

Über eine elementare Darstellung der Fraunhoferschen Beugungserscheinungen, insbesondere der Gitterspectren.

Von

Professor Dr. E. Mach in Prag.

1. Die Beugungserscheinungen, welche FRAUNHOFER¹⁾ in so musterhaft einfacher und übersichtlicher Form dargestellt hat, und von welchen namentlich die Gitterspectren zu so hoher Wichtigkeit gelangt sind, lassen sich mit Hilfe des SCHWERDSCHEN²⁾ Gedankens der Teilung der Elementarstrahlenbündel in Halbwellenlängenbündel, wie wir kurz sagen wollen, in sehr einfacher Weise behandeln. Trotzdem glaube ich, dass auch eine andere Darstellungsweise, die ich zuerst im Sommer 1870 in meinen Vorlesungen versucht habe, dem Lehrer noch einiges Interesse bieten wird³⁾. Dieselbe ist im Folgenden kurz angedeutet.

2. Mein Verfahren besteht darin, das FRESNELSche Prinzip der Ermittlung der resultierenden Phase und Amplitude durch eine Parallelogrammeonstruktion gleich auf ein System von unendlich vielen Elementarstrahlen anzuwenden. Denken wir uns eine lange geradlinige Spalte von der Breite a vor dem Fernrohrobjektiv, so geben die im Focus des Fernrohrs ohne Phasendifferenz zusammentreffenden Elementarstrahlen die resultierende Amplitude ka . Bewegen wir uns jedoch in der Focalebene senkrecht zur Spaltenrichtung nach einem Punkt P , dessen Verbindungslinie mit dem optischen Mittelpunkt des Objektivs den Winkel α mit der Fernrohraxe einschliesst, so bilden die in P zusammentreffenden Elementarstrahlen nach der FRESNELSchen Construction vermöge ihrer Phasenunterschiede einen auf den Winkel ω (Fig. 1) ausgebreiteten Fächer, wobei ω , der SCHWERDSCHEN Betrachtung entsprechend, den Wert $\frac{2\pi a \sin \alpha}{\lambda}$

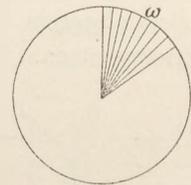


Fig. 1.

hat⁴⁾. Die resultierende Amplitude des Fächerelementes $d\omega$ ist dann $\frac{ka}{\omega} d\omega$.

Der Amplitudenfächer erfülle, wie wir kurz sagen wollen, den Winkel ω . Wir teilen denselben durch die Halbierungslinie, und projizieren auf dieselbe die

¹⁾ Fraunhofer, Neue Modificationen des Lichtes. Münchener Denkschriften (1821, 1822), Bd. VIII. Gesammelte Schriften, herausgegeben von Lommel.

²⁾ Schwerd, Die Beugungserscheinungen. Mannheim 1835.

³⁾ Diese Darstellungsweise ist mitgeteilt worden von DVOŘÁK (Theorie der Talbotschen Streifen. Wiener Sitzungsberichte, 16. Jänner 1873). Dieselbe ist nur unwesentlich verschieden von der Behandlung, welche später Cornu (*Journ. de Physique, Paris 1874, T. III. p. 5*) angewandt hat. In meiner mit Rosicky publicierten Abhandlung über die Fresnel-Aragoschen Interferenzversuche (Wiener Sitzungsberichte, 8. Juli 1875) habe ich eine Modification des ursprünglichen Verfahrens zur Darstellung der Phasen des gebeugten Lichtes auf der Mantelfläche eines Cylinders verwendet.

⁴⁾ Wir setzen hierbei voraus, dass die Länge der Spalte vom Focus und von P aus gesehen unter demselben Gesichtswinkel erscheint.

Amplitude des Fächerelementes $d\beta$, welches mit ihr den Winkel β einschliesst (Fig. 2). Dies giebt für den Halbwinkel die Summe

$$\frac{ka}{\omega} \int_0^{\frac{\omega}{2}} \cos \beta \cdot d\beta = \frac{ka}{\omega} \sin \frac{\omega}{2}.$$

Da zu jedem Elemente $d\beta$ ein symmetrisches existiert⁵⁾, erhalten wir für die resultierende Amplitude

$$2 \frac{ka}{\omega} \sin \frac{\omega}{2} = ka \frac{\sin \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}},$$

und für die Intensität i den Ausdruck

$$i = k^2 a^2 \left(\frac{\sin \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}} \right)^2,$$

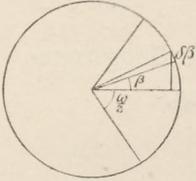


Fig. 2.

welcher durch Einführung des Wertes von ω auf die bekannte Form gebracht werden kann, die wir hier nicht weiter diskutieren.

3. Das Beugungsbild ändert sich nicht, wenn man die beugende Spalte ohne Drehung über das Fernrohrobjektiv hin verschiebt. Mit der Verkleinerung von a wächst die Breite der Beugungsstreifen, wobei jedoch deren Intensität abnimmt. Dies führt leicht auf den Gedanken, von dem wohl FRAUNHOFER geleitet war, breite und intensive Beugungsbilder durch Anwendung mehrerer gleicher schmaler Spalten zu erzielen. Nach seiner eigenen Mitteilung⁶⁾ war FRAUNHOFER verwundert über die wesentliche Verschiedenheit der Beugungsbilder mehrerer Spalten von jenen einer Spalte. Dieses unerwartete Ergebnis, welches durch die Cohärenz der Lichter verschiedener Spalten bedingt war, führte zu einem weiteren vollständigerem Studium der Beugungsspectren, und schliesslich zur Kenntnis der Gitterspectren.

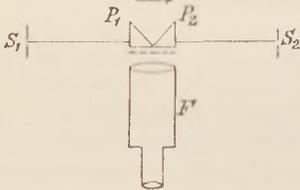


Fig. 3.

Das Licht zweier spaltenförmigen Lichtquellen S_1 und S_2 (Fig. 3) wird durch zwei total reflektierende Prismen P_1 und P_2 in ein Fernrohr geleitet. Hierbei werden P_1 und P_2 so gestellt, dass die beiden gleichen Bilder von S_1 und S_2 für den Beobachter genau zusammenfallen. Setzt man ein System von zwei Spalten vor das Objektiv des Fernrohres F , von welchem jede das Licht durch ein Prisma erhält, so sieht man die Beugungerscheinung einer Spalte, nur in grösserer Helligkeit, wie es FRAUNHOFER erwartet hatte. Eine Verschiebung von $P_1 P_2$ im Sinne des Pfeiles hat zur Folge, dass beide beugende Spalten von derselben Lichtquelle erleuchtet werden, wodurch in Folge der Cohärenz des Lichtes die von TH. YOUNG und FRAUNHOFER beobachteten neuen Minima auftreten.

Das Fächerprinzip veranschaulicht diese Fälle sehr gut. Betrachten wir, um nur ein Beispiel anzuführen, zwei Spalten von der Breite a , welche durch einen Zwischenraum ebenfalls von der Breite a getrennt sind, so sieht man sofort, dass neue Minima für $a \sin \alpha = \frac{\lambda}{4}, 3 \frac{\lambda}{4}, \dots, (2n \pm 1) \frac{\lambda}{4}$ auftreten. Für $a \sin \alpha = \frac{\lambda}{4}$

⁵⁾ Die ganze Operation kommt auf eine Schwerpunktsbestimmung oder vielmehr Momentbestimmung des Bogens ω vom Gewicht ka hinaus. Sie lässt sich für Schulzwecke leicht durch eine elementar-mathematische Entwicklung ersetzen.

⁶⁾ Fraunhofer, Gesammelte Schriften. S. 68.

ist der Amplitudenfächer in Fig. 4 (I) dargestellt; ab ist der Fächer der ersten Spalte, bc der ausfallende Fächer des Zwischenraums, cd der Fächer der zweiten Spalte, welcher die Wirkung des ersten auf

hebt. Für $a \sin \alpha = 3 \frac{\lambda}{4}$, Fig. 4 (II), ist $abcd$

der Fächer der ersten Spalte, $dabc$ der ausfallende Fächer des Zwischenraums und $cdab$ jener der zweiten Spalte. Hierbei ist ab und cd doppelt, bc und da einfach gleichmässig belegt, so dass die Resultierende wieder Null ist.

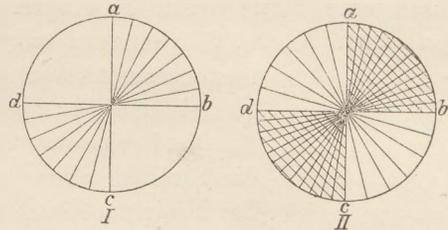


Fig. 4.

4. Es soll nun dasselbe Prinzip zur Erläuterung der Gitterspectren verwendet werden. Im Focus sind wieder alle Elementarstrahlen in voller Übereinstimmung. Im vorher betrachteten Punkte P hingegen bedeckt der Amplitudenfächer den Winkel $\omega = 2\pi \frac{A \sin \alpha}{\lambda}$, wobei A die Breite des ganzen Gitters ist,

nur mit dem Unterschiede, dass die den Gitterstäben entsprechenden Elementarstrahlen fehlen, wie dies die Figur 5 schematisch veranschaulicht.

Der bedeckte Teil verhält sich zum unbedeckten, wie die Spaltenbreite (a) zur Zwischenraumbreite (b). Ist die Zahl der Spalten gross und A beträchtlich, so bemerkt man, von der Verminderung der Helligkeit abgesehen, an dem Bilde keinen Unterschied gegen dasjenige, das man durch eine Spalte von der Breite des Gitters sehen würde. Die Beugungsstreifen sind dann sehr schmal, d. h. man sieht im Focus ein scharfes Bild der Lichtquelle.

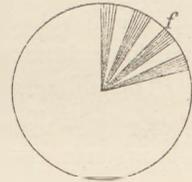


Fig. 5.

Hierbei würde es nun sein Bewenden haben, wenn nicht für $(a + b) \sin \alpha = \lambda$ jedes der Fächerchen f auf einen grösseren Raum F (Fig. 6) ausgebreitet wäre, in welchem alle anderen Fächerchen genau mit demselben coincidieren, dasselbe also unterstützen.

Die Teilresultierende eines Fächerchens wollen wir R nennen. In dem erwähnten Fall geben also die p Fächerchen die Resultierende pR . Weichen wir aber nur etwas, in einem oder dem anderen Sinne, von dem genauen Verhältnis $(a + b) \sin \alpha = \lambda$ ab, so gehen die zusammenfallenden R selbst in einen Fächer auseinander, wobei allerdings ihre Grösse auch allmählich abnimmt. Diesen Fächer können wir als den ursprünglichen Amplitudenfächer ansehen, und gelangen dadurch zu dem Schlusse, dass auch an jenem Punkt, für welchen $(a + b) \sin \alpha = \lambda$ ist, einfach ein (schwächeres) Beugungsbild zu sehen sein wird, welches der Spaltenbreite A entspricht, das also bei grossem A wieder ein scharfes Bild ist.

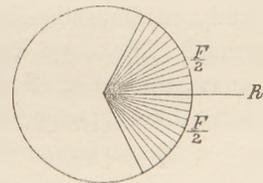


Fig. 6.

Dasselbe gilt für $(a + b) \sin \alpha = n\lambda$, wobei n eine ganze Zahl ist. Einfarbiges Licht, welches bisher stillschweigend vorausgesetzt war, giebt also scharfe Bilder für $\sin \alpha = \frac{n\lambda}{a + b}$, worin $n = 0, 1, 2, 3 \dots$ ist. Bei weissem Licht entstehen selbstredend die Gitterspectren aus der Nebeneinanderlegung der monochromatischen Spaltenbilder.

5. Um das eben Dargelegte durch den Versuch zu bestätigen, bediene ich mich folgender Anordnung. Durch die Fensterladenspalte S_1 (Fig. 7) dringt Sonnenlicht ein, fällt auf eine achromatische Linse L , ein Spectralprisma P , ein Reflexionsprisma R und bildet schliesslich auf einem versilberten Planglas G , vor

welchem ein matter schwarzer Spaltenschirm S_2 steht, ein reines Spectrum. Fast monochromatisches Licht wird von G auf das Beugungsgitter B geworfen, welches durch eine dritte Spalte S_3 eingeeengt wird. In dem Fernrohr F erblickt man nun, wenn S_1 , S_2 , S_3 genügend eng sind, ein System von nahezu aequidistanten monochromatischen Beugungsbildern, von denen jedes dem Beugungsbild einer Spalte entspricht. Erweitert oder verengert man S_3 , die Breite des Gitters, so verschmälern oder verbreitern sich die Streifen eines jeden Beugungsbildes. Dreht man R , wobei das Minimum der Ablenkung und die Schärfe des Spectrums auf G nicht gestört wird, so rücken die aequidistanten Beugungsbilder näher aneinander, wenn G von roter zu violetter Beleuchtung übergeführt wird. Wird S_3 genügend breit gemacht, so sieht man von Beugung nichts mehr, und erblickt eine Reihe aequidistanter scharfer monochromatischer Spaltenbilder (von S_2).

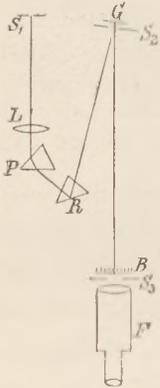


Fig. 7.

Es sei bemerkt, dass die Anwendung von Sonnenlicht und die spectrale Auflösung für den Versuch unerlässlich ist. Farbige Gläser sind zu wenig monochromatisch, Natriumlicht zu schwach, um die Erscheinung zu zeigen. Dagegen sei hier erwähnt, dass ein gerade gestreckter dünner Platindraht, der in der Bunsenflamme glüht, sich als Lichtquelle zur Darstellung vieler (nicht monochromatischer) Beugungserscheinungen eignet, und einer durch Tageslicht oder eine Flamme erleuchteten Spalte, welche immer sehr schmal sein muss, bedeutend vorzuziehen ist ⁷⁾.

6. Den antiken Forschern fehlte weder die Kraft der Deduktion, noch die Fähigkeit der Beobachtung; ihre Spekulationen und ihre Beobachtungen standen jedoch nur in geringer Wechselbeziehung. Wie hätte auch sonst, z. B. bei so hoch entwickelter Geometrie, die theoretische und praktische Perspektive so unvollkommen bleiben können, wie hätte sonst ein Brechungsgesetz $\alpha/\beta = n$ auf Grund von demselben geradezu widersprechenden Beobachtungen aufgestellt werden können? Die enge Beziehung zwischen Theorie und Beobachtung, welche seit GALILEI gepflegt wird, und die nach E. WIEDEMANN'S Mitteilungen durch die Araber wohl vorbereitet war, bildet den wesentlichsten Vorzug der modernen Wissenschaft. An den Tatsachen strebt diese Wissenschaft ihre Begriffe zu bilden, und jedes einzelne Experiment sucht sie denkend zu zerlegen und kritisch mit den Voraussetzungen der Theorie zu vergleichen. In der Optik ist es besonders leicht, jeden Schritt der Deduction durch das Experiment zu prüfen, wie das hier dargelegte Beispiel lehrt, das sich viel weiter ins Einzelne ausführen liesse. Deshalb

⁷⁾ Bringt man einen vertikalen, gerade gestreckten, in der Bunsenflamme glühenden Platindraht in 4–5 m Entfernung von einer Linse von 25–30 cm Brennweite, so sieht das Auge, in den Ort des kleinen Bildes gebracht, die ganze Linse hell erleuchtet. Eine parallel dem Draht gestellte dünne Stricknadel zwischen Linse und Draht erzeugt dann auf der Linsenfläche schöne Grimaldische Beugungsstreifen. Die inneren Streifen lassen sich durch Abblenden des Lichtes an einer Seite des Drahtes, oder durch einseitiges Abfassen mit einer Glasplatte zum Verschwinden bringen, während sie bei einseitigem Durchgang durch ein dünnes Glimmerblättchen oder durch Anwendung eines Jaminschen Compensators, dessen Trennungslinie durch die Stricknadel gedeckt wird, verschoben werden. Deckt man die erwähnte Linse durch einen Schirm mit horizontaler Spalte und betrachtet dieselbe durch ein Prisma von geringer (vertikaler) Dispersion, so erscheinen die Grimaldischen Streifen, entsprechend den verschiedenen Wellenlängen, fächerförmig im Violett convergierend. Alle Erscheinungen werden viel heller bei Anwendung zweier Spalten (anstatt eines Drahtes) und bei der Fraunhoferschen Anordnung.

ist die Optik ein zur Einübung dieser Methode vorzüglich geeigneter Unterrichtsstoff. Zugleich lehrt das erörterte Beispiel (3), dem sich leicht viele andere anfügen liessen, wie notwendig und fördernd es ist, selbst für grosse Forscher, die theoretischen Begriffe unausgesetzt an der Hand der Tatsachen zu verbessern, denn erstere bleiben stets Abstraktionen, welche die Tatsachen nur unvollkommen darstellen.

Über die Bestätigung der Gesetze des freien Falles bei Anwendung kleinerer Fallhöhen.

Von

Professor O. Reichel in Charlottenburg.

Auf Anregung des Verfassers hat Herr H. RÖNNE im Sommer 1891 Versuche über den freien Fall angestellt und mit Hilfe von Stimmgabelkurven, auf die beim Loslassen und beim Aufschlagen des Fallkörpers der Öffnungsfunke eines Funkengebers Marken warf, das Gesetz $s = at^2$ auf induktivem Wege erprobt. Mit Hilfe Fröhlich'scher Kontaktvorrichtungen hat er dann noch die beiden Gesetze für den beschränkten senkrechten Fall (Atwood) behandelt und insbesondere auch bestätigt, dass auf eine kleine Fallstrecke unmittelbar vor dem Abheben des Übergewichts nahezu gleich viel Stimmgabelwellen kommen wie auf die ebenso lange Fallstrecke unmittelbar nach dem Abheben. Endlich hat er auf dem nämlichen Wege auch die Geschwindigkeit des freien Falles der Prüfung unterworfen¹⁾.

Inzwischen fand ich mich durch einen Gedanken, den meine früheren Versuche über Massen-Gleichheit, Stosskraft, Parallelogramm der Stosskräfte nahegelegt, und den Herr RÖNNE zuerst ausgesprochen hatte, veranlasst, eine anderweitige, für den Unterricht jedenfalls bequeme und anschauliche Bestätigung der Gesetze des freien Falles zu ersinnen. Das Verfahren beruht darauf, dass die Stärke des Stosses beim Auffallen des Fallkörpers gemessen wird durch den Stoss eines zu gleicher Zeit in seinem tiefsten Punkte ankommenden Pendels. Ich gehe davon aus, dass²⁾ aller Unterricht in der Kräftelehre nächst den Begriffen der Bewegung und der Geschwindigkeit bei gleichmässiger Bewegung mit der Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel beginnen und dann sogleich zu einer erfahrungsmässigen Behandlung der Pendelgesetze (daran anknüpfend: Begriff der Geschwindigkeit bei ungleichmässiger Bewegung) übergehen sollte; dass also — während die theoretische Herleitung erst viel später zu erfolgen hat — sogleich die Formeln $T = \pi \sqrt{\frac{l}{9,8}}$ für die Schwingungsdauer und $v = \alpha \sqrt{9,8l}$ für die grösste Geschwindigkeit des Pendels historisch gegeben und durch Versuche — die letzteren mittelst Stimmgabelkurven — erprobt werden sollten. — Hierauf würde dann die Entwicklung des Begriffs gleicher Massen, des Begriffs der Stosskraft („Bewegungsquantität“) und des Parallelogramms der

¹⁾ Die Veröffentlichung der genannten Versuche bleibt vorbehalten.

²⁾ Vergl. diese Zeitschr., Jahrg. II, S. 265 f. und Jahrg. V, S. 14 ff. Eine neuerliche Verbesserung des a. a. O. angegebenen Verfahrens zur Bestimmung der Schwingungszahl der Stimmgabel besteht darin, dass statt des Metronoms ein schweres Viertel-Sekundenpendel verwendet wird, an welches ein Draht mit papierener Schreibspitze derart befestigt ist, dass letztere auf und nieder geht, wenn das Pendel hin und her schwingt, und welches so aufgestellt wird, dass die Schreibspitze über derjenigen der Stimmgabel sich befindet, also wie diese eine Wellenlinie auf die Russfläche schreibt. Der Gedanke, das Viertelsekundenpendel parallel der Russfläche zu stellen, ist vom Ingenieur W. Reichel.

Stosskräfte zu folgen haben, wie ich dies a. a. O. O. niedergelegt habe. Hierauf ist der freie Fall zu behandeln und zwar kann die Formel $s = 4,9 t^2$ zunächst gegeben und durch Versuche (*diese Zeitschr.* 1891. S. 16. Zeile 32) für grössere Falltiefen unter Benutzung des Metronoms bestätigt werden. Sodann ist die theoretische Deutung unter der Galilei'schen Annahme $v = g t$ zu geben, aus ihr dann im Verein mit der Formel $s = 4,9 t^2$ zu schliessen, dass $g = 9,8$ sein muss; aus beiden ist dann zu schliessen, dass $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$, $v = \sqrt{2gs}$ sein muss.

Ist nun t' die halbe Schwingungsdauer, v' die grösste Geschwindigkeit, α die Schwingungsweite eines l m langen Pendels, so ist jetzt zu setzen $t' = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$, $v' = \alpha \sqrt{gl}$; also muss, wenn man die Fall-Zeit des Pendels gleich der Fallzeit des Fallkörpers zu haben wünscht,

$$\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}} = \sqrt{\frac{2s}{g}}, \text{ oder } \frac{\pi}{2} = \sqrt{\frac{2s}{l}}$$

oder $\frac{s}{l} = \frac{\pi^2}{8} = 1,234$ gemacht werden.

Als hiernach zusammengehörig hat man z. B. die folgenden Werte von s und l :

$$\begin{array}{cccc} s = & 0,617 & 0,925 & 1,234 & 1,357 \\ l = & 0,5 & 0,75 & 1,00 & 1,10. \end{array}$$

Es seien ferner die Bedingungen zu finden, unter denen die Stosskräfte, mit denen das Pendel und der Fallkörper den tiefsten Punkt erreichen, einander gleich werden, wenn die Massen bezw. m' und m sind, und $m' = \mu m$ ist. Es ist dann zu setzen $\mu v' = v$, also $\mu \alpha \sqrt{gl} = \sqrt{2gs}$, also

$$\alpha = \frac{1}{\mu} \cdot \sqrt{\frac{2s}{l}} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\pi}{2}.$$

Ist z. B. $m' = 200 \text{ gr}$, $m = 20 \text{ gr}$, so ist $\alpha = \frac{1}{10} \cdot \frac{\pi}{2}$, also die Schwingungsweite $= 9^\circ$. Geleitet von der vorstehenden Rechnung habe ich eine Fallmaschine hergestellt, und zu den folgenden und ähnlichen Versuchen benutzt.

Auf den rechten, 20 cm langen Arm einer Wage w (Fig. 1), die noch mit einem vertikalen, ebenso langen Hebelarm versehen ist, schlägt aus einer Höhe von 1,357 m ein Fallkörper von 20 Gramm und löst durch sein Aufschlagen ein zweites, dort hängendes 20 Gramm-Stück c aus, sodass dasselbe abfällt; gleichzeitig trifft gegen den vertikalen Arm aus einer Schwingungsweite von 9° ein Pendel von 200 gr. Die von dem Pendel und dem Fallkörper getroffenen Stellen sind mit Klebwachs versehen. Man beobachtet, dass das Gleichgewicht der Wage durch die Einwirkung der beiden Stösse nicht gestört wird.

Beschreibung der Fallmaschine. (Siehe Fig. 1, 2 und 3.)

An einem senkrechten 2,5 m hohen, rechts neben einem Tische stehenden quadratischen Ständer aus Kiefernholz ist in 25 cm Höhe über dem Tisch die Wage w aus Weissblech befestigt. Der vertikale Hebelarm endigt in eine Scheibe a , deren Ebene rechtwinkelig zur Schwingungsebene des Pendels steht und in 20 cm Entfernung von der Axe der Wage mit einem schmalen wagerechten Streifen Klebwachs belegt ist. Auf dem linken Arm ist eine verschiebbare Bleiplatte b behufs Einstellung der Wage angebracht. Der rechte Hebelarm läuft in eine wagerechte, etwas tiefer als die Axe liegende rechteckige Scheibe d aus (Fig. 2), die hinten eine Umbiegung nach oben von der Form α hat. Die Kante e dieser

Umbiegung ist parallel der Wagebalkenrichtung und dient als Schneide, auf der ein blecherner Winkelhebel f (Fig. 3) mit zwei Einkerbungen f' ruht. Der wagerechte Arm des Winkelhebels ist ein rechteckiger Teller; zwischen ihm und der Scheibe d ist ein wenig Klebwachs angebracht,

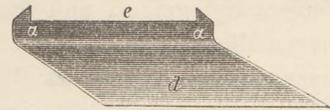


Fig. 2.

welches ihn in der Schwebe hält. Auf seiner oberen Fläche befindet sich das zur Aufnahme des Fallkörpers bestimmte Klebwachs. Der senkrechte Arm des Winkelhebels ist ein ebener, genügend steifer Blechstreif; seine Ebene ist der Axe der Wage parallel und 20 cm von derselben entfernt, und er trägt an seinem unteren, schwach nach vorn zu laufendem Ende einen kleinen Vorsprung f'' , an welchem das zweite, mit Öse versehene 20 Gramm-Stück gehängt wird. Auf dem Teller des Winkelhebels ist ein Strich β gezogen, der die Entfernung 20 cm von der Wageaxe andeutet.

