

Eine physikalische Werkstätte.

Von

Professor G. Quincke in Heidelberg.

§ 1. Seit einigen Jahren habe ich zunächst für Übungsaufgaben eines physikalischen Laboratoriums eine Reihe von Apparaten eingerichtet, welche leicht beschafft und schnell aufgestellt werden können, wenig Raum einnehmen, sich gegenseitig nicht stören und so angeordnet sind, dass der Apparat möglichst durchsichtig ist und sein Princip leicht erkannt werden kann.

Offene 18 cm tiefe Kisten aus 2 cm dicken Brettern mit eingeschnittenen Grifflöchern können als Hocker in drei verschiedenen Höhen, zum Sitzen, oder als 20 cm hohe Fussbank benutzt werden. Ich verwende zwei Grössen von $47 \times 37,5 \times 20$ cm oder von $47 \times 28 \times 20$ cm. Dieselben können auch auf den Tisch gesetzt und mit einer hölzernen Schraubzwinge daran festgeschraubt werden, wenn eine höher gelegene Tischfläche nötig ist. (Vgl. Fig. 5.)

Die Fläche der Arbeitstische von 165×135 cm liegt 78 cm über dem Fussboden. An der Peripherie ist eine 1 cm breite flache Rinne eingehobelt mit einem durch einen Kork verschlossenen Loch, um verschüttetes Quecksilber und kleine Gegenstände aufzusammeln, die leicht herabrollen. Ein solcher Tisch giebt je nach Bedürfniss zwei oder vier Arbeitsplätze.

Auf den Tisch kann ein dreibeiniger Arbeitsbock gestellt werden, der zwei neue Arbeitstische liefert, 27 cm und 106 cm über der grossen Tischfläche, so dass die Apparate in drei Stockwerken über einander aufgestellt werden können. Den obersten Tisch des Arbeitsbockes bildet ein viereckiger Holzstab von $50 \times 6 \times 6$ cm, an welchem die drei Holzbeine von $6 \times 2,5$ cm Querschnitt mit starken Holznägeln befestigt sind. Die unteren Enden der Holzbeine bilden ein gleichschenkliges Dreieck von 34 cm Grundlinie und 40 cm Höhe. Die Beine sind 20 cm über dem unteren Ende durch ein horizontales T-förmiges Querstück verankert, auf welchem der mittlere Arbeitstisch, ein Brett von $50 \times 10 \times 2$ cm, lose aufliegt. In der Mitte und an den Enden dieses Brettes sind drei Löcher von 2 mm Durchmesser angebracht, denen ähnliche Löcher in dem T-förmigen Querstück entsprechen. Ein Messingdraht von 2 mm Dicke, durch zwei übereinanderliegende Löcher gesteckt, verhindert das Herabgleiten des mittleren Arbeitstisches. Der Messingdraht ist an einem Ende zu einem Ringe von 20 mm Durchmesser gebogen und verlötet, so dass er leicht herausgezogen oder eingeschoben werden kann.

Der eine Fuss des Arbeitsbockes ist vertikal. Seine Seitenflächen fallen mit den Seitenflächen des oberen Arbeitstisches in je eine Ebene. In den Seitenflächen sind horizontale durchgehende Löcher von 2 mm Durchmesser angebracht, in welche grade Messingdrähte von 2 mm Dicke und 80 mm Länge mit ringförmigem Griff an einem Ende eingesteckt werden können. An den Enden dieser Messingdrähte werden vertikale Millimeterskalen, Barometer, Thermometer, Pendel, U-förmige Röhren für spezifische Gewichtsbestimmung u. s. w. aufgehängt.

Mit zwei ähnlichen messingenen Querstiften, in zwei übereinander gelegenen Löchern der Seitenwand, lassen sich Holzklötze von $5 \times 5 \times 2$ cm am oberen oder unteren Ende des vertikalen Beines des Arbeitbocks befestigen und als Unterlage oder Konsole für Glasröhren, horizontale Platten und andere Apparate-teile verwenden.

Sämtliche Holzteile sind aus Tannenholz, verzinkt oder mit starken Holznägeln verbunden, so das Haken, Arbeitstische und Arbeitsböcke unmagnetisch sind und dicht neben empfindlichen magnetischen und elektrischen Apparaten benutzt werden können.

In zwei grössere Löcher der Seitenwand des oberen Arbeitstisches eines Arbeitbocks passen Violin-Wirbel, an denen Pendel, Seidenfäden mit grossen Magnetstäben oder Monochordsaiten mit Gewichten bis zu 5 Kilogramm aufgehängt werden können.

Durch Unterschieben von zwei Holzkeilen unter zwei Füße des Arbeitsbockes lassen sich die Arbeitstische leicht horizontal stellen. Ein Arbeitstisch steht horizontal, wenn das Spiegelbild eines vertikalen Seidenfadens in einer auf den Arbeitstisch gelegten Spiegelglasplatte (Objekträger eines Mikroskops) ebenfalls vertikal erscheint.

Als Pendel oder Bleilot zum Einstellen der Skalen oder Arbeitstische benutze ich Bleikugeln von 8 mm Durchmesser, in welche Stecknadeln mit einer ringförmigen Oese eingeschlagen sind. Zwei solche Kugeln sind an den Enden

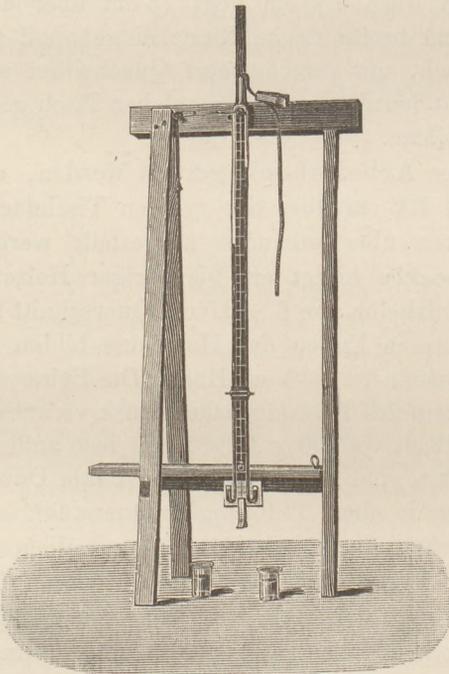


Fig. 1.

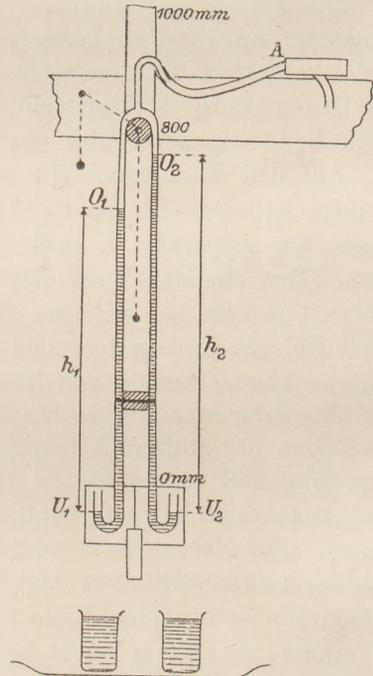


Fig. 2.

eines Seidenfadens von 120 cm Länge befestigt und halten sich in jeder Lage das Gleichgewicht, wenn der Seidenfaden über zwei Querstifte des oberen Arbeitstisches gehängt ist.

An der Endfläche des oberen Arbeitstisches über den schrägen Füßen des Arbeitbocks ist ein Porzellanring befestigt, durch den Schnüre für Rührer bei kalorimetrischen Messungen hindurchlaufen.

Mit eisernen Schraubzwingen, deren Backen nur 6 mm Höhe haben und 70 oder 120 mm auseinander stehen, lassen sich Holzbretter oder hölzerne Klammern mit Spiralfedern aus Messing (wie sie von den Photographen benutzt werden) an beliebigen Stellen der Beine oder der Arbeitstische des Arbeitsbocks festschrauben und darin Schnüre, Glasröhren, Pipetten, Thermometer u. s. w. festklemmen.

§ 2. Fig. 1 zeigt einen solchen Arbeitsbock mit Vorrichtung um das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten mit hydrostatischem Druck zu messen, Fig. 2 die schematische Anordnung. Ein vertikaler Millimetermaassstab aus Holz ist mit einem Loch auf einen messingenen Querstift im oberen Arbeitstisch des Arbeitsbocks aufgesteckt und durch einen aufgeschobenen Kork festgehalten. Auf dem Kork ruht das obere Ende der langen U-förmigen Glasröhre, deren untere Enden hochgebogen sind. Mit dem Kautschuckschlauch am oberen Ende des U-Rohres werden Wasser und eine Flüssigkeit, deren spezifisches Gewicht gemessen werden soll, in den beiden Schenkeln des U-Rohres aufgesogen, der Kautschuckschlauch mit einer Holzklammer zugeklemmt, das U-Rohr mit einem Kautschuckring und durchgestecktem Streichholz an der Millimeterskala befestigt. Eine Holzklammer klemmt zwei seitliche Millimeterskalen aus Papier hinter den kurzen aufwärts gebogenen Enden des U-Rohres am unteren Ende des Holzmaassstabes fest.

Der Höhenunterschied h_1 und h_2 der Kuppen des Wassers und der Flüssigkeit wird an der Millimeterskala gemessen. Nennt man σ_1 , σ_2 , λ das spezifische Gewicht des Wassers, der Flüssigkeit und der Luft, so ist

$$h_1 \sigma_1 + (h_2 - h_1) \lambda = h_2 \sigma_2,$$

$$\sigma_2 = \frac{h_1}{h_2} (\sigma_1 - \lambda) + \lambda.$$

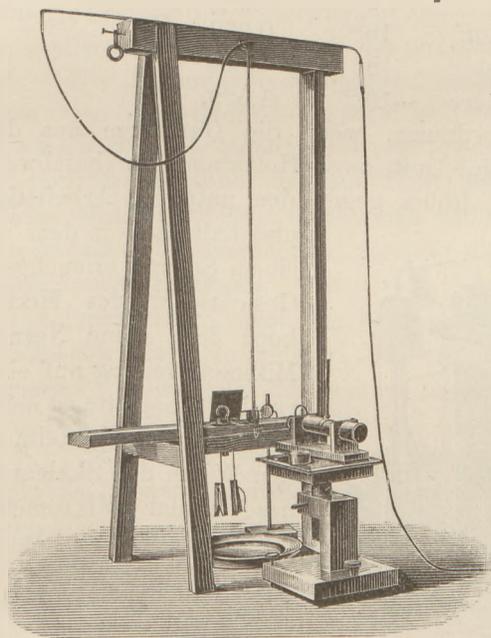


Fig. 3.

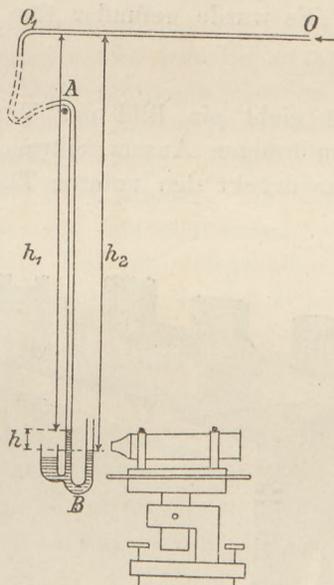


Fig. 4.

§ 3. Dichtigkeit von Gasen mit hydrostatischem Druck gemessen.

An einem Querstift im oberem Arbeitstisch des Arbeitsbocks wird ein Glasrohr AB (Fig. 3 und 4) aufgehängt, ein U-förmiges Glasrohr von 2 mm Durch-

messer mit einem langen und einem kurzen Schenkel und mit einem pfeifenförmigen Ansatz am unteren Teile des längeren Schenkels. Die unteren Teile des U-Rohres und der Pfeife enthalten eine Sperrflüssigkeit von bekanntem spezifischen Gewicht, z. B. Alkohol.

Man leitet das Gas, dessen spezifisches Gewicht gemessen werden soll (Wasserstoff, Leuchtgas), durch ein enges horizontales Glasrohr OO_1 auf dem oberen Arbeitstisch und durch eine enge Kautschuckröhre in das lange Glasrohr. Die Gasblasen entweichen durch die Flüssigkeit der Pfeife. Nach 1 Minute ist die atmosphärische Luft aus den engen Röhren ausgetrieben; man unterbricht den Gassstrom, indem man an der Oeffnung O des horizontalen Glasrohres die Verbindung mit der atmosphärischen Luft herstellt, und misst mit einem Kathetometer-Mikroskop (horizontalem Mikroskop mit vertikalem Okular-Mikrometer, das auf einer horizontalen Spiegelglasplatte verschoben werden kann) den Höhenunterschied h der Sperrflüssigkeit vom spezifischen Gewicht σ in beiden Schenkeln des U-Rohrs, mit einem hölzernen Millimetermaassstab die Länge h_1 der Gassäule über der Flüssigkeitskuppe im langen Schenkel des U-Rohrs bis zur horizontalen Glasröhre OO_1 . Ist h_2 die Höhe der atmosphärischen Luft über der Flüssigkeitskuppe im zweiten Schenkel des U-Rohrs, λ_1 und λ_2 das spezifische Gewicht des Gases und der atmosphärischen Luft, so ist

$$h_1 \lambda_1 + h \sigma = h_2 \lambda_2 \quad \text{oder} \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{h_2}{h_1} - \frac{h \sigma}{h_1 \lambda_2}, \quad h_2 = h_1 + h,$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \left(1 + \frac{h}{h_1}\right) - \frac{h}{h_1} \sigma \cdot 773 \cdot \frac{760}{B} (1 + \alpha t),$$

wo B die in Millimetern gemessene Barometerhöhe, α den thermischen Ausdehnungscoefficienten der Gase und t die Temperatur bezeichnen. 15,8^{sc} des Okular-Mikrometers waren 1^{mm}.

Es wurde gefunden für Wasserstoff	h 18 ^{sc}	λ_1 / λ_2 0,0693
Leuchtgas	8	0,554
Kohlensäure	-10,2	1,529.

Fig. 4 giebt ein Bild der Versuchsanordnung, wenn die Gasblasen aus dem pfeifenförmigen Ansatz entweichen. Eine mit zwei Holzklammern beschwerte Schnur drückt den unteren Theil des U-Rohrs gegen den mittleren Arbeitstisch und hält es so in dem von einem Spiegel erleuchteten Gesichtsfeld des Mikroskops fest. Eine Normal-Millimetertheilung auf einer runden Glasplatte ist neben dem U-Rohr aufgestellt, um den Werth der Skalenteile des Okular-Mikrometers direkt ermitteln zu können.

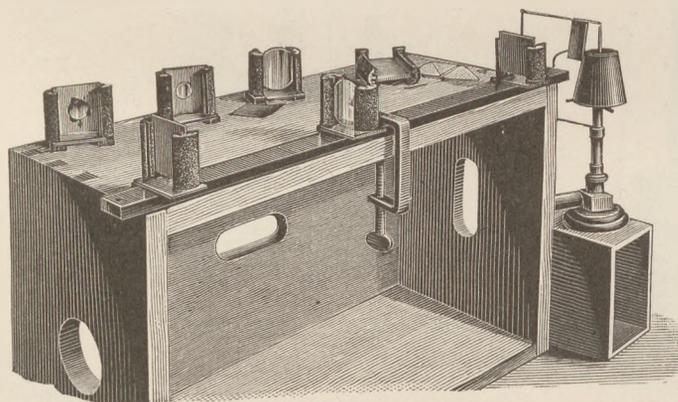


Fig. 5.

§ 4. Als Optische Bank benutze ich einen Meterstab oder Halbmeterstab aus Holz von 10×26 mm Querschnitt (Fig. 5), der in Millimeter geteilt ist und mit einer flachen eisernen Schraubzwinge auf den oberen Tisch des Arbeitsbocks oder an einem auf den grossen Arbeitstisch gelegten Hocker (vergl. § 1) festgeschraubt wird.

Die Schlitten der optischen Bank sind Glasplatten von $48 \times 28 \times 1,3$ mm (Objektträger für Mikroskope), an deren unterer Seite zwei Korkstreifen von $28 \times 11 \times 3$ mm mit wenig Kolophoniumkitt (4 Gewichtsteile Kolophonium mit 1 Gewichtsteil Wachs zusammengeschmolzen) festgekittet sind. Die Korkstreifen geben eine hinreichend sichere Führung und dienen als Füße, wenn die Schlitten vom Maassstab abgehoben und auf den Tisch gestellt werden. Der Kitt darf nicht an der Innenseite hervorquellen, wenn die Schlitten sich sanft auf dem Holzmaassstab verschieben sollen.

Auf der oberen Fläche der Glasschlitten sind mit demselben Kitt zwei Korksäulen befestigt, in welche Linsen, Planspiegel, Diaphragmen aus Zinkblech, Visitenkartenblätter von 35—40 mm Durchmesser eingeschoben werden können. Die Korksäulen erhält man, indem man mit einem scharfen fettigen Messer einen guten Weinkork in zwei Halbzyylinder zerschneidet, auf den beiden ebenen Schnittflächen mit einer Holzsäge drei parallele Längsschnitte macht, beide Teile an dem mittleren Längsschnitt auf die gegenüberliegenden Seiten einer Glasplatte von $40 \times 40 \times 1$ mm schiebt, die unteren vorstehenden Teile der Korke in eine Schale mit geschmolzenem Kolophoniumkitt taucht und so auf den Glasschlitten setzt, dass die Glasplatte \perp den Strichen der Millimeterteilung und \perp zur Fläche des Glasschlittens steht, was an dem Spiegelbild in der Glasfläche leicht kontrolliert werden kann. Nach dem Erkalten des Kolophoniumkitts wird die quadratische Glasplatte aus den Korksäulen herausgezogen und zur Konstruktion eines neuen Schlittens mit Korksäulen verwandt.

Die Lichtquelle ist ein rechtwinklig gebogener Platindraht von 0,2 mm Durchmesser in einer nichtleuchtenden Bunsenschen Glasflamme, der 50 mm vom Ende des Maassstabes entfernt in gleicher Höhe mit den Korksäulen des Glasschlittens aufgestellt wird. Ein dünner Eisendraht, dessen eines Ende unter dem Holzmaassstab festgeklemmt ist, und dessen anderes Ende 50 mm vorsteht, kontrolliert die richtige Lage der vertikalen Lichtlinie.

Der Platindraht mit angeschmolzenem Glasrohr wird von einem horizontalen Arm aus weichem Kupferdraht von 1 mm Dicke getragen, der an einem dicken vertikalen Messingdraht festgelöthet ist. Ein ähnlicher rechtwinklig gebogener Messingdraht ist am Rohr der Bunsenschen Lampe festgelötet. Auf beiden Messingdrähten schiebt sich ein horizontaler Korkeylinder. Das Ende des Kupferdrahts ist umgebogen, so dass die Glasröhre auf ihm sanft verschoben und gedreht werden kann, aber in jeder Lage durch Reibung festgehalten wird. Diese Einrichtung (vergl. Fig. 6) gestattet, der Lichtlinie schnell und sicher jede gewünschte Lage zu geben. Der vertikale Theil des Platindrahtes wird gerade gerichtet, indem man ihn in zwei auf einander senkrechten Richtungen zwischen zwei Objektträgern presst.

Auf den horizontalen und \perp zum Maassstab gestellten Teil des Platindrahts, ebenfalls 50 mm vom Holzmaassstab entfernt, kann man leichte Papierschirme aufhängen, auf welche die durch Reflexion entstandenen Bilder des Platindrahtes projiziert werden. Die Lichtlinie und die Bilder derselben sind so hell, dass sie auch bei Sonnenschein von mehreren Personen gleichzeitig gesehen werden können.

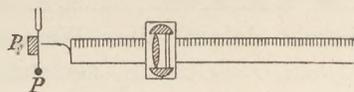


Fig. 6.

§ 5. Fig. 5 zeigt eine solche optische Bank, Fig. 6 die schematische Anordnung, um die Brennweite einer Convexlinse zu bestimmen. Man schiebt

die Linse und einen Planspiegel in die Korksäulen eines Glasschlittens und nähert diesen der Lichtquelle, bis ein scharfes umgekehrtes Bild des Platindrahtes P auf dem Papierschirm P_1 erscheint. Die Linse ist dann um die Hauptbrennweite f vom Papierschirm und Platindraht entfernt.

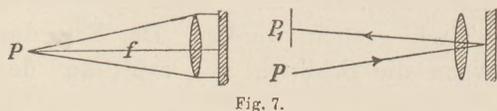


Fig. 7.

Stellt man die Lichtlinie anstatt etwas seitlich genau in der Axe des Holzmaassstabes auf und entfernt den Planspiegel, so hat man einen Collimator (Fig. 7). Von der Mitte der Lichtlinie fallen die Strahlen in einem Kegel auf die Linse (von 100—300 mm Brennweite) und treten aus der Linse parallel aus.

Lässt man das Bündel paralleler Lichtstrahlen auf eine zweite Linse auf einem zweiten Glasschlitten fallen und verschiebt einen Papierschirm mit einem dritten Glasschlitten bis wieder ein umgekehrtes Bild des Platindrahtes auf dem Papierschirm erscheint, so ist der Papierschirm von der zweiten Linse um die Hauptbrennweite entfernt (Fig. 8).

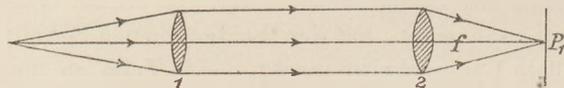


Fig. 8.

Die Bilder werden lichtschwächer, aber schärfer, wenn man in die Korksäulen quadratische Zinkplatten mit zentraler Öffnung einschiebt und die Randstrahlen abblendet. Kleinere Linsen werden mit Wachs auf solchen Zinkdiaphragmen befestigt und in die Korksäulen eingeschoben.

Statt Convexlinse und Planspiegel kann man auch einen Hohlspiegel oder eine schwach gekrümmte versilberte Convexlinse in die Korksäulen einsetzen und auf dem Maassstab verschieben, bis ein scharfes umgekehrtes Bild des Platindrahtes auf dem Papierschirm erscheint. Dann ist der Hohlspiegel um den Radius der Kugelfläche oder die doppelte Brennweite von dem Papierschirm entfernt.

Diese Beispiele werden genügen.

Auf der optischen Bank lassen sich mit 4 Glasschlitten, einigen Brillengläsern und Diaphragmen astronomisches und terrestrisches Fernrohr, Mikroskop mit Fadenkreuz oder Okular-Mikrometer, Galilei'sches Fernrohr, Gauss'sches Okular, ein Fernrohr mit 2 Halblinsen als Objektiv nach Art der Heliometer u. s. w. leicht herstellen und einem grösseren Zuhörerkreis übersichtlich vorführen. Aber auch für Versuche über Beugung und Interferenz wird man diese optische Bank benutzen und bei gleicher Genauigkeit bequemer damit messen können, wie mit den sonst gebräuchlichen, sehr kostbaren Instrumenten.

Ein Versuch über die Darstellung des Wassergases.

Von

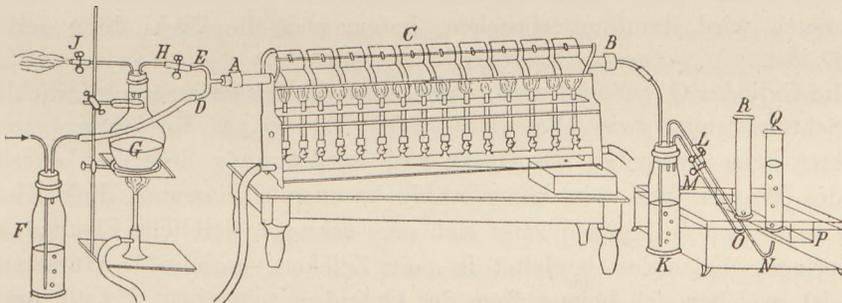
Dr. R. Lüpke in Berlin.

In den letzten Jahrzehnten ist ein vielversprechendes Verfahren der sogenannten Vergasung der Kohlen in die Praxis eingeführt, nämlich die Herstellung des Wassergases, eines Gemisches von Kohlenoxyd und Wasserstoff. Dieselbe beruht darauf, dass Wasserdampf durch glühende Kohlen nach der Gleichung $C + H_2O = CO + H_2$ zersetzt wird, ein Vorgang den schon FOURCROY im Jahre 1804 beobachtete. Eine kurze Darstellung dieser Neuerung findet sich im Lehrbuch der technischen Chemie von OST 1890, S. 22—26. Ein aus feuerfesten Steinen aufgeführter Schacht wird von oben mit Koks oder Anthracit gefüllt. Diese Brenn-

stoffe werden durch unten eintretenden Wind in Weissglut versetzt („Heissblasen“), wobei Generatorgas entsteht, das oben für sich abgeleitet wird. Hierauf wird nach Abstellung des Windes von oben Wasserdampf eingeblasen, der mit der Kohle obigen Prozess eingeht. Das Wassergas tritt unten aus dem Schacht aus und wird, nachdem es im Skrubber gewaschen und mit Kalk gereinigt ist, im Gasometer aufgesammelt. Durch das Einblasen des Wasserdampfes („Kaltblasen“) wird schon in 5 Minuten die Kohle so stark abgekühlt, dass man die betreffenden Ventile umschalten und 10 Minuten lang wieder Wind geben muss, damit die Kohle die zur weiteren Zersetzung des Wasserdampfes erforderliche Temperatur erlangt.

Auf derartige wichtige Neuerungen aus dem Gebiete der chemischen Technologie einzugehen, ist für den chemischen Unterricht wohl zu empfehlen. Wofür es aber irgend möglich ist, sind dieselben durch entsprechende Versuche verständlich zu machen, nehmen diese doch die Aufmerksamkeit des Schülers um so mehr in Anspruch, je grösser ihre Bedeutung für die Praxis ist. Über die Darstellung des Wassergases durch einen Schulversuch ist meines Wissens bisher nichts bekannt gemacht. Man könnte sich damit begnügen, auf dieselbe hinzuweisen, nachdem gezeigt ist, dass Wasserdampf durch erhitztes Magnesium oder glühendes Eisen zersetzt wird. Aber es macht auch die Zerlegung des Wasserdampfes durch glühende Kohlen durchaus keine Schwierigkeiten, und der Versuch lässt sich so einrichten, dass er eine Wassergasanlage ziemlich genau wiedergibt.

Ein Porzellanrohr *AB* von 15 mm lichter Weite wird mit Stücken von Holzkohle oder Koks gefüllt und in einen schräg gestellten Lampenofen *C* von etwa 15 Brennern, aus welchem man die Rinne entfernt hat, gelegt. Ein solches Rohr hält viele Versuche aus, wenn man langsam anwärmt und abkühlen lässt, ferner an den Stellen, wo dasselbe im Ofen aufliegt, Rinnen von Asbestpappe unterschiebt



und an beiden Enden vor die Kohle Bimsteinstücke legt, welche condensiertes Wasser aufsaugen. Ein schwer schmelzbares Glasrohr anzuwenden, ist nicht ratsam, da dasselbe durch etwa condensierte Wassertröpfchen zu leicht zersprengt wird. Ein eisernes Rohr, z. B. ein Flintenlauf, wäre zwar dauerhafter, aber es ist dann nicht ausgeschlossen, dass auch das Eisen bei der Zersetzung des Wasserdampfes mitwirkt. Die Öffnung *A* des Porzellanrohrs ist mit einem Kork verschlossen, in dessen Durchbohrung ein zu einer Spitze ausgezogenes Glasrohr steckt, welches sich aussen in die vertikal stehenden Schenkel *D* und *E* gabelt. *D* steht mit einem Sauerstoffgasometer in Verbindung; die eingeschaltete Waschflasche *F* gestattet, die durchgehenden Sauerstoffquantitäten abzuschätzen. Der Kolben *G* dient zur Entwicklung von Wasserdampf, der, wenn er erforderlich ist, durch

das Glasrohr *H* nach *E* geleitet wird, sonst aber durch das Rohr *J* entweicht. Die Röhren *H* und *J* sind durch Quetschhähne verschliessbar. Mit dem anderen Ende *B* des Porzellanrohrs ist die mit Natronlauge gefüllte Absorptionsflasche *K* verbunden, aus welcher die Gasmasse durch zwei mittelst der Quetschhähne *L* und *M* abstellbare Röhren *N* und *O* in die pneumatische Wanne *P* entweichen kann. Hier ist sie in den Cylindern *Q* und *R* aufzufangen.

Um mit dem beschriebenen Apparat Wassergas im kleinen darzustellen, wird zunächst das Porzellanrohr möglichst intensiv erhitzt und durch *D* ein mässig starker Sauerstoffstrom eingeführt. Hierdurch nimmt die Kohle im vorderen Teile des Porzellanrohrs eine bedeutend höhere Temperatur an, wobei sie zu Kohlensäure verbrennt. Diese aber wird im hinteren Teile des Rohres zu Kohlenoxyd reduziert. Letzteres tritt, nachdem von der Natronlauge der Flasche *K* etwa mitgerissene Kohlensäure absorbiert ist, durch das Rohr *N* in den Cylinder *Q*, in welchem sich bei normaler Grösse der Ofenflammen pro Minute 150 ccm Gas sammelt. Der Quetschhahn *M* ist noch geschlossen. Hat jene Kohlenoxydentwicklung, die der Bildung von Generatorgas während des Heissblasens in der Fabrik entspricht, etwa zwei Minuten gedauert, so geht man zum Kaltblasen über. Die Sauerstoffzufuhr wird unterbrochen, die Quetschhähne *H* und *M* werden geöffnet, *J* und *L* geschlossen, und nun wird der Wasserdampf im Porzellanrohr durch die Kohle zerlegt. Das entstehende Wassergas sammelt sich im Cylinder *R* an. In der Flasche *K* findet eine lebhaftete Condensation des überschüssigen Wasserdampfes und gleichzeitig eine Absorption von Kohlensäure statt, die sich nach der Gleichung $C + 2 H_2O = CO_2 + 2 H_2$ immer bildet, wenn die Temperatur der Kohle im Porzellanrohr unter 1000° sinkt. Es funktioniert somit die Flasche *K* zugleich als Skrubber und Reiniger. Nachdem das Kaltblasen eine Minute lang vor sich gegangen ist, in welcher Zeit 100 ccm Wassergas in *R* aufgefangen sind, wird wiederum nach Ein- und Ausschaltung der betreffenden Hähne heissgeblasen u. s. f., bis die etwa 500 ccm fassenden Cylinder *Q* und *R* gefüllt sind. Der Versuch wird dann unterbrochen, indem man die Verbindung der Flasche *F* mit *D* löst.

Im Cylinder *Q* befindet sich, wenn man die mitgerissenen schwachen Nebel durch Schütteln mit etwas Wasser beseitigt, fast reines Kohlenoxyd, und man beobachtet beim Anzünden des Gases und Verdrängung desselben durch einzu-giessendes Wasser eine rein blaue, ruhig brennende Flamme. Beim Entzünden der Gasmasse von *R* dagegen zeigt sich eine schwach gelbliche Flamme, die von einer geringen Explosion begleitet ist, ein Zeichen, dass in *R* Wasserstoff vorhanden ist, welcher sich beim Öffnen des Cylinders teilweise mit Luft mischt.

