

Messapparate für Schule und Laboratorium.

(Erste Mitteilung.)

Von

Dr. Karl Noack in Giessen.

Die in den folgenden Zeilen zu beschreibenden Apparate wurden von mir in der Absicht konstruiert, für den physikalischen Unterricht, vornehmlich in der Prima, Vorrichtungen zu beschaffen, die eine eingehendere und zwar messende Behandlung gewisser Gebiete der Physik gestatten und den Lehrer instandsetzen, die Schüler zu einer erfolgreicherer Mitarbeit am Unterrichtsgegenstand heranzuziehen. Zur Erreichung dieses Zweckes müssen die Apparate einfach und übersichtlich konstruiert sein und bei genauen und zuverlässigen Versuchsergebnissen eine gleichzeitige Beobachtung durch alle Schüler, wenigstens bei mittelstarken Klassen gestatten. Im Laufe meiner Versuche kam ich mehr und mehr zu der Überzeugung, dass diese Vorrichtungen zum Teil genannten Zweck in befriedigender Weise erfüllen, und dass dieselben wegen der durchaus übersichtlichen Anordnung, der vielseitigen Verwendbarkeit und der Möglichkeit weitgehender Korrekturen auch für praktische Übungen bei Studierenden erfolgreiche Anwendung finden können. Diese Wahrnehmung ermutigt mich, an dieser Stelle einen oder den anderen der erwähnten Apparate zu beschreiben und die Zuverlässigkeit ihrer Angaben durch Beifügung einiger Versuchsergebnisse zu beleuchten.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, besonders vorzuschicken und zu betonen, dass es sich dabei nicht sowohl um Apparate neuen Prinzips, als vielmehr um zweckmässige Benutzung und Vereinigung bekannter und bewährter Formen handelt.

1. Weinhold's Demonstrationsgoniometer als Universalgoniometer.

Bei allen Untersuchungen, bei welchen Winkel zu messen sind, seien es nun die Richtungsänderungen von Lichtstrahlen bei Spiegelung, Brechung und Beugung, oder die Ablenkungen von Magnetnadeln durch Magnete und elektrische Ströme, oder die Richtungen von Kräften, die an einem Punkte wirkend einander im Gleichgewichte halten, in allen solchen und ähnlichen Fällen kann das Demonstrationsgoniometer ausgezeichnete Dienste thun, wenn bei der Anfertigung auf diese Vielseitigkeit der Benutzung gebührend Rücksicht genommen wird. Vor allem muss zu diesem Zweck die Verwendung von Eisen bei dem Apparate ausgeschlossen werden und dann müssen gewisse Einrichtungen getroffen werden, die eine erhöhte Genauigkeit der Ablesung verbürgen. Schliesslich müssen durch einfache Konstruktion bei vollster Zuverlässigkeit und genügender Festigkeit die Herstellungskosten möglichst vermindert werden.

Nach mehrjährigen Versuchen bin ich bei folgender Form des Apparates stehen geblieben.

Auf einer mit grossen Stellschrauben versehenen kreisrunden Holzplatte (Fig. 1) erhebt sich eine starke Säule von Holz. In diese letztere ist ein Hohlkegel von Messing eingelassen, der zur Aufnahme der Bronze-Achse des Teilkreises dient; mittels einer starken, in der Figur sichtbaren Schraube kann die Achse in der Säule festgeklemmt werden. Die Oberfläche der Säule wird von einer aufgeschraubten, gut abgeschliffenen, kreisrunden Messingplatte gebildet, auf der die eben abgedrehte Nabe des Teilkreises ruht. Der Teilkreis selbst besteht aus einer

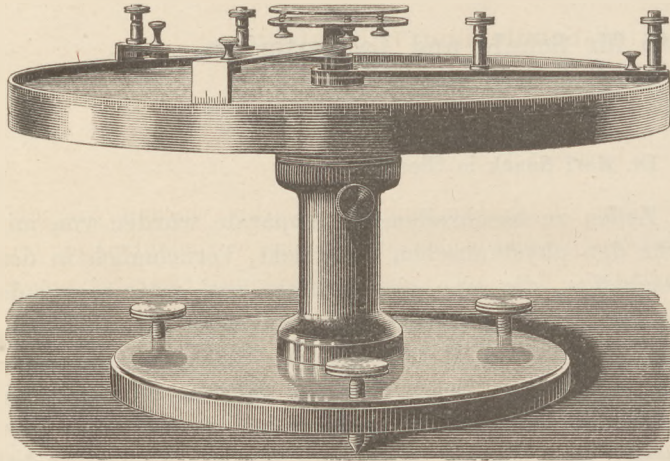


Fig. 1. ($\frac{1}{5}$ nat. Gr.)

18 kg schweren, homogenen Zinkplatte mit einer Nabe von 5,5 cm Dicke und 8,5 cm Durchmesser und sechs Verstärkungsrippen, so dass in Folge des erheblichen Gewichtes eine grosse Standfestigkeit des Apparates verbürgt ist. In diese Nabe ist die Bronze-Achse eingeschraubt, die nach oben um 4 cm über die Fläche des Teilkreises hervorragt. Um die Zinkplatte ist ein Messingreif von 35 mm Breite und 5 mm Dicke heiss ungelegt derart, dass er die ebene Oberfläche der Platte um 5 mm überragt, und das Ganze zusammen an der Bronze-Achse abgedreht. Der Durchmesser des ganzen Teilkreises beträgt 46 cm; sein Umfang ist in halbe Grade geteilt, so dass der Abstand zweier Teilstriche nahezu 2 mm beträgt. Da diese Teilung noch nicht die Hälfte der Reifbreite einnimmt, so kann auf der unteren Hälfte gegebenen Falles auch eine Teilung in farbige Felder nach Weinhöld's Vorschlag angebracht werden.

Die Vorrichtung zur Aufnahme und Führung der drei Alhidaden ist folgende: Die Platte des Teilkreises besitzt eine centrale Versenkung von 40 mm Durchmesser und 22 mm Tiefe, die mit Messing ausgefüllt ist; in dieselbe ist die hohle Achse der niedersten Alhidade (vergl. auch Fig. 2) conisch eingeschliffen; die zweite Alhidade dreht sich mit ihrem um 8 mm höheren Messingfutter auf dem unteren, in jener Versenkung befindlichen Teil der conisch nach oben verjüngten Achse; das Futter der Tischalhidade endlich ist auf die obere Hälfte der Achse aufgeschliffen. Die Alhidaden selbst bestehen aus 25 mm breiten und 5 mm dicken Messingstreifen, die vorne mittels senkrechter Lappen von verschiedener Länge auf dem Messingrand schleifen. Diese Lappen tragen Nonien, 5 halbe Grade in 6 Teile geteilt, so dass von 5 zu 5 Minuten direkt abgelesen werden kann. Dicht hinter diesem Lappen haben alle drei Alhidaden und ebenso 12 cm von den Enden entfernt die beiden ersten, gleichartige, mit Schraubengewinde versehene Löcher, in welche hohle Messingsäulchen, deren Form aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich ist, eingeschraubt werden können. Dieselben sind abgesehen von der Länge durchaus gleich gearbeitet und können demnach jederzeit nach Bedarf vertauscht werden; mit Hilfe eines eisernen Schlüssels, der den Fuss umfasst, können sie gelöst und festgeschraubt werden. Der obere Teil der Säulchen ist äusserlich conisch verjüngt, mit Schraubengewinde versehen und doppelt geschlitzt; eine überfallende, grosse, geränderte

Schraubenmutter gestattet, genau passende Messingcylinder verschiedener Länge, die alle oben dasselbe Gewinde tragen, in jeder Stellung festzuhalten.

Ähnlich wie bei dem Weinhold'schen Apparate dienen auch hier zum Feststellen der Arme Excenterklemmen, die durch je einen geränderten Knopf hinter den ersten Säulchen angezogen und gelöst werden.

Auf die Gewinde der Messingcylinder können folgende zum allgemeinen Gebrauch bestimmte Nebenteile aufgeschraubt werden: Je zwei starke Gabeln von Messing mit seitlichen, conisch zugespitzten Stellschrauben und zwei oben mit Spitze versehene Messingknöpfe (Fig. 2). Da alle Gewinde durchaus gleich geschnitten sind, lassen sich auch diese Teile nach Bedarf vertauschen. Zwischen die drei Spitzen, die hierdurch auf zwei Armen gegeben sind, können nun Spaltrohr und Beobachtungsrohr eines gewöhnlichen Bunsen'schen Spektralapparates gelagert und nach Wunsch centriert werden. Es ist zu diesem Zwecke nur erforderlich, um die betreffenden Rohre, die ja in jeder einigermaassen gut ausgestatteten Apparatsammlung vorhanden sind, an dem einen Ende einen Ring mit zwei diametral gegenüberliegenden conischen Bohrungen und am anderen Ende eine Messingplatte mit ebensolcher Bohrung anzulöthen; der ursprünglichen Bestimmung der Rohre geschieht hierdurch nicht der geringste Eintrag.

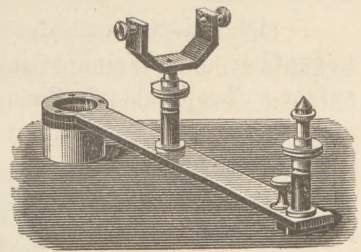


Fig. 2. (1/4 nat. Gr.)

Das Goniometer gestattet mit dieser Ausrüstung, eine grosse Anzahl messender Versuche mit erheblicher Genauigkeit auszuführen und die Fehlerquellen solcher Apparate kennen zu lernen und zu beseitigen; es wird dadurch neben seiner eigentlichen Bestimmung dem Lehrer der Physik für eigene Beobachtungen ebenso nützlich, wie es eine weitgehende Verwendung in praktischen Übungskursen an höheren Lehranstalten ermöglicht.

Für eigentliche Schulversuche dient eine andere Vorrichtung, durch welche eine objektive Darstellung innerhalb gewisser Grenzen ermöglicht wird. Auf den einen Arm wird zwischen Gabel und Spitze eine kleine Camera obscura (vergl. Fig. 4) befestigt, die mit einem recht grossen Objektiv versehen ist, und deren matte, nach aussen gewendete Scheibe einen senkrechten geschwärzten diametralen Strich als Marke trägt. In das äussere Säulchen des zweiten Armes wird der Träger einer starken linienförmigen Lichtquelle eingeschraubt. Es werden zu diesem Zwecke zwei Vorrichtungen verwendet, je nachdem ein stärkeres oder ein schwächeres, aber bequemer zu beschaffendes Licht erforderlich erscheint, im ersten Falle eine kleine Glühlampe von 5 Volt und 0,7 Ampère (Durchmesser 12 mm), die auf ein Hartgummiröhrchen aufgekittet ist, welches in das Säulchen eingeschraubt wird, im anderen Falle ein Gasbrenner, dessen Einrichtung aus Fig. 3 ersichtlich ist. An Stelle des Hartgummiröhrchens ist in das Säulchen eine unten geschlossene Messingröhre mit seitlichem Rohrstützen zum Anlegen eines Kautschukschlauches eingeschraubt. Oben ist in diese Röhre eine Löthrohrspitze mit kleiner Bohrung eingeschliffen, so dass das entzündete Gas mit schmaler, etwa 25 mm langer, kaum leuchtender Flamme brennt. Um das obere Ende der Messingröhre ist ein schmaler, federnder Messingring gelegt und an diesen ein Ω -förmiger Platindraht von 20 mm Schenkellänge an beiden Enden angelöthet und so gebogen, dass er gerade die Flamme umschliesst und sich in deren äusserem Mantel befindet. Dieser Draht,



Fig. 3.
(1/4 nat. Gr.)

der rasch in helle Rotglut bis Weissglut kommt, bietet eine ganz vorzüglich bequeme, für viele Fälle völlig ausreichende Lichtquelle. Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass in diesem Falle, wie auch bei der Benutzung der Glühlampe, die Ebene der Draht- beziehungsweise der Kohlebügel mit der Nulllinie der betreffenden Alhidade zusammenfallen muss, und dass es sich empfiehlt, beide Lichtquellen mit einem dünnwandigen, geschwärzten und in geeigneter Höhe mit Schlitz versehenen Messingmantel zu umgeben, der lose auf den Arm gestellt werden kann; nach hinten muss derselbe einen Schlitz zum Durchlassen des Schlauches oder der Leitungsdrähte haben, der zugleich zur Luftzufuhr dient.

Die Einrichtung des Tisches zeigt ebenfalls einige kleinere Abänderungen gegenüber dem Weinhold'schen Apparate, die durch die Verwendung für gewisse, später zu besprechende Zwecke bedingt sind. Die untere Platte von 10 cm Durchmesser ist mit ihrem Arme fest verbunden (Fig. 1) und enthält auf demselben concentrischen Kreise drei um 120° von einander entfernte Schlitzlöcher, dazwischen drei glatte Bohrungen. Die obere Platte, auf die vier concentrische Kreise von 1, 2, 3, 4 cm Radius und zwei senkrechte Durchmesser, der eine parallel der Mittellinie des Armes, eingerissen sind, trägt auf ihrer unteren Seite drei mit Gewinde versehene Stifte, die in die Bohrungen der festen Platte passen, und kann mit Hilfe von drei Schraubenmuttern unter Zwischenlagerung dreier starker Messingfedern von unten festgeschraubt werden. Zu bemerken ist noch, dass beide Platten und die Achse des Teilkreises eine für manche Zwecke erwünschte conaxiale Bohrung von etwa 1 mm Durchmesser haben; auch verdient beachtet zu werden, dass die drei Arme in der einfachsten Weise herausgenommen und gegen einander vertauscht werden können.

Der Leser sieht, dass bei dieser Form des Goniometers auf die Möglichkeit der Vertikalstellung des Teilkreises, die der Weinhold'sche Apparat leicht gestattet, verzichtet wurde. Es ist hierdurch eine sehr erhebliche Vereinfachung der Konstruktion bedingt, die sich in dem geringeren Preis des hier beschriebenen Instrumentes (vergl. S. 6) deutlich kennzeichnet und die meines Erachtens nicht entfernt durch die wenigen Versuche aufgewogen wird, bei denen senkrechte Stellung des Teilkreises wünschenswert, aber nicht notwendig ist, da dieselben umgangen oder zweckentsprechend abgeändert werden können.

Ich verlasse nun den Hauptapparat und gehe zur Beschreibung der einzelnen Nebenapparate und ihrer Verwendung über.

2. Das Demonstrationsgoniometer als Magnetometer.

Der Aufsatz, der das Goniometer zur Messung magnetischer Ablenkungen geeignet macht, besteht aus einer Bussole eigentümlicher Konstruktion und einer Messschiene. Die Zusammenstellung dieser Teile ist aus Fig. 4 leicht ersichtlich. Die Messschiene ist aus leichtem Tannenholz angefertigt und hat eine Länge von 130 cm. Um ihr die erforderliche Steifigkeit zu sichern, ohne sie allzuschwer zu machen, erhielt dieselbe, wie die Abbildung zeigt, H-förmigen Querschnitt. In der Mitte dieser Schiene ist von unten eine Holzplatte eingelassen und verschraubt, welche die Schiene nach vorne um 10 mm, nach hinten um 50 mm überragt. Dieselbe dient zunächst zur Aufnahme eines nach rückwärts gelegenen, in der Figur kaum sichtbaren Fusses, der gemeinschaftlich mit zwei weiteren, in 22,5 cm Abstand beiderseits an die Schiene angeschraubten Füßen zur Auflage derselben auf die Tischplatte dient. Ferner ist in eine centrale Durchbohrung der Platte und

Schiene ein Messingfutter eingeschraubt, welches auf die Achse des Goniometers aufgeschliffen ist und die Centrierung der Schiene sichert. Schliesslich befindet sich auf dem rückwärtigen Teil der Platte ein Fuss von Messing, in welchen die in Fig. 4 sichtbare Messingsäule eingeschraubt werden kann. An dieser Säule kann ein Schlitten auf- und abgeschoben werden, der zur Aufnahme eines Astatierungsmagneten dient. Die Einstellung geschieht mittels Stellschraube und Messingfeder.

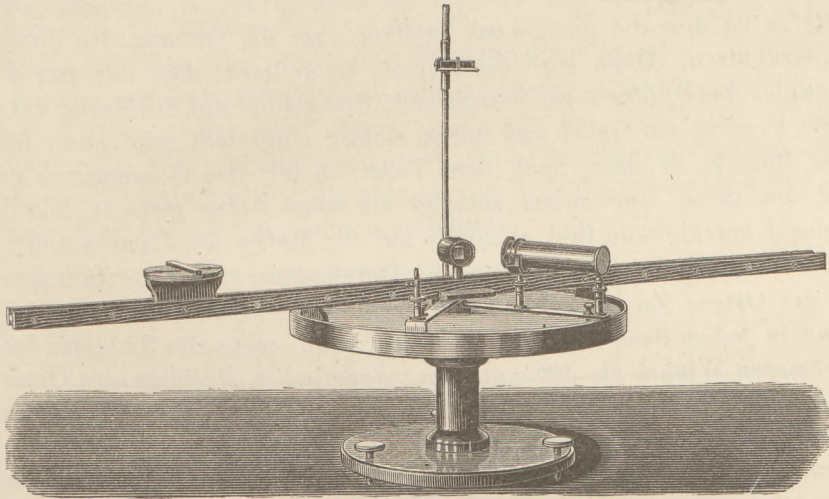


Fig. 4. ($\frac{1}{10}$ nat. Gr.)

Vom Mittelpunkt der Schiene aus ist beiderseits auf der oberen Kante je einer Seitenleiste eine Millimeterteilung eingerissen. In der Nute der Schiene gleitet ein Schlitten, auf dessen Fuss der Mitte entsprechend eine Marke aufgetragen ist. Die Form des Schlittens zeigt Fig. 4. Zwei Nuten, die eine in der Richtung der Schiene, die andere senkrecht darauf, dienen zum bequemen Auflegen der Magnete auf die Platte, deren Höhe so bemessen ist, dass der Magnet und der Spiegel der Bussole in derselben horizontalen Ebene liegen. Ein zweiter, gleichartiger Schlitten wird angewendet, wenn zwei Magnete verglichen werden sollen.

Die Einrichtung der Bussole ist aus Fig. 5 zu ersehen. In eine Messingröhre von 35 mm Durchmesser und 40 mm Länge ist eine 10 mm dicke, kreisförmige Kupferscheibe eingeschoben und mit zwei kleinen Messingschraubchen befestigt, die einen concentrischen, quadratischen Ausschnitt von 17 mm Seitenlänge hat. In diesem Ausschnitt ist ein versilbertes Deckgläschen von 15 mm Seite an einer Coonfaser aufgehängt, die durch eine 2 mm weite Durchbohrung der Kupferscheibe geht und oben in einer flachen Versenkung central mit etwas Klebwachs befestigt ist. Auf die Rückseite des Spiegelchens sind sechs kleine Magnete, Stückchen feinsten Uhrfederstahls von 5 mm Länge, aufgekittet. Die Öffnungen der Kupferscheibe sind beiderseits mit geschliffenen Glasplatten verschlossen, so dass zu der Kupferdämpfung noch eine ausgiebige Luftdämpfung hinzukommt. Die Form der Bussole stimmt bis auf nebensächliche Einzelheiten mit der von Thomson in seinem transportablen Spiegelgalvanometer benutzten überein. Zur Verbindung der Bussole mit dem Goniometer dient eine Messingröhre, in welche die Bussolenkapsel mit ganz geringer Reibung eingeschoben werden kann (Fig. 6).

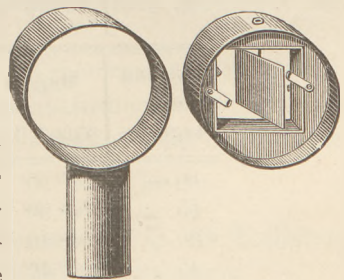


Fig. 6. ($\frac{1}{2}$ nat. Gr.) Fig. 5. ($\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

An dieselbe ist senkrecht ein Rohrstutzen angelöthet, dessen Bohrung auf den oberen Teil der Goniometerachse aufgeschliffen ist. Die besondere Form der Bussole findet ihre Begründung in der Absicht, dieselbe auch als Nadel eines Galvanometers benutzen zu können, welches im nächsten Abschnitt beschrieben werden soll¹⁾.

Zunächst noch einige Worte über die Aufstellung des Apparates. Nachdem die Messschiene (für die zweite Hauptlage) auf den Durchmesser $0^\circ - 180^\circ$ gelegt ist, wird der Lichtarm auf $122^\circ 30'$ und die Camera auf $57^\circ 30'$ oder umgekehrt eingestellt; es ist dies die geeignetste Stellung, um die Öffnung der Bussole vollständig auszunutzen. Dann wird die Bussole so gedreht, dass das von dem vorderen Deckglas des Kupferringes herrührende Spiegelbild auf die Marke der Camera (die natürlich zuvor auf Gabel und Spitze richtig eingestellt sein muss) fällt. Die Achse der Bussole ist dann nach dem Teilstrich 90° des Goniometers gerichtet. Nun wird das ganze Goniometer solange um seine Achse gedreht, bis das vom Magnetspiegel herrührende Bild ebenfalls auf die Marke der Camera fällt, und in dieser Lage festgeklemmt; alsdann liegt der Durchmesser $0^\circ - 180^\circ$ im magnetischen Meridian des Ortes. Zu bemerken wäre noch, dass das Instrument für objektive Darstellung in jedem Saale verwendet werden kann, wenn die Richtung der Bänke keinen grösseren Winkel als 40° mit dem magnetischen Meridian des Ortes bildet, und dass dasselbe für Spiegelablesung bei magnetischen und galvanischen Messungen eine erschütterungsfreie Aufstellung erfordert.

Damit der Leser sich ein Urteil über die Brauchbarkeit des Instrumentes bilden kann, soweit das auf diesem Wege überhaupt möglich ist, gebe ich in folgender Tabelle zwei Beobachtungsreihen zur Bestimmung von M/H , die ohne besondere Vorsichtsmaassregeln, wie es bei Schulversuchen im allgemeinen der Fall sein wird, angestellt wurden.

Der benutzte Ablenkungsmagnet von 10 cm Länge wog 140,9 gr und war nach der Methode von Strouhal und Barus magnetisiert; sein Moment war 585 c-gr-s.

Abstand des Magnetes	Magnet östlich		Magnet westlich		T. H. L. 13. VII. 89.	
	Nnach W	Nnach O	Nnach W	Nnach O	4α	$\frac{r^3 \cdot \text{tg } \alpha}{2}$
60 cm	60° 47'	54° 6'	60° 32'	53° 58'	6° 37,5'	3124
55 "	61° 48'	53° 13'	61° 36'	53° 4'	8° 33,5'	3109
50 "	63° 5'	51° 44'	63° 0'	51° 38'	11° 21,5'	3101
45 "	65° 10'	49° 30'	65° 2'	49° 29'	15° 36,5'	3107
40 "	68° 25'	46° 0'	68° 18'	46° 0'	22° 21,5'	3133
35 "	73° 50'	40° 20'	73° 46'	40° 33'	33° 21,5'	3144

Abstand des Magnetes	Magnet südlich		Magnet nördlich		II. H. L. 20. VII. 89.	
	Nnach W	Nnach O	Nnach W	Nnach O	4α	$r^3 \cdot \text{tg } \alpha$
60 cm	55° 55'	59° 5'	55° 51'	59° 1'	3° 10'	2986
55 "	55° 30'	59° 36'	55° 22'	59° 31'	4° 7,5'	2995
50 "	54° 40'	60° 12'	54° 39'	60° 12'	5° 32,5'	3024
45 "	53° 46'	61° 23'	53° 38'	61° 14'	7° 36,5'	3026
40 "	52° 9'	62° 50'	52° 5'	62° 45'	10° 40,5'	2984
35 "	49° 26'	65° 20'	49° 25'	65° 17'	15° 53'	2977
30 "	44° 44'	69° 42'	44° 52'	69° 44'	24° 55'	2947

¹⁾ Die Apparate sind von Herrn Mechanikus Hoesch in Giessen angefertigt und kosten: Der Teilkreis mit 3 Armen, 4 Säulchen, 4 Cylindern, 1 bew. Tischplatte, 1 Schlüssel, 2 Gabeln und

Ich habe es absichtlich unterlassen, nach der genaueren Formel zu rechnen, weil im Unterricht doch wohl die obige allein in Betracht kommt. Die gleichwohl befriedigende Übereinstimmung der hier mitgeteilten Zahlen lehrt, dass der Apparat auch für genauere Messungen verwendet werden kann, nur müssten zu diesem Zweck alle Vorsichtsmaassregeln beachtet und besonders das Torsionsverhältnis des Coconfadens wegen der Kürze desselben bestimmt werden. Da die Bussolenkapsel auf der Goniometerachse drehbar ist, bereitet diese Bestimmung keine Schwierigkeit; die Bussole wird um einen gemessenen Winkel gedreht und die hierdurch bewirkte Ablenkung der Magnetsnadel gemessen. Indem ich mich hier der Angabe von Einzelheiten bei Aufstellung des Apparates enthalte, da sich dieselben gegebenen Falles leicht aus obigem ergeben, beschränke ich mich auf die Mitteilung einer Versuchsreihe, die wohl ohne weiteres verständlich sein wird. Es bedeuten α die Drehung der Bussole, φ die Ablenkung des Spiegels aus dem magnetischen Meridian, θ das Torsionsverhältnis.

Stellung der Bussole			Lage des Magnetspiegels			α	φ	θ
Licht	Camera	Lot	Licht	Camera	Lot			
120	60	90	110	70° 56'	90° 28'	0°	—	—
115	55	85	110	70° 41'	90° 20,5'	5°	7,5'	0,0256
110	50	80	110	70° 29'	90° 14,5'	10°	13,5'	0,0231
105	45	75	110	70° 15'	90° 7,5'	15°	20,5'	0,0233
100	40	70	110	70° 2'	90° 1'	20°	27'	0,0230
95	35	65	110	69° 47'	89° 53,5'	25°	34,5'	0,0235
90	30	60	110	69° 32'	89° 46'	30°	42'	0,0239
85	25	55	110	69° 16'	89° 38'	35°	50'	0,0244

Was nun die Verwendung des Magnetometers im Schulunterricht anlangt, so wird dasselbe zunächst zum Nachweis des Gesetzes der Entfernung dienen können. Benutzt man hierbei einen Magnet von grösserem Moment, als es der oben angewendete, sehr schwache hat, bei welchem das Hauptgewicht auf Unveränderlichkeit gelegt wurde, so wird man auch in der zweiten Hauptlage grössere und deshalb für die Demonstration besser geeignete Ablenkungen erhalten. Der Träger für einen Astasierungs-magnet bietet aber, so lange es sich nur um diesen Zweck handelt, ein bequemes Mittel durch Verminderung der Riechkraft des Erdmagnetismus die Ablenkungen noch weiter erheblich zu vergrössern. Ebenso ist teilweise Astasierung statthaft und nützlich, wenn mit dem Apparate Magnete hinsichtlich ihrer Momente verglichen werden sollen.

Eine zweite Aufgabe, die wir zum Teil mit dem Magnetometer lösen können, ist die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus, eine Aufgabe, die bei geschickter und vorsichtiger Inangriffnahme Primanern keine unüberwindliche Schwierigkeiten bereiten wird.

Bevor ich diese erste Mitteilung schliesse, möchte ich die in der Einleitung gemachten Bemerkungen nach einer Richtung hin noch etwas erweitern.

Der Hauptwert des hier beschriebenen Magnetometers (und der demnächst zu beschreibenden Instrumente) liegt meines Erachtens in der Möglichkeit, ohne grossen

2 Spitzen, 1 Gasbrenner, 1 Glühlicht, 1 Camera obscura 190 Mk., 1 Fernrohr dazu 25 Mk., 1 Spaltrohr 20 Mk.; Magnetometer mit Magnetstab 30 Mk.; Bussole dazu 15 Mk.

Aufwand von Mitteln im Schulunterricht mit den älteren Schülern gemeinsam messende Versuche anstellen zu können, die entweder die Auffindung oder Bestätigung eines Naturgesetzes, wie im ersten Falle, zum Zweck haben oder zur Ermittlung einer Constanten dienen, wie das zweite Beispiel zeigt. Es ist wohl ohne weiteres einleuchtend, dass diese Aufgabe in erster Linie dem Unterricht in der Oberprima zufallen wird und dass die zweckmässige und gründliche Behandlung einer Reihe solcher Untersuchungen nach mehreren Seiten hin guten Erfolg verspricht. Zunächst ist der rein formale Gewinn, den die Schüler aus einem tieferen Eindringen und einer gründlicheren Bekanntschaft mit den induktiven Methoden haben werden, ein nicht hoch genug zu schätzender. Der physikalische Unterricht kann hierin nach einer anderen Seite genau dasselbe leisten, was die Klassikerlektüre im Sprachunterricht leistet oder leisten soll, er kann die Schüler zum selbständigen Denken und Arbeiten, zu wissenschaftlicher Thätigkeit erziehen. Freilich muss man sich hierbei von Einseitigkeit und Verstiegenheiten sorgfältig freihalten und stets vor Augen haben, dass unsere Aufgabe nicht die Erziehung von Fachmännern ist. Daneben bietet aber ein solcher Unterrichtsbetrieb reiche Gelegenheit, durch umfassende Wiederholungen und praktische Anwendung die früher erworbenen Kenntnisse zu erweitern und zu vertiefen und die einzelnen Erfahrungsthatigkeiten von einem höheren Standpunkt zu einem einheitlichen Ganzen zusammenzufassen.

Ich habe diese Erörterungen, die meine Stellung in der Frage der Reform des physikalischen Unterrichts bezeichnen, hier um desswillen beigefügt, weil ich möchte, dass sie bei Beurteilung der obigen und später zu beschreibenden Vorrichtungen in Betracht gezogen würden, denn dieselben sind hauptsächlich aus dem Wunsche hervorgegangen, die praktische Durchführung eines derartigen Unterrichtes zu ermöglichen.

Apparat zur Demonstration des Schwingungsmittelpunktes eines physischen Pendels.

Von

Dr. Hermann Hammerl in Innsbruck.

Die reduzierte Länge eines physischen Pendels ist bekanntlich der Abstand des Schwingungsmittelpunktes vom Aufhängepunkte. Es giebt, wie schon Huyghens¹⁾ gezeigt hat, in der ganzen Masse eines physischen Pendels einen Punkt, der in Verbindung mit den übrigen Massenpunkten dieselbe Schwingungsdauer beibehält, die er für sich allein haben würde.

Zum experimentellen Nachweise des Vorhandenseins dieses Schwingungsmittelpunktes nimmt man gewöhnlich eine Pendelstange, an welcher Linsen in verschiedenem Abstände festgeklemmt sind, und vergleicht dieses physische Pendel mit einem, das nur eine Linse trägt. Es ist nun in gewisser Beziehung für Schüler viel anschaulicher, wenn man vorhandene einfache Pendel, die die aus $t = \pi \sqrt{l/g}$ berechnete Schwingungsdauer besitzen, wirklich zu einem physischen Pendel zusammensetzt, zunächst die Änderungen der Schwingungsdauer nachweist und dann zeigt, dass man aus diesem physischen Pendel ein einfaches Pendel loslösen kann, ohne die Schwingungsdauer zu ändern, dass somit die Länge dieses einfachen

¹⁾ Mach's Mechanik, I. Aufl. S. 161.