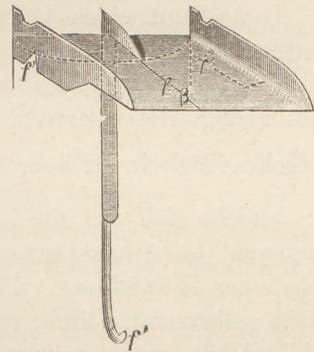


Fig. 3.

Der Fallkörper ist aus Schmiedeeisen und von der Form einer körperlichen Kugelzone mit gleichen Grundflächen und hängt an dem Elektromagnet g (Fig. 1). Letz-

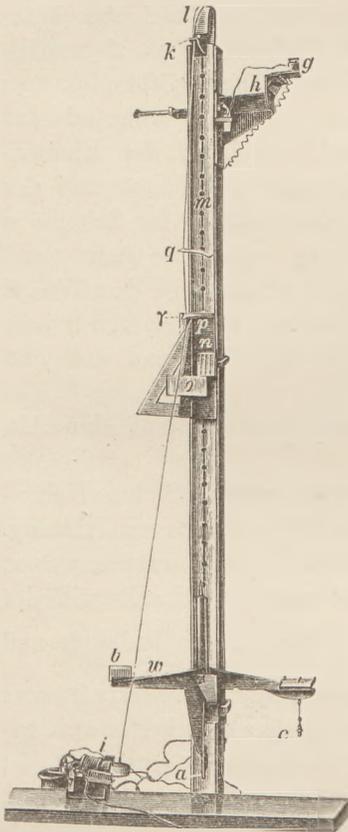


Fig. 1.

terer steht, verschiebbar in einer Blechklemme, auf dem Blechträger h , in $s = 1,357$ m Höhe über der Wage und senkrecht über dem Strich β (diese Stellung ist mittelst eines Lotes auszuprobieren!)

Das Pendel, welches zugleich auch als Lot zur Vertikaleinstellung dient, ist ein flach zylindrisches gusseisernes 200 g-Stück mit Öse und wird an den Elektromagneten i gelegt. Der Faden, an welchem dasselbe hängt, ist durch eine Öffnung eines am oberen Ende des Ständers angebrachten Winkelblechs k geführt, welches so angebracht ist, dass die Öffnung in einer Vertikalebene mit der Axe der Wage liegt. Der Faden zieht sich dann weiter aufwärts über das halbrunde Blech l und von da abwärts hinter dem Ständer zu einem in bequemer Greifhöhe befindlichen Spannwirbel. Mittelst des letzteren kann das 200 g-Stück gehoben oder gesenkt werden.

Auf der Vorderfläche des Ständers ist deren Mittellinie m (Fig. 1) gezogen und links von ihr eine Parallele in einem Abstände, der etwa $1\frac{1}{2}$ mm grösser ist als der Radius des 200 g Stücks. Auf diese Parallele, deckend mit der längeren Kathete, wird ein rechtwinkliges, auf ein dünnes gerades Holzbrett n geleimtes Holzdreieck geklemmt, auf dem ein Winkel von 9° eingetragen erscheint und auf welches ein schmaler Spiegel o quer aufgeklebt ist. Das Brett n trägt oben noch ein Winkelblech p , dessen wagerechte Kante γ von dem Scheitelpunkt des 9° Winkels aus gerade nach vorn, also parallel der Wage-

axe verläuft. Das Holzbrett mit Dreieck und Winkelblech wird in solcher Höhe angebracht, dass die Kante γ sich gerade 1,10 m höher befindet als der Wachsstreifen an der Scheibe a der Wage. Zunächst nun wird vor Einhängung der Wage der Ständer mittelst Stellschrauben so gestellt, dass der Faden sich mit seinem Spiegelbild und der Mittellinie m deckt; alsdann wird er durch den drehbaren Blechflügel q an die Kante γ angedrückt und die Fadenlänge so abgepasst, dass von γ ab bis zur Mitte des 200 g Stücks die Pendellänge 1,10 m beträgt; dann wird die Wage eingehängt und zum Einspielen gebracht, während das Gewicht c an dem Vorsprung f'' hängt, hierauf das Pendel an den Elektromagneten i gelegt, der Fallkörper an den Elektromagneten g gehängt und der Strom unterbrochen; das Pendel schlägt gegen den Wachsstreif auf der Scheibe a , der Fallkörper in das Wachs auf dem Winkelhebel f , der senkrechte Arm von f schlägt zurück, das Gewicht c fällt ab, und der Erfolg ist Stillstand der Wage.

Wiederholt man den Versuch, aber unter Änderung des Winkels von 9° , so zeigt sich ein Ausschlag der Wage in entsprechendem Sinn und von entsprechender Stärke.

Die Vorteile des Versuchs gegenüber der Beschränkung auf das Alt-hergebrachte liegen auf der Hand:

a) Statt eines verschlechterten, weil unter allerlei verwickelnden Nebenbedingungen stehenden Ersatzmittels kommt der freie Fall selbst zur Geltung.

b) Es wird die Geschwindigkeit selbst gemessen; nicht etwas, wovon erst nachgewiesen werden muss, dass es dasselbe liefert wie der reine Begriff der Geschwindigkeit. Dieser ist $\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\sigma}{\tau}$, wenn τ Zeit und σ Wegstrecke bedeutet und er bezieht sich auf die Zeit während der Einwirkung der Schwerkraft; was dagegen die Atwood'sche Fallmaschine liefert, ist die Geschwindigkeit nach geschehener Einwirkung. Dass beiden Begriffen derselbe Zahlwert entspricht, ist nicht selbstverständlich, sondern ein Satz, der eben erst einen Nachweis verlangt. Ein solcher, wenigstens in Bezug auf den senkrechten Fall, liegt in dem eingangs erwähnten Versuche des Herrn RÖNNE.

Ein Apparat zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten.

Von

Dr. W. Merkelbach in Cassel.

Der Herausgeber dieser Zeitschrift hat bei Besprechung seines Wasserdilatometers (*diese Zeitschr. II, S. 16*) darauf hingewiesen, dass es erwünscht wäre, wenn im Unterricht „nicht blos die Thatsache der Ausdehnung, sondern auch der Betrag der Ausdehnung eines Glasstabes anschaulich gemacht werden könnte.“ Er fügt hinzu: „Als vorzüglich verwendbar zu diesem Zweck erscheint der freilich kostspielige Fühlhebelapparat von Fuess (*diese Zeitschr. I, 134*).“

Auch der im Folgenden beschriebene Apparat hat den Zweck, den Betrag der Ausdehnung verschiedener Stoffe bei gleicher Temperaturerhöhung vor Augen zu führen, insbesondere die Bestimmung von Ausdehnungskoeffizienten im Unterricht zu ermöglichen. Die Anregung zu demselben verdanke ich dem Aufsatz des Herrn K. Fuchs über die Zeigerwalze im vorigen Jahrgang der Zeitschrift (*S. 186*). Der Apparat ist einfach und liefert bei nicht grossem Zeitaufwand für den Versuch verhältnismässig genaue Ergebnisse.

Man bestimmt mit Hilfe des Apparates die Ausdehnung von Metall- und Glasröhren, die mittelst durchströmenden Wasserdampfes erwärmt werden. Das eine Ende dieser Röhren ist fest, an dem andern ist eine Platte befestigt, die auf einer um ihre Axe drehbaren horizontalen Walze aufliegt. Durch die bei der Erwärmung stattfindende Verschiebung des freien Endes der Röhre wird die Walze gedreht und mit ihr dreht sich ein langer Zeiger, dessen Ende sich vor einer Skala bewegt. Aus dem bekannten Verhältnis des Radius der Walze zur Länge des Zeigers und aus der Länge des auf der Skala abgelesenen, von dem Zeigerende beschriebenen Bogens lässt sich dann die Grösse der Verschiebung irgend eines Punktes am Umfang der Walze und damit auch die Grösse der Verschiebung des Röhrenendes ermitteln. —

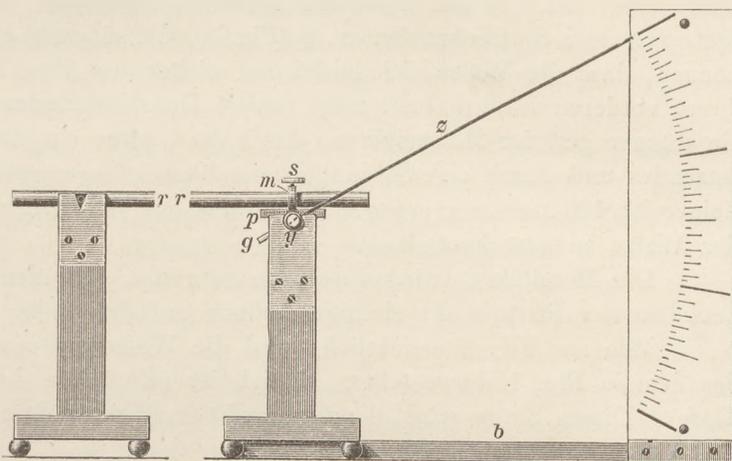


Fig. 1 ($\frac{1}{6}$ nat. Gr.).

Fig. 2 ($\frac{1}{6}$ natürl. Gr.)

Fig. 1 stellt die Vorderansicht eines hölzernen Stativs dar, das mit Hilfe einer Schraubzwinge auf der Platte des Experimentiertisches befestigt wird. Die viereckige Säule des Stativs trägt auf der Vorder- und Rückseite an ihrem oberen Ende je eine die Säule überragende Messingplatte mit ∇ förmigem Einschnitt. Diese Einschnitte nehmen einen cylindrischen Stift auf, der durch das Rohr, dessen Ausdehnung bestimmt werden soll, etwa 5 cm von seinem Ende quer hindurchgesteckt worden ist. Die Röhre selbst, die hiernach um diesen Stift drehbar ist, erhält eine fast horizontale, nach dem andern Ende ganz wenig geneigte Lage. Sie durchdringt, ungefähr 5 cm von ihrem andern Ende entfernt, eine Messingplatte, die mit einer der Weite der Röhre (9 mm) entsprechenden Bohrung versehen wurde. Diese Messingplatte, in Fig. 2 sichtbar und mit *m* bezeichnet, ist oben halbkreisförmig abgerundet, wie aus Fig. 3, der Seitenansicht des oberen Teiles von Fig. 2, zu erkennen ist. An der von dem festen Stifte genau 1 m entfernten und auf dem Rohr mit einer Marke bezeichneten Stelle, wo das Rohr *r* die Messingplatte durchsetzt, ist letztere beiderseits etwas konisch vertieft, so dass sie am Rande der Durchbohrung nur noch etwa 2 mm dick ist. Gegen diesen Rand kann das Rohr durch die Schraube *s* gepresst und dadurch befestigt werden.

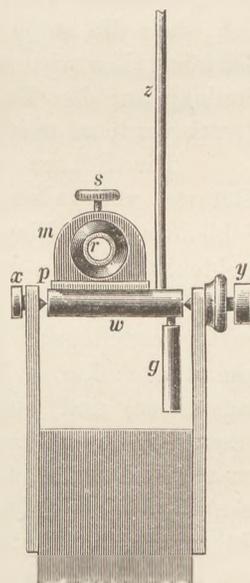


Fig. 3 ($\frac{1}{2}$ nat. Gr.).

Die Messingplatte *m* trägt an ihrem untern Rande eine Messingplatte *p*, die eben und matt geschliffen ist und auf der horizontalen Walze *w* ruht (letztere ist nur in Fig. 3 sichtbar). Die Walze ist, nachdem ihre Endflächen mit feinen Bohrungen versehen worden waren, genau cylindrisch auf 6 mm Durchmesser ab-

gedreht, so dass ihre Axe genau durch die Mitten der Bohrungen geht. Der Durchmesser der Walze ist mit Hilfe eines Schraubenmikrometers (Mikrometerdrahtlehre), das 0,01 mm abzulesen gestattet, gemessen. Sie ist drehbar um die Spitzen zweier Stahlschrauben x , y (Fig. 3), die so genähert oder entfernt werden können, dass die Walze sich leicht und sicher um ihre Axe drehen kann. An ihrem vorderen Ende hat sie zwei radiale Durchbohrungen. Durch die eine ist ein dünner gerader Holzzeiger z , durch die andere ein diesen ins Gleichgewicht setzendes und durch eine Schraube verstellbares Gegengewicht g eingepasst. Der Zeiger ist 100 mal so gross wie der Radius der Walze, also 30 cm (von der Axe der Walze an gerechnet) lang.

Die Metallplatte wird durch die Schraube s an dem Rohre erst befestigt, nachdem der Platte p die richtige Stellung auf der Walze gegeben worden ist.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, wird die Walze w durch ein Stativ getragen, das dem in Fig. 1 dargestellten ähnlich ist (die Säule hat nur etwas grössere Tiefe). Dieses Stativ wird ebenfalls auf dem Tische durch eine Schraubzwinge befestigt.

Mit dem zweiten Stativ ist durch ein horizontales Brettchen b ein vertikales fest verbunden, das die Skala trägt. Diese ist auf einen Kartonstreifen gezeichnet. Ihr innerer Rand ist ein Kreisbogen von 30 cm Länge und 30 cm Radius. Sie trägt eine Teilung in Centimetern, die durch kurze Teilstriche noch halbiert sind; die zu 0, 10, 20, 30 cm gehörenden Teilstriche sind besonders lang und kräftig gezeichnet, ebenso die Mitten der Decimeter. Zahlen sind nicht angebracht; die Millimeter werden geschätzt. Man kann bei Anfertigung der Teilung mit dem Zirkel ohne Weiteres cm auf dem Bogen abtragen, da hierbei der Unterschied zwischen Sehne und Bogen sehr klein ist; zur Kontrolle aber überzeuge man sich, dass die zu je 10 cm Bogenlänge gehörende Sehne 9,95 cm gross ist. Der Kartonstreifen wird so auf dem Brettchen befestigt, dass der Zeiger bei horizontaler Stellung auf den Teilstrich 15 weist und dass bei einer Drehung des Zeigers dessen vorderes geschwärztes Ende den innern Rand der Teilung genau durchläuft.

Die Röhren werden durch einen Kautschukschlauch mit einem Gefässe (Retorte) verbunden, in welchem Wasser zum Sieden gebracht wird. Bei dem Schlauche sind Biegungen, in denen sich Wasser ansammeln könnte, zu vermeiden. Auch an das andere Ende der Röhre befestigt man einen Schlauch, den man in ein leeres Gefäss leitet. Der Zeiger, den man bei Beginn des Versuchs auf 0 gestellt hat, setzt sich beim Durchströmen des Dampfes in Bewegung und nimmt nach kurzer Zeit eine feste Stellung ein. Bei meiner dickwandigsten Röhre (aus Eisen) und bei Benutzung einer gewöhnlichen Bunsenflamme zur Dampferzeugung dauert dies etwa 1 Minute, bei den andern viel weniger. Der Ausschlag ist ziemlich beträchtlich, wie die weiter unten stehenden Beispiele zeigen, und kann von dem Schüler bequem abgelesen werden. Als Anfangstemperatur der Röhre wird die Lufttemperatur angenommen. Man fasse die Röhre beim Auflegen mit einem Tuche an, um sie nicht mit den Fingern zu erwärmen. Auch beim Wegbringen der heissen Röhre leistet ein solches gute Dienste.

Die Röhren, die ich bei den Versuchen verwendete, bestanden aus Messing, Eisen, Aluminium und Glas. Die Aluminiumröhre habe ich von den Deutsch-Österr. Mannesmannröhren-Werken in Berlin bezogen (Preis 1,50 M. für je 1 m Länge und 9 mm Durchmesser). Als Eisenröhre diente eine gewöhnliche Gasröhre. Da die engste, die ich hier erlangen konnte, 1 cm Durchmesser hatte, musste

das eine Ende etwas dünner gefeilt werden. — Bei der Glasröhre lässt sich nicht wie bei den Metallröhren ein Stift durch die Röhre stecken. Um einen solchen an der Glasröhre zu befestigen, habe ich einen Stift an den Rand eines kurzen Stückchens Messingrohr angelöthet und letzteres mit einem Kitt von Wasserglas und Kreide auf dem Glasrohr so befestigt, dass der den Stift tragende Rand des Messingrohrs sich auf der Seite der Marke befand.

Verschiedene mit dem Apparat angestellte Versuche lieferten gut übereinstimmende Ergebnisse. Die bei einem derselben erhaltenen Zahlenwerte mögen hier angeführt werden. Bei einer Lufttemperatur von $15,0^{\circ}\text{C}$ und einem Barometerstand von 749 mm, dem eine Siedetemperatur des Wassers von $99,6^{\circ}\text{C}$ entspricht, gab der Zeiger bei Verwendung der Messingröhre einen Ausschlag von 15,6 cm. Demselben entspricht eine Ausdehnung von 1,56 mm für $84,6^{\circ}\text{C}$ oder 0,0184 mm für 1°C . Da die Röhre 1000 mm lang ist, so ist der Ausdehnungscoefficient 0,0000184. Die Zeigerausschläge unter denselben Verhältnissen waren für Eisen 10,4 cm, für Aluminium 19,4 cm, für Glas 7,9 cm, woraus sich ergeben als Ausdehnungscoefficienten für Eisen 0,0000123, für Aluminium 0,0000229, für Glas 0,0000093.

Die verwendete Zeigerwalze hat vor der auf einer horizontalen Unterlage fortrollenden den Vorzug, dass Walze und Skala eine unveränderte Lage zu einander haben, sodass man nicht nöthig hat, bei Beginn jeder Messung die Walze oder die Skala so zu stellen, dass die Mittelpunkte beider zusammenfallen und dass die Drehungsebene des Zeigers zu der Skala parallel wird. Auch muss die Walze für denselben Vergrößerungsmodul und dieselbe Zeigerlänge doppelt so dick sein, was die Sicherheit der Drehung der Walze erhöht. Für den elementaren Unterricht ist es ausserdem angenehm, dass zur Bestimmung des Vergrößerungsmoduls des Zeigers ein einfacher planimetrischer Satz zur Anwendung kommt, während die Klarlegung derselben Grösse bei der rollenden Zeigerwalze (Durchmesser der Walze zur Zeigerlänge) mehr Schwierigkeiten darbietet.¹⁾

Ein Vorlesungselektrometer.

Von

Professor Th. Schwedoff in Odessa.

Das Elektrometer, dessen Beschreibung folgt, hat die Eigentümlichkeit, dass seine elektrisirten Teile während der Messung ihre relative Lage und folglich ihre elektrische Capacität unverändert behalten.

In der Figur 1 stellt *abcd* einen Messingbügel, *ab* einen Aluminiumstreifen dar. Letzterer kann sich um die horizontale Axe *a* drehen, welche am oberen Ende des Bügels festliegt. Ausserdem kann man dem Bügel eine beliebige Neigung geben, indem man ihn um die Axe *O* dreht.

Um dieses System auf den Nullpunkt einzustellen, lässt man den Streifen *ad* an der sehr beweglichen Axe *a* lotrecht hängen, und dreht den Bügel um die Axe *O* so weit, bis sein unterer Vorsprung *cd* das Ende des Streifens eben berührt. Elektrisirt man diese Vorrichtung, so wird der Streifen in eine neue Lage *ag* abgestossen. Jetzt dreht man auch den

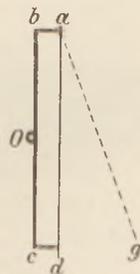


Fig. 1.

¹⁾ Herr Mechaniker H. Scheyhing in Cassel liefert den Apparat mit den genannten vier Röhren, doch ohne die Schraubzwingen, zum Preise von 25 Mark.

Bügel um die Axe O , bis sein unterer Vorsprung wieder in Berührung mit dem Streifen kommt (Fig. 2). Obgleich in dieser neuen Lage der Streifen nicht mehr lotrecht hängt, so übt er doch keinen messbaren Druck auf den Vorsprung cd , weil das Drehungsmoment der Schwerkraft genau gleich dem Momente der Repulsionskraft ist, welche zwischen den beiden elektrisierten Körpern wirkt.

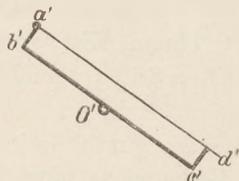


Fig. 2.

Nun ist das erstere Moment proportional dem Sinus des Winkels α , um welchen das ganze System aus seiner Nullpunkt-lage abgelenkt wurde. Andererseits ist die Repulsionskraft dem Quadrate des Potentials proportional. Bezeichnen wir das letztere mit V und eine Constante mit k' , so haben wir als Gleichgewichtsbedingung: $V^2 = k' \cdot \sin \alpha$, woraus

wo k wieder eine Constante ist. $V = k \sqrt{\sin \alpha}$,

Setzen wir $\alpha = 90^\circ$, so ist $V = k$, d. h. k ist der Wert, zu welchem das Potential steigen muss, damit die erwähnte Repulsionskraft dem Gewichte des Aluminiumstreifens genau gleich sei. Will man sich nur auf vergleichende Messungen beschränken, so kann man jenen Potentialwert als Einheit annehmen und k gleich 1 setzen. Sonst kann man k in absolutem Maasse oder in Volt bestimmen, durch Vergleichung mit dem absoluten Elektrometer von Sir W. THOMSON oder durch Ladung mit einer bestimmten Batterie.

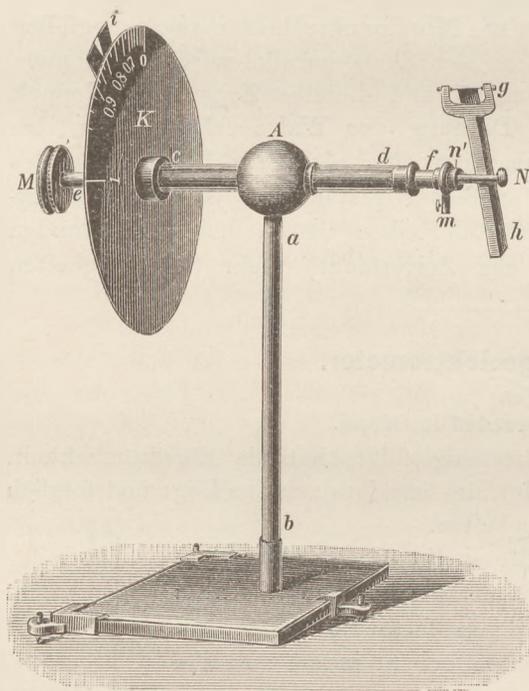


Fig. 3.

Wie man sieht, hat dieses Instrument den Vorzug, dass es keine Aichung braucht und die Potentiale in absolutem Maasse rasch und bequem messen lässt¹⁾.

Figur 3 stellt das Instrument in perspektivischer Ansicht dar. ab ist ein Glasstab; A eine Ebonitkugel; cd eine Glasröhre, die in der Kugel fest-sitzt; ef ein Glasstäbchen, das sich in der Röhre drehen kann und als Axe für das System gh dient. An diesem Stäbchen ist ein Zeiger angekittet, dessen Ende in i sichtbar ist. kh ist eine Scheibe aus schwarzer Pappe, sie trägt die Skalenteilung, welche zur Messung des Winkels α dient. Zur grösseren Bequemlichkeit trägt man auf die Skala nicht die Winkel selbst, sondern direkt die Werte von $\sqrt{\sin \alpha}$ auf. Die Skalenstriche müssen also den Winkeln entsprechen, für welche die Bedingungen erfüllt sind:

$$\sqrt{\sin \alpha} = 0,1; = 0,2; = 0,3; = 0,4 \text{ u. s. w.}$$

¹⁾ Manche Physiker nennen solche Elektrometer absolute, welche mittelst einer galvanischen Batterie in Volt geacht worden sind. Dies entspricht aber nicht der wissenschaftlichen Terminologie. Absolut heisst das Elektrometer, welches das Potential in mechanischem Maasse direkt, ohne irgend welche mechanische Hilfsapparate, ausdrückt. Deswegen ist mein Elektrometer auch kein absolutes.