Man könnte nun vermuten, dass infolge zu geringer Temperatur das Kaltblasen im Porzellanrohr ausschliesslich nach der Gleichung $C + 2 H_2O = CO_2 + 2 H_2$ vor sich gehe, also bei dieser Phase des Prozesses überhaupt nur Wasserstoff in den Cylinder *R* gelange. Indessen ergab die Analyse seines Gasinhalts beträchtliche Mengen Kohlenoxyd. Um dasjenige Quantum Kohlenoxyd, welches sich kurz nach dem Heissblasen im Porzellanrohr und in der Absorptionsflasche noch vorfindet, von dem zu analysierenden, beim Kaltblasen entstehenden Gasgemisch gänzlich auszuschliessen, wurde das Heissblasen unterlassen, und nur diejenige Gasmenge gasometrisch geprüft, die sich bei der Einwirkung von Wasserdampf auf die Kohle des erhitzten Porzellanrohrs bildet. Es wurde der Messschmelkel eines U-förmigen Hofmann'schen Vorlesungseudiometers über Quecksilber

mit einem bestimmten Quantum des Gases gefüllt, nachdem dasselbe in mehreren mit Kalilauge gefüllten Absorptionsflaschen von Kohlensäure gänzlich befreit war. Sodann wurde die nach THOMAS (*Chem. News* 37,6) bereitete, Kohlenoxyd absorbierende Lösung von Kupferchlorür durch den Hahn des Messschenkels sehr langsam eingeführt, und das restierende Volumen abgelesen, als es nach mehreren Stunden constant blieb. Die folgende Tabelle enthält die Resultate von zwei Analysen:

I	II	III	IV		V			VI		
			Das Gemisch im Eudiometer vol %		Das aus dem Porzellanrohr kommende Gemisch			Das Wassergas der Fabrik		
			H	CO	H	CO	CO ₂	H	CO	CO ₂
1. Versuch	329,7	219,25	66,5	33,5	57,1	28,7	14,2	—	—	—
2. Versuch	349,24	230,24	65,9	34,1	56,9	29,4	13,7	—	—	—
Mittelwert	—	—	66,2	33,8	56,9	29,0	14,0	51,4	40,9	5,6

Die in der Kolumne II und III verzeichneten Volumina sind bereits auf den Zustand der Trockenheit sowie auf 0° und 760 mm Barometerstand reduziert. Wäre die Bildung des Gasgemisches nur nach der Gleichung $C + H_2O = CO + H_2$ erfolgt, so hätten die Volumina von Wasserstoff und Kohlenoxyd in der Kolumne IV gleich sein müssen. Die durch die Differenz derselben sich ergebende Wasserstoffmenge muss also von dem gleichzeitig verlaufenden Prozess $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ herrühren, so dass das Gasgemisch, welches das Porzellanrohr verlässt, noch Kohlensäure enthält und die in der Kolumne V verzeichnete prozentische Zusammensetzung hat. Aus diesen Zahlen der Kolumne V geht hervor, dass im Porzellanrohr der Prozess $C + H_2O = CO + H_2$ nahezu doppelt so oft stattfindet als der andere $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$. Nun ist nach ROSETTI (*Gazz. Ch. It. VII, S. 422—429*) die Temperatur der Bunsenschen Brenner etwas höher als 1200°. Berücksichtigt man aber, dass infolge von Verlusten die Temperatur der Kohle im Porzellanrohr an einzelnen Stellen unter 1000° sinken kann, so ist die Bildung von Kohlensäure wohl erklärlich. Immerhin ergibt die bei der Temperatur eines Lampenofens bewirkte Zersetzung des Wasserdampfes durch Kohle ein recht befriedigendes Resultat, und offenbar muss, wenn der durch Sauerstoff eingeleitete Prozess des Heissblasens mit dem des Kaltblasens abwechselt, die Kohlenoxydmenge im Zylinder B noch grösser sein, als die Kolumne IV anzeigt. Ferner sieht man in der Kolumne VI die Zusammensetzung des Wassergases, wie es sich in der Fabrik nach der vierten Minute des Kaltblasens bildet (*Ost, Lehrbuch der technischen Chemie, S. 25*); von den geringen Mengen Grubengas und Stickstoff ist dabei abgesehen. Vergleicht man die Zahlen der Kolumnen V und VI, so darf man wohl das Resultat des ganzen Versuchs ein günstiges nennen. Im Unterricht lässt sich der Nachweis von Kohlenoxyd im Wassergas qualitativ leicht dadurch führen, dass man ein längeres, mit Wassergas gefülltes und an dem einen Ende verschlossenes Glasrohr mit dem offenen Ende vertikal in eine Schale stellt, welche die Kupferchlorürlösung enthält. Letztere steigt dann allmählich im Glasrohr bis zu einer bestimmten Höhe auf.

Es entspricht also dieser Versuch der Wassergasdarstellung im allgemeinen dem Fabrikationsgang im grossen. Ein wesentlicher Unterschied besteht nur darin, dass beim Heissblasen nicht Luft, sondern Sauerstoff eingeleitet, und die

Kohle im Porzellanrohr von aussen besonders erhitzt wird. Diese Anordnungen werden durch die thermischen Verhältnisse, die bei den Prozessen obwalten, bedingt. Da die Bildungswärme des Kohlenoxyds für 1 g Kohlenstoff nur 2416 cal., die Verbrennungswärme für 1 g Kohlenstoff aber 8080 cal. beträgt, so ist, damit der Prozess des Heissblasens

$$C + CO_2 = 2CO + 24 \cdot 2416 - 12 \cdot 8080 = 2CO - 38976 \text{ cal.}$$

zu stande kommt, der Kohle ein sehr bedeutendes Wärmequantum hinzuzufügen. Es ist daher für den Versuch im kleinen dringend geboten, den Luftstickstoff auszuschliessen und das Porzellanrohr gehörig zu erhitzen. Dann aber ergeben sich auch ansehnliche Mengen von Kohlenoxyd, und schiebt man am Ende *B* des Porzellanrohres ein einfaches Glasröhrchen ein, so erhält man beim Anzünden des aus demselben entweichenden Gases eine weithin sichtbare Kohlenoxydflamme. Es wird also durch den Vorgang des Heissblasens auch die für die Technik so wichtige Reduktion der Kohlensäure durch glühende Kohlen genügend demonstriert, so dass man den diesbezüglichen, besonderen Versuch des Überleitens von Kohlensäure über glühende Kohlen (*Heumann, Anleitung zum Experimentieren, S. 399*) unterlassen kann. Aus den Gleichungen

$$C + H_2O = CO + H_2 + 12 \cdot 2416 - 2 \cdot 29000 = CO + H_2 - 29008 \text{ cal. und}$$

$$C + 2 H_2O = CO_2 + 2 H_2 + 12 \cdot 8080 - 4 \cdot 29000 = CO_2 + 2 H_2 - 19040 \text{ cal.,}$$

in denen die Zahl 29000 die Verbindungswärme für gasförmiges Wasser bei 100° pro Gramm Wasserstoff bedeutet, geht einerseits hervor, dass auch diese Prozesse eine bedeutende Wärmezufuhr nötig machen, für die jedoch der Lampenofen ausreicht, andererseits dass vom Moment des Kaltblasens an die Menge der Kohlensäure wächst, und diejenige des Kohlenoxyds abnimmt, also nach Erschöpfung des im Schacht der Fabrik während des Heissblasens erzeugten Wärmervorrates wieder Wind gegeben, und der Wasserdampfstrom unterbrochen werden muss.

Eine Vereinfachung der Anordnungen des Wassergasversuchs lässt sich in Anbetracht dieser thermischen Daten kaum erreichen. Es gelingt nicht, das Porzellanrohr durch ein wenn auch schwer schmelzbares Kugelrohr und den Lampenofen durch einen einzigen Brenner zu ersetzen.

Näheres über das Wassergas, namentlich über seine technische Verwertung und seine Vorzüge, möge man in der Zeitschrift „*Stahl und Eisen*“ 1889, No. 11 und 12 nachsehen. Hervorgehoben sei hier nur, dass der feste Brennstoff der Kohlen durch diesen Prozess der Vergasung in eine Form gebracht wird, in der er leichter zu handhaben ist und ohne Rauchbildung vollkommen verbrannt werden kann. Vor allem aber lassen sich mit dem gasförmigen Material so hohe Temperaturen erzeugen, wie man sie mit festem Brennstoff nicht erreichen kann. Daraus ergibt sich seine grosse Bedeutung nicht allein für die metallurgischen Schmelzprozesse, für die Arbeit des Schweisens bedeutenderer Eisenmassen und des Lötens grosser Rezipienten, sondern auch für die Zwecke der Beleuchtung. In letzterer Beziehung ist das Wassergas auf Grund seines geringen Preises und des hohen Hitzegrades seiner Flamme als ein wichtiger Konkurrent sowohl der Leuchtgas- als der elektrischen Beleuchtung aufgetreten. Während man früher die Flamme des Wassergases durch Karburierung leuchtend machte, werden in der Neuzeit als Glühkörper in die an sich nicht leuchtende Flamme Käme von Magnesianadeln eingesenkt, die an einem metallischen Halter befestigt sind. Es existieren in Deutschland bereits 47 Wassergasanstalten, die pro Stunde 11780 cbm Wassergas produzieren.

Über die Ableitungen für die Anziehung von Kugeln auf innere und äussere Punkte.

Von

Professor Dr. Alois Höfler in Wien.

Anknüpfend an die Schlussworte des Aufsatzes von SCHELLBACH im III. Jahrgange dieser Zeitschrift (S. 74—76) über die Anziehung der Kugeln: „Es kam mir bei diesen Mitteilungen hauptsächlich nur darauf an, zu zeigen, wie sich die algebraischen Rechnungen vereinfachen lassen“ — möchte ich die Aufmerksamkeit der Leser auf die beiden folgenden Ableitungen lenken, von denen die eine noch einfachere, die andere gar keine Rechnungen erfordert, und welche beide darin übereinstimmen, dass sie den Satz von der Anziehung der Kugelschalen auf äussere Punkte in lehrreiche Beziehung setzen zu dem für innere Punkte.

Aber auch die Eingangsworte jenes Aufsatzes: „Es ist ein entschiedener Mangel, dass in keinem Lehrbuche der elementaren Physik die angedeuteten Gesetze auf einfache Weise abgeleitet werden“¹⁾, verdienen noch aus einem besonderen Grunde Beachtung: Bei mangelhafter Einsicht in die Voraussetzungen und die wahren Gründe des Satzes von der Anziehung der Kugeln auf äussere Punkte droht nämlich die im Unterricht so wichtige Darlegung, wie NEWTON zuerst den Schwerebegriff für die Wirkung zwischen Erde und Mond erweitert hat, geradezu zu einem logischen Zirkel in grossem Style zu werden.

§ 1. Die folgende Ableitung schliesst sich an die in der Theoretischen Physik von THOMSON und TAIT (§§ 462—471) gegebene an.²⁾ Sie bedient sich bei der Berechnung der Anziehung einer Kugelschale sowohl auf einen inneren (I) wie auf einen äusseren Punkt (II) der bekannten geometrischen Methode für die Zerlegung einer (Kugel-) Fläche, indem ein innerer Punkt derselben als gemeinschaftlicher Scheitel unendlich schmaler körperlicher Winkel gewählt wird. Ist J (Fig. 1) ein solcher innerer

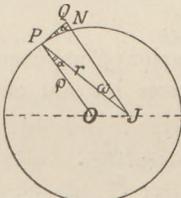


Fig. 1.

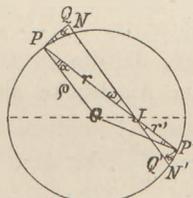


Fig. 2.

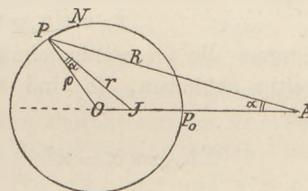


Fig. 3.

Punkt einer Kugelfläche, und ω das Maass des körperlichen Winkels, welches von der Kugelfläche das Element NP herauschneidet, so hat NP den Flächeninhalt

$$f = \frac{r^2 \omega}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (1)$$

wo $JP = r$, Fläche $PQ = r^2 \omega$ und Winkel $OPJ = NPQ = \alpha$.

Es sei ferner die Oberfläche einer Kugel vom Radius ρ belegt mit einer Masse M von der überall constanten Dichte δ . Wirkt die Menge μ dieser Masse auf die Masse 1 aus dem Abstand x mit der Kraft

$$k_x = x \frac{\mu}{x^2},$$

so wirkt die auf dem Element PN befindliche Masse auf die Masse 1 aus dem Abstand x mit der Kraft

¹⁾ Die in der ersten Zeit nach der Neuorganisation der Gymnasien in Österreich (1849) gebrauchten Lehrbücher von ETtingshausen und von KUNZEK haben einen sehr umständlichen Beweis für jenen Satz enthalten; spätere führen teils bloss den Satz ohne Beweis an, teils beschränken sie sich auf die unten in § 4 zu besprechende Symmetriebetrachtung.

²⁾ Nach einer Mitteilung von Herrn M. Koppe hat SCHELLBACH in seinem Unterrichte 1870 die Kugelanziehung nach THOMSONS Methode behandelt.

$$k_x = \kappa \delta \frac{\omega}{\cos \alpha} \cdot \frac{r^2}{x^2} \dots \dots \dots (2)$$

Nach diesen Vorbereitungen gestalten sich die beiden Ableitungen I und II so:

I. Ist der anzuziehende Punkt ein innerer, J (Fig. 2), so ist in (2) $x = r$ und daher

$$k_r = \kappa \delta \frac{\omega}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (3)$$

Da für je zwei innerhalb körperlicher Scheitelwinkel liegende Elemente PN und $P'N'$ wegen $\omega' = \omega$ und $\alpha' = \alpha$ auch die Kräfte $k' = k$, so ist die (kinetische) Gesamtwirkung der Kugel auf den inneren Punkt gleich Null. — Auch ohne förmliche Rechnung ist dies einleuchtend, da die beiden Kegel JPN und $JP'N'$ ähnlich sind, und die Massen ihrer Grundflächen sich gerade verhalten, wie die Quadrate der Abstände r und r' — also verkehrt, wie die Kräfte gleicher Massen sich verhielten.

II. Ist der anzuziehende Punkt ein äusserer, A (Fig. 3), wo $OA = a$, und seine Entfernung von dem Elemente nächst dem Punkte P gleich $AP = R$, so ist in (2) $x = R$ und daher

$$k_R = \kappa \delta \cdot \frac{\omega}{\cos \alpha} \cdot \frac{r^2}{R^2} \dots \dots \dots (4)$$

Da diese Formel noch keine Voraussetzung über die Lage des Scheitels J in Bezug auf den Punkt A enthält, so können wir sie so wählen, dass das variable Verhältnis r/R durch ein constantes ersetzt wird. Dies geschieht, wenn wir den Winkel $\alpha = OPJ$ gleich dem Winkel OAP machen: dann wird $JP : AP = OP : OA$ oder $r/R = \rho/a$ und

$$k_R = \kappa \delta \cdot \frac{\omega}{\cos \alpha} \cdot \frac{\rho^2}{a^2} \dots \dots \dots (5)$$

Überdies ist diese Lage des Hilfspunktes J ³⁾ unabhängig von der Lage des Punktes P , wie aus $OJ : \rho = \rho : a$ hervorgeht.

Bilden wir somit aus (5) den Ausdruck für die Componenten parallel OA

$$k_R \cos \alpha = \kappa \delta \omega \cdot \rho^2 / a^2 \dots \dots \dots (6),$$

deren Summe die Gesamtanziehung liefert, da die zu OA normalen Componenten sich wechselseitig aufheben, so sind in jenem Ausdrucke alle Grössen bis auf ω constant und daher

$$\Sigma k_R \cos \alpha = \kappa \delta \frac{\rho^2}{a^2} \Sigma \omega = \kappa \delta \frac{\rho^2}{a^2} \cdot 4\pi = \kappa \frac{4\pi \rho^2 \delta}{a^2} = \kappa \frac{M}{a^2}.$$

Also: Die Gesamtanziehung ist nach Richtung und Stärke gleich der Anziehung einer in O befindlichen Masse M . — (Die Sätze über Kugelschalen, Vollkugeln u. s. f. folgen dann auf bekannte Weise.)

§ 2. Auf ganz anderen Grundlagen, den Begriffen des Potentials und der Niveauflächen, beruht eine Ableitung von TUMLIRZ⁴⁾, welche MACH in sein soeben erschienenen

³⁾ Die Lage des Punktes J kann durch verschiedene Merkmale definiert werden: Er ist der vierte harmonisch zugeordnete Punkt zu A und zu denjenigen Punkten der Kugel, welche von A den kleinsten und den grössten Abstand haben; oder der zu A conjugierte Pol des Kreises, welcher wieder seinerseits durch verschiedene Merkmale definiert werden kann — so durch $OJ : OP_0 = OP_0 : OA$ (durch diese Proportion führen THOMSON und TAIT den Hilfspunkt J ein, a. a. O., deutsche Ausgabe, S. 16, II. Bd.) — oder als Durchschnittspunkt zwischen OR und der „Polare“ zu A (der Geraden, welche die Berührungspunkte der beiden von A an den Kreis gezogenen Tangenten berührt; in welcher Eigenschaft der Punkt J in der Fig. 1 der SCHELLBACH'schen Abhandlung vorkommt, ohne aber bezeichnet zu sein oder verwendet zu werden. Die oben benutzte Einführung des Punktes J durch das Auftragen der Winkel $OPJ = OAP$ dürfte am unmittelbarsten die beiden für die Ableitung benutzten Beziehungen $r/R = \rho/a$ und $OJ = \rho^2/a$ liefern. — Nachträglich fand ich diese Modifikation der Ableitung von THOMSON und TAIT auch bei SCHELL (Theorie der Bewegung und Kräfte, II. Aufl., II. Bd., S. 285) benutzt.

⁴⁾ Das Potenzial und seine Anwendung zu der Erklärung der elektrischen Erscheinungen. Hartleben. 1884 (S. 39—42).

Lehrbuch der Physik aufgenommen hat. Vermeiden wir jene beiden Begriffe, indem wir unmittelbar auf die entsprechenden Eigenschaften des Arbeits-Begriffes zurückgehen, so können wir die Voraussetzungen und einzelnen Schritte jener Ableitung so gliedern:

I. Über eine Kugelfläche mit dem Mittelpunkt O (Fig. 4) sei eine Masse (Ladung) M in einer homogenen Schicht ausgebreitet. — II. Ausserhalb derselben, in A , befinde sich ein Massenpunkt m , der später in einen etwas entfernten Punkt A' gebracht wird. Die durch A und A' um O als Mittelpunkt gelegten Kugelflächen nennen wir kurz Fläche K und K' . — III. Je zwei Teilchen von M und m ziehen sich nach NEWTON's (Coulomb's) Gesetz an. — Nun denken wir uns M und m aus den in I. und II. vorausgesetzten Lagen der Reihe nach folgenden Verschiebungen unterworfen: Einmal 1. Verschiebung von m

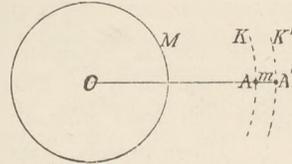


Fig. 4.

aus A nach A' ; 2. gleichmässige Verbreitung von m auf der Fläche K' ; 3. Concentrierung von M in O ; 4. Wiedervereinigung von m in A' — ein andermal: 5. gleichmässige Verbreitung von m auf der Fläche K ; 6. Concentrierung von M in O ; 7. Wiedervereinigung von m in A ; 8. Verschiebung von m aus A nach A' . — Von diesen Verschiebungen haben nur die 1. und 8. Arbeit erfordert, dagegen die 2., 4., 5., 7. keine Arbeit, weil keine Änderung des Abstandes der anziehenden Teilchen stattfand, und 3. und 6. keine Arbeit, weil die Verschiebung im Inneren der anziehenden Kugelflächen K' und K stattfand. Da nun die Anfangs- und Endconfiguration bei der Reihe von Verschiebungen 1 bis 4 dieselben sind wie bei 5 bis 8, und somit die im Ganzen geleisteten Arbeiten einander gleich sind, so ist die Arbeit 1, welche entgegen der Anziehung der in der Kugelschicht verteilten Masse zu leisten ist, gleich der Arbeit 8, welche entgegen der Anziehung der im Mittelpunkte concentrirten Masse zu leisten ist. Folglich sind auch die zu jenen Arbeiten erforderlichen Kräfte gleich.

Misst man den wissenschaftlichen, und umso mehr den didaktischen Wert einer physikalischen Ableitung an dem Hervortreten der physikalischen Gedanken gegenüber den mathematischen, so darf man diese Ableitung ein Muster nennen. Denn nicht nur äusserlich ist alles „Rechnen“ vermieden, sondern es zeigt auch jeder Schritt in der Voraussetzung und im Beweis von selbst, warum er hat gemacht werden dürfen und müssen. So würde z. B. die Behauptung, dass bei den Verschiebungen 2, 4 und 5, 7 keine Arbeit geleistet wird, auch bei allen anderen Kraftgesetzen gelten, sofern die Kraft bloss eine Funktion des Abstandes ist (womit hervortritt, dass und warum die Ableitung gerade für homogen belegte Kugeln gilt), aber dass bei 3 und 6 keine Arbeit geleistet wird, gilt nur ⁵⁾ beim verkehrt quadratischen Gesetz, indem nur dann die Kräfte sich aufheben, wenn sie sich verkehrt verhalten, wie die in den Flächen K' bezw. K liegenden Grundflächen des Doppelkegels, also wie die Quadrate der Abstände.

§ 3. Es sei gestattet, anknüpfend an die letzte Bemerkung, einen Augenblick bei der Frage der Umkehrbarkeit der Sätze über die Anziehung der Kugeln zu verweilen; sie wird uns für die Beurteilung des eingangs erwähnten und in § 5 näher zu besprechenden „Zirkels“ wesentlich werden.

Schon NEWTON ⁶⁾ hat gezeigt, dass nicht nur für das Kraftgesetz $\chi\mu/r^2$, sondern auch für $\chi\mu \cdot r$ der Satz gilt, dass die Anziehung einer homogenen Kugel (Kugelschale) auf einem äusseren Punkt nach Richtung und Grösse ebenso erfolgt, als wenn die ganze Masse im Mittelpunkte vereinigt wäre; und dieser Satz gilt bei jenem Kraftgesetze wörtlich auch für die Anziehung auf innere Punkte — also hierin im Unterschied zum Gesetze $\chi\mu/r^2$.

Die Beweise sind einfach und lehrreich: Zunächst gilt sowohl für den äusseren

⁵⁾ МАЧН (a. a. O. S. 195) hebt dies ausdrücklich hervor, dass „für das verkehrt quadratische Gesetz, und nur für dieses, das Verschwinden der Influenzwirkung auf einen inneren Punkt“ folgt.

⁶⁾ Mathematische Prinzipien der Naturlehre (deutsch von Wolfers, 1872. § 120, S. 198—201).

Punkt P_a wie für den inneren P_i (in Fig. 5 mit P_1 bezeichnet), dass die in die Richtung SP fallende Komponente proportional $PH \cdot \cos GPH = PG$ und somit für alle gleichen Massenelemente der zu SP normalen Ebene EF constant ist. Daher ist dann die Gesamtanziehung nach SP für Paare von symmetrisch zu S gelegenen Ebenen EF und ef proportional den Ausdrücken

$$\begin{aligned} \text{I. für } P_a: \quad & EF(PG + Pg) & \text{II. für } P_i \quad & EF(PG - Pg) \\ & = 2 EF \cdot PS, & & = 2 EF \cdot PS, \end{aligned}$$

wo die weitere Summierung aller $2 EF = EF + ef$ sowohl für I wie für II die ganze Kugelmasse giebt. — Durch Subtraktion der Wirkungen zweier concentrischer Vollkugeln ergibt sich dann auch die Giltigkeit des Satzes für die Kugelschalen.

Einen Beweis, dass aber auch nur für jene beiden Kraftgesetze $\chi\mu/r^2$ und $\chi\mu \cdot r$ (und für Summen ihrer Wirkungsgrößen von der Form $A \cdot r + B/r^2$) die Anziehung auf den äusseren Punkt so erfolge, als ob die ganze Masse im Mittelpunkt der Kugel vereinigt wäre, hat LAPLACE ⁷⁾ gegeben, ohne eine Andeutung darüber, ob ein solcher Beweis schon früher geliefert oder ob auch nur die Frage aufgeworfen worden sei, warum nicht etwa auch noch andere Kraftgesetze an jener merkwürdigen Folgeeigenschaft der beiden Gesetze teilhaben. —

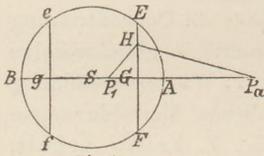


Fig. 5.

Das in § 2 benutzte Verfahren zur Ableitung des Satzes über die nach dem Gesetze $\chi\mu/r^2$ auf äussere Punkte wirkenden Kugeln lässt sich auch auf solche übertragen, welche nach dem Gesetze $\chi\mu \cdot r$ wirken. Nennen wir die zu den dort beschriebenen acht Verschiebungen erforderlichen Arbeiten $T_1, T_2 \dots T_8$, so sind jetzt T_3 und T_6 zwar nicht mehr $= 0$, aber sie sind noch immer einander gleich ⁸⁾, weil die Teile von M , während sie innerhalb der über die Kugelflächen K und K' verbreiteten Masse m bewegt werden, Kräften unterliegen, die von dem Radius a und a' jener Kugeln unabhängig (nämlich nur dem jeweiligen Abstände x von dem Mittelpunkt direkt proportional) sind. Da im übrigen wieder $T_2 = T_4 = 0$ und $T_5 = T_7 = 0$, so können wir auch wieder wie in § 2 erklären, dass $T_1 = T_8$. —

Verallgemeinern wir den Gedankengang, in welchem offenbar die Bedingung $T_3 = T_6$ den „nervus probandi“ darstellt, so erhalten wir den

Lehrsatz: Nur bei solchen Kraftgesetzen wirken Kugelschalen auf äussere Punkte so, als ob ihre ganze Masse im Mittelpunkte vereinigt wäre, für welche die Anziehung auf innere Punkte unabhängig ist von der Grösse des Halbmessers der Schale.

§ 4. Kehren wir von der Frage nach der Umkehrung des Satzes zu ihm selbst und zu seinen Beweisen zurück, so muss bemerkt werden, dass ein nicht selten anzutreffender „Beweis“, der freilich noch viel einfacher wäre, eine blossе Erschleichung ist. — So glaubt z. B. KREBS ⁹⁾ auf Grund der bekannten Betrachtung über die symmetrische Zuordnung je zweier Massenpunkte der Erde in Bezug auf einen äusseren Punkt schliessen zu dürfen: „... Die Gesamtresultierende der Anziehungen aller Punkte der Erde auf einen

⁷⁾ *Traité de mécanique céleste*, Tome I, livre II, chap. II, n^o. 12 (Ausgabe „An VII“, S. 140 – 142). Die Bedingung, dass die in ihren Elementen nach dem Kraftgesetze $\varphi(r)$ wirkende Kugelschale einen äusseren Punkt so anziehe, als ob die ganze Masse im Mittelpunkte vereinigt wäre, wird als Funktionsgleichung dargestellt, die als Lösung $\varphi(r) = Ar + B/r^2$ liefert, wo A und B arbiträre Constanten sind. — Es könnte auf den ersten Blick befremden, warum nicht umso mehr auch $\varphi(r) = C$ eine Lösung giebt; vergl. die „Denkaufgabe“ No. 24 auf S. 136 dieses Heftes.

⁸⁾ Nämlich $T_3 = T_6 = \chi M m \int_p^0 x dx = -\chi M m \frac{p^2}{2}$, wie auch elementar durch die bekannte

graphische Darstellung der Arbeit als Dreiecksfläche gezeigt werden kann.

⁹⁾ Leitfaden der Experimentalphysik für Gymnasien u. s. f., 1881, S. 42. 2. Aufl. 1887, S. 46.

ausserhalb befindlichen Punkt geht demnach durch den Mittelpunkt der Erde, oder mit andren Worten, man kann annehmen, es ginge die Gesamtanziehung der Erde von ihrem Mittelpunkt aus.“ Hiervon ist soviel richtig, dass, wo immer die anziehenden Punkte ausserhalb der Erd- (oder einer anderen aus NEWTON'scher oder aus einer nach einem beliebigen Kraftgesetze anziehenden oder abstossenden Masse bestehenden) Kugel sich befinden, die Richtung der Resultierenden durch den Mittelpunkt der Kugel geht: dies, aber auch nur dies folgt aus der Symmetriebetrachtung. Aber schon dass hierbei der Mittelpunkt selbst eine ausgezeichnete Rolle gegenüber irgendwelchen anderen Punkten der jeweiligen Centrale bilde, ist durch die Symmetriebetrachtung nicht begründet. Der Umstand, dass alle Symmetralen sich im Mittelpunkt schneiden, beweist nichts: denn gesetzt, es wäre ein vor oder hinter dem Mittelpunkt liegender Punkt, von dem man sich für eine bestimmte Stelle des anziehenden Punktes die Anziehung ausgehend gedacht hatte, so würde im allgemeinen jener Punkt mit dem anziehenden wandern, und zwar auf einer mit der anziehenden Kugel concentrischen Kugelfläche, solange der angezogene Punkt seine Entfernung von der Kugel nicht ändert. Vollends dass „die Gesamtanziehung der Erde“ (— das kann doch nichts anderes heissen wollen oder wird wenigstens von dem Schüler nicht anders aufgefasst werden, als: die Anziehung, welche die ganze Masse der Erde ausüben würde, wenn sie in einem Punkte vereinigt wäre) als „von ihrem Mittelpunkte ausgehend“ angenommen werden müsse, ist — falls an Richtung und Grösse gedacht werden soll — eine ganz andere Behauptung als die, von der sie sich nach der angeführten Stelle nur durch „andere Worte“ unterscheiden soll.

Diese andere Behauptung ist aber nicht nur unbewiesen, sondern im allgemeinen sogar geradezu falsch, da sie über das Kraftgesetz gar nichts voraussetzt; falsch nämlich für die unendlich vielen ausser den beiden, auf welche der LAPLACE'sche Beweis führt.

Überdies: Nicht nur auf Kugeln, sondern auch auf andere Gebilde mit mindestens zwei Symmetralen würde sich ja die Symmetriebetrachtung anwenden lassen. Z. B. Wie wirkt eine homogen mit der Masse M belegte Strecke von der Länge 2ρ auf einen in ihrer Verlängerung liegenden Punkt A von der Masse 1 ? Schon ohne Rechnung¹⁰⁾ leuchtet ein, dass die Gesamtwirkung zwar die Richtung gegen den Mittelpunkt O der Strecke, nämlich die Richtung AO , — ebenso gewiss aber, dass sie, wenn die Massen nach NEWTON'S Gesetz wirken, nicht die Grösse hat, als wäre die ganze Masse in O vereinigt; denn vergleichen wir die Wirkung dreier gleich grosser Massenteilchen, eines in O , zwei andere nach beiden Seiten gleich weit von O , so bleibt die Wirkung des entfernteren um mehr hinter der des mittleren zurück, als diese von der des näheren übertroffen wird; die Gesamtanziehung je zweier symmetrischer Massenteilchen wird also nicht ersetzt, wenn wir sie in den Massenmittelpunkt übertragen denken.

Merkwürdig ist, dass es schon dem Altertum völlig geläufig war, den Erdmittelpunkt als „Sitz der Schwere“ zu denken¹¹⁾: offenbar auch nur auf Grund der Symmetriebetrachtung, dass die Richtungslinien der Schwere sich alle in jenem Punkte schneiden; wobei es keinen wesentlichen Unterschied macht, dass man vor NEWTON die Wirkungen der Schwere noch nicht als Resultierende der Wirkungen der einzelnen Massenteile der Erde auffassen gelernt hatte. Wie wenig aber jene antike Vorstellung Anspruch hat, die

¹⁰⁾ Die Rechnung liefert für die Gesamtanziehung nach NEWTON'S Gesetz

$$K = \kappa \int_{-\rho}^{+\rho} \frac{\delta \cdot dx}{(a-x)^2} = \kappa \cdot \frac{2\rho\delta}{a^2 - \rho^2} = \kappa \frac{M}{a^2 - \rho^2}$$

und nicht $\kappa M/a^2$, welches vielmehr erst der Grenzwert für den Fall ist, dass a unendlich gross wird gegen ρ . Dass man sich in diesem letzteren Falle die anziehende Masse in dem Massenmittelpunkt vereinigt denken kann, dürfte wieder ohne alle Rechnung einleuchten, und zwar ebensowohl für die Gerade, wie für die Kugel; POISSON beweist es im § 99 des ersten Bandes seines Lehrbuches der Mechanik allgemein für wie immer geformte anziehende Massen.

¹¹⁾ WHEWELL, Geschichte der induktiven Wissenschaften. Deutsch von LITTRON, I. Bd. S. 52.

Beweise für NEWTONS Satz von der Anziehung von Kugeln auf äussere Punkte überflüssig zu machen, bedarf keiner weiteren Erörterung.

§ 5. Wie NEWTON den Gedanken einer bis auf den Mond wirkenden Schwere der Erde und damit den einer allgemeinen Gravitation überhaupt zuerst gefasst und bewiesen habe, ist unzähligemal so dargestellt worden: Er fand die Beschleunigung des Mondes gegen die Erde 3600 mal so klein, als die von Körpern, welche nahe der Erdoberfläche fallen; da nun ein solcher Körper vom Erdmittelpunkt 1 Erdradius, der Mond 60 Erdradien entfernt ist, so verhalten sich die Anziehungen verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen. — Mit welchem Rechte führt man aber als „Entfernungen“ gerade die vom Erdmittelpunkt ein? Nur wenn man schon weiss, dass die Erde nach dem Gesetze $1/r^2$ (— das andere, nämlich einer proportional der Entfernung zunehmenden Anziehung erscheint von vornherein unplausibel —) sowohl auf die an ihrer Oberfläche befindlichen Körper, wie auf den Mond wirkt, gewinnt ja ihr Mittelpunkt die besondere Bedeutung als „Sitz“ der Anziehung im neueren Sinne. — Dies also der eingangs angekündigte „Zirkel“¹²⁾.

