verhältnis mit Sauerstoff verbinden; — die Bleioxyde liefern ein Beispiel der multiplen Proportion.

Ferner bestimmt man die Mengen an Silber- und Bleinitrat, welche beim Auflösen von Silber und Blei in Salpetersäure erhalten werden, indem man die Lösungen gewogener Metallmengen im Wasserbade abdampft und dann bis zum constanten Gewicht trocknet. Man erhält so leicht genaue Resultate; diese beiden Bestimmungen sind von besonderem Wert. Die Nitate werden sodann mit Salzsäure abgedampft und die Gewichtsmengen der Verbindungen ermittelt. Woraus bestehen diese? Tritt hier das Metall einfach an die Stelle des Wasserstoffs im Chlorwasserstoff, wie es das Zink beim Lösen in Salzsäure thut? In diesem Falle hätten wir Silber- und Bleichlorid, und es steht zu erwarten, dass man dieselben Körper erhält — dass dieselbe Gewichtszunahme sich ergibt, wenn z. B. Silber direkt mit Chlor behandelt wird, oder wenn es in Salpetersäure gelöst und mit Salzsäure oder Salzlösung gefällt wird. Auch hier bestätigen die Versuche die Voraussetzungen. Ist auf diese Weise die Zusammensetzung des Silberchlorids dargethan, so bestimmt man den Gehalt des Salzes an Chlor. Nachdem dies geschehen, verwandelt man gereinigte und getrocknete Soda in Kochsalz und bestimmt so den Gehalt derselben an Kalkgas; aus den Zahlen lässt sich die Zusammensetzung des Natriumoxydes berechnen. In gleicher Weise wird die Zusammensetzung des Ätzkalkes durch Umwandlung desselben in Chlorcalcium (Glühen im Chlorwasserstoffstrom) und Bestimmung des Chlors in dem Chlorid ermittelt. Auch die Zusammensetzung der Oxyde und Chloride von Zink, Magnesium und Kupfer lässt sich in dieser Weise ermitteln. Prüft man die verschiedenen Resultate und vergleicht die Mengen Sauerstoff

und Chlor, welche sich mit irgend einem der untersuchten Metalle vereinigen, so bemerkt man, dass stets etwa 35,4 Teile Chlor die Stelle von 8 Teilen Sauerstoff einnehmen; indem man die Verbindung des Kalkes und der Soda in Betracht zieht, ergibt sich, dass dies auch bei Verbindungen von zwei und von drei Elementen gilt. Es ist daher zu erwarten, dass Chlorwasserstoff 1 Teil Wasserstoff mit 35,4 Teilen Chlor verbunden enthält. Man stellt, um dies zu beweisen, eine Lösung her, welche eine bekannte Menge Chlorwasserstoff enthält, und bestimmt den Chlorgehalt.

Hat man auf diese Weise den Begriff äquivalenter Gewichtsmengen der Elemente entwickelt, so kann derselbe durch acidimetrische Übungen von Seiten der Schüler erweitert werden. Zur Feststellung des Zersetzungsverhältnisses zwischen Soda und Chlorwasserstoff mischt man titrierte Lösungen hiervon bis zur Neutralisation; durch Verdampfen der neutralen Lösung erhält man das Chlorid, dessen Gewicht man bestimmt und aus welchem sich die Zusammensetzung des Chlorwasserstoffs berechnen lässt. In ähnlicher Weise neutralisiert man Schwefel- und Salpetersäure, stellt das Gewicht der erhaltenen Salze fest und berechnet die Äquivalente der Säuren unter der Voraussetzung, dass bei diesen die chemischen Vorgänge dieselben seien wie beim Chlorwasserstoff. Alsdann gebe man Regeln über die Stärke (Titer) der Säuren u. s. w., lehre die volumetrische Bestimmung des Silbers, den Prozentgehalt desselben in den Münzen und in anderen Legierungen.

Eine solche Reihe quantitativer Übungen gewährt unzweifelhaft eine geistige Zucht ersten Ranges und gereicht in so mannichfacher Beziehung zum Vorteil, dass der Wert eines solchen Unterrichtes gar nicht überschätzt werden kann.