Pendels die reduzierte Pendellänge ist und die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes vom Drehpunkte durch die Länge dieses einfachen Pendels gegeben ist.

Im Nachstehenden folgt die nähere Beschreibung eines solchen zusammengesetzten Pendels (Fig. 1) mit den diesbezüglichen Versuchen und eine Ableitung für die Schwingungszahl desjenigen physischen Pendels, das entsteht, wenn man

ein Pendel von bestimmter Länge r_1 mit einem zweiten Pendel verbindet, dessen Länge r_x alle möglichen Werte von $-\infty$ bis $+\infty$ annimmt.

Jedes der einfachen Pendel besteht aus einem sehr leichten Holzstabe von bestimmter Länge, 3 cm Breite, 3 mm Dicke, in der Mitte durchbrochen (Fig. 2), an welchem eine 200 gr schwere Messinglinse l derartig befestigt ist, dass ein Drahtstift s quer durch den Stab und die Mitte der Linse hindurchgesteckt werden kann. Die Masse des Holzes ist im Verhältnis zur Masse der Linse so klein, dass man jedes dieser Pendel als ein einfaches Pendel auffassen kann. Wie der Versuch zeigt, besitzt ein solches Pendel diejenige Schwingungsdauer, die sich aus der Formel $t = \pi \sqrt{l/g}$ berechnet, wenn man für l den Abstand des Schwerpunktes der Linse vom Aufhängepunkte einsetzt.

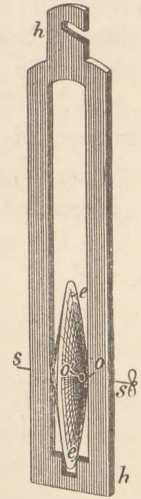


Fig. 2.

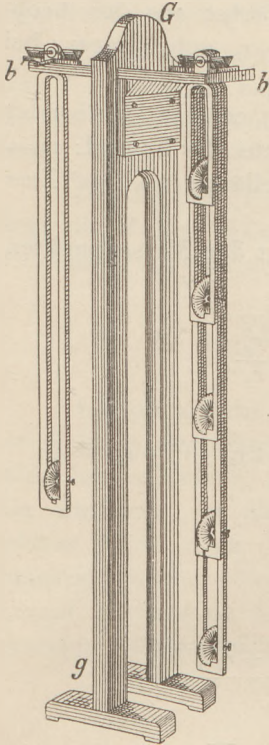


Fig. 1.

Die gemeinsame Drehachse dieser einfachen Pendel ist ein dreiseitiges Prisma A (Fig. 3), in der Mitte zu einem flachen Prisma gefeilt, durch welches eine dünne Schraubenspindel a geht, die zur Aufnahme der Pendelstangen dient; zwei Schraubenmutter m und m' pressen die in die Spindel eingehängten Pendelstangen²⁾ aneinander,

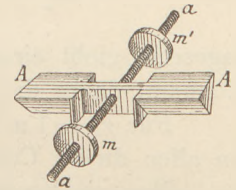


Fig. 3.

so dass sie oben alle fest mit einander verbunden sind. — Zur Verbindung der Pendelstangen an ihren Enden hat jede Linse ausser in der Mitte noch eine seitliche Durchbohrung im Abstände von 3 mm bei o' (Fig. 2), und es wird das kürzere Pendel mit dem daneben hängenden längeren Pendel derart verbunden, dass ein Stift durch eine Querdurchbohrung der längeren Pendelstange und durch die seitliche Durchbohrung der Linse hindurchgesteckt wird.

Das dreiseitige Prisma A liegt am vorderen und hinteren Teile auf Pfannen aus Stahl auf, die an einem Backen b des Gestells gg (Fig. 1) aufgeschraubt sind.

Um gleichzeitig mit dem zusammengesetzten Pendel ein einfaches Pendel schwingen zu lassen, ist auf der anderen Seite des Gestelles g (Fig. 1) ebenfalls ein Backen b' mit Pfanne und dreiseitigem Prisma B (Fig. 4) angebracht, welches nur auf einer Seite eine kurze Schraubenspindel mit Mutter zur Aufnahme eines einzigen einfachen Pendels besitzt. Für die Längen der einfachen Pendel eignen sich am besten solche von 1 m, 0,8 m, 0,6 m, 0,4 m, 0,2 m, 82,8 cm, 73,3 cm Länge.

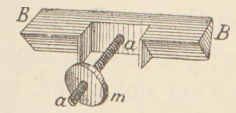


Fig. 4.

²⁾ Diese sind oben durch beiderseits aufgeleimte Leinwandstücke verstärkt.

Man zeigt zunächst, dass diese Pendel die berechnete Schwingungszahl $n = 1/(\pi \sqrt{l/g})$ eines einfachen Pendels besitzen, indem man sie nacheinander in das Prisma *B* (Fig. 4) einhängt und 1–2 Minuten schwingen lässt. Hierauf befestigt man an dem Prisma *A* (Fig. 3) zwei Pendel, bildet so ein physisches Pendel mit zwei Massenpunkten und bestimmt die Schwingungszahl, die nun zwischen den Schwingungszahlen der beiden Pendel liegt. Nimmt man die Combinationen $r_1 + r_{0,8}$, $r_1 + r_{0,6}$, $r_1 + r_{0,4}$ und $r_1 + r_{0,2}$, so ergibt sich zunächst aus den beobachteten Schwingungszahlen, dass es eine Combination $r_1 + r_x$ geben muss, bei welcher ein Maximum der Schwingungszahl eintritt.

Die Länge des Pendels, welches mit einem Pendel von constant bleibender Länge r_1 die grösste Schwingungszahl giebt, berechnet sich aus der Formel: $r_x = -r_1 + r_1 \sqrt{2}$, wie sich aus dem Ausdruck für die reduzierte Pendellänge $l = \Sigma m r^2 / \Sigma m r$ in folgender Weise ableiten lässt.

Die reduzierte Pendellänge eines physischen Pendels mit den Massenpunkten m_1 und m_2 im Abstände r_1 und r_x von der Drehachse ist:

$$1) \dots l = \frac{m_1 r_1^2 + m_2 r_x^2}{m_1 r_1 + m_2 r_x}, \quad \text{für } m_1 = m_2: \quad l = \frac{r_1^2 + r_x^2}{r_1 + r_x};$$

$$\frac{dl}{dr_x} = \frac{\{(r_1 + r_x) 2r_x - (r_1^2 + r_x^2)\}}{(r_1 + r_x)^2}, \quad \frac{dl}{dr_x} = 0 \quad \text{gibt: } (r_1 + r_x) 2r_x - r_1^2 - r_x^2 = 0;$$

$$r_x^2 + 2r_1 r_x = r_1^2, \quad r_x = -r_1 \pm r_1 \sqrt{2};$$

der positive Wert $-r_1 + r_1 \sqrt{2}$ in

$$\frac{d^2 l}{dr_x^2} = \frac{\{(r_1 + r_x)^2 (2r_x + 2r_1) - 2(r_x^2 - r_1^2 + 2r_1 r_x)(r_1 + r_x)\}}{(r_1 + r_x)^4}$$

eingesetzt giebt einen positiven Wert; folglich ist für diesen Wert von r_x l ein Minimum, daher die Schwingungszahl ein Maximum.

Für $r_1 = 1$ m findet man $r_x = 41,42$ cm, so dass die Combination $r_1 + r_{0,414}$ von allen diesen Combinationen die grösste Schwingungszahl giebt.

Nun giebt man zu der Combination $r_1 + r_{0,41}$ oder $r_1 + r_{0,4}$ ein drittes Pendel und zeigt, dass jetzt wieder die Schwingungszahl sich ändert. Das neu hinzugefügte wird bezüglich seiner Schwingungszahl von den vorhandenen beeinflusst und verändert, andererseits wird im allgemeinen auch die Schwingungszahl der Combination von zwei Pendeln geändert werden. Ist es kürzer, als die beiden anderen, so wird es von beiden verlangsamt, ist es länger als $r_{0,4}$ und kürzer als r_1 , so wird es von dem letzteren verzögert, von dem ersteren beschleunigt; es muss nun aber immer ein Pendel von bestimmter Länge geben, das von dem einen ebenso stark verzögert wird, als es von dem anderen beschleunigt wird, also weder beschleunigt noch verzögert wird bezüglich seiner Schwingungsdauer. Hängt man ein Pendel von der Länge $r_x = 82,8$ cm dazu und bestimmt die Schwingungszahl, so findet man jetzt, dass diese Combination von drei Pendeln $r_1 + r_{0,4} + r_{0,828}$ dieselbe Schwingungszahl besitzt, wie das Pendel von der Länge $r_x = 82,8$ cm. Lässt man somit die Combination $r_1 + r_{0,4}$ und daneben das Pendel $r_{0,828}$ schwingen, so schwingen sie vollständig isochron, der Schwingungsmittelpunkt liegt für die Combination $r_1 + r_{0,4}$ im Abstände $l = 82,8$ cm.

In der gleichen Weise kann man nun weiter gehen und für die Combination von drei, vier und mehr Pendeln, für ein physisches Pendel mit mehreren Massenpunkten, den Abstand des Schwingungsmittelpunktes bestimmen. Schliesslich kann man die Richtigkeit der Formel für die reduzierte Pendellänge $l = \Sigma mr^2 / \Sigma mr$ nachweisen, indem man sowohl r als m ändert. Das letztere erreicht man, indem man hinter der Linse eines Pendels eine zweite Linse mittelst eines doppelt so langen Stiftes befestigt.

Die Combination $r_1 + r_{0,4}$ giebt für gleiche Massen die reduzierte Pendellänge $l = 82,8$ cm, befestigt man am kürzeren Pendel zwei Linsen, so berechnet sich als reduzierte Länge $l = 73,3$ cm, was sich wieder durch den Versuch nachweisen lässt.

Die Formel (1) zur Berechnung der reduzierten Pendellänge gilt nur, solange die Massen auf derselben Seite der Drehachse angebracht sind. Befindet sich eine Masse (m_2) über der Drehachse, wie beim Taktmesser oder Metronom, so wird:

$$2) \dots l = \frac{m_1 r_1^2 + m_2 r_x^2}{m_1 r_1 - m_2 r_x}, \quad \text{und für } m_1 = m_2: \quad l = \frac{r_1^2 + r_x^2}{r_1 - r_x}.$$

Lassen wir die Länge r_1 constant und ändern r_x , indem wir es alle Werte von 0 bis r_1 durchlaufen lassen, so wird l immer grösser und die Schwingungszahl n immer kleiner; für $r_x = r_1$ ist l unendlich gross und daher n unendlich klein. Ein Maximum für die Schwingungszahl kann nicht eintreten, solange dem absoluten Werte nach $r_x \leq r_1$ ist. Wird aber $r_x > r_1$, so giebt es für die Schwingungszahl wieder ein Maximum. Für diesen Fall müssen wir r_1 nach aufwärts und r_x nach abwärts an der Drehachse befestigen, weil ja sonst labiles Gleichgewicht eintreten würde; dann wird:

$$l = \frac{r_x^2 + r_1^2}{r_x - r_1}.$$

Durch eine Entwicklung wie vorher ergibt sich, dass ein Maximum der Schwingungszahl eintritt für:

$$r_x = r_1 + r\sqrt{2}.$$

Dieser Ausdruck ist dem absoluten Werte nach derselbe, den wir früher als zweiten Wert für r_x erhalten haben.

Wir erhalten somit folgende Änderungen der Schwingungszahl n' einer Combination von zwei Pendeln, bei welcher ein Pendel von bestimmter Länge r_1 mit einem zweiten Pendel verbunden wird, dessen Länge r_x alle möglichen Werte von $-\infty$ bis $+\infty$ annimmt:

Ist die Schwingungszahl des Pendels r_1 gleich n_1 , so ist für $r_x = 0$ $n' = n_1$; für $r_x > 0$ wächst n' und erreicht den grössten Wert für $r_x = -r_1 + r_1\sqrt{2}$. Für $r_x > -r_1 + r_1\sqrt{2}$ nimmt n' wieder ab und erreicht für $r_x = r_1$ wieder den Wert n_1 . Wird $r_x > r_1$, so nimmt n' fortwährend ab und wird unendlich klein für $r_x = +\infty$.

Nimmt r_x alle Werte von 0 bis $-r_1$ an, so wird n' immer kleiner und für $r_x = -r_1$ unendlich klein. Für $r_x < -r_1$ wächst es und erreicht wieder einen grössten Wert für $r_x = -r_1 - r_1\sqrt{2}$. Bei weiterer Abnahme von r_x nimmt n' wieder ab, für $r_x = -\infty$ ist n' unendlich klein.

Beiträge zur geometrischen Optik.

Neue Folge.

Von

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

§ 1.

Zur Brechung des Lichtes.

Die Lage der Punkte *A* und *B* in Figur 1 ist durch die rechtwinkligen Ordinaten $OA = a$, $CB = b$ und die Abscisse $OC = c$ bestimmt. In dem Medium oberhalb OC bewegt sich von *A* aus ein Punkt *P* mit der Geschwindigkeit *f* nach dem Punkte *D*, und setzt seinen Weg unterhalb OC mit der kleineren Geschwindigkeit *g* nach *B* fort. In welcher Zeit gelangt *P* nach *B*?

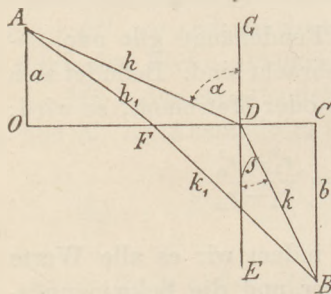


Fig. 1.

Offenbar gelangt, der Bezeichnung der Figur gemäss, der Punkt *P* nach $h : f$ Sekunden nach *D*, und kommt nach $k : g$ Sekunden in *B* an. Die Anzahl *T* Sekunden, welche der Punkt gebraucht, um den Weg *ADB* zu durchlaufen, ist also:

1) $T = h : f + k : g.$

Nimmt aber der Punkt seinen Weg über *F* und gebraucht T_1 Sekunden, um nach *B* zu gelangen, so ist:

2) $T_1 = h_1 : f + k_1 : g.$

Sollte aber der Punkt *P* über *F* in derselben Zeit nach *B* gelangen, als über *D*, so ergibt sich aus diesen Gleichungen:

$$(h - h_1) : f = (k_1 - k) : g,$$

oder, wenn man $f : g = n$ setzt:

3) $h - h_1 = n(k_1 - k).$

Es ist aber, wenn $OF = x$ und $OD = d$ gesetzt wird:

$$h_1 = \sqrt{a^2 + x^2} \text{ und } k_1 = \sqrt{b^2 + (c - x)^2}.$$

Es folgt also aus (3) auf leicht verständliche Weise:

$$\frac{h^2 - a^2 - x^2}{h + h_1} = \frac{n(b^2 + (c - x)^2 - k^2)}{k + k_1},$$

oder

$$\frac{d^2 - x^2}{h + h_1} = \frac{n[(c - x)^2 - (c - d)^2]}{k + k_1} = \frac{n(d - x)(2c - d - x)}{k + k_1},$$

oder nach Beseitigung des Faktors $d - x$:

$$\frac{d + x}{h + h_1} = \frac{n(2c - d - x)}{k + k_1}.$$

Aus dieser Gleichung vierten Grades liesse sich *x* durch *d* bestimmen. Ergäbe sich aber $x = d$, so würde $h_1 = h$ und $k_1 = k$, also:

4) $\frac{d}{h} = \frac{n(c - d)}{k},$

oder nach der Figur:

$$5) \dots \dots \dots \sin \alpha = n \sin \beta.$$

In diesem Falle würde also der Punkt P seinen Weg nach B am schnellsten durchlaufen.

In meinen „Mathematischen Lehrstunden“ und in dem Lehrbuche von MEHLER habe ich diese Methode der Berechnung der Maxima und Minima an sehr vielen Beispielen erläutert. Sie lässt sich auf Gymnasien ohne Schwierigkeit einführen, da sie nur auf der Anwendung der geometrischen Reihe:

$$\frac{a^n - b^n}{a - b} = a^{n-1} + ba^{n-2} + b^2a^{n-3} + \dots + b^{n-1}$$

beruht, und bietet Gelegenheit zur Behandlung zahlreicher interessanter Aufgaben. Um d aus der Gleichung (4) zu berechnen, bringt man sie auf die Form:

$$n^2 \left(1 + \frac{a^2}{d^2}\right) = 1 + \frac{b^2}{(c-d)^2}, \text{ oder } n^2 - 1 + \frac{n^2 a^2}{d^2} = \frac{b^2}{(c-d)^2}.$$

Setzt man:

$$6) \dots \dots \dots \frac{na}{d} = \sqrt{n^2 - 1} \cdot \text{tg } \varphi,$$

so wird:

$$7) \dots \dots c - d = \frac{b \cdot \cos \varphi}{\sqrt{n^2 - 1}} \text{ oder } \frac{c \sqrt{n^2 - 1}}{\cos \varphi} - \frac{na}{\sin \varphi} = b.$$

In seiner *Arithmetica universalis* stellt NEWTON die Aufgabe (Fig. 2), durch den Punkt B , dessen rechtwinklige Coordinaten $OA = p$ und $AB = q$ sind, eine gerade Linie BCD so zu ziehen, dass das zwischen die Coordinatenaxen fallende Stück CD derselben gleich r ist.

Bezeichnet man den Winkel $ABC = OCD$ mit φ , so erhält man die Gleichung:

$$8) \dots \dots \frac{q}{\cos \varphi} - \frac{p}{\sin \varphi} = r,$$

welche vom vierten Grade ist und am einfachsten geometrisch so gelöst wird, dass man auf einer geraden Linie (ein zusammengefaltetes Quartblatt Papier genügt) zwei Punkte C und D in der Entfernung r annimmt, und die Linie durch B so schiebt, dass die Strecke r zwischen die Coordinatenaxen fällt. Ist r gross genug, so wird die Linie die vier Lagen annehmen können: $BCD, BD_1C_1, D_2BC_2, D_3BC_3$, womit die vier Winkel $ABD, ABD_1, -ABD_2, -ABD_3$ oder $\varphi, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ gegeben sind. Ist r zu klein, so ergeben sich nur die beiden Auflösungen CD und C_1D_1 .

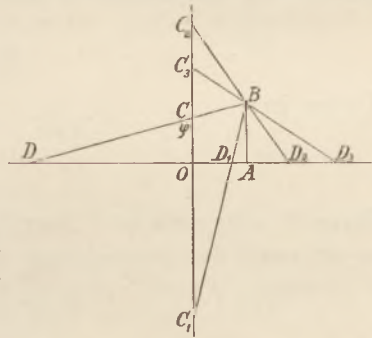


Fig. 2.

Die Vergleichung der No. 7 mit No. 8 lehrt: Wenn in Fig. 3 die Coordinaten des Punktes B so gewählt sind, dass $OA = na$ und $AB = c\sqrt{n^2 - 1}$ sind, und man legt durch B die gerade Linie BCD , welche die Strecke $CD = b$ enthält, so dass b zwischen die Coordinatenaxen fällt, dann ist $OC = b \cos \varphi$. Nach No. 7 ist also $c - d$ aus Fig. 3 durch $OC : \sqrt{n^2 - 1}$ bestimmt. Man kann also den Punkt D (Fig. 1) geometrisch construieren, durch welchen der Punkt P gehen muss, um von A aus in der kürzesten

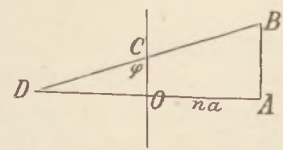


Fig. 3.

Zeit nach B zu gelangen. Wenn also z. B. in Fig. 1 von A aus ein Lichtstrahl aus Luft so schnell als möglich zu einem Punkte B in Wasser gelangen soll, so muss er das Brechungsgesetz No. 5 befolgen, aber den Punkt D , wo er ins Wasser eintreten muss, kann man nur durch eine Gleichung vierten Grades berechnen.

§ 2.

Brechung von Kugelwellen.

Es stelle DBD_1 (Fig. 4) eine kugelförmige Lichtwelle dar, die sich mit der Geschwindigkeit f von A aus fortgepflanzt hat. Ihr Radius AD sei gleich r . Wird diese Welle durch eine ebene Fläche DOD_1 unterbrochen, und befindet sich unterhalb DOD_1 ein dichteres Medium als oberhalb, so giebt jeder Punkt C Veranlassung zu zwei neuen Wellen, einer reflektierten, die sich mit der Geschwindigkeit f nach oben fortpflanzt, und einer zweiten, die, wie wir annehmen wollen, mit kleinerer Geschwindigkeit g nach unten fortschreitet. Setzen wir wieder $f/g = n$ und den Radius CG der Welle gleich ρ , so ist offenbar:

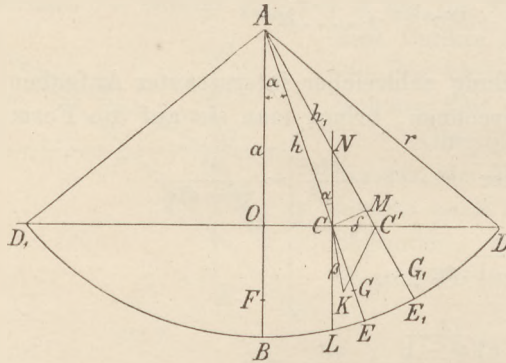


Fig. 4.

1) $\rho = \frac{1}{n} CE = \frac{1}{n} (r - h).$

Ebenso ist der Radius ρ_1 der nächsten Welle, welche C_1 aussendet, gleich:

2) $\rho_1 = \frac{1}{n} C_1 E_1 = \frac{1}{n} (r - h_1).$

Daher ist:

3) $\rho - \rho_1 = \frac{1}{n} (h_1 - h).$

Wenn C_1 sehr nahe an C liegt, also die Strecke δ sehr klein ist, und $AM = AC = h$, so ist nach der Bezeichnung der Figur und nach No. 3:

4) $C_1 M = h_1 - h = \delta \sin \alpha = n(\rho - \rho_1).$

Die beiden Kreise, welche aus C und C_1 mit den Radien $CG = \rho$ und $C_1 G_1 = \rho_1$ beschrieben werden, schneiden sich in einem Punkte K , dessen Lage nicht durch Zeichnung, sondern nur durch Rechnung gefunden werden kann, da ihre Mittelpunkte zu nahe liegen, also beide Kreise fast zusammenfallen.

Das Dreieck $C_1 CK$ giebt $\rho_1^2 = \rho^2 + \delta^2 - 2\rho\delta \sin \beta$ oder $2\rho\delta \sin \beta = \rho^2 - \rho_1^2 + \delta^2$. Daher ist nach No. 4:

$$2\rho\delta \sin \beta = (\rho + \rho_1) \frac{\delta \sin \alpha}{n} + \delta^2,$$

oder:

$$2\rho \sin \beta = \frac{(\rho + \rho_1)}{n} \sin \alpha + \delta.$$

Da für $\rho_1 = \rho$ die Strecke δ unendlich klein wird, so ergibt sich endlich das Brechungsgesetz:

5) $\sin \alpha = n \sin \beta.$

Es ist leicht nachzuweisen, dass die Punkte $DG_1G \dots FD_1$ auf einer Conchoide liegen, und die Punkte $DK \dots F \dots D_1$ eine Kurve sechzehnten Grades bilden, dass also nicht etwa eine kugelförmige Lichtwelle, die auf eine Ebene einfällt, in dem brechenden Medium ebenfalls als Kugel fortschreitet.

Eine Conchoide entsteht, wenn von einem festen Punkte A aus Strahlen nach einer Geraden BOC gezogen und um dieselbe Strecke $OF = b$ verlängert werden (Fig. 5). Ihre Polargleichung ist offenbar:

$$r = \frac{a}{\cos \varphi} + b,$$

wenn man die Strahlen AG mit r bezeichnet.

Eine solche Conchoide kann aber auch so construiert werden, dass man (Fig. 6) vom Mittelpunkte A eines Kreises DBD_1 aus Strahlen $AE, AE_1 \dots$ nach einer

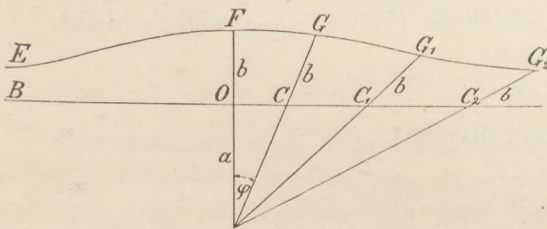


Fig. 5.

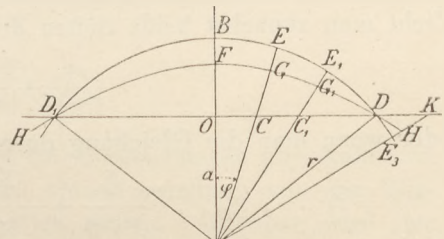


Fig. 6.

Sehne DD_1 zieht, und diese um $1/n$ der Strecken $OB, CE, C_1E_1 \dots KH$ verlängert. Es entsteht dann die Kurve $HDFD_1H_1$, die ebenfalls eine Conchoide ist. Denn bezeichnet man den Radiusvektor AG dieser Kurve mit ρ und den Radius des Kreises mit r , so ist nach der Figur:

$$CE = r - \frac{a}{\cos \varphi}; \quad CG = \frac{1}{n} \left(r - \frac{a}{\cos \varphi} \right)$$

und

$$\rho = \frac{a}{\cos \varphi} + \frac{1}{n} \left(r - \frac{a}{\cos \varphi} \right) = \left(1 - \frac{1}{n} \right) \frac{a}{\cos \varphi} + \frac{r}{n} = \frac{a'}{\cos \varphi} + b',$$

wenn man $(1 - 1/n)a = a'$ und $r/n = b'$ setzt.

Dies ist aber genau die Kurve $DG_1G \dots FD_1$ in Fig. 4. Diese Konstruktionsweise einer Conchoide dürfte wohl kaum bekannt sein.

§ 3.

Brechung des Lichts in einer Glaslinse.

In den elementaren physikalischen Lehrbüchern werden gewöhnlich nur die beiden Formeln:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right) \quad \text{und} \quad \frac{1}{\frac{n-1}{r} - \frac{1}{a}} + \frac{1}{\frac{n-1}{r'} - \frac{1}{a'}} = \frac{d}{n}$$

für die Brechung des Lichts in Glaslinsen entwickelt, von denen die erste für den Fall gilt, wenn die Dicke der Linse vernachlässigt worden ist. Eine andere bekannte Formel, welche viel bequemer ist, wird fast nie mitgeteilt. Diese Formel soll hier entwickelt werden. Der bequemeren Rechnung wegen setzen wir in der zweiten Formel:

$$\frac{r}{n-1} = r; \quad \frac{r'}{n-1} = r'; \quad \frac{d}{n} = d$$

und erhalten:

$$1) \dots \dots \dots \frac{ar}{a-r} + \frac{a'r'}{a'-r'} = d.$$

In der leicht verständlichen Fig. 7 bedeutet A einen leuchtenden Punkt, der in C auf die Linse einen unendlich dünnen Strahlenkegel wirft, welcher hier gebrochen durch die Linse geht, und bei C' abermals gebrochen, als dritter Strahlenkegel austritt, dessen Spitze in A' fällt und der von hier aus als vierter Kegel sich ins Unendliche erstreckt.

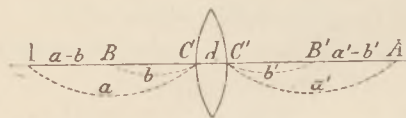


Fig. 7.

Die Punkte B und B' sind die Hauptbrennpunkte der Linse, so dass also, wenn $a = \infty$ ist, der Punkt A' in B' fällt, oder für $a = \infty$ in (1) $a' = b'$ wird, und umgekehrt für $a' = \infty$ die Strecke a sich in b verwandelt. Zieht man zunächst beide Seiten der Gleichung (1) von $r + r'$ ab, so bleibt:

$$\frac{r^2}{r-a} + \frac{r'^2}{r'-a'} = r + r' - d,$$

oder wenn man die Gleichung durch rr' dividiert:

$$2) \dots \dots \dots \frac{\frac{r}{r'}}{r-a} + \frac{\frac{r'}{r}}{r'-a'} = \frac{r+r'-d}{rr'} = \frac{1}{c}.$$

Hier ist die Linie $\frac{rr'}{r+r'-d} = c$ gesetzt worden. (Diese Linie steht mit den von Listing aufgefundenen Knotenpunkten in Zusammenhang.)

Es wurde vorhin bemerkt, dass sich für $a = \infty$ die Strecke a' in b' verwandelt, und für $a' = \infty$ die Strecke a in b . Für diese Substitutionen erhält man also aus (2):

$$3) \dots \dots \dots b = r - \frac{cr}{r'} \quad \text{und} \quad b' = r' - \frac{cr'}{r};$$

daher ist:

$$4) \dots \dots \dots (r-b)(r'-b') = c^2.$$

Setzt man in (1) für $a = \infty$, so erhält man:

$$r + \frac{b'r'}{b'-r'} = d.$$

Wird diese Gleichung von (1) abgezogen, so bleibt:

$$5) \dots \dots \dots \frac{r^2}{a-r} = \frac{r'^2(a'-b')}{(a'-r')(b'-r')}.$$

Hätte man in (1) $a' = \infty$ gesetzt, so würde sich die Gleichung ergeben haben:

$$6) \dots \dots \dots \frac{r'^2}{a'-r'} = \frac{r'^2(a-b)}{(a-r)(b-r)}.$$

Das Produkt dieser beiden Gleichungen liefert, mit Rücksicht auf (4), die gesuchte Formel:

$$7) \dots (a-b)(a'-b') = c^2.$$

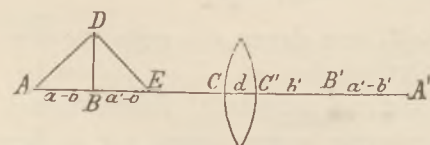


Fig. 8.

Errichtet man also (Fig. 8) im Brennpunkte B das Lot $BD = c$, zieht AD und dann DE senkrecht auf AD , so ist $BE = a' - b' = B'A'$.

Durch diese einfache Konstruktion findet man das Bild A' des leuchtenden Punktes A .

Der Schüler sieht hier ohne Mühe, wie die Lage des Bildpunktes A' von der Veränderung der Gestalt des rechtwinkligen Dreiecks ADE abhängt. (Diese hübsche Konstruktion rührt von Herrn Schrader, einem ehemaligen Mitgliede unseres Seminars, her.)