Wie lässt er sich nun für den Unterricht unschädlich machen? — Zunächst dürfte es sich empfehlen, schon vor der concreten Anwendung auf die Anziehung zwischen Erde und Mond die Aufgabe von der Anziehung der Kugeln in abstracto zu behandeln (— etwa als Abschluss des Abschnittes über die Zusammensetzung von Kräften — wobei die besondere Rücksicht auf das Kraftgesetz $1/r^2$ vorläufig motiviert werden mag durch die Wichtigkeit, welche man ihm bereits bei den „Fernwirkungen“ des Schalles, Lichtes, der Elektrizität u. s. f. zukommen sah, sowie durch die Beziehung zur Ausbreitung in quadratisch mit dem Halbmesser wachsenden Kugelflächen, auf welche bei der Intensität des Lichtes u. s. f. hingewiesen zu werden pflegt). Es wäre hierbei wenigstens anmerkwürdigweise mitzuteilen, dass nur für das Gesetz $1/r^2$ (und für das der direkten Proportionalität zu r) der Mittelpunkt „Anziehungspunkt“ ist — wie man ihn etwa kurz nennen könnte. — Wenn dann in einem späteren Abschnitt jener erste Gedankengang NEWTONS (1666) erzählt wird, so mag es zunächst immerhin in der einfachen, herkömmlichen Form geschehen, und der Lehrer es darauf ankommen lassen, ob ein Schüler selbst jenen Zirkel in der Beweisführung merkt: gesetzt, dies geschähe nicht (und auch nicht auf eine zur Vorsicht mahnende Andeutung des Lehrers), so wäre wie zu einer logisch coordinierten, nur

¹²⁾ Ob NEWTON selbst, als er zuerst (um 1666) den Gedanken ausbildete, dass sich die Schwere bis zum Monde erstrecke, jene Lücke der Beweisführung bemerkt hat, würde einer historischen Untersuchung bedürfen, von der ich nicht beurteilen kann, ob sie derzeit noch zu einem Ergebnis führen könnte. In der systematischen Darstellung der Gravitations-Lehre, welche NEWTON in den „Mathematischen Prinzipien der Naturlehre“ 1686 (der deutschen Übersetzung von Wolfers 1872 liegt jene erste Ausgabe zu Grunde) giebt, wurden zuerst (II.—IX. Abschnitt) die Gesetze der Zentralbewegungen für Punkte und erst im XII. Abschnitt die Anziehungen von Kugeln behandelt; beides zunächst in Form abstrakt-theoretischer Probleme, ohne Anwendung auf die concreten physikalischen Vorgänge (wie auch überall ausser dem Kraftgesetz $1/r^2$ noch andere fiktive Kraftgesetze in Rechnung gezogen werden). Erst im III. Buch, „Vom Weltsystem“, werden die concreten Anwendungen gegeben. Hier nun werden die „Erscheinungen“ (Wolfers, S. 382—384) in folgender Reihenfolge beschrieben und dann (I. Abschnitt, „Von den Ursachen des Weltsystems“, a. a. O. S. 385 ff.) in ebensolcher Reihenfolge durch die theoretischen Entwicklungen der vorausgegangenen Bücher erklärt: 1. Bewegungen der Jupitertrabanten. 2. Trabanten des Saturn. 3. bis 5. Bewegungen von Mercur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn um die Sonne. 6. „Der Mond beschreibt, mit den nach der Erde gezogenen Radien, eine der Zeit proportionale Fläche“. — Die beiden §§ 3 und 4 (a. a. O. 385—387), welche zeigen, dass die Kraft, welche den Mond gegen die Erde zieht, „dem Quadrat des Abstandes seiner Örter vom Centrum der Erde umgekehrt proportional ist“ und dass „der Mond gegen die Erde schwer ist“, benützen nicht den Satz, dass die Erde auf die an ihrer Oberfläche befindlichen Körper so wirkt, als ob die Erdmasse im Erdmittelpunkt vereinigt wäre. NEWTONS spätere systematische Darstellung ist also von dem besprochenen Zirkel frei.

rechnerisch schwierigeren Untersuchung überzugehen zur späteren Ableitung aus den Planetenbewegungen (1686). Ist aber der Schüler mit dieser strengen Ableitung des Gravitationsgesetzes aus den Kepler'schen Gesetzen einmal vertraut, und hat er insbesondere eingesehen, dass diese die nicht bloss notwendige, sondern auch ausreichende Voraussetzung für jenes bilde — die „Planetenrechnung“ also unabhängig von der „Mondrechnung“ giltig ist, so mag nun hinterher jener Zirkel rückhaltslos aufgezeigt werden. Es wird dann gerade an dem Umstand, dass die Mondrechnung noch nicht logisch einwurfsfrei gewesen war, recht fühlbar werden, wieviel auch zu jener grossartigen Entdeckung der Gravitation glücklich vorbereitende, aber noch nicht endgiltig beweiskräftige Gedanken gethan haben. Schon dass das eine Wertepaar 60 . . . 1/3600 zu einer Induktion des Gesetzes $1/r^2$ rein logisch genommen durchaus unzureichend war, und dass es NEWTON trotzdem, ja trotz ganz ungenauer Zahlenwerte (— die ihn freilich anfänglich die ganze Untersuchung für Jahre bei Seite legen liessen —) für eine wertvolle Bestätigung des vor ihm von Mehreren geahnten Quadrat-Gesetzes nahm, ist ein Zug, der in der Geschichte genialer Entdeckungen sich mehrmals als typisch bewährt hat. — Insbesondere aber lässt sich die Rolle, welche die noch aus durchaus unreifen Vorstellungen herrührende Auffassung des Erdmittelpunktes als quasi-Ausgangspunkt der Schwerkräfte bei der Einführung der Zahlen 60 und 1/3600 gespielt hat, in Parallele stellen mit jener anderen glücklichen Fügung, dass KEPLER sein „drittes Gesetz“ gar nicht hätte finden können, wenn er als Zentralpunkt des Planetensystems statt des nur als Annäherung zulässigen Sonnenmittelpunktes sogleich den Massenmittelpunkt des gesamten Planetensystems hätte einführen wollen.

Wie lassen sich die Bewegungen der Himmelskörper demonstrieren?

Von

Professor Dr. P. Salcher in Fiume.

In einer schwierigen Lage befindet sich der Lehrer der Physik, wenn er im Vortrage auf einen wichtigen Vorgang in der Natur nur mit Worten hinweisen kann, ohne ihm durch einen Versuch entsprechend Nachdruck geben zu können. In solcher Lage befand ich mich bis vor Kurzem jedesmal, wenn ich beim Vortrage der Centralbewegung zum Punkte kam, wo es den näheren Charakter der Kegelschnittlinie, ob Ellipse, Parabel oder Hyperbel, durch die Geschwindigkeitsverhältnisse erörtern hiess. Ich erlaube mir nun im Nachstehenden einen einfachen und beweiskräftigen Versuch zu beschreiben, durch den sich die Bewegung der Himmelskörper demonstrieren lässt.

Die Himmelskörper machen Centralbewegungen unter der Wirkung einer Kraft:

$$p = \frac{f \cdot m m'}{r^2};$$

m und m' bedeuten bekanntlich die Massen der in Wechselwirkung stehenden Körper, r ihren Abstand und f eine Constante. Nach eben demselben Gesetz, Newtons Gesetz der Gravitation genannt, wirken zwei Magnetpole, oder ein Pol und eine als Punkt anzusehende unmagnetische Masse, etwa ein kleines Eisenkügelchen, aufeinander.

Biebt der Pol fest und bekommt das Kügelchen auf irgend eine Art eine Geschwindigkeit erteilt, so muss es unter der Wirkung des Poles eine Centralbewegung vollführen, also sich so bewegen wie ein Himmelskörper.

Zu dem Ende bedient man sich eines kräftigen Magneten, etwa des in physikalischen Sammlungen gewöhnlich vorhandenen Elektromagneten für diamagnetische Versuche. Auf den einen Pol setzt man einen spitzzulaufenden Polschuh und bringt darüber horizontal eine Glasscheibe, welche an der unteren, die Polspitze berührenden Seite mit weissem Papier beklebt ist. Um an der oberen Seite die Lage der Spitze zu markieren, zeichnet man entweder vor dem Bekleben auf das Papier einen kleinen Kreis und stellt die Scheibe so, dass der Kreis gerade über der Spitze sich befindet, oder man taucht das zum Versuche benutzte Eisenkügelchen (sehr gut eignen sich Stahlkügelchen, wie

sie zu Kugellagern der Zweiräder verwendet werden) in Tusche und bringt es ungefähr über der Spitze auf die Glasplatte. Es rollt an die Stelle, unter welcher sich der Magnetpol befindet, und ein kleiner Kreis bezeichnet nach dem Abheben des Kügelchens die betreffende Stelle.

Um dem Kügelchen eine Geschwindigkeit von bestimmter Grösse und Richtung zu geben, dient eine 20 bis 30 cm lange bogenförmige Blechrinne (Fig. 1), welche in einen Holzblock geklemmt, seitlich an einzelnen Stellen mit kleinen Hebeln versehen ist. Durch den Gebrauch des einen oder andern lässt sich das in die Rinne gelegte Kügelchen an einer höheren oder tieferen Stelle zuerst festhalten und dann, durch Ausheben des in die Rinne gesenkten Hebelendes, abrollen. Hierbei nimmt es beim Verlassen der Rinne eine grössere oder kleinere Geschwindigkeit an. Man stellt den Holzblock so auf die Glasscheibe, dass das rollende Kügelchen in entsprechender Nähe am Magnetpol P vorbeikommt. Bei zu grosser Entfernung davon oder

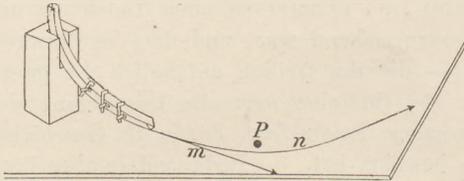


Fig. 1.

zu grosser Geschwindigkeit, sowie im Falle, wenn die unter P liegende Spitze noch nicht magnetisch ist, geht dasselbe in einer Geraden m bei P vorüber; sonst aber erfährt es eine Ablenkung und beschreibt eine Kurve n .

Man lässt das Kügelchen wiederholt von verschiedenen Höhen abrollen; je geringer seine Geschwindigkeit ist, desto mehr macht sich die Ablenkung durch den Magnetpol bemerkbar. Bei grösserer Geschwindigkeit tritt der hyperbolische Charakter der Kurve ganz deutlich hervor, bei entsprechend verminderter das Bestreben des Kügelchens, elliptisch um den Pol sich zu bewegen. Thatsächlich beschreibt es, da zur Centralkraft die wenn auch geringe Reibung kommt, eine Spirale.

Man tauche das Kügelchen, bevor es in die Rinne gebracht wird, in Tusche und veranlasse es nun, seine Bahn geradezu aufzuzeichnen. In Fig. 2 sind die geradlinige Bahn a und die Kurven b, c, d die verjüngte Kopie einer solchen durch das Kügelchen selbst besorgten Aufzeichnung. Die Bahn b zeigt eine Krümmung nur in der Nähe von P ; sie ist eine Hyperbel, wie derartige Kurven von Kometen, die sich mit grosser Geschwindigkeit bewegen, beschrieben werden. Die Kurve c entspricht einer kleineren Geschwindigkeit, und d ist eine Spirale, deren einzelne Teile sich als Ellipsen auffassen lassen. Man sieht, dass der Pol (Centralpunkt) nicht in der Mitte der Ellipsen, sondern jenen Teilen näher gelegen ist, welche mit grösserer Geschwindigkeit beschrieben werden; somit in Übereinstimmung mit der Lage jenes Brennpunktes in der z. B. von einem Planeten beschriebenen Ellipse, in welchem sich die Sonne befindet.

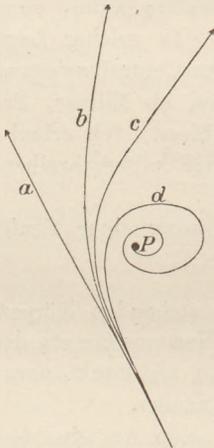


Fig. 2.

Man kann bei dieser Gelegenheit die Bemerkung einflechten, dass die kontinuierliche Abnahme der Geschwindigkeit eines Planeten eine derartige spiralförmige Annäherung desselben an die Sonne zur Folge haben müsste; oder dass in einer solchen Bahn ein Meteor niederfällt, welches schief in die Atmosphäre der Erde eintritt.

Der Versuch lässt aber auch ganz deutlich wahrnehmen, dass das Kügelchen mit der beginnenden Ablenkung zugleich eine Beschleunigung, hingegen mit der zunehmenden Entfernung vom Pole eine Verzögerung erfährt, die von jener durch die Reibung verlasten leicht zu unterscheiden ist. Somit findet das für Himmelskörper gültige Geschwindigkeitsgesetz hier seine Verdeutlichung.

Man kann das Kügelchen auch an zwei und mehreren Polen so vorüberrollen lassen, dass es abgelenkt wird. Fig. 3 zeigt eine solche Ablenkung durch die Pole P und P' .



Fig. 3.

Wäre zunächst nur der Pol P an der Glasplatte ersichtlich gemacht, so deutet die zweite Ablenkung das Vorhandensein des zweiten Poles in deutlicher Weise an. Man mag so vorgehen, wenn man etwa auf Leverriers Entdeckung des Planeten Neptun durch die Ablenkung der Uranusbahn hinweisen will.

Das direkte Betrachten der Glasscheibe und der darauf sich abspielenden Vorgänge lässt sich mittelst eines ebenen Spiegels umgehen, den man unter einem Winkel von ungefähr 45° dahinter so aufstellt, dass selbst ein grösserer Zuhörerkreis die Erscheinungen in Spiegelbilde ganz gut beobachten kann.

Zur Behandlung der Reflexion an Kugelflächen.

Von

Prof. G. Helm in Dresden.

Der leuchtende Punkt, Gegenstands- oder Objektpunkt A (Fig. 1) sende Strahlen auf einen Kugelspiegel vom Halbmesser r und Mittelpunkt C . Der Strahl AC trifft den Spiegel in O und wird dort in sich selbst zurückgeworfen. Er heisse die zu A gehörige Achse und die Strecke CO der zu A gehörige Halbmesser. Ein beliebiger anderer Strahl aus A treffe den Spiegel im Einfallspunkte E und werde nach dem Punkte A' der zu A gehörigen Achse zurückgeworfen. Nach dem Reflexionsgesetze ist CE Winkellhalbierende im Dreieck AEA' ; zieht man noch die in der Ebene ACE verlaufende Tangente EQ der Spiegelfläche, macht also EQ senkrecht zu CE , so hat man auf AO zwei Punkte C und Q angeschnitten, durch welche nach bekanntem geometrischen Satze die Strecke AA' harmonisch geteilt wird.

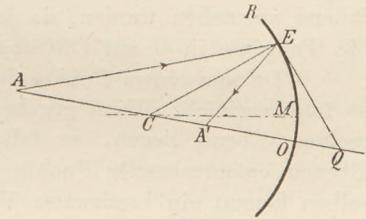


Fig. 1.

Demnach werden die verschiedenen von A ausgehenden Strahlen nach verschiedenen Punkten A' der Achse AC zurückgeworfen. Wenn aber der beliebige Einfallspunkt E auf O zu bewegt wird, rückt Q gegen O , und man kann sich leicht durch Anschauung oder Rechnung überzeugen, dass mit dem Winkel ECO die Strecke QO gegen Null konvergiert. Es wird daher möglich sein, einen Punkt A hinreichend scharf als einen Punkt A' abzubilden: man braucht nur dafür Sorge zu tragen, dass keiner der vorkommenden Winkel ECO eine niedrige Grenze überschreitet, deren Höhe von der gewünschten Schärfe des Bildes abhängig ist.

Die Forderung kleiner Winkel ECO kann man in zwei Forderungen zerlegen, deren eine den Spiegel allein, deren andere die Lage der abzubildenden Punkte A oder des von ihnen bestimmten ausgedehnten Objekts allein betrifft. Man zeichnet zu diesem Zwecke unter den Radien des Spiegels einen, etwa CM , aus und fordert erstens, dass alle Randpunkte R des Spiegels hinreichend kleine Winkel RCM bestimmen, und zweitens, dass alle Linien AC hinreichend kleine Winkel mit CM bilden. Den ausgezeichneten Strahl CM nennt man die Hauptachse, M den Scheitel des Spiegels und jede von CM nur wenig abweichende Gerade einen Achsenstrahl. Um die Forderungen nicht unnötig eng zu stellen, wird man dem zunächst willkürlichen Punkte M eine mittlere Lage auf der Spiegelfläche anweisen, insbesondere, falls der Spiegel kreisförmig berandet ist, seinen sphärischen Mittelpunkt als M wählen. An dieser Wahl soll im Folgenden festgehalten werden.

Die Erfahrung lehrt, dass durch Kugelspiegel genügend scharfe Bilder erzeugbar sind, d. h. Bilder, die jeden Punkt des Objekts durch einen von einem Punkte nicht beträchtlich (oder sogar für die anzustellende Beobachtung nicht merklich) abweichenden Lichtfleck wiedergeben. Dieser Erfahrung gemäss erscheint es gerechtfertigt, die Theorie unter der Beschränkung weiter zu entwickeln, dass obige Forderungen soweit erfüllt sind, um Q und O als zusammenfallende Punkte ansehen zu können.

Dann, und nur dann sind A und A' harmonisch zu C und O , und da es zu drei Punkten nur einen vierten harmonischen giebt, vereinigen sich alle von A kommenden Strahlen nach der Reflexion in A' , dem Bildpunkte des Objektpunktes A . Weil umgekehrt alle von A' ausgehenden Strahlen nach ihrer Reflexion durch A gehen, sollen A und A' einander entsprechende Punkte heissen, und dahingestellt bleiben, welcher von ihnen Bildpunkt ist. Hiernach lässt sich das Spiegelungsgesetz für Kugelspiegel in der Form aussprechen: (1) Entsprechende Punkte teilen den Halbmesser harmonisch, der zu ihnen gehört.

Dieser geometrische Ausdruck des Naturgesetzes kann dann algebraisch zu den in den Lehrbüchern üblichen Formeln umgestaltet werden, bildet aber für die Diskussion der einzelnen Fälle und für die Konstruktionen des Bildes zu einem gegebenen Objekt die zweckmässigste Grundlage.¹⁾

Um die Bildkonstruktion zu begründen, bemerke man zunächst: (2) Die *Normal*-projektionen entsprechender Punkte auf die Hauptachse sind wieder entsprechende Punkte. Heissen nämlich A, A', Ω die Projektionen von A, A', O , so liegen zunächst A, A' harmonisch zu C und Ω . Aber Ω kann als mit M zusammenfallend angesehen werden, da ja die grössere Abweichung des Punktes M von dem durch die Tangente in O auf CM angeschnittenen Punkte vernachlässigt werden soll.

Da nun einem Punkte der Hauptachse nur ein einziger Punkt derselben entspricht, so folgt sogleich: Wenn gegebene Punkte auf einer und derselben zur Hauptachse senkrechten Ebene liegen, so fallen auch ihre Bilder in eine solche Ebene. Derartige Ebenen entsprechender Punkte sollen entsprechende Ebenen heissen. Jedem Paare derselben kommt ein bestimmtes Vergrößerungsverhältnis zu.

Als besonderer Fall der Eigenschaft entsprechender Ebenen kann, nachdem Brennpunkt und Brennebene definiert worden sind, der Satz angesehen werden: (2b) Parallele Strahlen vereinigen sich nach der Reflexion in einem Punkte der Brennebene.

Ferner dient zur Konstruktion der Bilder der aus dem Vorgange der Reflexion ohne weiteres folgende Satz: (3) Entsprechende Strahlen schneiden sich auf der Spiegelfläche.

Mit Hilfe dieser Sätze und mit Hilfe der Eigenschaften harmonischer Punktgruppen gelangt man zu den bekannten Konstruktionen des Bildes zu jedem gegebenen Objekt. Genaue Konstruktionen kann man aber nur erwarten, wenn man lediglich auf solche Punkte und Spiegel die Konstruktion anwendet, welche die oben angeführten Bedingungen einhalten. Die dabei auftretenden spitzen Schnitte der Achsenstrahlen umgeht man, indem man nach dem Verfahren von Reusch alle Dimensionen, die senkrecht zu CM liegen, in vergrößerterem Maasstabe aufträgt, etwa n -fach übertreibt, wie man ja auch gewöhnt ist, bei Darstellungen der Höhenverhältnisse des Erdbodens die vertikalen Dimensionen im 10- oder 100fachen Maasstabe der Horizontalen abzubilden. Dann dürfen selbstverständlich nur noch solche Konstruktionen benutzt werden, die auch nach der angewendeten Verzerrung noch gültig bleiben, insbesondere sind im allgemeinen Konstruktionen ausgeschlossen, die auf Winkelgleichheit beruhen.

Der Schnitt des Kugelspiegels mit der Tafelenebene, also ein Kreis um C mit dem Radius r , geht durch diese Verzerrung in eine Ellipse über mit den Halbachsen r und nr . Soll nun jeder Punkt Q als mit dem entsprechenden O zusammenfallend angesehen werden können, so muss das die Spiegelfläche darstellende Stück der Ellipse mit einer Geraden verwechselt werden können. Dann wird die Spiegelfläche durch eine zu CM senkrechte Ebene wiedergegeben. Soll z. B. jedes OQ kleiner als $0,1$ mm

¹⁾ Die Brechung des Lichtes in einer Kugelfläche erfolgt nach dem zu (1) analogen Satze: Das Doppelverhältnis, nach welchem entsprechende Punkte den zu ihnen gehörigen Halbmesser teilen, gleicht dem relativen Brechungscoefficienten. Die weiteren Erörterungen verlaufen dann ganz entsprechend denen über Reflexion.

ausfallen, was etwa den gewöhnlichen Genauigkeitsgrenzen geometrischen Zeichnens entspricht, so müssen bei $r = 10$ cm Spiegel und Objekt von C aus unter höchstens $2^\circ 33'$ erscheinen, also muss $\angle RCM < 1^\circ 16'$ sein. Dabei würden die Randpunkte höchstens 2,2 mm von der Hauptachse abstehen dürfen, eine deutliche Zeichnung also unmöglich werden. Wählt man aber die Verzerrung $n = 100$, so kann man bis zu 22 cm Abstand von der Hauptachse Konstruktionen ausführen, welche genau die vom Spiegel ausgeführte Abbildung wiedergeben. Erst jenseits jener Grenze würden Abweichungen zwischen Zeichnung und Spiegelbild merklich werden, man würde bemerken, dass einzelne Strahlen mit anderen von demselben Punkte stammenden sich nicht genau in einem Bildpunkte schneiden.

Um nun zu einem beliebigen Punkte A ausserhalb CM den Bildpunkt A' zu finden (Fig. 2), verfolgt man zwei der Strahlen AC , $A\infty$, AF , AM , wo $A\infty$ den durch A parallel zu CM gezogenen Strahl und F den Brennpunkt bezeichnen soll. Zu einem Punkte B in der Hauptachse aber findet man das Bild B' mit Hilfe der obigen Lehrsätze, von welchen übrigens (2) als besonderer Fall von (3) erscheint, wenn man, $n = \infty$ wählend, die unbegrenzte in M senkrecht zu CM stehende Ebene E an Stelle der Spiegelfläche treten lässt.

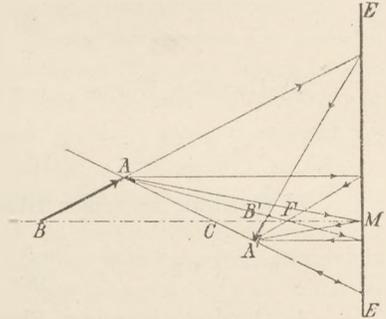


Fig. 2.

Aufgaben: Abbildung eines Würfels, für den die Hauptachse eine der kantenparallelen Symmetrieachsen ist. — Abbildung eines Kreiscylinders, dessen Achse in die Hauptachse fällt.

An derartige Aufgaben schliessen sich passend Bemerkungen über Theater- und Reliefperspektive, sowie über Collineation überhaupt (Collineationsmittelpunkt C , Collineationsebene E).

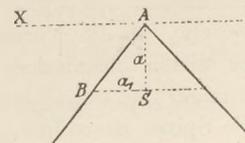
Weitere Pendelversuche.

Von

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

Im Anschluss an früher mitgeteilte Pendelversuche (*d. Ztschr.* I, 205; II, 227) mit dünnen Stäben und Blechscheiben sollen im Nachfolgenden weitere einfache Formen des physischen Pendels beschrieben werden, wie sie jedermann mühe- und kostenlos herstellen kann. Aus geglähtem Eisendraht von 3 mm Stärke werden einfache Figuren wie Quadrat, gleichseitiges Dreieck, Winkel mit gleichen oder ungleichen Schenkeln gebogen; die Drahtenden der geschlossenen Figuren vereinigt man mittelst eines Fadens oder feinen Drahts, nachdem zur Verhütung des Abgleitens dicht am Ende Kerben eingefeilt sind. Diese Drahtkörper lässt man auf einem irgendwo horizontal eingeschlagenen, zur Schneide zugefeilten Drahtstifte schwingen. Die beobachtete Schwingungszahl wird dann ganz genau mit der theoretisch abgeleiteten übereinstimmen.

Da die Trägheitsmomente sich unmittelbar auf dasjenige der Geraden zurückführen lassen, liegen derartige Berechnungen so recht im Fassungsgebiet eines Primaners und werden zu Hause gern und ganz selbständig ausgeführt. Die Seitenlänge wird bei den verschiedenen Figuren gleich genommen, zweckmässig gleich 40 cm. Jeder dieser Körper, z. B. das Quadrat, kann zu einer ganzen Reihe von Aufgaben verwandt werden, indem man einmal den Aufhängepunkt in die Ecke, Seitenmitte oder einen beliebigen Punkt der Seite verlegen, und auch andererseits die Figur nicht nur in ihrer Ebene, sondern auch quer schwingen lassen kann.



Zur Erläuterung mögen die folgenden im Unterricht behandelten Einzelversuche dienen:

1) Gleichschenkliger rechter Winkel, in seiner Ebene, sowohl um den Eckpunkt A , als um den Mittelpunkt B eines Schenkels schwingend (Fig. auf d. vor. Seite).

$$a = a_1 = \frac{l}{4}\sqrt{2},$$

$$T_A = \frac{ml^2}{3}, \quad T_B = \frac{m}{2} \frac{l^2}{12} + \left(\frac{m}{2} \frac{l^2}{12} + \frac{m}{2} \frac{l^2}{2} \right) = \frac{ml^2}{3},$$

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3\sqrt{2} \cdot g}{4l}} \quad (= 48,7 \text{ für } l = 40).$$

2) Derselbe Körper, quer um die Axe xy schwingend.

$$a = \frac{l}{4}\sqrt{2}, \quad T = \frac{ml^2 \sin^2 45}{3} = \frac{ml^2}{6}, \quad n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3\sqrt{2} \cdot g}{2l}} = 68,9.$$

3) Quadrat, in seiner Ebene um den Eckpunkt schwingend.

$$a = \frac{l}{2}\sqrt{2}, \quad T_s = \frac{ml^2}{12} + \frac{ml^2}{4}, \quad T = \frac{ml^2}{3}, \quad n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3\sqrt{2} \cdot g}{5l}} = 61,6.$$

4) Quadrat, in seiner Ebene um den Seitenmittelpunkt schwingend.

$$a = \frac{l}{2}, \quad T = \frac{7ml^2}{12}, \quad n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{6g}{7l}} = 43,8.$$

5) Quadrat, um den Endpunkt querschwingend.

$$a = \frac{l}{4}\sqrt{2}, \quad T_s = \frac{ml^2}{6}, \quad T = \frac{2ml^2}{3}, \quad n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3\sqrt{2} \cdot g}{4l}} = 48,7 \text{ wie bei (1)}.$$

6) Gleichseitiges Dreieck, in seiner Ebene, sowohl um die Ecke A als um die Seitenmitte B schwingend.

$$a = \frac{\sqrt{3}l}{3}, \quad a_1 = \frac{\sqrt{3}l}{6}.$$

$$T_s = \frac{ml^2}{6}, \quad T_A = \frac{ml^2}{2}, \quad T_B = \frac{ml^2}{4}.$$

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2\sqrt{3} \cdot g}{3l}} = 50,8 \text{ für beide Fälle.}$$

Die ersten chemischen Schulversuche.

Von

Dr. Emil Schulze in Berlin.

Wie in allen Lehrfächern, so ist es auch in dem der Chemie von Wichtigkeit, „dass gerade der Anfangsunterricht aufs sorgfältigste vorbereitet und stets aufs neue vom Lehrer überlegt wird“ (vergl. SCHWALBE, die Aufg. des chem. Unterr. diese Zeitschr. Bd. II).

Als geeignet für den Anfangsunterricht werden von allen denen, die den chemischen Unterricht nicht systematisch, sondern nach methodischen Grundsätzen erteilen, die Verbrennungen der Körper in der Luft gehalten. Der Grund hierfür liegt auf der Hand: Die Verbrennungen gehören zu den alltäglichen Erscheinungen, und an sie lässt sich deshalb am leichtesten anknüpfen. So sehr ich diesen Grund zu schätzen weiss, möchte ich doch bezweifeln, ob die Vorteile vollständig aufgewogen werden durch den Nachteil, dass in diesen ersten chemischen Versuchen der eine der beiden sich verbindenden Körper ein gasförmiger und unsichtbarer ist. Sollte es sich nicht empfehlen, einen Fundamentalversuch an die Spitze zu stellen, in welchem zwei feste Körper zu einem festen sich vereinigen? Hierzu würde sich die Verbindung von Schwefel und Eisen zu Eisensulfid vorzüglich eignen. Berücksichtigt man noch, dass die Verbrennungen der Metalle in Schwefeldampf einen vortrefflichen Übergang für die der Metalle in Luft bilden, so scheint es angemessener, den chemischen Unterricht nicht mit den Metalloxyden, sondern mit den Metall-

sulfiden zu beginnen¹⁾. Ich bin überzeugt, dass die geringe Zeit, die man auf die wenigen Versuche mit Schwefel verwendet, sich reichlich lohnt, zumal da sie sämtlich ohne Mühe im Probiergläschen oder im Kolben vorgenommen werden können.

Nachdem ich durch einige Vorversuche die Schüler überzeugt habe, dass alle Körper, auch die gasförmigen, ein Gewicht haben, sowie dass sie in drei Aggregatzuständen auftreten, nachdem ich endlich einige Beispiele für Gemenge zweier Körper gegeben habe, beginne ich die eigentliche Chemie mit dem erwähnten Fundamentalversuche.

Für die Schüler, welchen ich unmittelbar vorher gezeigt habe, dass die Bestandteile eines Gemenges von Schwefel und Quarzpulver sich durch Erhitzen leicht trennen lassen, indem der schwer schmelzbare Quarz auf dem Grunde zurückbleibt, während der Schwefel verdampft, ist die Überraschung gross, bei dem Erhitzen eines Gemenges von Schwefel- und Eisenpulver (4 : 7) statt des erwarteten analogen Vorgangs eine überaus prächtige Glüherscheinung und die Bildung eines Körpers zu beobachten, in welchem weder Schwefel noch Eisen (oder doch nur Spuren davon) sich nachweisen lassen. — Eine Wiederholung des Versuchs mit der Abänderung, dass der Mischung ein Überschuss von Eisen resp. Schwefel zugefügt wird, dürfte sich vielleicht empfehlen und kaum als Zeitvergeudung aufzufassen sein, weil die Schüler auf diese Weise ohne besondere Schwierigkeit das Grundgesetz der Chemie aus eigener Anschauung kennen lernen.

Durch den Versuch, Schwefel- und Kupferpulver zu vereinigen, werden die gewonnenen Erfahrungen bestätigt und befestigt.

Wenn diese Versuche schon haben erkennen lassen, dass eine chemische Verbindung eine starke Wärmeentwicklung und eine Glüherscheinung im Gefolge hat, so lehrt der Versuch, in welchem Schwefelblumen auf geschmolzenes Natrium resp. Kalium gestreut werden, dass die Wärmeentwicklung so intensiv werden kann, dass selbst eine Feuererscheinung eintritt.

Durch den Versuch, flüssigen Schwefel mit Quecksilber zur Vereinigung zu bringen, wird einmal festgestellt, dass Schwefel nicht nur in fester, sondern auch in flüssiger Form eine chemische Verbindung eingeht, sodann dass diese Vereinigung weniger energisch vor sich geht als bei den vorigen Versuchen²⁾.