Die Scheibe KL ist auf der Röhre cd durch Reibung befestigt, so dass ihre Stellung nötigenfalls geändert werden kann. M ist der Handgriff zur Drehung der Glasaxe. Das andere Ende dieser Axe trägt ein Messingstäbchen N , an welchem das System gh angelötet ist. Die Klemmschraube m sitzt an einem beweglichen Messingring und dient zur Befestigung eines Drahtes, der zu der Elektrizitätsquelle führt. Das Stäbchen N sitzt mittelst Reibung in der Fassung n' . Auf diese Weise kann man das System gh durch ein anderes ersetzen, das mehr oder weniger empfindlich ist. Man kann die Scheibe KL und auch die Skalenteilung gross genug machen, so dass sie von Weitem sichtbar sind. Was die Empfindlichkeit des Instruments anbelangt, so hängt sie vom Gewicht des Aluminiumstreifens und folglich von seiner Dicke ab. Sehr dünne Streifen müssen gewellt sein, damit sie ihre geradlinige Figur behalten. Ist der Streifen ziemlich dünn, so hemmt die Luft seine Schwingungen momentan. Daraus folgt eine vollständige Aperiodicität des Apparates, welche auch dadurch erreicht wird, dass während der Berührung des Streifens mit dem Bügel die Schwingungstösse gedämpft werden. Man kann dem Instrument eine viel grössere Empfindlichkeit erteilen, indem man die Drehungsaxe des Aluminiumstreifens in seiner Mitte anbringt, wie es bei dem neulich beschriebenen Elektrometer von F. BRAUN der Fall ist (*diese Zeitschr. V. Jahrg. 2. Heft, S. 61*).

Es versteht sich von selbst, dass für genaue und lange dauernde Versuche das System gh mit einer leitenden Hülle umgeben werden muss, welche zur Erde abgeleitet ist. Für Vorlesungszwecke ist es aber vollständig genügend, das System vor jeder Messung ableitend zu berühren, während man es auf den Nullpunkt einstellt. Es ist dabei vorausgesetzt, dass während der Messung das Potential des umgebenden Raums sich nicht merklich ändern kann. Die Verbindung der Klemmschraube m mit der Erde oder mit verschiedenen Elektrizitätsquellen geschieht mittelst eines zweckmässigen Commutators, der in der Zeichnung nicht dargestellt ist.

Ein Praecessions - Globus.

Von

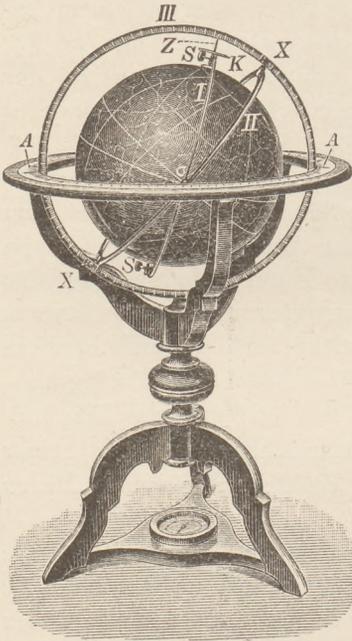
Prof. Dr. K. Haas in Wien.

Längere Zeit habe ich darüber nachgedacht, wie man den Sternglobus montieren müsse, um die Änderungen, welche der Sternhimmel für irgend einen Ort der Erde durch die Präcession erfährt, demonstrieren zu können; endlich bin ich auf folgende Weise zum Ziele gelangt.

Der Sternglobus wird um eine Axe, welche durch die Pole der Ekliptik geht, drehbar in dem Ringe I montiert. Der Betrag der Drehung kann auf einem Teilkreise K abgelesen werden. In jeder Lage kann der Globus durch eine Schraube S oben und unten festgeklemmt werden. Ring I ist in dem Ringe II um eine Axe drehbar, die mit der erst erwähnten einen Winkel von 90° bildet. Die Lage der beiden Ringe kann durch Klemmschrauben σ fixiert werden. Ring II ist endlich mittelst einer Axe, welche von den Schnittpunkten von I und II um je 90° absteht in dem Ringe III drehbar und kann wieder in jeder beliebigen Lage festgehalten werden. Der dritte Ring endlich ist auf einem Gestelle mit Azimuthkreis A so montiert, dass man der Axe XX , um welche sich II in III dreht, jede beliebige Neigung von 0° – 90° gegen die Ebene des Azimuthkreises geben kann. Ein Zeiger Z gestattet auf Ring III den Winkel abzulesen, den I

und *II* mit einander einschliessen. Im Wesentlichen ist der Apparat eine zu diesem Zwecke adaptierte Cardanische Aufhängung.

Will man nun mittelst des Globus den Sternenhimmel, wie er für einen bestimmten Ort und für ein bestimmtes Jahr sichtbar ist, demonstrieren, so wird zunächst Ring *III* in den Kerben des Horizontalringes so verschoben, dass der Bogen *AX* der Polhöhe des betreffenden Ortes gleich wird. Der Winkel zwischen *I* und *II* wird der Schiefe der Ekliptik für das betreffende Jahr gleich gemacht. Hierauf wird der Globus um die Pole der Ekliptik so lange gedreht, bis der Punkt des Himmels, welcher für das betreffende Jahr der Himmelspol ist, in die Axe *XX* zu liegen kommt. Werden nun die Schrauben *S*, *S* und σ , σ festgeklemmt, so kann man durch Drehen des Globus um die Axe *XX* alle Verhältnisse des Sternenhimmels für den betreffenden Ort und das betreffende Jahr demonstrieren, namentlich, wenn noch ein Stundenkreis angebracht wird, der jedoch auf der Figur der Einfachheit halber weg blieb.



Macht man zum Beispiel die Wega zum Polarstern (14000 n. Ch.), so ersieht man sofort, dass selbst noch für die Breite von Berlin am südlichen Horizont das Sternbild des Kreuzes erscheint und dass der Sirius zu dieser Zeit nicht mehr sichtbar ist.

Einer Drehung des Globus um die Axe des Ringes *I* im Betrage von 10° entspricht eine zeitliche Veränderung von beiläufig 700 Jahren und zwar ein Rückgang wenn im Sinne des Zeigers der Uhr gedreht wird, ein Vorwärtsgen wenn die Bewegung im entgegengesetzten Sinne erfolgt. Bei letzterer Drehung sieht man der Reihe nach γ , dann α Cephei, δ Cygni, α Lyrae, δ Herculis, γ Herculis und endlich α Draconis zu Polarsternen werden. Mit diesen Änderungen des Himmelspoles gehen entsprechende Veränderungen an den Äquinoktialpunkten (den Schrittstellen der Ringe *I* und *II*) Hand in Hand. So finden wir bei einem Vordrehen um 60° (aus der Einstellung für unsere Zeit) die Plejaden in der Nähe des Frühlings-Tag- und Nachtgleichenpunktes — eine Constellation, die von chinesischen Quellen für das Jahr 2357 v. Chr. gemeldet wird.

Eine dem Gymnasiasten aus der Lektüre Homers und Ovids geläufige Thatsache ist die Circumpolarität des grossen Bären im Altertume für die Breite Italiens und Griechenlands. Bei der Einstellung des Globus für die entsprechende Breite (38°) lässt sich zeigen, dass der Stern am Ende des Schwanzes nun schon auf- und untergeht. Ein Vordrehen um 30° genügt, um seine Circumpolarität für das Altertum zu demonstrieren.

Bringt man geeignete Vorrichtungen zur genauen Ablesung der Morgen- und Abendweite auf dem Azimutkreise und zur Ablesung der Deklination auf Ring *III* an, so kann man die durch die Präcession in diesen Grössen für einzelne Sterne bewirkten Veränderungen ablesen und tabellarisch oder graphisch (Zeit als Abscisse, Morgenweite resp. Deklination als Ordinate) aufzeichnen.

Zusammensetzung von Drehungen.

Von

Prof. **Karl Fuchs** in Pressburg.

Es gilt für sehr schwer, die Zusammensetzung der Drehungen in elementarer Weise zum Verständnis zu bringen. Im Folgenden soll der Versuch gemacht werden, mittelst geeigneter Apparate das Problem zu veranschaulichen.

1. Es ist vielleicht nicht überflüssig zunächst zu zeigen, dass die Richtungsänderung, die eine beliebige, in der Ebene der Drehung gelegene Gerade an irgend einem Punkte erleidet, nur vom Drehungswinkel abhängt, nicht aber von der Lage der Axe.

Zu diesem Zwecke nimmt man eine Scheibe von Holz oder Pappe von etwa 5 dm Durchmesser. Die Scheibe besitzt mehrere Löcher in zerstreuter Lage, mittelst deren man die Scheibe auf einen in der Tischplatte steckenden kurzen Zapfen als Axe stecken kann. Man hat sodann mehrere Scheibchen von 8 cm Durchmesser, in denen ein Durchmesser stark ausgezogen ist, und deren Umfang von 10 zu 10 Grad Teilstriche trägt. Man legt diese Scheibchen zerstreut auf die grosse Scheibe und beobachtet bei irgend einem Scheibchen, welchen Winkel der Hauptdurchmesser mit einer Reisssschiene macht, die man an die Tischkante gesetzt hat. Sodann dreht man die grosse Scheibe um 10 oder $n \times 10$ Grad um die Axe, an der sie steckt und misst dann, welchen Winkel obiger Hauptdiameter nun mit der Reisssschiene macht. Man findet bei jedem Scheibchen denselben Winkel, um den man die Hauptscheibe gedreht hat.

Man kann auch auf die Scheibchen Magnetnadeln setzen, wodurch die Reisssschiene entbehrlich wird. Auch kann man direkt auf der Hauptscheibe beliebige Striche verzeichnen und in diesen einen Punkt auszeichnen. Auch kann man auf die Hauptscheibe zerstreut Stricknadeln legen.

Man wiederholt den Versuch, indem man den Axenzapfen durch ein anderes Loch der Hauptscheibe steckt.

2. Die Zusammensetzung zweier Drehungen um parallele Axen lässt sich mittelst folgender Vorrichtung (Fig. 1) demonstrieren.

Wir haben zwei Säulen S_1 und S_2 , deren Abstand variiert werden kann. Jede Säule trägt am oberen Ende eine horizontale Scheibe von etwa 8 cm Durchmesser, deren obere Fläche rauh ist. Auf diesen

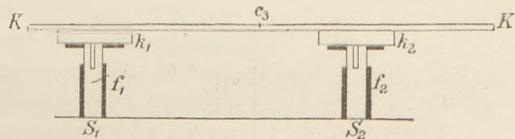


Fig. 1.

Scheiben liegen schwere Scheiben k von etwa 10 cm Durchmesser, deren vertikal nach unten gerichtete Axenzapfen in Bohrungen der Säulen leicht passen. Jede Säule trägt eine vertikal verschiebbare Hülse (f_1, f_2), welche zwei Arme besitzt, die von unten die betreffende Scheibe k aufheben, wenn man die Hülse hebt. Ausserdem trägt jede Hülse noch einen gegen die andere Säule gerichteten längeren Arm a , dessen oberes Ende mit den oberen Enden der obigen zwei kurzen Arme in gleicher Höhe liegen. Die Enden der langen Arme a_1 und a_2 sind horizontal gekrümmt, wie die Ansicht von oben (Fig. 2) erkennen lässt. Die Scheiben k sind in Grade geteilt. Zwischen ihnen, in der Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte ist eine Kante l sichtbar.

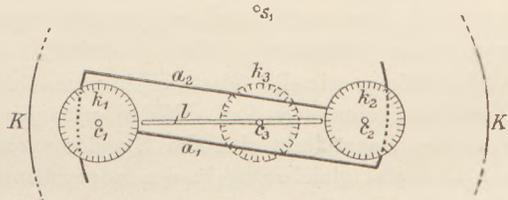


Fig. 2.

Auf die Scheiben k legt man nun eine Glasscheibe K von etwa 50 oder 60 cm Durchmesser, deren Mittelpunkt c_3 angezeigt und von einer Gradteilung umgeben ist. Zwei Hülfs säulen s_1 und s_2 verhindern, dass die Glasscheibe zufällig von der Scheibe k herabfällt.

Wenn man nun die Hülse f_1 etwas hebt, so wird dadurch k_1 und die Glasscheibe K gehoben, Man dreht nun die Hülse f_1 um etwa 3° und lässt sie wieder herab. Dann ist sowohl k_1 als auch K um 3° gedreht, aber das Centrum von K liegt nicht mehr in der Kante l .

Sodann wiederholt man dieselbe Manipulation mit der Hülse f_2 so, dass das Centrum nun etwas nach der entgegengesetzten Seite von l verschoben erscheint. Dann sind k_2 und K abermals um den gleichen Winkel gedreht worden.

Man fährt dergestalt alternierend fort wie lange man will. Schliesslich lässt man das Centrum wieder auf l fallen. Nun kann man an k_1 ablesen, um wie viel K um die Axe S_1 gedreht worden ist; an k_2 liest man ab, um wie viel K insgesamt um S_2 gedreht worden; an der Kreisteilung k_3 auf K liest man ab, um wieviel K sich gedreht hat. Man findet, dass die Drehungen um c_1 und c_2 sich umgekehrt verhalten, wie die Entfernungen des effektiven Drehungsmittelpunktes C von c_1 und c_2 .

Die Zusammensetzung von zwei Drehungen um parallele Axen lässt sich auch folgendermaassen demonstrieren.

Eine runde Tafel von etwa 70 cm Durchmesser besitzt einen aufgestülpten Rand, so dass man Wasser oder eine Schicht Quecksilber darauf schütten kann, worauf eine leichte Scheibe K von etwa 50—60 cm Durchmesser schwimmt. Ihr Mittelpunkt ist angegeben und von einer Gradteilung umgeben. Die Scheibe K wird von zwei an langen verstellbaren Axen befindlichen Rädchen $k_1 k_2$ leicht gedrückt. Wenn man nun k_1 dreht, dann dreht sich K um den Kontaktpunkt c_2 von k_2 als Centrum. Wenn man hingegen nur k_2 dreht, dann dreht sich K um den Kontaktpunkt c_1 von k_1 als Centrum. Wenn man k_1 und k_2 gleichzeitig dreht, dann dreht sich K gleichzeitig um c_1 und c_2 , effektiv aber ergibt sich eine Drehung um einen festen Punkt C . Die Entfernungen des C von c_1 und c_2 verhalten sich dann wie die Umdrehungen von k_1 und k_2 .

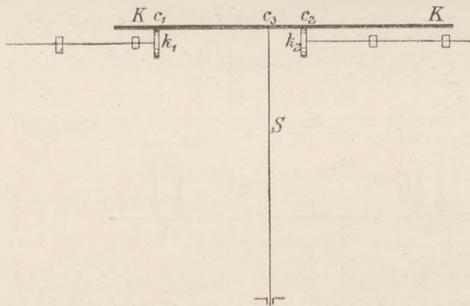


Fig. 3.

Ohne Flüssigkeit kann man den Versuch folgendermaassen machen (Fig. 3.) K trägt nach unten eine vertikale Axe S von etwa 1 m Länge, welche in eine Öffnung am Boden leicht passt. Die Scheibe K ruht auf zwei gleich grossen vertikalen Scheibchen k_1 und k_2 , deren Axen in eine Gerade fallen. — Der Versuch ist weniger penibel, wenn die Axe S nicht in eine Oeffnung, sondern in eine Furche reicht, welche mit den Axen von r_1 und r_2 parallel läuft.

3. Die Zusammensetzung von zwei Drehungen um Axen, die einen Winkel mit einander bilden, lässt sich sehr einfach folgendermaassen nachweisen. Wir legen auf den Tisch ein Brett, etwa ein Quadrat von 50 cm Seitenlänge. In die Mitte dieses Brettes legen wir eine Kugel, und auf dieselbe legen wir horizontal eine Glastafel, etwa ebenfalls von 50 cm Seitenlänge. Man nimmt kein Brett, damit die Kugel sichtbar bleibe.

Wenn wir die Glastafel in der $+x$ -Richtung vorschieben, dann dreht sich die Kugel um eine $+y$ -Axe. Wenn wir aber das untere Brett in der $+y$ -Richtung vorschieben, dann dreht sich die Kugel um eine $+x$ -Axe. Wenn wir also das Brett und die Glastafel gleichzeitig in den angegebenen Richtungen vorschieben, dann dreht sich die Kugel gleichzeitig um eine $+x$ -Axe und um eine $+y$ -Axe. Dieselbe Bewegung erhält aber die Kugel, wenn wir die Glastafel gleichzeitig nach $+x$ und nach $-y$ vorschieben. Daraus resultiert aber ein Rollen der Kugel um eine diagonale Axe.

Man kann den Versuch vielfach variieren. Wir vorschieben Tafel und Brett gleichzeitig in der x -Axe um gleiche, aber entgegengesetzte Strecken, damit die Kugel keine progressive Bewegung erhalte. Wenn wir ein zweites Mal Tafel und Brett nach einer anderen Geraden um gleiche und entgegengesetzte Strecken vorschieben, dann dreht sich

die Kugel ohne Progression um eine andere Axe. Wenn wir nun endlich beide Verschiebungspaare gleichzeitig vornehmen, dann resultiert eine diagonale Drehung der Kugel. Die Zusammensetzung der Drehungen ist dann auf die Zusammensetzung der progressiven Bewegungen der führenden Platten zurückgeführt.

4. Besser ist vielleicht folgender Apparat. (Fig. 4). Eine vertikale Säule S endet in eine kleine Schale, auf welcher eine Kugel K von etwa 2 dm Durchmesser ruht. Die Säule trägt zwei horizontal um die Säule drehbare Arme a_1, a_2 , an deren Enden Federn f_1, f_2 vertikal nach oben ragen, die bis in die Höhe des Kugelmittelpunktes reichen, aber die Kugel nicht ganz berühren. Die Federenden tragen nach dem Kugelcentrum gerichtete horizontale Axen c_1 und c_2 , deren inneres Ende eine Calotte k trägt, deren Umfang in Grade geteilt ist. Die Kugel besitzt eine horizontale Axe und der Zenithpunkt wird markiert.

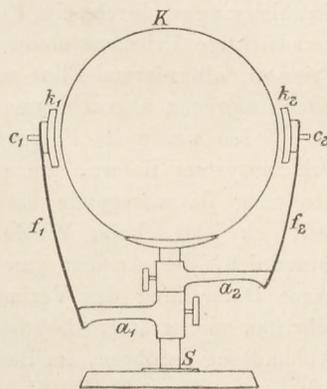


Fig. 4.

Nun drücken wir mit der einen Hand die erste Feder (oder besser ihre Scheibe k_1) an die Kugel; mit der anderen Hand fassen wir die Kugel auf der entgegengesetzten Seite und drehen sie ein wenig um die Axe a_1 . Sodann wiederholen wir diese Manipulation mit der anderen Feder und fahren so alternierend fort, bis der Zenithpunkt einen Quadranten durchlaufen hat. Wir lesen dann an den Scheiben k_1 und k_2 ab, um wie viel Grade wir die Kugel um die Axen c_1 und c_2 gedreht haben, und vergleichen die Drehungswinkel mit der effektiven Drehung der Kugel um 90° .

Wir haben bei diesen Manipulationen nur darauf zu achten, dass die Axe der Kugel nur um enge Grenzen um ihre ursprüngliche Lage schwanke und schliesslich in die Anfangslage zurückkehre. Zur diesbezüglichen Controle kann ein dritter Arm der Säule S dienen, dessen Endpunkt die Normallage der Kugelaxe markiert.

Man kann diesen Apparat folgendermaassen variieren. Die Säule S (Fig. 5) trägt eine drehbare vertikale Gabel, in der ein vertikales Rädchen um eine horizontale Axe z drehbar ist. Diese horizontale Axe z steht lang als Zeiger seitwärts ab. Auf diesem Rädchen ruht die Kugel, und damit sie nicht herabfalle ist sie mit einem horizontalen Ringe R in halber Höhe umgeben, welcher Ring durch eine Säule festgehalten wird. Bei einer bestimmten Richtung des Zeigers z (die an einer horizontalen Kreisteilung k abgelesen werden kann) dreht man das Rädchen ein wenig, wodurch die Kugel eine kleine Drehung um eine zum Zeiger parallele Axe erhält. Hierauf giebt man dem Zeiger eine andere bestimmte Stellung, dreht wieder ein wenig, wodurch die Kugel abermals eine kleine Drehung erhält, deren Axe der neuen Zeigerlage parallel ist. Man wiederholt nun diese Manipulationen, wobei man auf zwei Dinge zu achten hat. Der Zeiger muss genau zwischen den Grenzen normierter Gradstellungen alternieren; sodann muss man in der einen Stellung immer um denselben Winkel α , in der zweiten Zeigerstellung aber immer um denselben Winkel β drehen. Wir erhalten dann eine effektive Drehung der Kugel, an der sich das Gesetz der Zusammensetzung der Drehungen einfach und leicht nachweisen lässt.

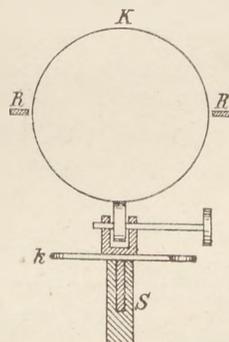


Fig. 5.

Beiträge zur geometrischen Optik.

Von

Professor Dr. A. Kurz in Augsburg.

1. Konstruktion geradsichtiger Primensysteme.

Nachdem RADAU¹⁾ seine mit Recht „sehr einfach“ genannte Konstruktion des Strahlenganges durch ein Prisma dargelegt, schreitet er sogleich zur Anwendung auf geradsichtige Prismensysteme, die aus 1, 3 . . . , allgemein $(2x - 1)$ gleichschenkligen Prismen, alternierend Flint- und Kronglas, bestehen und mit je einem ungleichschenkligen Kronglasprisma abgeschlossen werden. Also ist $(2x + 1)$ die Anzahl aller Prismen.

Ich werde im Folgenden die Konstruktion für das drei- und für das fünfteilige Prismensystem liefern, um die dabei auftretende Schwierigkeit und die hierüber doch den Sieg davontragende Einfachheit des Verfahrens darzuthun; ferner auch deswegen, weil ich jetzt, beim Wiederaufgreifen des Gegenstandes nach inzwischen verflossenen Dezennien, der Ansicht geworden bin, dass die mehr im Allgemeinen verharrende und kurze Darstellung des Verfassers selbst dem Übergange solcher Konstruktionen in Zeitschriften oder grössere Lehrbücher hinderlich gewesen ist. Ich kann jedoch hier LOMMELS Abhandlung anführen, im Bande 156 (Jahr 1875) der *Pogg. Ann.* und ebenso im Bande 11 des *Repertoriums der Physik*, welcher obige Konstruktion auf das Minimum der Ablenkung in einem Prisma, dann auf das achromatische Prismenpaar und noch auf den Regenbogen angewendet hat. (LOMMEL nennt REUSCHS Abhandlung vor derjenigen von RADAU.)

Die geradsichtigen Systeme behandelt RADAU zuerst rechnerisch und nennt „die Auflösung dieser Gleichungen sehr leicht, wenn alle Winkel C (der gleichschenkligen Prismen) und A (der beiden äusseren Kronprismen) sehr klein vorausgesetzt werden, oder wenn $C = 90^\circ$ angenommen wird“.

Im ersteren Falle verifizierte ich die RADAUSCHE Formel; für $x = 1$ und $x = 2$, d. h. für das drei- und für das fünfteilige Prismensystem stimmt dieselbe. Für $x = 3$ dagegen stimmt sie nicht. Auch die von RADAU angegebene resultierende Dispersion vermochte ich nicht zu verifizieren.

Für den zweiten Fall, dass alle zwischengelegten Prismen rechtwinklig, vermochte ich die erste Formel, wenn $x = 2$, abzuleiten, aber nicht die allgemeine und die darauffolgende für $\tan A$. Ich hielt mich auch hierbei nicht lange auf und knüpfte im Folgenden gerade daran, wo RADAU schliesst mit den Worten: „Ich halte es für unnötig, mich weiter darauf einzulassen, weil die Konstruktion der Dispersion ohne eine neue Figur wenig verständlich sein und eine zu weitschweifige Ergänzung erfordern würde.“

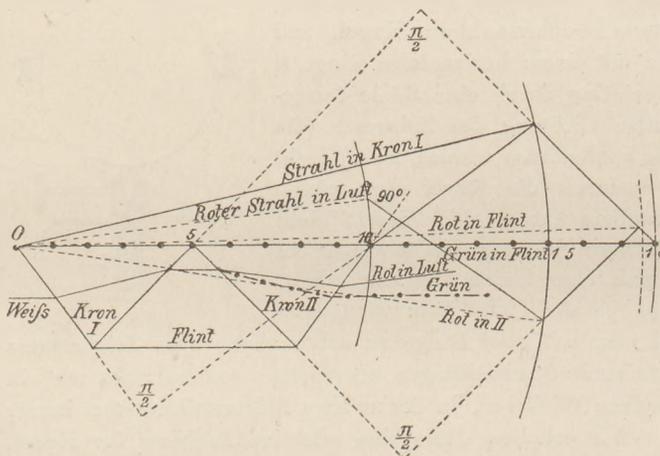


Fig. 1.