Die Vergleichung der Formel (4) mit der Formel (7) lehrt, dass, wenn der leuchtende Punkt A von C um die Strecke r absteht, dann der Bildpunkt A' von C' um r' entfernt ist. Es ist mit Rücksicht auf (3):

$$a' = b' + \frac{c^2}{a-b} = r' - \frac{cr'}{r} + \frac{c^2}{a-r + \frac{cr}{r'}}$$

Wenn also das von A' austretende Strahlenbündel auf eine zweite Linse trafe von der Dicke d_1 und den Krümmungshalbmessern r_1 und r'_1 , so würde der Bildpunkt A'' bei der Combination von zwei Linsen auf eine ganz verständliche Weise durch die Formel gefunden werden können:

$$a''_1 = r'_1 - \frac{c_1 r'_1}{r_1} + \frac{c_1^2}{a_1 - r_1 + \frac{c_1 r_1}{r'_1}}$$

Soweit könnte auch wohl die Rechnung in einem elementaren physikalischen Lehrbuche ausgedehnt werden, um den Schülern eine Vorstellung von der Wirkungsweise einer Combination von zwei Linsen zu geben. Offenbar wird der Lehrer bei der Betrachtung der einzelnen Fälle länger verweilen müssen.

Übersicht über die Versuche mit Salpetersäure.

Von

Dr. R. Lüpke in Berlin.

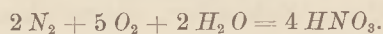
Die Salpetersäure nimmt in theoretischer wie in praktischer Hinsicht das Interesse in so hohem Grade in Anspruch, dass es notwendig ist, sie im Unterricht eingehender zu behandeln und ihre Eigenschaften durch passende Experimente zu erläutern. In der Litteratur findet man eine grosse Anzahl solcher Experimente vor; einzelne, die in Zeitschriften und Lehrbüchern veröffentlicht wurden, sind jedoch bisher nicht allgemeiner bekannt geworden. Auch in Vorlesungen und Unterrichtsstunden kommen Experimente vor, die theils neu sind, theils Abänderungen der bekannten enthalten. In der vorliegenden Arbeit habe ich die wichtigsten Experimente über Salpetersäure nach den mir zur Verfügung stehenden Quellen (unter denen ich die Vorlesungen von Professor Schwalbe namentlich hervorhebe) übersichtlich zusammengestellt; und wenn sie auch nicht viel Neues bieten wird, so mag sie wenigstens zeigen, wie mannichfaltig die Versuche über Salpetersäure sind, unter denen eine Auswahl zu treffen Jedem überlassen bleibt.

Nachdem die Salpetersäure in ihren verschiedenen Formen, im reinen, rohen und rauchenden Zustand gezeigt, Farbe, Geruch und Reaktion gegen Lackmus geprüft, auch ihre Molekularformel angegeben ist, möge man folgende Versuchsreihen ins Auge fassen.

I. Reihe. Bildungsweisen der Salpetersäure und Gewinnung im Grossen.

1. Stickstoff und Sauerstoff vereinigen sich bei Gegenwart von Wasser unter dem Einfluss des elektrischen Funkens direkt zu Salpetersäure. Man spanne eine 20—30 mm lange, trockene Luft enthaltende Eudiometerröhre mit der Öffnung nach oben in einen Retortenhalter ein und lasse den Induktionsfunken überspringen. Nach wenigen Minuten nimmt der Inhalt der Röhre, wie ein dahinter angebrachter weisser Papierstreifen deutlich erkennen lässt, eine bräunliche Färbung an, welche wie auch der Geruch auf die Bildung

von Oxydationsprodukten des Stickstoffs schliessen lässt. Schüttelt man dann das bräunliche Gas mit einigen Tropfen Wasser, so zeigt dasselbe gegen Lackmus eine saure Reaktion:



Ein 2 l fassender Rundkolben mit zwei diametral gegenüberliegenden Tuben, durch welche man die Poldröhre einführt, zeigt die Erscheinung noch deutlicher.

Wenngleich die Menge der so erhaltenen Salpetersäure, welcher viel salpetrige Säure beigemischt ist, gering ist, so ist doch durch jenen Versuch im Kleinen gezeigt, was der Blitz im Grossen leistet. Man gewinnt eine Vorstellung davon, welche bedeutenden Salpetersäurequantitäten dem Boden alljährlich durch den Gewitterregen übermittle werden, wo sie den Pflanzen in der für die meisten von ihnen geeigneten Form den Stickstoff als Nahrungsmittel darbieten.

2. Die Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure lässt sich experimentell darthun, indem man die Wände eines kurzhalsigen Literkolbens mit starker Ammoniaklösung ausschwenkt und in die aus Ammoniak und Luft gemischte Atmosphäre eine glühende enggewundene Platinspirale bringt. Der Wasserstoff des Ammoniaks wird durch die katalytische Kraft des Platins oxydiert, dieses wird durch die dabei frei werdende Wärme im Glühen erhalten, und der Stickstoff im Entstehungszustand oxydiert sich zu braunen, den Kolben erfüllenden Salpetergasen, welche mit überschüssigem Ammoniak Nebel von salpetersaurem Ammonium bilden. (Etwas umständlicher mittelst des platinirten Asbestes nach HEUMANN'S *Anleitung zum Experimentieren*, S. 170 f.)

Die Oxydationsversuche mit Ammoniak dürften besonders deshalb interessieren, weil auf der (wahrscheinlich durch Mikroben vermittelten) Oxydation des Ammoniaks, möge sich dasselbe durch Fäulnisprozesse im Erdboden selbst bilden oder ihm als Produkt der atmosphärischen Elektrizität mitgeteilt werden (4—5 kg NH_3 jährlich pro ha), eine zweite für die Vegetation wichtige Entstehungsweise der Salpetersäure beruht.

Will man die Salpeterefflorescenzen, wie sie sich auf dem kalireichen Boden Bengalens infolge von Fäulnisprozessen bilden, im Kleinen veranschaulichen, so übergiesse man lockere Erde, welche ein cylindrisches Glasgefäss von etwa 20 cm Durchmesser und 15 cm Höhe bis nahe an den Rand anfüllt, mit concentrirter Salpeterlösung und lasse sie einige Tage an einem warmen Ort stehen.

3. Die fabrikmässige Gewinnung der Salpetersäure aus den Nitraten der Alkalien wird in der üblichen Weise gezeigt (HEUMANN, S. 126, 2). Doch ist zu empfehlen, den Versuch zwei Mal vorzubereiten und das eine Mal das Gemisch von $NaNO_3$ und H_2SO_4 in dem Molekularverhältnis 1:1 (30 g $NaNO_3$ + 35 bis 40 g H_2SO_4) allmählich über einem Sandbad, das andere Mal das Gemisch mit der doppelten Menge $NaNO_3$ anfangs über einem Sandbad, später über einem Drahtnetz mit einer kräftigeren Flamme zu erhitzen. Im ersten Fall ergibt sich die gewöhnliche schwach gelbliche Salpetersäure des Handels, die man nach schwacher Verdünnung durch Erwärmen und Einblasen eines Luftstromes bis zum Erkalten in die reine farblose Salpetersäure überführen kann, im andern Fall entsteht die stark rauchende, rötlich gefärbte Salpetersäure.

II. Reihe Verhalten der Salpetersäure in der Wärme.

1. In den Tubus der Retorte eines einfachen Destillationsapparates kittet man mit Gyps oder einem Gemenge von Asbestpulver und Natronwasserglas ein Thermometer ein und destilliere eine nahezu wasserfreie Salpetersäure (specifisches Gewicht 1,53 bei 15°). Dieselbe beginnt bei 86° unter teilweiser Zersetzung, infolge deren sie sich verdünnt, zu sieden. Der Siedepunkt steigt bis auf 120°. Bei dieser constant bleibenden Temperatur geht eine Salpetersäure von 68% über, die dem Hydrat $2 HNO_3 \cdot 3 H_2O$ (specifisches Gewicht 1,414 bei 15°) entspricht. Bringt man andererseits eine Salpetersäure, die mehr als 32% Wasser enthält, zur Destillation, so geht anfangs bei etwa 100° reines Wasser über, der Siedepunkt steigt wiederum bis auf 120°, und dasselbe Hydrat $2 HNO_3 \cdot 3 H_2O$ sammelt sich in der Vorlage an.

Die Demonstration dieses Verhaltens der Salpetersäure befestigt den Begriff eines Säurehydrates als einer bestimmten chemischen Verbindung von Säure und Wasser.

Es schliessen sich hier die Bestimmungen des specifischen Gewichts mittelst des Aräometers an.

2. Die nach der Gleichung:



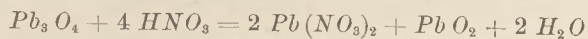
verlaufende Dissociation der Salpetersäure, die schon bei 260° eine vollständige ist, führe man nach HEUMANN S. 127b, α oder S. 128b, β aus. Für letzteren Versuch wende man wenigstens 80—100 ccm einer concentrirten Salpetersäure an, die man sich am besten durch Destillation eines Gemenges von Salpeter und Schwefelsäure im Verhältnis von 3 : 4 selbst darstellt. Einige Schwierigkeit macht es, die Verbindungen der einzelnen Teile des Apparates dicht zu erhalten. Gummipfropfen werden sehr heftig angegriffen, auch Korke leiden sehr, quellen auf und machen, wenn sie nicht lang genug sind, die Verschlüsse undicht. Dagegen lässt sich ein Gemenge von Asbestpulver und Wasserglas oder auch Gyps, dessen Aussenfläche mit Wasserglas bestrichen ist, oder auch geschmolzener, mit Boluspulver angerührter Schwefel zum Dichten der Apparate empfehlen. Besser würde es freilich sein, die Verbindungen durch Einschleifen zu bewerkstelligen.

Da durch diese Dissociationsversuche einerseits der Sauerstoff, andererseits die festere Atomgruppe NO_2 , denen hauptsächlich die Bedeutung der Salpetersäure zuzuschreiben ist, leicht in Freiheit gesetzt werden, ohne dass die Affinität anderer Körper in Anspruch genommen zu werden braucht, so wird es kaum angehen, davon gänzlich abzusehen. Ferner aber wird durch diese Versuche der oft zu Explosionen führende Zerfall des Salpetersäuremoleküls unter dem Einfluss des Lichtes und der Wärme der Sonne, sowie die Bildung der rauchenden Salpetersäure erläutert.

Wie bei den Versuchen mit gasförmiger Salpetersäure gezeigt werden wird, erfolgt die Dissociation schon bei 60° , wenn geeignete oxydierbare Körper der Einwirkung der gasförmigen Säure ausgesetzt werden.

III. Reihe. Die Säurenatur der Salpetersäure.

Hierher sind zu rechnen die Versuche über das Verhalten der Salpetersäure gegen Lackmus, die Bildung der Nitate mit den Basen der Alkalimetalle, sowie mit den Oxyden, Sulfiden und Karbonaten der meisten Schwermetalle. Einen Beizversuch führe man am besten mit einem messingenen Gegenstand mittelst roher Salpetersäure aus, welcher $\frac{1}{10}$ des Gewichts Schwefelsäure zugesetzt ist. Auch lässt sich hier die nach der Gleichung:



stattfindende Oxydation der Mennige zu Bleisuperoxyd anschliessen.

IV. Reihe. Die oxydierende Kraft der Salpetersäure.

Da sich aus dem Dissociationsversuch der Sauerstoffreichtum, sowie überhaupt der geringe innere Zusammenhang des Salpetersäuremoleküls ergab, steht von vornherein zu erwarten, dass die Salpetersäure auf alles Oxydierbare mit grosser Energie einwirkt.

1. Verhalten gegen Metalle.

a. Kleine Stücke Kalium und Natrium werfe man auf mässig concentrirte, in einer Porzellanschale befindliche Salpetersäure und setze sogleich der Vorsicht halber eine Glocke über die Schale. Der ausgetriebene Wasserstoff verbrennt, während der ganze Säurerest NO_3 von dem Metall in Anspruch genommen wird.

b. Kleinere Mengen von einigen Grammen der Metalle Magnesium, Zink, Kupfer, Silber, Quecksilber, Blei, Eisen, Kobalt und Nickel in Pulver-, Körner- oder Spanform übergiesse man in Bechergläsern mit gewöhnlicher Salpetersäure. In allen Fällen erheben

sich aus den Gläsern mehr oder weniger rot gefärbte Gase bei schnellerem oder langsamerem Verschwinden der Metalle; namentlich ist beim Silber und Quecksilber, wie deren Edelmetallnatur erwarten lässt, der Lösungsvorgang weniger heftig.

Will man diese Wirkung der Salpetersäure mit Rücksicht auf die entstehenden Gase etwas näher erörtern, so behandle man besonders das Kupfer nach HEUMANN S. 143, 1. a. Die Anwendung der lösenden Kraft der Salpetersäure gegen Kupfer in der Kupferstechkunst erläutere man in der Weise, dass man eine polierte Kupferplatte mit einer Lösung einer aus Asphalt, Wachs und Mastixharz bestehenden Ätzgrundmasse in Terpentinöl überzieht, vermittelst einer Nadel eine Zeichnung einradiert und auf die so präparierte Platte, nachdem man um dieselbe einen hervorstehenden Rahmen aus Ätzgrundmasse angebracht hat, Salpetersäure giesst oder ein Stück mit Salpetersäure getränktes Fliesspapier legt. Nach einigen Minuten entfernt man dann den Ätzgrund mit Terpentinöl.

c. Je nach der Temperatur, Concentration und Reaktionsdauer der Salpetersäure liefert der bei den Versuchen b nascerende Wasserstoff mit der überschüssigen Salpetersäure verschiedene Reduktionsprodukte. In dieser Hinsicht ist namentlich das Verhalten des Zinks gegen verdünnte kalte Salpetersäure von einigem Interesse. Bringt man etwas Zinkstaub in verdünnte kalte Salpetersäure, so lässt sich nach einigen Tagen in der Flüssigkeit beim Abdampfen mit Ätzkalk Ammoniak erkennen; dieser Versuch erklärt den Verlust an Salpetersäure in solchen galvanischen Elementen, in denen diese Säure dem Zwecke der Depolarisation dient. Wirkt dagegen der Zinkstaub nur einige Minuten auf jene Säure ein, so entsteht, wie sich durch Jodkalium nachweisen lässt, salpetrige Säure. Man kann dieses Verhalten zur Prüfung des Brunnenwassers auf Salpetersäure benutzen, indem man etwa 30 ccm desselben mit etwas Zinkstaub und verdünnter Schwefelsäure schüttelt und nach einigen Minuten Jodkaliumstärkekleister zufügt. Geringe Spuren von Salpetersäure bewirken eine deutliche Blaufärbung nach der Gleichung:



d. Hervorzuheben ist hier ferner die „Passivität“ des Eisens in concentrirter Salpetersäure, die man sich mittelst der rauchenden Säure darstellt. In diese Säure bringe man einige blanke Stricknadeln; eine Lösung tritt nicht ein. Spritzt man aber unter Umrühren Wasser hinzu, bis der Concentrationsgrad der Säure auf 20 % herabgeht, so beginnt plötzlich eine lebhaft Gasentwicklung, das Eisen ist „aktiv.“

e. Wie heftig dagegen sonst die rauchende Salpetersäure, besonders wenn sie erwärmt wird, die Metalle angreift, zeigt sich am schönsten am Magnesium; streut man das Pulver desselben in jene Säure ein, so oxydieren sich die Teilchen mit hellem weissen Licht.

f. Die metallähnlichen Elemente Antimon und Zinn, von denen man jenes in Pulverform, dieses in Form von Stanniol der Wirkung einer mässig concentrirten Salpetersäure aussetzt, oxydieren sich zu weissen, unlöslichen Pulvern $HSbO_3$ resp. H_2SnO_3 .

g. Gold und Platin bleiben in einer chlorfreien Salpetersäure jeglicher Concentration und Temperatur unverändert. Man mache den Parallelversuch mit unächtem Blattgold und verweise auf die Erkennung ächten Goldes mittelst des Probersteins.

h. Schliesslich zeige man, dass die Metalle in ihren Legierungen sich gegen Salpetersäure vielfach abweichend verhalten. So lässt sich nicht alles Silber aus einer Gold-Silberlegierung durch Salpetersäure extrahieren, wenn der Goldgehalt 50 % übersteigt, während sich ein mit Spuren von Gold gemengtes Silber ganz auflöst.

2. Verhalten gegen Nichtmetalle und deren Verbindungen.

Von diesen Körpern eignen sich zu Versuchen der Oxydation mittelst Salpetersäure die Elemente Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff, ferner die Wasserstoffverbindungen des Schwefels, Chlors und Jods, sowie das Stickoxyd und Schwefeldioxyd.

a. In einem Kolben übergiesse man einige Messerspitzen Schwefelblumen mit rauchender Salpetersäure. Unter stürmischer Entwicklung braunroter Gase oxydiert sich

der Schwefel zu Schwefelsäure, die nach dem Verdünnen und Filtrieren mit Chlorbaryum und Salzsäure nachweisbar ist.

b. Behandlung des Phosphors mit Salpetersäure nach HEUMANN, S. 324, 1, β .

c. Man erhitze eine etwa 1 cm hohe Schicht rauchender Salpetersäure in einem Becherglase von 500 ccm Inhalt auf einem Sandbad und werfe auf dieselbe glühend gemachte Sprengkohlestückchen. Letztere werden unter lebhaftem Glühen oxydiert, selbst wenn sie in die Flüssigkeit eingetaucht werden.

d. Oxydation reinen Schwefelwasserstoffgases mittelst rauchender Salpetersäure. (HEUMANN, S. 288, f, α .)

e. Versuche über das Gemisch von Salpetersäure und Salzsäure (Königswasser), die sich beim Erhitzen bildenden Gase und seine lösende Wirkung auf Gold, Platin und Zinnober nach HEUMANN, S. 212, § 5.

f. Der Versuch der Oxydation gasförmiger Jodwasserstoffsäure mit rauchender Salpetersäure gehört zwar zu einem der schönsten in der Chemie, erfordert aber, wenn er gut gelingen soll, eine umständliche und kostspielige Vorbereitung und kann auch gefährlich werden. Der Versuch ist um so brillanter, je grössere Jodwasserstoffmengen zur Verfügung stehen. Genügende Mengen dieses Gases erhält man nun, wenn man in ein Erlenmeyer'sches Kölbchen von 100 ccm Inhalt, welches mit doppelt durchbohrtem Kork, Scheidetrichter und Gasausströmungsröhre versehen ist, 30 bis 40 g Phosphortriiodid bringt, aus dem Scheidetrichter so viel Wasser tröpfeln lässt, dass der Boden des Kölbchens damit bedeckt ist, und dann über dem Sandbade erhitzt. Bei mässiger Wärme geht aus dem Kölbchen ein kräftiger Gasstrom hervor, mit welchem man nach der Methode der Luftverdrängung mehrere Cylinder von 1 bis 2 l Inhalt füllen kann. Giesst man nun aus einem Reagierglase 1 bis 2 ccm rauchende Salpetersäure in jene Cylinder, so schlägt aus ihnen eine $\frac{1}{2}$ m hohe, prächtig violette Flamme hervor, und die Wände der Cylinder belegen sich mit grossen blättrigen Jodkrystallen.

Wofern man zu diesem Versuch den käuflichen Jodphosphor benutzt, ist man nicht sicher, dass neben Jodwasserstoff auch Phosphorwasserstoff in die Cylinder gelangt, und dass letzteres Gas, wie es in einer Schwalbe'schen Vorlesung der Fall war, beim Eingiessen der rauchenden Salpetersäure eine heftige Explosion hervorruft, deren Folgen wegen der umhergeschleuderten rauchenden Salpetersäure sehr gefährlich sein können. Die Ursache der Bildung des Phosphorwasserstoffs mag einerseits darin liegen, dass der Jodphosphor wesentlich nur Phosphordijodid nebst einer Beimischung von Jodphosphonium enthält, andererseits darin, dass etwa unter dem Einfluss des Lichtes das Präparat Veränderungen erleidet, welche die Phosphorwasserstoffbildung begünstigen.

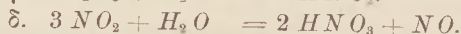
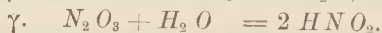
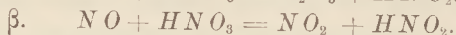
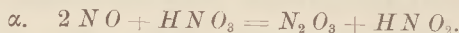
Aus diesem Grunde stelle man sich entsprechend der Molekularformel PJ_3 aus 260 g Jod und 20 g gelbem Phosphor einen Vorrat von Phosphortriiodid selbst dar, vermeide also vor allem einen Phosphorüberschuss. In einen Kolben von 1,5 l Inhalt bringe man 100 g des pulverisierten gut getrockneten Jods und 1 l wasserfreien Schwefelkohlenstoffs, verschliesse den Kolben mit einem Kork, dessen eine Durchbohrung einen Scheidetrichter, und dessen andere ein kurz unter dem Kork endigendes spitzwinkliges Rohr trägt. Hierauf löse man 20 g gut getrockneten und von der Rinde befreiten gelben Phosphor in Schwefelkohlenstoff auf und lasse mittelst des Scheidetrichters ein Drittel dieser Lösung tropfenweise in die Jodlösung gelangen. Alsdann destilliere man aus dem in einem Wasserbade zu erwärmenden Kolben mit Hilfe eines langen Kühlers, durch dessen äusseren Mantelraum fortwährend kaltes Wasser fliesst, den grössten Teil des Schwefelkohlenstoffs in eine abgekühlte Vorlage ab, giesse diesen nebst einem neuen Quantum Jodpulver durch den Scheidetrichter in den Kolben zurück, füge einen anderen Teil der Phosphorlösung tropfenweise hinzu, destilliere wieder und fahre so fort, bis die Jod- und Phosphormengen verbraucht sind. Nachdem man schliesslich den Schwefelkohlenstoff gänzlich abdestilliert hat, lasse man den Kolben im Wasserbade erkalten und zerschlage ihn, um die erbsengrossen dunkelroten Phosphortriiodidkrystalle in Portionen

von 30 bis 40 g in gut verschliessbare, mit Paraffin zu dichtende Fläschchen zu verteilen. Bleibt das auf diese Weise dargestellte Phosphortriodid bis zum Gebrauch Jahre lang stehen, so ist es trotz obiger Sorgfalt zu empfehlen, seine Brauchbarkeit für den Versuch f zu prüfen, indem man zunächst kleinere daraus erhaltene Jodwasserstoffmengen mit rauchender Salpetersäure oxydiert.

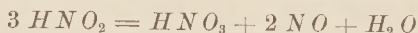
g. Um die Beziehungen des Stickoxyds zur Salpetersäure zu behandeln, leite man dieses mittelst des Kupfers und der Salpetersäure erhaltene Gas durch eine Reihe von fünf Woulf'schen Flaschen, die am besten mit eingeschliflenen Röhrenleitungen ausgerüstet sind. Die Flaschen von etwa 200 ccm Inhalt sind zu einem Drittel mit Salpetersäure verschiedener Concentration und zwar successive mit Salpetersäure vom specifischen Gewicht:

I.	II.	III.	IV.	V.
1,50 (90 %)	1,45 (75 %)	1,35 (55 %)	1,25 (40 %)	1,10 (18 %)

gefüllt. Nach einiger Zeit wird die Salpetersäure in der 1. Flasche braun, in der 2. gelb, in der 3. grün und in der 4. blau sein, während die Säure in der 5. nahezu unverändert bleibt. Von den vielen Processen, welche sich in diesem Apparat abwickeln, mögen nur folgende hervorgehoben sein:



In den Flaschen 1 und 2 werden vor allem die Processe α und β stattfinden, indem NO_2 und N_2O_3 die Salpetersäure zur rauchenden machen. In den Flaschen 3 und 4 mit grösserem Wassergehalt werden auch die Processe γ und δ verlaufen, da die grüne resp. blaue Farbe der salpetrigen Säure zuzuschreiben ist. Wenn man nämlich die in einem Spitzglase befindliche rote rauchende Salpetersäure mit Wasser versetzt, so wird sie nach den Gleichungen γ und δ unter Stickoxydentwicklung blau. Bei weiterem Wasserzusatz verschwindet dann auch die blaue Farbe, indem nach der Gleichung:



die salpetrige Säure weiter zerfällt.

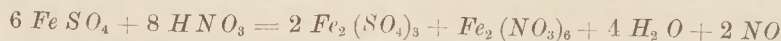
h. Einen Kolben von 2 bis 3 l Inhalt verschliesse man mit einem Kork, durch welchen bis in das untere Drittel des Kolbens ein starker Eisendraht herabreicht; an den Draht ist unten ein mit rauchender Salpetersäure gefülltes weithalsiges Fläschchen befestigt. Ausserdem werden durch den Kork ein kurz darunter endigendes rechtwinkliges Rohr r_1 und ein zweites rechtwinkliges Rohr r_2 geführt, das etwas in die Salpetersäure eintaucht. Das Rohr r_2 steht mittelst eines Korkes mit einem 1,5 cm dicken und 10 cm langen Rohr in Verbindung, in welchem letzteres ein mit brennendem Schwefel gefülltes Glühstäbchen hineingeschoben wird. Legt man nun an das Rohr r_1 einen Aspirator an, so entwickeln sich in dem Kolben rote Gasmassen nach der Gleichung:



Dieser Apparat ist gleichzeitig wohl geeignet, den Bleikammerprocess zu demonstrieren, da man nur noch nötig hat, durch eine dritte in den Kork des Kolbens einzuführende Glasröhre Wasserdampf einzuleiten.

3. Verhalten gegen Eisenvitriol.

Die nach der Gleichung:



stattfindende Einwirkung der Salpetersäure auf Eisenvitriol demonstriert man nach HEUMANN, S. 144, b. Um aber die Absorption des aus dem Gasentbindungsrohr entweichenden

Stickoxyds durch frische Eisenvitriollösung zu zeigen, fülle man einen Literkolben mit angesäuertes concentrirter Eisenvitriollösung und bringe ihn mit der Oeffnung nach unten in die pneumatische Wanne über das Gasentbindungsrohr. Der Kolbeninhalt schwärzt sich infolge der Bildung der Verbindung $FeSO_4.NO$, während die Stickoxydblase grösstentheils absorbiert werden, und haben sich solche im Kolben angesammelt, so steigt in demselben die Flüssigkeit nach gehörigem Schütteln wieder in die Höhe. Dass jene Verbindung $FeSO_4.NO$ nur ganz locker ist, beweist ihr Zerfall in der Wärme, denn verschliesst man den Absorptionskolben durch einen mit einer Gasentbindungsrohre versehenen Kork und erhitzt ihn, so entweicht das Stickoxyd wieder und lässt sich in einem Cylinder auffangen, und die Flüssigkeit des Kolbens nimmt eine hellbraune Farbe an, weil in der Hitze ein Teil des Stickoxydgases infolge der Reduktionskraft des Eisenvitriols Sauerstoff abgibt und diesen zu rothbraunem Ferrisulfat oxydiert.

An diese Versuche schliesse man die bekannte Erkennungsmethode der Salpetersäure mittelst des Eisenvitriols.

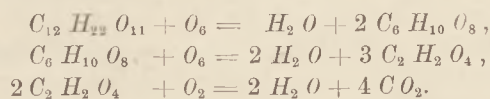
4. Verhalten gegen organische Körper.

Da die organischen Körper mehr oder weniger oxydationsfähig sind, so lässt sich von vornherein erwarten, dass die Salpetersäure bald kräftiger bald schwächer auf sie einwirkt. Doch nur an wenigen charakteristischen Beispielen möge dieses Verhalten derselben demonstriert werden, um so mehr, als die in Rede stehenden Vorgänge meistens sehr compliciert, teilweise noch gar nicht aufgeklärt sind.

a. In eine etwa 50procentige Salpetersäure lege man Bündel von Rosshaaren, Wolle, Seide oder Federn oder auch ein Stück Leder (Handschuh), alle von weisser Farbe. Nach einigen Minuten sind diese Substanzen gelb, man wasche sie mit Wasser aus und tauche sie in verdünnte Natronlauge oder Ammoniaklösung. Aus der gelben Farbe wird eine rötlich braune. Auch Tuchlappen jeglicher Art sowie eine frisch abgeschälte Weidenrute zeigen das nämliche Verhalten.

Ist aber die Säure concentrirter, so gehen jene Substanzen mit Ausnahme des Holzes sehr bald in eine schleimige Masse über, und wendet man sogar rauchende Säure an, so erfolgt die Zerstörung um so schneller. Es imponiert den Zuhörern, wenn sie wahrnehmen, wie ein alter Rock von festem wollenen Tuch in Rauch aufgeht, sobald er von rauchender Salpetersäure übergossen wird, oder wie ein Haufen Heu, welches fest in eine Kiste gepackt und nach der Durchfeuchtung mit dieser Säure etwa eine Stunde verschlossen stehen geblieben ist, beim Oeffnen des Deckels Feuer fängt und einen dichten Qualm verbreitet.

b. Nicht minder packend sind die Versuche mit Zucker und Terpentinöl. In einer Porzellanschale übergiesse man etwa 20 Stück Würfelzucker mit so viel rauchender Salpetersäure, dass jener von der Flüssigkeit eben bedeckt wird, und setze die Schale vor das Fenster oder unter einen Abzug. Nach einigen Minuten erheben sich tiefbraune Rauchwolken, die allmählich eine Höhe von 2 m erreichen. Der Zucker ist dann zu einer gummösen Masse zerflossen, in welcher Zuckersäure und Schleimsäure, beide von der Formel $C_6H_{10}O_8$, sowie Oxalsäure $C_2H_2O_4$ gemischt sind. Die bei der Oxydation vor sich gehenden Prozesse lassen sich durch folgende Gleichungen ausdrücken:

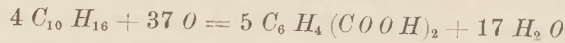


Wendet man den Zucker in Pulverform an, so ist die Erscheinung nicht so eklatant.

c. Für den Terpentinölversuch, wie ihn Mitscherlich auszuführen pflegte, bedarf es eines freien Platzes, auf dem man in eine grössere Porzellanschale $\frac{1}{2}$ l Terpentinöl und in dasselbe aus einem mit Ausguss versehenen und an einer langen Stange befestigten Porzellanbehälter etwa das gleiche Quantum rauchende Salpetersäure giesst. Wenige

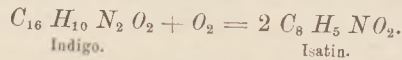
Sekunden vergehen, und eine 5 bis 10 m hohe Flamme schlägt plötzlich empor. Dass bei diesem Versuch grosse Vorsicht nötig ist, bedarf kaum der Erwähnung. Auch achte man darauf, dass sich die Zuschauer in gehöriger Entfernung aufstellen, da sie infolge eines etwaigen ungünstigen Windstosses von der Flamme verletzt werden könnten. — Derselbe Versuch lässt sich im Kleinen im Auditorium nach HEUMANN, S. 129, γ anstellen.

Das Terpentinöl wird, soweit es nicht verbrennt, zu Terephtalsäure nach der Gleichung:



oxydiert.

Endlich ist hier auch der Versuch der Entfärbung der Indigotinktur mit Salpetersäure anzuschliessen. Die Flüssigkeit nimmt eine rotgelbe Farbe an infolge der Bildung des Isatins, nämlich:



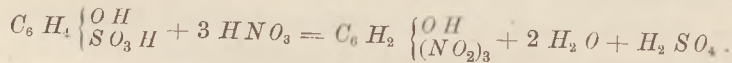
Da diese Erscheinung im Zeugdruck eine Rolle spielt, so demonstrierte man denselben in der Weise, dass man ungeleimtes Papier mit Indigolösung imprägniert und nach dem Trocknen auf dasselbe mittelst eines in concentrirte Salpetersäure zu tauchenden Glasstabes Muster aufzeichnet.