Die Versuche, verschiedene Metalle, wie Stanniol, unechtes und echtes Blattgold, Kupfer- und Platinblech in Schwefeldampf zu verbrennen, lehren, dass Schwefel auch im gasförmigen Zustande mit den Metallen Sulfide bildet; zugleich ergibt sich aus diesen sowie den früheren Versuchen, dass der Schwefel zu den einzelnen Metallen verschieden grosse, zu einigen gar keine Verwandtschaft besitzt.

Die Zersetzung des Quecksilbersulfids durch Eisen unter Bildung von Eisensulfid und Quecksilber bietet hiernach dem Verständnis keine Schwierigkeit.

Folgender Versuch bildet den Übergang zur Verbrennung der Metalle in der Luft: Ein Streifen Kupferblech wird zu einer Rolle zusammengerollt, gewogen, für einen Augenblick bis zum Eintritt der Glüherscheinung in einen mit Schwefeldampf gefüllten Kolben gehalten und wieder gewogen. Der Schüler ist nicht überrascht, dass die Rolle schwerer geworden ist, dass das Kupfer an manchen Stellen, nämlich da, wo der Schwefeldampf keinen genügenden Zutritt gehabt hat, seine blanke Farbe behalten, an den andern Stellen, namentlich unten, sich in leicht abbröckelndes Sulfid verwandelt hat.

Jetzt wird eine ebensolche Kupferrolle längere Zeit in freier Luft einer starken Leuchtgasflamme ausgesetzt. Die Rolle nimmt ein ähnliches Aussehen wie im vorigen Versuche an. Da, wo die Luft keinen Zutritt gehabt hat, ist die Kupferfarbe geblieben,

1) Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass schon mehrfach an höheren Lehranstalten der chemische Unterricht in dieser Weise begonnen wird. *Der Herausgeber.*

2) Von Herrn B. Schwalbe wird empfohlen, diesen Versuch in folgender Weise auszuführen: Man bringt Schwefelstückchen auf Quecksilber und erhitzt, dann geht die Vereinigung unter lebhaftem Zischen vor sich und es bleibt im allgemeinen noch metallisches Quecksilber übrig.

an andern Stellen dagegen, namentlich unten, ist sie bröcklich geworden und sieht, ähnlich jener im Schwefeldampf, wie zerfressen aus. Weil die Rolle diesmal nicht von Schwefeldampf sondern von Luft umgeben war, ist es wahrscheinlich, dass die Luft in analoger Weise, wie vorhin der Schwefeldampf eingewirkt hat. Vielleicht werden einige Schüler auch das Leuchtgas als mögliche Ursache der Verwandlung der Kupferrolle berücksichtigen, namentlich dann, wenn dasselbe in einem Vorversuch als Beispiel für ein Gas, leichter als Luft, gewählt ist (ein Kollodiunball, mit Leuchtgas gefüllt, steigt in die Höhe). Um eine Entscheidung herbeizuführen, wird Kupferblech in kleine Schnitzel zerschnitten und in eine Glasröhre geschlossen, worauf durch letztere erst Leuchtgas, dann Luft geleitet wird. Der Versuch, welcher überdies die direkte Berührung der Flamme mit dem Kupferblech verhindert, zeigt, dass Luft die Ursache der Veränderung des Kupfers ist. Indem man endlich die Glasröhre nebst dem Kupferblech vor und nach dem Versuche auf die Wage bringt, wird es für jeden Schüler unzweifelhaft, dass, wie früher aus Kupfer und Schwefel, so jetzt aus Kupfer und Luft ein neuer Körper entstanden ist.

Die ferneren Verbrennungsversuche in der Luft sind in so vortrefflicher Weise von ARENDT in seinem „methodischen Lehrgang der Chemie“ geschildert, dass ich auf eine weitere Ausführung verzichte, nur will ich bemerken, dass ich die beiden Versuche nicht missen möchte, in denen Magnesium und Natrium zuerst in der Luft entzündet, sodann in Schwefeldampf getaucht werden, weil durch diese beiden Beispiele den Schülern nochmals eingeprägt wird, dass die Verbrennungen der Metalle in der Luft und im Schwefeldampf analoge Erscheinungen sind.

Mit dieser Darstellung glaube ich dargethan zu haben, dass der Schüler auf dem von mir vorgeschlagenen Wege gründlicher und schneller als auf einem anderen in das Gebiet der chemischen Erscheinungen eingeführt wird. Eine schnelle und zugleich gründliche Einführung wird der Lehrer in Zukunft schon aus dem einfachen Grunde erstreben müssen, weil nach der neuesten Lehrplanordnung für den methodischen Unterricht in der Chemie auch künftighin nur geringe Zeit zur Verfügung steht.

Physikalische Aufgaben.

Denkaufgaben.

(Zum Teil für die Unterstufe.)

24. Zwei Teilchen eines Stoffes mögen so auf einander einwirken, dass ihre Anziehung (Abstossung) nur direkt proportional dem Produkte der Massen, aber unabhängig von ihrem Abstände ist. Zu zeigen, dass eine Kugel aus solchem Stoffe auf einen äusseren Punkt A nicht so wirken würde, als ob ihre ganze Masse im Mittelpunkt O vereinigt wäre. (Vergl. S. 126 dieses Heftes, Anm. 7.)

Anleitung: Wir können unter jener Bedingung ein Element M , das ausserhalb der Centrale OA liegt, zwar mit unveränderter Kraft auf der durch M und A gehenden Geraden verschieben, aber nicht nach O verlegen.

25. Wenn, wie sehr eindringlich und mit einer Fülle lehrreicher Gründe vorgeschlagen worden ist, neben der „Ortszeit“ auch die „Weltzeit“ eingeführt würde¹⁾, so könnten die Uhren mit Doppelzeigern versehen werden, welche für jeden Ort ein für allemal je einen bestimmten Winkel einschliessen („Wiener-Zeiger“, „Berliner-Zeiger“ u. s. w.). Wie gross müssten diese Winkel bei den Minuten-, bei den Stundenzeigern sein für Orte, die 1° , 4° , 15° , 90° östlich oder westlich vom Nullmeridian (Ferro, Greenwich, Paris) liegen? Suche solche Orte auf der Karte auf! Gieb für beliebige andere Orte die Winkel an! — Für welche Angaben würde sich wohl die Orts-, für welche die Weltzeit einbürgern? (Beispiele im unten angeführten Schriftchen.) Um Verwirrungen zu vermeiden müsste der eine Zeiger etwa blau angelaufen, der andere weiss sein. Man würde sich

¹⁾ Wilh. Foerster, Direktor der Berliner Sternwarte: Weltzeit und Ortszeit im Bunde gegen die Vielheit der sogenannten Einheits- oder Zonen-Zeiten. Berlin 1891, bei Dümmler.

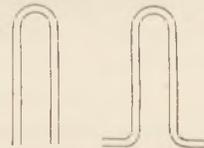
dann vielleicht gewöhnen, manche Angaben ein für allemal in „blauer Zeit“, andere in „weisser Zeit“ zu verstehen.

26. Öfters fällt uns um die Zeit des Vollmondes eine rasche Entwölkung des Himmels auf. Der Volksmund sagt dann: „Der Mond frisst die Wolken“. Wie mag sich in Wahrheit die Beobachtung erklären? (*Andeutung*: Der Mond übt gar keine merkliche Einwirkung auf die Wolken aus, aber die Entwölkung wird auffallend, wenn sie den Vollmond den Blicken enthüllt.) [Also nicht physikalische, sondern logische Erklärung. — Vgl. hierzu in des Unterzeichneten „*Grundlehren der Logik*“, S. 152, die Erklärung des Volksglaubens, dass bei zunehmendem Monde mehr gutes, bei abnehmendem mehr schlechtes Wetter sei.]

27. Ein Zimmer- (Bir-) Barometer zeigte einen Stand von über 800 mm; als es geneigt und langsam wieder in die vertikale Richtung gebracht wurde, betrug der Stand sogar noch um etwa 10 mm mehr. Andere Barometer wiesen zu gleicher Zeit 758 mm aus. Was mochte jenen ausserordentlichen „Barometerstand“ erklären? (Nach Öffnung des die Birne umhüllenden Kästchens zeigte sich, dass das Rohr unten bei der Biegung abgebrochen war. Wahrscheinlich hatte dann die am unteren Ende des Schenkels rasch eintretende Luft die Säule in der Röhre emporgetrieben, und das Quecksilber blieb infolge von Adhäsion in der neuen Lage, welche ebensogut eine Gleichgewichtslage ist, wie die tiefere Lage.)

28. Wäre das Gleichgewicht des nach der Sage zwischen zwei Magneten schwebenden Sarges Mahomets ein stabiles, indifferentes oder labiles? Könnte nicht (von der Grösse der Kraft abgesehen) auch schon ein Magnet ein solches Schweben bewirken?

29. Zu zeigen, dass, wenn Röhren von der nebenstehend abgebildeten Gestalt und Stellung mit Wasser gefüllt sind, dieses im labilen Gleichgewichte ist. Welchen Unterschied machen die seitlichen Ansatzstücke?



30. a) Warum sieht eine Brille aus Rauchglas, von einiger Entfernung betrachtet, fast schwarz aus, während, wenn man sie unmittelbar vor die Augen hält, die durch sie betrachteten Gegenstände nur wenig von ihrer Lichtstärke zu verlieren scheinen? (*And.*: Contrast gegen die helle Umgebung.) — b) Warum scheint ein Zimmer, das den Bewohnern hell erscheint, demjenigen dunkel, der von aussen durch das Fenster hineinsieht, und zwar um so dunkler, je weiter vom Fenster er entfernt ist? — c) Warum kann man durch einen nicht allzu dichten Fenstervorhang hindurch zwar vom Zimmer aus die Vorgänge auf der Strasse bemerken, nicht aber von der Strasse aus die Vorgänge im Zimmer?

31. Warum darf bei Dampfrenn zwar die Schraube, nicht aber das Rad ganz unter Wasser gehen?

32. In welchem Sinne muss die bekannte Scherzfrage: „Was ist schwerer, ein Pfund Flaumfedern oder ein Pfund Blei?“ beantwortet werden mit: a) gleich schwer, b) das Blei, c) die Federn? (*And.*: „Schwerer“ = grösseres absol. Gewicht, spezif. Gewicht, Gewicht im luftleeren Raume.)

A. Höfler, Wien.

33. Warum ist es nicht möglich, ein Perpetuum mobile herzustellen, indem man Wasser aus einem Gefäss durch sehr enge Röhren (Lampendocht) emporhebt und die sich bildenden Tropfen, die beim Hinabfallen einen Motor in Bewegung setzen, wieder in das Gefäss zurückfallen lässt?

P. Szymanski.

Andeutung: Die umgebogenen Capillarröhren wirken gleichsam wie Heber; es müssen daher, soll sich das Wasser durch sie hindurch bewegen, ihre freien Enden unter dem Wasserspiegel des Gefässes liegen. Interessante Versuche über Capillarheber findet man bei O'CONOR SLOANE, *Home Experiments in science for old and young*. S. 172–180.

34. Wie ändert sich der Ton einer Pfeife mit der Temperatur und wie lässt sich eine veränderliche Resonanzröhre zusammen mit einer Stimmgabel als Thermometer verwenden? (Vgl. S. Tolver Preston, *Acoustic Thermometer*, in *Phil. Mag.* (5) No. 194, 1891.)

35. Ein hohler oben offener Würfel von $1,001 \text{ m}^3$ Seitenlänge enthält $(1,001^3 - 1^3)$ Cubikmeter Wasser; kann in diesem Gefäß ein Korkwürfel von 1 m Länge schwimmen?

Schüler-Antworten: 1. Nein. Denn das Gewicht des vorhandenen Wassers beträgt weniger als das des Korkwürfels. — 2. Ja. Denn taucht man den Würfel sorgfältig in das Gefäß — theoretisch ist das möglich — so ist er allseitig von Wasser umgeben; aber ein frei beweglicher Korkwürfel taucht nicht vollkommen unter Wasser, sondern schwimmt auf demselben.

Hugo Schwendenwein, Teschen.

Kleine Mitteilungen.

Über den Nachweis der Temperaturerniedrigung bei der Ausdehnung eines comprimierteu Gases.

Von Dr. J. Jacob in Mähr. Neustadt.

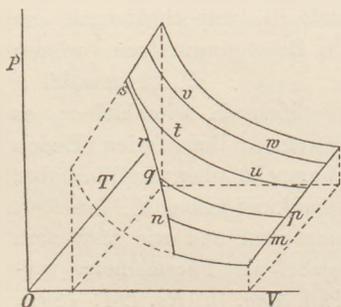
Der Beweis, dass die Compression eines Gases Wärme erzeugt, wird, von den doch schon etwas kostspieligeren Apparaten von FAVRE-SILBERMANN etc. abgesehen, entweder durch das pneumatische Feuerzeug oder durch den einfachen Blasebalg, dessen Öffnung in die Nähe der Kugel eines feinen Thermometers gestellt wird, erbracht.

Den Gegenversuch, dass ein comprimierte Gas bei seiner Ausdehnung durch Überwindung des Luftdruckes sich abkühlt, macht man nach TYNDALL's Vorgang gewöhnlich in der Art, dass man ein festes Gefäß mit comprimirter Luft füllt, diese durch einen Hahn abschliesst und wartet, bis sie wieder die Temperatur der Umgebung angenommen hat. Die sich plötzlich ausdehnende Luftmasse bringt das Quecksilber in einem nahestehenden Thermometer zum Fallen. Es ist bei diesem Versuche nicht nötig, erst die Abkühlung der durch die Compression erwärmten Luftmasse abzuwarten; auch die erwärmte Luftmasse erzeugt, sich ausdehnend und den Luftdruck überwindend, eine Abkühlung, welche an einem empfindlichen Thermometer deutlich ersichtlich ist.

In der allereinfachsten Weise lässt sich dieser Versuch durch einen doppelten Blasebalg ausführen, wie er bei jedem Orgel- oder Blasetische sich vorfindet. Die comprimierte Luft wird dabei aus dem einfachen Blasebalg in ein Behältnis getrieben und, wenn sie nun aus diesem statt in eine Pfeife auf die Kugel eines nahestehenden feinen Thermometers geleitet wird, sinkt das Quecksilber trotz der vorangegangenen Erwärmung der Luftmasse durch Compression in der auffälligsten Weise. So kann man den einfachen Blasebalg zur Vorführung der Temperaturerhöhung bei Compression eines Gases, den doppelten zur Demonstration des Gegenversuches verwenden. Vergleichende Versuche können in dieser Weise allerdings nicht durchgeführt werden; es kann nicht gezeigt werden, dass die Temperaturerhöhung bei einer bestimmten Compression einer gegebenen Luftmasse gleich ist der Temperaturerniedrigung bei einer ebenso grossen Ausdehnung dieser comprimierte Luftmasse; allein diese Vergleichung übersteigt einerseits, wenn nicht den Rahmen einer Mittelschule überhaupt, so doch gewiss den der Unterstufe einer solchen, andererseits kann dieselbe auch durch die oben angeführten einfachen Apparate nicht erzielt werden, es sind dazu unumgänglich feinere Instrumente notwendig.

Modell des Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetzes.

Von Professor E. Mach in Prag.



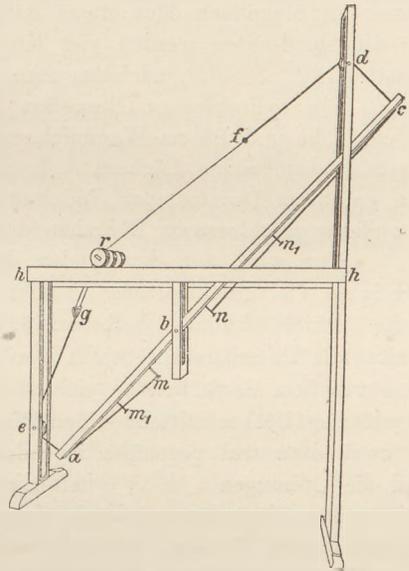
Zur Darstellung der Beziehungen zwischen Druck, Volumen und Temperatur benutze ich eine aus Malerleinwand dargestellte Fläche. Die drei Coordinatenachsen OP , OV , OT entsprechen den genannten drei Grössen; die der PV -Ebene parallelen Kurven vw , tu , qp , nm sind Isothermen, tu die Isotherme der kritischen Temperatur, $srqn$ die Grenzkurve des Maximums der Spannkraft. Die Carnot'schen Kreisprozesse lassen sich sehr bequem durch einige Kreidestriche auf der Fläche veranschaulichen.

Einfacher Apparat zur mechanischen Darstellung des Brechungsgesetzes.

Von Dr. F. Niemöller in Osnabrück.

Nach dem bekannten zuerst von Fermat aufgestellten Satze geht das Licht, welches von einem Punkte durch Brechung zu einem andern gelangt, denjenigen Weg, welcher am schnellsten zum Ziele führt. Dass aus diesem Satze sich das Gesetz für die Brechung des Lichtes elementar herleiten lässt, hat Prof. E. MACH in sehr instruktiver Weise durch ein mechanisches Hilfsmittel bewiesen.¹⁾ Der von mir in Folgendem beschriebene Apparat hat denselben Zweck und beruht auf demselben Prinzipie, doch dürfte die Analogie mit dem optischen Vorgange noch deutlicher hervortreten.

In nebenstehender Figur stellt die Holzleiste *ac* einen um Punkt *b* drehbaren Hebel dar, dessen Arm *bc* doppelt so lang ist wie der Arm *ab*. Zwei an den Stiften *m* und *n* befestigte Gummischnüre gehen bei *a* und *c* durch Bohrungen in der Leiste, passieren dann die leicht beweglichen Rollen *d* und *e* und sind bei *f* bzw. *g* mit den Enden von Seidenfäden verknüpft, welche in entgegengesetzter Richtung um die Rollenverbindung *r* gewickelt sind, so zwar, dass der eine Faden sich ab- und der andere Faden sich gleichzeitig aufwickelt. Die beiden auf zwei parallelen horizontalen Leisten *hh* rollenden Scheiben α und β sind durch eine Achse fest verbunden. Um diese Achse dreht sich ein leicht bewegliches Wellrad, dessen grössere mittlere Welle einen doppelt so grossen Umfang hat wie die kleinere. Der Faden *rf* ist in mehreren parallelen Windungen um die grössere, der Doppelfaden *rg* ebenfalls in mehreren parallelen Windungen zu beiden Seiten der Mittelwelle um die kleinere Welle gewickelt.



Bei genügender Beweglichkeit des Wellrads werden bei dem angegebenen Verhältnis der Durchmesser die Spannungen der Gummischnüre sich dahin ausgleichen, dass die Spannungen der Fäden *rf* und *rg* im Verhältnis von 1:2 stehen. Sind ferner die Scheiben α und β längs der Horizontalen *hh* hinreichend frei beweglich, so werden sie sich so stellen, dass diese Spannungen längs der Horizontalen gleiche Komponenten haben. Die gebrochene Linie *frg* stellt demnach genau den Weg eines Lichtstrahls dar, der aus dem oberen Medium bei *r* in das optisch dichtere untere Medium übergeht, wenn das Verhältnis der Brechungsquotienten beider Medien gleich 1:2 ist.

Die Analogie mit dem optischen Vorgange tritt nun besonders deutlich hervor, wenn man den Hebel *ac* dreht. Der obere Faden hat dabei eine doppelt so grosse Geschwindigkeit wie der untere. Würde man ein Reiterchen aus Papier bei *d* auf den oberen Faden setzen, dann bis *r* wandern lassen und dasselbe hier an dem unteren Faden befestigen, so wird wegen der Spannung der Fäden der ganze Weg *dre* in einem Minimum der Zeit zurückgelegt.

Behufs Messung der Geschwindigkeiten der Fäden kann man hinter dem Apparat eine Zeichnung aufstellen, auf welcher der Weg *frg* verzeichnet und in gleiche Teile geteilt ist. Die von den Marken *f* und *g* beschriebenen Wege lassen sich dann bequem ablesen. —

Nach Beendigung des Versuches hebt man die Spannung der Gummischnüre auf, indem man ihre freien Enden an den Stiften *m*₁ und *n*₁ befestigt. Das lästige Herabfallen der Rolle *r* verhindert man, indem man sie durch ein kurzes Gummiband gegen

¹⁾ Carl's Rep. Bd. 7, S. 376, vergl. auch Lehrb. d. Phys. v. J. Müller, Bd. II, 1, S. 430, 1879.

die Leisten hh drückt. Das Band wird unten um die Leiste gelegt und die an seinen beiden Enden befindlichen Schleifen werden über die vorstehenden Enden der Achse der Rolle geschoben.

Man sieht sogleich, wie die Vorrichtung für ein anderes Geschwindigkeitsverhältnis abzuändern wäre.

Ein einfaches Demonstrations-Elektrometer.

Von Dr. **Franz Tomaszewski** in Krakau.

Auf folgende Art kann man ein übersichtliches Demonstrations-Elektrometer zusammenstellen: Auf eine gewöhnliche Deckglasplatte von ca. 8 cm Durchmesser, die in der Mitte einen kreisrunden Ausschnitt von 1,5 cm Durchmesser hat, werden vier durch 2 mm breite Zwischenräume getrennte Quadranten aus dickem Stanniol aufgeklebt. An die unbedeckte Seite der Glasplatte befestigt man vier 8 mm dicke, 7 cm lange Glasstäbe als Füße mit Siegellack oder einem Kitt. Man erhält auf diese Art ein kleines Tischchen. An die Quadranten werden vier Kupferdrähte kalt angelötet (siehe *Beiblätter zu Wied. Annalen* 1882 S. 898), nachdem man die anzulötenden Enden derselben flachgeklopft hat.

Ein cylindrisches Glasgefäß (grosses Batterieglas) von ca. 12 cm Durchmesser, 13 cm Höhe und 0,5 cm Wanddicke wird mit folgenden Bohrungen versehen: mit 4 kleinen um 90° abstehenden Löchern a, b, c, d , in der Höhe von 7 cm, und einer Öffnung L von ca. 2 cm Durchmesser, in einer Höhe von 10 cm, in welche ein kurzes mit einer Glasplatte geschlossenes Röhrchen eingekittet wird.

Nun wird auf dem Boden des Glasgefäßes das Tischchen aufgestellt und vorsichtig so viel geschmolzenes Paraffin eingegossen, dass es nach dem Erkalten eine 1 cm dicke Schicht bildet. Selbstverständlich muss das Glasgefäß dabei auf eine genau horizontale Unterlage aufgestellt werden. Die Paraffinschicht hat den Zweck, das Tischchen vor dem Verrücken zu sichern. Nun werden die Enden der vier an die Quadranten angelöteten Drähte mittelst einer Pincette durch die Öffnungen a, b, c, d durchgesteckt, je zwei diametral gegenüberliegende durch eine Klemmschraube miteinander verknüpft und die Öffnungen a, b, c, d mit Siegellack geschlossen.

Das Glasgefäß wird mit einem sich mit Reibung aufschiebenden Metalldeckel mit übergreifenden Rändern bedeckt, und in dem centralen Ausschnitt desselben eine mit Mittelführung mit Gewinde versehene 50 cm lange Glasröhre mittelst einer Ueberwurfschraube befestigt. Oben ist die Röhre mit einem Kork geschlossen, durch welchen ein unten in einen kleinen Haken ausgehender Stift durchgesteckt ist. Die Elektrometernadel besteht, wie gewöhnlich, aus einem leichten Aluminium-Bisquit. An der oberen Seite der Nadel ist ein leichtes Glas- oder Ebonitstäbchen befestigt, welches einen leichten Spiegel trägt, an der untern Seite ein dünner, in eine kleine Platinscheibe ausgehender Platindraht. Der Spiegel befindet sich in der Höhe der Öffnung L , die Platinplatte taucht in die Schwefelsäure, welche den Boden des Glasgefäßes bedeckt. Durch eine nahe am Rande des Deckels angebrachte Bohrung ist ein isolierter Draht durchgesteckt, dessen Platinspitze in die Schwefelsäure eintaucht. Der Draht dient zur Ladung der Nadel. Den Metalldeckel und die Nadel bestellt man beim Mechaniker, das übrige kann man leicht selbst herstellen.

Bei sorgfältiger Ausführung kann der Apparat auch zu manchen Messungen, bei denen es auf grosse Empfindlichkeit nicht ankommt, dienen. In diesem Falle ist es ratsam, die äussere Bodenfläche des Glasgefäßes mit Stanniol zu bekleben und mit dieser Belegung vier an der Mantelfläche des Gefäßes angebrachte Stanniolstreifen, die selbstverständlich nicht bis an den Metalldeckel reichen dürfen, zu verbinden.¹⁾

¹⁾ Der Apparat lässt sich, nach brieflicher Mitteilung des Verfassers, ganz gut zur Vergleichung elektromotorischer Kräfte im Unterricht verwenden. Ein Volt gab in 2,5 m Abstand 20 Skalenteile (Millimeter) Ausschlag.

Für die Praxis.

Lackieren von Condensatorplatten. Wie vorsichtig man hierbei zu Werke gehen muss, zeigt folgende Beobachtung, die 1890 in der Werkstatt von O. Richter in St. Petersburg gemacht wurde. Infolge einer grösseren Bestellung waren gegen 20 Paar Condensatorplatten fertiggestellt und lackiert worden, wirkten aber schlecht, wiewohl die Platten gut eben waren. Zufällig wurde ich zu Rate gezogen, konnte aber keinen Fehler entdecken. Endlich verfiel ich darauf, die Platten auf die Isolierfähigkeit der Schellackschicht zu prüfen, indem ich das mit einer Platte versehene Elektrometer lud, die obere Platte aufsetzte, ableitend berührte und wieder abhob — jetzt zeigte das Elektrometer einen bedeutend geringeren Ausschlag als vorher, d. h. die isolierende Schicht leitete. Das war bei allen Condensatorplatten der Fall. Nun wurden neue Schellacklösungen hergestellt — immer derselbe schlechte Erfolg, wiewohl ich mich selbst in der Werkstatt von der sorgfältigen Lackierung überzeugte. Zufällig versuchte der Mechaniker bei sich zu Hause ein Plattenpaar nochmals zu lackieren und — die Schichten isolierten vorzüglich! Darauf wurden die anderen Platten mit Spiritus abgewaschen, wobei ein geringer Niederschlag erhalten wurde, der im Spektroskop die Linien *Fe*, *Cu*, *Zn* u. s. w. zeigte — mithin hatte der Metallstaub der Werkstatt die Isolierung der Condensatorplatten vereitelt! Seit die Platten in einem besonderen, abgelegenen Zimmer lackiert werden, hat der erwähnte Uebelstand mit einem Schlage aufgehört. Wie wichtig staubfreie Luft bei dem Lackieren isolierender Ständer für Elektrisiermaschinen u. s. w. ist, liegt nach dem Gesagten auf der Hand.

Bruno Kolbe, St. Petersburg.

Wie beseitigt man die störende Spitzenwirkung der Projektionslampen bei elektrischen Versuchen. Wer versucht hat, die elektroskopischen Erscheinungen durch Projektion mit einer offenen Lampe einem grösseren Zuschauerkreise objektiv sichtbar zu machen, wird gewiss, besonders bei Anwendung von negativer Elektrizität, die unliebsame Beobachtung gemacht haben, dass die Spitzenwirkung der Flamme einen sehr störenden Einfluss auf die geladenen Elektroskope und Elektrometer hat, sodass bei dem sonst so vorzüglichen und einfachen Verfahren der Projektion, das Szymański (*diese Ztschr. IV, 13*) empfiehlt, die quantitativen Versuche leicht misslingen. Beim Skioptikon tritt dieser Uebelstand fast garnicht ein, doch ist die Anwendung desselben zu verwerfen, da die Zuschauer die Manipulationen des Experimentators nicht verfolgen können.

Nun lässt sich aber auch bei dem erwähnten einfachen Projektionsverfahren die störende Spitzenwirkung der Flamme fast vollständig beseitigen durch Anwendung eines mit der Erde leitend verbundenen Schutz-Drahtnetzes, welches so anzubringen ist, dass wenn wir uns die äusserste Flammenspitze als elektrischen Körper denken, alle elektrisierten Teile der betreffenden Elektrometer und Elektroskope, in dem elektrischen Schatten des Schutznetzes stehen. Das halbcylindrisch gebogene Eisendrahtnetz ist an der hohlen Seite mit einem federnden Drahthaken versehen, der einfach auf den Glaszylinder der Projektionslampe (Petroleumbrenner) gesetzt wird. Der untere Netzrand ist um einen starken Messingdraht gebogen, der an beiden Enden Ösen trägt, in welche ein mit der Erdleitung verbundener Draht eingehakt wird. Will man das oft lästige Seitenlicht der Lampe abhalten, so kann man auch aus schwarzem Karton einen Verdunkelungsmantel herstellen, der die Projektionslampe von drei Seiten verdeckt, nach der Condensatorlinse zu aber offen ist. An dieser offenen Seite ist das Drahtnetz so angebracht, dass sein unterer Rand etwa in der Höhe des oberen Randes der Linse liegt, während der obere Netzrand die gleiche Höhe mit dem Pappmantel hat, der den Glaszylinder der Lampe noch um ca. 15 cm überragt. Das Netz trägt auch hier Ösen aus Messingdraht zum Einhaken der Erdleitung.

Die Wirkung dieses Schutznetzes ist überraschend. Während ohne dasselbe eine stärkere Ladung des Elektrometers (Ausschlag etwa 50°) rasch abnimmt, hält sich die

Ladung bei aufgesetztem Schirm so constant, dass die Szymański-Borgmann'sche Aichungsmethode sowie alle Versuche über die elektrische Kapazität u. s. w. ganz gemächlich vorgenommen werden können. Ausserdem dient diese Vorrichtung (besonders die erste) dazu, in überzeugender Weise die Wirkung des Schutznetzes zu demonstrieren. Das Drahtnetz hat übrigens vor einer Blechplatte den Vorzug, dass die Apparate noch genügend beleuchtet bleiben, sodass die Schüler die Manipulationen des Experimentierenden gut verfolgen können.

B. Kolbe, St. Petersburg.

Darstellung von Natriumamalgam. Bei der üblichen Art der Darstellung von Natriumamalgam, durch allmähliches Eintragen kleiner Portionen von Natrium in erwärmtes Quecksilber, gelangen nicht unbedeutende Mengen von Quecksilberdämpfen in die Luft, die selbst ein gut ziehender Herd nicht gänzlich zu entfernen vermag und die daher die Gesundheit des Experimentators gefährden. Dieser Übelstand lässt sich folgendermassen vermeiden oder wenigstens auf ein Minimum reduzieren:

Der Tiegel, in welchem das Amalgam dargestellt wird, ist mit einem durchlochten Deckel versehen, in dessen Öffnung, durch einen gut schliessenden Pfropfen befestigt, ein unten zugespitzter Draht steckt, welcher bis auf den Boden des Gefässes reicht. Zur Ausführung der Operation bringt man die nötige Menge Quecksilber in den Tiegel, befestigt am unteren Ende des am Deckel befestigten Drahtes das ganze Stück Natrium, welches eingetragen werden soll, und taucht dasselbe für kurze Zeit in absoluten Alkohol, welcher sich in einem kleinen, neben dem Tiegel stehenden Schälchen befindet. Sobald das Natrium die bekannte silberweisse Farbe angenommen hat, entfernt man dasselbe aus der Flüssigkeit und führt es möglichst rasch in das Quecksilber ein. Die Vereinigung geschieht sofort unter Zischen und Feuererscheinung. Da aber in demselben Momente, in welchem das Natrium eingetragen wird, auch der Tiegel durch den Deckel geschlossen ist, so entweichen fast gar keine Quecksilberdämpfe. Wenn das Natrium beim Eintauchen in Alkohol sich vom Drahte löst, so kann es wieder durch Einstecken der Spitze befestigt werden. Im Falle sich der Alkohol beim Waschen des Natriums entzündet, so bläst man die Flamme durch einen kurzen Luftstoss aus.

Sublimation von Schwefel als Vorlesungsversuch. Es empfiehlt sich, die Schwefeldämpfe durch die Zersetzungsprodukte, welche sich bei der trockenen Destillation von Stärke bilden, fortzreiszen zu lassen. Zu diesem Zwecke bringt man ein Gemenge von 2–3 g Stärke und etwa 6 g Schwefel in ein Proberöhrchen und erhitzt gelinde, bis der Schwefel dünnflüssig geworden ist und das Gemenge nicht mehr schäumt. Sodann wird das Proberöhrchen horizontal an einem Stative befestigt oder mittelst einer Klammer in dieser Lage mit der Hand gehalten und erhitzt. Zuerst wird das zugeschmolzene Ende des Proberöhrchens längere Zeit durch eine kleine Flamme erwärmt; sodann schreitet man mit dem Erhitzen langsam nach vorne vor und vergrössert allmählich die Flamme. Es entweichen grosse Mengen von Schwefeldampf, welche aus der Mündung des Proberöhrchens in Form von dichten Wolken herabrinnen. Zur Verdichtung lässt man einfach die Dämpfe in ein grosses Becherglas herabfliessen. Ist letzteres etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt, so verdichtet sich der Dampf an der Oberfläche der Flüssigkeit und bildet eine Haut, welche aus elastischem, amorphem Schwefel besteht. Dieser amorphe Schwefel zeichnet sich von dem nach der üblichen Methode dargestellten dadurch aus, dass er erst nach langer Zeit, oft erst nach einigen Tagen die Elastizität verliert.