Amicus dreiteiliges Prisma. Ich nehme für den mittleren Farbenstrahl (Grün) den Brechungsindex 1,8 im Flint- und 1,5 im Kronglas. Das Flintprisma hat den brechenden Winkel $\pi/2$, dessen Scheitel ich willkürlich in Nummer 5 lege. S. Fig. 1.

¹⁾ „Bemerkungen über Prismen“, *Pogg. Ann.* 118 (1863), S. 452–456. Ob Radau nicht den jüngst in hohem Alter verstorbenen Physiker Reusch als seinen Vorgänger hätte nennen sollen, kann ich nicht entscheiden. Zu vergl. Band 117 (1862), S. 241–262. — Über die Radausche Konstruktion vergl. auch *diese Zeitschr. Jahrg. III*, S. 247.

Gesucht wird zunächst der brechende Winkel jedes der beiden Kronglasprismen gemäss der Bedingung, dass der grüne Strahl horizontal austrete wie der weisse eintritt, wie ersterer also auch im Flintprisma laufen muss. Mit diesem fängt man an, indem man das Lot von 18 fällt auf die eine der Flintflächen (ich wählte die linke), bis es den Kreisbogen 15 schneidet. So erhält man von O aus die Richtung des Strahles im Kronglas I. Alsdann zieht man die Gerade nach Nummer 10, wegen des Austrittes des Strahles aus Kronglas in Luft, und diese Gerade muss auf der gesuchten Eintrittsfläche des Kronglases, die ich durch O legte, senkrecht stehen.

Nachdem somit wegen der Symmetrie das ganze Prismensystem und der ganze weissgrüne Strahlengang (Punktierung und Strichelung) gefunden ist, kommt nun die Konstruktion der Dispersion, so gut es geht, zur Erledigung. Dabei sind nämlich die geringen Unterschiede des Brechungsexponenten, insbesondere im Kronglase, etwas hinderlich. Ich nehme für den roten Strahl 1,49 und im Flint 1,76 an; nur letzteren Radius konnte ich zur Zeichnung eines neuen Kreisbogens verwenden. Dagegen denke ich mir den Kreisbogen vom Radius 1,49 nur gezogen, und man sieht auch ohnedies ein, dass der im Kronglas von links gegen rechts aufsteigende Strahl der Figur eigentlich ein Strahlenbüschel vorstellt, wobei Rot unten liegt. Beim Eintritte dieses Büschels ins Flintglas nimmt der rote Strahl die ganz wenig von der Horizontalen ansteigende Richtung an, welche durch die gestrichelte Gerade von O bis zum Kreise 1,76 angegeben ist, welche ich aber im Flintprisma selbst wegen der Kleinheit der Figur nicht markieren konnte. Immerhin sieht man ein, dass im Flint der rote Strahl den gezeichneten grünen schneidet und somit in der rechten Hälfte des Flint über den grünen hinaufgelangen wird. (Ich habe dies noch näher besprochen beim nachfolgenden fünfteiligen Prisma.)

Für unsere Zeichnung aber wird die Dispersion erst sichtbar an der rechten oder Austritts-Fläche des Flintprismas. In der That schneidet das auf diese Fläche gefällte Lot den Kreis 1,5 (strenge genommen denjenigen vom Radius 1,49) in dem Punkt, den ich mit O durch Strichelung verband. Das ist die Richtung des roten Strahles im zweiten Kronprisma, die ich auch durch die entsprechende Parallele in demselben wiedergab.

Endlich noch der Austritt des roten Strahles in die Luft: Die Senkrechte zur Austrittsfläche aus dem Prismensystem schneidet Kreis 10 in dem Punkte, den ich wieder strichelnd mit O verband. Das ist die nach oben gehende Richtung des austretenden Strahles, die ich auch von der Austrittsfläche II aus wiederholte.

Dass die violetten Strahlen entsprechend nach unten divergieren, versteht sich wegen annähernder Symmetrie von selbst und ich unterliess in der Figur jede Berücksichtigung dieser Strahlen, um dieselbe möglichst einfach erscheinen zu lassen.

Vielleicht rückt ein anderer Zeichner das Prismensystem Kron-Flint-Kron noch etwas parallel nach unten, damit der Strahlengang in demselben nicht denjenigen im concentrischen Kreis-System teilweise verdecke, was mir deswegen nicht störend vorkam, weil das Kreissystem soweit als möglich nach rechts ragend angenommen wurde, damit auch der schon erwähnte fatale Umstand der kleinen Differenzen der Brechungsexponenten möglichst gehoben werde. —

Der brechende Winkel jedes Kronglasprismas ergibt sich aus der Konstruktion zu $72^\circ 51'$, indem die Eintrittsfläche durch die Strecke 3,7 gegenüber der Basisfläche 5 abgeschätzt und die Proportion (zur Aufsuchung der ersten Proportionalen) benutzt wurde

$$\sin 72^\circ 51' : \sin 45^\circ = 5 : 3,7.$$

Wenn man durch den Punkt 18 die Parallele legen würde zu der im viertletzten Absatze erwähnten Senkrechten, so schnitte diese den Kreisbogen 15 in dem Punkte, der mit O verbunden den grünen Strahl im Kron II lieferte. Ich unterliess diese zutreffende Probe, weil ja dieser Strahl schon bekannt ist. Desgleichen die Probe für den horizontal austretenden grünen Strahl.

Das fünfteilige Prisma. Das mittlere Kronprisma (II) und die beiden Flintprismen seien wieder rechtwinklig.

Als ich aber die Brechungsexponenten auch ebenso annahm wie vorhin, ging die Konstruktion zwar ganz gut von statten, aber der rote Strahl konnte nicht mehr in die Luft austreten, d. h. es schnitt die vom äussersten Punkte des Strahles Rot Kron III senkrecht zur Austrittsfläche des Systems gezogene Transversale den kleinsten der drei Kreise nicht mehr. Das Spektrum wäre also auf der dem Rot zugewandten Seite nicht mehr vollständig.

Ich zog deshalb diese Figur zurück und entwarf die folgende mit den etwas

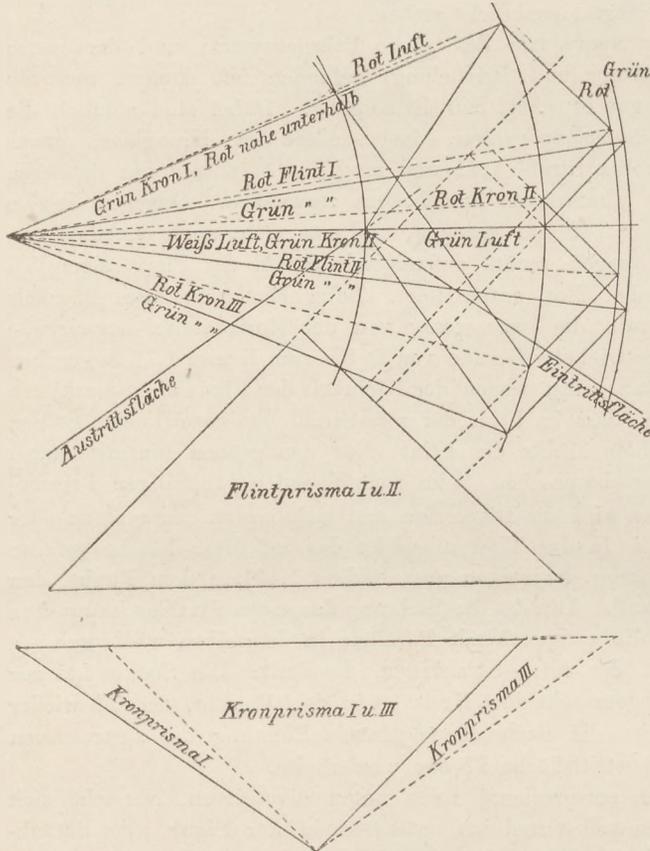


Fig. 2.

Strahlen Weiss, Grün Kron I und Grün Flint I sofort angeben. Ich that dies aber wiederum nicht, um eine Probe für die Richtigkeit der Zeichnung zu erhalten, und konstruierte den Strahlengang:

Weiss Luft horizontal, Grün Kron I, Grün Flint I, Grün Kron II, und da der letztere Strahl wirklich horizontal und die beiden vorgenannten symmetrisch zu Grün Kron III und Grün Flint I ausfielen, so schritt ich hernach zur Konstruktion des roten Strahles:

Rot Kron I bleibt nahe unterhalb Grün Kron I,

Rot Flint I erhebt sich in der Kreisfigur merklich über Grün Flint II, etwa unter einem 4 oder 5 mal so grossen Winkel als im Kronglas I.

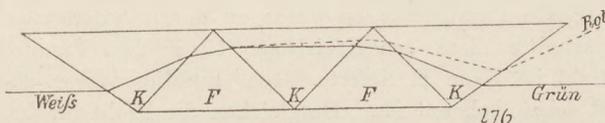


Fig. 3.

sich doch der Strahl Rot Flint I im Flintglase I über denjenigen Grün Flint I. Also erfolgt auch im ersten Flint diese Kreuzung der beiden Farbenstrahlen.

genäherten Brechungsexponenten 1,51 und 1,75 für Grün im Kron und Flint, sowie 1,50 und 1,71 für Rot in beiden Gläsern. Der vorletztgenannte blieb wiederum wegen seiner Nähe gegenüber 1,51 in der Figur unberücksichtigt. Siehe Fig. 2 und 3.

In der Beschreibung derselben kann ich mich nach dem Vorangehenden nun wohl kürzer fassen. Mit Grün Kron II horizontal anfangend, ging ich zu Grün Flint II und Grün Kron III. Die Transversale vom Endpunkte des letztgenannten Strahles zum Schnittpunkte der Horizontalen mit dem Luftkreise (denn horizontal soll der grüne Strahl in die Luft austreten) muss senkrecht zur Austrittsfläche stehen. Somit ist letztere und wegen der Symmetrie auch die Eintrittsfläche des Prismensystems bestimmt. Auch könnte man jetzt wegen der Symmetrie die

Also wenn auch, wie die zweitnachfolgende Figur des Prismensystems zeigt, der Strahlenweg im Kron I etwas mehr als 2 mal so gross ist als im Flint I, so erhebt

Es folgt nun Rot Kron II, wiederum weiter weg gestreut vom horizontalen Grün Kron II, und dies erst konnte ich in der vorhin erwähnten Prismenfigur ebenfalls hervortreten lassen. Dann erhält man Rot Flint II und Rot Kron III gegen abwärts und Rot Luft gegen aufwärts gerichtet. Dass dieser letzte Strahl nahezu mit einem früher genannten zusammenfällt, ist selbstverständlich Zufall.

Der violette Strahl blieb wiederum ausser Acht. Wollte ich ihn berücksichtigen, so würde ich lieber eine besondere Kreisfigur vorschlagen für Grün und Violett, wie die meinige für Grün und Rot entworfen wurde, wobei man nur die Kreisfigur Grün abzuklatschen und statt des Kreisbogens vom Radius 1,71 denjenigen vom Radius 1,79 zu wählen hätte. Man kann übrigens den mutmasslichen Verlauf des Strahles Violett Luft leicht aus demjenigen Violett Kron III mittelst der obigen Figur entnehmen, da der letztgenannte Strahl entsprechend unterhalb Grün Kron III verläuft, wie Rot Kron III oberhalb.

Zusatz: Ich habe auch Gelegenheit genommen, neben der im vierten Absatze angegebenen Konstruktion des Winkels A der beiden Prismen Kron I und III auch die Berechnung dieses Winkels vorzunehmen, nach den Formeln (wo $C = \pi/2$)

$$\begin{aligned} \sin(A - \pi/4) &= 1,51 \sin r && \text{für den Eintritt von Weiss ins Kronglas I,} \\ 1,51 \cos r &= 1,75 \sin r' && \text{„ „ „ „ Grün „ Flintglas I,} \\ 1,75 \cos r' &= 1,51 \sin \pi/4 && \text{„ „ „ „ „ „ Kronglas II.} \end{aligned}$$

Ich fand dann aus der letzten Gleichung $r' = 52^\circ 22'$ ohne und $52^\circ 24'$ mit Anwendung der Logarithmen; dann $r = 23^\circ 20'$ und $A = 81^\circ 44'$ (mit Logarithmen). Letzterer Wert stimmt auch ziemlich gut mit einer Zeichnung überein in Schellens „Spektralanalyse“ (2. Aufl. 1871). Meine Konstruktion von A dagegen, die doch bezüglich des Strahlenganges mehrere Proben bestanden, lässt den Winkel A merklich grösser erscheinen als 90° . Es ist das ein Unterschied, der auch beim dreiteiligen Prismensystem insofern wiederkehrt, als Schellen 60° für A und meine Figur 73° darstellt.

2. Konstruktion eines achromatischen Prismenpaares.

Wie RADAU i. J. 1863 die geradsichtigen Prismensysteme andeutungsweise behandelt hat, sowohl konstruktiv oder synthetisch als auch rechnend oder analytisch, so hat REUSCH i. J. 1862 (*Pogg. Ann. Bd. 117*), aber viel eingehender, den Achromatismus zweier Prismen konstruktiv angedeutet und LOMMEL i. J. 1875 (*Pogg. Ann. Bd. 156 u. Bd. 11 des Repert. der Physik*) denselben zeichnend durchgeführt. Die von mir schon angeführte Schwierigkeit, dass bei der Wahl thatsächlicher Brechungsverhältnisse der kleine Unterschied dieser für Rot und Violett im Flintglase und noch mehr im Kronglase störend in den Weg tritt, macht sich im Achromatismus noch fühlbarer als bei der Geradsichtigkeit, da man schliesslich eine Gerade durch zwei sehr nahe Punkte derselben bestimmen muss.

Dies hat vielleicht auch REUSCH vorgeschwebt, da er die konstruktive Durchführung des achromatischen Problems unterliess und dafür die rechnerische einsetzte. Sonach blieb auch für mich noch eine interessante Arbeit übrig, und ich glaube, dass die Mitteilung der folgenden Resultate auch noch andere Leser interessieren werde.

In der beifolgenden Figur (4) wählte ich ein Kronprisma von 40° , so dass auch der normal auffallende Strahl, der mit I bezeichnet wurde, noch hindurch geht, wenn man auf der andern Seite Luft denkt und nicht das Flintprisma ohne dazwischen befindliche Luftschicht darüber geschoben. Gleichwohl lasse ich da die Luft aus, da ich auf den allgemeinen Fall, dass zwischen der zweiten Kron- und ersten Flintfläche ein von 0° verschiedener Winkel bestehe, verzichte. Im Flint liegt der violette Strahl oberhalb des roten. Durch die Endpunkte dieser beiden Strahlen ist die im vorigen Absatze erwähnte Gerade zu ziehen und zu dieser (gestrichelten) senkrecht die zweite Flintfläche des auch mit I bezeichneten Prismas. Wo die Gerade den Luftkreis schneidet, durch diesen Punkt ist die Richtung des aus dem Prismenpaar tretenden Strahles bestimmt.

Dieselbe Konstruktion vollzog ich auch noch für den Grenzfall der streifenden Incidenz, den ich mit Nummer II unterschied und dessen Linien-system durch eine weite Kluft vom vorigen getrennt ist. Der Deutlichkeit wegen liess ich dabei die zwei von C aus zu denkenden Farbenstrahlen im Flint weg, habe aber ihre Lage in der Figur mit Worten angegeben. Dieselbe ist jetzt die entgegengesetzte, indem Rot über Violett liegt.

Es muss also zwischen der Normal- und der streifenden Incidenz ein Einfallswinkel (von etwa 50°) existieren, bei welchem im Flint beide Farbenstrahlen von C aus aufeinander fallen, d. h. also im Flintglase selbst einander parallel sind. Man könnte da von einem, allerdings nur theoretisch interessanten, Achromatismus innerhalb des Flintes reden, bei welchem also die zweite Flintfläche nicht in Betracht kommt.

Für die streifende Incidenz fällt der brechende Winkel γ_1 des Flints merklich grösser aus als für die normale. Ich habe das Flintprisma II in der Figur besonders angegeben.

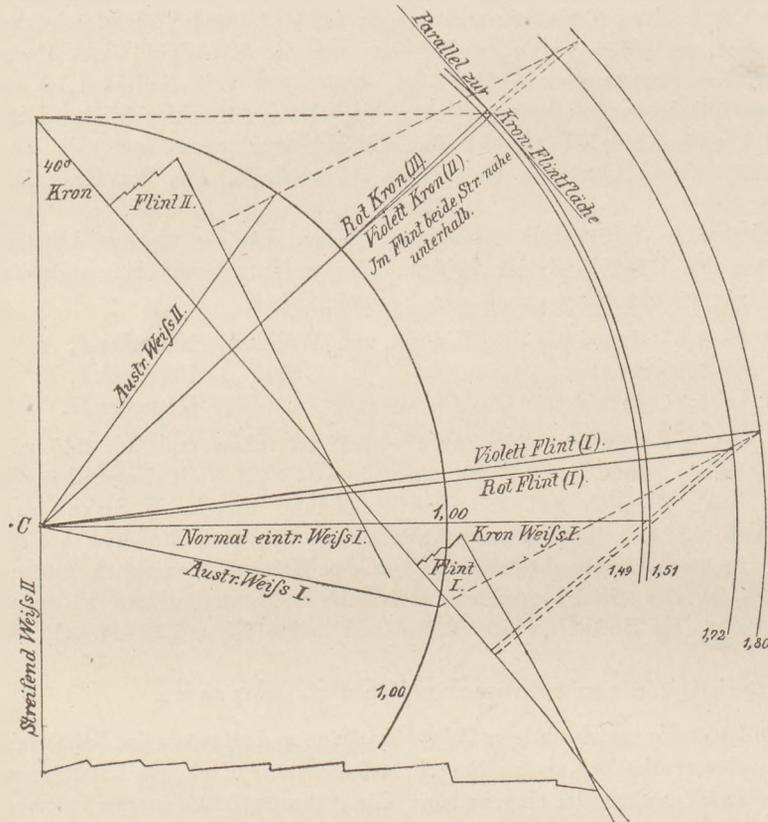


Fig. 4.

Zum Schlusse will ich noch gemäss obigem zweiten Absatze auf das Rechnerische eingehen, soweit wenigstens, als einfache Formeln sich der Beachtung empfehlen. Berechnet man den Abstand der zwei so nah gelegenen (gestrichelten) Perpendikel auf der gemeinsamen Kron- und Flintfläche, einerseits mittels des Unterschieds $2v$ der Brechungswinkel im Kron- und $2v_1$ im Flintglase, so ist für den mit II bezeichneten Strahl, wie für jeden, $2v : \cos \beta$ der Abstand der beiden Punkte, in welchen das Einfallslot (die Horizontale) von den beiden Kronkreisen geschnitten wird, wobei β der zur Incidenz gehörige Brechungswinkel. Dagegen heisse $\gamma (= 40^\circ)$ der brechende Kronwinkel; man sieht sofort, dass der genannte Abstand der beiden Lote durch Multiplikation des vorigen Abstands mit $\sin \gamma$ erhalten wird. Ebenso kommt aber, was man in der Figur auch am Strahle I sehen kann, $(2v_1 : \cos \beta_3) \cdot \sin \gamma_1$ zustande, wo β_3 der zum Austritt α_1 aus dem Prismensystem gehörige Brechungswinkel im Flint ist. Es ist also

$$\frac{v \sin \gamma}{\cos \beta} = \frac{v_1 \sin \gamma_1}{\cos \beta_3}$$

Setzt man bekanntermassen $\beta + \beta_1 = \gamma$ und $\beta_2 + \beta_3 = \gamma_1$, so kommt

$$\frac{\cos(\gamma - \beta_1)}{v \sin \gamma} = \frac{\cos(\gamma_1 - \beta_2)}{v_1 \sin \gamma_1}, \text{ wozu noch } n \sin \beta_1 = n_1 \sin \beta_2.$$

Gesucht ist γ_1 ; denkt man wiederum die (unendlich dünne) Luftschicht zwischen

Kron und Flint und nennt α_1 den Winkel, unter welchem der mittlere Farbenstrahl in diese Luftschicht ein- und von ihr austritt, so ist $\sin \alpha_1 = n \sin \beta_1 = n_1 \sin \beta$ und man erhält $\cotan \gamma_1$ explizit als Funktion von γ , α_1 , n , n_1 , ν , ν_1 .

Und wenn man über α_1 so verfügt, dass der mittlere Strahl das Kronprisma im Minimum der Ablenkung durchläuft, wobei also $\beta = \beta_1 = \gamma/2$ und der Incidenzwinkel $\alpha = \alpha_1$ ist, so wird

$$\tan \gamma_1 = \frac{2 \cdot \sin \gamma/2 \sqrt{1 - \frac{n^2}{n_1^2} \sin^2 \frac{\gamma}{2}}}{\frac{\nu_1}{\nu} - \frac{2n}{n_1} \sin^2 \frac{\gamma}{2}}$$

wie REUSCH angibt. Seine numerischen Angaben über ν und ν_1 sind für Kron und Flint 0,0031 und 0,0067, das ist offenbar zu klein; sie betragen $1/3$ bis $1/4$ derjenigen Werte 0,010 und 0,022, die er selbst an einer anderen Stelle seiner Abhandlung angibt. Aber in der Formel kommt nur das Verhältnis $\nu_1 : \nu$ vor und das ist in beiden Fällen nahe das gleiche.

Über die Definition des absoluten Maasses und die Verwendung desselben im physikalischen Unterricht.

Von

Professor Dr. A. Oberbeck in Greifswald.

Im IV. Jahrgang dieser Zeitschrift (S. 317) findet sich die Besprechung eines von mir verfassten Artikels „Über absolutes Maass,“¹⁾ die ich nicht ohne Erwiderung lassen möchte, weil damit eine für Gegenwart und Zukunft des physikalischen Unterrichts wichtige Frage berührt wird.

In dem erwähnten Artikel habe ich die beiden, jetzt noch in der Physik üblichen Maasssysteme durch Einführung besonderer Bezeichnungen möglichst scharf von einander zu unterscheiden gesucht.

Während das eine derselben häufig kurz als absolutes oder auch als Gauss'sches System bezeichnet wird, sind für das andere nach und nach die Bezeichnungen: conventionell, irdisch, terrestrisch, praktisch, technisch vorgeschlagen worden. Letzteres System ist, soweit ich dies aus einigen mir vorliegenden Compendien der Physik für Schulen schliessen kann, dasjenige, welches noch jetzt beim Elementarunterricht vorwiegend verwandt wird. Wenn z. B. als Maass des normalen Luftdrucks anstatt einer Quecksilbersäule von 760 mm 1033 g pro qcm angegeben werden, so ist der Luftdruck auf ein Maass bezogen, bei welchem als Krafteinheit die Wirkung der Schwere an dem betreffenden Ort auf 1 g angenommen wird.²⁾

Ich habe kein Bedenken getragen, auch dieses Maasssystem als ein absolutes zu bezeichnen. Die Berechtigung hierzu wird von dem Herrn Kritiker bestritten, weil, wie er meint, die Einheiten eines „wohl definirten, absoluten Systems“ nicht von Ort zu Ort veränderlich sein sollten. Da ich der Meinung bin, dass der Goethesche Ausspruch: „Denn eben wo Begriffe fehlen, da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein“ niemals in der Physik zur Geltung kommen soll, so habe ich in dem erwähnten Artikel (S. 24) vor Allem eine, wie ich glaube, einwurfsfreie Definition des absoluten Maasses zu geben mich bemüht, die sich auch der Hauptsache nach an den Gedankengang von Gauss anschliesst. Ich begnüge mich hier damit, die eigenen Worte des Begründers der absoluten Maasssysteme folgen zu lassen.³⁾

¹⁾ Handbuch der Physik, herausgegeben von A. Winkelmann I, S. 23.

²⁾ Eine eingehendere Behandlung dieses Gegenstandes bei: A. Sprung, Lehrbuch der Meteorologie. 1885. S. 63.

³⁾ Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata. Comment. soc. Götting. VIII. 1841. — Gauss Werke. V. p. 85.