V. Reihe. Nitrierung organischer Verbindungen.

Die sich bei der Einwirkung der Salpetersäure auf gewisse organische Verbindungen ergebenden Produkte, die Nitroverbindungen resp. Salpetersäureäther, sind von hohem theoretischen wie praktischen Interesse. Namentlich ist hervorzuheben, dass die Salpetersäure, anstatt wie bei den meisten Oxydationsprozessen unter Abgabe von Stickoxydgasen zu zerfallen, in das Molekül jener organischen Verbindungen mit den Atomgruppen NO_2 resp. NO_3 eintritt, häufig sogar ohne sie äusserlich zu verändern, dass aber der Molekularbau der resultierenden Produkte bei weitem lockerer ist als derjenige der an sich schon leicht zur Dissociation neigenden Salpetersäure, und dass gerade auf dieser Thatsache die Sprengkraft der meisten hierher gehörenden Körper beruht.

a. Ganz ohne Gefahr geschieht die Nitrierung des Benzols zu Nitrobenzol $C_6 H_5 NO_2$ nach HEUMANN, S. 130, d.

b. Auch die Nitrierung des Phenols zu Pikrinsäure $C_6 H_2 (OH)(NO_2)_3$ geht leicht vor sich. Nach LEVY, *Anleitung zur Darstellung organischer Präparate*, löse man in einer Porzellanschale über dem Wasserbade 50 g Phenol mit 50 g concentrirter Schwefelsäure und lasse die nach dem Erkalten mit 160 ccm Wasser verdünnte Lösung von Phenolsulfosäure aus einem Hahntrichter in sehr kleinen Portionen zu 250 g Salpetersäure (1,4 spec. Gew.), die sich in einem Kolben befindet, hinzufließen. Erwärmt man dann den Kolbeninhalt noch einige Zeit auf dem Wasserbade, so nimmt derselbe die gelbe Farbe der Pikrinsäure an, die sich beim Erkalten in Form blättriger Krystalle ausscheidet.



Eine kleine Menge derselben streue man auf den erhitzten Deckel eines Porzellanriegels. Sie verpufft schnell. Heftiger ist die mit lautem Knall erfolgende Explosion, wenn man pikrinsaures Kalium $C_6 H_2 (OK)(NO_2)_3$, den Grundbestandteil des für Spreng- und Schiesszwecke in Frankreich benutzten Designolle'schen Pulvers, das auch bei einem Schlag mit dem Hammer heftig detoniert, anwendet.

Aus einer wässrigen, mit Schwefelsäure angesäuerten, warmen Lösung von Pikrinsäure nehmen Wolle und Seide den Farbstoff nach einigen Minuten auf, ohne vorher gebeizt zu sein.

c. Will man Knallquecksilber herstellen, so löst man nach Liebig's Verfahren 9 g Quecksilber in 108 g Salpetersäure (spec. Gew. 1,34) in der Kälte in einem Becher-

glase von 2 l Inhalt auf und füge unter Umschütteln 50 g Alkohol zu. Nach wenigen Minuten tritt eine stürmische Reaktion ein, die man durch weiteren Zusatz von 50 g Alkohol mässigt. Am Boden des Gefässes setzen sich Krystalle von Knallquecksilber ab, $C(NO_2)(CN)Hg$ nach Kekulé, die aber zu reinigen der Gefahr wegen durchaus nicht zu empfehlen ist. Die explosive Natur demonstriert man mittelst eines Zündhütchens, indem man in dasselbe auf einer harten Unterlage eine spitze Stricknadel einsetzt und letzterer mit dem Hammer einen Schlag versetzt.

Um die noch grössere Explosivität des Knallsilbers $C(NO_2)(CN)Ag_2$, das nach einem ähnlichen Verfahren erhalten wird, zu veranschaulichen, bringe man die Zündmassen der Knallbonbons, der Knallerbsen oder der sogenannten Knallbriefe zur Explosion.

d. Sogar die fabrikmässige Gewinnung und die Wirkung des Nobel'schen Sprengöls, das neuerdings als Salpetersäureäther des Glycerins $C_3H_5(NO_3)_3$ angesehen wird, lassen sich im Unterricht durch Versuche, wie sie von FR. C. G. MÜLLER (*Jahrgang II dieser Zeitschrift*, S. 172) beschrieben sind, darthun, wenn man die gehörige Vorsicht nicht ausser Acht lässt.

e. Dagegen bietet die Darstellung der Pyroxylinsubstanzen, der Schiessbaumwolle, der Kollodiumwolle, des Pyropapiers, des Pyrobaumwollzeugs und der Nitrobaumwollschnur keinerlei Gefahr. Auch diese Körper sind nach den neuesten Untersuchungen nicht als Nitroverbindungen, in denen der Wasserstoff durch die Nitrogruppe NO_2 ersetzt wäre, sondern als die Aether der Salpetersäure, deren Wasserstoff durch organische Radikale vertreten wird, anzusehen.

1 Teil entfettete Watte drücke man in einer Reibschale mit 48 Teilen eines Gemisches gleicher Volumteile Schwefelsäure und rauchender Salpetersäure 4 bis 5 Minuten gehörig durch, wasche sie sodann in einem grossen Gefäss mit Wasser, welchem etwas Pottasche zugesetzt ist, wiederholt aus und trockene sie bei 50 bis 60°. Die Schwefelsäure hat den Zweck, das bei der Reaktion frei werdende Wasser zu binden. Das erhaltene Produkt ist ein Gemenge verschiedener Nitate, welchen, wenn man nach EDER die Cellulose $C_{12}H_{20}O_{10}$ schreibt, die Formeln zukommen:

- | | | |
|----------------|---------------|---------------------------------|
| 1. Hexanitrat | der Cellulose | $C_{12}H_{14}O_4 \cdot 6(NO_3)$ |
| 2. Pentanitrat | „ | $C_{12}H_{15}O_5 \cdot 5(NO_3)$ |
| 3. Tetranitrat | „ | $C_{12}H_{16}O_6 \cdot 4(NO_3)$ |
| 4. Trinitrat | „ | $C_{12}H_{17}O_7 \cdot 3(NO_3)$ |
| 5. Dinitrat | „ | $C_{12}H_{18}O_8 \cdot 2(NO_3)$ |

In der Flamme brennt die Schiessbaumwolle mit Lebhaftigkeit ab, ohne zu detonieren. Steckt man eine kleine zu einem Faden zusammengedrehte Quantität senkrecht in ein Häufchen grobkörnigen Schiesspulvers, so verbrennt jener Faden beim Anzünden so schnell, dass das Schiesspulver nicht verpufft. Dagegen explodiert die Schiessbaumwolle vermöge ihres Gehalts an Hexanitrat, wenn man ein hirsekorngrosses Stück, welches man mit dem Messer von fabrikmässig gewonnener comprimierter Schiessbaumwolle abschneidet, auf dem Amboss mit dem Hammer schlägt.

Statt der Watte kann man ebenso ein Baumwolltaschentuch, einen Baumwollfaden oder Papier nitrieren. Doch lassen sich die nitrierten, sogenannten Pyroprodukte auch leicht fertig beziehen. Man kann mit diesen Körpern eine ganze Reihe interessanter Versuche anstellen. Das Pyrozeug verbrennt mit grösster Lebhaftigkeit, während das gewöhnliche Baumwollzeug nur langsam verglimmt. — Man stelle mehrere Wachskerzen von gleicher Höhe neben einander, verbinde sie durch einen Pyrofaden, den man um die Dochte der Kerzen herumschlingt, und tränke die Dochte mit einem Tröpfchen Terpentinöl oder Benzol. Nach dem Anzünden des einen freien Endes des Pyrofadens sieht man die Kerzen fast gleichzeitig brennen. — Mittelst des Pyropapiers fertige man sich eine sogenannte Salonpistole in der Weise an, dass man in eine 10 cm lange, 1 cm dicke, an dem einen Ende zusammengedrückte Papphülse einen Pyropapierpfropfen einschiebt

und in denselben von aussen durch die Papphülse ein Stück Zündschwamm steckt. Wird letzterer einer Flamme genähert, so schießt nach kurzer Zeit der brennende Papierpfropfen mit Vehemenz in einem 8—10 m langen Bogen heraus.

Die unter gewissen Bedingungen geleitete Nitrierung der Watte ergibt die Kollodiumwolle. Man wende ein aus gleichen Teilen Schwefelsäure (spec. Gew. 1,83) und Salpetersäure (spec. Gew. 1,42) bestehendes Säuregemisch von 60° an und behandle mit demselben etwas Watte 10 Minuten lang. Das nach dem Auswaschen erhaltene Produkt enthält die geringeren Nitrate, es ist wegen gänzlicher Abwesenheit des Hexanitrats nicht explosibel, dagegen in einem Gemisch von 2 Teilen Alkohol und 15 Teilen Äther völlig löslich. Schwenkt man mit einer syrupdicken Kollodiumlösung einen kleinen Rundkolben aus und richtet ihn vertikal mit der Öffnung nach unten, bis das Lösungsmittel verdampft ist, so ergibt sich beim Herausdrehen der Kollodiumhaut ein kleiner, wohl zu verwendender Ballon.

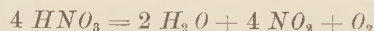
Auch ein Sprengversuch mittelst der Nitrokörper, welcher die Verwendung dieser Sprengmittel zu Kriegs- und bergmännischen Zwecken veranschaulichen soll, lässt sich gefahrlos ausführen, wenn man sich statt der Schiessbaumwolle der Kollodiumwolle bedient. Eine 10 cm lange und 2 cm dicke Papphülse fülle man mit Kollodiumwolle und verschliesse die Enden der Röhre, nachdem man durch das eine derselben ein Stück einer aus Mehlpulver hergestellten Zündschnur oder eine kleine Zündpatrone, wie man sie sich nach HEUMANN S. 457, γ anfertigen kann, hineingeschoben hat. Die Zündschnur wird an dem herausragendem Ende angezündet. Der Platindraht der Zündpatrone wird mittelst eines Chromsäureelementes zum Glühen gebracht, er bewirkt die Explosion des Schiesspulvers der Patrone, welches seinerseits die Verpuffung der Kollodiumwolle veranlasst.

f. Im Anschluss an die Nitrokörper führe man Gegenstände aus Celluloid und künstlichem Elfenbein sowie Artikel der sogenannten Gummiwäsche, die sämtlich aus Kollodiumsubstanz mittelst gewisser Lösungsmittel, namentlich Kampfer, fabrikmässig gewonnen werden, vor und zeige deren leichte Verbrennbarkeit durch Annähern einer Flamme.

VI. Reihe. Versuche mit gasförmiger Salpetersäure.

In den „*Chemical news*“ vom 3. Mai 1889 (S. 208) sind von PETER mehrere Versuche über gasförmige Salpetersäure veröffentlicht, von denen sich nach meinen Erfahrungen einige sehr wohl zu unterrichtlichen Zwecken verwenden lassen.

Erhitzt man über einem Sandbad in einem Kolben von $\frac{1}{2}$ l Inhalt und kurzem, aber weitem Hals 20 bis 30 g Kalisalpeter in Krystallen von 0,5—1 cm Grösse mit so viel concentrirter Schwefelsäure, dass der Salpeter von der Säure vollständig bedeckt ist, so entwickelt sich bei einer Temperatur von 86° gasförmige Salpetersäure, die sich nach der Gleichung:



teilweise dissociirt und den Kolbeninhalt daher gelblich färbt. Die Dissociation nimmt aber unter massenhafter Entwicklung tiefbrauner Gase sogleich bedeutend zu, wenn man unter bestimmten Bedingungen der Einwirkung des Salpetersäuregases gewisse leicht oxydierbare Körper aussetzt, die dann mit einem mehr oder weniger hellen, von einem fahlen Saum umgebenen Licht verbrennen. Im Allgemeinen ist zwar die Lichtintensität geringer als bei Verbrennungen in reinem Sauerstoffgase, da das Stickstoffdioxyd NO_2 einerseits den Sauerstoff „verdünnt“, andererseits durch seine tief braune Farbe die Helligkeit beeinträchtigt, aber gerade die Anwesenheit des Stickstoffdioxyds verleiht den Erscheinungen, wenn man im Dunkeln experimentiert, einen eigenen Reiz.

Die Versuche lassen sich mit einer brennenden, an einem Draht befestigten Kerze, ferner mit einem in einem Phosphorlöffel eingegypsten, glühend gemachten Kohlenkonus, sowie mit brennendem Phosphor und brennendem Magnesium sehr leicht ausführen, wenn man diese Substanzen in das Salpetersäuregas einsenkt. Natrium verbrennt sogar, ohne vorher erhitzt zu werden; doch nehme man kein zu grosses Stückchen, dagegen einen

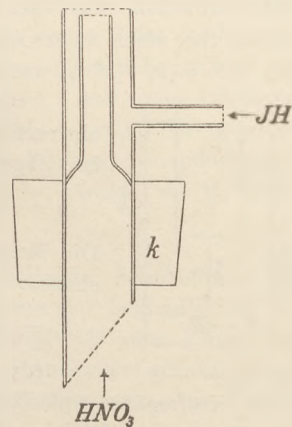
möglichst weiten Phosphorlöffel, damit nicht Teilchen jenes Metalles in die heisse Schwefelsäure gelangen. Eine höchstens 1,5 mm breite, ausgeglühte Uhrfeder, um deren unteres Ende ein Schwefelfaden gewunden ist, soll nach PETER in dem Salpetersäuregase lebhaft verbrennen. Mir ist der Versuch in der von PETER angegebenen Weise nicht gelungen; auch wenn ein Stück Schwefelfaden oder Zündschwamm mittelst eines Platindrahtes mit der Uhrfeder verbunden wurde, glühte wohl das Eisen unter schwacher Funkenbildung einige Momente weiter, erlosch aber alsbald.

Um Wasserstoff, Leuchtgas und Schwefelwasserstoff im Salpetersäuregase zu verbrennen, führe man sie mittelst einer am unteren Ende umgebogenen Glasröhre, nachdem man sie angezündet hat, in den Kolben ein. Die Schwefelwasserstoffflamme verbreitet um sich weisse Nebel, die nach PETER wahrscheinlich aus Kammerkrystallen bestehen.

Auch Terpentinöl, Benzol, Äther, Schwefelkohlenstoff und Kautschuk, die man im brennenden Zustand mittelst eines Phosphorlöffels in den Kolben bringt, brennen darin weiter.

Selbst Ammoniak lässt sich im Salpetersäuregas mit Flamme verbrennen. Nur darf die Öffnung der umgebogenen Zuleitungsröhre nicht kleiner als 4 mm, und der Ammoniakstrom nicht zu schwach sein; und ferner hat man das Ammoniakgas an der über den Kolbenhals gehaltenen Austrittsöffnung mit einem Brenner genügend zu erhitzen.

Den Jodwasserstoff vermochte PETER mittelst einer einfachen Zuleitungsröhre unter Flammenerscheinung nicht zu verbrennen. Doch gelingt der Versuch, wenn man sich des durch nebenstehende Figur in $\frac{2}{3}$ natürlicher Grösse dargestellten kleinen Glasapparates bedient. Man steckt denselben mit der schräg abgeschnittenen Öffnung nach unten durch einen Kork *k* und setzt diesen auf die Öffnung eines kurzhalssigen Entwicklungskolbens. Leitet man dann an der bezeichneten Stelle einen kräftigen Jodwasserstoffstrom ein, so zeigt sich an der oberen Öffnung des Apparates eine 5 bis 8 cm lange, prächtig violette Flamme, ohne dass man nötig hat, jener Öffnung einen Brenner zu nähern. Da die Temperatur des Salpetersäuregases im Halse des Kolbens kaum über 60° steigt, die Dissociation des Jodwasserstoffs aber erst bei 180° beginnt, so ist eine Zersetzung des letzteren infolge der obwaltenden Temperatur allein ausgeschlossen. Die untere Öffnung des Apparates ist aus dem Grunde schräg abgeschnitten, um etwa condensierte Salpetersäuretröpfchen in den Kolben leichter zurückfallen zu lassen.



Physikalische Aufgaben.

Denkaufgaben.

1. Eine Torricelli'sche Röhre wird gefüllt und in ein Schälchen getaucht, welches etwa zu $\frac{1}{3}$ mit Quecksilber, zu $\frac{1}{3}$ mit Wasser gefüllt ist. Was geschieht, wenn man den Finger von der Öffnung abzieht, falls die Röhrenöffnung a) im Quecksilber sich befindet, b) bis in das Wasser gehoben wird? (*Pascal, Oew. compl. III, S. 28; Paris, 1872.*)

2. Woher rührt das taktmässige Geräusch, welches man in einem Eisenbahnwagen beim Fahren des Zuges wahrnimmt? Ist es etwa daraus zu erklären, dass beim Übergang der Räder von einer Schiene zur folgenden ein in gleichen Zeiträumen sich wiederholender Stoss stattfindet?
P. Meutzner.

Die erste der vorstehenden Fragen ist in anderer Form auch von unserem Mitarbeiter A. Höfler gestellt worden, der folgende Art der Beantwortung vorschlägt: Wird vorerst bei dem in gewöhnlicher Weise angestellten Torricelli'schen Versuche auf das Quecksilber im Gefässe eine Wasserschicht von der Höhe *h* gegossen, so kommt zu der vom Luft-

druck getragenen Quecksilbersäule von Barometerhöhe noch eine Säule von der Höhe $h/13,6$, die seitens des Wassers getragen wird. Denkt man nun das Quecksilber im Gefässe durch Wasser ersetzt, so wird immer noch Gleichgewicht bestehen, dieses wird aber ein labiles sein. (Lagerung spezifisch schwererer über spezifisch leichterer Flüssigkeit.)

Die zweite Frage ist in der That durch die gegebene Andeutung zutreffend beantwortet; man kann bei gegebener Schienenlänge (5 m) aus der Schnelligkeit der aufeinanderfolgenden Stösse einen Schluss auf die Geschwindigkeit des Eisenbahnzuges machen.

3. In einem Lehrbuche der Physik findet sich auch in der neuesten Auflage (1889) noch folgender Satz: In communicierenden Röhren findet Gleichgewicht statt, wenn die Abstände der Spiegel beider Flüssigkeiten von dem Schwerpunkte der sie scheidenden Fläche sich umgekehrt verhalten wie ihre spezifischen Gewichte“. In der beigegebenen Figur ist die scheidende Fläche in der Mitte des horizontalen Verbindungsrohres vertikal gezeichnet. Man zeige, dass und warum eine solche vertikale Trennungsfäche bei Flüssigkeiten von verschiedenen spezifischen Gewichten überhaupt kein Gleichgewicht giebt?

α) *Argumentum ad hominem*: Dann müsste ja in einem Quecksilberthermometer die Trennungsfäche von Luft und Quecksilber im Gefässe vertikal stehen!

β) *Indirekter Beweis*: Gilt für einen bestimmten Punkt jener Fläche (gleichviel ob Schwerpunkt oder nicht) die Gleichung $hs = h_1s_1$, worin h und h_1 die Höhen der Flüssigkeitsoberflächen über diesem Punkt, s und s_1 die spezifischen Gewichte bedeuten, so müsste für einen höher oder tiefer gelegenen Punkt im Falle des Gleichgewichts gelten $(h+x)s = (h_1+x)s_1$, woraus bei Verbindung mit der vorigen Gleichung $s = s_1$ folgen würde.

γ) *Direkter Beweis*: Die Resultierende k der Seitendrucke auf ein vertikales Flächenelement β , welches um x über dem Punkt C liegt, ist, abgesehen von dem Faktor β :

$$k = (h-x)s - (h_1-x)s_1 = hs - h_1s_1 - xs + xs_1 = + (s_1 - s)x.$$

Die Resultierende k_1 der Seitendrucke auf ein gleich grosses und um ebensoviel unter C liegendes Element ist:

$$k_1 = (h_1+x)s_1 - (h+x)s = h_1s_1 - hs - xs_1 + xs = - (s_1 - s)x.$$

Da $k_1 = -k$, so würde eine an Stelle der Trennungsfäche befindliche feste Platte einem Kräftepaare unterliegen; wenn man also selbst das Eintreten und Erhaltenbleiben der behaupteten Gleichgewichtsstellung durch Anbringen einer vertikalen Zwischenwand unterstützen wollte, würde diese sich horizontal legen.

A. Höfler, Wien.

4. An die beiden Wagschalen einer gleicharmigen Wage werden mittels gleich schwerer Fäden je 1 kg Zinn und Blei angehängt, so dass Gleichgewicht besteht. Was geschieht, wenn man die beiden Metallstücke vollständig unter Wasser tauchen lässt, und was hat man zu thun, um das gestörte Gleichgewicht wiederherzustellen? (Das spezifische Gewicht des Zinnes ist 7,3, das des Bleies 11,35.)

Antwort: Ist das Volumen des Zinnes $V = \frac{1000}{7,3} \text{ cm}^3$, das des Bleies $v = \frac{1000}{11,35} \text{ cm}^3$, so muss die zum Zinn gehörige Wagschale mit $(V-v)$ Gramm beschwert werden, damit das Gleichgewicht bestehen bleibt.

H. Hartl, Reichenberg.

5. Lässt sich der FOUCAULT'sche Pendelversuch durch einfachere Versuche ersetzen?

Ein alter, neuerdings wieder aufgetauchter Vorschlag, durch Lycopodiumpulver auf Wasser die Achsendrehung der Erde nachzuweisen, ist ebenso irrtümlich wie die Meinung, dass sich an einem horizontal frei aufgehängten Stabe die FOUCAULT'sche Drehung erkennen lassen werde. Dagegen teilt Professor E. MACH uns mit, dass es Vorkehrungen giebt, die vielleicht mit mehr Erfolg zu dem genannten Zweck dienen könnten. Ein vertikal aufgehängter rechtwinkliger Rahmen A umschliesst zwei schmalere Rahmen, die beide um die untere horizontale Kante des ersten nach Art einer Inklinationsnadel drehbar

sind und in einander derart passen, dass die ganze Vorrichtung in eine Ebene zusammengeklappt werden kann. Die beiden inneren Rahmen werden nun nach beiden Seiten aus *A* herausgeklappt, so dass sie mit einander ein schiefwinkliges Kreuz bilden, und durch einen Faden so verbunden, dass sie in dieser Lage verbleiben. Brennt man den Faden durch, so werden sie durch zwei kleine Übergewichte wieder zum Zusammenklappen gebracht. Eine sehr kleine, kaum sichtbare Winkelgeschwindigkeit, die man der Vorrichtung vor dem Abbrennen erteilt, erscheint nachher enorm vergrössert. Wenn auf diese Weise die Drehung der Erde gezeigt werden sollte, müssten allerdings zufällige Drehungen ganz ausgeschlossen werden, was recht schwierig sein dürfte, theoretisch aber ist der Versuch einwandfrei (vgl. E. MACH's *Mechanik*, S. 280). Auch POINSON hat bald nach FOUCAULT's Entdeckung eine ähnliche Vorrichtung vorgeschlagen: eine Feder, welche frei aufgehängt ist und durch innere Kräfte auseinander klappt; da aber hierbei eine Vergrösserung des Trägheitsmomentes eintritt, so würde der Versuch weniger ausgiebig als der vorige sein.

Theoretisch ist auch folgender Versuch möglich: In einem sehr flachen Trichter von etwa 2 m Durchmesser lässt man Wasser ruhig mehrere Tage stehen. Lässt man dann das Wasser ausfliessen, so vermindert sich das Trägheitsmoment und die Winkelgeschwindigkeit muss im Sinne des FOUCAULT'schen Versuches wachsen. Erteilt man der Wassermasse vor dem Versuch eine kleine, eben sichtbare Drehung, so bildet sich beim Ausfliessen eine förmliche Trombe.

Eine horizontal ruhende, um eine hindurchgesteckte vertikale Achse drehbare Scheibe würde, wenn man die Achse um 180° dreht, so dass die untere Seite der Scheibe nach oben kommt, die doppelte FOUCAULT'sche Drehung zeigen. Natürlich ist hier der Einfluss der Störungen viel zu gross, um an einen Erfolg zu denken. Auf einem Caroussel aber kann man, bei grösserer Winkelgeschwindigkeit, den Versuch mit einer Sirene jederzeit ausführen. Vergl. Mach, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig, 1875. S. 20. (Der Vorschlag ebd. S. 20 Z. 4—14 v. u. beruht, wie M. selbst erkannt hat, auf einem Irrtum. Worin besteht derselbe?)

6. In *Jahrg. II*, S. 129, hat P. SZYMANSKI eine auffallende Beobachtung am Elektroskop beschrieben. Ladet man ein Elektroskop durch Influenz auf bekannte Art, indem man einen geriebenen Hartgummistab nähert und den Knopf mit dem Finger ableitend berührt, so divergieren die Blättchen bei Wegnahme des Fingers zunächst mit — Elektrizität, und fallen beim Entfernen des Hartgummistabes zusammen, um danach erst mit + Elektrizität auseinanderzugehen.

Eine Erklärung dieser Erscheinung ist bisher von keiner Seite geliefert worden, obwohl sie häufig genug beim Experimentieren beobachtet worden sein muss. Wir glauben den Versuch richtig zu deuten, wenn wir dem Finger ebenso wie einem statt seiner angewandten Metallconductor eine Schirmwirkung zuschreiben, vermöge welcher ein Teil der vom Gummistab ausgehenden Influenz abgehalten wird. Entfernt man das Hindernis, so tritt die volle Influenz ein und infolge davon eine neue Scheidung positiver und negativer Elektrizität. Bei Wegnahme des Hartgummistabes kommt die vorher gebundene + Elektrizität zur Geltung. Für diese Erklärung spricht auch, dass bei Anwendung einer Metallplatte an Stelle des Fingers die Erscheinung sich in verstärktem Maasse zeigt. Eine Betrachtung der vom Hartgummistab ausgehenden Kraftlinien und der dadurch bewirkten Potentiale führt zu demselben Ergebnis. P.

7. Wird eine Stecknadel an einem Siegellackstab befestigt und elektrisiert, so bringt sie die Blättchen eines Goldblattelektroskops zur Divergenz. Dagegen vermag man damit nicht ein Condensator-Elektrometer zu laden. Warum nicht?

Antwort: Die Capacität eines gewöhnlichen Elektroskops ist so gering, dass die schwache Ladung der elektrisierten Nadel das Potential auf eine zur Divergenz der Blättchen hinreichende Höhe zu bringen vermag. Dagegen ist die Capacität eines Condensator-Elektrometers im Vergleich mit der Nadel so enorm, dass trotz der Condensation

das Potential auf dem sich selbst überlassenen Kollektor unvergleichlich viel kleiner ist als auf der Kugel des Goldblattelektroskops. Es kann daher kein Ausschlag der Blättchen erfolgen. (*Journ. de Phys. élém. 1889 No. 10*).

8. Von J. R. EWALD in Strassburg ist folgende Vorrichtung erdacht worden, um zu demonstrieren, dass die Streifung der Muskelfasern aus einem verschiedenen Brechungsvermögen der einzelnen Stellen der Faser erklärlich ist. Platten von zwei verschiedenen Glassorten werden abwechselnd übereinander geschichtet; die so gebildete Säule zeigt im gewöhnlichen Tageslicht abwechselnd hellere und dunklere Schichten. Wie ist die Erscheinung zu erklären? (*Andeutung: Totale Reflexion*).

Erdmagnetische Elemente für einige Orte Mitteleuropas.

Zusammengestellt von E. Stück in Wilhelmshaven.

Name des Ortes	Deklination [West]	Inklination [Nord]	Hor. Intensität [C. G. S.]
Basel	13° 40'	63° 47'	0,2026
Berlin	11 4	66 51	0,1852
Bremen	13 28	67 35	0,1804
Breslau	9 5	65 26	0,1934
Brüssel	15 32	66 34	0,1867
Cöln	14 15	66 19	0,1880
Danzig	8 8	67 31	0,1808
Dresden	10 55	65 44	0,1920
Düsseldorf	14 21	66 32	0,1868
Frankfurt a. M.	13 22	65 29	0,1926
Hamburg	12 51	67 49	0,1793
Hannover	12 55	67 1	0,1840
Königsberg	7 13	67 35	0,1799
Kopenhagen	11 12	68 52	0,1730
Leipzig	11 38	66 5	0,1900
Magdeburg	12 1	66 42	0,1859
Mailand	12 46	61 58	0,2127
Memel	6 51	68 13	0,1776
Metz	14 27	65 2	0,1955
München	11 56	63 42	0,2028
Nürnberg	12 12	64 43	0,1969
Paris	16 14	65 19	0,1944
Prag	10 34	64 52	0,1964
Stettin	10 22	67 20	0,1823
Strassburg	13 42	64 29	0,1985
Stuttgart	13 5	64 30	0,1983
Wien	9 29	63 4	0,2058

Die mitgeteilten Werte beziehen sich auf die Epoche 1885,0.

Die jährliche Änderung beträgt für Deutschland im Mittel:

für Deklination	— 7,0',
„ Inklination	0,0,
„ Hor. Intensität	+ 0,00015. [C. G. S.]

Auf Wunsch des Herrn Direktors Prof. Dr. Schwalbe wurden die vorstehend mitgeteilten Werte der erdmagnetischen Elemente aus den von Herrn Geh. Admiralitäts-Rat Prof. Dr. Neumayer entworfenen und mir gütigst zur Verfügung gestellten Karten entnommen bez. interpoliert*). Diese Karten finden sich nebst einer von Herrn Dr. Eschenhagen bearbeiteten gemeinfasslichen Anleitung zu erdmagnetischen Beobachtungen in KIRCHHOFF'S „Anleitung zur deutschen Landes- und Volksforschung“, auf welche ich die Lehrer des physikalischen Unterrichts an höheren Lehranstalten bei dieser Gelegenheit aufmerksam machen möchte.

Kleine Mitteilungen.

Versuche über das Schwimmen poröser Körper.

Von Dr. K. F. Jordan in Berlin.

Gewisse Stoffe, deren spezifisches Gewicht grösser ist als das des Wassers (> 1), haben trotzdem die Eigenschaft, auf dem Wasser zu schwimmen, und zwar aus dem Grunde, weil sie porös sind und ihre Poren von Luft erfüllt sind, so dass das von den betreffenden Stoffen verdrängte Wasser schwerer ist als die Stoffe (einschliesslich der in ihnen enthaltenen Luft) selbst. Zu diesen Stoffen gehören Bimsstein, Holz, Wolle, Papier, Badeschwamm u. a. Dass dieselben trotz ihres angegebenen Verhaltens doch spezifisch schwerer sind als Wasser, lässt sich äusserlich schon daran erkennen, dass sie vom Wasser benetzt werden — gemäss einer von mir festgestellten Abhängigkeit der Adhäsionserscheinungen von dem spezifischen Gewicht¹⁾. Aber auch unmittelbar zeigen lässt sich jenes, da es auf dreierlei Art möglich ist, die genannten Stoffe zum Untersinken im Wasser zu bringen.