Bei der beschriebenen Art der Destillation bilden sich übel riechende, in Wasser lösliche organische Schwefelverbindungen. Selbstverständlich wirken auch andere organische Verbindungen (Zucker, Terpentin etc.) bei der Sublimation des Schwefels ganz so wie Stärke; doch hat sich letztere zu diesem Zwecke am besten bewährt.

M. Rosenfeld, Teschen (vgl. Progr. 1890).

Berichte.

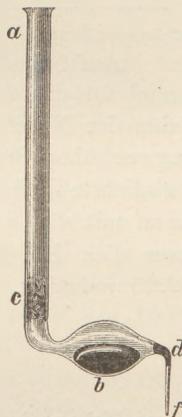
1. Apparate und Versuche.

Der archimedische Versuch. Von *E. Paquet*. Zu den zahlreichen Methoden fügt der Verfasser folgende Abänderung. Man bringt zunächst den Körper *A* in ein Gefäß *V* und füllt dieses vollständig mit Wasser. Dann nimmt man den Körper heraus, wobei das Wasser im Gefäß um soviel sinkt, dass der freibleibende Raum genau gleich dem Volumen des eingetaucht gewesenen Körpers ist. Nun stellt man das Gefäß *V* auf eine Wagschale, hängt den Körper *A* unter der Wagschale an und stellt Gleichgewicht her. Wird nun *A* in ein anderes Gefäß mit Wasser getaucht, so tritt Gewichtsverlust ein, dieser wird ausgeglichen, wenn man das auf der Wage stehende Gefäß *V* wieder bis zum Rande füllt. Daraus folgt, dass der Gewichtsverlust gleich dem Gewicht des verdrängten Wassers ist. [Genauere Resultate liefert auch in diesem Fall das Gefäß mit seitlicher Ausflussöffnung, wie es *WEINHOLD* in der „*Vorschule*“ (3. Aufl. S. 132) beschreibt. Man vergleiche diese *Ztschr.* IV 257 und die Bemerkung von Prof. *HANDL* in diesem Jahrgang, Heft 1 S. 32]. *Journ. de Phys.* (2) X, 340, 1891.

Eine Quecksilberpipette. Um kleine Quecksilbermengen aufzunehmen, giebt *V. DVORAK* der Pipette die in beistehender Figur dargestellte Form. Saugt man bei *a*, so tritt das Quecksilber in die Erweiterung *b* und kann dann leicht transportiert werden. Durch Steigen kann man das Quecksilber wieder ausfliessen lassen. Sehr kleine Mengen Quecksilber kann man aus der Pipette entnehmen, wenn man sie soweit neigt, bis ein wenig Quecksilber in dem engen Teile *d* hängen bleibt, und dann bei *a* bläst. Das Kapillarrohr *df* ist recht dünn und kurz zu nehmen. Der Baumwollpfropf *c* verhindert, dass beim Aufnehmen von verschüttetem Quecksilber Staub oder Tröpfchen davon in den Mund kommen.

Um aus schwer zugänglichen Spalten Quecksilbertröpfchen zu entfernen, benutzt man zweckmässig einen amalgamierten Zinkdraht (oder zugespitzte Streifen Zinkblech).

Zeitschr. f. Instrum. XI, 338, 1891.



Versuche über Brechung des Schalles in porösen Körpern. Von *N. HESSEHUS*. Da die Verbreitungsgeschwindigkeit des Schalles in porösen Körpern, ebenso wie in engen Röhren, geringer ist als im freien Luftraum, so muss in solchen Körpern auch Schallbrechung stattfinden. Der Verfasser hat dies mit einer biconvexen Linse aus Metallnetz, die möglichst gleichmässig mit Watte gefüllt war, nachgewiesen. Für Vorlesungsversuche geeignet ist folgende Einrichtung: Ein halbkugelförmiges eisernes Drahtnetz von 24,5 cm Durchmesser (wie man es für hauswirtschaftliche Zwecke benutzt) wird durch ein flaches Drahtnetz geschlossen und der Innenraum mit Daunen oder kleinen Ebonitpänen gefüllt. Die Linse wird darauf in einen grösseren Schirm aus Karton eingepasst. Als Schallquelle dient eine Pfeife, bei der die Höhe des Tones durch Drehung einer Schraube verändertert und zugleich gemessen werden kann, während der Ton durch Druck auf einen Gummiball erzeugt wird. Für blosse Vorlesungsversuche genügt auch eine einfacher konstruierte Pfeife. Um das Vorhandensein des Schallbrennpunktes nachzuweisen, wurde eine empfindliche Flamme nach *Govi* benutzt, bei der das Leuchtgas über einem Metallnetz angezündet wird, das sich in einiger Höhe über der Ausströmungsöffnung befindet. Der untere Teil des Gases ist gegen die Einwirkung von Luftströmungen oder fremden Tönen durch einen Metallcylinder geschützt, in den die zu untersuchenden Schallwellen nur durch eine kleine seitliche, nötigenfalls noch mit einem Glasrichter versehene Öffnung eintreten. Wenn der Versuch gut gelingen soll, muss man über constanten und regulierbaren Gasdruck verfügen, was man am leichtesten er-

reicht, indem man das Gas in einen Kautschuksack füllt. Der convexen Linsenfläche wird die Schallquelle gegenüber gestellt, an der anderen Seite stellt man ein Diaphragma auf, das nur die centralen Schallstrahlen durchlässt. Ist die Empfindlichkeit der Flamme passend gewählt, so hört sie auf sich zusammenzuziehen, sobald die Entfernung der Pfeife sich ändert, man kann daher zu einem bestimmten Abstände f der Flamme einen bestimmten Abstand f' der Pfeife zuordnen, beide Abstände von der Mitte der convexen Oberfläche aus gerechnet. Durch diese beiden Grössen ist die Brennweite F bestimmt und es folgt schliesslich aus $1/F = (n - 1)/r$ der Wert von n . Bei einem Versuch mit 76 g Daunen ergab sich $F = 19,5$ cm, $n = 1,628$, daher die Schallgeschwindigkeit $v = 343/n = 211$; bei einem zweiten Versuch mit 166 g Daunen in demselben Raum war $F = 16,5$, $n = 1,742$, $v = 197$. Bei beiden Versuchen war die Tonhöhe der Pfeife ungefähr 6960. Es zeigt sich demnach, dass mit wachsender Dichtigkeit des porösen Mediums die Schallbrechung zunimmt, die Schallgeschwindigkeit dagegen entsprechend abnimmt.

Ähnliche Versuche mit Kautschukspänen führten zu einer Schallgeschwindigkeit von nur 146 m (bei einer Wellenlänge von 60 mm). Diese Schallgeschwindigkeit ist noch bedeutend kleiner als die von Schneebeli (*Pogg. Ann.*, Bd. 136, 1869) mit einer mit Tuch gefütterten Röhre erhaltene von 253 m; Krajewitsch dagegen fand (1885) in einer ebensolchen Röhre von 3 mm Durchmesser bei einem Luftdruck von 2,2 mm nur $v = 82$ m.

Auf Grund einer grossen Reihe von Versuchen stellt der Verfasser eine empirische Formel für den Zusammenhang der Schallgeschwindigkeit mit der Wellenlänge und der Dichte des Mittels auf. Aus dieser Formel findet er unter Benutzung der Versuche von Kayser über Schallgeschwindigkeit in Röhren (*Wied. Ann.* 2 und 6), dass die wahrscheinlichste Schallgeschwindigkeit in freier trockener Luft 332,3 m ist. Dieser Wert stimmt mit dem von Moll und Van Beck (1825) gefundenen Wert 332,8 überein, da dieser sich bei Einführung des Regnaultschen Ausdehnungscoefficienten der Luft auf 332,25 reduziert. (*Rep. d. Phys.* 27, 471; 1891.)

2. Forschungen und Ergebnisse.

Ueber die Dämpfung schneller elektrischer Schwingungen und über die Erscheinung der multiplen Resonanz elektrischer Wellen. Von V. BJERKNES. (*Wied. Ann.* 44. 74. 1891.) Den schnellen elektrischen Schwingungen, welche bei den Hertz'schen Versuchen den Leiter durchlaufen, wird die erforderliche Energie durch die in verhältnismässig grossen Zeitintervallen stattfindenden Unterbrechungen eines Induktoriums zugeführt. Es ist wahrscheinlich, dass durch den Widerstand und die Energieausstrahlung die Wellen im Primärleiter so stark gedämpft werden, dass lange vor Eintritt einer neuen Zufuhr von Energie wieder vollkommenes Gleichgewicht herrscht. Die Dämpfung der Wellen im sekundären Kreise wird dagegen nur gering sein können. Aus der Annahme, dass die Elektrizitätsbewegung im sekundären Leiter derjenigen eines gedämpften Pendels entspreche, welches von einer periodischen Kraft angetrieben wird, folgert BJERKNES, dass im Sekundärkreise gleichzeitig zwei Schwingungen stattfinden müssen, eine gezwungene, deren Schwingungsdauer und Dämpfung derjenigen des primären Leiters entspricht, und eine freie Eigenschwingung, bei welcher diese beiden Grössen nur durch den sekundären Leiter selbst bestimmt sind. Wegen der starken Dämpfung der ersten Schwingungsart wird hauptsächlich die letztere zur Geltung kommen, deren Intensität von der Dämpfung der Primärwelle sowohl, als auch von dem Unterschiede der Schwingungszahlen der primären und der Eigenschwingung des sekundären Leiters selbst abhängt: und zwar erreicht die Intensität bei vollkommener Resonanz ihr Maximum und nimmt mit wachsendem Unterschied der beiden Schwingungsdauern um so stärker ab, je kleiner die Dämpfung ist. Die Abhängigkeit der Intensität der sekundären Wellen von dem Unterschiede der Schwingungs-

dauern wurde unter Anwendung von sekundären Leitern verschiedener Eigenschwingung durch die Ausschläge eines in die Funkenstrecke der sekundären Kreise eingeschalteten einfachen Quadrantenelektrometers bestimmt und aus der so erhaltenen Resonanzkurve die Dämpfung der primären Wellen gefunden. Es ergab sich eine Abhängigkeit derselben von der Funkenlänge des Induktorkreises derart, dass das logarithmische Dekrement der primären Schwingungen von 0,27 bis 0,39 zunahm, wenn die Funkenlänge von 1 bis 5 mm geändert wurde. Durch Vergleichen der Elektrometerausschläge mit der Funkenlänge im sekundären Kreise im Falle vollkommener Resonanz beider Leiter liess sich auch die Dämpfung im sekundären Leiter abschätzen. Es ergab sich für das logarithmische Dekrement derselben der Wert 0,002.

Durch die Dämpfung der elektrischen Wellen sucht BJERKNES die von Sarasin und de la Rive gefundene Erscheinung der multiplen Resonanz (*s. d. Zeitschr.*, IV., 310) zu erklären. Durch die Reflexion gedämpfter Wellen an einem Spiegel wird eine besondere Art stehender Wellen gebildet, bei welchen nur am Spiegel selbst die Bewegung den Wert Null besitzt, in den übrigen Knotenpunkten dagegen Minima der Bewegung stattfinden, welche sich um so weniger von den Maximis unterscheiden, je weiter der Knotenpunkt vom Spiegel entfernt ist. Es müssen daher die Resonatoren auch in den Knotenpunkten ansprechen. Die Amplituden der gezwungenen sowie der freien Eigenschwingungen im sekundären Leiter sind periodische Funktionen des Abstandes des Leiters vom Spiegel. In der Nähe des Spiegels werden wegen der starken Dämpfung der Primärschwingungen die gezwungenen Schwingungen des sekundären Kreises nach wenigen Schwingungen den ungeschwächten freien Eigenschwingungen gegenüber bedeutungslos. In einiger Entfernung vom Spiegel verschwindet auch der Unterschied der Maxima und Minima der gezwungenen Schwingungen, während die freien Eigenschwingungen noch gut ausgebildete Maxima und Minima besitzen. Es würden sich daher nur in der Nähe des Spiegels die gezwungenen Schwingungen, welche den primären Schwingungen entsprechen, durch die Funken eines Resonators nachweisen lassen, während dies in einiger Entfernung vom Spiegel nicht mehr möglich ist. In Drähten muss die Erscheinung der multiplen Resonanz noch deutlicher auftreten, da die primären Schwingungen wegen des Energieverlustes durch den Draht noch stärker gedämpft werden.

Die Existenz einer eigenen Schwingungsdauer der primären Wellen sucht BJERKNES (*Wied. Ann.* 44. 513. 1891) dadurch nachzuweisen, dass er die Elektrizitätsbewegung in dem primären Leiter mit Hilfe seines Quadrantenelektrometers direkt bestimmt. Bei der gewöhnlichen Versuchsanordnung, bei welcher den beiden mit den Elektroden des Induktorkreises verbundenen Metallplatten zwei gleiche Platten gegenüberstehen, von denen zwei nicht allzulange parallele Drähte auslaufen, wird jeder Wellenzug zwischen den Drahtenden ins Unendliche reflektiert. Wählt man jedoch die Drahtlänge derart, dass die von den Enden gebildeten stehenden Wellensysteme nicht mehr in der Mitte des Drahtes übereinandergreifen, also über 10 Wellenlängen, so muss die Elektrizitätsbewegung am Ende des Drahtes dieselbe sein, wie für den Fall, dass ein einziger aus dem Unendlichen ankommender Wellenzug an dem Drahtende einmal reflektiert würde. Aus der Annahme, dass die elektrischen Wellen gedämpfte Sinusschwingungen seien, leitet BJERKNES einen Ausdruck für den Ausschlag eines Elektrometers her, dessen Quadranten mit irgend zwei von den Drahtenden gleich weit entfernten Punkten verbunden sind. Er findet, dass durch die Ausschläge, welche das Elektrometer liefert, wenn es längs der Drähte verschoben wird, der ankommende Wellenzug graphisch dargestellt werden muss. Die Versuche ergaben in der That gedämpfte Sinuswellen, welche mit den berechneten nahezu übereinstimmten.

H. R.

Verflüchtigung von Metallen durch Elektrizität. Von W. CROOKES. Es ist eine zuerst von Wright beschriebene Erscheinung, dass Platinelektroden in verdünnten Gasen unter dem Einfluss des elektrischen Stromes zerstäuben. W. CROOKES hat das Verhalten verschiedener Metalle in dieser Hinsicht genauer untersucht und darüber der Royal

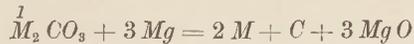
Society in London am 11. Juni v. J. berichtet. Kadmiemelektroden (Platindrähte mit geschmolzenem Kadmium überzogen) in einem Vakuum und von einem Paraffinbade von 230° C. umgeben, erfuhren im Laufe von vierzig Minuten am negativen Pol einen beträchtlichen Gewichtsverlust (0,4873 g) und lieferten einen dichten Metallbeschlag auf der Glaswand, während der positive Pol nur einen geringen Verlust (0,0058 g) erlitt. Ebenso gaben Silberelektroden bei einer Temperatur von solcher Höhe, wie es nur irgend ohne Schmelzung des Glases möglich war, nach $1\frac{1}{2}$ Stunden am negativen Pol einen Verlust von 0,0123 g, am positiven Pol nur 0,0007 g. Das grünlichweisse Licht um den negativen Pol zeigte deutlich die beiden starken Silberlinien, so lange die Verdünnung der Luft noch nicht zur äussersten Grenze getrieben war; dagegen bei 1 Millionstel Atmosphäre Druck war das Licht nur sehr schwach, der Silberpol sah wie rotglühend aus und die Zerstäubung ging sehr rasch vor sich. Eine Legierung von Gold und Aluminium erlitt eine völlige Sonderung, eine Art fraktionierter Destillation, indem das Gold zerstäubt wurde, das Aluminium zurückblieb. Um die Zerstäubbarkeit verschiedener Metalle zu vergleichen, wurden aus ihnen Drähte gleicher Stärke hergestellt (30 mm lang und 8 mm dick) und gleiche Zeit der Einwirkung ausgesetzt. Dabei wurden folgende Ziffern für die Zerstäubbarkeit gefunden (Gold = 100 gesetzt): Palladium 108, Gold 100, Silber 82,68, Blei 75,04, Zinn 56,96, Messing 51,58, Platin 44, Kupfer 40,24, Kadmium 31,99, Nickel 10,99, Iridium 10,49, Eisen 5,50. Aluminium und Magnesium scheinen unter gleichen Verhältnissen nicht verflüchtbar zu sein. Die Verflüchtbarkeit entspricht den angegebenen Zahlen zufolge weder den Schmelzpunkten, noch den Atomgewichten, noch einer anderen bekannten Constante. Doch hat sich gezeigt, dass das Maximum der Verflüchtbarkeit beim Schmelzpunkt der Metalle oder dicht vorher eintritt. — Um eine grössere Menge Gold zu verflüchtigen, wurde ein Pinsel von Goldfäden am negativen Pol angebracht, der positive dagegen aus Aluminium gebildet. Im Laufe von 14 Stunden schied sich 0,1800 g Gold als feine ablösbare Haut auf der Glaswand ab. Während dessen nahm der Widerstand des Vakuums so beträchtlich zu, dass ein wenig Luft eingelassen werden musste. Auch mit Platin zeigte sich eine ähnliche Erscheinung. Der Platinniederschlag absorbierte den Gasrückstand so vollständig, dass man alle dreissig Minuten wieder etwas Luft einlassen musste, um die Leitung zu erhalten. In der That gelang es auch durch Erhitzen der nicht leitend gewordenen Röhre die absorbierte Luft wieder aus dem Metall auszutreiben und das Leitungsvermögen des Vakuums zu erhöhen. Das Platin verlor bei gleicher Behandlung wie das Gold in 25 Stunden 0,1320 g an Gewicht; von Silber endlich wurden in 20 Stunden 0,1944 g verflüchtigt. Die Ablagerungen des Goldes und des Silbers konnten als dünne glänzende Folie von der Glaswand abgehoben werden.

Die Reduktion von Sauerstoffverbindungen durch Magnesium. Von CLEMENS WINKLER. Im 2. Jahrgange dieser Zeitschrift (S. 252) wurde über Versuche berichtet, welche GATTERMANN anstellte, um mittelst pulverförmigen Magnesiums die Verbindungen SiO_2 und B_2O_3 zu reduzieren. In einer ausgedehnten Versuchsreihe hat Herr WINKLER die Wirkungsweise dieses Metalles auf die Sauerstoffverbindungen der in die vier ersten Gruppen des natürlichen Systems gehörenden Elemente untersucht und das Ergebnis seiner Untersuchungen in den *Ber. d. chem. Gesellschaft* (Bd. 23, S. 44, 120, 772 und 2642; Bd. 24, S. 873) veröffentlicht. Eine 5. Abhandlung (Bd. 24, S. 1466) enthält den Bericht über die Darstellung von Metallhydriden namentlich der Erdalkalimetalle. Im Folgenden sollen die Hauptresultate dieser Untersuchungen wiedergegeben werden; die Versuche lassen sich z. T. auch als Demonstrationen im chemischen Unterrichte verwerten. Die Versuche mit den selteneren Elementen (*Rb*, *Cs*, *Y*, *La*, *Ga*, *Jn*, *Tl*, *Ti*, *Zr*, *Th*) müssen hier unberücksichtigt bleiben.

Die zur Reduktion verwendeten Verbindungen wurden, nachdem sie durch Trocknen und Glühen vollständig vom Wasser befreit waren, in einem erwärmten Porzellanmörser innig mit der bestimmten Menge pulverförmigen Magnesiums vermischt. Durch einen

Vorversuch wurde das Verhalten der Mischung beim Erhitzen bestimmt, und dann wurde eine grössere Substanzmenge (meist in einem einseitig geschlossenen Glasrohr) vorsichtig über der Flamme eines gewöhnlichen Brenners erhitzt.

1. Gruppe. Da bei einer Anzahl der hierher gehörigen Metalle die Oxyde nicht mit Sicherheit bekannt sind, so wurden die Carbonate untersucht. Die Menge des Magnesiums entsprach der Gleichung



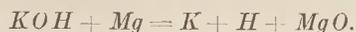
1. *Lithium*. Schon beim Erhitzen einer geringen Menge (0,2 g) des Gemisches von Li_2CO_3 und $3 Mg$ erfolgt weit unterhalb der Glühhitze eine lebhaftere Verpuffung, durch welche die Glasröhre zerschmettert wird. Das reduzierte Lithium verbrennt sofort. Bei Anwendung einer noch geringeren Menge des Gemisches bleibt die Glasröhre unversehrt; die entstandene graue Masse entwickelt mit Wasser lebhaft Wasserstoff. Ein Löffel des Gemisches verpufft beim Eintragen in einen glühenden Porzellantiegel gefahrlos unter glänzender Lichterscheinung.

2. *Natrium*. Das Gemisch von Na_2CO_3 und $3 Mg$ schwärzt sich beim Erhitzen; in der Glühhitze tritt eine heftige Reaktion ein, und während aus der Röhrenmündung die gelbe *Na*-Flamme herausschiesst, bedeckt sich die Innenwand mit einem glänzenden Spiegel von metallischem Natrium. Das zurückbleibende schwarze Pulver (*C* und *MgO*) enthält fast kein Natrium mehr. Wird das Gemisch in einen glühenden Porzellantiegel geworfen, so entsteigt demselben alsbald geräuschlos eine glänzende Natriumflamme.

3. *Kalium*. Die Einwirkung ist weniger energisch, als bei 1. und 2. Bei dunkler Rotglut bedeckt sich die Röhrenwandung, soweit das Gemisch reicht, mit einem glänzenden Metallspiegel, ohne dass Verpuffung und Feuererscheinung auftreten. Das Kalium verdampft nicht, trotz seines niedrigeren Siedepunktes. Im H-Strom lässt es sich vollständig abdestillieren, wobei ein schwarzer Rückstand (*C* und *MgO*) verbleibt. Bei der Reduktion entsteht eine geringe Menge Kohlenoxydkalium, dessen Menge zunimmt, wenn die Mischung ärmer an *Mg* wird, weil in $CO(OK)_2$ die (*OK*)-Gruppe leichter reduziert wird, als die Gruppe *CO*. Der Versuch ergab, dass bei allmählichem Erhitzen die Einwirkung gemäss der Gleichung erfolgt:



wobei dann im kälteren Teile der Röhre *CO* und *K* sich zu grauem Kohlenoxydkalium verbinden. — Kaliumhydroxyd wird leicht durch Magnesium reduziert:



Der freiwerdende Wasserstoff befördert das Abdestillieren des Kaliums in hohem Maasse. Am ruhigsten verläuft die Reaktion beim Erhitzen eines Gemisches von 7 T. *KOH*, 3 T. *Mg* und 7 T. *MgO* in einem gläsernen oder eisernen Rohre (Gasleitungsrohr von 15 mm Durchmesser) bis zur beginnenden Glühhitze.

4. *Kupfer*. Cuproxid (1 Mol.) wird durch Magnesium (1 At.) leicht und gefahrlos zu metallischem Kupfer reduziert. Bei der Einwirkung von *Mg* auf Cuproxid erfolgt eine kräftige Explosion und Zertrümmerung des (einseitig geschlossenen) Glasrohrs.

5. *Silber*. Silbercarbonat wird durch *Mg* unter Verpuffung reduziert, wobei ein Teil des Rohrinhaltes fortgeschleudert wird. Heftiger ist die Einwirkung von *Mg* auf Ag_2O . Wird eine geringe Menge (0,1 g) des Gemisches erst langsam, dann plötzlich stärker erhitzt, so tritt unter schwach prasselndem Geräusch eine heftige Glüherscheinung auf. Bei Anwendung einer grösseren Menge des Gemisches wird das Rohr unter heftigem Knall zertrümmert.

6. *Gold*. Goldoxydul wird schon beim blossen Erwärmen auch bei Abwesenheit des Magnesiums zerlegt. Das Magnesium verbrennt in dem entstehenden Sauerstoff mit lebhaftem Glanz.

In der Hauptgruppe nimmt mithin die Reduktionswirkung des Magnesiums mit steigendem Atomgewicht ab, in der Nebengruppe dagegen zu.

II. Gruppe. Die Oxyde der in diese Gruppe gehörenden Metalle wurden der Einwirkung des pulverförmigen Magnesiums ausgesetzt. Das Mengenverhältnis von Metall-oxyd und Magnesium war durch die Gleichung bestimmt



1. *Beryllium*. Frisch geglühte Beryllerde wird beim Erhitzen mit Magnesium unter ruhigem Erglühen teilweise zu Beryllium reduziert. Wird das Gemisch von BeO und Mg eine Stunde lang in einer H -Atmosphäre in Rotglühhitze erhalten, so findet eine Absorption von H statt. Das entstehende bräunlichgraue Produkt verglimmt beim Erhitzen an der Luft und im Sauerstoff unter Bildung von Wasser. Der Verfasser nimmt in demselben einen Berylliumwasserstoff, BeH , an.

2. *Magnesium*. Ein Gemisch von Mg und MgO liefert beim Erhitzen kein Suboxyd. Wird das Gemisch in einen schräg gelegten glühenden Porzellantiegel eingetragen, so verglimmt es mit hellem Lichte unter Bildung von Stickstoffmagnesium. Beim längeren Erhitzen in einer H -Atmosphäre bis zur Rotglut wird ebenfalls Wasserstoff absorbiert. Das entstehende hellfarbene Produkt enthält Magnesiumwasserstoff, MgH .

3. *Calcium*. CaO wird durch Mg beim Erhitzen bis zur Rotglut ohne Feuererscheinung reduziert. Beim Erhitzen des Gemisches in einer H -Atmosphäre findet eine beträchtliche Absorption dieses Gases statt und das Produkt enthält mehr als 60% Calciumwasserstoff. Derselbe entwickelt beim Uebergiessen mit Wasser und Salzsäure Wasserstoff, entzündet sich an einer Flamme und verglimmt ruhig, wobei er sich mit einem wenig leuchtenden Flammenmantel umgiebt. Beim Erhitzen im O -Strom tritt Entflammung unter schwacher Explosion ein und die Verbindung verbrennt mit äusserst intensivem Lichte unter Wasserbildung.

4. *Strontium*. Beim Eintragen eines Gemisches von SrO und Mg in einen glühenden Tiegel entsteht, da das reduzierte Sr sofort wieder verbrennt, eine Glüherscheinung, die blendend rotes Licht verbreitet. Im geschlossenen Rohr ist die Einwirkung weniger lebhaft. Der entstehende dunkelfarbige Cylinder ist ein Gemenge von MgO und metallischem Sr , welches sich indess nicht zu einem Regulus vereinigen liess. Der Cylinder lässt sich an einer Flamme entzünden und verglimmt mit rotem Lichte; mit kaltem Wasser entwickelt er lebhaft Wasserstoff. Strontiumhydroxyd wird schon unterhalb der Glühhitze durch Mg reduziert. — Beim Erhitzen des Gemisches von SrO und Mg in einer H -Atmosphäre wird nahezu alles Strontium in Strontiumwasserstoff (SrH) umgewandelt, dessen Verhalten demjenigen des Calciumwasserstoffs analog ist. Beim Liegen an der Luft erhitzt er sich und zerfällt unter Aufschwellen zu einem weissen Pulver.

5. *Baryum*. Beim Erhitzen des Gemisches von BaO und Mg im einseitig geschlossenen Rohre tritt unter heller Glüherscheinung eine lebhafte Reaktion ein, wobei ein Teil der Masse aus dem Rohre herausgeschleudert wird und mit gelber Flamme verbrennt. Ein Regulus von metallischem Baryum wurde nicht erhalten. Baryumhydroxyd verhält sich ähnlich wie Strontiumhydroxyd. — Zur Darstellung von Baryumwasserstoff ist es nötig, mit dem Magnesium ganz reines BaO zu vermischen, dessen Darstellung der Verfasser ausführlich beschreibt (*Bd. 23, 1978*). Es gelingt dann gegen 95% Baryum in die Wasserstoffverbindung überzuführen. Sein Verhalten ist dem des Strontiumwasserstoffes analog. Alle Hydride der Erdalkalimetalle sind glanzlose, erdige Masse, die sich durch ihre Feuerbeständigkeit auszeichnen, deren Vorkommen in der Sonne und den Fixsternen deshalb nicht unwahrscheinlich ist.

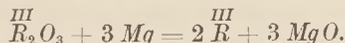
6. *Zink*. Zinkoxyd wird durch Magnesium bei eben beginnendem Glühen unter Explosion, Flammerscheinung und Fortschlendern der Masse reduziert.

7. *Cadmium*. Die Reduktion von CdO erfolgt bei mässiger Temperatursteigerung unter zischendem Geräusch, ohne dass die Masse fortgeschleudert wird. Das Glasrohr zeigt einen grauen Beschlag von metallischem Cadmium.

8. *Quecksilber*. Quecksilberoxyd wird unter heftiger Verpuffung und unter glänzender Feuererscheinung reduziert.

In der Hauptgruppe zeigt sich mithin vom Beryllium zum Magnesium eine Abminderung der Reaktion zu Null, von da eine Steigerung mit wachsendem Atomgewicht; in der Nebengruppe, in welcher sie im allgemeinen sehr lebhaft verläuft, findet vom *Zn* zum *Cd* eine Herabminderung, von da zum *Hg* eine bedeutende Steigerung statt.

III. Gruppe. Auch hier wurden die Oxyde der Einwirkung des Magnesiums ausgesetzt gemäss der Gleichung



1. *Bor*. Bei der Einwirkung von Borsäureanhydrid auf Magnesium tritt keine auffallende Reaktionserscheinung ein. Das entstehende, fast schwarze, stark gefrittete Produkt enthält kein freies Bor, sondern Bormagnesium, dem wahrscheinlich die Formel B_2Mg_3 zukommt. Dasselbe entwickelt mit Wasser und Kalilauge spärlich, mit *HCl* heftig Wasserstoff von niedrigem Geruch, während nahezu völlige Auflösung eintritt. Ein Bormonoxyd, wie es sich gemäss der Gleichung



hätte bilden können, wurde nicht erhalten. — Wird fein gepulverter entwässerter Borax (1 Mol.) mit 7 At. Magnesium in einer Verbrennungsröhre im Wasserstoffrohre rasch und kräftig erhitzt, so tritt eine plötzliche Glüherscheinung ein und unter Zischen findet die Abdestillation von metallischem Natrium statt, welches hinter der erhitzten Stelle einen glänzenden Spiegel bildet. Das Bor wird auch hier in Bormagnesium verwandelt, welches sich nicht vom beigemengten Magnesium trennen lässt, da es mit Salzsäure und concentrirter Salmiaklösung (übel riechendes) Wasserstoffgas liefert und sich dabei fast gänzlich löst. Der Verfasser giebt ihm die Formel Mg_2B_5 . Der in Salzsäure unlösliche Rückstand enthält 0,99% Wasserstoff. Der Verfasser betrachtet ihn als festen Borwasserstoff von der Formel B_8H , der im Sauerstoff mit Flamme verbrennt, wobei Borsäure und Wasser entstehen und sich in Königswasser, Bromwasser und Salpetersäure leicht löst. Beim Eintragen in concentrirte Salpetersäure vom spez. Gew. 1,4 an entflammt er sich mit blendendem Lichtblitz unter Bildung schöner Wirbelringe von Borsäure. Mit Nitraten und Chloraten gemischt verpufft er beim Erhitzen lebhaft. Übermangansäure, die Salze von *Au*, *Pt*, *Ag*, *Hg* und *Cu* werden durch ihn reduziert. Bei kaum beginnender Glühhitze zerfällt er in seine Bestandteile. Der gasförmige Borwasserstoff, welcher dem Wasserstoffgase beigemengt ist, das sich beim Übergiessen des aus Borax oder Borsäure dargestellten Bormagnesiums mit Salzsäure entwickelt, konnte im reinen Zustande noch nicht dargestellt werden. — Der Verfasser gelangt mithin zu wesentlich anderen Resultaten als Gattermann (l. c.).