„Quo igitur hanc mensuram ad notiones distinctas revocare possimus, ante omnia circa tria quantitatum genera unitates stabilire oportet, puta unitatem distantiarum, unitatem massarum ponderabilium, unitatem virium acceleratricium. Pro tertia accipi potest gravitas in loco observationis: quod si minus arridet, insuper accedere debet unitas temporis, eritque nobis vis acceleratrix $e a = 1$, quae in unitate temporis mutationem velocitatis corporis in ipsius directione moti unitati aequalem gignit.“

Hiernach ist es bei einem absoluten Maasssystem nur nothwendig, dass die Einheiten aller übrigen Grössen auf drei Grundeinheiten bezogen werden. Dass letztere die Einheiten der Länge, Zeit und Masse sein müssten, ist eine durch nichts gebotene Beschränkung der Definition. Noch vor Kurzem hat ein hervorragender Gelehrter⁴⁾ vorgeschlagen, als Grundeinheiten eines absoluten Systems: Länge, Zeit und Energie zu benutzen. Niemand kann ihm die Berechtigung hierzu bestreiten. Ebenso könnte man auch die Einheiten der Länge, Zeit und Kraft als Grundeinheiten nehmen. Die spezielle Wahl der Grundeinheiten hat hiernach mit der Begriffsbestimmung eines absoluten Maasssystems nichts zu thun. Hierbei handelt es sich um eine Frage der Zweckmässigkeit. Dass Gauss in dieser Beziehung eine sehr zweckmässige Wahl getroffen hat, habe ich in dem mehrfach erwähnten Artikel ausdrücklich anerkannt. Der Herr Kritiker hat meine Ausführungen in dieser Beziehung lediglich reproducirt.

Ja ich bin so sehr von der Vortrefflichkeit der Gauss'schen Fundamenteinheiten überzeugt, dass ich nunmehr zu dem Hauptpunkt meiner Ausführungen komme, nämlich zu dem Vorschlag, dieses System durchgehend im Elementarunterricht zu benutzen. Dabei liegt mir nichts ferner als empfehlen zu wollen, dass man in den Anfangsgründen der Physik bereits einen Abriss der Lehre vom absoluten Maass geben soll. Andererseits muss schon in den Anfängen der Mechanik nicht allein jedes elementare Lehrbuch, sondern auch jeder Lehrer eine feste Stellung zu dieser Frage einnehmen. Die Entscheidung muss bekanntlich erfolgen, wenn man den Begriff des Gewichts in Beziehung zu denjenigen der Masse und der Kraft setzt.

Da findet man denn in den meisten Compendien (vielleicht nicht immer recht klar ausgesprochen) den Satz: „Gewichte sind Kräfte (Zugkräfte)“; in anderen heisst es dagegen: „Gewichte sind Massen“.

Beide Aussprüche halte ich in dieser Einseitigkeit für verfehlt. Im gewöhnlichen Leben werden Gewichte entweder (im Handelsverkehr) zum Vergleich von Mengen oder Massen, oder als Zugkräfte (Treibgewicht einer Uhr) gebraucht. Hieraus folgt indess weder der eine noch der andere Satz.

Da man aber in den Anfangsgründen der Mechanik sehr bald zu der Überzeugung kommt, dass man Massen und Kräfte nicht unabhängig von einander messen kann (es handelt sich hier selbstverständlich nicht um eine relative Vergleichung der Grössen der einen oder anderen Art), so liegt es nahe die Gewichtseinheit zu verwerthen, indem man sie entweder als Masseneinheit oder als Kräfteinheit festsetzt. Aus Gründen, die man dem Schüler anfänglich noch nicht ausführlich zu entwickeln braucht, kann man die erste Festsetzung bevorzugen. Damit ist ohne Schwierigkeit der Grundgedanke des Gauss'schen Systems festgestellt.

Die Durchführung desselben in der Elementarmechanik hat, soweit ich übersehe, keine Schwierigkeit. Allerdings müsste man z. B. die Gleichung des Gleichgewichtes auf der schiefen Ebene schreiben: $pG = PG \sin \alpha$, wo p und P die Anzahl der Maassen- oder Gewichtseinheiten bedeuten. Da aber hier, wie bei den meisten ähnlichen Problemen G fortfällt, so folgt unmittelbar die gewöhnliche Gleichung.

Auf eine weitere Ausführung der Consequenzen glaube ich hier verzichten zu dürfen, um so mehr da ich — seit einer längeren Reihe von Jahren dem Schulunterricht

4) W. Ostwald. Studien zur Energetik. Verhandl. d. sächs. Gesellsch. der wissensch. Math.-phys. Classe 1891 III, S. 271—288.

ferner stehend — nicht weiss, ob nicht mein Vorschlag zum Teil schon realisiert wird. Für das eingehendere Verständniss der magnetischen und elektrischen Grössen ist, wie bekannt, das Gauss'sche System unentbehrlich.

Dazu möchte ich noch bemerken, dass in den mir bekannten, neueren Compendien der Physik für Studierende ausschliesslich die Gauss'sche Anschauungsweise vertreten ist, dass andererseits ein Teil der Studierenden noch gern ihre Schulcompendien zur Repetition benutzt. Hiernach ist eine gewisse Verwirrung der Begriffe und Bezeichnungen bei denselben nach meinen Erfahrungen nicht selten.

Verschwimmt das andere Maasssystem schliesslich auch aus dem Elementarunterricht, so würde auch die babylonische Sprachverwirrung in der Bezeichnung desselben aufhören. Es würde mich freuen, wenn diese Zeilen zu einer eingehenden Diskussion und Prüfung der Frage, falls eine solche noch nötig ist, Veranlassung geben.

Physikalische Aufgaben.

37. Zwei Spiegelebenen bilden miteinander den Winkel α . In einer Ebene, welche zur Schnittlinie senkrecht ist, fällt durch eine Öffnung des einen Spiegels (A) ein Lichtstrahl unter dem Einfallswinkel $n\alpha$ auf den anderen Spiegel, wird zum ersten zurückgeworfen u. s. w. Es lässt sich nun zeigen, dass der Strahl wieder zur Öffnung zurückkehren muss. Wie oft geht er von einem Spiegel zum andern, bevor er umkehrt? Wie lang ist der bis dahin im Spiegelwinkel zurückgelegte Weg, wenn die Öffnung von der Schnittlinie um a entfernt ist? Bei welchem n erhält dieser Weg für ein gegebenes α den grössten Wert? Wie gross muss dann aber a sein?

Lösung 1. In $\triangle BCD$ ist $\angle DBC = n\alpha$, $\angle BCD = 1R - \alpha$, also $\angle BDC = 1R - (n-1)\alpha$, daher $\angle BDE = (n-1)\alpha$. Der Einfallswinkel nimmt so beständig um α ab und wird endlich $= 0$. Die Anzahl der Strecken AB, BD u. s. w. beträgt bis zur Umkehr $n+1$.

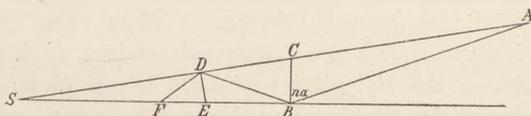


Fig. 1.

Der zurückgelegte Weg W kann auf doppelte Weise berechnet werden:

1) Man beginnt mit dem Fall $n=1$ und erhält $W_1 = a \cdot \sin 2\alpha$, geht darauf zu $n=2$ über, wodurch man unter Benutzung des ersten Ergebnisses auf $W_2 = a \cdot \sin 3\alpha$ geführt wird, setzt endlich $W_{n-1} = a \cdot \sin n\alpha$ und beweist durch den Schluss von n auf $n+1$, dass $W_n = a \cdot \sin (n+1)\alpha$. Man gewinnt nämlich aus $\triangle ABS$, worin $AS = a$ ist:

$$AB = \frac{a \cdot \sin \alpha}{\cos n\alpha}; \text{ ferner ist } W_{n-1} = SB \cdot \sin n\alpha = \frac{a \cdot \cos (n+1)\alpha}{\cos n\alpha} \cdot \sin n\alpha, \text{ so dass}$$

$$W_n = AB + W_{n-1} = \frac{a \cdot [\sin \alpha + \cos (n+1)\alpha \cdot \sin n\alpha]}{\cos n\alpha} \text{ und, weil } \sin \alpha = \sin [(n+1)\alpha - n\alpha],$$

$$W_n = \frac{a \cdot \sin (n+1)\alpha \cdot \cos n\alpha}{\cos n\alpha} = a \cdot \sin (n+1)\alpha.$$

Lösung 2. Man drückt der Reihe nach AB, BD u. s. w. durch n, a und α aus:

$$AB = \frac{a \cdot \sin \alpha}{\cos n\alpha}, \quad BD = \frac{AB \cdot \cos (n+1)\alpha}{\cos (n-1)\alpha} = \frac{a \sin \alpha \cdot \cos (n+1)\alpha}{\cos n\alpha \cdot \cos (n-1)\alpha},$$

$$DF = \frac{DB \cdot \cos n\alpha}{\cos (n-2)\alpha} = \frac{a \cdot \sin \alpha \cdot \cos (n+1)\alpha \cdot \cos n\alpha}{\cos n\alpha \cdot \cos (n-1)\alpha \cdot \cos (n-2)\alpha} \text{ u. s. w.}$$

Erweitert man nun AB mit $\cos (n+1)\alpha \cdot \cos n\alpha$, BD mit $\cos n\alpha$ und bildet dann die Summe der Strecken, so wird diese nach Absonderung von

$$\frac{a \cdot \sin \alpha \cdot \cos (n+1)\alpha \cdot \cos n\alpha}{\cos n\alpha}, \quad W_n = a \cdot \sin \alpha \cdot \cos (n+1)\alpha \cdot \left[\frac{1}{\cos (n+1)\alpha \cdot \cos n\alpha} \right. \\ \left. + \frac{1}{\cos n\alpha \cdot \cos (n-1)\alpha} + \dots + \frac{1}{\cos 2\alpha \cdot \cos \alpha} + \frac{1}{\cos \alpha} \right],$$

oder $W_n = a \cdot \sin \alpha \cdot \cos (n+1)\alpha \cdot \frac{\tan (n+1)\alpha}{\sin \alpha} = a \cdot \sin (n+1)\alpha.$

Das Maximum tritt natürlich ein, wenn $(n + 1) \cdot \alpha = 90^\circ$; daraus folgt aber $n\alpha = 90 - \alpha$ und schliesslich $AB \neq AS$ oder $a = \infty$.

Lösung 3. Rein geometrisch gestaltet sich unter der Annahme, dass AB unter $< 2\alpha$

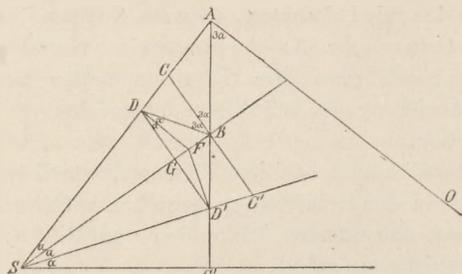


Fig. 3.

aufftrifft, die Lösung folgendermassen: $\angle BCA = 1R + \alpha$, $\angle ABC = 2\alpha$, daher $\angle BAC = 1R - 3\alpha$ und, wenn $AO \perp AS$, $\angle BAO = 3\alpha$, woraus endlich $AG' \perp SG'$ hervorgeht. Nun ist $\angle D'BC' = \angle ABC = \angle CBD$, $CB = C'B$, weil $C'C \perp BS$, der Mittellinie des $\angle C'SC$, also, da noch $\angle C = C' = 1R - \alpha$, $\triangle CBD \cong \triangle C'BD'$, sonach $BD = BD'$. Legt man ferner $\triangle DBS$ durch Drehung um BS auf das congruente $\triangle D'BS$, so übernehmen $D'B$, $D'F$, $D'G$ die Rollen von DB , DF , DG und es lässt sich wie oben zeigen, dass $D'G = D'G'$. Also ist $AB + BD + DG = AG' = AS \sin 3\alpha$. Es ist ersichtlich, wie für andere Vielfache von α das Verfahren fortgesetzt werden kann.

P. Otte, Potsdam.

Kleine Mitteilungen.

Eine einfache Kirchhoff-Wheatstonesche Brücke.

Von Dr. Franz Tomaszewski in Krakau.

Der Lehrer der Physik an einer Mittelschule ist selten im Stande, aus der geringen Dotation des physikalischen Kabinetts Messapparate zu erwerben. Es dürfte daher die Mitteilung über eine einfache, mit geringen Kosten herzustellende Kirchhoff-Wheatstonesche Brücke zu genauen Messungen nicht ohne Interesse sein. In jeder Sammlung befindet sich gewöhnlich die Längenteilmachine nach Bunsen, deren Hauptbestandteil ein Meter-Etalon aus Spiegelglas bildet. Dieser Meterstab lässt sich nun, ohne denselben seiner eigentlichen Bestimmung dauernd zu entziehen, als Maassstab für die Brücke verwenden.

Zu diesem Zwecke werden auf die beiden Enden des Etalons die Metallfassungen A_1 , A_2 aufgeschoben (Fig. 1), so dass die Ränder $m_1 n_1$, $m_2 n_2$ mit den Skalenteilen

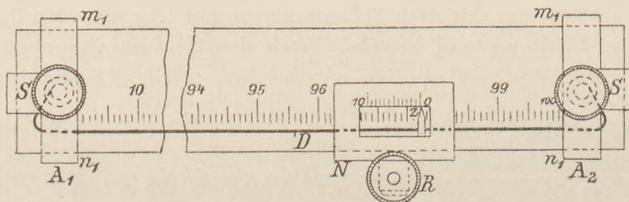


Fig. 1.

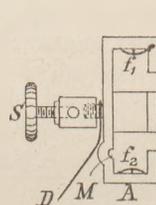


Fig. 2.

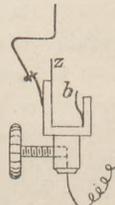


Fig. 3.

0—1000 genau zusammenfallen. Die Einrichtung der Metallfassungen wird aus Fig. 2 ersichtlich; $f_1 f_2$ sind zwei federnde Bleche, M eine zur Aufnahme des Messdrahtes eingefeilte Nute. NN ist ein mit Nonius versehener Schlitten. Der Zeiger z trägt an seiner unteren Seite einen in eine feine Schneide auslaufenden Platindraht; die Schneide fällt mit Null des Nonius zusammen. In Fig. 3 bedeutet b einen federnden Metallstreifen. Auf die untere Seite des Etalons werden sechs kleine Glasstücke als Füsse mit Klebwachs befestigt und das ganze auf einen Streifen schwarzes Papier gestellt, um die Skala bequemer ablesen zu können. Um den Messdraht D zu schonen, wird beim Verschieben des Schlittens auf die Schraube R leicht nach unten gedrückt, wodurch der Schleifkontakt vom Messdraht abgehoben wird. Die gläserne Skala bietet den Vorteil vorzüglicher Isolierung. Die Herstellungskosten der beiden Metallarmaturen und des Schlittens dürften 15 Mark nicht übersteigen.

Bestimmung der Verstärkungszahl eines Plattencondensators.

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

Es ist oft von Interesse die Verstärkungszahl eines Condensators zu kennen, sowohl um einen Maasstab zur Beurteilung der Güte des Condensators resp. der benutzten isolierenden Schicht zu haben, als auch zur Bestimmung des Skalenwertes der Aichungsskala, falls das Elektrometer ohne Condensator benutzt wird.

Geben wir dem mit einer Aichungsskala und einer Condensatorplatte versehenen Elektrometer durch Influenz eine Ladung $+L$ (z. B. 4,50), setzen die obere Platte auf und leiten sie ab, so bindet die untere Platte in der oberen eine Menge $-E$, die zur Ladung L in einem bestimmten Verhältnis steht und von dem Plattenabstand und dem isolierenden Dielektrikum abhängt. Bezeichnen wir die in der oberen Platte gebundene $-E$ mit L' , so können wir den echten Bruch, $L'/L = x$ die Bindekraft des Condensators nennen. Die Ladung L' der oberen Platte bindet ihrerseits wiederum $x \cdot L' = x^2 \cdot L$ auf der unteren Platte; diese muss also, wenn man sie ableitend berührt und die obere Platte abhebt, eine Ladung $L_1 = x^2 L$ zeigen. Bei guten Condensatoren ist nun der Unterschied zwischen der ursprünglichen und der jetzigen Ladung $(L - x^2 L)$ so klein, dass eine direkte Messung — auch bei Projektion der Skala, die zu diesen Ablesungen sehr bequem ist — nur sehr ungenaue Resultate ergibt, da ein kleiner Ablesungsfehler sehr störend wirkt. Sicherer kommen wir durch mehrmalige Wiederholung des Verfahrens zum Ziel.

Heben wir nach der n^{ten} Doppelberührung (d. h. oben und unten) die obere Platte ab, so zeigt das Elektrometer die Ladung

$$L_n = x^{2n} \cdot L \dots \dots \dots (1)$$

Wir brauchen aber den Wert x^2 , denn dann ist die Menge der freien Elektrizität nach der 1. Berührung (unten) berechenbar:

$$l = L - x^2 L = L(1 - x^2),$$

woraus sich die gesuchte Verstärkungszahl des Condensators ergibt:

$$k = \frac{L}{L(1 - x^2)} = \frac{1}{1 - x^2} \dots \dots \dots (2)$$

Nun ist nach (1):

$$x^2 = \sqrt[n]{\frac{L_n}{L}},$$

wo L die ursprüngliche Ladung und L_n die nach n Doppelberührungen beobachtete Restladung bedeutet. — Sehr bequem ist die Rechnung für $n = 10$. So fand ich für den Normal-Condensator meines Elektrometers ($2r = 90$ mm)

	<i>log</i>	<i>log x²</i>	<i>x²</i>	$1 - x^2$	$k = 1/(1 - x^2)$	
I. Beob.	$L = 4,50$	0,65 312	} 0,99803 — 1	0,9955	0,0045	222
	$L_{10} = 4,30$	0,63 347				
II. Beob.	$L = 3,60$	0,55 630	} 0,99790 — 1	0,9952	0,0048	208
	$L_{10} = 3,43$	0,53 529				

Die Verstärkungszahl ist hiernach im Mittel $k = 215$.

Dieser Wert gilt natürlich nur für die damalige Beschaffenheit der Luft. Die Messung ist aber so leicht und die Rechnung so einfach, dass man leicht vor der Stunde die Verstärkungszahl bestimmen kann. Auch macht die Berechnung derselben den Schülern, welche mit Interesse den Experimenten gefolgt sind, ein grosses Vergnügen.

Noch genauer wird die Ablesung, wenn man nicht die Voltskala, sondern die auf dem einsetzbaren Planspiegel der Rückwand des Elektrometers befindliche Gradskala anwendet und die erhaltenen Werte vermittelst der Reduktionskurve (*Zeitschr. IV. S. 294*) in Aichungs-Einheiten verwandelt. Auf diese Weise umgeht man den Einfluss der etwaigen Teilungsfehler (in den Zehnteln) der Voltskala. Eine Gradskala ist leicht zu kontrollieren und, wegen der aequidistanten Striche, bequemer abzulesen.

Diese einfache Methode der annähernden Berechnung der Verstärkungszahl habe ich nirgends gefunden.

Über Schaltung von Elementen.

(Bemerkungen zu dem Aufsatz von E. Grimsehl.)

Von P. Spies in Berlin.

Zu dem im vorigen Hefte (S. 199) enthaltenen Aufsätze des Herrn E. Grimsehl möchte ich mir gestatten, eine bescheidene Ergänzung, ausserdem aber auch einige Richtigstellungen zu geben. Die Frage nach der zweckmässigen Benutzung einer grösseren Batterie von Elementen (in dem speziellen Falle 36 Akkumulatoren) wird allerdings bei dem geringen Strombedarf der Schulapparate in der Regel so gelöst werden, dass man in erster Linie auf eine gleichmässige Beanspruchung der Elemente sieht, und deshalb, so wie es der Verfasser beschreibt, alle Elemente hintereinander schaltet und die Stromstärke mittelst vorgelegten Widerstandes reguliert. Wird hingegen viel experimentiert, so ist es höchst unökonomisch, den grössten Teil der aufgespeicherten Energie im Widerstande zu vernichten. Man wird also nur so wenig Elemente auf einmal einschalten, als zu einem Versuche notwendig sind, und keinen oder doch nur geringen Widerstand benutzen. Um die jedesmal gewünschte Zahl von Elementen einschalten und auch alle in der nötigen Abwechslung heranziehen zu können, ist es offenbar am bequemsten, die Elemente, deren Zahl n sei, hintereinander zu schalten und dann von den beiden Endpolen, ausserdem aber auch von den $n-1$ dazwischenliegenden Polen Drähte nach dem Experimentiertisch zu ziehen. Schaltet man nun den Apparat z. B. zwischen die Drähte 1 und 5, so hat man ungefähr 8 Volt Spannung; gleichzeitig kann man mittelst der Drähte 4 und 7 sechs Volt anwenden u. s. w.

In dieser Weise werden in dem Physiksaal der Urania in Berlin mit Hilfe von 10 grösseren Akkumulatoren, denen sich eine Reservebatterie zugesellt, die zahlreichen galvanischen Apparate betrieben, ohne dass trotz des ausserordentlich verschiedenen Strombedarfs nennenswerte Widerstände benutzt würden oder eine ungleichmässige Ausnutzung der Elemente stattfände. Ein einfacheres Verfahren, welches mit etwas mehr Mühe nahezu dasselbe Resultat liefert, besteht darin, dass man zwar nicht $n+1$ aber doch wenigstens mehr als 2, also etwa drei oder vier Drähte von der Batterie zum Experimentierraum führt, und zwar so, dass diese Drähte an beliebige Punkte der Batterie angeschlossen werden können. Man hat dann z. B. bei drei Drähten, die man in dreifacher Weise zu zweien combinieren kann, drei Ströme von verschiedenen Potentialen zur Verfügung, und wenn auch diese drei Potentiale nicht ganz unabhängig von einander sind, sondern die Bedingung zwischen sich haben, dass die Summe von zweien gleich dem dritten ist, so wird man sich doch meistens so einrichten können, dass man während einer Unterrichtsstunde damit auskommt. Bei vier Drähten wäre man natürlich noch vollständiger gesichert.

Die weitere Frage, welche der Verfasser behandelt, lässt sich etwa so fassen: Was für ein Unterschied besteht zwischen einem Strome von bestimmter Stärke, z. B. zwei Amp., der bei höherer Spannung grossen Widerstand besitzt, und einem anderen Strome von derselben Stärke, bei dem Spannung und Widerstand gering sind? Dass in dem Fall einer Unterbrechung der Leitung die ganze Potentialdifferenz an den Leitungsenden auftritt — eine Thatsache, welche nebenbei bemerkt so bekannt ist, dass sie wohl nicht erst ausführlich aus dem Ohmschen Gesetze abgeleitet zu werden brauchte — dürfte nur in wenigen Fällen von praktischer Bedeutung sein. Die wesentliche Eigenschaft, welche den hochgespannten Strom von einem anderen unterscheidet, liegt darin, dass er Widerstände und elektromotorische Gegenkräfte leichter zu überwinden vermag. Muss diese so einleuchtende Thatsache noch zahlenmässig fixiert werden, so genügt ein Hinweis auf die Stromstärken, welche sich aus der Formel des Ohmschen Gesetzes ergeben. Man sieht sofort, dass i weniger alteriert wird, wenn in der Formel $i = e/(W + w)$ $e = 120$ Volt ist und nun etwa durch eine Polarisation eine kleine Abnahme erfährt, oder wenn der vorgelegte Widerstand $W = 50$ Ohm ist und w , der Widerstand des Apparates, sich ändert, als wenn vielleicht $e = 2$ Volt und $W = 0$ wäre. Es

ergeben sich somit ausser den vom Verfasser angegebenen Versuchen, in denen es sich um den Widerstand und die elektromotorische Gegenkraft des Lichtbogens handelt, der sich bei einer Unterbrechung bildet, noch einige andere, in denen jener Unterschied zwischen den beiden Stromarten zu Tage tritt, so chemische Zersetzungen, ferner Versuche über das Ohmsche Gesetz selbst u. s. w. Wenn z. B. Herr Dr. SZYMANSKI (vgl. *d. Zeitsch. Jahrg. V, S. 180*) seine Widerstandsspiralen für die Versuche über das Ohmsche Gesetz auf kleine elektromotorische Kraft eingerichtet hat, so würden sie bei Anwendung eines gespannten und durch Widerstand geschwächten Stromes sich nicht mehr als hinlänglich einflussreich erweisen.

Dass sich auch in den von Herrn Grimsehl angeführten Fällen durch Abzweigung sehr wohl ein niedrigeres Potential erzielen lässt, braucht, da diese Thatsache allgemein bekannt ist, wohl nur erwähnt zu werden. Sind die beiden Pole einer grossen Batterie durch einen langen Nickelindraht verbunden und entnehme ich diesem an zwei Stellen, welche eine Potentialdifferenz von 4 Volt haben, Strom, indem ich einen Funkeninduktor parallel zum Drahte schalte, so erhalte ich nicht nur keinen Lichtbogen, sondern es dürften auch die Unterbrechungsfunken, welche ja zum grössten Teile dem Extrastrome ihre Intensität verdanken, kleiner werden. Die Methode der Abzweigung hat natürlich in vielen Fällen den Nachteil, dass die Energieverluste noch grösser sein werden. Die vollkommenste Einrichtung, die auch schon hie und da angewandt wird, besteht deshalb in einem vorgelegten und einem parallel geschalteten Widerstande. Dass man aber einer für die Schüler so schwer zu übersehenden Anordnung aus pädagogischen Gründen sehr häufig den Betrieb mit einigen kleineren Elementen oder Akkumulatoren vorziehen wird, bedarf wohl keiner weitläufigen Auseinandersetzung.