1. Wenn man ein Stück Wolle, Papier oder Schwamm unter Wasser zu einem kleinen dichten Ballen (mit den Fingern) zusammendrückt, so schwimmt es nicht mehr; denn auf die angegebene Weise ist aus den Poren der genannten Stoffe die Luft entfernt worden, deren Vorhandensein ja zuvor das Schwimmen veranlasst hatte. Statt ihrer ist entweder Wasser in die Poren eingedrungen, oder diese sind zusammengefallen.

2. Wenn Bimsstein gepulvert, Holz geschabt oder gefeilt wird, so sinken die feinen Körnchen oder Spähnchen gleichfalls im Wasser unter, da in ihnen nur noch wenige so kleine Poren enthalten sind, dass ihr Luftgehalt die Körper nicht mehr zu tragen vermag.

*) Mit der Veröffentlichung dieser bisher nicht allgemeiner zugänglichen Constanten soll einem vielfach hervorgetretenen Bedürfnis abgeholfen werden. Leider fehlen in dem obigen Verzeichnis noch mehrere wichtige Orte, für welche die Daten, wenn es gewünscht wird, später geliefert werden können.
D. Red.

¹⁾ Naturwiss. Wochenschrift 1889, Bd. IV, S. 81, 91 und 100: K. F. Jordan, Die Oberflächenspannung und die Adhäsionserscheinungen der Flüssigkeiten in ihrer Abhängigkeit vom spezifischen Gewicht.

3. Man legt ein Stück Bimsstein oder Holz in ein mit Wasser gefülltes Glas und beschwert es darin durch einen schweren Gegenstand, etwa einen Schlüssel oder dergl., der es unter Wasser hält; das Glas wird unter die Glocke der Luftpumpe gestellt. Setzt man nun die letztere in Thätigkeit, so steigt die in den Poren der Stoffe enthaltene Luft im Wasser in Gestalt kleiner Blasen auf, und statt ihrer dringt — wie man zunächst annehmen sollte — Wasser in die Poren ein. Hört man nach einiger Zeit mit dem Auspumpen auf, lässt Luft in die Glocke einströmen und hebt die letztere von dem Teller der Luftpumpe ab, so kann man den zur Beschwerung verwendeten Gegenstand aus dem Glase entfernen, ohne dass das Stück Bimsstein oder Holz in die Höhe steigt. Auch wenn man letzteres aus dem Wasser herausnimmt, behält es noch eine Zeit lang die Eigenschaft bei, im Wasser unterzusinken — so lange nämlich das die Poren erfüllende Wasser noch nicht verdunstet ist und dieselben wieder von Luft erfüllt sind.

Im Anschluss an diesen Versuch seien noch einige weitere beschrieben, die gewisse Besonderheiten aufweisen.

Wenn man ein Bimsstein-Stückchen u. s. w., während es auf Wasser schwimmt, unter die Glocke der Luftpumpe bringt, so sinkt es während des Auspumpens auffallenderweise nicht unter, sondern erst in dem Augenblicke, wenn der Hahn der Luftpumpe geöffnet wird und wieder Luft in die Glocke einströmt. — Was ist es in diesem Falle, das den Bimsstein so leicht macht, dass er anfänglich nicht untersinkt? — In meinem schon vorher erwähnten Aufsätze hatte ich diese Wirksamkeit dem Wasserdampfe zugeschrieben, der sich durch die infolge der Luftverdünnung beschleunigt auftretende Verdunstung bildet und nun die Poren des Bimssteins erfüllt. Indessen kommt er doch nur in zweiter Linie und nebensächlich in Betracht; die eigentliche Ursache dafür, dass der Bimsstein schwimmt, giebt die noch immer in seinen Poren enthaltene, aber verdünnte Luft ab. Bei jedem Kolbenstoss dehnt sich nämlich infolge der Verminderung des Druckes die die Poren des Bimssteins erfüllende Luft aus und wird somit — da sie zum Teil in Blasenform im Wasser emporsteigt — verdünnt. Aber auch in diesem verdünnten Zustande füllt sie die Poren des Bimssteins vollständig aus, weil eben der von oben her auf sie ausgeübte Druck geringer geworden ist; somit ist der Bimsstein eher noch leichter geworden, als er zuvor war, und muss daher auch jetzt vom Wasser getragen werden. — Diese Annahme müssen wir nun auch für den vorigen Versuch machen, nur dass in diesem der Bimsstein wegen des darauf liegenden schweren Gegenstandes nicht aufsteigen und im Wasser schwimmen kann. — Wird nach beendigtem Auspumpen wieder Luft in die Glocke eingelassen, so wird infolge der Zunahme des Druckes die im Innern des Bimssteins enthaltene Luft zusammengepresst; sie nimmt daher einen kleineren Raum ein, und das umgebende Wasser dringt in die Poren ein. Auf alle Fälle sind demnach jetzt die Poren — überwiegend — von Wasser (statt von Luft) erfüllt, und die Folge ist, dass der Bimsstein untersinkt.

Dass die verdünnte Luft im Innern des Bimssteins wasserdampfreich ist, hat seine Richtigkeit, doch würden die geschilderten Erscheinungen auch begreiflich sein ohne das Vorhandensein des Wasserdampfs, der in dem Augenblicke, wenn der Hahn der Luftpumpe wieder geöffnet wird, infolge des gesteigerten Luftdrucks sich verdichtet und somit ebenfalls dem in dem Glase befindlichen Wasser Platz macht.

Mit einem Stück Badeschwamm will der zuletzt beschriebene Versuch nicht gelingen. Der Schwamm ist zu locker und ragt derart über den Wasserspiegel empor, dass beim Öffnen des Hahnes der Luftpumpe die einströmende Luft alsbald wieder die Poren des Schwammes erfüllt, so dass er schwimmen bleibt.

Es wurde soeben gesagt, dass in dem zuerst beschriebenen Luftpumpenversuche der Bimsstein während des Auspumpens nur deshalb nicht aufsteigt, weil er beschwert ist. Dass ein solches Aufsteigen aber eintritt, wenn die Beschwerung in Wegfall kommt, zeigt folgender, mit einem anderen Stoffe angestellter Versuch.

Leinwand zieht sich, auf Wasser gelegt, schnell voll Flüssigkeit und sinkt von selbst unter. Bringt man sie hierauf unter die Glocke der Luftpumpe und pumpt die Luft aus, so steigt sie in die Höhe, weil die geringe Menge Luft, welche noch in (und an?) der Leinwand verblieben war, sich infolge der Verminderung des Luftdrucks ausdehnt und daher eine gewisse Menge Wasser verdrängt, so dass jetzt das Gewicht des von der Leinwand nebst der ihr anhaftenden Luft verdrängten Wassers grösser ist als das Gewicht der Leinwand (nebst demjenigen der ihr anhaftenden Luft). Sobald aber nach beendetem Auspumpen wieder Luft in die Glocke einströmt und der somit gesteigerte Luftdruck in derselben die in der Leinwand enthaltene Luft zusammenpresst und die Leinwand auf neue von Wasser durchtränkt wird, sinkt sie abermals unter.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes von Gasen.

Von Professor Dr. L. Matthiessen in Rostock.

Die sicherste und leichteste Bestimmung des specifischen Gewichtes von Gasen gegen atmosphärische Luft geschieht mit Hilfe eines sehr dünnen kugelförmigen Glasballons mit Stiel und gut eingeschliffenem aber leichtem, im Griff hohlen Glasstöpsel, wie sie in vorzüglicher Beschaffenheit von Franz Müller-Bonn, Dr. Geissler's Nachf. hergestellt werden. Der Durchmesser der Kugel, die ein Gewicht von höchstens 40 gr haben darf, beträgt etwa 8 cm, die Länge des Stieles 7 cm und die Dicke des in seiner Mitte eingesetzten sehr wenig gefetteten konischen Stöpsels 7—10 mm. Das freie Ende des Stieles muss etwa 3 cm lang und 6 mm dick sein, zum Einschieben in einen Gummischlauch, welcher mit einer Kolbenluftpumpe oder einer Wasserstrahlpumpe verbunden wird. Meistens wird das Ansinnen gestellt und so ist allgemein die Meinung der Praktikanten, dass man den Ballon „luftleer“ pumpen müsse, was weder möglich ohne eine Töpler'sche Quecksilberluftpumpe, noch überhaupt für den genannten Zweck erforderlich ist. Man hat nur dafür Sorge zu tragen, dass der Ballon vor dem Versuche wieder mit atmosphärischer Luft ausgespült wird, indem man 5—6 mal die Luft bis auf 40—50 cm Druck auspumpt und die Luft wieder einfließen lässt, nachdem man den Ballon geschlossen und von dem Gummischlauche abgelöst hat. Indem man die Kugel von da ab nur beim Stiele fassen darf, hängt man sie mit einer dünnen Seidenschnur an der Wage auf und bestimmt das Gewicht p . Darauf pumpt man nur einen beliebigen Theil aus bis etwa 50 cm Druck, ohne dass man diesen gerade zu kennen braucht, und bestimmt das Gewicht p_1 . Alsdann lasse man aus dem Gasometer durch einen passenden Gummischlauch erst ein wenig in die freie Luft und dann in den Ballon strömen durch langsames Oeffnen des Hahnes. Der Gummischlauch ist an der Einsatzstelle recht wenig zu rätten. Nach dem Schlusse des Hahnes ziehe man den Gummischlauch ab, wobei man den Ballon stets nur am Stiele fasst, um die Luft nicht zu erwärmen. Des Ueberdruckes im Gasometer wegen hält man jetzt den Ballon mit dem Hahn nach oben, wenn das Gas schwerer als atmosphärische Luft, den Hahn nach unten, wenn das Gas leichter ist und dreht einmal schnell den Hahn um, um den Ueberdruck entweichen zu lassen. Man bestimmt abermals sein Gewicht p_2 und findet das specifische Gewicht:

$$S = \frac{p_2 - p_1}{p - p_1}.$$

Diese einfache Methode des Auspumpens beruht auf der Anwendung des Avogadro'schen Satzes, dass bei gleichem Drucke und gleicher Temperatur gleich viel Moleküle des Gases denselben Raum erfüllen. Bei einem derartigen Schulversuche ist zu empfehlen, den Schüler darauf aufmerksam zu machen, dass man bei der ersten Wägung, also der Bestimmung von p nicht das Gewicht des Glases und der Luft, sondern wegen des Aufdrucks nur das Gewicht des Glases erhalte.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes von Körpern, welche leichter als Wasser sind.

Von Professor Dr. **L. Matthiessen** in Rostock.

Auch zur Ausführung dieser Bestimmung bringen die Praktikanten ganz unnütze Dinge aus der Schule mit. Soll das specifische Gewicht z. B. von Kork mittels der physikalischen Wage bestimmt werden, so beschweren sie denselben mit allerlei Dingen, wie Gewichten, Nägeln etc., um ihn unter Wasser zu halten. Viel einfacher und zugleich instruktiver ist folgendes Verfahren. Man nehme einen guten, feinen, nicht brüchigen Weinkork, befestige ihn an einem dünnen, genügend steifen Messingdraht, der in ein kleines Stativ eingeklemmt ist. Auf die Wagschale setze man ein Kochglas von etwa 8 cm Höhe und 4 cm Weite mit destilliertem Wasser gefüllt und tauche den Kork, nachdem man sein Gewicht p bestimmt hat, in dasselbe ein. Ist p_1 das Gewicht des Gefäßes mit Wasser vor, p_2 das Gewicht nach dem Eintauchen, so ist das gesuchte specifische Gewicht:

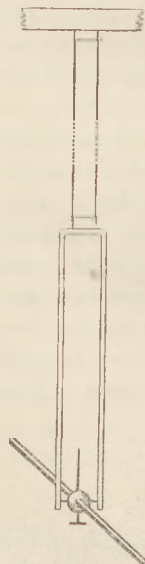
$$S = \frac{p}{p_2 - p_1}.$$

Will man das specifische Gewicht des luftfreien Korkes bestimmen, so hat man natürlich nach der ersten Wägung p , den Kork unter Wasser in die Glocke einer Luftpumpe zu setzen, bis keine Luftblasen mehr entweichen. Aehnlich ist das Verfahren bei Bimstein.

Eine Inklinationsnadel zur Demonstration.

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

Die Benutzung der gewöhnlich käuflichen Magnetnadeln zum Nachweise der Inklination hat den Übelstand, dass man nicht die horizontale Lage der Nadel im unmagnetischen Zustande demonstrieren kann. Die wünschenswerteste Form des Versuches ist jedenfalls die, dass man einen um eine horizontale Axe vertikal drehbaren, unmagnetischen Stahlstab horizontal stellt, ihn magnetisch macht und dann seine Neigung gegen die Horizontale zeigt. Zu diesem Zwecke sind von Frick (physik. Technik 1856 § 233) und Weinhold (physik. Demonstr. 1881, S. 628) Vorschläge gemacht worden.



Folgender Apparat wurde in der mechanischen Werkstatt von C. Radau hier auf meine Bestellung angefertigt:

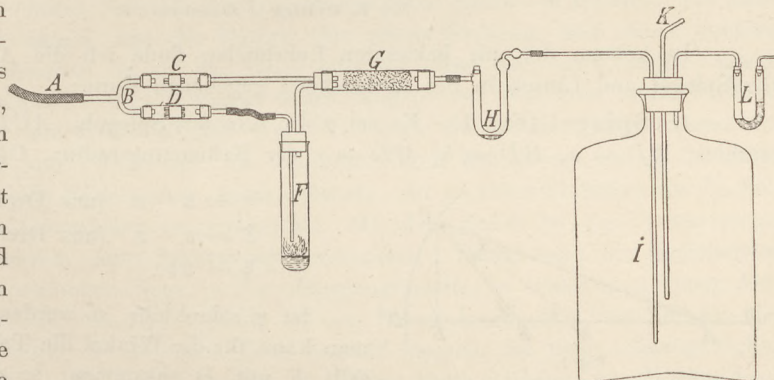
Man durchbohrt eine Messingkugel von 6 bis 7 mm Durchmesser diametral, so dass sich ein etwa 2 mm dicker und 14 cm langer Stab aus unmagnetischem Bohrstahl gerade in dem Bohrloche hin und her schieben lässt. Mittels einer Schraube kann der Stab von unten her ganz festgeklemmt werden. Senkrecht zur Stabrichtung befinden sich an der Kugel seitlich zwei Spitzen, welche eine horizontale Axe bilden, deren Richtung nahezu diametral ist, so dass der Schwerpunkt der Kugel nur etwas tiefer liegt. Senkrecht zur Axe und zur Längsrichtung des Stabes steht auf der Kugel eine Zunge zur bequemen Einstellung des Stabes in die horizontale Lage. Die Kugel wird in eine Gabel von Messing unter Vermeidung allzugrosser Reibung eingehängt und die Gabel selber mit einer bifilaren Aufhängung versehen, damit der Stab sich ohne zu rotieren von selbst in den magnetischen Meridian einstellen kann.

Beim Experimente wird der Stab so lange hin und her geschoben, bis er horizontal schwebt, und dann festgeschraubt. Magnetisch gemacht, wird er die horizontale Lage verlassen. Zu einem neuen Versuche wird der Stab entweder durch einen neuen ersetzt oder durch Ausglühen unmagnetisch gemacht.

Darstellung von Schwefeltrioxyd und englischer Schwefelsäure im Unterricht.

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

Durch *A* wird trockener Sauerstoff eingeleitet. Der Strom teilt sich bei *B*, sodass ein Drittel durch *C*, zwei Drittel durch *D* geht. Zu dem Zweck ist in das Rohrstück *C* mittels eines durchbohrten Korks ein 30 mm langes Stück einer Capillare von etwa 0,8 mm im Lichten eingesetzt, in *D* befinden sich, wie Figur zeigt, zwei solche Stücke. Natürlich müssen die Fugen durch eingebrachte Siegelack-Stückchen, welche man durch Erwärmen von aussen schmilzt, sorgfältig gedichtet werden. Von *D* strömt der Sauerstoff in ein grosses Probierglas *F* von etwa 25 mm Weite und bewirkt die Verbrennung des auf dem Boden befindlichen Schwefels. Die Entzündung des Schwefels geschieht in der Weise, dass man, während ein langsamer Strom Sauerstoff durch den Apparat fliesst, die Röhre *F* von dem Stopfen zieht und ein Stück brennenden Schwefelfaden hineinwirft. Das untere Ende der Einströmungsröhre



muss etwa 10 mm über dem Schwefel stehen. Das in *F* gebildete Schwefeldioxyd tritt mit dem Sauerstoff aus *C* in die mit Watte lose gefüllte Röhre *G*. Gleichzeitig bildet sich ziemlich viel Schwefelblüte, welche von der Watte zurückgehalten wird. Das Austrittsrohr von *F* muss ziemlich weit sein, weil es sonst vom sublimierten Schwefel bald verstopft wird. Aus *G* entweicht nun ein Gemisch von Schwefeldioxyd und Sauerstoff in dem richtigen Verhältnis und die Schüler ersehen dies klar aus der Anordnung des Apparats.

Es ist nun am lehrreichsten, zuerst Schwefeltrioxyd darzustellen, indem man hinter *G* eine 10 mm weite Röhre mit Platinasbest anordnet, deren hinteres, abwärts gebogenes Ende in eine gut gekühlte Flasche geht. Sobald der Teil der Röhre mit dem Asbest zum schwachen Glühen erhitzt wird, erfüllt sich die Flasche mit dicken weissen Nebeln, welche bald zu seidenglänzenden Nadeln von Schwefeltrioxyd erstarren. Man kann binnen zehn Minuten 10 Gramm darstellen.

Hinterher wird der Bleikammerprozess mit Hilfe der in der Figur sichtbaren Anordnung des Apparats vorgeführt. *H* ist eine kleine Röhre mit 1 cem starker Salpetersäure, *J* eine möglichst grosse Glasflasche, *L* eine kleine Röhre mit Sperrflüssigkeit. Wasserdampf wird aus einer kleinen Kochflasche durch die Röhre *K* eingeleitet. Beim Beginn des Versuchs erwärmt man *H*. Als bald füllt sich die Flasche mit gelben Dämpfen und der Schwefelsäurebildungsprozess geht so regelrecht vor sich, dass durch *L* nur ganz wenig Glasblasen aufsteigen. Wenn namentlich der Brenner richtig funktioniert, findet man in der Flasche nahezu die theoretische Menge Schwefelsäure. Man kann so in einer halben Stunde 20 g Schwefel verbrennen und 50—60 g $SO_4 H_2$ gewinnen. Die in *J* erhaltene verdünnte Säure wird man am besten zur völligen Concentration eindampfen und zu einigen Versuchen anwenden. Durch Titration eines aliquoten Teils mit Normalalkali lässt sich die Menge der erhaltenen Säure genau ermitteln und ein Vergleich mit dem verbrauchten Sauerstoff und Schwefel anstellen.

Falls man das Zuströmen von Wasserdampf unterbricht, entstehen als bald weisse Nebel und die Wandung der Flasche überzieht sich mit Bleikammerkrystallen ($SO_3 HNO_2$); gleichzeitig bekundet das schnelle Ausströmen von Gasen durch *L*, dass der Schwefelsäurebildungsprozess gestört ist. Sobald dann wieder Wasserdampf eingelassen wird, verschwinden die Krystalle und der Prozess geht wieder regelrecht.

Nachdem man unter Anwendung reinen Sauerstoffs den idealen Bleikammerprozess demonstriert, führt man den Versuch mit atmosphärischer Luft aus und verbindet zu dem Zweck *A* mit einem stark belasteten Blasebalg. Bei richtiger Stellung des Einströmungsrohrs in *F* wird die Schwefelflamme nicht erlöschen. Natürlich geht die Verbrennung jetzt weit langsamer vor sich und aus der Flasche *J* entweichen mit dem lebhaften Stickgasstromen viel nitrose Gase. Füllt man das Sperrohr *L* mit concentrirter Schwefelsäure, so kann damit auch das Wesen des Gay-Lussac-Turms demonstriert werden.

Ableitung der Formel für sphärische Spiegel und Linsen.

Von **E. Oehler** in Strassburg i. E.

In keinem der mir bekannten Lehrbücher finde ich die Ableitung der Formeln für Spiegel und Linsen in der nachstehend gegebenen Form:

1. Spiegel (Fig. 1). Es sei *g* die Axe des Spiegels, *ACB* der Weg eines Lichtstrahles, *AD* = *a*, *BD* = *b*, *MD* = *r* der Krümmungsradius, *CE* ⊥ *g*.

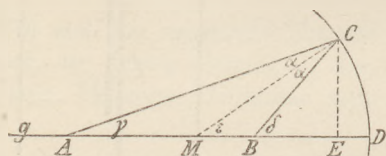


Fig. 1.

$$\begin{aligned} \gamma &= \varepsilon - \alpha \quad (\text{aus Dreieck } ACM), \\ \delta &= \varepsilon + \alpha \quad (\text{aus Dreieck } MCB) \\ \hline \gamma + \delta &= 2\varepsilon. \end{aligned}$$

wird u. s. w., und obige Formel geht über in:

$$\frac{CE}{a} + \frac{CE}{b} = \frac{2CE}{r} \quad \text{oder} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f},$$

wenn $f = r/2$ gesetzt wird.

2. Linse (Fig. 2). Es sei *g* die Axe der Linse, *AC₁C₂B* der Weg eines Lichtstrahles, *AD₁* = *a*, *D₂B* = *b*, *M₁D₁* = *r₁* der Radius der ersten, *M₂D₂* = *r₂* der der zweiten brechenden Fläche, *n* der Brechungsindex der Linse, *EG* ⊥ *g*.

$$\begin{aligned} \gamma &= \alpha_1 - \varepsilon_1 \quad (\text{aus Dreieck } AC_1M_1), \\ \delta &= \alpha_2 - \varepsilon_2 \quad (\text{aus Dreieck } M_2C_2B) \\ \hline \gamma + \delta &= \alpha_1 + \alpha_2 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2). \end{aligned}$$

Ist γ sehr klein, so werden es auch die übrigen der genannten Winkel; es wird

$$\alpha_1 = n\beta_1, \quad \alpha_2 = n\beta_2 \quad \text{und somit:}$$

$$\gamma + \delta = n(\beta_1 + \beta_2) - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2).$$

Aus den Dreiecken *C₁EC₂* und *M₂M₁E* folgt aber $\beta_1 + \beta_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$, daher:

$$\gamma + \delta = (n - 1)(\varepsilon_1 + \varepsilon_2).$$

Setzt man ferner voraus, die Linse sei sehr dünn, so fallen *C₁* und *C₂* mit *E*, *D₁* und *D₂* mit *G* zusammen, es wird *AD₁* = *AG* = *a* u. s. w. Nimmt man für die sehr kleinen Winkel die Tangenten, so erhält man:

$$\frac{EG}{a} + \frac{EG}{b} = (n - 1) \left(\frac{EG}{r_1} + \frac{EG}{r_2} \right)$$

oder:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{f},$$

wenn $(n - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{f}$ gesetzt wird.

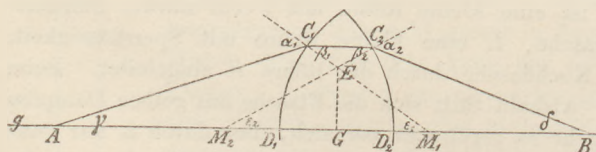


Fig. 2.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Cavendish's Versuch über Massenanziehung als Vorlesungs-Experiment. Von C. V. BOYS. Die Anstellung des Experimentes ist durch die überaus feinen Quarzfäden möglich geworden, deren Herstellung dem Verfasser gelungen ist (*d. Ztschr. I, 129*). Während feine Glasfäden an unvollkommener Elastizität leiden und Wollaston's Platindraht sich als zu leicht zerbrechlich erweist, sind Quarzfäden für Torsionsinstrumente vorzüglich geeignet. Die feinsten Fäden dieser Art sind selbst unter dem Mikroskop nicht sichtbar, ihr Vorhandensein ist aber an den Diffraktionsstreifen zu erkennen, nach deren Zahl auch die relative Stärke der Fäden beurteilt wird; gröbere Fäden geben ein Dutzend und mehr Streifen, die feineren zeigen nur die Farben der ersten Ordnung und einen dunklen Streifen, bei den allerfeinsten ist nur das Weiss oder das Grau der Newton'schen Farbenskala sichtbar. Bei Cavendish's Versuch waren Kugeln von mehreren hundert Pfund Gewicht wirksam, die auf kleine Kugeln von $1\frac{3}{4}$ Pfund einwirkten. Boys ersetzt die ersteren durch Kugeln von $1\frac{3}{4}$ Pfund, die letzteren durch Kügelchen von je 15 Gran. Diese befinden sich an den Enden eines kurzen Hebels, der in einer Glasröhre von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser an einem Quarzfaden aufgehängt ist. Mit dem Faden ist ein Convexspiegel zum Zwecke der Reflektion eines Lichtstrahls verbunden. Bringt man die anziehenden Kugeln aus der einen extremen Lage in die entgegengesetzte, so erhält man einen Ausschlag, der sich im Laufe von $1\frac{1}{3}$ Minuten an der Wand durch eine Verschiebung des Lichtbildes um fast 6 Fuss zu erkennen giebt, worauf langsam die neue Gleichgewichtslage eingenommen wird. Die Kraft, welche in diesem Falle wirksam ist, beträgt noch nicht den zehnmillionsten Teil eines Grains. Das Experiment ist am 14. Juni d. J. der Royal Institution in London vorgeführt worden. (*Nature 40, No. 1028; 1889.*)

Stimmgabeln mit Luft- oder Wasserbetrieb. Von J. R. EWALD in Strassburg. Zur Erregung von Wechselströmen in einem Telephon (für physiologische Zwecke, insbesondere Reizung tierischer Teile) benutzt der Verfasser eine constant schwingende Stimmgabel von der folgenden Konstruktion (Fig. 1). An die eine Stimmgabelzinke (bei horizontaler Stellung die untere, *b*) wird ein etwa 10 mm langer Draht *c* befestigt, der an seinem Ende eine kleine dünne Platte *d* von etwa 5 mm Durchmesser trägt. Diese Platte befindet sich in der Ruhelage der Gabel genau über der Öffnung einer cylindrischen Röhre, deren innerer Durchmesser ein wenig grösser als der der Platte ist, so dass diese beim Schwingen die Platte nie berühren kann. Die Röhre ist an einem festen Träger angebracht und durch einen Gummischlauch mit einer als Windkessel dienenden Flasche von mindestens 1 Liter Inhalt verbunden. Durch einen Bunsen'schen Aspirator oder eine beliebige Wasserstrahlpumpe wird die Luft ausgesaugt; der in der Flasche erzeugte negative Druck, von nur etwa 3 mm Quecksilber, reicht aus um eine Stimmgabel von 50 Schwingungen in der Sekunde dauernd in Bewegung zu setzen. Man kann auch statt des saugenden den drückenden Luftstrom anwenden, muss dann aber die Platte, wie Figur 2 zeigt, am unteren Ende eines Cylinders anbringen, der etwas weiter als die Platte ist. Auch in diesem Fall muss ein Windkessel eingeschaltet werden. (Der Verfasser weist darauf hin, dass auch beim Spielen der Blasinstrumente mit Zungenpfeifen die Residualluft der Lunge von grosser Bedeutung ist.)

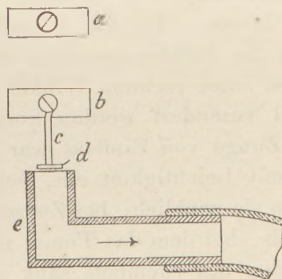


Fig. 1.

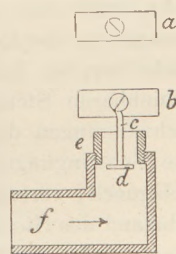


Fig. 2.

Die Konstruktion für Wasserbetrieb ist der eben beschriebenen ähnlich. Mit einem drückenden Wasserstrom kann man die Stimmgabel am ökonomischsten in Bewegung setzen.

Es genügt ein Druck von 50 cm Wasser und ein Strahl von der Dicke eines ganz dünnen Bleistifts (3—4 cm), um starke Schwingungen der Stimmgabel zu erhalten. Zu dem Zweck wird die Röhre *e* in Fig. 2 am oberen Ende zu einem kleinen Becken erweitert, aus welchem das eingeströmte Wasser durch eine seitliche Ableitungsröhre wieder abfließen kann. Wenn die Vorrichtung vorsichtig in Gang gesetzt ist, so spritzt nicht das kleinste Tröpfchen über das Niveau des Wassers im Becken hinaus. Endlich kann man auch einen saugenden Wasserstrom anwenden, indem man das Röhrcchen *e* in Fig. 1 zu einem Becken erweitert. Der Wasserzfluss muss so geregelt sein, dass nie Luft angesogen werden kann. Man lässt deshalb in das Wasserbecken stets mehr Wasser zufließen, als abgesogen wird; das überflüssige Wasser läuft durch ein Seitenrohr ab. Das Saugen wird in diesem Fall durch einen vom Tisch herabhängenden Schlauch bewirkt, der an die Röhre *e* angesetzt ist. Bei dem Wasserbetrieb ist in beiden Fällen gleichfalls die Einschaltung eines Windkessels erforderlich.

Die Apparate werden von dem Mechaniker F. Majer in Strassburg i. E. zum Preise von 20—40 M. geliefert. (*Pflüger's Archiv* 1889.)

Vereinfachung eines akustischen Versuches. Die König'schen Flammenbilder können auf folgende überaus einfache Weise ohne manometrische Kapsel und ohne rotierenden Spiegel dargestellt werden. Den Ton erzeugt man in einem Hörrohr (*cornet acoustique*), an dessen Ende ein kleines Kautschukrohr gesetzt ist; die Mündung dieses Rohrs hält man an eine Kerzenflamme und teilt dieser dadurch die Schwingung des jeweilig hervorgebrachten Tones mit. Der Kerze gegenüber hängt man einen rechteckigen Spiegel an zwei Fäden (etwa über den vorragenden Rand eines Buches, das auf mehrere andere Bücher aufgelegt ist) derart auf, dass ein leichter Anstoss ihn in pendelnde Schwingungen versetzt. Auf diese Weise werden die Flammenbilder sichtbar und können je nach Art des Tones variiert werden. (*La Nature* No. 831, 4. Mai 1889.)