2. *Aluminium*. Das zu verwendende Gemisch muss möglichst innig sein und die Bestandteile fein zerrieben enthalten. Im Porzellanschiffchen im Wasserstoffstrome erhitzt tritt bei mässiger Wärme eine Glüherscheinung unter beträchtlicher Volumenvermehrung ein, sodass der Inhalt des Schiffchens überquillt. Das schwarzgrau gefärbte Produkt ist pyrophorisch und entwickelt mit Wasser und Säuren Wasserstoff, wobei nur allmählig hell gefärbtes Oxyd entsteht. Der Verfasser betrachtet es als ein Gemisch von Aluminium mit einem Aluminiummonoxyd (AlO), welches in grösserer Menge durch Erhitzen eines an Magnesium ärmeren Gemisches erhalten wurde, wobei es sich nach der Gleichung bildet



Demselben war in diesem Fall noch mitentstandener, in *HCl* unlöslicher Magnesiumspinell ($MgAl_2O_4$) in Form durchsichtiger, homogener Stückchen beigemengt. Versuche, Aluminiummonoxyd im reinen Zustand durch Reduktion von Al_2O_3 mittelst Aluminiumfeile darzustellen, führten zu einem negativen Resultate. — Ein Aluminiumwasserstoff konnte ebenfalls nicht dargestellt werden.

IV. Gruppe. In dieser Gruppe wurde nicht nur die Totalreduktion der gesättigten Oxyde, sondern auch ihre teilweise Reduzierbarkeit zu niederen Oxyden (bei beschränktem Magnesiumzusatz) untersucht.

1. *Kohlenstoff*. Wird ein spiralgig aufgerolltes Stück Magnesiumband brennend in eine mit CO_2 gefüllte Flasche eingeführt, so brennt dasselbe mit hellem Lichte weiter, während Mg -Teilchen im Gefässe umhergeschleudert werden. Die Abscheidung von Kohlenstoff ist hierbei gering; der Hauptsache nach erfolgt eine Reduktion zu Kohlenoxyd. Erhitzt man Magnesiumband im CO_2 -Strome, so bedeckt es sich anfangs, ohne sich zu entzünden, mit Kohlenstoffmagnesium, welches seine Oberfläche rauh macht; bei Rotglut tritt Entzündung ein und man erhält ein Gemisch von C und MgO . Magnesiumpulver verbrennt in CO_2 erheblich leichter, wobei ebenfalls CO auftritt, vielleicht aber erst in Folge einer sekundären Reaktion (Reduktion von CO_2 durch C). Im Anschluss an die bereits bei den Alkalimetallen nachgewiesene Reduzierbarkeit der Carbonate durch Magnesium zeigte der Verfasser, dass auch die Carbonate der Erdalkalimetalle durch Magnesium reduziert werden können. Schon beim Calciumcarbonat erfolgt die Reduktion bei Rotglut unter zischendem Geräusch und hellem Aufglühen, während eine rote Feuerfarbe aus der Mündung des Verbrennungsrohres hervorschießt (Kreide eignet sich zu diesem Versuche). Das Produkt entwickelt schon mit kaltem Wasser Wasserstoff. Noch lebhafter ist die Reduktion von Baryum- und Strontiumcarbonat, bei welcher die Glasröhre zertrümmert werden kann. In diesen Fällen waren auf 1 Mol. Carbonat 3 At. Magnesium angewendet worden. Bei Anwendung von nur 2 At. Mg erhält man CaO , C und MgO ; bei Anwendung von nur 1 At. Mg endlich erfolgt die Einwirkung nach der Gleichung



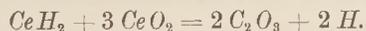
Eine geringe Menge Kohlenstoff wird auch hierbei abgeschieden, dem beim Auflösen des Glühproduktes in Salzsäure hartnäckig ein Magnesiumgehalt anhaftet.

Wird eine Spirale aus Magnesiumband brennend in eine mit CO gefüllte Flasche getaucht, so erlischt sie. Magnesiumpulver im CO -Strom erhitzt, erglüht bei Rotglut schwach aber unter bedeutender Wärmeentwicklung. Es entsteht ein Gemisch von MgO und C , welch' letzterem indess ebenfalls eine geringe Menge Magnesium hartnäckig anhaftet. Das Magnesium besitzt also in hohem Maasse die Neigung, sich mit Kohlenstoff (wie mit Bor) zu verbinden. Die entstehende Verbindung ist dem amorphen Kohlenstoff äusserlich sehr ähnlich; indess lässt sich auch durch tagelanges Digerieren mit HCl das Magnesium nicht auflösen. Der Verfasser betrachtet das schwarze kohlige Pulver als ein inniges Gemisch von Kohlenstoffmagnesium (MgC_{10}) mit Kohlenstoff.

2. *Silicium*. Dem Verfasser gelang es zunächst das zuerst von Wöhler dargestellte Siliciummagnesium, für welches später Geuther die Formel Mg_5Si_3 aufstellte, sowie auch das normal zusammengesetzte Mg_2Si durch Erhitzen der erforderlichen Menge der innig gemengten Bestandteile im H -Strome darzustellen. Im letzteren Falle war die Wärmeentwicklung beträchtlicher als im ersteren. Die beiden Verbindungen haben ein sehr ähnliches Aussehen: Mg_5Si_3 hat einen dunkleren mehr ins Rötliche ziehenden Farbenton, Mg_2Si ist rein graublau. Beide verlieren beim Erhitzen einen Teil ihres Magnesiums. Mit rauchender Salzsäure ($s = 1,19$) entwickeln beide selbstentzündlichen Siliciumwasserstoff (bei Anwendung von verdünnter Säure ($s = 1,12$) entzündet sich das entweichende Gas nicht) unter Abscheidung von Geuthers Siliciumoxyd $Si_3O_5H_2$, Siliciumameisensäureanhydrid $Si_2O_3H_2$ und Silicon $Si_4O_3H_4$. Essigsäure und verdünnte Schwefelsäure verhalten sich ebenso. Concentrierte Schwefelsäure wird dagegen unter starker Erwärmung zu SO_2 und S reduziert, wobei sich amorphes Silicium abscheidet. Mit HFl entsteht nur Wasserstoff, das sich ausscheidende Magnesiumfluorid umhüllt das Siliciummagnesium und schützt es vor weiterer Einwirkung. Concentrierte Salpetersäure ($s = 1,4$) wirkt ebenfalls heftig ein, unter Entwicklung von NO scheidet sich amorphes Silicium ab. Kalilauge ist ohne Einwirkung, concentrirte Salmiaklösung löst Siliciummagnesium unter H - und NH_3 -Entwicklung und Abscheidung von Siliciumameisensäureanhydrid. Metallsalzlösungen werden unter Abscheidung von amorphem Silicium und Bildung von Kieselsäure reduziert, wobei immer H entwickelt wird.

Auf SiO_2 wirkt das Magnesium heftig ein (vgl. Gattermann l. c.). Das Glühprodukt ist aber niemals homogen. Wo die Reaktionswärme am stärksten ist, entsteht braunes amorphes Silicium, an den kälteren Stellen bildet sich dunkelblaues Siliciummagnesium (durch Vermischen mit MgO kann man die Einwirkung abschwächen, man erhält aber wieder Silicium und Siliciummagnesium). Wird dieses ungleichförmige Produkt von neuem im H -Strom erhitzt, so verschwindet das Siliciummagnesium, weil es ebenfalls reduzierend wirkt. Bei genügend hoher Temperatur oder bei einem Überschuss von Kieselsäure erhält man mithin nur amorphes Silicium neben MgO und vielleicht Magnesiumsilicat. Die Reaktion vollzieht sich dann immer noch unter starkem Glühen, aber nicht unter Umerschleudern des Gemisches. Ein Siliciummonoxyd SiO scheint sonach nicht zu existieren. — Auch Silicate (Enstatit, Kaliglas) werden durch Magnesium reduziert unter Bildung beträchtlicher Mengen von Siliciummagnesium.

3. *Cerium*. Beim Erwärmen des Cerdioxyds mit überschüssigem Magnesium (um das bei der Reaktion sich stets verflüchtigende Metall zu ersetzen) im Wasserstoffstrom machte der Verfasser zum ersten Male die Beobachtung, dass das freiwerdende Metall sich mit dem Wasserstoff zu einem Hydrid vereinigte. Diese Beobachtung wurde dann die Veranlassung, auch die übrigen Metalle — wie bereits berichtet wurde — auf ihre Fähigkeit, sich mit H zu vereinigen, zu untersuchen. Der Cerwasserstoff, CeH_2 , bildete sich weit über dem Verdampfungspunkte des Magnesiums bei heller Glühhitze, wenn man in einem auf der einen Seite durch einen Quetschhahn geschlossenen, auf der anderen Seite mit einem Kippschen Apparate in Verbindung stehenden Glasrohr 20 g eines Gemisches von 172 Gwt. Cerdioxyd (1 Mol.) und 64 Gwt. Mg (2 At. + Überschuss) erhitzt. Das rohe Reaktionsprodukt besteht zumeist aus Cerwasserstoff mit MgO gemischt, welch' letzteres sich nicht entfernen lässt. Das Produkt lässt sich schon durch ein brennendes Streichholz entzünden und verbrennt unter lebhaftem Erglühen und Bildung der Wasserstoffflamme. Mit Nitraten und Chloraten bildet es beim Erhitzen explodierende Gemische; in Chlorgas verbrennt es nach dem Berühren mit einem erhitzten Drahte. Beim Kochen mit Wasser bildet sich unter Entwicklung von Wasserstoff weisses Cerhydroxyd; ebenso entsteht in Salmiaklösung eine H -Entwicklung. HCl löst es unter H -Entwicklung in der Wärme sehr schnell zu Ceresquichlorid; Salpetersäure hinterlässt einen unlöslichen Rückstand von Ceroxyd, während rauchende Salpetersäure Verpuffung unter blitzartiger Flammenerscheinung bewirkt. Metallsalzlösungen werden unter Abscheidung von Metall reduziert. Beim Erhitzen des Reaktionsproduktes im einseitig geschlossenen Glasrohr entweicht Wasserstoff in Folge der Einwirkung von Ceroxyd auf Cerwasserstoff



Wird das Gemenge von CeO_2 und Mg nicht im H , sondern in einem einseitig zugeschmolzenen Glasrohr erhitzt, dessen anderes Ende durch einen Quetschhahn verschlossen ist, so erhält man ein Gemenge von metallischem Cer und MgO , welches fast schwarz mit einem Stich ins Grüne erscheint. Das entstehende Cer bildet mit Quecksilber ein Amalgam. Beim Erhitzen an der Luft verbrennt es ohne Flammenbildung, lässt sich auch durch Beimengung von Chloraten und Nitraten verbrennen, entwickelt mit Wasser Wasserstoff unter Bildung von Cerhydroxyd, ebenso mit Salmiaklösung, löst sich in verdünnter Salzsäure unter H -Entwicklung, wobei z. T. CeH_2 entsteht, und entzündet sich beim Eintragen in concentrirte Salzsäure oder in rauchende Salpetersäure. — Ceresquioxid entsteht beim Erhitzen von 2 Mol. CeO_2 mit 1 At. Mg unter Zugabe eines weiteren Drittels der berechneten Magnesiummenge. Das Produkt ist braungelb und verklumpt ebenfalls beim Erhitzen an der Luft. — Ein Cermonoxyd scheint nicht zu existieren.

4. *Zinn*. Auch hier erfolgt die Einwirkung (2 At. Mg auf 1 Mol. SnO_2) unter Feuererscheinung und starkem Geräusch, hervorgerufen durch eine schussartige Verpuffung, bei welcher der Rohrinhalt davongeschleudert und die Röhre zertrümmert wird. Der Rückstand ist staubförmiges Zinn und Magnesiumoxyd.

5. *Blei*. Schon beim mässigen Erhitzen von PbO_2 (1 Mol.) mit Mg (2 At.) erfolgt die Einwirkung mit gefahrvoller Heftigkeit, sodass man nur mit geringen Mengen operieren darf. Beim Eintragen des Gemisches in einen glühenden Porzellantiegel entsteht ein heller Lichtblitz, begleitet von einer Dampfwolke. Beim Erhitzen in einem einseitig geschlossenen Glasrohr entsteht ein schussartiger Knall, wobei das Rohr in der Regel zertrümmert wird. Das Reaktionsprodukt verschwindet, an der Innenwand des Rohres befindet sich ein Beschlag, der aus Mg und MgO besteht, aber kein Blei enthält. Dasselbe befindet sich jedenfalls in der fortgeschleuderten Masse.

Von Wichtigkeit ist es, dass auch alle anderen Elemente der Hauptgruppe ausser dem C und Si Verbindungen mit H bilden, die den ungesättigten Kohlenwasserstoffen C_nH_{2n} entsprechen und sich durch den Einfluss höherer Temperaturen nicht zersetzen.

Bgr.

3. Geschichte.

Die chemischen Theorien des 13. Jahrhunderts. Einige Abhandlungen der grossen Alchemisten des 13. Jahrhunderts sind kürzlich von ALB. POISSON ins Französische übertragen worden (*Cinq Traités d'Alchimie des plus grands Philosophes, Traduits du Latin en Français par Alb. Poisson, Paris 1890*). Sie sind hauptsächlich dadurch interessant, dass sie einen Einblick in die theoretischen Anschauungen jener ausgezeichnetsten Chemiker des Mittelalters gewähren. — Albertus Magnus lehrt in der Schrift „Compositum de compositis“, alle Metalle seien Verbindungen zweier Prinzipien, des Merkurs und des Schwefels, wobei man aber das Quecksilber und den Schwefel der Philosophen nicht mit den entsprechenden unreinen irdischen Stoffen verwechseln dürfe. An einer Stelle nennt er sogar noch als dritten, allerdings unwichtigen Bestandteil das Arsenik, welches im wesentlichen dieselbe Natur wie der Schwefel habe, nur sei es weniger feucht und schwerer sublimierbar. Dass die einzelnen Metalle trotz derselben Grundstoffe untereinander verschieden seien, rühre von der sehr ungleichen Digestion und Erhitzung her, welche bei ihrer Entstehung im Erdinneren stattgefunden habe. Doch ist dies nicht die alleinige Ursache. „Die Metalle“, so äussert er ein anderes Mal, „weichen von einander ab gemäss der Reinheit oder Unreinheit der materia prima, d. h. des Schwefels und des Merkurs, und auch gemäss dem Grade des Feuers, welches sie erzeugt hat.“ — Gold wird als das vollkommenste Metall bezeichnet; am nächsten stehe ihm Silber, welches sich von ihm nur durch Farbe und Gewicht unterscheide. (In einem der in dieser Abhandlung vorkommenden Rezepte wird auch das verschiedene Verhalten beider Edelmetalle gegen Salpetersäure besprochen; jedoch wird diesem Umstande keine theoretische Wichtigkeit beigelegt.) Dass sich alle Metalle in Gold überführen lassen — welchem sie ja auch, wenigstens qualitativ, in der Zusammensetzung gleichen — wird als selbstverständlich betrachtet. Das hierzu dienende Präparat ist der Stein der Weisen, dessen Darstellung gewöhnlich das „Magisterium“ genannt wird. Mittelst desselben wird den Metallen ihr Spezifisches entrissen und werden sie so behandelt, wie die Natur selbst bei Erzeugung von Gold und Silber verfähre. Überhaupt wird dem Jünger der Kunst nächst der zum Gelingen unbedingt notwendigen frommen Gesinnung wiederholt gepredigt, die Natur zur Lehrmeisterin zu nehmen. Als Ausgangspunkt für die praktische Arbeit wird Quecksilber vorgeschlagen. Im allgemeinen sind bei dem grossen Werke vier Stufen zu unterscheiden: nämlich Zerlegen, Waschen, Reduzieren und Fixieren. Das Zerlegen und Waschen soll aus den angewandten Stoffen die reinen Elemente Merkur und Schwefel erzeugen; durch die beiden anderen Prozesse sollen diese verbunden und festgemacht werden. Schliesslich erhalte man als Ergebnis der nach diesem Schema auszuführenden — im einzelnen beschriebenen, aber nicht immer verständlichen — Arbeiten anfänglich das weisse und schliesslich das rote Elixir. Ersteres habe die Fähigkeit, 100 Teile Quecksilber in Silber, letzteres eine gleiche Menge Quecksilber oder Silber in Gold zu verwandeln. Ferner sei es möglich, diese Präparate in noch vollkommeneren „Medizinen“

überzuführen, derart, dass man sogar beliebig grosse Mengen der unvollkommenen Metalle transmutieren könne.

Roger Baco's Schrift „Speculum Alchemiae“ ist rein theoretisch; aber gerade weil sie von dunklen Rezepten gänzlich frei ist, treten die allgemeinen Vorstellungen der Zeit in ihr recht klar hervor. Überhaupt entspricht sie nach Inhalt wie Darstellung durchaus der durch die geschichtliche Kritik gestützten Überlieferung, gemäss welcher der Verfasser als einer der ersten unter den mittelalterlichen Forschern betrachtet wird. Er beginnt mit einer Definition der Alchemie, sie sei „die Wissenschaft, welche eine gewisse Medizin zu bereiten lehre, die, auf die unvollkommenen Metalle geworfen, ihnen im Augenblicke der Projektion die Vollkommenheit gebe“. Was die Zusammensetzung der Metalle betrifft, so weicht Baco nur insofern von Albertus Magnus ab, als er das Arsenik niemals erwähnt. Gold gilt ihm allein als wahres Metall. Die Natur sei stets auf dessen Erzeugung ausgegangen, allerdings habe sie nicht immer ihren Zweck erreicht. Aus Unreinheiten der Urstoffe, nämlich des philosophischen Merkurs und Schwefels, erkläre sich die Entstehung der gemeinen Metalle, welche nach abnehmender Vollkommenheit folgende Reihe bilden: Silber, Zinn, Blei, Kupfer, Eisen. Quecksilber scheint ihm nicht als ein Metall, sondern als die niedrige, natürlich vorkommende Form des Merkurs der Weisen zu gelten. Zur Ausführung der Transmutation hält auch Baco den Stein oder das Elixir für notwendig. Dieses dürfe gleichfalls nichts als Quecksilber und Schwefel enthalten. „Zwei Prinzipien“ — so heisst es — „setzen alle Metalle zusammen, und nichts kann sich mit den Metallen vereinigen oder sie umformen, wenn es nicht selbst aus diesen Prinzipien zusammengesetzt ist. Daher zwingt uns die vernünftige Überlegung, zur Materie unseres Steines Merkur und Sulfur zu nehmen.“ Es sei jedoch nicht empfehlenswert, das Präparat unmittelbar aus seinen Bestandteilen mischen zu wollen, da wir das notwendige Verhältnis derselben gar nicht kennen; vielmehr möge man von den Metallen, in denen die beiden Grundstoffe schon coaguliert seien, ausgehen. Eine bestimmtere Angabe für den Beginn des grossen Werkes fehlt; nur werden organische Stoffe sowie Gold und Silber aus theoretischen Gründen verworfen. — Ähnlich wie Albertus Magnus betont auch Baco vielfach, man müsse die Natur beobachten und ihr selbst bei der Wahl der Hitzegrade und der Gefässe zu folgen suchen. Die Natur nämlich erzeuge im Erdinneren durch langes Kochen aus gröberen Elementen Merkur und aus fetten Erdteilen Sulfur und mische aus beiden, wiederum vermittelt anhaltenden Kochens, die verschiedenen Metalle. Deshalb wird auch für die Laboratoriumsarbeit tage- und wochenlanges Erhitzen anempfohlen. Auch wenn man das Elixir erhalten habe, müsse man es drei Tage hindurch mit dem zu transmutierenden Metall erwärmen.

Viel stärker als bei Albertus Magnus und Baco tritt der mystische Zug der Alchemie in der Abhandlung „Semita semitae“ von Arnoldus Villanovanus und in des Raymundus Lullus „Clavicula“ hervor. Insbesondere ist die Schrift des Letztgenannten — welchen H. Kopp in seiner Geschichte der Chemie mit Recht einen der excentrischsten Menschen seiner Zeit und gleichzeitig den Götzen aller Alchemisten nennt — reich an geheimnisvollen Bildern, Redensarten und Citaten. — Arnoldus betrachtet, seinen Vorgängern im wesentlichen folgend, den philosophischen Merkur als den Grundstoff oder Samen, welcher je nach dem Grade seiner „Sulfuration“ die verschiedenen Metalle erzeuge. Die zur Veredelung notwendige Medizin bezeichnet er teilweise als Stein, teilweise als eine eigenartige und heilige Flüssigkeit. Um die in dieser verborgenen, ganz unbegrenzten Fähigkeiten klarer zu machen, erinnert er mehrfach an die schrankenlose Vermehrungsfähigkeit pflanzlicher Keime. Überhaupt vergleicht er die Vorgänge des grossen Werkes bis ins einzelne mit der Entstehung organischer Wesen; er spricht von der Vermischung des Männlichen und Weiblichen, von der Geburt des Elixirs, endlich von seiner Ernährung, bis man es zum Zustande der Vollkommenheit geführt habe. — Ebenso dunkel und noch reicher an Allegorien sind die Lehren und Vorschriften des Raymundus Lullus. Von der Zusammensetzung der Metalle hat er im übrigen die gleiche Ansicht; doch hält er

ausserdem bei deren natürlicher wie künstlicher Erzeugung eine Einwirkung der Gestirne für sehr wesentlich. „Die Sonne“ — sagt er — „ist der Vater aller Metalle, und der Mond, obgleich er sein Licht von der Sonne empfängt, ihre Mutter. Von diesen beiden Planeten hängt das ganze Magisterium ab.“ Sehr eingehend spricht Lullus ferner von der Darstellung und den Eigenschaften des reinen Merkurs und Schwefels; auch versichert er, alle beschriebenen Arbeiten selbst ausgeführt zu haben. — Schliesslich sei darauf hingewiesen, dass die Lehre dieser vier Alchemisten, derzufolge die künstliche Darstellung von Gold und Silber als ausführbar angesehen werden musste, schon von den Arabern begründet worden ist. Bereits Geber, welcher im 8. Jahrhundert in Spanien lebte — der „magister magistrorum“, wie ihn Baco, „paganus ille philosophus“, wie ihn Lullus nennt — nahm die gleiche Constitution der Metalle an, um durch diese Hypothese die Möglichkeit der Transmutation zu erklären. Auch der Gedanke des Steins der Weisen findet sich bei diesem und den übrigen arabischen Alchemisten. *J. Schiff.*

4. Unterricht und Methode.

Das logische Element im physikalischen Unterricht. In einer grösseren Abhandlung „Streifzüge eines Mathematikers auf dem Gebiete der Logik“ (*Pädag. Arch.* XXXIII. 401—434, 1891) beleuchtet FR. PIETZKER einige Mängel der herkömmlichen Logik und weist besonders auf deren Unzulänglichkeit bezüglich der eigentlich theoretischen Begriffe hin, die nicht von dem durch die Erfahrung gegebenen Stoff, sondern von der Art der Auffassung dieses Stoffes abstrahiert sind. Solcher Art sind die Begriffe der Sprachlehre und der Logik selbst, aber auch die meisten Begriffe der exakten Wissenschaften, wie der Begriff der Kraft, der Begriff des Leitungsvermögens, der spezifischen Wärme, des Schwerpunktes, der Energie, der chemischen Wertigkeit; alle diese Begriffe sind der naiven Auffassung von den Naturerscheinungen fremd, sie werden von uns in die Erscheinungen hineintragen, die durch solche Hineintragung erst unserem Verstande fassbar werden. Der Verfasser hebt hervor, wie wichtig die exakten Wissenschaften für die Gewinnung einer tieferen Einsicht in das Wesen der Begriffsbildung sind. Die Begriffe des statischen Moments und des Trägheitsmoments werden als Beispiele dafür herangezogen, wie durch die blosse Einführung eines Begriffes in einen an sich bereits völlig verständlichen Sachverhalt doch eine den Kern der Sache erst deutlich zum Ausdruck bringende und darum unendlich fruchtbare Erweiterung der Erkenntnis erfolgen kann. Als die wichtigste Quelle alles Fortschrittes in der menschlichen Erkenntnis bezeichnet PIETZKER die Erweiterung des Geltungsbereichs der theoretischen Begriffe über den ihnen ursprünglich zukommenden Umfang hinaus. Die Frage, unter welchen Voraussetzungen und in welchem Umfange eine Erweiterung des Geltungsbereiches von Begriffen überhaupt zulässig sei, wird unter Anlehnung an eine mathematische Analogie durch folgenden Satz beantwortet, dessen strengere Prüfung noch einer genaueren Untersuchung vorbehalten bleibt: Wenn innerhalb eines in sich geschlossenen Gebietes eine nicht auf Einzelvorgänge beschränkte, sondern lückenlos in dem ganzen Gebiete gültige Übereinstimmung zwischen der Wirklichkeit und der formellen Erfassung dieser Wirklichkeit vermittelt der vom Geiste auf sie angewendeten Begriffe besteht, so gilt diese Übereinstimmung mit Notwendigkeit auch für jedes in unmittelbarem Übergange an jenes Gebiet sich anschliessende Gebiet, d. h. auf das letztere sind die zur Ergründung des ersteren geschaffenen Begriffe ohne weiteres sinngemäss übertragbar.

Durch ein solches Prinzip würde es möglich sein, der kritiklosen Verwendung ein Ziel zu setzen, welche die im Verfolge der wissenschaftlichen Entwicklung gewonnenen Begriffe vielfach ohne Prüfung auf den Umfang ihrer Gültigkeit in allen Fächern, namentlich aber in der Naturwissenschaft erfahren. Schon in der Mechanik ist, selbst bei Prinzipien wie dem der Zerlegung der Kräfte, die Frage unumgänglich, inwiefern formell gültige Operationen auch materielle Bedeutung besitzen. Die Uebertragung mechanischer

Begriffe, wie der Strömung oder des Widerstandes auf die Gebiete der Wärme und der Elektrizität unterliegt derselben Einschränkung, und nicht minder der Kritik unterworfen ist die heut zum Dogma gewordene Allgemeingültigkeit des Energieprinzipes.

Sollen wir unsere Schüler in die Erörterung dieser Fragen einführen? Wie man darüber auch denken mag, sicher ist, dass beim Unterricht in jedem Falle völlige Klarheit darüber geschaffen werden muss, ob ein notwendiger oder ein der logischen Begründung ermangelnder und darum willkürlicher Schritt vorgenommen wird, der der Bestätigung durch die Erfahrung bedarf. Durch solche Ausnutzung des in ihnen enthaltenen logischen Elements werden die exakten Fächer für die Erziehung zum logischen Denken fruchtbar gemacht (worauf auch mehrfach in dieser Zeitschrift, u. a. gelegentlich des Potentialbegriffes, III., 171, hingewiesen worden ist). Nicht darauf kommt es an, dass der Geist mit den von der herkömmlichen Logik dargebotenen Formen mechanisch hantieren lernt, sondern dass ihm das logische Denken zur anderen Natur wird, derart, dass er die Zulässigkeit der von ihm vorgenommenen Denkoperationen gewohnheitsmässig empfindet. Zu einem solchen, zur anderen Natur gewordenen logischen Denken die Jugend zu erziehen, sind vor allem die Lehrer der exakten Fächer berufen und werden dieser Aufgabe um so mehr gewachsen sein, je mehr sie sich über eine bloss fachtechnische Auffassung ihrer Stellung erheben. Mit einer Anregung in dieser Richtung schliesst der Verfasser seine gehaltvollen Ausführungen.

P.

Das Prinzip des Fresnelschen Spiegelversuchs im Unterricht. In einem Vortrage, der in den „Mittheilungen des math.-naturw. Vereins in Württemberg“, 1891, S. 30, abgedruckt ist, tritt Prof. Dr. A. SCHMIDT in Stuttgart eifrig für die Beibehaltung des Fresnelschen Spiegelversuchs im Schulunterricht ein, sowohl wegen seiner Bedeutung für die Erkenntnis der Natur des Lichtes, als auch wegen der Möglichkeit, bei diesem Anlass rein graphisch aus zwei Systemen concentrischer Kreise zwei Systeme confokaler Ellipsen und Hyperbeln hervorgehen zu lassen. Er bedient sich derselben elementaren Ableitung wie W. Möller (*d. Zeitschr. IV. 37*). In einem Dreieck mit den Seiten a , b , c habe der Fusspunkt der auf a stehenden Höhe von der Mitte dieser Seite den Abstand d , dann folgt aus

$$b^2 = h^2 + (\frac{1}{2}a + d)^2 \quad \text{und} \quad c^2 = h^2 + (\frac{1}{2}a - d)^2$$

durch Subtraktion: $b^2 - c^2 = ad$ oder $\frac{b-c}{d} = \frac{a}{b+c}$ (1)

Die Grösse d misst zugleich den Abstand zwischen der Spitze des Dreiecks und der Mittelsenkrechten zur Grundlinie. Ist a klein im Vergleich mit b und c , und wird $b - c = n\lambda$ (n mal der Lichtwellenlänge), $b + c = 2e$ gesetzt, so erhält man $\lambda = ad/2ne \dots$ (2). Die Anordnung des Fresnelschen Versuchs bewirkt, dass eine Grösse von der Ordnung der Unsichtbarkeit in eine solche von der Ordnung der Sichtbarkeit übersetzt wird.

Nach demselben Prinzip hat der Verfasser ein Thermometer construirt, das aus zwei ungefähr 5 m langen Streifen von Zink- und Eisenblech besteht, die sich um zwei sehr nahe Axen drehen müssen, sobald sich ihre Längen durch die Wärme ungleich ändern. Die Spitze des schlanken Dreiecks verschiebt sich für eine Temperaturänderung von 1° C. um etwa 2 cm. Der Apparat verdeutlicht also das Fresnelsche Prinzip in auffallender Weise. Die obige Gleichung 1 verwandelt sich, wenn β und γ die Ausdehnungskoeffizienten der beiden bei 0° gleich lang angenommenen Stäbe sind, und a den Abstand der beiden Drehungsaxen bezeichnet, in

$$d = \frac{2b^2}{a}(\beta - \gamma),$$

worin d den Ausschlag für 1° C. anzeigt und zwar genau, wenn der Ausdehnungskoeffizient der Basis a das arithmetische Mittel zwischen denen der Schenkel b und c ist, mit denen die rechte Seite der Gleichung (1) constant wird.

Auch ein Pyrometer hat sich nach diesem Prinzip construieren lassen. Auf eine und dieselbe Grundlinie a von 1 cm Länge wurden zwei Dreiecke so gestellt, dass bei zunehmender Temperatur die eine Spitze nach rechts, die andere nach links wanderte.

Die Länge der Stäbe aus Eisen und Zink war 60 cm, die Entfernungsänderung der Spitzen für 1° C. etwas kleiner als 1 mm. Der Vorzug eines solchen Pyrometers bestände darin, dass die Verbiegungselastizität, die bei steigender Temperatur abnimmt, gar nicht in Anspruch genommen wird.

Der Verfasser macht endlich noch auf Analogieen allgemeiner Art aufmerksam. Wie bei dem beschriebenen Apparat, so hängt auch bei der Lichtbewegung eine transversale Bewegung mit einer Starrheit (des Äthers) in longitudinaler Richtung zusammen; ein ähnlicher Gegensatz zeigt sich bei den Druck- und Zugänderungen im Dielektrikum. Der rechte Winkel, den die beiden Richtungen in allen diesen Fällen bilden, leitet den Verfasser dann noch zu Betrachtungen darüber, wie es denkbar sei, dass in der organischen Natur durch Auslösungen ohne Kraftaufwand nach dem Prinzip der Riegel und Schleusen, aber ohne Reibung, eine Art Maschine mit vollkommener Steuerung verwirklicht sei, und schliesst mit Andeutungen über die Möglichkeit, die Willensthätigkeit begreiflich zu machen. [Es möge hier darauf hingewiesen sein, dass die neuere Physiologie bereits versucht hat, die Frage der Auslösung ohne Energieverbrauch im lebendigen Körper in das Bereich der experimentellen Forschung zu ziehen, wie die Arbeiten von Tschiriew (in Dubois-Reymonds Archiv f. Physiologie) und von Bowditch darthun. Beide suchen zu zeigen, dass die Wirksamkeit eines Nerven selbst durch stundenlange kontinuierliche Reizung nicht geschwächt wird.]

P.