Zur Absorption des Lichtes durch Natriumdampf.

Von Dr. **Merkelbach** in Cassel.

Glasröhren mit Natrium, um die Absorption des Natriumlichtes durch Natriumdämpfe zu zeigen, wie sie im Jahrgang II d. Zeitschr. S. 82 von Professor SCHELLBACH beschrieben wurden, lassen sich auch ohne Wasserstoffgas in einfacher Weise darstellen.

Man bringt in eine gewöhnliche Kugelhöhre, deren Kugel etwa 3 cm Durchmesser hat, ein Stückchen entrindetes Natrium von der Grösse einer Erbse und versieht die Enden mit Stücken Kautschukschlauch, die man durch einerseits zugeschmolzene Glasröhren verschliesst. Wenn man dann das Natrium in der Kugel vorsichtig erwärmt, bis es eben schmilzt, so verbindet es sich mit der geringen in der Kugel vorhandenen Sauerstoffmenge und man kann dann das Natrium bis zum Verdampfen erhitzen. Geschieht dies vor einer mit Kochsalz gefärbten Flamme des Bunsenschen Brenners, so sieht man, wie die Natriumdämpfe nach und nach die Kugel erfüllen und diese für das gelbe Licht völlig undurchsichtig machen, während die Kugel für die leuchtende Gasflamme, die man durch Verschliessen der Luftöffnungen des Bunsen-Brenners erhält, durchsichtig bleibt.

Die Erscheinung lässt sich für mehrere Personen sichtbar machen, wenn man die Kugel vor die breite, auf bekannte Weise mit Kochsalz gefärbte Flamme des Bunsenschen Apparates zur Umkehrung der Natriumflamme bringt, wobei man die kleine, kegelförmige (jetzt nicht gefärbte) zweite Flamme davor zum Erhitzen der Kugelhöhre benutzen kann. Bemerken will ich, dass ich das Erhitzen stets nur so weit getrieben habe, bis die ganze Kugel undurchsichtig erschien und dass ich dann die Kugel aus der Flamme brachte. Dann verdichten sich die Dämpfe ziemlich rasch und die oberen von der Flamme nicht getroffenen Teile der Kugel zeigen einen weissen Beschlag. Der Versuch lässt sich beliebig oft nach einander wiederholen; beim völligen Erkalten springt jedoch die Kugel häufig an der Stelle, an welcher das Natrium angeschmolzen ist. Die Glasmasse zeigt sich hier durch das Natrium angegriffen.

Für die Praxis.

Zur Demonstration virtueller Linsenbilder. Von Dr. Wilhelm Donle in München. Die in WEINHOLD'S „*Physikalischen Demonstrationen*“ S. 318, I. Aufl. S. 304 angegebene Methode, virtuelle Linsenbilder einem grösseren Auditorium zu demonstrieren, indem man die Linse samt dem leuchtenden Gegenstand nach und nach so dreht und neigt, dass die Axe der Linse nach den verschiedenen Teilen des Auditoriums gerichtet ist, ist abgesehen von ihrer Unbequemlichkeit, fast gar nicht anzuwenden, wenn es sich um die Demonstration der Wirkungsweise der Fernrohre handelt. Denn in letzterem Falle ist wegen der 2 resp. 3 Linsen, welche man in verschiedenen Entfernungen aufstellen muss, eine Drehung der ganzen Aufstellung nach den verschiedenen Seiten des Auditoriums nur mühsam, eine Neigung gar nicht auszuführen. Man kann sich aber dadurch sehr einfach helfen, dass man mittelst eines drehbaren Planspiegels, den man entweder in der Hand oder an einem passenden Stativ hält, das aus der Linse oder dem, ein Fernrohr darstellenden, Linsensystem austretende Lichtbündel auffängt und durch Drehen und Neigen des Spiegels allmählich nach allen Richtungen des Auditoriums reflektieren lässt. Man erreicht dadurch den Vorteil, dass man das leuchtende Objekt und die Linse, eventuell das ganze Linsensystem unverändert an Ort und Stelle stehen lassen kann und nur den viel leichter und bequemer zu handhabenden Spiegel zu drehen braucht.

Um zu vermeiden, dass man im Auditorium auch das von dem leuchtenden Objekt herrührende direkte Spiegelbild wahrnimmt, ist es zweckmässig, die zu verwendenden Linsen mit entsprechend grossen Blenden aus Pappe zu versehen, eventuell die Linsen direkt in kreisförmige Ausschnitte grösserer Holzbrettchen einzusetzen.

Verwendung des Kautschukpapiers in der Elektrostatik. Von Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald. Das sogen. Kautschukpapier ist in jeder Apotheke vorrätig. Die mir bis jetzt vorgekommenen Sorten zeichnen sich dadurch aus, dass sie durch Reiben mit der Hand stark elektrisch werden und die Elektrizität sehr lange behalten. Zu elektrostatischen Versuchen benutze ich gewöhnlich einen Streifen von ungefähr 1 m Länge und 10 cm Breite. Derselbe wird in der Mitte festgeklemmt, so dass die beiden Teile frei neben einander herunter hängen. Mit der Hand gerieben, divergieren dieselben wie die Blätter eines Elektroskops. In Folge ihrer grossen Dimensionen sind sie natürlich weithin sichtbar. Man kann nun leicht die einleitenden Experimente der Elektrostatik zeigen. Ein geriebener Glasstab zieht die Blätter an, ein Hartgummistab stösst sie ab. Die Hand oder ein Metallstab ziehen sie an etc. Die geriebenen Blätter behalten ihre Ladung sehr lange. Durch Annäherung einer spitzen Nadel werden sie schnell entladen. Wird eine Flamme in ihrer Nähe aufgestellt, so kann man an der langsamen Abnahme der Divergenz die entladende Wirkung der Verbrennungsgase recht anschaulich zeigen.

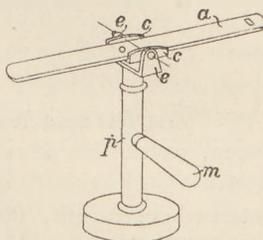
Den Versuch über die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit des Wassers pflegt man nach den übereinstimmenden Angaben der verschiedensten Lehrbücher so anzustellen, dass man in ein schräg liegendes, mit Wasser teilweise gefülltes Probierrglas ein Bleidraht beschwertes Stück Eis bringt u. s. w. Folgende Abänderung des Versuches scheint mir empfehlenswert: man füllt das halbkugelige Ende eines Probierrgläschens mit (etwa 5 ccm) Wasser, dem man zur Färbung ein einziges Körnchen Kaliumpermanganat zugesetzt hat. In dem Kältegemisch aus Kochsalz und Schnee lässt man das Wasser gefrieren. Dann giesst man kaltes Wasser auf, das man oben bis zum Kochen erhitzt. Das Klarbleiben des Wassers über dem Eise zeigt, dass davon im wesentlichen nur sehr wenig sich löst. Erwärmt man jetzt vorsichtig das kugelige Ende des Gläschens, bis das Eis nur eben von den Gefässwänden abgeschmolzen ist, so steigt das Eisstück langsam im umgebenden Wasser empor, dabei sich immer schneller auflösend, in je wärmere Wasserschichten es gelangt.

P. Meutzner, Meissen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein einfaches Elektroskop. Von DUCRETET in Paris wird ein Elektroskop beschrieben, das namentlich dazu dienen soll, leicht und sicher die Art der elektrischen Ladung auf einem Conductor, besonders bei Maschinen, die dem Polwechsel ausgesetzt sind, zu erkennen. Der primitive Apparat besteht aus einem Ebonitstreifen *a*; dieser wird auf eine Fassung *c* gelegt, die um eine Axe *e* drehbar ist und sich am oberen Ende eines isolierenden Säulchens *p* befindet. An dem Säulchen ist eine Handhabe *m* angebracht. Will man den Apparat gebrauchen, so fasst man den Ebonitstreifen an einem Ende, reibt das andere Ende (*a*) mit Katzenfell oder ähnlichem, legt den Streifen darauf in die Fassung und prüft mit einem zweiten geriebenen Ebonitplättchen, ob die Ladung stark genug ist. Dann stellt man den Streifen durch einen Hemmstift, der sich an der Säule befindet, in horizontaler Lage fest.



Will man den Conductor einer Maschine auf seine Ladung prüfen, so verlangsamt man den Gang der Maschine, damit man kein zu hohes Potential hat, macht die Ebonitnadel frei und nähert sie dem Conductor. Bei negativer Ladung entfernt sich die Nadel, ohne hin und her zu schwingen, aus der horizontalen Lage, und zwar um so mehr, je näher man sie heran bringt. Dabei ist jedoch die Berührung mit dem Conductor zu vermeiden. Bemerkt man, dass der Conductor die Nadel anzieht, so prüft man besser den andern Conductor, da nur die Abstoßung ein sicheres Erkennungsmittel für die Art der Elektrizität ist.

Journ. de Phys. élém. VII, 49; 1892.

Vorlesungsversuch zum Nachweise der Dissociation des Salmiaks. Von REINH. und RUD. BLOCHMANN. Vorschläge zum Nachweise der Dissociation des Salmiaks durch die Hitze sind bereits von L. Pebal und K. Than, C. Böttinger, D. Tommasi und A. Brenemann gemacht worden. Insbesondere als Vorlesungsversuch eignet sich das folgende Verfahren. Ein unten zugeschmolzenes Röhrenchen aus schwer schmelzbarem Glase wird an seinem oberen Ende mit einer metallenen Klemme senkrecht an einem Stativ befestigt. Um die Hitze vom oberen Teile des Röhrenchens möglichst abzuhalten, schiebt man ein Stück Drahtnetz von etwa 10 cm im Quadrat, in dessen Mitte sich ein kleines Loch befindet, von unten auf das Röhrenchen bis unter die Klemme; dasselbe wird durch die federnde Wirkung der Drahtstückchen von selbst am Röhrenchen festgehalten.

Das Erhitzen des Röhrenchens erfolgt mit der vollen Flamme eines Bunsenbrenners, den man so neben das Röhrenchen stellt, dass die Spitze der inneren Verbrennungszone der Flamme mit dem Boden des Röhrenchens in eine Horizontale fällt. Nach diesen Vorbereitungen bringt man eine Federmesserspitze (ungefähr 50 mg) Salmiak in das Röhrenchen und schiebt nunmehr die Flamme darunter. Legt man jetzt auf das obere glatt abgesprengte Ende des Röhrenchens ein mit einem Tropfen Wasser befeuchtetes Stück rotes Lakmuspapier, so entsteht auf diesem noch vor Ablauf einer Minute ein blauer Fleck von der Weite des Röhrenchens. Man nimmt das Blättchen ab und ersetzt es durch ein neues, auf welchem nach etwa 30 Sekunden abermals ein blauer Fleck erscheint. Diese Manipulation kann man in der Regel zwei- bis dreimal mit Erfolg wiederholen. Entsteht kein blauer Fleck mehr, so legt man in derselben Weise ein Stück blaues Lakmuspapier auf. Nach wenigen Sekunden röthet sich dasselbe in der Mitte; diese Erscheinung lässt sich an neu aufgelegten Papierstücken oftmals wieder hervorrufen.

Die Dauer des ganzen Versuchs beträgt somit nur wenige Minuten; der Versuch gelingt leicht unter Verwendung eines Röhrenchens von 12–15 cm Länge, 8–9 mm innerer Weite und 1–1,5 mm Glasdicke. *Ber. d. D. Chem. Ges. XXIV, 2765; 1891.*

Ein Experiment Sir Humphry Davy's beschreibt G. F. C. SEARLE in den *Proc. Cambr. Phil. Soc.* 1892, VII, 250: Zwei Kupferdrähte werden in einem Abstände von 5 cm durch Löcher im Boden eines flachen Troges so eingeführt, dass ihre Enden im Niveau der Oberfläche des Troges liegen. Dann wird Quecksilber bis zur Höhe von etwa 4 mm in den Trog gegossen. Schickt man jetzt mittelst der Drähte einen kräftigen Strom durch das Quecksilber, so wird dies in der unmittelbaren Nähe der Elektroden zu kleinen Kegeln von zwei bis drei Millimetern in die Höhe gehoben. *Naturw. Rundsch.*, 1892, No. 14.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über das spezifische elektrische Leitungsvermögen einiger Metalle. In zwei Abhandlungen, welche im 68. u. 69. Jahresberichte der Schles. Gesellschaft für vaterländische Kultur, Breslau 1890 und 1891, veröffentlicht sind, teilt Herr J. BERGMANN eine grössere Anzahl von Untersuchungen mit, die er mit Hilfe der Induktionswage angestellt hat. Unter dieser versteht Verfasser nach dem Vorgange von E. Hughes (vgl. diese Zeitschr. I, 88) „ein Arrangement, bei welchem die sekundären Rollen zweier Induktorien in der Weise mit einander verbunden sind, dass die in ihnen induzierten Ströme entgegengesetzte Richtung haben. Wenn sie dann einander gleich sind, so heben sie sich auf, und es besteht Stromgleichgewicht, während durch die primären Rollen ein elektrischer Strom von veränderlicher Intensität hindurchgeht.“ — Mit Hilfe dieses Apparates sollte das elektrische Leitungsvermögen von Metallen bestimmt werden; die angewandte Methode hat den Vorzug, dass sie die Anwendung ganz beliebig gestalteter Metallstücke gestattet. Der Verfasser erwartet von diesen Bestimmungen überdies einen praktischen Nutzen, z. B. um Münzen und Medaillen von Nachahmungen aus wertlosen Compositionen zu unterscheiden, ähnlich wie dies durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes geschehe, und zwar noch weit sicherer, da das Leitungsvermögen „den Metallen und Legierungen in sehr viel verschiedenem Grade zukommt als das spezifische Gewicht.“ [Durch die bisherigen Ergebnisse ist diese Hoffnung allerdings nicht erfüllt worden.] — Als Einheit wurde das Leitungsvermögen des Quecksilbers bei 0° C zu Grunde gelegt. Zunächst wurden kreisförmige Platten mehrerer Metalle, die aus Blechen von verschiedener Dicke ausgeschnitten waren, untersucht. Es ergaben sich Zahlen, die mit den von anderen Beobachtern auf anderem Wege gefundenen genügend übereinstimmten, nämlich im Durchschnitt für Cu 56,4, für Zn 16, für Sn 7,8, für Pb 4,9 und für Messing 13,7. Aber schon hier zeigten sich Abweichungen, je nachdem das Metall härter oder weicher, ferner je nachdem es gegossen, gewalzt oder gehämmert war; sogar vorheriges Glühen, kurz jede Veränderung der Molekularstruktur war von Einfluss. Noch bedeutender sind die Veränderungen in der Leitungsfähigkeit, die durch chemische Unterschiede, zuweilen selbst durch sehr geringe andersartige Beimengungen, hervorgebracht werden. So schwankte das Leitungsvermögen einiger Aluminiumplatten zwischen 31,5 und 35,4. Noch mehr trat dies bei den zahlreichen Messungen an Münzen des deutschen Reiches und Schutzgebietes hervor. Bei Doppelkronen schwankte zwar das spezifische Leitungsvermögen nur zwischen 7,6 und 8,4, bei verschiedenen Silbermünzen aber zwischen 30,5 und 49,1, ja bei Kupfermünzen innerhalb der äusserst weiten Grenzen 10,9 und 54,4 (während für chemisch reines Kupfer die Zahl 56,447 ermittelt worden war). Dass in Wirklichkeit chemische Verschiedenheiten die Ursache dieser auffallend grossen Abweichungen in dem Leitungsvermögen des dem Scheine nach gleichen Materials waren, kam auch durch die Analyse zweier Kupfermünzen zum Ausdruck, wobei sich Zusätze von Zinn und Zink im Betrage von 6,3 % bezüglich 4,7 % ergaben. J. S.

Darstellung und Eigenschaften des amorphen Bors. Die Darstellung von reinem Bor war bis vor kurzem nicht gelungen, eine Folge seiner starken Affinitäten zu Nichtmetallen und Metallen. Sowohl in der diamantähnlichen krystallinischen als in der amorphen Form enthielt es stets Verunreinigungen, mindestens im Betrage von 28%.

Auch ist es unmöglich, wie HENRI MOISSAN nachweist, durch die zur Darstellung von amorphem Bor übliche Methode zum Ziele zu gelangen; denn in Folge der bedeutenden Wärmeentwicklung beim Erhitzen von Alkalimetallen mit Borsäureanhydrid verbindet sich stets ein Teil des freigewordenen Bors mit dem überschüssigen Alkalimetall sowie mit dem Stoffe, aus welchem das Gefäss besteht (*Fe, Cu, Pt* u. s. w.). Demgemäss fand MOISSAN in dem bisher als amorphes Bor bezeichneten Produkte Beimischungen von Natrium- und Eisenborid, sowie von Borstickstoff. Auch die Elektrolyse von geschmolzenem Borsäureanhydrid gab keine besseren Ergebnisse. Um dieses leitend zu machen, mussten ihm nämlich etwa 20% Natriumborat zugesetzt werden; durch dessen Zersetzung wurden aber *Na* und *O* frei, mit welchem letzteren der grösste Teil des ausgeschiedenen *B* sich wieder verband, die Ausbeute war daher äusserst gering. Hingegen führte die Einwirkung von Magnesiumpulver auf Borsäureanhydrid zum Ziele. Cl. WINCKLER (*Bericht. 1890*) hatte früher bei diesem Versuche die zur Desoxydation theoretisch notwendige oder die doppelte Menge des Metalls angewandt und dabei Mischungen von Bor und Bormagnesium ($Mg_6 B_2$ und $Mg_5 B_3$) erhalten. H. MOISSAN nahm nur den dritten Teil des nach der Berechnung erforderlichen Magnesiumpulvers und erhitze das Gemisch zehn Minuten in einem irdenen Tiegel, wobei eine beträchtliche Wärmeentwicklung stattfand. Nachdem aus der Masse das unveränderte Borsäureanhydrid und weisse Krystalle von Magnesiumborat entfernt waren, resultierte ein Pulver mit 95% *B*; durch eine sehr sorgfältige Reinigung wurden hierauf auch die letzten Beimengungen, Magnesium-Borat und Borid u. s. w., fortgeschafft.

Das so erhaltene, völlig reine amorphe Bor ist nach der Beschreibung von MOISSAN ein weiches, abfärbendes, kastanienbraunes Pulver vom spezifischen Gewichte 2,45. Es leitet die Elektrizität schlecht und ist selbst bei der Temperatur des elektrischen Lichtbogens unerschmelzbar. An der Luft entzündet es sich bei 700°. Im Sauerstoffstrome erhitzt, verbrennt es mit sehr blendendem, im dunkelen Zimmer grün erscheinendem Lichte. Was seine Affinitäten betrifft, so verbindet es sich bei 610° mit Schwefel, bei etwas höherer Temperatur mit Selen, jedoch garnicht mit Tellur. In einer Chloratmosphäre entzündet es sich bei 410° unter Bildung von Borchlorid, entsprechend konnte ein Bromid, hingegen kein Jodid erhalten werden. Mit Stickstoff — nicht aber mit Phosphor, Arsen und den übrigen Elementen dieser Gruppe — verbindet es sich bei hohen Temperaturen unmittelbar. Es zeigt keine Affinität zu Kohlenstoff, Silicium und den Alkalimetallen, wohl aber bei dunkeler Rotglut zu Magnesium. Während Bor auf die Wasserstoffsäuren fast ohne Wirkung ist, desoxydiert es die Sauerstoffsäuren energisch; so bildet es schon bei 250° schweflige aus Schwefelsäure; auch die Oxyde der Schwermetalle, sowie Lösungen von Kaliumpermanganat, Eisenchlorid und Silbernitrat reduziert es leicht, im letzten Falle unter Bildung schöner Silberkrystalle. Besonders auffallend zeigt sich die starke Affinität der Borteilchen zum Sauerstoff, wenn man sie mit Bleihyperoxyd im Mörser pulverisiert, wobei eine starke Detonation erfolgt, oder wenn man solche auf geschmolzenes Kaliumchlorat fallen lässt, wobei sie mit blendendem Glanze verbrennen. In chemischer Hinsicht steht mithin das Bor dem Kohlenstoff sehr nahe; gleich diesem verbindet es sich leichter mit *Fl, Cl, S, O* und den übrigen Nichtmetallen als mit den Metallen. Vor allem wirkt es sehr energisch desoxydierend und ist als Reduktionsmittel selbst der Kohle vorzuziehen. (*C. R., t. CXIV 1892, S. 319 ff., 392 ff., 617 ff.*)

J. S.

3. Geschichte.

Die Sirenen. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Akustik. Teil I. Von Dr. E. ROBEL. Luisenstädtisches R.-G. zu Berlin. *Pr. No. 98, 1891.* Die sehr lesenswerte, auf sorgfältigem Quellenstudium ruhende Abhandlung ist besonders dadurch von Interesse, dass ein Hauptaugenmerk auf die Wechselbeziehungen gerichtet ist, die zwischen der Geschichte der Sirenen und den Fortschritten der Akustik überhaupt bestehen. Untersuchungen dieser Art sollten in grösserer Zahl ausgeführt werden, sie bilden die notwendige Voraussetzung für eine Geschichte der physikalischen Probleme, zu der bisher

kaum erst einzelne Bausteine vorhanden sind. Dass solche Untersuchungen nicht müheelos sind, weiss jeder, der sich einmal mit einer solchen beschäftigt hat. Um so mehr verdient die vorliegende Arbeit als eine wohlgelungene anerkannt zu werden. Und wie sie durch den Unterricht angeregt ist, so entbehrt sie auch der Beziehung zum Unterricht nicht; denn der Verfasser bemerkt mit Recht, dass die Sirene im Schulunterricht nach wie vor ihre volle Wichtigkeit behauptet, wenn auch zur wissenschaftlich genauen Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones heut andere feinere Hilfsmittel angewandt werden.

Aus dem reichen Inhalt können hier nur die Hauptmarksteine der Entwicklung und einige bisher weniger bekannte Forschungsergebnisse hervorgehoben werden. Als Erfinder der Radsirenen ist Robert Hooke anzusehen, der vor der Royal Society 1681 die Erzeugung von Tönen durch schnell rotierende gezähnte Messingräder gezeigt hat. Den ersten Versuch, die absolute Schwingungszahl eines Tones mit Hilfe eines Zahnrades zu bestimmen, machte fünfundzwanzig Jahre später Vittorio Francesco Stancari in Bologna (1678—1709), dessen Name selbst in den neueren Werken über Geschichte der Physik fehlt. Seine Bestimmung ist besonders dadurch bemerkenswert, dass neuerdings Govi versucht hat, mit ihrer Hilfe die unbestrittene Thatsache der allmählichen Erhöhung der musikalischen Stimmung zu erhärten. Die Lehre von der Entstehung der Töne durch kontinuierliche Schläge oder Stösse hat John Robison (1739—1805) genauer entwickelt und begründet; derselbe hat auch das Problem eines Zusammenhanges zwischen Tonerzeugung und Klang, sowie dasjenige der unteren Grenze der Schwingungszahl angegriffen und einen Apparat construiert, der als ein Vorläufer der eigentlichen Sirene gelten kann: eine Röhre von einem Luftstrom durchflossen und mit einem Hahn versehen, der in einer Sekunde 720 bzw. 360 mal geöffnet und geschlossen werden konnte. Den vom Verfasser gegebenen Nachweisen zufolge ist es unzweifelhaft, dass die Erfindung der Radsirene und die Tonerregung durch getrennte Luftstösse auf die genannten englischen Physiker zurückzuführen ist, während unsere Lehrbücher sie allgemein französischen Physikern zuweisen.

Dagegen gebührt Cagniard de la Tour der Ruhm, die Scheibensirene erfunden zu haben. Die vielfältigen Apparate und Versuche dieses Forschers werden ausführlicher besprochen, sie sind namentlich deswegen so interessant, weil Cagniard durch sie das Geheimnis des Klanges zu enthüllen hoffte. Er glaubte nachweisen zu können, dass eine Folge unregelmässiger Stösse bloss ein Geräusch hervorruft, dass aber durch periodische Wiederholung einer solchen Folge ein regelmässiger Ton entsteht. Die Klangfarbe dieses Tones brachte er mit der Art, wie die Stösse innerhalb der Periode aufeinander folgten, in Zusammenhang. Man sieht, wie nahe der geschickte Experimentator der Lösung des Problems war, die ihm gleichwohl versagt blieb, während sie durch Verknüpfung mathematischer und experimenteller Forschung dem Scharfsinne G. S. Ohms gelang.