Stufe VI. Studien über die physikalische Beschaffenheit der Gase im Vergleich mit der der flüssigen und festen Körper. Die Molekular- und Atomtheorie und ihre Anwendung.

An dieser Stelle ist eine Reihe von quantitativen Versuchen über die Wirkung der Wärme auf feste, flüssige und gasförmige Körper anzustellen, der sich eine ähnliche in Bezug auf die Wirkungen des Druckes anschliessen muss; man zeigt auf diese Weise das gleichartige Verhalten der Gase gegenüber dem ungleichartigen der festen und flüssigen Körper. Hierauf zeigt und erklärt man die Condensation der Gase, die Umwandlung fester und flüssiger Körper in Gase, die Abhängigkeit des Siedepunktes von Druck und Temperatur u. s. w. Regnaults Methode der Bestimmung der Dichtigkeit der Gase wird besprochen und die Bestimmung der Dampfdichte veranschaulicht. Ferner bespricht man die Molekularstruktur eines Gases; studiert die Erscheinungen der Diffusion der Flüssigkeiten und Gase und macht einen kleinen Abstecher nach der kinetischen Gastheorie. Hierauf wird der Avogadro'sche Satz erläutert und zur Bestimmung des Molekulargewichts benutzt. [Hier geht der Verfasser wohl etwas über das Elementare und Anschauliche hinaus. *D. Ref.*] Im Zusammenhang damit setzt man auch die Atomtheorie auseinander und prägt den Schülern die Methode ein, mittelst welcher die Atomgewichte ermittelt werden. Alsdann lehrt man den Gebrauch der Symbole (chemischen Zeichen), und endlich bliebe die Klassifikation der Elemente nach dem periodischen System aufzuführen.

Es ist von besonderer Wichtigkeit, dass ein grosser Teil der Versuche auf sämtlichen Stufen *von den Schülern* ausgeführt werde; aber selbst wenn dies nicht geschehen sollte und die Stunden in Demonstrationen beständen, würden diese immer noch einen schätzbaren Unterricht darstellen. — Die Mehrzahl der Schüler würde wahrscheinlich nicht bis zur fünften und sechsten Stufe vordringen, aber auch diejenigen, welche genötigt wären ihre Studien zu beenden, ohne die chemische Theorie kennen gelernt zu haben, sollten unbedingt dahin gebracht werden, ein paar einfache quantitative Versuche auszuführen; mindestens sollten die volumetrische Bestimmung des Silbers, die Ermittlung der Zusammensetzung des Wassers und des Kalkgases in ihrer Gegenwart ausgeführt werden, und wenn auch nur die Beispiele von Stufe I und II, die Aufgaben 1 bis 5 von Stufe III durchgearbeitet werden, so wird ein höchst wichtiger erzieherischer Einfluss ausgeübt und manche wertvolle Kenntnis über gewöhnliche Naturvorgänge vermittelt. Der vollständige Kursus würde natürlich eine geraume Zeit erfordern, aber ein befriedigender mathematischer oder sprachlicher Studiengang thut das auch, und niemand wird behaupten, dass nutzbringender wissenschaftlicher Unterricht in ein paar Monaten erteilt werden könne.

In Bezug auf die Ausführung der Versuche und Übungen wird noch bemerkt, dass sie in der Mehrzahl mit einfachen Hilfsmitteln und ohne ein besonderes Laboratorium ausführbar seien, da nur selten schädliche Gase oder Dämpfe auftreten [?]. Ein gewöhnliches Schulzimmer sei völlig ausreichend, wenn dasselbe einen Experimentiertisch für den Lehrer, ein Digestorium, einen Ausguss, einen Wagetisch, einen Apparatschrank und einen Arbeitstisch mit zehn Plätzen