Das geschichtliche Element im Physikunterricht. In einer Abhandlung „Ueber die Verwendung des geschichtlichen Elements im physikalischen Unterricht der höheren Lehranstalten“ (*Progr. des Königl. Realgymnasiums zu Nordhausen, Ostern 1891, Pr. No. 260*) tritt Prof. Dr. Christian Krenzlin mit Wärme für die Berücksichtigung historischer Gesichtspunkte im Physikunterricht ein, und fasst besonders ins Auge: 1. die Darstellung einzelner Abschnitte nach ihrer historischen Entwicklung, 2. die Biographien hervorragender Physiker, 3. eine zusammenhängende Darstellung der Entwicklungsperioden der Physik, und 4. Lektüre und Besprechung einzelner Abschnitte physikalischer Schriften. Als Beispiele zu 1. werden die Lehre vom freien Fall und die Lehre von der Centralbewegung näher betrachtet; die Lehre vom freien Fall schliesst sich naturgemäss an Galilei an; auch hier aber findet sich ein Irrtum, der fast durchweg in neueren Darstellungen dieses Gegenstandes vorkommt: Galilei hat sich nicht, wie behauptet wird, die Theorie des freien Falles unter Voraussetzung einer constanten Kraft zurecht gelegt, sondern vielmehr, wie ein unbefangenes Studium seiner Dialoge erkennen lässt, lediglich die der Zeit proportionale Zunahme der Geschwindigkeit als die einfachste zu Grunde gelegt, nachdem sich die Proportionalität mit dem Wege als unzulässig erwiesen hatte. Dieser Fall zeigt deutlich, wie wichtig es ist, auf die Quellen selbst zurückzugehen, wenn man ein richtiges Bild von der historischen Entwicklung physikalischer Entdeckungen haben will. Keine der neueren meist nicht auf Quellenforschung beruhenden Darstellungen der Geschichte der Physik kann dafür einen Ersatz bieten; am meisten ist noch Mach's Werk „die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt“ für diesen Zweck zu empfehlen, da er die Grundgedanken der grossen Physiker in einfacher Gestalt vorführt. Für das biographische Element macht Krenzlin hauptsächlich den ethischen Gesichtspunkt geltend, bezüglich der Entwicklungsgeschichte der Physik beschränkt er sich aus Mangel an Raum darauf, die Physik des Altertums an der Hand des Rosenberger'schen Werkes zu charakterisieren. (Dass die Alchemie eine Afterswissenschaft, und dass die Araber nur Hüter und Bewahrer, nicht aber Mehrer des Naturwissens gewesen seien, entspricht nicht mehr der heutigen Auffassung.) An den Schluss des Primakurses will der Verfasser ein Gesamtbild der Physik setzen und trifft hierin mit F. Kühnemann (*Progr. 1890, No. 14, d. Zeitschr. IV, 148*) zusammen. Er weist zum Schlusse mit Recht darauf hin, dass es nicht auf Vollständigkeit der Kenntnisse oder auf ein für die Prüfung berechnetes Wissen, sondern vielmehr vor allem darauf ankommt, dass der Schüler lebendige Eindrücke empfängt.

P.

Mathematik und Physik auf höheren Schulen. Anknüpfend an die Ausführungen von Richter und Pietzker (vgl. d. Zeitschr. IV, 217, 312) verteidigt A. SCHÜLKE (Osterode O. P.) in *Hoffmann's Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterricht. XXII. 410* die Selbständigkeit der Mathematik als Unterrichtsgegenstand gegenüber der Physik. Er kommt zu dem Schluss, dass Mathematik und Physik in der Schule ganz verschiedenen Bildungszwecken dienen, dass zwar beide Hand in Hand gehen müssen, dass aber keine von beiden ihre Selbständigkeit aufopfern darf. Die Mathematik ist „das unerreichbare Muster und Vorbild aller übrigen Wissenschaften, weil sie zeigt, wie man Begriffe scharf festsetzen, zergliedern und daraus unanfechtbare Folgerungen ziehen müsse“. Die reine Mathematik ist daher „ein durch nichts zu ersetzender Bildungsstoff für den Schüler, und zwar gerade dadurch, dass man den inneren Zusammenhang und die lückenlose Vollständigkeit bei jeder Gelegenheit betont“. Andererseits verlangt auch der Verfasser, dass die Mathematik die Beziehung auf die Wirklichkeit festhalte und die Übungsbeispiele den verschiedenen Erfahrungsgebieten entnehme. Um dem Lehrer die Möglichkeit sachlich interessanter Aufgaben zu schaffen, befürwortet er die Einrichtung eines physikalischen Untercurus (der ja nun durch die neuen preussischen Lehrpläne, freilich in zu kärglich bemessenem Umfange, verwirklicht ist). Den hauptsächlichsten Vorzug der Physik erkennt der Verfasser darin, dass hier die Natur selbst befragt werden kann [und muss], während in der Mathematik eine Erweiterung der Kenntnisse durch blosses Denken möglich ist, und in Sprachen und Geschichte Autorität und Tradition vorwiegend sind. Er befürwortet daher, dass den Schülern Gelegenheit zum Anstellen von Versuchen geboten wird. Er wünscht auch die Bildung von Vorstellungen über das Wesen der Naturkräfte mehr betont zu sehen; wenn wir hier zur Vorsicht raten, so fürchten wir nicht uns eines rohen Empirismus schuldig zu machen. Denn alles Begreifen von Naturvorgängen besteht doch nur darin, dass die complizierteren Erscheinungen auf einfachere zurückgeführt werden; wo die einfachen Grundthatsachen noch nicht erkannt sind, treten Hypothesen ein, die nur allzuleicht von den Schülern für Realitäten genommen werden und dann den Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts beeinträchtigen. Deshalb sollte, wo in der Elektizitätslehre die imponderablen Fluida zur Erklärung verwendet werden, immer wieder darauf hingewiesen werden, dass es sich hier um ein Gleichnis handelt: Die Erscheinungen gehen so vor sich, als ob Fluida vorhanden wären. Durch solche Hinweise wird der Sinn für unbedingte Thatsächlichkeit geweckt, dessen Ausbildung wir für wertvoller halten, als ein unnötiges Verweilen bei dem Wesen der Naturkräfte.

In Bezug auf die Bedeutung der Mathematik in der Physik spricht sich der Verfasser für möglichste Beschränkung der Rechnungen im eigentlich physikalischen Unterricht aus, der nur bei solcher Behandlung seinen Hauptzweck, in das induktive Denken einzuführen, erfüllen kann. Auch für die Reifeprüfung (an Realgymnasien) giebt er Themen, wie Spektralanalyse, Fernsprecher, Dynamo, Dampfmaschine, Erhaltung der Arbeit, den Vorzug vor den üblichen Rechenaufgaben in physikalischer Einkleidung. Die letzteren werden vielmehr im eigentlich mathematischen Unterricht ihre Stelle erhalten müssen, im Einklange mit der hierauf bezüglichen These, die auf der Braunschweiger Versammlung (vgl. d. Zeitschr. Heft 2. S. 107) bekanntlich einmütige Zustimmung gefunden hat. Zu der Versöhnung des Gegensatzes zwischen Mathematik und Physik, die in dieser These zum Ausdruck gekommen ist, haben auch die kurz vorher erschienenen Ausführungen des Verfassers einen dankenswerten Beitrag geliefert. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Ueber den Drehstrom. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin giebt in einer nicht in den Handel gekommenen Abhandlung über den Drehstrom folgende Erklärung: Der Drehstrom trägt seinen Namen, weil er ein rotierendes magnetisches Feld hervorruft. Die Figuren 1, a—d erläutern dies. Denken wir uns einen Eisenring

mit zwei rechtwinklig zu einander stehenden Spulenpaaren *I* und *II*. Durch jedes Spulenpaar gehe ein Wechselstrom. Beide Ströme seien genau gleich, jedoch seien die Phasen um 90° gegen einander verschoben. Alsdann wird die Stromstärke in *I* ihren grössten Wert haben, wenn die in *II* gleich Null ist, und umgekehrt. Ein solcher Fall ist in der ersten Figur (1, a) dargestellt. Ist die Stromstärke in *II* gleich Null, so erzeugen die Spulen *I* Magnetpole an den Stellen *II* des Eisenkerns. Zwischen

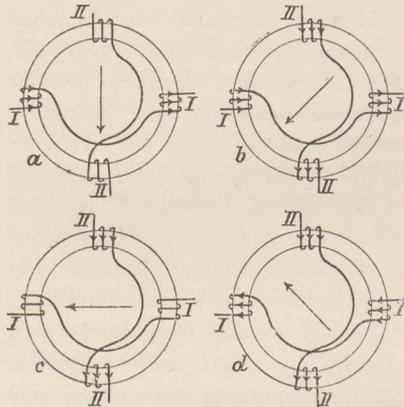


Fig. 1.

diesen Magnetpolen *II* entsteht dann ein magnetisches Feld von der durch den Pfeil gekennzeichneten Richtung. Eine Achtel-Periode später sind die Ströme in beiden Spulen gleichstark und das Feld nimmt die in der zweiten Figur (1, b) dargestellte Lage ein. Nach einer Viertel-Periode ist die Stromstärke in *I* gleich Null und diejenige in *II* ein Maximum, alsdann bilden sich die Pole zwischen *I* und *I* (Fig. 1, c). Nach einer Drei-Achtel-Periode hat der Strom in *I* seine Richtung gewechselt, das Feld bekommt also die in der vierten Figur (1, d) dargestellte Lage, und so setzt sich die Rotation fort, bis das Feld bei Vollendung der Periode wieder in die in 1, a dargestellte Anfangslage zurückgekehrt ist.

Das magnetische Feld ist aber bei der Rotation der Grösse nach nicht constant, sondern es schwankt ziemlich stark. Dies lässt sich durch Übereinanderlagerung von zwei Sinuscurven mit der entsprechenden Phasendifferenz leicht graphisch darstellen.

Verwendet man an Stelle von zwei Strömen drei, so ist die Schwankung des magnetischen Feldes (wie die Figur 3 in Heft 1 S. 44 zeigt) schon bedeutend kleiner geworden. Die Pulsationen betragen im ersten Falle 40%, im zweiten nur noch 14%. Die hier nebenstehende Figur 2 zeigt die Schaltungen für einen verketteten Mehrphasenstrom, den eigentlichen Drehstrom.

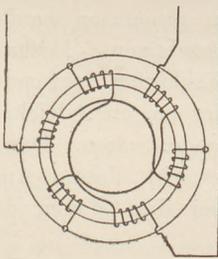


Fig. 2.

Die Vorzüge des Drehstromes bei der Kraftübertragung beruhen darauf, dass er die Vorteile des Gleichstromes und Wechselstromes vereinigt. Die Vorteile des Wechselstromes liegen bei der Erzeugung des Stromes, es ist leichter Wechselstrommaschinen für sehr hohe Spannung zu bauen als Gleichstrommaschinen. Die Vorteile des Gleichstromes liegen bei der Übertragung der elektrischen Energie auf den Motor. Der Wechselstrommotor muss, wenn er in Thätigkeit treten soll, vorher genau auf die Tourenzahl der treibenden Wechselstrommaschine gebracht werden. Ist der Synchronismus hergestellt, so arbeiten beide Maschinen zusammen wie ein Paar Zahnräder. Wird aber der Elektromotor überlastet, so dass eine kleine Veränderung der Geschwindigkeit gegenüber der Geschwindigkeit der Stromerzeugungsmaschine eintritt, so bleibt der Elektromotor sofort stehen. Der Wechselstrommotor ist daher nur verwendbar, wenn seine Arbeitsleistung genau bekannt und vollkommen constant ist. Der Gleichstrommotor ist dagegen gänzlich unabhängig von der Tourenzahl der treibenden Maschine. Der Drehstrom entsteht nun als ein mehrphasiger Wechselstrom und wirkt am Motor unabhängig von der Tourenzahl stets in derselben Richtung treibend, also wie ein Gleichstrom.¹⁾

R. H.

¹⁾ Denselben Gegenstand behandelt ein gemeinverständliches Schriftchen von Professor F. Braun, Über elektrische Kraftübertragung, insbesondere über Drehstrom, Tübingen, H. Laupp, 1892, 38 S. Man vergl. auch den Bericht über die Physikalische Gesellschaft zu Berlin, 20. November 1891, in d. Heft S. 165.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektrizität und des Lichtes. Von Ludwig Boltzmann. I. Teil. Ableitung der Grundgleichungen für ruhende, homogene, isotrope Körper. Joh. Ambr. Barth, 1891. 139 S. M. 5,—.

Schon vor Jahren erzählte Boltzmann dem Referenten, dass er damit beschäftigt sei, die genialen Theorien MAXWELLS von allen Schlacken und Schalen zu säubern und den Kern herauszuschälen. Inzwischen kam die Nachricht, dass der grosse Analytiker seine Lehrthätigkeit an der Münchener Universität mit Vorlesungen über MAXWELLS Theorie begonnen habe. Nun hat der Meister die Mühe einer sorgfältigen Redaktion seiner Vorlesungen nicht gescheut und er bietet der wissenschaftlichen Welt damit ein Geschenk, das zu den wertvollsten unserer Litteratur gehört. Denn nur ein König, nicht ein Kärner, wie sich Boltzmann in übergrosser Bescheidenheit nennt, konnte den oft unentwirrbar complizierten Plan des MAXWELL'schen Lehrgebäudes bis in alle Details so verstehen, um ihn mit dieser Klarheit blosszulegen. Aus den einfachsten Annahmen — den Gesetzen der cyclischen Bewegungen und der Lagrange'schen Gleichung — entwickeln sich die weittragendsten Schlüsse mit einer Klarheit und Eleganz, die neben der vollendeten wissenschaftlichen Befriedigung auch einen hervorragenden ästhetischen Genuss bietet.

Einige Beispiele mögen die Methode erläutern: Der Zustand eines cyclischen Systems hängt bekanntlich von einer oder mehreren cyclischen Variablen (l) und beliebig vielen langsam veränderlichen Parametern (k) ab, und zwar ist die Energie des Systems eine Funktion der Parameter und der Derivierten der cyclischen Coordinaten, also $t = f(l', k)$.

Die Kraft, die auf das System wirkt, ist durch die Gleichung von Lagrange:

$$h = \frac{d}{dt} \cdot \frac{dl'}{dt} - \frac{dk}{dt}$$

gegeben; demnach ist die Kraft, die die cyclischen Variablen zu verändern strebt, und diejenige, die die Parameter ändert, gegeben durch die Ausdrücke:

$$h = \frac{d}{dt} \frac{dl'}{dt}, \quad k = - \frac{dk}{dt}.$$

Eine Strombahn, in welcher ein continuierlicher Strom zirkuliert, ist ein monocyclisches System: Die cyclische Variable ist die Elektrizitätsmenge, die Parameter bestimmen die Lage der Strombahn im Raume.

Setzen wir die Masse eines beliebigen Teilchens = m_i , seine Geschwindigkeit = v_i , so ist:

$$T_i = \frac{1}{2} m_i v_i^2 \quad \text{also} \quad T = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{m_i v_i^2}{2}$$

oder wenn wir $v_i = a_i l'$ setzen: $T = \frac{l'^2}{2} \sum_{i=1}^{i=n} m_i a_i^2 = \frac{A l'^2}{2}$,

wo $A = \sum_{i=1}^{i=n} m_i a_i^2$ eine Funktion der Parameter ist. Dann ist die elektromotorische Kraft:

$$h = \frac{d}{dt} \frac{dt}{dt'} = \frac{d}{dt} (A l').$$

Sind Bewegungshindernisse für den Strom vorhanden, die wir mit W bezeichnen wollen, so muss

$$h_m = h_0 + W = \frac{d}{dt} \frac{dl'}{dt} + W$$

sein, also für stationäre Bewegung, wo $\frac{d}{dt} \frac{dl'}{dt} = 0$ ist:

$$h_m = W = w l',$$

da die Bewegungshindernisse jedenfalls der Geschwindigkeit proportional sein werden. Das ist das Ohm'sche Gesetz.

Zwei Strombahnen repräsentieren ein bicyclisches System, die in jeder Strombahn zirkulierende Elektrizitätsmenge ist eine cyclische Variable. Es ist also:

$$v_i = a_i h' + b_i l_2'$$

und die Energie des Systemes beträgt:

$$T = \frac{A}{2} l_1'^2 + \frac{B}{2} l_2'^2 + C l_1' l_2',$$

wo

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} m_i a_i^2, \quad B = \sum_{i=1}^{i=n} m_i b_i^2, \quad C = \sum_{i=1}^{i=n} m_i a_i b_i$$

wieder Funktionen der Parameter sind.

Die elektromotorischen Kräfte in den beiden Strombahnen sind dann:

$$h_1 = \frac{d}{dt} (Al_1' + Cl_2') + W_1, \quad h_2 = \frac{d}{dt} (Bl_2' + Cl_1') + W_2.$$

Es leuchtet ein, dass A und B nichts anderes sind, als die Koeffizienten der Selbst-Induktion der beiden Strombahnen, C dagegen der Koeffizient der wechselseitigen Induktion.

Ist eine Strombahn nicht geschlossen, sondern durch einen Condensator unterbrochen, so muss zu dem Bewegungshindernis W noch ein anderes addiert werden von der Grösse M , wo l das Stromintegral $\int l' dt$, \mathfrak{D} den reciproken Wert der Capacität des Condensators giebt. Wir erhalten dann:

$$h = A \frac{d^2 l}{dt^2} + w \frac{dl}{dt} + M = 0$$

wenn keine elektromotorische Kraft wirkt. Da \mathfrak{D} ist die bekannte Gleichung, die zur Berechnung der elektrischen Schwingungen von FEDDERSEN bis auf HERTZ gedient hat.

Man wird aus diesen Beispielen zur Genüge entnehmen können, mit wie einfachen Mitteln Boltzmann operiert, und wie mühelos sich die Grundgleichungen aus den Prämissen herleiten lassen. Boltzmann entlässt uns — um sein Schlussbild zu gebrauchen — mit dem Blicke auf die reich besetzte Tafel, an die uns zu setzen wir noch nicht eingeladen werden. Hoffen wir, dass der Meister mit dieser Einladung nicht zu lange zögern und uns bald mit der Fortsetzung seines herrlichen Werkes erfreuen wird.

H. Jahn, Berlin.

Elemente der Mechanik von Prof. Dr. E. Ott. Zweite Auflage. Mit 150 Holzschnitten im Text. Zürich. Friedrich Schulthess. 1891. 171 S. M. 4.—.

Die wichtigsten allgemeinen Sätze oder sogenannten Prinzipien der analytischen Mechanik werden hier auf dem gebräuchlichen Wege, aber ohne Benutzung der abkürzenden Bezeichnungen der Differentialrechnung, verständlich abgeleitet und ihrem Inhalt und Wesen nach durch Anwendungen auf Beispiele erläutert. Die behandelten Aufgaben würden das Verständnis noch mehr fördern, wenn die Lösungen bis zu numerischer Berechnung durchgeführt wären und die Beschaffung der Daten und physikalischen Constanten mehr berücksichtigt wäre.

Überhaupt treten die physikalischen Grundlagen und Ziele zurück. Wenn z. B. gesagt wird, der Beobachtung zufolge sei die Beschleunigung des freien Falles = 9,81 m, so vermisst man die Angabe, wie sich eine derartige Beobachtung anstellen lasse. Die Auskunft darüber ist nicht bis zur Behandlung des Pendels zu verschieben, wenn man von vorn herein ein wirkliches Interesse an der Sache erwecken will; einige Fallversuche, mit Eisenkugeln oder Bleimassen aus Höhen von 2 bis 10 m angestellt, bei denen die Zeit mit einem Metronom oder einem verstellbaren Pendel einer Fallmaschine gemessen wird, reichen aus. Die hierdurch zu erreichende rohe Annäherung an den Betrag von g ist mehr wert als die Mitteilung des Resultats der genauesten Messungen, denn sie erzeugt eine richtige Vorstellung von dem Zusammenhange der mathematischen Formeln und der zugehörigen Bewegungserscheinungen. Ferner wird die Verminderung der Schwere am Äquator in Folge der Erdrotation zwar in allgemeinen Zeichen entwickelt, aber der numerische Wert ($3,4 \text{ cm sec}^{-2} = g/289$) nicht bestimmt. Und doch ist dieses durchaus notwendig, um zu erkennen, dass man es hier mit einer mathematischen Consequenz von mechanischer Bedeutung zu thun hat. Der Standpunkt, Maassangaben als unnützen Luxus zu behandeln, zeigt sich auch darin, dass bei Erwähnung des Einflusses, den die Abplattung der Erde auf die eben erwähnte Verminderung von g ausübt, die Erddimensionen nach Toisen, statt in Metern, und ausserdem mit übermässiger Genauigkeit angegeben werden.

Das Buch beginnt mit der gleichförmig beschleunigten geradlinigen Bewegung eines Punktes; Geschwindigkeit und Weg werden als Ordinaten zu der Zeit als Abscisse dargestellt; durch dieses graphische Verfahren sind die Summationen auf Flächenbestimmungen einfacher Figuren zurückgeführt. Die Projektion krummliniger Bewegungen auf zwei Axen führt auf das Parallelogramm der Geschwindigkeiten und der Beschleunigungen. Hieran schliesst sich der schiefe Wurf. Die Gesamtheit der von einem Punkte aus möglichen Bahnlinien und die einhüllende Sicherheitskurve wird untersucht, wenn die Anfangsgeschwindigkeit nach Grösse und wenn sie nach Richtung constant ist. Die aus der analytischen Behandlung folgende Gleichung $tg\psi = -\cot 2\alpha$ hätte sich leicht auflösen lassen, sie verhüllt den Satz, dass die constante Anfangsrichtung den Winkel zwischen der Vertikalen und der Linie der Brennpunkte halbiert. Warum der Centripetalbeschleunigung, die nach dem Beweise des Verfassers bei einer gleichförmigen Kreisbewegung unzweifelhaft vorhanden ist, noch eine ihr entgegengesetzte Centrifugalbeschleunigung beigelegt wird, vermögen die allgemeinen Redewendungen, denen diese Aufgabe zufällt, nicht aufzuklären. Übrigens solle man nicht erwarten, dass eine an einem Faden geschwungene

Kugel, wenn dieser plötzlich reisst, radial wegfliege, denn die Centrifugalbeschleunigung könne bei momentaner Wirksamkeit während des Zerreißens die bestehende tangentielle Geschwindigkeit „nicht merklich“ verändern! Weiterhin, z. B. beim konischen Pendel, ist immer nur von dieser Centrifugalbeschleunigung die Rede, ja es soll sogar bei der Anwendung des d'Alembert'schen Prinzips nötig sein, unter die äusseren wirksamen Kräfte noch die aus der Bewegung entstehenden Centrifugalkräfte einzureihen.

Nachdem die kinematischen Betrachtungen mit den geradlinigen Schwingungen und der relativen Bewegung abgeschlossen sind, geht der Verfasser zu den Begriffen von Kraft und Masse über. Leider schliesst er sich der veralteten, durch unsere französischen Lehrbücher verbreiteten, Anschauung an, nach der das Kilogramm als Gewicht oder Druck eine Kräfteinheit darstellt. Von diesem Standpunkte aus müsste er als Masseneinheit diejenige Masse definieren, die ein Gewicht von g Kilogrammen hat, so dass die unveränderliche Masse an der Erdoberfläche einen von Ort zu Ort mit g variablen Druck ausübt; nicht aber, wie geschehen, diejenige Masse als Einheit ausgeben, deren Gewicht = 9,81 kg ist. Wäre g constant, so wäre der Streit, ob das Kilogramm eine Masse oder ein Gewicht ist, bedeutungslos. Für die Behauptung, dass das Gewicht eines Körpers sich leicht nach Kilogrammen bestimmen lässt, vermisst man die genauere Begründung.

Die schiefe Ebene und das mathematische Pendel werden aus dem Prinzip der lebendigen Kraft hergeleitet. Das Newton'sche Gravitationsgesetz wird dogmatisch mitgeteilt, sein Zusammenhang mit den Kepler'schen Gesetzen und seine Bestätigung durch die Umlaufzeit des Mondes wird nicht erwähnt, wohl aber Ebbe und Flut auf die bekannte populäre Art erklärt, die nur auf die beiden Punkte des Weltmeers Rücksicht nimmt, für welche der Mond im Zenit und im Nadir steht. Die Mängel dieser Ableitung werden am besten erkannt, wenn man einmal annimmt, dass die Kraft des Mondes nicht dem Newton'schen Gesetz unterworfen, sondern der Entfernung direkt proportional sei. Die populäre Theorie ergäbe dann Ebbe, wenn der Mond im Zenit oder Nadir steht, Flut, wenn er auf- oder untergeht. Dagegen ergibt die wahre Theorie weder Flut noch Ebbe irgendwo, sondern nur eine gleichmässige Vermehrung der Schwere auf der ganzen Erde.

Der zweite Teil behandelt die starren Körper. Die Reduktion der an ihnen wirksamen Kräfte auf eine Kraft und ein Paar wird gründlich untersucht. Um nahe liegende Irrtümer über das Wesen und die Wirkung der Kräftepaare zu verhüten, wäre es wünschenswert, sich nicht auf die Untersuchung ihrer Aequivalenz zu beschränken, sondern gleich anfangs wenigstens für einige einfache Fälle zu zeigen, dass sie eine Drehung um eine bestimmte Axe, die nicht immer zur Ebene des Paares senkrecht ist, herbeizuführen streben. In der Lehre vom Schwerpunkt, der für viele Linien, Flächen und Körper elementar bestimmt ist, wird das Produkt aus einer Masse und ihrem Abstand von einer Ebene als statisches Moment bezeichnet, es sollte daher das hiervon gänzlich verschiedene Produkt einer Kraft in ihren Abstand von einer Axe nicht mit demselben Namen belegt, sondern Drehungsmoment genannt werden. Der Einfluss der Reibung auf die Bedingungen des Gleichgewichts ist ausführlich dargestellt.

Für die Bewegung des starren Körpers wird das Prinzip der lebendigen Kraft und das d'Alembert'sche Prinzip entwickelt. Dieses wird besonders auf die ungleichförmige Rotation drehbarer Körper angewandt, nachdem die Berechnung der lebendigen Kraft gleichförmig rotierender Körper Gelegenheit zur Einführung der Trägheitsmomente gegeben hat. Ferner wird noch das physische Pendel, die Fallmaschine, das ballistische Pendel behandelt, und gezeigt, dass eine beliebige Bewegung eines Körpers in die fortschreitende des Schwerpunkts und in eine Drehung um den Schwerpunkt zu zerlegen ist. Die Untersuchung der gleitend-rollenden Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Ebene, die für die Wirkung der gleitenden Reibung auf die Bewegung sehr lehrreich ist, sei noch besonders hervorgehoben.

Wenn es sich auch für die erste Einführung in die Mechanik empfiehlt, von einfachen Aufgaben allmählich zu den allgemeingiltigen und unfassenden Prinzipien aufzusteigen, so wird das vorliegende Buch doch als Hilfsmittel zum leichteren und besseren Verständnis der analytischen Mechanik wegen seiner elementaren Methoden von Nutzen sein können. *M. Koppe, Berlin.*

Lehrbuch der Physikalischen Geographie von Dr. S. Günther, Prof. an der K. techn. Hochschule in München. Mit 169 in den Text gedruckten Holzschnitten und 3 Tafeln in Farbendruck. Stuttgart. F. Enke. 1891. XII und 508 S. 12 M.

Die geschätzte zweibändige Geophysik des Verfassers ist für den Forscher, das vorliegende kleinere Werk aber in erster Linie für den Studierenden bestimmt. Es gewährt diesem einen

sehr ausführlichen Überblick über unser gegenwärtiges Wissen in der physikalischen Geographie. Da diese aus den Grenzgebieten der Erdkunde und einer ganzen Reihe von Wissenschaften zusammengewachsen ist, so kann man über die Abgrenzung und Anordnung ihres so mannigfaltigen Inhaltes anderer Ansicht als der Verfasser sein. Das Thatsachenmaterial ist mit grossem Fleiss gesammelt und gesichtet. Die historische Entwicklung der verschiedenen Theorien und der ihnen zu Grunde liegenden Hypothesen ist bis in die neueste Zeit mit vieler Gelehrsamkeit dargestellt. Dem Lehrer, der sich über Anwendungen der Physik auf die Erdkunde unterrichten will, kann das Buch gute Dienste leisten; leider wird das Nachschlagen durch das Fehlen eines Sachregisters erschwert.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

O. Lubarsch (Dr., Ord. Lehr. am Friedrichs-Realgymn. zu Berlin). Methodisches Lehrbuch für den chemisch-mineralogischen Unterricht auf höheren Bürgerschulen und anderen höheren Schulen mit einjährigem chemisch-mineralogischen Kursus. Mit 182 Abbildungen. F. Hirt. Breslau 1891. 184 S. M. 2.

Obiges Lehrbuch unterscheidet sich von den „Elementen der Experimentalchemie“ desselben Verfassers, die schon früher in dieser Zeitschrift (II, 45) besprochen worden sind, durch Beschränkung des Stoffes und durch Einschaltung mineralogisch-krystallographischer Erörterungen, die der Betrachtung einzelner chemischer Verbindungen angeschlossen werden oder vorausgehen. So beginnt der Abschnitt über Chlor mit einer krystallographischen Charakteristik des Steinsalzes, wobei nicht blos der Würfel in Betracht kommt, sondern auch aus dessen beim Steinsalz seltenen Combination mit O und ∞O die letzteren Formen selbst abgeleitet werden; von der gewöhnlichen Anknüpfung des O an den Alaun oder des ∞O an den Granat konnte Verfasser bei seiner Anordnung des Lehrstoffs keinen Gebrauch machen. Der Schwefel liefert dann einige Formen des rhombischen und monoklinen Systems, der Kohlenstoff das mOn , die Kieselsäure einige hexagonale Hauptformen. Erst nach Absolvierung der Nichtmetalle im ersten Abschnitt des Buchs wird eine zusammenhängende Darstellung der Krystallsysteme nebst einer anderthalb Seiten einnehmenden Besprechung der wichtigsten physikalischen Mineraleigenschaften gegeben. In dem auf Metalle bezüglichen Abschnitt finden sich krystallographisch-mineralogische Bemerkungen bei Chlorkalium, Kaliumnitrat, Baryumsulfat, Fluorecalcium, Calciumsulfat, Calciumkarbonat, Magnesiumsulfat, Magnesiumsilikat, Aluminiumoxyd, Aluminiumsilikat, Ferrosulfat, Eisenoxyd, Eisensulfid, Kupfersulfat, Bleisulfid, Bleikarbonat, Zinnoxid etc. — also an denjenigen Stellen des Lehrganges, an welchen derartige Angaben über mineralogisches Vorkommen der Verbindungen auch bisher üblich waren. Eine kurze, durch Verweisungen auf die vorangehenden Mineralbeschreibungen ergänzte, systematische „Uebersicht des Mineralreichs“ nach chemischer Einteilung bildet den Schluss des Buchs.

Die Anordnung und Darstellung des chemischen Unterrichtsstoffs ist im Wesentlichen die gleiche wie in den oben erwähnten „Elementen“. Eine auf 8 Versuche sich stützende Einleitung sucht dem Anfänger das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und des Stoffs, den Unterschied zwischen Molekülen und Atomen, die verschiedenen Formen der Energie, welche chemische Prozesse hervorrufen können (Berührung, mechanische Arbeit, Erwärmung, Belichtung, galvanischer Strom), schliesslich auch noch das Daltonsche Gesetz nebst der Formelsprache zu verdeutlichen. Dann beginnt sofort der nach Elementen geordnete Lehrgang in der Reihenfolge: H , O , H_2O , N , Cl u. s. f. Verfasser weist im Vorwort darauf hin, dass in dem ersten, mehr „induktiven“ Abschnitt seines Buchs „jede Formel und jede Wahrheit mit Notwendigkeit aus den Versuchen gefolgert“ sei und erklärt aus diesem Grunde den von ihm dargestellten Lehrgang trotz der vorwiegend nach systematischen Gesichtspunkten getroffenen Stoffanordnung für einen methodisch fortschreitenden. Referent glaubt daher diese Seite des Buchs vorzugsweise ins Auge fassen zu müssen.