Von den Apparaten Cagniard de la Tours ist einer der weniger bekannten das akustische Flugrädchen (*moulinet-sirène*), das von dem Atelier von Dr. R. König in Paris angefertigt wird: „Ein reichlich 10 cm langer Hohlzylinder von Messing, dessen innerer Durchmesser etwas über 4 cm beträgt, ist oben offen und unten geschlossen. Im Innern dieses Cylinders ist in halber Höhe an der Wand ein schmaler Messingring befestigt, um dessen Durchmesser als feste Axe sich zwei congruente kreisförmige, zu einander senkrecht stehende und sich in einem dem inneren Ringdurchmesser gleichen Durchmesser schneidende Metallplatten drehen können. Wird nun durch ein am Boden angebrachtes Windrohr, dessen Axe aber nicht mit der Cylinderaxe zusammenfällt sondern mehr nach der Peripherie der Grundfläche hin verschoben ist, ein Luftstrom durch den Cylinder getrieben, so geraten die Metallplatten in Drehung, und die vier halbkreisförmigen Flügel bringen bei jeder Umdrehung ebenso viele Unterbrechungen des Luftstromes hervor. Der hierdurch erzeugte Ton klingt in tieferen Lagen schwirrend, in mittleren und hohen Lagen aber durchdringend und scharf, und kann bei starkem Anblasen eine beträchtliche Intensität erreichen.“ —

F. Savart (1791—1841) hat das Verdienst, die Zahnradsirene vervollkommenet und zur Lösung wichtiger Fragen der physiologischen Akustik benutzt zu haben. Er suchte die Grenzen der Tonwahrnehmung festzustellen und fand, dass der Ton des Apparates zwischen 12 000 und 18 000 Schlägen aufhörte wahrnehmbar zu sein. Das Bedürfnis, nachzuweisen, dass bei grosser Schwingungszahl nicht einzelne Zähne periodisch überschlagen würden, führte ihn zur Konstruktion der Accordsirene und einer combinirten Luftstoss-Zahnradsirene, bei der ein Luftstrom durch ein dünnes Röhrchen senkrecht gegen die Zähne geblasen wird. Mit Hülfe eines Rades mit herausnehmbaren Zähnen suchte er ferner die geringste Zahl der zur Bildung eines Tones erforderlichen Stösse festzustellen und glaubte aus seinen Versuchen schliessen zu müssen, dass mindestens zwei Stösse erforderlich seien. Das Problem ist heut noch nicht experimentell entschieden; Ohm hat mit theoretischen Gründen dargethan, dass der Ton ganz unabhängig von der Zahl der Stösse sich zeigen muss.

Zur Ermittlung der tiefsten hörbaren Töne construierte Savart das Speichenrad und den Apparat mit durchschlagenden Stabe; er hörte einen anhaltenden, tiefen und sehr schwachen Ton, wenn acht Stösse in der Sekunde erfolgten. Helmholtz hat aber gezeigt, dass bei diesen Versuchen starke Obertöne mitspielen, auch diese Frage ist daher noch nicht endgültig entschieden. Immerhin haben Savarts Arbeiten das Verdienst, den Anstoss zu solchen Untersuchungen gegeben zu haben.

Im zweiten Teil der Arbeit (der leider in diesem Jahr noch nicht erschienen ist) sollen die weiteren Fortschritte auf diesem Gebiet bis zum Jahre 1890 behandelt werden.

P.

Hermann Kopp. Am 19. Februar 1892 starb zu Heidelberg nach langen und schweren Leiden der Professor der Chemie Hermann Kopp. Mit ihm ist, wie A. W. v. Hofmann (*Ber. d. chem. Ges.* XXV, 505) in dem Nachrufe sagt, dem wir die nachfolgenden Angaben entnehmen, ein Gelehrter von durchdringendem Scharfsinn, von seltener Beobachtungsgabe, von einem, man darf wohl sagen fabelhaften Wissen und von einer Schaffenskraft und Schaffensfreude aus dem Leben geschieden, wie sie sich selten in einer Persönlichkeit vereinigt finden. H. Kopp wurde am 30. Oktober 1817 als Sohn eines Arztes geboren, der frühzeitig die Liebe zu den Naturwissenschaften in ihm weckte. In Heidelberg studierte er unter Gmelin und L. Munck Chemie und Physik. Beiden Wissenschaften hat er zeitlebens gleiches Interesse zugewendet und die meisten seiner Untersuchungen betreffen das Grenzgebiet dieser Disciplinen. Am 31. Oktober 1838 wurde er in Marburg auf Grund seiner Dissertation *De oxydorum densitatis calculo rependiendae modo* zum Doktor promoviert. Bald darauf siedelte K. von Marburg nach Giessen über, wo er mit Liebig und Wöhler innig befreundet wurde. Dort habilitierte er sich 1841 und wurde schon nach 2 Jahren zum ausserordentlichen Professor ernannt. Er las abwechselnd theoretische Chemie, Krystallographie, Meteorologie, physische Geographie und Geschichte der Chemie. Aus der ersten Zeit seines Giessener Aufenthaltes stammt seine Untersuchung über die durch Einwirkung von Salpetersäure auf Mercaptan entstehende Äthansulfonsäure, fast die einzige rein chemische Arbeit Kopp's. Als Liebig im Jahre 1852 nach München übersiedelte, wurde Kopp gleichzeitig mit seinem Freunde Will ordentlicher Professor in Giessen. Beide leiteten zunächst gemeinschaftlich das Laboratorium; indess trat Kopp schon nach Jahresfrist von der Leitung zurück und las fortan über theoretische Chemie. Im Herbst 1863 leistete er der von Heidelberg an ihn gerichteten Berufung Folge, und dort ist er über ein Vierteljahrhundert als Lehrer thätig gewesen, wiederholt Berufungen an andere Hochschulen ablehnend.

Der Ausgangspunkt für eine grosse Anzahl von Kopp's Untersuchungen war in dem Thema seiner Doctordissertation gegeben. Sein Bestreben, die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften einer chemischen Verbindung von der Natur und den Mengen ihrer Bestandteile zu ermitteln, ist am bestimmtesten ausgesprochen in der grundlegenden Untersuchung: Über die Vorausbestimmung des spezifischen Gewichts einiger Klassen

chemischer Verbindungen, an welche sich dann seine Arbeiten über die Gesetzmässigkeiten der Atom- und Molekularvolumina anschliessen. Da die Bestimmung dieser Grössen bei correspondierenden Temperaturen, den Siedepunkten der betreffenden Verbindungen, ausgeführt wurde, so führten seine Experimentaluntersuchungen weiter zur Entdeckung der bekannten Siedepunktsgesetzmässigkeiten. Im Zusammenhang damit stehen K.'s umfangreiche Arbeiten über die spezifische Wärme der Körper, sowie über die Volumenveränderungen, welche sie beim Erstarren und Schmelzen erfahren. Auch die Beziehungen zwischen Krystallform und spez. Volumen hat er mehrfach, zuerst in seiner Habilitationsschrift, untersucht. Er gab endlich auch zum ersten Male eine Erklärung der anomalen Dampfdichten. — Kopp's litterarische Thätigkeit war ausserordentlich fruchtbar. Schon im Jahre 1843 erschien der erste Band seiner (längst vergriffenen) „Geschichte der Chemie“. Im Jahre 1847 wurde das Werk vollendet. Für eine zweite Auflage hat K. die umfangreichsten Vorarbeiten ausgeführt, leider aber das Material nicht mehr sichten und verarbeiten können. Seine Bücher „Beiträge zur Geschichte der Chemie“, „die Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit“, „die Alchemie in älterer und neuerer Zeit“ sind das Ergebnis dieser Vorarbeiten für die grosse Geschichte der Chemie. Seit 1849 gab er gemeinsam mit Liebig den Jahresbericht über die Fortschritte der reinen, pharmaceutischen und technischen Chemie, der Physik, Mineralogie und Geologie heraus und setzte diesen nach Liebig's Rücktritt gemeinsam mit Will noch bis 1862 fort. Seit dem Jahre 1851 war er ebenso an der Redaktion von Liebig's Annalen beteiligt, welche er während einer langen Reihe von Jahren allein geleitet hat. Nicht gering ist auch die Zahl von Gelegenheitschriften. Wir erwähnen: Sonst und Jetzt in der Chemie (1867); Einiges über Witterungsangaben; Über das Nationalitätsprinzip in der Wissenschaft; Aurea catena Homeri (zu Wöhler's 80. Geburtstage); Aus der Molecularwelt (zu Bunsen's 70. Geburtstage).

— r.

4. Unterricht und Methode.

Das Ineinandergreifen des Physik- und Mathematik-Unterrichts in Sekunda. Von Dr. W. GROSSE in Vegesack. (*Lehrproben und Lehrgänge* von Frick und Meier, Heft XXX, 1892.) Inbezug auf das Verhältnis von Physik und Mathematik stimmt der Verfasser der Auffassung bei, die in dieser Zeitschrift (IV, 162) von K. Noack ausgesprochen worden ist. Für das Ineinandergreifen beider Fächer stellt er folgende Richtschnur auf: „Ich versuche in allen Beziehungen eine Wechselwirkung im Unterricht dadurch zu erreichen, dass ich die formellen Aufgaben des einen Zweiges, deren Bewältigung an und für sich das Interesse des Schülers am Gegenstande vermindern würde, befruchte mit den interessanten sachlichen Daten des andern.“ In diesem Sinne wird besonders für das Realgymnasium gezeigt, wie mit der Einführung in die Trigonometrie und die Funktionenlehre die Behandlung der Zerlegung und Zusammensetzung der Kräfte in den Physikstunden parallel gehen könne. Nach den einfachsten konkreten Beispielen wird die schiefe Ebene behandelt, an die Zerlegung eines Druckes k in $k \cos \alpha$ und $k \sin \alpha$ die Messung des Reibungscoefficienten $\rho = \tan \epsilon$ angeknüpft, wo ϵ den kritischen Winkel bedeutet, bei dem der zu untersuchende Körper auf der schiefen Ebene zu gleiten beginnt. Weiteren Stoff bieten Keil, Schraube, einfaches Pendel, Tangentenbussole, Foucault's Pendelversuch u. s. w. Dass Mathematik und Physik in der Hand desselben Lehrers liegen, wird auch hier als eine Vorbedingung für die glückliche Lösung der angedeuteten Aufgaben bezeichnet. — In den Ausführungen, die den mathematischen Unterricht betreffen, neigt der Verfasser zur Betonung der praktisch-rechnerischen Seite, die bekanntlich auch in den neuen Lehrplänen vorherrscht. Es ist hier nicht der Ort, darauf näher einzugehen, nicht unwidersprochen soll aber bleiben, dass die Hauptregeln der Logarithmierung „induktiv“ abgeleitet werden. Eine blosser Verifikation an der Hand der Logarithmentafel ist nicht eigentlich induktiv und dürfte auch für einen Unterricht, der mehr als Abrichtungszwecke verfolgt, nicht angemessen sein.

P.

Über Methodik des chemischen Unterrichts an den höheren Bürgerschulen. Von Dr. KARL BÜCHEL. Höhere Bürgerschule vor dem Lübecker Thor in Hamburg. *Progr. Ostern 1891*. Die Abhandlung will Rechenschaft davon ablegen, wie der chemische Unterricht an den beiden h. Bürgerschulen Hamburgs gehandhabt wird. Der Verfasser betont mit Recht, dass eine der akademischen nachgebildete Lehrweise, wie sie lange Zeit auf den Schulen geherrscht habe, nicht die geeignetste sei, und dass entgegen der Tradition, Chemie vorzutragen statt zu unterrichten, erst die neueste Zeit gelehrt habe, diese Wissenschaft als Unterrichtsgegenstand zu behandeln. Arendt und Wilbrand teilen sich in die Ehre, auf diesem Gebiet die Bahn gebrochen und die Wege gewiesen zu haben. Beide gehen im wesentlichen von ähnlichen Gesichtspunkten aus; ob die eine oder die andere Richtung bevorzugt wird, hängt hauptsächlich von der Art der Schule und der geistigen Reife des Schülers ab, denen die Chemie dargeboten werden soll. Der Verfasser glaubt für seinen Zweck im ganzen der Arendtschen Methode folgen zu sollen, nicht ohne jedoch an einigen wichtigen Stellen des Lehrganges (Wasser, Kochsalz) die Wilbrandsche Gedankenführung zu empfehlen. Er erkennt an, dass bei Letzterem jedes Kapitel einen streng logischen Gedankengang bildet, in dem sich Folgerung an Folgerung reiht. Aber er findet, dass das Verfahren von Wilbrand an die Schüler höhere Anforderungen stellt als das von Arendt; es veranlasst den Schüler unausgesetzt zum Nachdenken, Beobachten und Folgern, aber es ist ein Weg, der durch mehrere Unterrichtsstunden hindurchführt und auf dem man deshalb langsamer zum Ziel gelangt, weil man genötigt ist, wiederholt stehen zu bleiben, sich umzuschauen und neue Beobachtungen zu machen, ehe man wieder weiter schreiten kann. Der Stoff wird von verschiedenen Seiten herangezogen, zu dem Zweck, die Zusammensetzung des gerade in Frage stehenden, aus der täglichen Erfahrung bekannten Körpers festzustellen; er kann daher von vornherein nicht übersichtlich geordnet sein, und der methodische Lehrgang verlangt als Ergänzung einen systematischen Kursus, den auch Wilbrand in seinem Leitfaden (6. Aufl. 1892) darbietet, der sich aber nur da wird anschliessen lassen, wo die Zeit für diesen Unterricht nicht zu knapp bemessen ist. Der Arendtsche Lehrgang ist einfacher und bietet in seinem engeren Anschlusse an den systematischen Gang den Stoff in übersichtlicherer Form dar, er liefert auch selbst schon eine grössere Menge von Thatsachen im voraus, die für dann folgende Betrachtungen zur Verfügung stehen, ohne erst zu dem speziellen Zweck herangezogen zu werden. Man wird den Beweggründen, die in dem vorliegenden Fall zur Wahl des Arendtschen Lehrganges geführt haben, eine Berechtigung nicht absprechen können; daneben aber muss hervorgehoben werden, dass der Wilbrandsche Gang in seinem engeren Anschlusse an die historische Entwicklung und an die Methode der induktiven Forschung Vorzüge besitzt, die seine Befolgung als ratsam erscheinen lassen, wo nur irgend die Verhältnisse es gestatten.

Darauf, dass der chemische Unterricht als eine praktische Schule der induktiven Logik zu behandeln sei, legt auch K. BÜCHEL besonderen Nachdruck, nicht als ob die Schüler in die Terminologie und die Unterschiede von Übereinstimmungsmethode, Restmethode u. s. w. eingeführt werden sollten, wohl aber in dem Sinne, dass sie lernen, an der Hand der Thatsachen richtige Schlussfolgerungen zu machen. Man darf sich aber hierbei nicht mit der Ausdehnung von Einzelerkenntnissen auf eine ganze Klasse gleichartiger Erscheinungen begnügen, vielmehr nur mit Vorbehalt schliessen: „Was bei einem Metall beobachtet wurde, gilt für alle übrigen unedlen Metalle“, wie der Verfasser (S. 16) will. Auch auf diesem Gebiet wird die Erkenntnis des ursächlichen Zusammenhanges und die Zerlegung der Thatsachen (vergl. *d. Jahrg. d. Zeitschr. Heft 4, S. 173*) als die wesentlichste Seite des induktiven Verfahrens in den Vordergrund treten müssen. Die Chemie ist für eine derartige geistige Schulung besonders geeignet, weil in ihr, wie auch der Verfasser hervorhebt, das deduktive Verfahren in viel geringerem Umfange als in der Physik angewendet wird.

5. Technik und mechanische Praxis.

Das Aluminium. Wegen der hohen Bildungswärme des Aluminiumoxyds, welche die Bildungswärmen der Oxyde der meisten Metalle bis um das Fünfzehnfache übertrifft, ist es nicht möglich, dasselbe in den sonst in der Metallurgie gebräuchlichen Öfen durch Kohle zu reduzieren. Daher galt die Thonerde, wie auch die Kiesel-, Bitter- und Kalkerde, lange Zeit als unzerlegbar. Erst nachdem Davy die Metalle der Alkalien dargestellt hatte, versuchte Wöhler die hohe chemische Affinität derselben zur Spaltung der Thonerdeverbindungen zu benutzen. Er erhielt im Jahre 1845 einige Aluminiumkügelchen, indem er Kaliumdampf auf dampfförmiges Aluminiumchlorid einwirken liess. Diese kleinen Mengen des so entdeckten Metalles liessen so vorzügliche Eigenschaften erkennen, dass man auf dasselbe grosse Hoffnungen setzen durfte. Deville errichtete in der Nähe von Paris die erste Aluminiumfabrik. Hier, sowie auch später in England, arbeitete man bis in die jüngste Zeit nach folgendem Verfahren. Als Ausgangspunkt dient der Beauzit. Man schliesst ihn durch Schmelzen mit Soda auf, löst das Natriumaluminat in Wasser, fällt aus der Lauge durch Einleiten von Kohlendioxyd die Thonerde, filtriert dieselbe und glüht. Das so erhaltene, fast chemisch reine Aluminiumoxyd wird mit Kochsalz und Kohlenpulver feucht gemischt, und das Gemenge zu kleinen Cylindern geformt, die scharf getrocknet werden. Nachdem dieselben in langen Chamotteretorten bis zur Weissglut erhitzt sind, leitet man Chlor ein. Es entweichen Nebel, die sich in den Vorlagen zu dem festen, an der Luft beständigen Doppelsalz $Al_2 Cl_6 \cdot 2 Na Cl$ condensieren. Werden nun grössere Portionen dieser Verbindung, nachdem sie in rotierenden Trommeln mit kleinen Scheiben metallischen Natriums gemengt sind, auf die Sohle eines geheizten Ofens befördert, so erfolgt, namentlich wenn jenem Gemenge noch Kryolithpulver als Flussmittel zugesetzt ist, in kurzer Zeit die Reduktion, und der Aluminiumregulus wird in Barren gegossen. — Deville gelang es, das Kilogramm Aluminium, welches im Jahre 1855 noch 1000 Fr. kostete, im Jahre 1862 für 130 Fr. zu liefern. — Seitdem sind nun viele Abänderungen der Deville'schen Methode patentiert, durch welche einerseits die umständliche Darstellung des Aluminiumnatriumchlorids umgangen, andererseits die Gewinnung des Natriums vereinfacht werden soll. Nur wenige dieser Methoden sind im Grossen ausgeführt. So wird in New-Castle nach dem Netto'schen Verfahren Kryolith, welcher zuvor im Flammofen geschmolzen ist, durch schnelles Einsenken grosser Natriumblöcke in die Schmelze reduziert. In Nienburg an der Weser schüttet man nach Grabau Aluminiumfluorid, welches bis zu 600° erhitzt ist, auf eine entsprechende Menge geschmolzenen Natriums. In beiden Fällen werden die Schlacken mittelst des Alauns regeneriert, so dass die Reihe der Prozesse kreisförmig geschlossen ist. Endlich sei noch das Verfahren der Natriumgewinnung nach Netto hervorgehoben, welcher dieses Metall in kontinuierlichen Mengen dadurch erhält, dass er geschmolzenes Ätznatron auf glühende Holzkohlen fliessen lässt.

Allein so bedeutend diese Fortschritte in der Aluminiumgewinnung auch sind, so werden doch diese rein chemischen Methoden von den elektrischen, welche seit der Ausnützung der natürlichen Wasserkräfte zur Erzeugung starker Ströme immer mehr aufkommen, bald verdrängt werden. Bunsen war der erste, welchem die elektrolytische Abscheidung des Aluminiums gelang, indem er in einem eisernen, als Kathode dienenden Tiegel Aluminiumnatriumchlorid über dem Feuer zum Schmelzen erhitze und dann stabförmige Kohle-Anoden in die Schmelze eintauchte. Für die fabrikmässige Gewinnung kommt der Umstand wesentlich in Betracht, dass sich auch geschmolzener Kryolith elektrolytisch zerlegen, und sich das Kryolithbad durch Hinzufügung kompakten, in der Schmelze sich lösenden Aluminiumoxyds immer wieder regenerieren lässt. Im übrigen unterscheiden sich die elektrischen Gewinnungsmethoden, die in ihren Einzelheiten meistens geheim gehalten werden, in der Art der Flussmittel und der Konstruktion der Elektroden und der Öfen überhaupt, je nachdem der elektrische Strom die Aluminiumverbindung durch Schmelzen selbst zunächst verflüssigt und dann elektrolytisch zerlegt,

oder überhaupt bloß als Wärmequelle wirkt, insofern er das Gemisch aus Kohle und Thonerde bis zur Reduktionshitze bringt, die in den sonstigen Öfen nicht erreicht werden kann. Natürlich sind hierzu sehr starke elektrische Ströme erforderlich. In der Aluminiumfabrik zu Neuhausen in der Schweiz werden durch die Wassermassen des Rheinflusses mehrere Turbinen betrieben, die ihrerseits Dynamomaschinen von solchen Dimensionen in Bewegung setzen, dass jede derselben einen Strom von 6000 Ampères und 16—20 Volts liefert. Die hier zur Aluminiumgewinnung verwendeten Öfen stimmen bis auf einzelne, nicht näher bekannte Punkte mit dem Héroult-Ofen überein. Letzterer hat die Form eines Würfels, dessen Seite 1 bis 2 m lang ist. Er besteht aus einem isolierten, mit dem negativen Pol der Maschinen verbundenen Eisenmantel, der ein dickwandiges, tiegelartig ausgehöhltes Kohlefutter, das mit einer Abstichöffnung am Boden versehen ist, umgiebt. Oben ist er durch Graphitplatten verschliessbar, die einige Öffnungen zum Beschieken mit Thonerde und zum Einsenken balkendicker Kohle-Anoden haben. Im Héroult-Ofen selbst werden nur Aluminiumlegierungen hergestellt, indem die aus der Thonerde elektrolytisch ausgeschiedenen Aluminiummengen sich im Moment des Entstehens mit dem am Boden des Ofens geschmolzenen Metall (Kupfer oder Eisen) verbinden. — Für die Leistungsfähigkeit dieser Fabrik spricht am besten die Thatsache, dass sie seit Januar dieses Jahres das Kilogramm Aluminium für 5 Mark abgiebt.

Das Aluminium besitzt ganz ausserordentliche Eigenschaften. Im polierten Zustand hat es einen prächtigen Glanz und eine weisse Farbe, die jedoch an der Luft, besonders wenn das Metall durch Silicium verunreinigt ist, einen Stich ins Bläuliche annimmt. Mattiert man dagegen seine Oberfläche durch abwechselndes Ätzen mit Natronlauge und Salpetersäure, so ist es dem frisch mattierten Silber nicht allein täuschend ähnlich, sondern zeigt vor diesem noch den Vorzug, dass es Jahre lang der Luft ausgesetzt sein kann, ohne anzulaufen. Ganz merkwürdig ist sein geringes spezifisches Gewicht, welches 2,64, 2,68 oder 2,70 beträgt, je nach dem es gegossen, gewalzt oder gezogen ist. Eisen ist also 3 mal, Kupfer und Nickel 3,37 mal, Silber 4 mal und Gold 7,31 mal schwerer als Aluminium. Für gleiche Volumina ist der Preis des Aluminiums ungefähr gleich dem des Kupfers, nur $\frac{1}{130}$ desjenigen des Silbers und nur das Fünffache desjenigen des Gusstahls. Das Aluminium ist in hohem Grade zähe und dehnbar, denn es lässt sich bis auf $\frac{1}{80}$ seiner Dicke schmieden, zu dünnem Blech auswalzen und zu feinem Filigrandraht ziehen. Man kann es ferner prägen und auf der Drehbank oder unter dem Balancierin jedwede Form drücken. Auch lassen sich aus Aluminiumscheiben nach dem Mannesmannverfahren nahtlose Röhren ziehen. Von grösster Wichtigkeit ist es nun, dass in Folge dieser mechanischen Bearbeitung die Härte und Festigkeit des Aluminiums bedeutend zunehmen. Ist es im gegossenen Zustand so weich wie Silber, so übertrifft es nach der Bearbeitung die Härte des Kupfers, und während ein gegossener Stab nur die Festigkeit des Gusseisens (10—12 kg pro mm²) hat, erlangt er nach dem Schmieden oder Ziehen die Festigkeit der Phosphorbronze (27 kg), die derjenigen des Schmiedeeisens (35 kg) nahe kommt. Freilich nimmt mit der Erhöhung der Temperatur die Festigkeit sehr schnell ab; bei 400° beträgt sie nur noch 2,4 kg. Wie Messing und Kupfer lässt sich hartes und steifes Aluminium wieder weich machen, wenn es nach mässigem Erhitzen schnell abgekühlt wird. Seinem geringen Atomgewicht (27) entsprechend, hat es die hohe spezifische Wärme 0,225. Bei 700° schmilzt das Aluminium und ist dann so dünnflüssig, dass es beim Giessen die feinsten Konturen ausfüllt. Trotz der Schmelzhitze ist es an der Luft, ja selbst im Sauerstoffstrom, beständig. Erst bei hoher Rotglut verbindet es sich mit dem Sauerstoff, und zwar unter intensiver Lichterscheinung, wenn es in Folienform erhitzt wird; auch vermag es bei dieser Temperatur den Oxyden des Kupfers und Eisens den Sauerstoff zu entziehen. Vom Wasser wird kompaktes Aluminium weder bei gewöhnlicher Temperatur noch in der Siedhitze angegriffen. Auch gegen Säuren ist es in gewissem Grade widerstandsfähig. Salpetersäure löst es gar nicht, verdünnte Schwefelsäure nur langsam, denn erst nach mehreren Tagen überzieht es sich mit einer Schicht von

basischem Aluminiumsulfat. In starkem Essig gehen selbst nach Wochen nur Spuren von Aluminium in Lösung. Dagegen wird es von Salzsäure leicht gelöst, und auch Kochsalzlösung greift es merklich an. Entsprechend der Löslichkeit des Natriumaluminats wird es von den Alkalibasen unter Wasserstoffentwicklung, selbst in der Kälte, gelöst. Keinesfalls aber sind die Produkte der Lösung der Gesundheit schädlich. — Endlich sei noch hervorgehoben, dass geschickte Arbeiter es verstehen, Aluminium zu löten.