auf jeder Seite und den nötigen Gasbrennern etc. erhalte. [Dieses Schulzimmer sieht doch einem regelrechten Laboratorium sehr ähnlich!] Ausserdem lasse sich der skizzierte Lehrplan den Umständen gemäss mannigfach abändern. So können viele einfache Übungen aus der Mechanik eingeschaltet und (in industriellen Gegenden) die mechanischen Eigenschaften gewöhnlicher Stoffe auf Stufe II eingehender behandelt werden. Ferner kann die Wirkung der Wärme auf die Körper schon auf der III. statt erst auf der IV. Stufe studiert werden u. s. w. Wahrscheinlich aber würde es nicht wünschenswert, ja nicht einmal möglich sein, den chemischen Unterricht über die letzte Stufe dieses Planes hinauszuführen. Falls man es für angemessen halten sollte, die Elemente der eigentlichen Physik und der Physiologie in einen wohlgegliederten, umfassenden Fundamental-Lehrplan aufzunehmen, so würde einigen Gegenständen der Vortritt gebühren; z. B. wäre der Begriff der Energie, die mechanische Wärmetheorie, möglichst früh [?] heranzuziehen, so dass später die Wirksamkeit der Wärme- und anderer Maschinen besprochen werden könnte, und erst wenn die Gesetze des elektrischen Stromes verstanden wären, könnte das Thema der chemischen Zersetzung durch den Strom zur Behandlung gelangen.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 10. Januar 1890. Herr H. W. Vogel machte einige neue Mitteilungen über Farbenwahrnehmungen und wies namentlich auf die eigentümlichen Erscheinungen hin, welche bei Beleuchtung von Pigmentfarben mit gleichartigem Lichte (z. B. von gelben Farben mit Natriumlicht) auftreten; diese Erscheinungen sind verschieden, je nachdem die farbigen Blätter sich auf weisser oder auf schwarzer Unterlage befinden.

Sitzung am 24. Januar 1890. Herr Kundt gedachte der Verdienste des am 14. Januar verstorbenen G. A. HIRN. — Herr A. LEMAN setzte das Verfahren auseinander, welches an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Bestimmung der Schwingungszahl von Stimmgabeln benutzt wird. Als das geeignetste Mittel zur Feststellung der absoluten Schwingungszahl hat sich LA COUR's phonisches Rad erwiesen, welches mit einer elektrisch erregten Stimmgabel in Verbindung gesetzt ist. Die zu prüfende Stimmgabel wird in ein geschlossenes Gefäss von constanter Temperatur gebracht und nur während des Anschlages aus diesem herausgehoben. Der Temperatureinfluss bewirkt zwischen 15° und 20° eine Abnahme der Schwingungszahl um etwa 0,2 Schwingungen. Die Bestimmungen sind mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0,005$ Schwingungen ausgeführt. — Herr Kundt legte Quarzfäden vor, die nach dem Verfahren von BOYS durch Herrn A. F. WEINHOLD hergestellt worden sind. — Herr M. ESCHENHAGEN zeigte drei Curven vor, welche die Variationen der erdmagnetischen Elemente im Laufe eines Tages darstellen.

Sitzung am 7. Februar 1890. Herr E. BUDDE sprach über die sehr schnelle Rotation eines starren Körpers mit einem festen Punkt, der drei ungleiche Trägheitsmomente besitzt. Für den Fall der Rotation um eine Hauptachse ergibt sich eine Erweiterung der am Gyrotrop bekannten Erscheinungen. — Herr K. FEUSSNER machte Mitteilungen über die Herstellung von Normalwiderständen bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Die aus gewöhnlichem Neusilber angefertigten Drähte zeigen, abgesehen von der Zunahme des Widerstandes mit der Temperatur, eine dauernde Veränderlichkeit und geben selbst nach der Erhitzung über 100° keine constanten Werte des Widerstandes. Brauchbarer hat sich die Legierung von Kupfer und Nickel (Patentnickel) erwiesen, welche nach dem Erhitzen nahezu constant bleibt. Einen geringeren Temperaturcoefficienten hat die Legierung von Kupfer und Mangan, die bei höherer Temperatur sogar eine Abnahme des Widerstandes zeigt. Der Umkehrpunkt liegt um so höher, je grösser der Mangangehalt ist; durch Zusatz von Nickel zu der Legierung wird er wieder herabgerückt. Die Legierungen sind bis zu 30 % Mangangehalt schmiegebar und zu Draht ausziehbar und vertragen selbst stärkere Erhitzung ohne merkliche Änderung; der spezifische Widerstand steigt schnell mit dem Mangangehalt. Für geringe Widerstände werden Bänder aus Patentnickelblech, deren Abgleichung durch Einschlagen von Löchern mit der Lochzange bewirkt wird; diese Bleche erleiden bei Strömen bis 300 Ampère im Petroleumbad nicht über 4° Temperaturänderung. — Herr JÄGER teilt mit, dass Herr DES Coudres in Leipzig Thermostrome zwischen comprimierten und nicht comprimiertem Quecksilber beobachtet habe, wobei der Strom an den erwähnten Stellen vom niederen zum höheren Druck gerichtet ist.