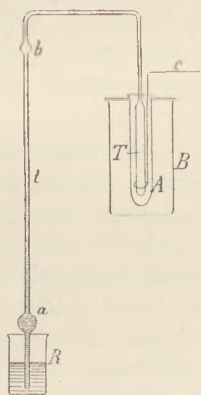
Versuche über das Schwingen freier Zungen. Von FRED. T. TROUTON. Beim Anblasen freier Zungen unter Zuführung der Luft durch eine längere Röhre ist es oft unmöglich einen Ton zu erhalten, namentlich bei niedriger Tonhöhe. Die Einschaltung eines kugelförmigen Hohlraums dicht vor der Zunge, entsprechend der Luftkammer der musikalischen Instrumente mit Zungen, hilft dem in der Regel ab. Ebenso wirksam ist es auch, den Hohlraum unter rechtem Winkel von der Seite her in das Zuführungsrohr einmünden zu lassen. Als die Ursache dieses Verhaltens wurde der Schwingungszustand in der Luft des Zuführungsrohres erkannt. Verband man nämlich mit diesem Rohr dicht vor der Zunge unter rechtem Winkel eine Glasröhre, deren Länge durch einen verschiebbaren Stempel verändert werden konnte, so ergab sich, dass diese Röhre auf die Schwingungen der Zunge von Einfluss war. Bei gewissen Stellungen des Stempels traten die Schwingungen mit Leichtigkeit ein, bei anderen, in der Mitte zwischen den vorigen gelegenen, versagten sie gänzlich; bei Zwischenstellungen erschien der Ton erniedrigt. Der Abstand des Stempels, bei dem das Tönen zuerst voll hervortrat, war ungefähr $\frac{1}{4}$ Wellenlänge; beim Entfernen des Stempels sank der Ton zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ Wellenlänge allmählich, um dann wieder plötzlich auf die alte Höhe zu steigen u. s. f.; durch Korkstaub konnten die Kundt'schen Figuren in der Röhre sichtbar gemacht werden, ohne, wie in der Hauptröhre, durch die Luftströmung beeinträchtigt zu werden. Diese und weitere Versuche ergaben also, dass die Zunge nicht an einem Knoten, sondern in der Nähe eines Schwingungsbauches liegen muss, um voll zu schwingen. Die anfangs erwähnte Wirkung des Zuführungsrohres erklärt sich dementsprechend daraus, dass ein solches Rohr leicht in schwingende Teilstrecken sich zerlegt, während bei einer kugelförmigen Luftmasse eine solche Neigung nicht hervortritt. [Ähnliche Beobachtungen wurden schon auf der deutschen Naturforscherversammlung in Berlin 1886 mitgeteilt.] (*Proc. Dubl. Soc.* VI, N. S., 132, 1888.)

Versuche über elektrodynamische Repulsionen und Rotationen. Von ELIHU THOMSON. Auf der Pariser Weltausstellung von 1889 befindet sich eine Reihe von Apparaten, welche

zu bemerkenswerten Demonstrationsversuchen mit Wechselströmen benutzt werden. (1.) Wird über einen Eisenkern, während Wechselströme durch eine ihn umgebende Spirale gehen, ein Kupferring gehalten, so wird er so heiss, dass er nicht mehr in der Hand gehalten werden kann; durch Verzögerung der Induktionswirkung um $\frac{1}{4}$ Periode würde überdies die Summe der Anziehungen gleich der Summe der Abstossungen sein und daher keins von beiden stattfinden. Wegen der Selbstinduktion im Kupferringe tritt dies nicht genau ein, vielmehr wird der sekundäre Strom stets um einen gewissen anderen Bruchteil verschoben, und die Repulsion wird überwiegend, so dass man den Ring sogar gegen die Wirkung der Schwere im Raum schwebend erhalten kann. (2.) Legt man den Ring auf den Elektromagneten, so kann er wegen ebendieser Abstossung bis 40 cm in die Höhe steigen. (3.) Man kann das magnetische Feld unsymmetrisch machen, indem man auf den Eisenkern eine halbkreisförmige Kupferscheibe legt, die wie ein Schirm wirkt; hält man nun eine kreisförmige, auf einer Spitze schwebende Kupferscheibe darüber, so wird diese nur in der einen Hälfte abgestossen, so dass sie sich neigt und eine rotierende Bewegung annimmt. (4.) Dasselbe tritt ein, wenn man eine Kupferscheibe excentrisch über den Elektromagneten bringt. (5.) Hängt man über den Magnetpol ein Glasgefäss mit Wasser und bringt eine kupferne Hohlkugel hinein, so zeigt diese in sehr auffallender Weise die Phänomene der Repulsion und Rotation. (6.) Eine ringförmige Kupferspirale wird mit einem Glühlämpchen verbunden und das Ganze in das eben benutzte Wassergefäss gebracht. Das Glühlämpchen wird durch die induzierten Wechselströme ins Glühen gebracht und gleichzeitig zeigt sich die Abstossung in einer Bewegung des Lämpchens nach der Oberfläche hin. (*La Nature*, No. 844; 1889.)

Ein Vorlesungsversuch über das Raoult'sche Gesetz. Von G. CIAMICIAN. Das Gesetz von Raoult ermöglicht die Bestimmung des Molekulargewichts derjenigen Körper, die nicht Elektrolyten sind, aus der Erniedrigung des Gefrierpunktes ihrer Lösungen. Zur Demonstration dient ein Apparat, dessen wesentlicher Teil ein Luftthermometer *T* ist. Die Lösung, deren Gefrierpunkt bestimmt werden soll, kommt in ein Probierglas *A* von 2,5 cm Weite und 16 cm Höhe, das in einem weiteren Behälter *B* steht und mit einer Kältemischung (Schnee und Kochsalz) umgeben wird. In das Gläschen *A* taucht das cylinderförmige Gefäss des Luftthermometers von 12 cm Länge und 1,5 cm Durchmesser ein, an welches sich eine zweimal rechtwinklig umgebogene Glasröhre von 1,5 mm innerem Durchmesser anschliesst. Der abwärtsgerichtete Schenkel dieser Röhre taucht in rotgefärbtes Wasser (*R*) und hat zwei kugelförmige Erweiterungen, deren obere *b* das Übertreten der Sperrflüssigkeit in das Thermometergefäss, die untere *a* das Entweichen von Luft bei unvorhergesehener Erwärmung verhindert.

Zuerst bestimmt man den Gefrierpunkt des Wassers, indem man das Gefäss *A* in die Kältemischung einsetzt und während des Abkühlens das Wasser mittelst der Rührvorrichtung *c* in beständiger Bewegung erhält. Die Stelle, bis zu welcher die Sperrflüssigkeit steigt, wird auf einer willkürlichen Skala abgelesen oder durch einen übergeschobenen Kautschukfaden bezeichnet. Dann stellt man eine Reihe von Lösungen verschiedener Körper her (Rohrzucker, Mannit, Aceton, Essigsäure), so dass auf 100 g Wasser Mengen, die dem Molekulargewicht proportional sind, genommen werden (bei den genannten Körpern bez. 34,2, 18,2, 5,8 und 6,0 g). Wiederholt man den Versuch mit diesen Lösungen, so findet man, dass sie sämtlich denselben Gefrierpunkt haben, der an der Röhre des Luftthermometers eine um mehrere cm höhere Lage hat, als der Gefrierpunkt des reinen Wassers. Macht man endlich den Versuch mit der Lösung eines Elektrolyten, z. B. Chlornatrium (5,85 g auf 100 Wasser), so findet man eine weit grössere, in diesem Falle ungefähr doppelte Erniedrigung des Gefrierpunktes. (*Atti Acc. dei Lincei*, (4) V, 12; 1889.)



2. Forschungen und Ergebnisse.

Concentration elektrischer Strahlen durch Linsen. Von O. LODGE und J. HOWARD. Nachdem es H. Hertz gelungen ist, die Strahlen elektrischer Kraft durch ein Harzprisma zu brechen (*vgl. d. Ztschr. II., S. 192*), haben die Verfasser auch die Vereinigung der Strahlen durch Linsen aus Erdpech ausgeführt. Diese Substanz ist zu den Versuchen sowohl durch ihr Isolationsvermögen als auch durch ihren hohen Brechungsindex besonders geeignet. Die Linsen hatten die Form eines hyperbolischen Cylinders, der durch eine ebene Fläche senkrecht zur Achse der hyperbolischen Hauptschnitte begrenzt war. Die Excentricität dieser Hauptschnitte war 1,7, annähernd gleich dem Brechungsindex des Erdpechs für eine unendlich grosse Wellenlänge. Die ebene Begrenzungsfläche war 90 cm breit und 85 cm hoch, die Dicke der Linse betrug 21 cm, das Gewicht 140 kg. Eine solche Linse vereinigt ein Bündel paralleler Strahlen in einer Brennlinie, die mit dem Ort der Brennpunkte aller hyperbolischen Hauptschnitte zusammenfällt. Umgekehrt treten Strahlen, die von der Brennlinie auf die convexe Grenzfläche fallen, aus der ebenen Grenzfläche als ein Bündel paralleler Strahlen aus. Bei den Versuchen wurden zwei derartige Linsen im Abstände von 180 cm aufgestellt, so dass die ebenen Flächen einander zugekehrt waren. Als Schwingungserreger (Vibrator) diente die von Hertz angegebene Vorrichtung, sie war 51 cm von der Convexität der ersten Linse entfernt aufgestellt, was ungefähr einer halben Wellenlänge entsprach. Die direkte Wirkung des Vibrators auf den empfangenden Apparat (Resonator) konnte nur bis auf 120 cm Abstand verfolgt werden, und zwar auch nur unter den günstigsten Bedingungen, d. h. wenn das Zimmer völlig dunkel und die Kugeln des Vibrators frisch gereinigt waren. Bei Anwendung der Linsen hingegen waren die Resonatorfunken im Abstände 250 cm, d. h. an der ebenen Grenzfläche der zweiten Linse, noch ebenso stark wie diejenigen, die bei direkter Wirkung in 100 cm Abstand erhalten wurden. Die Bestimmung des Convergenzpunktes jenseits der zweiten Linse bot einige Schwierigkeit; doch gelang es, einen merklichen Unterschied zwischen der Funkenstärke an der Linsenoberfläche und in der Brennlinie nachzuweisen. Auch konnte jenseits der Brennlinie eine Divergenz des Strahlenkegels wahrgenommen werden. Beugungserscheinungen hingegen, welche den Newton'schen Ringen entsprechen würden, hat man bisher noch nicht bemerken können. (*Phys. Soc. 11. Mai 1889; Chem. News 59, 249.*)

Fortleitung elektrischer Wellen durch Drähte. Von H. HERTZ. Theoretische Überlegungen führten den Verfasser zu dem Schluss, dass bei schnell wechselnden Strömen das Innere des leitenden Drahtes überhaupt nicht affiziert wird; dies würde einer von Heaviside und Poynting angegebenen, aus Maxwell's Gleichungen gefolgerten Auffassung entsprechen, wonach sich die den Strom bedingende elektrische Kraft nicht in dem Draht selber fortpflanzt, sondern von aussen her verhältnismässig langsam in ihn eindringt. Die Versuche bestätigten jenen Schluss. Die früher beschriebenen Induktionswirkungen erwiesen sich unfähig, eine noch so dünne Metallhülle zu durchdringen, welche den sekundären Leiter umgab; dies ist um so auffälliger, als bei relativ langsamen Stromschwankungen die Integralkraft der Induktion durch die Schutzhülle überhaupt nicht beeinträchtigt wird. In ähnlicher Weise schützt eine die Wärme schlecht leitende Hülle ihr Inneres vollständig gegen schnelle Schwankungen der äusseren Temperatur, weniger gegen langsame Schwankungen und gar nicht gegen dauernde Erhöhung oder Erniedrigung derselben. Das Aufhören der Induktionswirkung wurde auch beobachtet, wenn der sekundäre Draht (mit seiner Funkenstrecke) von mehreren dünnen Drähten umgeben wurde, die zwischen zwei senkrecht zum Draht gestellten Scheiben von 15 cm Durchmesser gespannt waren; dies ist ein elektrodynamisches Analogon zu dem elektrostatischen Versuch des „elektrischen Vogelbauers“. Endlich wurden statt eines schützenden Metallrohrs Röhren von immer geringerer Wandstärke benutzt; nur bei versilberten Glasröhren gelang es Schichten von solcher Dünne zu erhalten, dass trotz ihres Schutzes Funken im Inneren auftraten, aber auch nur dann, wenn die Silberschicht schon nicht mehr völlig undurch-

lässig für Licht und sicher dünner als $\frac{1}{100}$ mm war. Lässt man die Schutzhülle mit der Oberfläche des Drahtes zusammenfallen, so ändert sich nichts Wesentliches; die Wirkung der Wellen dringt kaum tiefer in den Draht ein als das Licht, welches von seiner Oberfläche reflektiert wird. „Den eigentlichen Sitz dieser Wellen werden wir also auch nicht im Drahte suchen dürfen, sondern eher vermuten, dass er in seiner Umgebung sich befindet, und statt zu sagen, dass unsere Wellen sich im Drahte fortpflanzen, werden wir besser sagen, dass dieselben an dem Drahte entlang gleiten.“

Wenn Induktionsfunken im Innern von Metallhüllen entstehen, die nicht vollständig geschlossen sind, so würde gemäss der gegebenen Deutung der Erscheinungen zu folgern sein, dass die elektrische Erregung nicht durch die Metallhülle, sondern durch die vorhandenen Öffnungen eingedrungen sei. Auch diese auffallende Folgerung hat H. HERTZ durch überzeugende Versuche bestätigt. Der sekundäre Draht wurde durch eine aus Drähten gebildete Trommel geleitet, deren eine Endfläche völlig metallisch geschlossen war, während die andere eine centrale Öffnung hatte, durch welche der Draht heraustretet. Leitete man den induzierenden Wellenzug in der Richtung von der ersten zur zweiten Endfläche, so trat im Innern ein Funkenstrom auf, der verschwand, wenn man die centrale Öffnung verschloss, und an Stärke abnahm, wenn man das heraustretende Stück des Drahtes mit einer Schutzhülle von beträchtlicher Länge umgab. Weitere Bestätigungen ergaben sich aus der Beobachtung stehender Wellen im Innern der Trommelhülle.

Alle Fortpflanzung der elektrischen Erregung geschieht hiernach durch die Nichtleiter, während die Leiter ihr einen für schnelle Änderungen unüberwindlichen Widerstand entgegensetzen. „Unzweifelhaft sind die Metalle Nichtleiter für die elektrische Kraft, eben dadurch zwingen sie dieselbe unter gewissen Verhältnissen sich nicht zu zerstreuen, sondern zusammenzubleiben, und werden so Leiter des scheinbaren Ursprungs dieser Kräfte, der Elektrizität, auf welche sich die übliche Terminologie bezieht.“ (*Wied. Ann.* 37, 395; 1889.)

Über Eigenschaften und Constitution von Lösungen. Die zahlreichen Arbeiten, welche in den letzten Jahren über die verschiedenen, mit der Auflösung fester Körper verbundenen Vorgänge veröffentlicht worden sind, haben höchst wichtige Resultate ergeben.

Es ist längst bekannt, dass die Löslichkeit eines Stoffes, abgesehen von der Art des Lösungsmittels, zunächst von der Temperatur abhängt, und dass es daher — unbeschadet der Existenz übersättigter Flüssigkeiten — Grenzen der Concentration giebt. Nicht immer jedoch vermehrt sich die Löslichkeit der Wärmezufuhr entsprechend; so nimmt dieselbe für das normale buttersaure Calcium von 0—60° ab, von hier an aber zu, während sie für das entsprechende isobuttersaure Salz bis zu 80° fortwährend ansteigt (G. CHANCEL und F. PARMENTIER, *C. R.* 104, 1887).

Auch der auf die Flüssigkeiten ausgeübte Druck ist von Einfluss. So hat F. BRAUN (*Wied. Ann.* 30, 1887) gefunden, dass Substanzen, welche unter Wärmeverbrauch von ihrer nahezu gesättigten Lösung aufgenommen werden und dabei eine Contraction bewirken, bei Vermehrung des Druckes sich stärker lösen. Ein derartiges Verhalten kommt, wie es scheint, den meisten Körpern, z. B. dem Kochsalz, Alaun und Glaubersalz, zu. Einige Stoffe jedoch zeigen beim Auflösen Volumzunahme oder die entgegengesetzte Wärmetönung; diese müssen der Theorie nach bei Drucksteigerung teilweise ausfallen; für eine gesättigte Salmiaklösung trat diese Erscheinung so deutlich ein, dass das Auskrystallisieren des Salzes durch Vermehrung des Druckes als Vorlesungsversuch benutzt werden konnte. — Eine Ausdehnung scheinen bei der Auflösung übrigens nur wenige Verbindungen wie, ausser dem schon erwähnten Chlorid des Ammoniums, dessen Bromid und Jodid, sowie Weinsäure, hervorzurufen; fast stets tritt Contraction ein, nach J. G. MAC GREGOR haben sogar die sehr verdünnten Lösungen des diphosphorsauren Natriums und der Soda ein geringeres Volumen als das darin enthaltene Wasser.

Viele lösliche Salze scheiden sich bekanntlich bei der Krystallisation als wasserhaltige Verbindungen aus. In welcher Weise sie den neuen Anteil gebunden halten, ist wenig bekannt. Die Wärmetönungen bei den Hydrationen und Dehydrationen geben nach

S. U. PICKERING (*Journ. Chem. Soc. London 1886 u. 87* und *Chem. News 54, 1886*) keine sichere Entscheidung; sogar die Darstellung derartiger Hydratsalze mit dem genauen theoretischen Wassergehalt ist wegen des stets mechanisch eingeschlossenen, sogenannten Decrepitationswassers äusserst schwierig. Dass derartige Hydrate mit bestimmtem Wassergehalt schon in den Lösungen, wo sie mit dem Überschuss der Solventien vermischt sind, präexistieren, ist manchmal unzweifelhaft; in anderen Fällen jedoch scheinen unbestimmte, durch physikalische Kräfte beeinflusste Verbindungen der Salze und des Wassers, ähnlich den Legierungen und den Krystallen isomorpher Körper, zu entstehen. Besonders muss nach W. W. J. NICOL und CH. TOMLINSON für übersättigte Lösungen, z. B. von unterschwefligsaurem Natrium und Glaubersalz, angenommen werden, dass in diesen alle Wassermolekeln in gleicher Weise mit denen des Salzes verbunden sind, und nicht ein Teil derselben besonders nahe als Krystallwasser. — Dass die Vorgänge der Auflösung teils positive, teils negative Wärmewirkungen ergeben, erklärt PICKERING dadurch, dass einerseits die Bildung von Hydraten Wärme entwickelt, dass aber auch andererseits Wärmeabsorption stattfindet, da ja im verflüssigten Körper die Molekeln weiter aus einander gerückt sind als vorher im festen. Die in der Lösung vorhandenen, im festen Zustande meist unbekanntes Hydrate sind nach demselben Autor von der Temperatur abhängig. So ergab sich für Chlorkalium, dass die Lösungswärme von $3-9^{\circ}$ pro Grad um 50 cal., aber von $9-25^{\circ}$ nur um 38 cal. pro Grad wächst; der Grund für diese Abnahme ist jedenfalls, dass bei steigender Temperatur in der Lösung wasserärmere Hydrate entstehen, und dass durch die Zersetzung der vorher vorhandenen, complicierteren Molekeln Wärme verbraucht wird.

Im Gegensatz zu dieser Hydrattheorie steht die Dissociationstheorie der gelösten Stoffe, welche besonders auf den wichtigen, meist in der *Zeitschrift für physik. Chemie* veröffentlichten Arbeiten von PLANCK, ARRHENIUS und OSTWALD beruht (vgl. hierüber die zusammenfassende Übersicht von P. JACOBSON, *Naturw. Rundschau III, S. 477 ff., 1888*). Als Ausgangspunkt dienen gewisse physikalische Eigenschaften der Lösungen, besonders die Thatsache, dass der Erstarrungspunkt dieser stets unter dem des Lösungsmittels liegt. Ferner hängt die molekulare Gefrierpunktniedrigung — d. h. diejenige Erniedrigung, welche 1 Grammolekel des gelösten Stoffes in 100 g des Lösungsmittels hervorbringt — nur von der Art des Lösungsmittels, nicht von derjenigen der aufgelösten Substanz ab, derart, dass für dieselbe Flüssigkeit alle Stoffe die gleiche molekulare Erniedrigung erzeugen. Ist nun diese zahlenmässig durch Versuche bestimmt, so ist es umgekehrt möglich, aus ihr das Molekulargewicht für andere, in dieser Flüssigkeit lösliche Körper herzuleiten. Die so gefundenen Werte stimmen jedoch nicht immer mit den aus der Dampfdichte u. s. w. berechneten überein; vielmehr muss angenommen werden, dass in gewissen Lösungen Doppelmolekeln existieren, während im Wasser die Molekeln vieler Stoffe, besonders der Salze, Basen und starken Säuren, zerfallen. — Auch aus anderen Gründen gelangt OSTWALD zu ähnlichen Anschauungen für gelöste Stoffe, sofern sie Elektrolyten sind. Darnach würden diese, ähnlich wie die Gase eine allmähliche Dissociation durch die Wärme erfahren, je nach dem Grade der Verdünnung der Lösung nach und nach in ihre Ionen zerfallen. Jedoch sind gegen diese Hypothese, gemäss welcher z. B. in einer verdünnten Chlorkaliumlösung freie Kalium- und Chloratome anzunehmen sind, vielfache Einwendungen erhoben worden.

Für manche saure und Doppelsalze ist der Nachweis einer derartigen Dissociation auch anderweitig versucht worden. So hat die Untersuchung des optischen Drehungsvermögens ergeben, dass saures weinsaures Natrium oder Kalium bei starker Verdünnung in normales Salz und freie Säure zerfällt, während bei steigender Concentration der Gehalt an saurem Salze ansteigt. Die sauren Alkalisalze der Äpfelsäure zeigen ähnliches Verhalten, und das weinsaure Kalium-Natrium scheint sogar in concentrirter Lösung vollkommen in seine beiden Bestandteile dissociirt zu sein (vgl. TH. THOMSEN, *Journ. prakt. Chemie 1886*).

Dass Doppelsalze in wässrigen Lösungen nicht bestehen können, ist schon vor längerer Zeit auch daraus gefolgert worden, dass einige derselben durch Membranen so diffundieren, wie wenn sie nicht Verbindungen, sondern nur Mischungen ihrer Componenten wären. Fr. RUEDORFF (*Ber. der deutschen chem. Gesellsch.* 1888) hat diese Verhältnisse von neuem geprüft. Es ergab sich, dass gewisse Doppelsalze in der That nicht als solche durch tierische Häute hindurchgehen. Viele Doppelsulfate wie $K_2 SO_4 + Mn SO_4 + 6 aq$, $K_2 SO_4 + Cr_2 (SO_4)_3 + 24 aq$ u. s. w., ferner $2 K Cl + Zn Cl_2 + aq$ lassen ihren alkalischen Bestandteil stärker als den anderen diffundieren, sind also jedenfalls im Wasser zerlegt worden. Andere Doppelsalze aber verhalten sich unter dieser Bedingung, wie wenn ihre Molekel nicht zersetzt wären, z. B. viele oxalsaure und weinsaure Verbindungen, desgl. $2 Na Cl + Pt Cl_4 + 6 aq$, $K Cy + Ag Cy$ u. s. f. — Nach den Diffusionserscheinungen würde mithin die Dissociationstheorie nur für die Lösungen gewisser, nicht aller Verbindungen gelten.

J. Schiff.

3. Geschichte.

Zur Geschichte der Lehre vom Kraftwechsel. Unter dieser Überschrift wird von W. PREYER in der *Deutschen Rundschau*, 1889, VIII/IX ein Briefwechsel zwischen J. Robert Mayer und W. Griesinger veröffentlicht; von jenem sind acht, von diesem sechs Briefe mitgeteilt, die aus den Jahren 1842 bis 1845 stammen. Die Briefe Mayer's zeigen den Entdecker „in seiner ganzen Ursprünglichkeit, Klarheit, Entschiedenheit und logischen Stärke“. Der erste Brief ist vom 30. November 1842 datiert, also ein halbes Jahr nach dem Erscheinen des Aufsatzes „*Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur*“ in LIEBIG'S Annalen der Chemie. Die Darlegungen dieses Aufsatzes finden durch die briefliche Erörterung eine wertvolle Ergänzung. „*Ursache und Wirkung bezeichnen überhaupt nichts als die verschiedenen Erscheinungsformen eines und desselben Objectes*“. Wie Bewegung sich verwandelt in räumlichen Abstand ponderabler Objecte (Fallkraft), ebenso verwandeln sich Wärme in Bewegung und Bewegung in Wärme. Dieser Begriff der Verwandlung bildet den hauptsächlichsten Gegenstand der Einwürfe Griesinger's und wird andererseits von Mayer mit Erfolg aufrecht erhalten; dieser folgert die Berechtigung dazu vor allem aus der Thatsache der constanten Grössenbeziehung, welche zwischen Wärme und Bewegung besteht und in der von ihm gefundenen Äquivalentzahl ihren Ausdruck findet. Im Zusammenhange damit verwirft Mayer die Hypothese eines Wärmestoffes gänzlich. „*Sagt man, die Wärme ist eine Materie, so hat man damit bekanntlich nur eine reine Hypothese weiter ausgesprochen, wodurch Thatsachen auf falsche Weise präjudiziert werden.*“ Andererseits aber muss immer von neuem daran erinnert werden, dass Mayer selber durchaus nicht die Ansicht, die Wärme sei Bewegung, aufgestellt hat. Schon in der Erstlingschrift heisst es: „*So wenig aus dem zwischen Fallkraft und Bewegung bestehenden Zusammenhange geschlossen werden kann, das Wesen der Fallkraft sei Bewegung, so wenig gilt dieser Schluss für die Wärme. Wir möchten vielmehr das Gegenteil folgern, dass, um zu Wärme werden zu können, die Bewegung — — aufhören müsse, Bewegung zu sein.*“ Mayer ist soweit entfernt davon, sich eine Vorstellung zu bilden, wie aus der verschwindenden Bewegung Wärme entstehe, dass er sogar äussert, es wäre von dem menschlichen Geiste zu viel verlangt, darüber Aufschluss zu erlangen (Brief III, S. 221). E. Mach ist daher, entgegen der Meinung des Herausgebers der Briefe, im Recht, wenn er behauptet: die Entdeckung, dass die Wärme Bewegung sei, werde angestaunt, obwohl sie niemals gemacht worden sei.

Die hier veröffentlichten Briefe geben eine neue Bestätigung dafür, dass Robert Mayer schon damals mit den Arbeiten Gay-Lussac's bekannt war, auf die er sich 1845 in der Schrift „Über die organische Bewegung und den Kraftwechsel“ ausdrücklich berief. Bei der Berechnung des Wärmeäquivalentes (365 kgm) hatte er das Verhältnis der Wärmecapacitäten der Luft bei constantem Druck und constantem Volum benutzt, zugleich aber voraussetzen müssen, dass zur Ausdehnung eines Gases an und für sich kein Wärmeaufwand erforderlich sei. Diese Voraussetzung gründete er auf einen Versuch Gay-Lussac's, der später von Joule wiederholt wurde und gewöhnlich diesem zugeschrieben

wird. Der Versuch findet sich (wie Mayer selbst in den *Comptes Rendus* (29) 1849, p. 534 angiebt) in den *Mém. d'Arcueil* I, 180 (1809) veröffentlicht. Zwei Glasballons von je 12 Liter Inhalt, mit empfindlichen Alkoholthermometern versehen, wurden luftleer gepumpt, der eine mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt, und nach 12 Stunden die Verbindung zwischen beiden hergestellt; dabei ergab sich, dass die Temperaturabnahme in dem einen Ballon genau gleich der Temperaturzunahme im anderen war, dass also bei der Ausdehnung eines Gases in einen leeren Raum weder Wärme erzeugt noch verbraucht wurde. Noch heut ist es nicht allgemein bekannt, dass dieser Versuch von Gay-Lussac herrührt und dass Robert Mayer sich auf diesen Versuch stützte, obwohl gerade durch diese Ableitung erst seine Entdeckung aus einer theoretischen Spekulation zu einer fundamentalen physikalischen Leistung wurde. — Aus den Briefen ergibt sich auch, dass die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile für Mayer der stärkste subjektive Grund für die Wahrheit seiner Behauptungen gewesen ist: „*Ein Beweis, der, für mich subjektiv, die absolute Wahrheit meiner Sätze darthut, ist ein negativer; es ist nämlich ein in der Wissenschaft allgemein angenommener Satz, dass die Konstruktion eines mobile perpetuum eine theoretische Unmöglichkeit sei (d. h. wenn man von allen mechanischen Schwierigkeiten wie Reibung etc. abstrahiert, so bringt man es doch auch in Gedanken nicht hin); meine Behauptungen können aber alle als reine Konsequenzen aus diesem Unmöglichkeitsprinzipie betrachtet werden; leugnet man mir einen Satz, so führe ich gleich ein mobile perpetuum auf.*“ (Brief III, S. 224). Dass Robert Mayer jene Unmöglichkeit auch für theoretisch erweisbar hielt, ist nebensächlich und beeinträchtigt den Wert seiner Überzeugung nicht, die in einer „ungewöhnlichen Stärke des intellektuellen Instinkts“ (Macu) ihre eigentliche Wurzel hat. Noch heut bildet die thatsächliche Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile die wesentlichste Stütze für das Gesetz von der Erhaltung der Kraft. Auch v. Helmholtz geht in seiner berüht gewordenen Abhandlung von 1847 von der Annahme aus, „dass es unmöglich sei, durch irgend eine Combination von Naturkörpern bewegende Kraft fortdauernd aus nichts zu erschaffen.“ Es geht daher nicht an zu behaupten, dass das Gesetz von der Erhaltung der Kraft ohne den Nachweis der Unveränderlichkeit des von Mayer entdeckten Verhältnisses von Arbeit und Wärme und ohne den Nachweis, dass ungleichartige Prozesse denselben Zahlenwert liefern, in der Luft schweben und dass erst die Versuche von J. P. Joule die Constanz unzweifelhaft festgestellt haben; ebensowenig ist es zutreffend, dass Mayer die Constanz jener Zahl rein theoretisch erschlossen und bloss behauptet habe, wie W. PREYER (a. a. O. S. 227) meint. Auf den unbedingten Wert der Feststellungen R. Mayer's hat vornehmlich E. DÜHRING in seiner Schrift „Robert Mayer, der Galilei des neunzehnten Jahrhunderts“ hingewiesen. P.

Die Erfindung der Photographie. Der erste, der das Problem löste, mit Hilfe des Lichtes ein Bild auf lichtempfindlichem Material zu erzeugen, war ein deutscher Arzt, JOHANN HEINRICH SCHULZE in Halle. Er liess (1727) Sonnenlicht durch eine dunkle Schablone, in welcher Buchstaben ausgeschnitten waren, auf einen silberhaltigen Niederschlag fallen und sah, wie durch das Licht die Buchstaben schwarz auf dem Niederschlag wiedergegeben wurden; so erhielt er die erste Photographie. Siebzig Jahre später machten WEDGEWOOD und DAVY ähnliche Beobachtungen, sie wählten aber nicht den lockeren Silberniederschlag, sondern im Licht sich bräunendes Silberpapier; DAVY liess Bilder des Sonnemikroskops darauf fallen, war also der erste Mikrophotograph. NICÉPHORE NIÉPCE kam auf den glücklichen Gedanken, auch körperliche Gegenstände direkt abzubilden und verwandte dazu die bis dahin nur als Spielerei betrachtete Camera obscura; deren Einführung ist sein unsterbliches Verdienst. Er ist überdies auch der Erfinder des Asphaltprozesses und damit des photographischen Druckverfahrens. Wie er darauf gekommen ist, scheint noch nicht genügend aufgeklärt. Er fand, dass seine mit Asphalt überzogenen Kupferplatten, unter positiven Zeichnungen belichtet, an den vom Licht getroffenen Stellen verändert würden; der Asphalt war durch das Licht unlöslich gemacht und beim Behandeln mit ätherischem Öl blieben nur diese vom Licht getroffenen Stellen

auf der Metallplatte zurück; die andern wurden aufgelöst, das Metall somit bloss gelegt und dem Angriff von Ätzmitteln zugänglich gemacht. Auf diese Weise entstand ein vertieftes Bild, das in der Kupferdruckpresse verwendbar war. Indessen gehörten viele Stunden, selbst Tage dazu, um diese Wirkung auf Asphalt hervorzubringen.