Ohne das methodische Geschick des Verfassers im Einzelnen zu bemängeln, soweit dasselbe bei Abfassung eines Schulbuchs in Frage kommt, kann Referent einen allgemeinen methodischen Grundfehler nicht verschweigen, der nach seiner Ansicht das Lehrbuch von Lubarsch durchzieht: es verkennt durchaus den elementaren Charakter zumal des Bürgerschulunterrichts, der auf dem Gebiete der Chemie doch bestenfalls nur die ersten Bausteine eines wissenschaftlichen Lehrgebäudes herbeizuschaffen hat. Wir erinnern hier an die in dieser Zeitschrift (IV, S. 5) aufgestellte Forderung von Prof. MACH, der neue Begriffe, Theorien, Hypothesen u. s. w. erst dann in den naturwissenschaftlichen Unterricht eingeführt sehen will, wenn „sich das Bedürfnis dafür zum Zwecke der Beherrschung des Stoffs fühlbar macht“. Man vermag in der That nicht einzusehen, was für ein psychologisches Bedürfnis der Bürgerschulsekundaner (ebenso

wenig wie auch der Gymnasiast oder Realschüler gleicher Altersstufe) der Aufstellung von Atom- und Molekülhypothesen, dem Gesetz von der Erhaltung der Energie u. dgl. entgegenbringt. Es handelt sich bei dem elementaren, chemischen Unterricht zunächst doch nur um Heranbildung möglichst adäquater Vorstellungen, die auf keinem anderen Wege als dem des Experiments und der von Versuch zu Versuch fortschreitenden, denkenden „Bearbeitung der Thatsachen“ zu gewinnen sind. Die in vorliegendem Buche gegebene „Einleitung“ muss als dogmatisch bezeichnet werden, weil sie nicht von der Betrachtung und Untersuchung der Dinge selbst ausgeht, sondern dem Schüler von vorn herein eine ganz bestimmte Interpretation als gegeben vorträgt, ohne dass die Gründe klar gemacht werden, welche zu dieser Auffassung geführt haben, oder die Zweifel zur Erörterung gelangen, welche an jenen Theorien möglich sind. Theoretische Erklärungsversuche bei Beginn des chemischen Unterrichts erscheinen uns als voreilige Sprünge der Abstraktion, denen der Anfänger nicht zu folgen vermag. Die methodische Aufgabe des Unterrichts besteht hier eben darin, die wissenschaftlich bisher unternommenen Erklärungsversuche dem Lernenden schrittweise begreifbar zu machen, sobald er durch die Kenntnis der Thatsachen zu der Notwendigkeit einer allgemeinen Erklärung geführt wird. Es zeigt sich das dogmatische Verfahren auch an anderen Stellen des Buchs; so werden (p. 46) die Krystallachsen als durch einen beliebigen Punkt eines Krystalls gehende Richtungen definiert, in welchen sich z. B. beim Steinsalz die Moleküle des letzteren vollkommen gleichmässig aneinander lagern, und die bei diesem Mineral als drei senkrecht aufeinander stehende, den Kanten des fertigen Krystalls parallele Linien erscheinen. Beim rhombischen Schwefel (p. 59) „haben sich die Moleküle in drei aufeinander senkrechten Achsenrichtungen, aber unsymmetrisch nach allen drei Richtungen angesetzt“. So wichtig die hier gegebenen Andeutungen für das spätere Verständnis des Schülers vom Krystallaufbau sind, so darf doch auch der kristallographische Unterricht nicht mit Hypothesen beginnen, für die der Anfänger kein Bedürfnis hat. In vorliegendem Fall wäre eine elementare Unterscheidung der äusserlich wahrnehmbaren Symmetrieverhältnisse der Krystalle (etwa nach Baumhauer) besser am Platze gewesen. Desgleichen erscheint es als dogmatisch, wenn die Krystallformen nicht von den wirklichen Krystallen, sondern von dem ideellen Achsenkreuz abgeleitet werden, durch dessen Endpunkte man sich Krystallebenen gelegt denkt. Das ist zwar eine erlaubte geometrische Konstruktion, sobald es sich um das Verständnis der Flächensymbole handelt, aber das Verfahren widerspricht dem auch vom Verfasser proklamierten Grundsatz, in der Krystallographie stets von der Betrachtung an Mineralien wirklich vorkommender Krystallgestalten auszugehen. Diese Beispiele mögen genügen, um das oben ausgesprochene Urteil des Referenten zu rechtfertigen.

Um über den Stoffumfang des Buchs von Lubarsch, das für einen einjährigen Lehrkursus bestimmt ist, eine Vorstellung zu gewinnen, hat Referent einige Zählungen vorgenommen; es finden darin etwa 236 chemische Verbindungen, eine noch grössere Zahl von Formeln (ca. 290), etwa 150 Mineralspezies, ca. 40 Krystallformen, ca. 60 in chemischer Hinsicht wichtige Allgemeinbegriffe (Molekül, Atom, Säure, Basis, Salz etc.) und etwa 120 technologische Bezeichnungen Erwähnung. Die anschauliche Grundlage bilden im Kreise der Nichtmetalle 126 Versuche, denen sich bei den Metallen eine nicht näher anzugebende Zahl besonders von Reaktionen u. dgl. anschliesst. Setzt man das für den wirklichen Unterricht Erforderliche auch auf die Hälfte der obigen Zahlen herab, wozu der Verfasser selbst im Text seines Buchs durch grösseren und kleineren Druck Andeutungen giebt, so bleibt trotzdem ein Stoffquantum übrig, das für einen einjährigen Lehrkursus, der Chemie, Mineralogie und Krystallographie umfassen soll, entschieden zu umfangreich erscheint. Bei einem derartigen Lehrgang kann es sich doch nicht um Ausbau in die Breite, sondern nur um ein sicheres Fundament handeln, das naturgemäss ganz eng begrenzt sein muss, wenn weder das Gedächtnis des Schülers überlastet, noch seine geistige Auffassung durch allerlei halbverstandenes Wissen geschädigt werden soll. — Im Übrigen wird das Buch von Lubarsch gewiss vielen Lehrern der Chemie an Bürgerschulen und anderen Lehranstalten willkommen sein, da es mit Sachkenntnis geschrieben ist und in condensierter Form vieles Brauchbare, besonders in den experimentellen Abschnitten darbietet. *E. Loew.*

Programm-Abhandlungen.

Über das elektrisch-thermische Leitungsvermögen der Dielektrika. Von Dr. Wilh. Hermann Schultze. Höhere Bürgerschule zu Cöthen. Ostern 1891. 4^o. 26 S. Pr. Nr. 673.

Die elektrische Leitungsfähigkeit der Dielektrika ist nicht nur wegen der Verwendung dieser Körper zur Konstruktion von Elektrometern, Condensatoren, Rheostaten u. s. w., sondern

auch wegen der theoretisch wichtigen Hypothesen von der unbehinderten Superposition der dielektrischen Polarisierung und der galvanischen Leitung von nicht geringer Bedeutung. Der Verfasser, der eigene Untersuchungen über das elektrisch-thermische Verhalten des Glimmers im Vergleich mit dem des Glases in *Wied. Ann.* XXXVI, 655 (1889) veröffentlicht hat, stellt in der vorliegenden beachtenswerten Abhandlung die für andere wichtige Dielektrika aufgefundenen Ergebnisse zusammen. Eingehend werden behandelt verschiedene Glas-, Quarz- und Glimmerarten, weniger ausführlich Schwefel, gelber Phosphor, Ebonit, Harze, Paraffin, Steinsalz, Flussspat, Topas, Porzellan und Wasser. Wie wertvoll die Ergebnisse derartiger Untersuchungen für die Praxis sein können, zeigt besonders folgende Stelle der Abhandlung: „Um überzeugt zu sein, dass man im Glase ein wirkliches Isoliermittel besitzt, hat man nur nötig, das zu Elektrometern oder sonst zu verwendende Stück einem Strom von 15 Bunsenschen Elementen bei 300° C. je nach der Dicke längere oder kürzere Zeit auszusetzen. Die Ablenkung eines eingeschalteten Galvanometers, die sich anfänglich vergrößert, hört auf, dies zu thun. Eine Dauer von 15 Minuten bis 1½ Stunden reicht hin, Glas von 0,3 mm bis 1,75 mm Dicke zu einem guten Isolator zu machen.“

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

Die Symmetrie der Krystalle. Ein Beitrag zur Methodik des mineralogischen Anfangsunterrichts. Von Wilhelm Anders. Mit 2 Tafeln. Berlin, Lessing-Gymnasium, Ostern 1891. *Pr. Nr. 62.*

Der Verfasser verwirft die bisher übliche, an Weiss und Naumann anknüpfende Methode, die Anfangsgründe der Mineralogie mit Hilfe des Axensystems darzustellen, und benutzt vielmehr die von V. von Lang aufgestellten Gesetze der Symmetrie. In der That lassen sich aus diesen die krystallographischen Gebilde in einfacher und durchsichtiger Weise ableiten, und es wird für Unterrichtsanstalten, die hierauf näher eingehen können, der Erwägung wert sein, wie weit sich das gebotene Material mit Nutzen verwenden liesse. Für die Obertertia eines Gymnasiums dürfte jeder Versuch, über die Beschreibung der wichtigsten Krystallformen hinauszugehen, eine Schädigung des eigentlichen Zweckes der dem naturwissenschaftlichen Unterricht zugewiesenen Stunden bedeuten, wie schon öfter in dieser Zeitschrift dargelegt worden ist. Für den stereometrischen Unterricht einer höheren Klasse dagegen werden diese Untersuchungen eine wertvolle Ergänzung abgeben können.

P.

Leitfaden der Krystallographie für die Sekunda des R.-G. zu Harburg. Von Oberlehrer Dr. Herr. 1891. *Pr. Nr. 317.*

In dem Schriftchen ist auf wenigen Seiten das Wichtigste aus der Krystallographie für den Gebrauch beim Unterricht zusammengestellt. Neues oder vom bisherigen abweichendes findet sich darin nicht.

P.

Chrono-Isothermen für Stettin. Von Dr. Krankenhagen. Schiller-R.-G. in Stettin. Ostern 1891.

Dargeboten wird eine Darstellung des täglichen und jährlichen Ganges der Temperatur durch ein einziges Kurvensystem unter Benutzung 50jähriger Beobachtungen. Die Tafel, auf die die Schrift sich bezieht, enthält ein rechtwinkliges Koordinatennetz, das auf der einen Axe mit den Monatsdaten von 10 zu 10, auf der anderen mit den 24 Tagesstunden bezeichnet ist. Das Netz ist von Temperaturkurven durchzogen, die den aufeinander folgenden Temperaturgraden entsprechen, derart, dass man für jedes Datum und jede Tagesstunde sofort ablesen kann, welches die zugehörige mittlere Temperatur ist. Hiernach lassen sich Abweichungen von der Normaltemperatur sofort erkennen, überdies stellt die Karte den jährlichen Gang der Temperatur so übersichtlich und umfassend dar, wie es durch Tabellen nicht möglich ist. Über die Herstellung der Karte enthält die Abhandlung genauere Angaben.

P.

Aus Galileis Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme. Von Emil Strauss. Realschule der israelit. Gemeinde (Philanthropin) zu Frankfurt a. M., 1891. *Pr. No. 401.*

Der Verfasser bietet hier zwei interessante Proben aus einer Übersetzung des im Titel genannten Galileischen Werkes dar, die demnächst mit Erläuterungen versehen bei B. G. Teubner erscheinen soll. Die zwei ausgewählten Stücke gehören dem zweiten „Tage“ an, das eine bezieht sich auf die Bekämpfung der aristotelischen Autorität, das andere auf die Frage, ob die lotrechte Fallbewegung mit der Axendrehung der Erde vereinbar sei. Die Übersetzung liest sich gut und veranlasst nur selten dazu das Original zu vergleichen; die Anmerkungen zeigen, dass der Übersetzer in der Galileilitteratur kein Fremder ist. Es verdient mit Freude begrüßt zu werden, dass neben der neuen in Ostwalds Klassikern veröffentlichten Übersetzung der *Discorsi* nun auch das andere Hauptwerk Galileis, das an kulturhistorischer Bedeutung jenes wohl noch übertrifft, an physikalischer ihm gleich kommt, in deutscher Ausgabe erscheinen wird.

P.

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 23. Oktober 1891. Herr Rubens sprach über eine Methode zur Bestimmung der Dispersion im ultraroten Teile des Spektrums. Die Strahlen eines Zirkonbrenners, durch eine Linse parallel gerichtet, werden von zwei planparallelen Glasplatten reflektiert und gehen mit geringem Neigungsunterschied weiter; sie werden dann durch eine Cylinderlinse auf den Spalt eines Spektrometers concentrirt und gehen in ein Fernrohr, dessen Fadenkreuz durch ein Linearbolometer ersetzt ist. Man kann so Interferenzstreifen im unsichtbaren Teil des Spektrums feststellen und von den bekannten Wellenlängen der sichtbaren Strahlen ausgehend die Wellenlängen der unsichtbaren Strahlen vermöge der Formel $m \lambda = 2 d \cos \alpha$ berechnen (worin α den Neigungswinkel der Strahlen gegen die Platten bedeutet). Zum Bolometer ist ein Platindraht von $\frac{1}{200}$ mm Durchmesser verwendet, von dem 1 cm einen Widerstand von 80 Ohm besitzt.

Sitzung am 6. November 1891. Herr Raps demonstrierte eine von ihm construierte automatische Quecksilberluftpumpe mit Wasserbetrieb (beschrieben in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, Juli 1891). Herr Kundt machte auf die Vorzüge des von L. ZEHNDER construierten Interferenz-Refraktors (Zeitschr. für Instrumentenkunde, August 1891) aufmerksam.

Sitzung am 20. November 1891. Herr Allard du Bois-Reymond sprach über Drehstrommotoren unter Vorführung von darauf bezüglichen Apparaten und Modellen. Er führte aus, dass die Wechselstrommaschinen sich vor den Gleichstrommaschinen durch Ausnutzung der ganzen erzeugten Potentialdifferenz, durch die Entbehrlichkeit der Commutatoren und durch die leichte Transformierbarkeit der erhaltenen Ströme auszeichnen, dass bisher aber, wegen der nicht unbedingten Umkehrbarkeit, und wegen der Notwendigkeit die Umdrehungszahl mit der Periode des Wechselstromes in Uebereinstimmung zu halten, die Konstruktion dafür geeigneter Motoren auf Schwierigkeiten stieß. Diesen Mangel beseitigt die Erfindung des Drehfeldes, dessen Grundidee von Nicola Tesla und von Galileo Ferraris herrührt. Der Vortragende führte einen einfachen Apparat zur Demonstration des Prinzips des Drehstrommotors vor, wobei einmal nur ein Messingconduktor durch Foucaultsche Ströme, dann aber auch ein Eisendrahtkörper durch die Wirkung des Drehfeldes bewegt wurde. Ausführliche Erläuterung fand das Dreileitersystem und die Wirkungsweise des aus zwölf Spulen gebildeten Ringmotors. Schliesslich wurde gezeigt, wie es durch Zusammenstellung von zwei solchen Ringmotoren, von denen der eine bewegliche innerhalb des andern feststehenden liegt, möglich ist, die Geschwindigkeit der Rotation unabhängig von der Periode des rotierenden Feldes zu machen.

Sitzung am 4. Dezember 1891. Herr Assmann sprach über die Verwendung von registrierenden Aspirationsthermometern bei Beobachtungen mit dem Luftballon. Die Aspirationsmethode ist schon von GLAISHER bei seinen Ballonfahrten angewandt worden, seitdem aber in Vergessenheit geraten, da sie nach den damaligen Erfahrungen keine erheblichen Vorzüge vor den anderen Methoden aufzuweisen hatte. Die Aspiration der Luft wurde bei GLAISHERS Beobachtungen in der Gondel selbst vorgenommen. Der Vortragende hat sich aber durch besondere Versuche überzeugt, dass solche Beobachtungen durch die Wärmeausstrahlung der Gondelwände und des Beobachters stark beeinflusst werden, und dass man den Apparat etwa $1\frac{1}{2}$ m ausserhalb der Gondel anbringen muss, um diesen Einfluss zu beseitigen. Vergleiche mit dem Schleuderthermometer zeigten, dass auch dieses in Folge der Strahlung zu hohe Angaben liefert, die um mehr als 2° von denen des Aspirationsapparates differieren können. Die vom Verfasser benutzten Aspirationsthermometer waren mit einer Registriervorrichtung versehen, bei der die Schwierigkeit, die Feder vor starken Oscillationen zu schützen, dadurch gehoben war, dass die Vergrößerung der Zeigerbewegung statt durch Hebel durch Rollen bewirkt wurde; an einer über die Rollen gehenden Kette war die dreikantige Registrierfeder befestigt. Als Thermometergefäss diente eine Bourdonsche, mit Alkohol gefüllte Röhre. Die gleichzeitige Registrierung der Feuchtigkeit wurde durch ein Haarhygrometer (das vor jedem Gebrauch neu controlliert war), die des Luftdrucks (zum Zweck der Höhenbestimmung) durch ein Aneroidbarometer ausgeführt. Der Aspirator wurde durch einen kleinen Elektromotor bewegt, für dessen Betrieb eine Batterie von Platin in Chromsäure-Salzsäure combinirt mit Zink und Salmiaklösung, im Gewicht von 8 kg, verwendet wurde. Das Gewicht des Registrierapparates selber war, durch Benutzung von Aluminium, auf $7\frac{1}{2}$ kg gebracht. Der Apparat wurde ausschliesslich automatisch wirkend im Fesselballon verwendet, deswegen musste zur Controlle des ungestörten Ganges des Aspirators ein Zählwerk hinzugefügt werden.

Von den Spezialbeobachtungen, über die der Vortragende berichtete, ist besonders bemerkenswert eine bei feinem Sprühregen ausgeführte, die eine auffallende Temperaturveränderung

von etwa 1° auf je 100 m Steigung ergab; ferner eine des Abends bei klarem Himmel angestellte, wobei der Ballon während des Aufsteigens abnehmende Temperatur anzeigte, dann während des Absteigens erst unveränderte, dann gleichfalls abnehmende Temperatur — ein Beweis für die Temperatur-Umkehrung in Folge der Wärmestrahlung der Erde nach Sonnenuntergang. Bei einer dritten Beobachtung stieg der Ballon durch die obere Grenze einer Wolkenschicht und zeigte dabei einen plötzlichen Sprung der Temperatur, der in 1 Minute $2\frac{1}{2}^\circ$ betrug. Diese plötzliche Temperaturänderung ist im Einklang mit der von Helmholtz aufgestellten Theorie der Wolkenbildung und von diesem vorhergesagt. Die Wolkenoberfläche zeigte, wie von einem gleichzeitig aufgestiegenen Freiballon aus beobachtet werden konnte, deutliche Wellenform, bei der die Wellenhöhe etwa 10 m betrug.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 23. November 1891. Herr M. Koppe führte die von August herrührenden und von E. WIEDEMANN neuerdings (*d. Zeitschr.* IV, 170) wieder in Erinnerung gebrachten Versuche über den freien Fall vor. Derselbe zeigte, wie nach einem von KLIMPERT angegebenen Verfahren die Fallzeit eines Körpers, der eine nur geringe Höhe durchfällt, bestimmt werden kann. Derselbe führte einen Globus zur Erläuterung der Datumsgrenze vor. Herr Lange demonstrierte eine für denselben Zweck bestimmte Vorrichtung, bei der die Erdkugel durch eine Scheibe ersetzt ist. Von anderer Seite wurde bezüglich der Geschichte der Datumsabgrenzung auf eine Arbeit DANKELMANN's in den Ber. der Berl. Gesellsch. für Erdkunde hingewiesen. — Herr M. Koppe legte eine nach den Angaben von LAMBERT entworfene Karte vor, bei der die ganze Erdoberfläche auf einem einzigen Kreise abgebildet ist, sowie andere ähnliche Projektionskarten; ferner eine graphische Tafel, die auf Grund eines von LAMBERT angegebenen Verfahrens die Finsternisse für lange Zeiträume vorherzusagen ermöglicht, und demonstrierte an dieser die Genauigkeit der Angaben durch Anwendung auf die Mondfinsternis vom 15. zum 16. November dieses Jahres.

Sitzung am 7. Dezember 1891. Herr O. Reichel führte Versuche zur Messung der Geschwindigkeit beim freien Fall ohne Benutzung der Stimmgabel vor. Der Stoss eines Pendels wird benutzt, dem Stoss des Fallkörpers das Gleichgewicht zu halten, indem man beide an den Armen eines Winkelhebels wirken lässt. Die genauere Beschreibung wird in dieser Zeitschrift erfolgen.

Sitzung am 11. Januar 1892. Herr R. Lüpke demonstrierte die Verwendbarkeit des Hempel'schen Gasofens durch eine Reihe von Versuchen: Schmelzen und Verbrennen von Zink, Herstellen von Messing durch Zusammenschmelzen von Kupfer und Zink, Reduktion von Bleioxyd, Brennen von Marmor, Darstellung von Soda nach Leblanc. — Derselbe führte Versuche über Verbrennung, Atmung, Luftzirkulation vor, und zeigte den Pettenkoferschen Versuch über die Durchlässigkeit von Sandstein für Luft und Leuchtgas.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Ein Feld-Winkelmesser (D. R. P. Nr. 57678).

Construiert von O. Ohmann.

Angefertigt von Gustav Meissner, Berlin NW., Alt-Moabit 16.

Das leicht zu handhabende Instrument ist dazu bestimmt, Schülern die Lösung von praktischen Aufgaben aus der Feldmesskunst zu ermöglichen und dadurch zur Belebung des geometrischen Unterrichtes beizutragen. Es gestattet dreierlei Winkelmessoperationen vorzunehmen: 1. die Bestimmung rechter Winkel in der Ebene, 2. die Bestimmung beliebiger anderer Winkel, 3. die Bestimmung

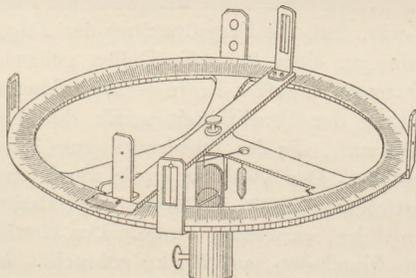


Fig. 1.

von Höhenwinkeln. Den Hauptteil bildet eine runde Winkelscheibe von 16 cm Durchmesser, welche unten mit einer Hülse versehen ist, so dass der Apparat — der besseren Beobachtung halber — auf einen Stab gesteckt werden kann. Für die erste der vorher bezeichneten drei Operationen sind am Rande dieser Winkelscheibe bei den 4 Hauptpunkten der Kreisteilung, also bei 0° , 90° , 180° , 270° , vier Visier-
vorrichtungen angebracht, mit welchen man auf einfache Weise Senkrechte sowohl errichten, wie fallen kann. Die Visiere haben einerseits eine kleine Seh-
öffnung (Diopterloch), andererseits einen Kerb. Man legt das Auge an das Diopterloch und visiert über den Kerb nach dem betreffenden entfernten Gegenstande. Für die zweite Operation ist ein drehbarer Zeiger mit zwei Visieren vorhanden, welcher mit einer Spitze auf jeden be-

liebigen-Punkt der Kreisteilung eingestellt werden kann. Für die dritte Operation ist die ganze Winkelscheibe um ein unten befindliches Scharnier drehbar und kann mit Hilfe des Pendels senkrecht eingestellt werden; mit dem Zeiger, der bei der ersten Stellung des Apparates zur Messung beliebiger Horizontalwinkel diene, kann man nunmehr jeden beliebigen Höhenwinkel bestimmen.

Der Feld-Winkelmesser ist in Bau und Handhabung so einfach, dass ihn jeder Schüler, der einige Wochen in den Elementen der Geometrie unterwiesen ist, nach einmaliger Erklärung versteht und selber zu Messungen verwenden kann. Berechnet ist der Apparat zwar für Messungen im Freien, auf dem Felde, doch kann er schon mit grossem Vorteil zu Messungen auf dem Schulhof verwendet werden; hier kann die Höhe des Gebäudes bestimmt werden, es können Hindernisse, über welche man nicht hinwegmessen darf, künstlich angedeutet werden u. s. w. Selbst im Schulzimmer kann mit Hilfe der dort vorhandenen Dimensionen noch das Prinzip und die Anwendung des Apparates unter Selbstbeteiligung der Schüler einigermaassen erläutert werden, so dass strebsame Schüler weitere Versuche allein ausführen können.

Da die Schüler erfahrungsgemäss solchen Aufgaben ein reges Interesse entgegenbringen und sich selbst mit Eifer an den Messungen beteiligen, so ist auch eine billigere Ausgabe für die Hand der Schüler hergestellt worden. Diese zeigt dieselbe Grösse wie der andere Apparat und besitzt die oben geschilderte Konstruktion. Gerade in der Hand der Schüler kann der Apparat sich fruchtbringend erweisen und wird hoffentlich dazu beitragen, in ihnen die Liebe zur Mathematik zu fördern.

Der Preis des Schüler-Apparates beträgt 2,75 M., der des wertvolleren (mit Kasten) 15 M. An dem letzteren sind die Visiervorrichtungen einerseits mit Spalt, andererseits mit Objektivfaden versehen, während die Kreisteilung auf Messing eingraviert ist und für die Ablesung ein Nonius vorhanden ist, so dass eine Genauigkeit bis auf 5 Minuten erreicht wird. Der Zeiger ferner stellt ein Lineal dar und ist abzunehmen, so dass er für sich als kleines Diopterlineal zu graphischen Darstellungen verwendet werden kann. Ausserdem sind die Visiere an dem Zeigerlineal zum Hin- und Rückvisieren eingerichtet. Dieser Apparat dürfte sich besonders zur einmaligen Anschaffung seitens der Anstalt eignen. Genauere Prospekte versendet die oben genannte Firma, die auch ein dreibeiniges Stativ für 6,50 M., einen verstellbaren Apparatenstab (als Ersatz des Statives) für 2,50 M., $1\frac{1}{2}$ m lange Stäbe mit konischer Eisenspitze à 1,25 M., Bandmasse von 10 m für 5 M., abgeteilte Messschnüre von 10 m für 1,25 M., ebensolche von 20 m für 2 M. liefert.

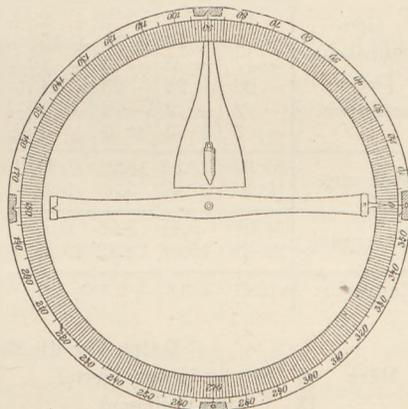


Fig. 2.

Der von Herrn M. KOPPE in dieser Zeitschrift (*Heft 1, S. 10*) beschriebene Apparat für das Trägheitsmoment wird von dem Mechaniker A. Herbst in Berlin O., Krautstrasse 26 a, angefertigt. Der Preis beträgt für den Apparat nebst Gewichten, aber ohne die (der Atwood'schen Fallmaschine zu entnehmende) Rolle 36 Mk.

Correspondenz.

Ueber H. HARTL's Apparat zur Bestimmung von Trägheitsmomenten (*Heft 2, S. 76*) hat Herr J. Kramerius in Czernowitz Rechnungen und Bemerkungen übersandt, von denen wir nachstehende hier mitteilen:

„Bei $r = 0,2$ m und einer Beobachtungszeit = 2 Sek., also einer Fallhöhe von 2,138 m giebt ein Zeitfehler von 0,1 Sek. schon einen Fehler von 10% im Trägheitsmoment. Deswegen wäre anzuraten, ein Rädchen mit kleinerem Radius und eine kleinere Fallhöhe bei vermehrter Falldauer anzuwenden. Dieses kleinere, mit der Gewichtsschnur umschlungene Rädchen sei mit einem grösseren, schwereren verkuppelt und an dieses die zu untersuchenden Körper befestigt.“

Dieser Forderung entspricht, wie leicht ersichtlich, der von Herrn M. Koppe in dieser Zeitschrift (*Heft 1, S. 10*) beschriebene Apparat. Die Messung des Trägheitsmoments mittelst der Zeit ist von Herrn Prof. A. Höfler auch schon vor längerer Zeit bei einem ähnlichen Apparate verwendet worden, der in *Carl's Repert. d. Phys.* (XV, 702) beschrieben ist; Herr Höfler denkt auf ihn bei späterer Gelegenheit in d. Zeitschr. zurückzukommen.

Himmelserscheinungen im März und April 1892.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde,
☼ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn.

Monatstag	März							April						
	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
Helio- centrische Längen.	326°	347	11	38	69	101	130	155	177	196	212	228	242	☿ ☼ ♃ ♄ ♁
	78	86	94	103	111	119	127	135	143	151	159	167	176	
	161	166	171	176	181	186	191	196	201	206	211	216	221	
	224	227	229	232	234	237	239	242	245	247	250	253	255	
	359	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	5	
	176	177	177	177	177	177	177	177	178	178	178	178	178	
Geo- centrische Recta- scensionen.	14°	84	152	207	268	340	50	124	183	238	307	15	89	☾ ☼ ♃ ♄ ♁
	340	348	357	6	14	21	27	30	31	30	27	24	23	
	18	24	29	35	40	46	52	57	63	69	74	80	86	
	343	347	352	357	1	6	10	15	19	24	29	33	38	
	262	265	269	272	275	278	281	284	286	291	293	296	299	
	357	358	359	0	1	3	4	5	6	7	8	9	10	
	179	179	178	178	178	177	177	177	176	176	176	176	175	
Geo- centrische Dekli- nationen.	+ 3°	+ 26	+ 17	- 9	- 27	- 14	+ 19	+ 25	+ 3	- 22	- 24	+ 3	+ 27	☾ ☼ ♃ ♄ ♁
	- 11	- 7	- 2	+ 2	+ 7	+ 11	+ 14	+ 16	+ 16	+ 15	+ 13	+ 10	+ 8	
	+ 8	+ 10	+ 13	+ 15	+ 17	+ 19	+ 21	+ 22	+ 24	+ 25	+ 26	+ 26	+ 27	
	- 7	- 5	- 3	- 1	+ 1	+ 2	+ 4	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 13	+ 15	
	- 23	- 23	- 23	- 24	- 24	- 24	- 24	- 23	- 23	- 23	- 23	- 22	- 22	
	- 2	- 2	- 2	- 1	- 0	+ 0	+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3		
	+ 3	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 5	+ 5	+ 5	
Aufgang.	18 ^h 46 ^m	18.34	18.23	18.11	17.59	17.48	17.36	17.24	17.13	17.2	16.51	16.40	16.30	☾ ☼
	20 ^h 16 ^m	22.46	3.30	9.26	15.20	17.51	19.18	—	4.55	10.56	15.17	16.39	19.22	
Untergang	5 ^h 38 ^m	5.47	5.56	6.5	6.14	6.22	6.31	6.40	6.48	6.57	7.6	7.14	7.23	☾ ☼
	9 ^h 1 ^m	15.58	18.32	19.28	21.53	3.21	11.5	16.4	17.15	18.28	23.21	5.20	12.40	
Zeitgleh.	+12 ^m 24 ^s	+11.47	+10.0	+ 8.36	+ 7.6	+ 5.35	+ 4.4	+ 2.35	+ 1.10	- 0.7	- 1.15	- 2.12	- 2.57	☾

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

März	5	8 ^h	8 ^m	Erstes Viertel	April	3	19 ^h	15 ^m	Erstes Viertel
"	13	1	49	Vollmond	"	11	13		Mond in Erdferne
"	15	11		Mond in Erdferne	"	11	19	20	Vollmond
"	21	6	10	Letztes Viertel	"	19	18	54	Letztes Viertel
"	28	2	12	Neumond	"	25	22		Mond in Erdnähe
"	28	11		Mond in Erdnähe	"	26	10	40	Neumond.

Constellationen. März: 19^h ♀ ♂ ☾; 5 19^h ♀ obere ♂ ☾, wird Abendstern; 12 10^h ♀ ♂ ♁; 13 8^h ♄ ♂ ☾; 16 10^h ♄ ♂ ☾; 19 16^h ☾ im Widder, Frühlingsanfang; 20 17^h ♁ ♂ ☾; 21 12^h ♂ ♂ ☾; 22 1^h ♀ im Perihel; 27 16^h ♁ ♂ ☾; 29 3^h ♂ ☾; 29 7^h ♀ ♂ ☾; 31 3^h ♀ ♂ ☾; 31 5^h ♀ in grösster östlicher Elongation. — April: 1 21^h ♀ im Perihel; 9 10^h ♄ ♂ ☾; 19 0^h ♂ ♂ ☾; 19. Nachmittags Sonne im Stier; 19 5^h ♀ untere ♂ ☾, wird Morgenstern; 24 13^h ♁ ♂ ☾; 25 16^h ♀ ♂ ☾; 26 unsichtbare totale Sonnenfinsternis; 29 18^h ♀ ♂ ☾; 30 2^h ♀ in grösster östlicher Elongation.

Durch ziemlich viele Meteore sind ausgezeichnet: März 19—22, 27—30; April 8, 11, 12, 18—23, 27—30; durch auffallend wenige: März 2—4, 8, 9; April 1—7.

Veränderliche Sterne (mit Feldstecher oder Opernglas zu beobachten): 1) Algolminima treten ein März 13 10^h, April 19 16^h; 2) Minima von λ Tauri sind nicht zu beobachten; 3) β Lyrae ist in den späteren Abendstunden, noch besser morgens zu beobachten; ζ Geminorum abends, η Aquilae morgens, δ Cephei abends und morgens; 4) von den schwach und unregelmässig veränderlichen Sternen sind μ Cephei und α Cassiopeiae circumpolar; η Geminorum und δ Orionis abends, α und g Herculis morgens zu beobachten.

Das Zodiakallicht ist an den mondfreien Abenden in der zweiten Hälfte des Monats März am westlichen Himmel gegen 8^h aufzufinden. Im April gelingt die Auffindung nur einem geübten Auge.

J. Plassmann.