Sitzung am 21. Februar 1890. Herr W. v. Bezold widmete dem am 2. Februar verstorbenen Physiker und Meteorologen Buys-BALLOT einen Nachruf, in welchem er namentlich den

Gedanken der synoptischen Windkarten und das barische Gesetz (*Fortschr. d. Physik 1849 und Pogg. Ann. Erg.-Bd. IV*) hervorhob. — Herr E. Pringsheim sprach über das KIRCHHOFF'sche Gesetz und die Strahlung der Gase. Um die Möglichkeit des Leuchtens von Gasen infolge blosser Temperaturerhöhung nachzuweisen, wurde Natriumdampf in einem Porzellanrohr bei verschiedenen Temperaturen (Schwefelkohlenstoffflamme von etwa 150° bis zur Temperatur des schmelzenden Feldspaths) untersucht. Es wurde stets Emission beobachtet, doch erschien die Anwesenheit von Sauerstoff und somit die Einnischung chemischer Prozesse noch nicht völlig ausgeschlossen. Eine einfache Methode, monochromatisches Licht herzustellen, wurde von dem Vortragenden demonstriert. Sie besteht darin, dass man in die Leitung einer gewöhnlichen Gasflamme ein T-Rohr einsetzt und durch dieses aus einem Zerstäuber ein Gemenge von Luft und Salzlösung dem Leuchtgas beimischt. — In der Diskussion wurde daran erinnert, dass Versuche von MAGNUS die Lichtemission von Kohlensäure und Ammoniakgas bei 200° dargethan haben.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 20. Januar 1890. Herr B. Schwalbe führte zwei Apparate zur Demonstration des verschiedenen Wärmeleitungsvermögens der Gase vor; ferner einen einfachen Apparat für die Synthese des Wassers. — Derselbe zeigte Versuche über die Wärmeleitung von Drahtnetzen, über die dunkle Verbrennung an Platindraht, der mit Platinrohr bedeckt ist, und über Explosion von Gasgemengen. — Derselbe setzte singende Flammen von verschiedener Herstellungsart in Thätigkeit und demonstrierte den Versuch mit der RIJKE'schen Röhre. — Herr Lüpke erläuterte eine neue Form der DAVY'schen Sicherheitslampe und brachte deren Wirkungsweise durch einen Versuch zur Anschauung.

Sitzung am 3. Februar 1890. Herr B. Schwalbe führte eine von LISSER & BENECKE in den Handel gebrachte Influenzmaschine („Parva“) vor und gab einen historischen Rückblick über die Entwicklung der Influenzmaschinen. Das Prinzip der Maschine ist das zuerst von HOLTZ, später auch von WIMSTURST angegebene der Doppelinfluenz zweier gegeneinander rotirender Scheiben, die mit einer Anzahl Metallsektoren belegt und der Selbsterregung fähig sind. Darauf wurde eine Anzahl von Versuchen mit der Maschine angestellt. Die Maschine spricht leicht und sicher an, die Erklärung ihrer Wirkungsweise bietet jedoch grössere Schwierigkeit als die der älteren Holtz'schen Maschine.

Sitzung am 17. Februar 1890. Herr B. Schwalbe demonstrierte singende und sensible Flammen. Darauf fand eine Diskussion über die Stellung der allgemeinen Eigenschaften im physikalischen Unterrichtsplan statt. — Herr H. Hahn berichtete über einige von ihm mit Seifenblasen angestellte Versuche. Ein Halbeylinder von Glas zur Demonstration der Lichtbrechung (*d. Ztschr. II, 62, 87*) wurde vorgezeigt.