DAGUERRE endlich, der mehrere Jahre mit NIÉPCE zusammen gearbeitet hatte, machte nach dessen Tode, vom Zufall begünstigt, eine Entdeckung, durch welche die stundenlange Belichtungszeit in der Camera auf Minuten reduziert wurde. Er stellte fest, dass auch ein kurz dauernder, noch unsichtbarer Lichteindruck auf Jodsilber sichtbar gemacht werden kann durch Quecksilberdämpfe, indem diese sich nur an den belichteten Stellen niederschlagen — eine Erscheinung, die bis heut noch keine genügende Erklärung gefunden hat. Durch diesen Prozess wurde die am stärksten belichtete Stelle am hellsten, die in der Camera belichtete Jodsilberplatte gab also nach kurzer Belichtungszeit ein positives Bild. Erst mit der Erfindung dieses Entwicklungsprozesses trat die Photographie im heutigen Sinne in das Leben, ihre Verkündigung geschah durch DAGUERRE im Palais Mazarin am 19. August 1839, dieser Tag ist somit als der Geburtstag der wunderbaren Kunst anzusehen, die noch jährlich und täglich neue Wunder enthüllt. In demselben Jahre veröffentlichte auch FOX TALBOT die von ihm erfundene Photographie auf Papier, die bald durch Einführung des Eiweisses und des Collodiums als Bildschicht erheblich an Feinheit gewann und nach und nach das alte Daguerre-Verfahren aus dem Felde schlug. (*Photographische Mitteilungen 1889 Heft 9, No. 396.*)

4. Unterricht und Methode.

Die Astronomie im Lehrplan der Gymnasien. Je mehr sich die Überzeugung Bahn bricht, dass aller naturwissenschaftliche Unterricht auf unorganischem Gebiet im Verständnis der grossen kosmischen Vorgänge seine Krönung findet, um so mehr müssen sich Bedenken erheben gegen die Behandlung, welche die astronomischen Lehren im heutigen Unterrichtsbetrieb erfahren. Diese Lehren fallen zum Teil der untersten Klasse zu, wo eine Einführung in die astronomische Geographie den Beginn des geographischen Unterrichts bildet, ohne auf Verständnis rechnen zu können, zum Teil der obersten Klasse, wo es naturgemäss an Zeit mangelt, um mit der nötigen Ausführlichkeit auf die anschaulichen Grundlagen unserer Kenntnis vom Himmelsgebäude einzugehen. In Österreich ist die Einführung in die astronomische Geographie auf die drei untersten Klassen verteilt, auch hier aber gelangen die „Instruktionen“ nicht zu einer nach streng induktiven Grundsätzen entworfenen Methode. In einem Vortrage: „Die Astronomie und die astronomische Geographie an unseren Gymnasien“ (veröffentlicht in der Zeitschrift *Oesterreichische Mittelschule, III. Jahrg., Wien, Hölder, 1889*) fordert A. HÖFLER, dass der vorgeschriebene astronomische Lehrstoff auf die gesamte Lehrzeit verteilt werde, einerseits mit Rücksicht auf die längere Periode der in der Natur selbst sich abspielenden Vorgänge, an deren wirkliche Beobachtung der Unterricht überall nach Möglichkeit anzuknüpfen hat, andererseits mit Rücksicht darauf, dass in den verschiedensten Abschnitten der Physik, namentlich in Mechanik und Optik, die Anschauung des grösseren Teils astronomischer Thatsachen bereits vorausgesetzt wird. „Wir glauben heut jeden Gymnasialschüler bekannt machen zu sollen mit den letzten Resultaten der Erklärungen, die Newton und seine Nachfolger von den feinsten Einzelheiten himmlischer Bewegungen, wie es Präcession und Nutation sind, gegeben haben: aber wir unterlassen es, uns zu überzeugen, ob der Schüler auch nur die grössten Züge jener Erscheinungen, zu welchen sich die des angeführten Beispiels wie Glieder zweiter und dritter Ordnung verhalten, in sich aufgenommen habe.“ An der Hand der österreichischen „Instruktionen“ unterzieht der Verfasser die heutige Behandlung dieses Unterrichtes einer eingehenden Kritik und gelangt dabei zu folgenden Vorschlägen für die Verteilung des astronomischen Unterrichtsstoffes, die zunächst auf österreichische Gymnasien berechnet und auf deutsche leider nicht bis ins Einzelne übertragbar sind, weil diesen die physikalischen Lehrstunden in den Mittel-

klassen bis jetzt fehlen): I. (unterste) Klasse. Beobachtungen des Standes der Sonne in Bezug auf das Schul- und Wohnhaus zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten. Orientierung nach Aufgang, Untergang und Culmination der Sonne. Beschreibung der jährlichen Schraubenbewegung der Sonne in Bezug auf den Schulort, und hieraus Erklärung der Beleuchtungs- und Erwärmungsverhältnisse zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten innerhalb der Heimat. — II. Klasse. Beschreibung des täglichen und jährlichen Sonnenlaufs für Länder anderer geographischer Breiten und Längen. Erklärung der letzteren Begriffe und der klimatischen Grundthatsachen aus der Lage der verschiedenen Teile der Erdoberfläche zur jährlichen Schraubenbahn der Sonne (vgl. des Verfassers Schraubenbahnmodell in dieser Zeitschrift, II. Jahrg. S. 167). — III. Klasse (Physik). Beschreibung der Erscheinungen am Fixsternhimmel, Phasen und Umlauf des Mondes. Jährliche Bewegung der Sonne in der Ekliptik (vgl. den Ekliptikapparat, a. a. O. S. 169). — IV. Klasse (Physik). Grundvorstellungen von der täglichen Bewegung der Erde um ihre Achse und ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne. Anwendung dieser Vorstellungen zur Erklärung der in I. bis IV. gesammelten astronomisch-geographischen Kenntnisse. — In V. und VI. würde besonders gelegentlich des mathematischen Unterrichts auf Aufgaben aus der Astronomie (HEIS § 63 u. a.) einzugehen sein. In VII. können bei der Mechanik die einschlägigen Teile der Astronomie besprochen werden, in VIII. endlich hat die bereits in den Lehrplänen der Oberstufe vorgeschriebene abschliessende Behandlung der astronomischen Lehren stattzufinden.

Durch einen solchen methodisch fortschreitenden Unterrichtsgang würde die Unnatürlichkeit des heute üblichen Ausgehens von den Dogmen der Kugelgestalt und der Bewegung der Erde schwinden und statt des Telluriums die unmittelbare Gewinnung eigener Anschauung eintreten. Durch frühzeitige, unbefangene Beschäftigung mit den Thatsachen selbst würde im Schüler ein freudiges Interesse an den kosmischen Vorgängen erweckt werden, dessen wissenschaftliche Vertiefung zu den edelsten Aufgaben des Gymnasialunterrichts zählen dürfte. „Wie anders würden die ungeheuren Gedanken eines kopernikanischen Systems, einer himmlischer Mechanik Newtons, als hohe Offenbarungen gefühlt, wenn sie ein liebgewonnenes Gebiet von Erscheinungen in dem Lichte ungeahnt hoher, aber nun auch in ihrer ganzen Grösse verstandener Einsichten zeigten.“ Die humanistische Wirkung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, von welcher der Verfasser in dieser Zeitschrift (II 1) bereits so Wichtiges zu sagen wusste, wird durch einen solchen Betrieb der Astronomie sicher aufs kräftigste gefördert werden. P.

Die Definition von „Energie“ und „Arbeit“. Im *Philosoph. Magazin* vol. 27 (1889), p. 115 giebt SIMON NEWCOMB über die beiden zuweilen verwechselten Begriffe eine beachtenswerte Auseinandersetzung. Die üblichen Definitionen beziehen sich auf einen bewegten Körper; die kinetische Energie wird durch $\frac{1}{2}mv^2$, die Arbeit durch ps gemessen. Beide Definitionen ergeben daher im Hinblick auf die Relativität der Bewegung anscheinend willkürliche Grössen, über deren etwaigen absoluten Betrag sich nichts ausmachen lässt. Der Verfasser weist nun dem Arbeitsbegriff einen absoluten Charakter zu, indem er eine schärfere Fassung des dritten Newton'schen Gesetzes zu Grunde legt. Die von ihm vorgeschlagene Fassung ist diese: „Kräfte sind nur zwischen Körpern vorhanden; jede Kraft, die auf einen Körper A wirkt, besteht demnach in einer Wechselwirkung zwischen diesem Körper und irgend einem zweiten Körper B, derart dass die Wirkungen auf beide Körper gleich und entgegengesetzt sind.“ Daraus ergibt sich die folgende Definition der Arbeit: „Die von einer Kraft geleistete Arbeit ist das Produkt der Intensität dieser Kraft mit der Strecke, um welche die beiden materiellen Punkte, zwischen denen sie wirkt, sich einander nähern oder von einander entfernen; die Arbeit ist positiv, wenn die Näherung oder Entfernung in der Richtung der Kraft stattfindet, negativ im umgekehrten Fall.“ Diese Definition ist augenscheinlich unabhängig von der Wahl eines Punktes, auf welchen die Bewegung der beiden Körper zu beziehen wäre. Anders ist es bei der Energie, deren Definition ohne eine solche Voraussetzung nicht möglich ist. Betrachtungen dieser Art sind hinreichend,

alle Spekulationen über eine apriorische Natur des Gesetzes der Erhaltung der Energie als unhaltbar zu kennzeichnen. — Ähnliche Ausführungen über das Verhältnis von Energie und Kraft macht R. HOPPE gelegentlich einer Rezension im Archiv f. Math. u. Physik (2) VII, 3, Lit. Ber. S. 34.

Das Rollen auf der schiefen Ebene. Von AL. HANDL in Czernowitz. (*Österr. Zeitschr. für das Realschulwesen, Jahrg. XIV, Heft V, S. 274—278.*) Unter Bewegung auf der schiefen Ebene versteht man in der Mechanik das Gleiten eines Körpers längs der Fall-Linie eines Abhangs von constanter Neigung, wobei sämtliche Punkte parallele Bahnen durchlaufen. Bei mangelnder Reibung wäre es jedem Körper bei jeder Stellung möglich, sich derartig zu bewegen, in Wirklichkeit ist aber die Fähigkeit dazu an die Bedingung geknüpft, dass das vom Schwerpunkt des Körpers auf die schiefe Ebene gefällte Lot diese innerhalb der Unterstützungsfläche trifft. Ist α die Neigung, ρ der Reibungscoefficient, so ist $g \sin \alpha - \rho g \cos \alpha$ die längs der schiefen Ebene abwärts gerichtete Beschleunigung.

Auch ganz unregelmässig gestaltete Körper können sich auf einer schiefen Ebene abwärts bewegen, doch würde die vollständige Diskussion dieser Bewegung sehr compliciert werden, der Schwerpunkt würde keine gerade, gleichmässig fallende Linie beschreiben, und mit Perioden des Gleitens würden Sprünge abwechseln. Wenn aber ein zum Teil cylindrischer Körper die schiefe Ebene in einer wagerechten Geraden berührt, und sein Schwerpunkt auf der Axe des Cylinders liegt, wird die Bewegung einfach. Dass ein solcher auf einer schwach geneigten schiefen Ebene, auf der er bei anderer Lage oder grösserer Unterstützungsfläche in Folge der Reibung ruhen könnte, mit gleichförmig wachsender Geschwindigkeit herabrollt, wird in ausführlicheren Lehrbüchern der Physik gezeigt und ist auch in dieser Zeitschrift schon öfter berührt worden. HANDL stellt sich nun die Aufgabe, die Bewegung bei grösserem Neigungswinkel zu untersuchen, sie lässt sich wie das Rollen in eine fortschreitende Bewegung der Axe und in eine Drehung um dieselbe zerlegen. Die letztere erfolgt in demselben Sinne wie beim Rollen, aber nicht immer in der dazu erforderlichen Stärke, so dass der augenblickliche Berührungspunkt, der bei einem rollenden Körper ruht, hier auch abwärts gleiten kann. In Schell's „Theorie der Bewegung und der Kräfte“ findet man den hierauf bezüglichen überraschenden Satz, dass die Neigung η , bis zu welcher eine rollende Bewegung möglich ist, weit grösser sein kann, als der Grenzwinkel ε für gleitende Bewegung. Während $\operatorname{tg} \varepsilon = \rho$, wird $\operatorname{tg} \eta = \rho(1 + mr^2/T)$, wo r der Radius der cylindrischen Berührungsfläche, m die Masse, T das Trägheitsmoment für die Axe des Cylinders ist. Für einen leichten Cylinder, in dessen Axe eine sehr schwere Masse concentrirt ist, wird η fast $= 90^\circ$, für einen sehr dünnen Cylinder, dessen Enden beiderseits über die schiefe Ebene hervorragen und in schwere Kugeln auslaufen, wird η fast $= \varepsilon$. Ferner ist für einen Cylindermantel $\operatorname{tg} \eta / \operatorname{tg} \varepsilon = 2$, für eine Kugelschale $= 2^{1/2}$, für einen massiven Cylinder $= 3$, für eine Kugel $= 3^{1/2}$.

HANDL gelangt zu diesem Resultate nicht. Geleitet durch die Analogie mit der rollenden Bewegung, legt er seinen Entwicklungen eine Annahme zu Grunde, die sich nicht bewährt. Sie führt dazu, die Einwirkung der drehenden Kräfte so zu berechnen, als ob der augenblickliche Berührungspunkt fest wäre.

Nehmen wir, um den oben angeführten Satz abzuleiten, zunächst an, dass die Ebene sehr steil sei und die Berührungs-Stelle des Körpers wirklich abwärts gleite. Dann ist die in diesem Punkte angreifende Reibungskraft aufwärts gerichtet und $= m \cdot \rho g \cos \alpha$. Verlegt man dieselbe nach dem Schwerpunkt, so greift hier im ganzen die Kraft $m(g \sin \alpha - \rho g \cos \alpha) = mG$ an, die längs der schiefen Ebene abwärts gerichtet ist, und die Verlegung erzeugt ausserdem das Kräftepaar $m \cdot \rho g \cos \alpha \cdot r = T \cdot \Theta$. Der Schwerpunkt bewegt sich daher mit der linearen Beschleunigung G , und um ihn rotiert der Körper mit der Winkelbeschleunigung Θ . Nach t Sekunden hat der Schwerpunkt die Geschwindigkeit Gt , ein Punkt des Cylindermantels umkreist die Axe mit der Geschwindigkeit Θr , folglich ist die resultierende Geschwindigkeit des augenblicklichen Berührungspunktes $(G - \Theta r)t$. Nur wenn diese Geschwindigkeit wirklich — wie oben vorausgesetzt war —

abwärts gerichtet ist, sind unsere Schlüsse richtig, die Bedingung dafür ist $G - \Theta r > 0$, oder $\sin \alpha - \rho \cos \alpha (1 + mr^2/T) > 0$, d. h. $\alpha > \eta$.

Wäre aber $G - \Theta r < 0$, so würde die vorige Entwicklung dazu führen, dem augenblicklichen Berührungspunkte des Körpers eine aufwärts gerichtete Geschwindigkeit beizulegen. Eine solche ist unmöglich, weil die Reibung nur solange und insoweit wirkt, als es gilt, eine vorhandene Geschwindigkeit, mit der zwei Körper sich gegen einander verschieben, zu zerstören. Ist diese gleich Null geworden, so wirkt die Reibung nur mit demjenigen Bruchteil ihres vollen Wertes, der gerade ausreicht, die Kräfte aufzuheben, welche auf das Entstehen einer neuen Verschiebungs-Geschwindigkeit hinwirken. In unserem Falle wird daher an Stelle des Coefficienten der Maximal-Reibung ρ ein anderer ρ' treten, der dadurch bestimmt ist, dass die Geschwindigkeit $(G' - \Theta' r)t$ auf der Schwelle der negativen Werte, auf 0, verharret. Es bedeuten hier G' und Θ' die Werte, welche G und Θ annehmen, wenn man ρ durch ρ' ersetzt, also:

$$G' = g \sin \alpha - \rho' g \cos \alpha, \quad \Theta' = \frac{m}{T} \rho' g \cos \alpha r.$$

Aus $G' - \Theta' r = 0$ folgt:

$$\rho' = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 + \frac{mr^2}{T}}$$

und damit die Beschleunigung:

$$G' = \frac{mr^2}{T + mr^2} g \sin \alpha.$$

Erhält ein Körper auf einer schiefen Ebene, für welche $\alpha < \eta$, einen nach seinem Schwerpunkt gerichteten Stoss, der allen Punkten parallel der schiefen Ebene gleiche Geschwindigkeiten aufwärts oder abwärts erteilt, so findet anfangs ein Gleiten des Berührungspunktes statt und die abwärts gerichtete Beschleunigung ist $G = g \sin \alpha \pm \rho g \cos \alpha$, durch die Reibung wird die Geschwindigkeit des Gleitens nach einer gewissen Zeit vernichtet, von da ab erfolgt eine rollende Bewegung, bei der die Beschleunigung des Schwerpunktes den normalen Wert G' annimmt.

M. K.

5. Technik und mechanische Praxis.

Edison's neuer Phonograph. In der Pariser Akademie hat J. JANSSEN einen Edison'schen Phonographen vorgeführt, der die Leistungen der bisher bekannt gewesenen Apparate dieser Art weit übertrifft. Die Verbesserungen bestehen hauptsächlich darin, dass erstens die Vorrichtung für das Aufschreiben und die für das Wiedergeben der Töne von einander verschieden sind; die erste ist so eingerichtet, dass sie die feinsten Schwingungen auf die empfangende Platte überträgt, während die zweite so beschaffen ist, dass die Eindrücke durch oftmaligen Gebrauch keine Änderung erleiden. Zweitens ist die Zinnfolie durch eine plastische wachsähnliche Substanz ersetzt, welche die Eindrücke mit Leichtigkeit aufnimmt und bewahrt. Drittens ist die Walze nur mit einer einfach rotierenden Bewegung versehen, während die Schreibvorrichtung parallel der Achse der Walze sich verschiebt. Dieser Phonograph nimmt Töne und Geräusche mit photographischer Treue auf, er giebt sogar, was besonders interessant ist, den Gesamtklang eines Orchesters völlig genau wieder. Die Klangfarbe der Töne soll unverändert bleiben. Die Töne werden im allgemeinen durch Kautschukröhren dem Ohr zugeleitet, können aber auch durch eine Schalltrumpete allgemein hörbar gemacht werden. Unter den Verwendungen, zu denen der Apparat sich eignen soll, ist die Fixierung des gesprochenen Wortes an Stelle stenographischer Aufzeichnung besonders bemerkenswert. Nach einer Mitteilung, die der Vertreter Edison's der Akademie machte, ist es sogar gelungen, die Reproduktion des Phonographen auf telephonischem Wege von New-York nach Philadelphia, also in einer Entfernung von 140 km, zu übertragen und dort durch einen Verstärkungsapparat (Motograph) vielen Zuhörern gleichzeitig hörbar zu machen (*C.-R.* 108, 841; 1889). Auch in Berlin und Heidelberg ist der neue Apparat gelegentlich der Anwesenheit Edison's zur Vorführung gelangt.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Experimental-Untersuchungen über Elektrizität von Michael Faraday. Deutsche Übersetzung von Dr. S. Kalischer. In drei Bänden. I. Band. Mit in den Text gedruckten Abbildungen, 8 Tafeln und dem Bildnis Faraday's. Berlin, J. Springer, 1889. VIII und 515 S. M. 12,—, geb. M. 13,20.

FARADAY'S *Experimental Researches* gehören zu den klassischen Werken der physikalischen Litteratur; sie sind eine Fundgrube feiner Untersuchungsmethoden und ein reicher Quell der Anregung und Belehrung für jeden, der sich mit dem Verfahren der naturwissenschaftlichen Forschung überhaupt vertraut machen will. Aus diesem Grunde ist das Fehlen einer deutschen Ausgabe des Werks oft mit Bedauern empfunden worden; eine solche liegt nunmehr vor und ist als eine der wertvollsten unter den zahlreichen neueren Übersetzungsarbeiten zu bezeichnen. Die Ausgabe soll überdies nicht auf die *Researches* beschränkt bleiben, sondern durch Einreihung der übrigen in Journalen zerstreuten kleineren Aufsätze eine vollständige Sammlung der Arbeiten FARADAY'S über diesen Teil der Physik darbieten. Der I. Band umfasst bereits die wichtigsten mit dem Namen FARADAY verknüpften Entdeckungen. Neben der magnetoelektrischen Induktion und der Messung der ablenkenden Kraft des Stromes auf die Magnetnadel nehmen die elektrochemischen Zersetzungen einen breiten Raum ein; sie nötigen gleich anfangs zur Aufstellung neuer, noch heut gültiger Begriffe (Elektroden, Ionen u. s. w.), führen zur Construction des Voltameters und gipfeln in dem Satze, „dass die als chemische Affinität und Elektrizität bezeichneten Kräfte ein und dasselbe sind“. Jeder, der sich mit der noch heut nicht völlig abgeschlossenen Frage nach dem chemischen Ursprung der Elektrizität beschäftigen will, wird auf diese grundlegenden Untersuchungen zurückgehen müssen. In dem Abschnitte über statische Induktion endlich finden sich namentlich die heute geläufig gewordenen Begriffe über die Kraftlinien entwickelt, und die Darstellung schreitet bis zu dem allgemeinen Satze vor, dass die Induktion die Grundform aller elektrischen Wirkungen sei. Die elektrische Polarität des Dielektrikums wird im Zusammenhange damit näher betrachtet. Endlich bilden die Entladungserscheinungen den Gegenstand einer ausführlicheren Erörterung. Damit sind einige hervorstechende Züge aus dem reichhaltigen Material herausgehoben, das in diesen Untersuchungen vorliegt. Auch für den Unterricht wird ein Einblick in das Werden physikalischer Einsichten, wie dieses Werk ihn gewährt, von förderlichem Einflusse sein. P.

Mineralogisch-chemischer Kursus. Leitfaden für den Unterricht in der Mineralogie und Chemie an Gymnasien und anderen höheren Lehranstalten. Nach methodischen Grundsätzen bearbeitet von Otto Ohmann. Mit 95 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Winkelmann & Söhne, 1889. 166 S. M. 1,40.

Bereits bei Besprechung des Meutzner'schen Leitfadens (*d. Ztschr. II, 261*) ist darauf hingewiesen worden, dass eine rationellere Gestaltung des naturwissenschaftlichen Lehrplans auf unseren Gymnasien darauf gerichtet sein müsse, in den mineralogischen Kursus der O III einfache chemische Erscheinungen aufzunehmen. Dass ein solches Bedürfnis vorhanden ist, wird dadurch bestätigt, dass gleichzeitig noch ein zweiter Leitfaden erschienen ist, der dasselbe Ziel wie jener verfolgt, sich aber nicht auf ein Minimum beschränkt, sondern namentlich den mineralogischen Lehrstoff reichlicher bemisst. Im Ganzen ist darauf Gewicht gelegt, dass mehr Naturkörper und Vorgänge vorgeführt und der Sinn für unmittelbare Naturbeobachtung geweckt werde.

Die erste Abteilung des Leitfadens geht von der Betrachtung des Schwefels und der Sulfide aus, an welchen der Begriff der chemischen Zusammensetzung durch eine Reihe geschickt ausgewählter Versuche erläutert wird. Es folgen Diamant, Graphit und Kohle, dann Luft und Verbrennung, dann einige wichtige Oxyde: Quarz, Korund, Eisenerze, Zinnstein, Braunstein (es fehlt das Rotkupfererz), gleichzeitig werden die zugehörigen Metalle besprochen. Die zweite Abteilung beginnt mit Wasser und Kohlensäure, und behandelt

das Gesetz der Verbindungsgewichte, wobei die spätere Schwierigkeit bezüglich der Atomgewichte dadurch umgangen wird, dass an Oxyde und Sulfide anknüpfend die Verbindungsgewichte auf die spezifischen Gewichte von O (16) und S (32) bezogen werden. Die Wasserstoffverbindungen H_2S , NH_3 , CH_4 bilden einen besonderen Abschnitt, die Haloidsalze geben Gelegenheit zur Einführung der Atom- und Molekulargewichte, den Schluss bilden die Sauerstoffsäuren und Sauerstoffsalze, unter denen auch die Silikate und wichtigsten Gesteine angemessene Berücksichtigung erfahren haben.

Was die Anordnung betrifft, so ist wohl mehr aus äusseren Gründen als aus innerer Nötigung unter den Oxyden dem Quarz die erste Stelle zugewiesen, während sein Platz richtiger, den übrigen Sauerstoffsäuren entsprechend, bei den Silikaten gewesen wäre. Andererseits möchte dem Kohlendioxyd schon im ersten Kursus (in Verbindung mit Kohlenstoff und Verbrennung) eine Stelle gebühren, zumal für das Verständnis der dort behandelten metallurgischen Prozesse die Verbrennung von Kohle zu Kohlensäure vorausgesetzt wird. In physikalischer Hinsicht ist namentlich die Definition des spezifischen Gewichts (S. 20) recht anfechtbar; auch wäre ein Eingehen auf das archimedische Prinzip und die Bestimmung des spezifischen Gewichts wohl nicht überflüssig. Dagegen würden wir die dogmatische Einführung des Luftdrucks gern missen, da diese Erscheinung ohne ausführlichere Erörterung hydrostatischer und aërostatischer Fragen doch nicht zu klarem Verständnis gebracht werden kann und da es nicht wohlgethan ist, durch solch gelegentliches Streifen den Ertrag einer ganzen Reihe lehrreicher Erörterungen vorwegzunehmen. Endlich sei erwähnt, dass die Definition eines Gases als „Zustand der ganz feinen Verteilung eines festen Körpers“ sich schwerlich aufrecht erhalten lassen wird. Im übrigen verdient der Leitfaden nach Inhalt und Anordnung durchaus Anerkennung und Beachtung. *P.*

Technik des chemischen Unterrichts auf höheren Schulen und gewerblichen Lehranstalten. Eine kurze Anleitung zur Ausführung der grundlegenden chemischen Demonstrationsversuche. Von Dr. O. Lubarsch, ord. Lehrer am Friedrichs-Realgymnasium zu Berlin. Mit 64 Abbildungen. Berlin, J. Springer, 1889. M. 4,—.

Der Verfasser, dessen Elemente der Experimental-Chemie im letzten Jahrgange dieser Zeitschrift (S. 40, 100) besprochen sind, hat es auch unternommen, eine kurze Anleitung für die hauptsächlichsten chemischen Demonstrationsversuche zu geben. Wenn auch die Lehrer von vornherein mit der Ausführung und Anordnung der Experimente vertraut sein sollten, so haben doch viele nicht Gelegenheit gehabt, gerade Schul- und Vorlesungsexperimente selbst auszuführen. Für diese werden grössere Werke, wie das von HEUMANN und ähnliche, zu viel bieten, während das vorliegende Buch ausreichendes Material giebt. Grade dem Lehrer die Vorbereitung zu erleichtern, ist einer der Zwecke des Buches. Bei den Versuchen ist die Auswahl derart getroffen, dass vor allem solche Experimente angeführt sind, welche ohne complizierte Apparate ausgeführt werden können und besonders instruktiv sind. Dass dabei der eine oder andere Versuch noch hinzugefügt werden kann, auch noch andere Anordnungen als die grade vorgeschlagenen gebraucht werden können, liegt in der Natur der Sache. Die Versuche sind den einzelnen Elementen nach geordnet, so dass es leicht ist, auch bei anderem Gange die geeigneten Experimente herauszunehmen. Übrigens wird das Buch auch von Schülern, nachdem sie die Experimente gesehen haben, mit Vorteil benutzt werden können, ebenso wie man leicht mit Hilfe desselben Aufgaben für die Arbeiten im Laboratorium stellen kann. Es empfiehlt sich bei diesen Arbeiten nicht nur analytische Aufgaben zu stellen, sondern auch zur Wiederholung eines Experiments Gelegenheit zu geben; Darstellungen von Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor etc. und die wichtigsten Experimente damit geben einen vortrefflichen Übungsstoff ab. — Zweckmässig wäre es gewesen, wenn überall die Formeln und chemischen Gleichungen hinzugefügt wären.

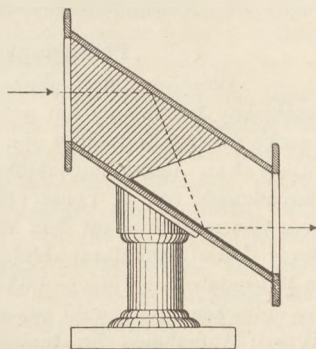
Möge das seinem Zwecke so entsprechende Buch dazu beitragen, mehr und mehr dem chemischen Unterricht die experimentelle Grundlage zu geben, welche denselben für die Schüler nach allen Seiten hin fruchtbar machen kann.

Schn.

Versammlungen und Vereine.

Über optische Drehkraft.¹⁾ Vortrag von S. P. Thompson in der Royal Institution of London am 17. Mai 1889. (*Nature* 40, No. 1027/28; 1889.)

Die Grunderscheinungen der optischen Polarisation wurden von dem Vortragenden mit Hilfe der Vorrichtung erläutert, die Macé de Lepinay vor kurzem bekannt gemacht hat (*diese Ztschr.* II, 87). Die Schwingungen eines Seidenfadens wurden durch eine elektrisch erregte Stimmgabel hervorgerufen und vermöge der Wirkung des aus zwei nahe stehenden parallelen Glasplatten gebildeten Apparats auf eine bestimmte Schwingungsebene gebracht; bei Einschaltung eines zweiten Apparats gleicher Art, der als Analysator wirkte, wurden die Schwingungen ausgelöscht oder erhalten, jenachdem der Analysator gestellt war. Zur Anstellung der eigentlichen optischen Versuche wurde als Polarisator an Stelle schwer zu erlangender grosser Nikolscher Prismen, ein Reflektionspolarisator nach Delezenne's Vorschlag benutzt, der viel weniger kostspielig und für Projektionszwecke ebenso brauchbar ist (*s. Figur*). Das Licht geht erst durch ein Prisma, in welchem es totale Reflektion unter dem Polarisationswinkel erleidet, und wird dann von einer schwarzen Glasplatte reflektiert, die mit einer einzigen Platte des dünnsten Patent-Spiegelglases belegt ist. Die Öffnung des Apparates betrug $2\frac{1}{2}$ Zoll. Demonstriert wurde hiermit die Wirkung einer eingeschalteten Turmalinplatte und die Drehung, welche verschiedenfarbiges Licht bei Einschaltung von Quarzplatten verschiedener Dicke (1 mm und 3,75 mm) erleidet. Es folgte die Demonstration der Complementärfarben (Gelb und Purpurviolett), der Übergangsfarbe, und der rechts und links drehenden Quarze; ein aus 24 Sektoren zusammengesetzter Glimmerstern lieferte, zwischen Polarisator und Analysator eingeschaltet, ein schwarzes und ein weisses Kreuz unter 45° gegeneinander geneigt; bei Einschaltung einer Quarzplatte erschien das Kreuz gedreht und es traten Farben auf (da die brechbareren Strahlen stärker gedreht werden als die minder brechbaren). Erläutert wurden ferner das Zuckerpolarimeter und Soleil's Biquarzpolarimeter; Senarmont's, Wild's, Pohl's u. a. Vorschläge zur genauen Messung der optischen Drehung; lobende Erwähnung fand auch das Schattenpolarimeter von Schmidt und Haensch.