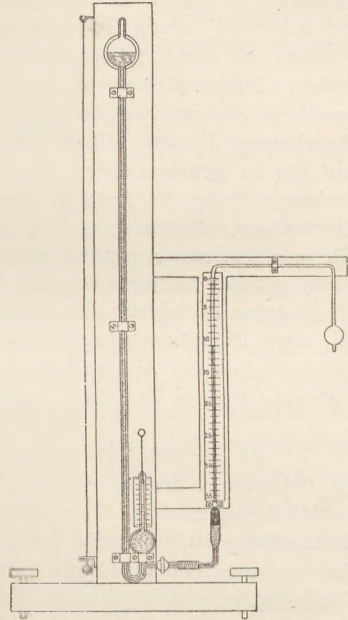
Mitteilungen aus Werkstätten.

Luftthermometer nach Fr. C. G. Müller.

Von Alt, Eberhardt und Jäger in Ilmenau.

Die in dieser Zeitschrift (*I 102 und II 245*) beschriebenen Luftthermometer von Fr. C. G. Müller werden in den Werkstätten der Thüringischen Glasinstrumentenfabrik von Alt, Eberhardt und Jäger zu Ilmenau in verbesserter und den Bedürfnissen des Unterrichts angepasster Form gut und wohlfeil hergestellt. Das erste, welches an citierter Stelle so beschrieben wurde, wie es der Fachlehrer sich etwa selber anfertigen kann, ist nunmehr ein elegantes Instrument geworden. Neu hinzugekommen ist ein Dreiweghahn am offenen Ende des Thermometerrohrs. Derselbe stellt einmal die Verbindung zwischen Thermometer und Druckrohr her. In der zweiten Hauptstellung sperrt er ersteres ab, setzt letzteres aber mit einem kurzen seitlichen, am Ende abwärts gebogenen Rohransatz in Verbindung. In dieser Stellung kann man durch Heben und Senken des Druckrohrs aus dem fertig zusammengesetzten Instrument die Schwefelsäure beliebig aus- und eintreten lassen. Hierdurch wird es erst versandtfähig. Die entsprechend dem Barometerstande verstellbare Hauptskala reicht von -20 bis $+110^{\circ}$ C. Die Nebenskala für die Bestimmung kleiner Temperaturdifferenzen umfasst 10 Grade; ihre Gradstriche sind 14 mm von einander entfernt. Der Preis des Apparats stellt sich auf 20 M.

Das zweite mit dem umgekehrten Gefässbarometer vereinigte Luftthermometer hat vor dem früheren den grossen Vorzug, dass es die absoluten Temperaturen unabhängig vom Luftdruck und von irgend welchen Einstellungen unmittelbar in einer weithin sichtbaren Weise anzeigt. Die beistehende Figur zeigt es in seiner jetzigen, für den Unterricht bestimmten Form und ist ohne weitere Beschreibung verständlich. Das eigentliche vertikale Thermometerrohr hat 1,5 mm Weite, seine Verbindung mit der Kugel ist capillar. Das durch Hahn absperrbare Verbindungsrohr zwischen Thermometer und Barometer ist nur 2 mm weit. Hierdurch wird das Thermometer in gefülltem Zustande versandtfähig, weil das Quecksilber nach dem Schluss des Hahns die enge Röhre nicht verlässt und somit die Schwefelsäure nicht zu dem Schlauch dringen kann. — Das Barometer, welches 1 Kilo Quecksilber enthält, wird der Sicherheit wegen vor dem Versenden entleert. Denn Jedermann kann es wieder leicht mit der richtigen Menge Quecksilber füllen. Zu dem Zweck wird das ganze Instrument auf die Seite gelegt, mit dem Thermometer nach oben. Dann führt man das beigegebene gebogene Trichterrohr durch den offenen Schenkel bis zur Krümmung des Barometerrohrs und giesst das Quecksilber ein. Wenn das Barometer beinahe voll ist, stellt man es auf den Kopf und bringt durch Klopfen alle Luftblasen heraus. Sobald das Quecksilber bis zur Biegung reicht, stellt man das Instrument aufrecht und giesst den Rest des Quecksilbers ein, worauf alles in Ordnung ist.



In dem offenen Schenkel steckt ein an einem Draht befestigter Wattepfropfen, welcher für gewöhnlich bis nahe an die Kugel hinabgeschoben ist und nur hochgezogen wird, wenn der Barometerstand abgelesen werden soll. Dabei sei ausdrücklich bemerkt, dass das angehängte Luftthermometer auch bei herabgedrücktem Stopfen ungestört richtig geht, wodurch die Richtigkeit des zu Grunde liegenden Prinzips schlagend demonstriert wird.

Das Barometerrohr ist ganz kurz umgebogen, sodass die untere Kuppe mit dem Rande des oberen Niveaus in eine Vertikale fällt, und man durch Anlegen eines Massstabs leicht controlieren kann, ob die Barometerskala ihren richtigen Platz hat. Beide Skalen sind auf Milchglas geteilt. Die Celsiusgrade am Thermometer sind 10 mm lang, sodass die Schüler nach Zehntel schätzen können. — Der Preis dieses Instrumentes, welches ein gutes Barometer und ein genaues Luftthermometer in sich vereinigt, beträgt einschliesslich Quecksilber 35 M.

Correspondenz.

Von Herrn Ernst Schulze (Strausberg) erhalten wir folgende Zuschrift:

„Über das Mitnehmen durch die Reibung“

hat Herr Prof. Dr. A. HANDL in dieser Zeitschrift (*I*, 107) einen interessanten Aufsatz veröffentlicht, an welchen ich mir folgende experimentelle Bemerkung anzuschliessen erlaube.

In der „Zeitschrift zur Förderung des physikalischen Unterrichts“ (1884, Heft I) habe ich einen nach meinem Entwurf von der Firma Lisser & Benecke gefertigten Apparat beschrieben, welcher in empfindlicher Weise das Beharrungsvermögen in seinen verschiedenen Ausserungen nachweist. Er besteht aus einem Wagen, auf welchen eine Walze bezw. ein durch eine Achse verbundenes Radpaar gestellt wird. Bei seiner Empfindlichkeit zeigt dieser Apparat auch sehr deutlich die Übertragung von Geschwindigkeit durch die Reibung. Setzt man nämlich das einzelne Radpaar (Walze) auf das eine Ende des Wagens und erteilt dem anderen Ende des Wagens einen wagerechten Stoss auf die Walze zu, so bleibt infolge des Beharrungsvermögens die Walze zunächst zurück. Hält man nun den Wagen plötzlich (hart) an, bevor er um seine ganze Länge vorgeeilt ist, so bewegt sich jetzt die Walze wieder langsam vorwärts. Diese Geschwindigkeit nach vorn ist der Walze durch die Reibung (Mitnehmen) von dem Wagen mitgeteilt und kommt nun bei dem plötzlichen Stillstande des Wagens infolge des Beharrungsvermögens selbständig (aktiv) zum Vorschein.

Zur Verwaltung der physikalischen Sammlung schreibt uns Herr Dr. **H. Carl Müller** in Frankfurt a. M.:

Der Artikel von Herrn B. Kolbe in St. Petersburg (in diesem Jahrgange S. 85) veranlasst mich eine Einrichtung anzugeben, die ich zuerst als Assistent am mathematisch-physikalischen Institute der Universität Marburg bei Herrn Prof. MELDE kennen gelernt habe. Auch später im Lehramte ist mir diese Einrichtung von grossem Nutzen gewesen und sie scheint mir einen kleinen Vorzug vor der KOLBE'schen zu haben. Das Eintragen von zahlreichen Bemerkungen, Skizzen und dergl. in das Inventarbuch der Anstalt dürfte doch mit der Zeit seine Schattenseiten haben. Dagegen empfiehlt es sich für alle Hauptversuche ein Vorbereitungsbuch (in Quart) anzulegen, in welchem der experimentelle Lehrgang in seinen Grundzügen in Wort und Bild zur Anschauung kommt. Unter „Wort“ verstehe ich kurze Angaben, Zahlen und dergl., die sich auf die zu gebrauchenden Apparate beziehen; unter „Bild“ eine einfache Skizze, die die Zusammenstellung des Apparats versinnlicht. Jeder Seite des Buches steht eine freie gegenüber zu Nachträgen, Ergänzungen u. s. w. Am Marburger Institute war eine solche Zusammenstellung für jede Vorlesung gegeben und unumgänglich nötig für jeden Assistenten, der sich zum ersten Male mit der Vorbereitung des Vorlesungsapparats beschäftigte. Von Zeit zu Zeit wurde das Buch unter Anweisung des Herrn Prof. MELDE ganz umgearbeitet. Für höhere Schulen genügt es, wenn Hauptversuchsgruppen zusammengestellt und dabei die meist „unberechtigten“ Eigentümlichkeiten der Apparate hervorgehoben werden. Ein solches Vorbereitungsbuch wird mit der Zeit eine Freude für seinen Verfasser, noch mehr aber für dessen Nachfolger.