Im zweiten Teil des Vortrages demonstrierte S. P. Thompson Faraday's Versuch über die elektromagnetische Drehung der Polarisationssebene, unter Benutzung eines Elektromagneten mit 8300 Windungen und mit Hilfe des vorherbeschriebenen Reflektionspolarisators sowie des Glimmersterns. Als Analysator dient ein von Ahrens konstruiertes Nicholsches Tripelprisma, aus einem in drei Stücke zerschnittenen Krystall zusammengesetzt. Mit denselben Mitteln wurde auch die von Kerr entdeckte Drehung bei der Reflektion an der Oberfläche eines Magnetes demonstriert; zu diesem Zweck war ein kegelförmiger, am Vorderende polierter Eisenstab in die Spirale des Elektromagneten geschoben. Die von Kundt beobachtete Drehung der Polarisationssebenen beim Durchgange des Lichtes durch magnetisierte dünne Eisenschichten erwies sich als für objektive Demonstration nicht geeignet. Dagegen wurden Röntgen's Versuche über den Einfluss einer transversalen Elektrisierung von Quarzplatten vorgeführt. Eine rechteckige Quarzplatte, die senkrecht zur Hauptachse des Krystalls geschnitten war und in konvergentem Licht die bekannten Ringe mit schwarzem Kreuz zeigte, wurde an zwei gegenüberliegenden schmalen Seiten mit Zinnfolie belegt und diese Belegungen von einer Influenz-Maschine aus kräftig geladen. Dabei wurden die Ringe in Lemniskaten deformiert, derart, dass die Art der Deformation mit der Art der Elektrisierung wechselte.

Hinsichtlich der durch Magnetismus erzeugten Rotation des polarisierten Lichtes sprach sich der Vortragende dahin aus, dass die hierbei ausgeübte Drehkraft des magnetischen Feldes die Materie selber zu betreffen scheine, durch welche das polarisierte Licht durchgehe, dass also die materiellen Teilchen selber eine rotatorische Wirkung erfahren. Er führte schliesslich die Versuche vor, durch welche Abbe und Sohneke nachgewiesen haben, dass auch natürliches,

¹⁾ Dieser von James Thomson vorgeschlagene Ausdruck (*Optical torque*) wird vom Vortragenden erklärt als „das was optische Drehung hervorbringt oder hervorzubringen strebt“; der Ausdruck *torque* ist bereits in der praktischen Mechanik an Stelle von „Moment eines Kräftepaars“ in Gebrauch.

nicht polarisiertes Licht der Rotation fähig ist. Durch ein Fresnel'sches Interferenzprisma wurden die bekannten Fraunhofer'schen Linien erzeugt, und dann in den Weg der beiden interferierenden Lichtbündel ein Doppelquarz gebracht, der aus einem rechts- und einem linksdrehenden Stück von 1,88 mm Dicke zusammengesetzt war; dieser dreht das gelbe Licht in dem einen Strahl 45° nach rechts, in dem andern 45° nach links, entsprechend die anderen Farben. Da die Vibrationen nun unter rechten Winkeln stehen, so kann keine Interferenz mehr stattfinden und die farbigen Streifen verschwinden. Dies beweist, dass der Quarz auch auf nicht polarisierte Lichtschwingungen eine Drehkraft ausübt. Dass auch das magnetische Feld auf nicht polarisiertes Licht wirkt, ist nach Sohnecke dadurch zu zeigen, dass man bei dem eben beschriebenen Versuch in den Weg jedes der beiden Strahlen, nach Durchgang durch den Doppelquarz, ein gleiches Stück schweren Glases einschaltet und eins von beiden magnetisiert (oder beide in entgegengesetztem Sinne); dann treten die vorher ausgelöschten Interferenzstreifen wieder auf. So ergibt sich der Schluss, dass das Licht selbst, nicht bloß seine Polarisations Ebenen, eine optische Drehung erfährt, wenn es gewissen Drehkräften krystallinischer, molekularer oder magnetischer Natur ausgesetzt wird.

Photographische Jubiläums-Ausstellung in Berlin, 1889.

Diese von drei photographischen Vereinen veranstaltete und auch vom Auslande reich besendete Ausstellung bot namentlich in ihrer auf „Wissenschaft“ bezüglichen Abteilung für die Zwecke unserer Zeitschrift eine Fülle des Beachtenswerten dar. In erster Reihe zogen die astronomischen Ausstellungsobjekte die Aufmerksamkeit auf sich: Sonnenphotographien von 28 cm Durchmesser von O. LOHSE (Potsdam), Sonnenfinsternisbilder von E. v. GOTHARD (Ungarn), vom LYCK-Observatorium auf dem Mount Hamilton in Californien, u. a.; Mondphotographien von Gebr. HENRY (Paris), Mondkraterbilder von W. H. PICKERING (Harvard College, Cambridge, Massachusetts), im Maassstabe von 1 mm = 4,6 km; Mondansichten mit 27 zölligem Refraktor unter Beschränkung auf den optischen Brennpunkt gewonnen, bei Expositionsdauer von $\frac{1}{4}$ bis 10 Sekunden, von R. SPITALER (Wien); Aufnahmen des Jupiter mit den Äquatorialstreifen, des Saturn mit den Ringen (HENRY); Aufnahmen des Mars im Maassstabe 1 mm = 500 km, und der sämtlichen Satelliten des Saturn (W. H. PICKERING). Unter den Fixsternaufnahmen ragten hervor die Proben der in Paris in Aussicht genommenen photographischen Spezialkarte des Himmels, einen Teil vom Sternbild des Schwans darstellend, sowie die Plejaden mit dem durch die Photographie entdeckten Maja-Nebel (HENRY), ferner eine grössere Anzahl von Nebelflecken (E. v. GOTHARD) mit einer Expositionsdauer von $1\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Stunden unter Benutzung sogenannter orthochromatischer (Erythrosinsilber-) Platten. Von Spectralphotographien ist die grosse photographische Darstellung des Sonnenspectrums von H. A. ROWLAND (Baltimore), 18 m lang, zu nennen; auch die Originalnegative waren ausgestellt, sowie das dafür benutzte Concavgitter von 6" Durchmesser mit ungefähr 110 000 Linien (20 000 auf den Zoll). Das äusserste Ultraviolett des Sonnenspectrums, von W. H. PICKERING auf Station Colorado Springs in 1830 m Höhe erhalten, reicht bis zur Wellenlänge 0,0002926 mm; es ist mit zwei Quarzprismen von 60° brechendem Winkel in 1 Minute Belichtungszeit hergestellt worden. In die Länge gezogene Spectren von Jupiter und Spica sowie mehreren anderen Fixsternen waren von E. C. und W. H. PICKERING, Darstellungen zur Methode der Geschwindigkeitsbestimmung von Sternen auf spectralphotographischem Wege von H. C. VOGEL in Potsdam ausgestellt; ferner Photographien leuchtender Nachtwolken, von O. JESSE und noch zwei Beobachtern an verschiedenen Stellen gleichzeitig Nachts zwischen 1 und 2 Uhr (am 3. Juli 1889) aufgenommen; Photographien von Nordlichtern, aufgenommen von SOPHUS TRÖMHOLT (Christiania) mit rotempfindlichen Azaliumplatten.

In physikalischer Hinsicht von Interesse waren: eine vergleichende Aufnahme des Sonnen- und Eisenspectrums, die sehr schön die Umkehrung einiger Eisenlinien zeigte, ebenso wie ein Kohlenspectrum die Umkehrung der Calciumlinien (E. v. GOTHARD); eine Collection von Spectren von Geissler'schen Röhren und von Flammen (O, H, Se, CO, CN) von E. und H. W. VOGEL auf Azaliumplatten erzeugt, darunter das Spectrum des Wasserstoffs mit den von H. W. Vogel photographisch beobachteten vier ultravioletten Linien. W. H. PICKERING hatte eine Photographie der Harvard-Sternwarte eingesandt, die am 20. Dezember 1887 ohne Linse, nur durch einen Nadelstich, dicht vor Sonnenuntergang aufgenommen war. Die Belichtungszeit war 6 Minuten. Das Lager der Camera in nur 20 cm Entfernung war ebenso scharf wie die entfernteren Teile des Bildes. Bemerkenswert waren auch die Verzerrungsbilder einer Kuppel, die ohne Linse dadurch erhalten wurden, dass das Licht durch zwei rechtwinklig und entfernt von einander aufgestellte Spalte hindurchging; war der horizontale Spalt der Platte näher, so war das Bild in die Breite gezogen, war der vertikale Spalt näher, so trat das Umgekehrte ein. — H. KAYSER (Hannover)

hatte die von früher bekannte Blitzphotographie ausgestellt, die sich durch reiches Verzweigungsdetail auszeichnet; eine Blitzaufnahme mit oscillirender Camera, die eine Reihe noch nicht erklärter Besonderheiten bietet, rührte von LEONH. WEBER in Breslau her. Die danach berechnete Zeitdauer des Blitzes beträgt ca. $\frac{1}{2}$ Sekunde. Büschelförmige Funkenentladungen, auf verschiedenem Wege mit Influenzmaschine und Funken-Induktor erzeugt, waren von E. v. GOTHARD ausgestellt; sie bildeten ein Seitenstück zu den von SIEBEN in den Ber. der Berl. Akademie veröffentlichten Photographieen von Lichtenberg'schen Figuren. Von O. Frölich's Schwingungscurven (*diese Zeitschr.* II, 263) war eine grössere Zahl ausgestellt, welche die vielfältige Verwendbarkeit der Methode demonstrierte. Auch A. v. OETTINGEN (Dorpat) und FR. BLUMBACH (Pulkowa) hatten eine Reihe von Momentphotographieen (mit Anwendung eines rotierenden Planspiegels angefertigt) ausgelegt, welche zur Messung der Dauer und der Schallwellengeschwindigkeit bei Schwefelkohlenstoff-Knallgasexplosionen von verschiedener Zusammensetzung bestimmt sind. Zu den Momentbildern gehörte ferner die von O. ANSCHÜTZ ausgestellte Photographie einer Flintenkugel von ca. 400 m Geschwindigkeit, die am 12. September 1888 bei einer Belichtungsdauer von 0,000076" aufgenommen worden ist. Bemerkenswert waren auch Höhlenaufnahmen bei Magnesiumlicht, u. a. von Prof. MAX MÜLLER in der neu entdeckten Hermannshöhle bei Rübeland am Harz angefertigt.

Aus den übrigen Abteilungen der Ausstellung seien nur einige Einzelheiten von allgemeinem Interesse aufgeführt. Die geschichtliche Abteilung gab ein Bild der Entwicklung der Photographie von den ersten Daguerrotypbildern bis zu den farbenempfindlichen Platten, und den verschiedenen Arten des Lichtdrucks. Zu den älteren Bildern gehörte auch die erste photographische Aufnahme einer Sonnenfinsternis mit ganz vorzüglich wiedergegebener Corona, 1851 von Borkowsky in Königsberg mit Bessel's Heliometer gefertigt. — In technischer Hinsicht interessant waren zwei Vorrichtungen, um die Einstellung der Platten zu erleichtern. Die eine, HERMAN COHN'S Rhomboeder-Camera, liefert durch eine Combination von zwei Paaren von Reflexionsprismen zwei gleich grosse Bilder neben einander, von denen das eine zur Beobachtung bezw. Einstellung dient, während das andere auf einer präparierten Platte mittels Moment- oder sonstigen Verschlusses fixiert wird. Die zweite, LOMAN'S, „Reflex-Detektiv-Handcamera“ enthält einen Spiegel, der das von einem lichtstarken Apparat gegebene Bild auf eine horizontale matte Glasscheibe an der Oberseite der Camera reflektiert; nach geschobener Scharfeinstellung genügt ein Druck auf einen Gummiball, um den Spiegel zu drehen und dadurch die Belichtung der vorher durch den Spiegel verdeckten Platte zu bewirken. Für die Aufnahme spiegelnder Objekte hatte E. JACOBSTHAL Polarisationsprismen verwendet, durch welche die störenden Reflexe gänzlich beseitigt erschienen. Apparate für Momentaufnahme und Liebhaberphotographieen waren in grosser Zahl vertreten. Nicht vorhanden war leider das neueste Wunderwerk der mechanischen Technik, der Momentphotographie-Automat von CHRISTEL FÖGE in Hamburg, der in 5 Minuten das Bild des Beschauers völlig fertig auf einer Glasplatte liefert; doch waren Zeichnungen des Apparats und Probekbilder zu sehen.

Die zahlreichen Apparate für photographische Technik entziehen sich der Berichterstattung, ebenso die Fülle von Portraits und Landschaften und die Proben der hochentwickelten photographischen Reproduktionskunst durch Druck oder Ätzung. Erwähnt sei nur zum Schluss die schöne Vervollkommnung, welche die Mikrophotographie in den Leistungen von SCHULZHENKE, JESERICH, PFEIFFER, HAUER und WITT aufweist.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 10. Mai 1889. Herr A. König führte den neuen photographischen Momentapparat des Herrn O. ANSCHÜTZ in Lissa vor. Der wesentliche Unterschied dieses Apparates von den bisher benutzten besteht darin, dass die momentane Belichtung durch eine mit einem Schlitz versehene Jalousie geschieht, welche sich dicht vor der empfindlichen Platte vorbeibewegt. — Herr E. Budde sprach unter Vorführung von Versuchen über den von Herrn O. LIEBREICH beschriebenen toten Raum bei der Chloral-Soda-Reaktion. Der Vortragende zog aus seinen Versuchen den Schluss, dass die Erscheinung des toten Raumes in dem angegebenen Falle sich aus der Verdunstung des Chloroforms an der freien Oberfläche erklären lasse.

Sitzung am 24. Mai 1889. Herr G. Börnstein legte eine von ihm aufgenommene Photographie vor, welche einige interessante Blitzbahnen zeigte. Herr E. Pringsheim sprach über Versuche mit einem Phonautographen, die zu dem Zwecke angestellt waren, Aufschluss über Wesen und Lage des Accentus in französischen Wörtern zu geben. Herr C. Dieterici sprach über das spezifische Volumen des bei 0° gesättigten Wasserdampfes. Versuche mittels des Eis-calorimeters führten zu dem Resultat, dass dieser Dampf dem Gay-Lussac'schen Gesetz bis zum Sättigungspunkte folgt, wenn es gelingt, die Vaporhäsion an den Gefässwänden zu vermeiden,

welche die einzige Quelle von scheinbaren Abweichungen ist. Die Dichte des bei 0° gesättigten Wasserdampfes wurde gefunden $4,8856 \text{ mg/dm}^3$, das spezifische Volum also $204,680 \text{ (dm}^3)$, woraus mit Hilfe der Avogadro'schen Hypothese der Sättigungsdruck bei 0° sich zu $4,62 \text{ mm}$ Quecksilber ergibt. Bei dieser Gelegenheit gab der Vortragende auch das definitive Resultat seiner Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers bei 0° (vgl. *d. Ztschr.* I, 278) zu $596,8$ an.

Sitzung am 7. Juni 1889. Herr R. v. Helmholtz sprach über die Strahlungsenergie von Flammen. Mit Hilfe des Bolometers wurde die Energie gemessen, welche frei brennende Flammen in einer Minute nach allen Seiten hin aussenden. Dieser Betrag dividiert durch die Menge des in 1 Minute verbrannten Gases wurde als absolutes Strahlungsvermögen (S) der Flamme bezeichnet. Eins der bemerkenswertesten Resultate betrifft den Einfluss des Vorwärmens: wärmt man die Gase bis über 400° vor, so steigt die Temperatur der Leuchtgasflamme über den Platinschmelzpunkt; das Strahlungsvermögen dagegen nimmt bei entleuchteter Flamme durch Vorwärmung stetig ab. Die Strahlung zeigt sich teilweise von der Temperatur unabhängig, was erklärlich wird, wenn man die Flammenstrahlung nicht nur auf den ausgeschiedenen Kohlenstoff und die erhitzten Gase, sondern hauptsächlich auf den chemischen Vorgang der Verbrennung selbst zurückführt; den neugebildeten Molekülen kommt nach dieser Auffassung eine viel heftigere innere Bewegung und daher auch ein stärkeres Strahlungsvermögen zu, als der mittleren Temperatur der Flamme und dem Kirchhoff'schen Gesetz entspricht. Vergleicht man ferner verschiedene verbrennende Gase, so stellt sich heraus, dass das Strahlungsvermögen annähernd der (theoretischen) Menge der Verbrennungsprodukte proportional ist, vorausgesetzt dass die Flammen ähnliche Dimensionen haben (Durchm. 6 mm) und durch zugeführte Luft eben entleuchtet sind. Berechnet man, wieviel $\%$ der gesamten Verbrennungswärme in strahlende Wärme umgesetzt ist, so findet man den geringsten Betrag ($3,6\%$) beim Wasserstoff, den grössten ($18,2$) beim stark leuchtenden Petroleum. Beim Leuchtgas ist der Wert für helle Flammen $8,5$, für entleuchtete $5,12$. — Herr E. Budde trug über tautologische Kontakte in der Mechanik des starren Körpers vor; er ging von der Thatsache aus, dass, wenn ein starrer Körper sich mit mehr als drei Punkten auf eine Ebene stützt, die dadurch bedingten Zwangskräfte unbestimmt werden, und führte diese Thatsache auf ein allgemeines Prinzip zurück.

Sitzung am 21. Juni 1889. Herr O. Fröhlich führte eine Reihe von Versuchen vor, welche die objektive Demonstration der Schwingungen einer Telephonmembran (vergl. *Heft 5, S. 263*) zum Gegenstande haben, und zeigte die Verwendbarkeit der Methode für akustische und elektrische Untersuchungen.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 17. Juni 1889. Herr R. Heyne demonstrierte das Leukoskop. — Herr M. Kopp sprach über die Sichtbarkeit des unbelichteten Teils der Mondscheibe während des ersten oder letzten Viertels und über die möglichen Erklärungen dieser Erscheinung; derselbe teilte Bemerkungen über den Glanz der Venus als Morgen- und als Abendstern mit. — Eine Anzahl neuerer Apparate wurden besprochen.

Sitzung am 1. Juli 1889. Herr Arendt hielt einen Vortrag über die Entwicklung der Astrophotographie.

Sitzung am 19. August 1889. Herr H. Hahn trug eine Ableitung des Torricelli'schen Ausflusstheorems aus der Bernoulli'schen Gleichung vor. Derselbe sprach über Ableitungen der Strömungsgesetze im Anschlusse an HELM's Elemente der Mechanik und mathem. Physik. In der Diskussion wurde einer an der Hand von Versuchen vorschreitenden Behandlung dieser Gesetze der Vorzug zuerkannt.

Sitzung am 9. September 1889. Herr P. Szymanski führte Versuche zur elementaren Erläuterung des Potentialbegriffs vor. Derselbe zeigte stehende Wellen, die in einem spiralförmigen Neusilberdraht mit Hilfe eines Wagner'schen Hammers erzeugt waren, ferner ROSENBERG's Mischfarbenapparat und andere Apparate.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Die Prüfung elektrischer Messgeräte.

Mitgeteilt von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. (Auszug)

I. Widerstände (§ 1—5). Die Beglaubigung ist zunächst auf Einzelwiderstände und Widerstandssätze aus Platinsilber, Neusilber und ähnlichen Legierungen beschränkt, deren Leitungsfähigkeit durch die Temperatur erheblich grössere Veränderungen, als die der vorgenannten Materialien nicht erfährt.

Die Widerstände werden als Gebrauchswiderstände oder als Präcisionswiderstände geprüft und beglaubigt, und zwar (1.) als Gebrauchswiderstände solche Widerstände, deren Abweichung von den Normalen der Reichsanstalt bei ± 15 Grad des hunderttheiligen Thermometers $\pm 0,005$ des Sollwertes nicht überschreitet; (2.) als Präcisionswiderstände solche Widerstände, welche bei der auf ihnen verzeichneten Temperatur von den Normalen der Reichsanstalt um nicht mehr als $\pm 0,001$ des Sollwertes abweichen.

Der den gestempelten Widerständen beigegebene Beglaubigungsschein bekundet bei Gebrauchswiderständen ihre Abweichung von den Normalen der Reichsanstalt bis auf $\pm 0,001$, für Präcisionswiderstände bei zwei Temperaturen bis auf wenigstens $\pm 0,0001$ ihres Sollwertes, doch wird bei kleineren Widerständen die Angabe der Abweichungen nur bis zu $0,000001$ Ohm geführt. Hierbei wird das Ohm zu $1,06$ Siemens-Einheiten berechnet.

Auch Widerstände aus starken Kupferseilen können ausnahmsweise zur Prüfung zugelassen werden.

II. Normalelemente (§ 6—7). Bis auf weiteres werden zur Prüfung und Beglaubigung nur Normalelemente nach *Latimer Clark* zugelassen, sofern deren Einrichtung ein Umkehren gestattet, ohne dass das Zink mit dem Quecksilber in Berührung kommt.

Die Prüfung erfolgt durch Vergleichung mit den Normalen der Reichsanstalt; ist die Abweichung nicht grösser als $\pm 0,001$ Volt, so wird das Element gestempelt und in dem Beglaubigungsschein die Einhaltung der vorstehenden Fehlergrenze bekundet.

III. Strommesser und Spannungsmesser (§ 8—10). Zur Prüfung und Beglaubigung zugelassen werden bis auf weiteres Strommesser für Stromstärken bis zu 1000 Ampère und Spannungsmesser für Spannungen bis zu 300 Volt; auf ihnen müssen die Werte der Skalenteile unter Beifügung der Bezeichnung *Ampère* bzw. *Volt* in diesen Einheiten unzweideutig vermerkt sein.

Die Prüfung erfolgt durch Vergleichung mit den Normalen der Reichsanstalt an wenigstens 3 Skalenstellen und zwar bei steigender sowie bei fallender Stromstärke bzw. Spannung.

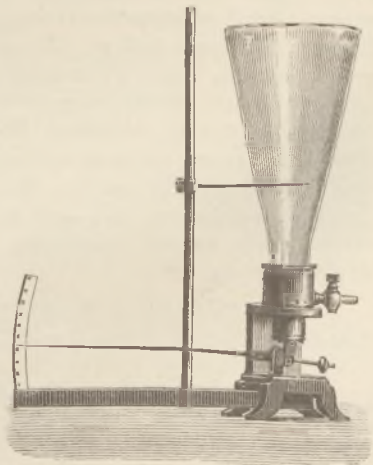
An Gebühren werden erhoben: Für die Prüfung und Stempelung (1.) eines einzelnen Gebrauchswiderstandes M. 2,—, eines Satzes von Gebrauchswiderständen eine Grundgebühr von M. 2,— und Zusatzgebühren von je M. 0,50; von Präcisionswiderständen das Vierfache dieser Sätze; eines Quecksilberwiderstandes M. 12,—; (2.) eines Normalelements M. 1,50; (3.) eines Strommessers unter 300 Ampère oder eines Spannungsmessers nach Prüfung an 3 Skalenstellen M. 3,—, für Prüfung jeder weiteren Stelle M. 0,20; eines Strommessers von 300 bis ausschliesslich 600 Ampère das Anderthalbfache, eines Strommessers von 600 bis 1000 Ampère das Doppelte dieser Sätze.

Eine neue Form des Pascal'schen Apparates.

Von W. Apel, Universitäts-Mechanikus in Göttingen.

Im I. Jahrgang dieser Zeitschrift (S. 265) befindet sich ein Bericht über die von *Pellat* angegebene Veränderung des Pascal'schen Apparates zum Nachweise des Bodendrucks, doch fehlt eine Beschreibung und Zeichnung des Apparates, so dass die Beschreibung eines solchen, wie er von der oben genannten Werkstätte ausgeführt wird, nicht überflüssig erscheint.

Auf einem niedrigen, gusseisernen Stative ist über einer Durchbohrung der oberen Platte des Stativs ein cylindrisches Messingrohr befestigt; es hat eine seitliche Ausflussöffnung, die durch einen Hahn verschliessbar ist. In das obere Ende des Rohres sind die Fassungen der Pascal'schen Gefässe eingeschliffen, das untere Ende des Rohres ist mit einer Gummimembran überspannt. Gegen diese Gummimembran drückt unter geringem Druck das eine Ende eines leicht beweglichen Hebels, dessen anderes Ende einen langen Zeiger trägt. Der Hebel ist ausserdem mit einer Justierschraube versehen, welche es ermöglicht, den Druck gegen die Membran sehr gering und daher die Empfindlichkeit möglichst gross zu machen. Das Zeigerende des Hebels reicht über eine Skala, welche an einem Querarm des Stativs angebracht ist. Ferner ist am Stativ noch eine vertikale Stange mit Centimetertheilung kefestigt; an dieser ist ein Index verschiebbar, der die Höhe des Wasserstandes markieren soll.



Beim vollständigen Anfüllen der Pascal'schen Gefässe mit Wasser, also bei der Benutzung einer 25 cm hohen Wassersäule durchläuft der Zeiger die Skala von 5 cm, es ist also bei einer Veränderung der Wassersäule um 1 cm Höhe die Bewegung des Zeigers noch deutlich sichtbar.

Die Einstellung des Zeigers erfolgt bei Benutzung derselben Wasserhöhe bei den verschiedenen Gefässen auf genau demselben Punkt, wodurch die Gleichheit des Bodendrucks bewiesen wird. Der Hauptvorteil des Apparates gegenüber dem bisher gebräuchlichen besteht darin, dass im Unterricht das lästige Verschütten des Wassers vermieden wird und dass eine Adhäsion der Ventilplatten hier ganz in Wegfall kommt. Es ist daher die Übereinstimmung der Angaben des Zeigers gesichert. Der Preis des Apparates mit vier Röhrenaufsätzen ist 40 Mk.

Der Schwingungsapparat von Dr. J. Bergmann (vgl. diese Ztschr. Jahrg. I, S. 25) wird jetzt von Hugo Plötz in Greifswald angefertigt (Preis 40 Mk). Der Apparat wird ausser für den physikalischen Unterricht auch für die Einführung in die Trigonometrie empfohlen.

Correspondenz.

Über die Fabrikation des Sauerstoffs mittels Bariumsuperoxyds teilt uns Herr Dr. **Friedrich C. G. Müller** Folgendes mit:

In Bezug auf die im vorigen Hefte dieser Zeitschrift (II. Jahrg. S. 307) erwähnte Gewinnung des Sauerstoffs der Luft mittels BaO_2 , welche ich selber während der verfloffenen Sommerferien in der Fabrik der *Oxygen Company* zu London eingehend kennen gelernt habe, möchte ich mir noch einige kurze Bemerkungen gestatten. Die Fabrikation ist erst kürzlich lebensfähig und technologisch bedeutungsvoll durch die Entdeckung geworden, dass die Aufnahme und Abgabe des Sauerstoffs ohne jeden Temperaturwechsel bloss durch Vermehrung oder Verminderung des Gasdrucks erzielt werden kann. Das durch Glühen von Barumnitrat hergestellte BaO kommt in wallnussgrossen porösen Stücken in Flusseisencylinder von 1,5 m Länge und 0,15 m Durchmesser, welche in grosser Zahl in vertikaler Stellung durch das Deckengewölbe in eine gemeinsame Heizkammer hinabragen und durch das Gas eines darunter angeordneten Koksgenerators auf einer gleichmässigen Rotglut (etwa 800°) gehalten werden. In jeden Cylinder geht ein dünnes Eisenrohr bis auf den Boden, ein anderes eben durch den Deckel. Die ersteren vereinigen sich in einem grösseren Rohr, welches mit der Luftpumpe in Verbindung steht, die letzteren zu einem solchen, welches durch ein sich bei 1 *Atm.* Überdruck öffnendes Ventil den Stickstoff ausbläst.

Der Betrieb geht nun derart, dass man abwechselnd 5 Minuten lang Luft durch die Apparate treibt und dann 5 Minuten durch blosser Umsteuerung die Pumpe saugend wirken lässt, sodass das Manometer auf 2 Zoll Quecksilber zurückgeht. Das angesogene Gas lässt man zuerst einige Sekunden lang ausblasen und leitet es dann in den Gasometer. Es besteht bis auf einen Stickstoffrest von 1—2% aus chemisch reinem Sauerstoff. Die Dauer des BaO soll Jahre betragen, falls die durchgetriebene Luft vollkommen von H_2O und CO_2 befreit worden ist. Die ganze Fabrikation, welche eigentlich nur mechanischer Natur ist, macht einen ungemein guten Eindruck. Die Überwachung kann einem geübten Arbeiter überlassen werden.

Die Selbstkosten des Sauerstoffs können sich bei einem wirklichen Grossbetrieb kaum höher stellen, als die des Leuchtgases. Bis jetzt giebt es aber nur eine Verwendung im Grossen, und zwar bei der Leuchtgasfabrikation. Man setzt nämlich dem rohen Gase vor dem Eintritt in die Reiniger 0,5% Sauerstoff zu. Dieser bewirkt, dass der Kalk oder das Eisenoxyd weit besser ausgenutzt werden, indem gewissermassen eine gleichzeitige Regeneration eintritt und der Schwefel grösstenteils als solcher ausgeschieden wird. Die Londoner Fabrik verkauft den Sauerstoff an die Laboratorien in stählernen Büchsen unter 120 *Atm.* Druck. Ich selber sah in englischen Hüttenlaboratorien, wie man bei Kohlenstoffbestimmungen die Bombe direkt mit dem Verbrennungsapparat verband und das Gas Blase für Blase ausströmen lassen konnte. Sofort kam mir der Gedanke, wie bequem sich auch beim chemischen Unterricht der Sauerstoff in dieser Form verwenden lassen müsste. Hoffentlich wird auch bei uns bald eine Sauerstofffabrik nach Londoner Muster erstehen.

Ein Bericht über die 60. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Heidelberg wird im nächsten Heft erscheinen.

Berichtigung. In dem Aufsatz von A. GLEICHEN: „Über die homocentrische Differenz eines Strahlenbündels, welches durch ein Prisma gebrochen wird“ (II. Jahrg., S. 229/32) müssen, wie Herr Dr. A. Ahrendt in Rostock bemerkt hat, die letzten Formeln lauten:

$$c = 2k \cdot \operatorname{tg} \frac{\sigma}{2}, \quad \Delta = \frac{2k}{n} (n^2 - 1) \operatorname{tg} \frac{\sigma^2}{2}, \quad \Delta = 1,6 \text{ mm.}$$