Zu der Schul-Tangentenbussole (*Heft II, S. 104*) schreibt Herr **B. Kolbe** in St. Petersburg, dass er vor kurzem einen ähnlichen Apparat habe herstellen lassen, bei welchem jedoch der cylindrische Glasring abnehmbar und durch einen solchen mit größerer Skala (10° zu 10°) vertauschbar ist. Überdies ist der Kupferstreifen nach OBACH'schem Prinzip um die horizontale Axe drehbar, und die Grösse der Drehung kann an einem kleinen Vertikalkreis abgelesen werden. Diese Drehung ermöglicht es, den Ring stets so einzustellen, dass der Ausschlag eine bestimmte Grösse hat. Andererseits wird aber dadurch eine zweite, von den Schülern nicht allgemein kontrollierbare Ablese eingeführt, welche den an sich einfachen Demonstrationsapparat wieder kompliziert, und wohl nur in besonderen Fällen zur Benutzung zu empfehlen sein wird. Für die gewöhnlichen Schulversuche dürfte der feststehende Ring genügen.

B. K. — Das historische Moment ist sicherlich nur mit Vorsicht zu berücksichtigen, wenn es sich um Beibehaltung klassischer, aber überholter Versuche und Apparate handelt. Lässt sich der Gedankengang einer Entdeckung auf andere Weise einfacher darstellen, so wird der ältere Apparat überflüssig. Dies möchte auch bei dem RIESS'schen Influenzapparat zutreffen.

B. in B-m. — Die zweckmässigste Art der Sauerstoffbereitung für den Zirkonlichtbrenner scheint bis jetzt doch noch die aus chlorsaurem Kalium zu sein. Über die Darstellung aus Wasserstoffsperoxyd wird demnächst ein Mitarbeiter auf Grund eigener Versuche genauere Angaben machen. — Das in diesem Jahrgang S. 102 erwähnte Verfahren des Absprengens von Glasröhren besteht darin, dass man die betreffende Stelle der Röhre anfeilt, event. befeuchtet, und einen erhitzten Messingdraht, der zu einem Ringe von passender Weite zusammengebogen ist, herumlegt; das Verfahren ist selbst bei sehr weiten Röhren anwendbar.

— Von der Anwendung des Magnesiumlichtes zu Projektionszwecken ist man, wie Herr Dr. HUGO KRÜSS in Hamburg uns freundlichst mitteilt, aus zwei Gründen abgekommen. Erstens ist das Licht nicht constant, weil das Magnesiumband nicht gleichmässig abbrennt; in einem Augenblicke brennt ein längeres Stück, dann fällt es auf einmal ab und es glüht nur ein kürzeres Stück. Zweitens bildet die Magnesia einen sehr voluminösen Rauch, der durch ein Abzugsrohr aus dem Zimmer entfernt werden muss; da dies aber nicht vollständig gelingt, so beschlagen bald die Linsen resp. die Schutzglasplatte der Lampe.

R. in II-m. — Ein ausschliesslich den Bedürfnissen des Gymnasiums angepasstes Lehrbuch ist das von P. MEUTZNER, das jedoch leider in der Mechanik nicht induktiv verfährt. — Über die Verwendbarkeit alter, hart gewordener Kautschukröhren etc. ist uns nichts bekannt geworden. Grössere Posten werden von Kautschukfabriken angenommen.