Das Aluminium vereinigt also in gewissem Grade die Beständigkeit der Edelmetalle mit der Festigkeit und Bearbeitbarkeit des Eisens und Kupfers, übertrifft aber diese Metalle durch seine geringe Schwere. Es ist daher zu den verschiedensten Zwecken verwendbar, je nachdem die eine oder andere seiner Eigenschaften in Betracht kommt. So werden aus Aluminium gewisse Küchengeschirre und Tischgeräte fabriziert, die besonders Reisenden empfohlen werden. Ferner wird es vielfach zur Anfertigung optischer, chirurgischer und akustischer Instrumente, sowie namentlich kunstgewerblicher Gegenstände benutzt. Auch bei der Ausrüstung der Truppen wird es künftig eine Rolle spielen. Dagegen wird man in der Konstruktionsbranche statt des Eisens nur dann vom Aluminium Gebrauch machen, wenn es, wie bei der Herstellung der Luftballons und kleinerer Fahrzeuge, weniger auf den Preis als auf die Leichtigkeit ankommt.

Aber den wesentlichsten Absatz findet das Aluminium zur Raffinierung der Metalle, namentlich des Kupfers und Eisens, sowie zu verschiedenen Legierungen. Während des Schmelzens nimmt das Kupfer grosse Mengen Sauerstoff aus der Luft auf, die teils in Form von Kupferoxydul im Gussstück zurückbleiben, teils beim Erstarren des Metalls entweichen und dann mehr oder weniger grosse Blasenräume bilden. Dadurch wird nun die Festigkeit des Kupfers sehr beeinträchtigt. Kleine Mengen Aluminium indessen (0,1 bis 5 Tausendstel), die vor dem Giessen dem Kupfer nach und nach unter Umrühren zugesetzt werden, binden den Sauerstoff völlig und eignen sich zur Kupferraffinierung besser als Phosphor oder Silicium. — Noch wichtiger ist das Reduktionsvermögen des Aluminiums für die Eisenindustrie. Durch Hinzufügen von Aluminium oder Ferroaluminium zum geschmolzenen Stahl stellt man den Bombaystahl dar, der abgesehen von seiner höheren Festigkeit noch den Vorteil der gleichmässigen Härte hat. Da ferner bei der Bildung des Aluminiumoxyds grosse Mengen Wärme frei werden, so bewirkt das Aluminium, wenn es dem eben schmelzenden Schmiedeeisen (1600°) zugesetzt wird, dass dasselbe infolge der plötzlichen Temperaturerhöhung dünnflüssig genug wird, um gegossen werden zu können (Mitiseisen).

Die Legierungen des Aluminiums mit dem Kupfer, die entweder direkt oder im Héroultofen hergestellt werden, heissen Aluminiumbroncen. Ihr Aluminiumgehalt wechselt zwischen 5 bis 10%. Bei 5% Aluminium ist die Farbe der Bronze der des Goldes täuschend ähnlich, und die Beständigkeit dieser Legierung an der Luft, im Seewasser und gegen chemische Reagentien ist grösser als bei jeder anderen Legierung des Kupfers mit unedlen Metallen. Dazu kommt die erstaunliche Festigkeit, welche proportional dem Aluminiumgehalt zwischen 40 und 65 kg pro mm² schwankt, also die des Gussstahls übertrifft, und noch dadurch sich besonders auszeichnet, dass sich mit ihr ein hoher Grad der Dehnung verbindet, in Folge deren die Aluminiumbroncen weit bruchsicherer sind als Gussstahl. Es ergibt sich daraus die grosse Bedeutung dieser Legierungen für das Kunstgewerbe und die Konstruktion von Maschinen, nur muss ihre Zusammensetzung dem jeweiligen Zweck angepasst werden.

Das Aluminium lässt sich noch mit vielen anderen Metallen, sowie auch schon fertigen Legierungen mischen, auf die es dann veredelnd einwirkt. Durch einen Zusatz von nur 2 bis 3% Aluminium zum Messing wird dasselbe derartig verbessert, dass es die Festigkeit des Gussstahls erreicht. Ein nickelhaltiges Aluminiummessing wird in jüngster Zeit in Form von 1 bis 2 mm dicken Blechen unter dem Namen Aluminiumsohlen als Schutzmittel der Stiefelsohlen und Absätze, denen sie anzuschrauben sind, in den Handel gebracht.

R. Lüpke.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Leitfaden der Physik für Studierende von Prof. Dr. E. Mach und Dr. G. Jaumann. Mit 431 Abbildungen IV. und 372 S. Prag, Wien und Leipzig. F. Tempsky und G. Freytag. 1891. 8^o. 4,40 M.

Auch dieses Buch hat seine Geschichte. (Vgl. *diese Zeitschr. IV 105 und V 217.*) Daher darf sich diese Besprechung auf die von Jaumann verfassten Abschnitte XI—XIV beschränken, die von dem elektrischen Stromzustand, der magnetischen Fernwirkung, den Induktionserscheinungen und den chemischen Vorgängen handeln. Die viele Einzelheiten in sehr knapper Form bietende Darstellung erscheint hier vorzugsweise für akademische Zuhörer bestimmt, die sich nur nebenbei mit Physik beschäftigen können oder müssen. Aber über diesen engen Kreis hinaus verdienen die Darlegungen Jaumanns die aufmerksamste Beachtung besonders der Lehrer der Physik.

Die Abschnitte über die elektrischen und magnetischen Erscheinungen sind ein eigenartiger und geistreicher Versuch, die neueren Anschauungen über diese Dinge in methodischer Weise zu entwickeln. Die jetzt im Unterricht übliche Behandlung der Lehre vom elektrischen Strom befriedigt viele Lehrer der Physik nicht mehr, und den Lesern dieser Zeitschrift ist bekannt, dass die Bemühungen, bessere Einführungen in den Galvanismus aufzufinden, immer zahlreicher werden. Jedem, der an diesen Bestrebungen Anteil nimmt, wird der Beitrag Jaumanns, der sich durch genaue Auffassung und Darstellung des Sachverhalts und scharfe Ausprägung der Vorstellungen und Begriffe auszeichnet, recht willkommen sein, auch wenn ihm die Ausdehnung des dargebotenen Stoffes und seine Anordnung nicht durchgehends zusagen mag. Voraussichtlich wird an anderer Stelle dieser Zeitschrift noch genauer darauf eingegangen werden.

Der die chemischen Vorgänge behandelnde Abschnitt entwirft auf 36 Seiten ein kleines, scharfes und klares Bild der geschichtlichen Entwicklung der Chemie. Vieles wird man daraus lernen, manches auch mit Vorteil im Unterricht verwerten können. *H. Hahn-Machenheimer, Berlin.*

Lehrbuch der Physik. Von K. Fuss und G. Hensold. Freiburg i. Br. bei Herder 1891. 458 S. M. 4,50, geb. M. 4,95.

Das Buch ist bestimmt „für den Unterricht an Lehrerbildungsanstalten und Mittelschulen“. Da die Verfasser bayerische Seminarlehrer sind und man in Bayern unter Mittelschulen die höheren Lehranstalten versteht, müssen wir in der Beurteilung den Maassstab anlegen, der bei Büchern für letztere Schulen bestimmend ist. Über die Brauchbarkeit des Buches an Lehrerbildungsanstalten wagen wir nicht zu urteilen, weil wir zu wenig Einblick in den Betrieb des Physikunterrichts auf denselben haben.

Die Physik im engeren Sinne wird etwa in dem Umfange und in der Behandlung geboten, wie sie auf den norddeutschen höheren Schulen gelehrt wird. Zur Einführung in Lehranstalten mit neunjährigem Kours ist das Buch aber ungeeignet, erstens weil die astronomische Geographie ganz fehlt, und zweitens weil die mathematische Behandlung zu wenig angewandt ist z. B. beim Stoss, beim Wurf, bei der Lichtbrechung durch Linsen und beim Regenbogen. Man könnte es auch als ein Hindernis für die Einführung in norddeutsche Gymnasien betrachten, dass kein Abschnitt über Chemie vorhanden ist. Aber da es unter den vielen physikalischen Lehrbüchern nur wenige giebt, in denen der Abschnitt über Chemie einen zweckmässigen Anhalt für den Unterricht in der Gymnasialsekunda bietet und deshalb die Ergänzung der eingeführten Physikbücher durch kleine chemische Leitfäden meist unvermeidlich ist (z. B. den von Arendt), so legen wir auf das Fehlen dieses Abschnitts kein Gewicht. Als Mangel heben wir hervor, dass die Meteorologie zu unvollständig behandelt ist; z. B. fehlen die Karten der Isothermen des Januar und des Juli und die Wetterkarten von zwei auf einander folgenden Tagen.

Vorzüge hat das Buch nicht wenige; zu den negativen rechnen wir die zweckmässige Beschränkung z. B. in der Optik durch den Ausschluss der Polarisation, Interferenz und Doppelbrechung. Wichtiger sind natürlich die zahlreichen positiven Vorzüge, z. B. die vielen Übungsaufgaben und die eingehende Berücksichtigung des Geschichtlichen nicht nur im Text, sondern auch am Schluss des Buches durch „Mitteilungen aus der Geschichte der Physik“ und durch ein „Autorenregister“. — Die in zweckmässiger Weise ausgeführte und durch den Druck stark hervorgehobene Gliederung des Stoffes in viele Abteilungen und Unterabteilungen macht, wie die Verfasser im Vorwort mit Recht hervorheben, dem Schüler das weite Gebiet übersichtlicher und dadurch verständlicher. — Die 331 Zeichnungen sind sauber und instruktiv. Bei einzelnen Zeichnungen bedauern wir, dass sie nicht auch in dem von uns gebrauchten Lehrbuch (Jochmann) stehen. — Einen Vorzug bildet auch die „Schlussbetrachtung“ über „die Einheit in der Mannigfaltigkeit der Naturkräfte“ (z. B. Erhaltung der Energie). Diese bedeutungsvollen Betrachtungen machen

auf den Schüler sicherlich einen tieferen und nachhaltigeren Eindruck, wenn sie so den Abschluss seines Lehrbuches bilden, als wenn sie nur gelegentlich in den übrigen Physikunterricht eingefügt werden. — Wir empfehlen daher das Buch warm für höhere Lehranstalten mit sechsjährigem Kursus.

A. Richter, Wandsbek.

Kurzes Lehrbuch der Chemie. I. Anorganische Chemie. Mit zahlreichen Holzschnitten und 1 Spektraltafel. Von Dr. T. Krafft, Professor in Heidelberg. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1891. 488 S.

Das Buch ist nicht für Schulen bestimmt, sondern verfolgt weitere Ziele. Das Charakteristische ist die Anordnung des Stoffes, die sich dem natürlichen System der chemischen Elemente anschliesst. Ausserdem sind vor allem die physikalischen Lehren und Gesetze, welche zur Begründung der chemischen Beziehungen erforderlich sind, kurz dargelegt. (Mariottes Gesetz, kritische Temperatur, kritischer Druck, physikalische Eigenschaften des Wassers, Dissociation, Elektrolyse, osmotischer Druck, Lösung). Es ist daher für diejenigen, welche mit der einschlagenden Originalliteratur oder grösseren Handbüchern, die diese Stoffe behandeln, sich nicht haben beschäftigen können, ein trefflicher Weg geboten, um sich einen Überblick über dieselben zu verschaffen. Dem natürlichen System ist an geeigneter Stelle ein besonderer Abschnitt gewidmet, der wie auch die physikalischen Abschnitte sich in zweckmässiger Weise an die schon erörterten Elemente und chemischen Verhältnisse anschliesst. Die Idee des Verfassers, die ganze Darstellung nach dem System anzuordnen, ist ohne dass den theoretischen Erörterungen zu breiter Raum gegeben ist, recht gut durchgeführt. Dabei ist die technische Seite nicht ausser Acht gelassen, wenngleich hierbei für den Lehrer, der gerade die technische Seite der Chemie mit berücksichtigen muss, vielleicht etwas grössere Ausführlichkeit gewünscht werden könnte. Dagegen könnte der kristallographische Teil ohne Nachteil für das Ganze eine Kürzung erfahren, zumal da das Lehrbuch den Anspruch nicht erhebt, die Mineralogie eingehender zu berücksichtigen. Die Experimente sind nur kurz beschrieben, und die Schulexperimente finden dem Plan des Buches gemäss nur geringe Berücksichtigung; wie überhaupt neue originelle Experimente darin nicht enthalten sind. Die Auseinandersetzung der Grundbegriffe ist sehr knapp gehalten, den Ausgangspunkt bilden die Gewichtsverhältnisse und der Sauerstoff. Bei dem ausserordentlich reichhaltigen Stoffe sind auch die neueren Entdeckungen, soweit sie für Wissenschaft oder Technik grössere Bedeutung haben, ausreichend berücksichtigt [$Ni(CO)$, Kohlenoxydnickel, Azoimid N_3H ; Hydrazin NH_2NH_2 ; HNO ; H_2SO_2 etc]. — Die Berücksichtigung der historischen Entwicklung kann ebenfalls als besonderer Vorzug hervorgehoben werden.

B. Schwalbe, Berlin.

Lehrbuch der analytischen Chemie. Von Karl Buchka. Erster Teil: Qualitative Analyse. (Mit 5 Abbildungen und 1 Spektraltafel.) Leipzig u. Wien, Franz Deuticke. 1891. 262 S.

Das Buch soll hauptsächlich dazu dienen, die häusliche Arbeit des Lernenden zu unterstützen und ihm das Durcharbeiten des im Laboratorium ausgeführten zu erleichtern. Es ist dies um so mehr erforderlich, als bei der oft grossen Zahl von Laboranten eine fortlaufende Besprechung mit dem Lehrenden kaum durchführbar ist; andererseits sind auch oft die Vorkenntnisse so wenig umfassend und sicher, dass ein solches Hilfsmittel wie das vorliegende notwendig ist. Denn die Analyse wird leicht rein mechanisch gehandhabt, wenn sich der Studierende nicht fortwährend Aufschluss über alle Beobachtungen und über das „weshalb und wie“ geben kann, Aufschlüsse, die er, abgesehen von der mündlichen Unterweisung, viel leichter durch ein besonderes Buch erhält als durch ein grösseres Werk der Experimentalchemie, das analytisch zu benutzen er noch nicht imstande ist.

Das Werk zerfällt in zwei Teile, im ersten Teile werden die Elemente und ihre Verbindungen und die wichtigsten Reaktionen derselben besprochen, nachdem in der Einleitung kurz die Bedeutung der chemischen Analyse und ihre Geschichte dargelegt ist. Wie gewöhnlich bilden den Ausgangspunkt die Metalle, dann sind die Metalloide angeschlossen. Die Reaktionen sind überall auch durch Gleichungen dargestellt. — Der zweite Abschnitt umfasst den systematischen Gang der Analyse. Bei diesem sind nicht alle, sondern nur die zweckmässigsten und wichtigsten Methoden der Trennung und Erkennung besprochen. Überall wird besonderes Gewicht auf die allgemeinen Gesichtspunkte gelegt. Am Schluss finden sich Tabellen, die als Anleitungstabellen zur Analyse verwertet werden können.

Eine Übersicht über die Löslichkeit der Verbindungen in tabellarischer Anordnung wäre erwünscht gewesen; eine solche erleichtert das Behalten der einzelnen auf diesen Eigenschaften der Körper beruhenden Trennungen in hohem Grade; auch wäre vielleicht eine Zusammenstellung der Hauptreagentien und ihrer Eigenschaften willkommen gewesen, wobei auch auf etwaige Ver-

unreinigungen hätte hingewiesen werden können. Besonderes Gewicht wird mit Recht auf die Vorproben (Lötrohrversuche u. s. w.) gelegt, die in vielen Fällen das Auffinden der Stoffe ausserordentlich erleichtern. Die Darstellung ist überall klar und scharf, das Buch ist durchaus empfehlenswert und auch für den Chemielehrer an Realanstalten beider Kategorien wohl verwendbar.

B. Schwalbe, Berlin.

Repetitorium der Chemie. Mit besonderer Berücksichtigung der für die Medizin wichtigen Verbindungen sowie des Arzneibuches für das Deutsche Reich namentlich zum Gebrauche für Mediziner und Pharmaceuten. Von Carl Arnold. 4. Auflage. Hamburg und Leipzig. Leopold Voss. 1891.

Das vorliegende Buch, dessen einzelne Auflagen einander rasch gefolgt sind — die erste erschien im Jahre 1884 — zeichnet sich durch die Reichhaltigkeit seines Inhaltes aus, welcher viel mehr bietet, als gewöhnlich im Examen von Medizinern und Pharmaceuten an chemischen Kenntnissen verlangt wird. In der ersten Abteilung sind die wichtigsten Ergebnisse der allgemeinen Chemie, soweit sie zur Bestimmung der Atom- und Molekulargewichte und zum Verständnis der Strukturformeln erforderlich sind, zusammengestellt. Sie enthält ferner einen (allerdings sehr kurzen) Abriss der Krystallographie und die Einteilung der Elemente nach dem natürlichen System nebst der Charakterisierung der Gesetzmässigkeiten innerhalb der einzelnen Gruppen (Druckfehler $Ca = 49$ statt $Ca = 40$). Die zweite Abteilung behandelt die anorganische Chemie. Der Einteilung ist zwar das natürliche System zu Grunde gelegt, indes werden die in den einzelnen Gruppen enthaltenen Nichtmetalle gesondert von den Metallen betrachtet. Die dritte umfangreichste Abteilung enthält die Kohlenstoffverbindungen. Der speziellen Betrachtung derselben gehen allgemeine Erörterungen über Substitution, Isomerie, Elementaranalyse, Dampfdichtebestimmung, Ermittlung der Molekular- und Constitutionsformel, Umwandlungen und Zersetzungen der Kohlenstoffverbindungen, sowie ein zwar knapp gehaltener aber ausserordentlich klar geschriebener Abriss über die Stereochemie voran. Überhaupt sind Knappheit und Übersichtlichkeit der Darstellung grosse Vorzüge des Buches, welche dasselbe im Verein mit der Fülle des dargebotenen Stoffes zu einem sehr brauchbaren Nachschlagebuch machen. Dass die neuesten Forschungsergebnisse, wie Zuckersynthese, Constitution der Terpene, Stickstoffwasserstoffsäure u. s. w. berücksichtigt worden sind, bedarf kaum der Erwähnung. Die Nitrosulfonsäure ist S. 115 als Nitroverbindung, S. 86 als Nitrosylverbindung aufgefasst; die Reduktion des Borax durch Magnesiumpulver zu amorphem Bor, welche von Gattermann angegeben worden ist, ist nach den Untersuchungen von C. Winkler nicht zutreffend.

Bgr.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. No. 26. Über die Constitution der organischen Säuren, von Justus Liebig, herausgegeben von Hermann Kopp. 86 S. M. 1,40. — No. 27. Untersuchungen über die Kakodylreihe, von Robert Bunsen, herausgegeben von A. v. Baeyer. Mit 3 Figuren. 148 S. M. 1,80. — No. 28. Über die Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen, von L. Pasteur. Übersetzt und herausgegeben von M. und A. Ladenburg. 36 S. M. 0,60. — No. 29. Über das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet, von L. Wilhelmy, herausgegeben von W. Ostwald. 47 S. M. 0,80. — No. 30. Abriss eines Lehrganges der theoretischen Chemie, von S. Cannizzaro, übersetzt von Dr. A. Miolati, herausgegeben von Lothar Mayer. 61 S. M. 1,—.

Die Abhandlung von Liebig (No. 26) ist für die Entwicklung der neueren Chemie dadurch epochemachend geworden, dass durch sie die Auffassung von den Säuren als wasserstoffhaltigen Verbindungen, in denen der Wasserstoff durch ein Metall vertreten werden kann, zu allgemeiner Geltung gebracht worden ist; die von Liebig aufgestellte Unterscheidung verschiedenbasischer Säuren, besonders auf das Studium der Cyanursäure, Meconsäure und Citronensäure gegründet, hat sich dauernd erhalten. — Die Abhandlung Bunsens (No. 27) gilt seit lange als klassisches Muster einer chemischen Experimentaluntersuchung. — No. 28 behandelt die merkwürdigen Beziehungen der Hemiedrie zum molekularen Drehungsvermögen. — L. Wilhelmys Abhandlung bildet den ersten gelungenen Versuch, in die Gesetze einzudringen, nach denen chemische Vorgänge in der Zeit ablaufen. Der Abhandlung sind Notizen über den Lebenslauf Wilhelmys aus der Feder seines langjährigen Freundes G. Quincke beigefügt. — Die Schrift von Cannizzaro, zuerst 1858 erschienen und aus Vorträgen an der Universität Genua hervorgegangen, hat wesentlich dazu beigetragen, der neueren auf Avogadros Hypothese begründeten Theorie der Atomgewichte zur Anerkennung zu verhelfen.

P.

Programm - Abhandlungen.

Geschichte der Gesetze von der Erhaltung der Materie und Energie. Von Joseph Peveling. Realschule mit Fachklassen zu Aachen. 1891. *Pr. Nr. 465.*

Nach einleitenden Betrachtungen über das Verhältnis von Philosophie und Naturforschung stellt der Verfasser die Entwicklung der Einsicht in die Unveränderlichkeit der Quantität der Materie, hauptsächlich an der Hand von Kopp's Geschichte der Chemie dar. Der Anteil John Mayow's an der Theorie der Verbrennung ist nicht erwähnt. Auf die Werke Lavoisiers wird mehrfach Bezug genommen. Bei der Darlegung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie wird bis auf Galilei zurückgegangen, auch hier aber die Entdeckung der Fallgesetze irrtümlich mit vermeintlichen Annahmen über die Summation von Kraftimpulsen in Verbindung gebracht. (Vgl. *diese Zeitschr. V 156, 220*). Der Anteil, den R. Mayer, Joule und v. Helmholtz an der Entdeckung des Energiegesetzes haben, wird eingehender auseinandergesetzt und das Verdienst eines Jeden so abgegrenzt: Mayer habe auf vorwiegend deduktivem Wege die Idee des Gesetzes gefunden und ausgebildet, Joule habe empirisch vorgehend der Mayer'schen Hypothese die feste Grundlage des Experiments geschaffen, und Helmholtz endlich habe durch das physikomathematische Verfahren die Anwendung und Gültigkeit des Gesetzes für alle bis dahin bekannten Thatsachen bewiesen. Die an das Webersche Gesetz angeknüpften Controversen und die Erweiterungen des Gesetzes durch Clausius bilden den Schluss der Abhandlung. Dass die Analogie zwischen den beiden behandelten Gesetzen auf die Möglichkeit hinweist, den Dualismus von Materie und Kraft zu beseitigen, erscheint mindestens fraglich; auch kann der Versuch eines Beweises, den der Verfasser selbst (S. 17) in dieser Richtung andeutet, nicht als zureichend gelten. *P.*

Robert Boyle. Ein christlicher Natur- und Schriftforscher. Von Prof. Dr. K. Fischer. Kgl. Gymnasium zu Dillenburg. *Pr. 1891. No. 376. 77 S. 80.*

Die Schrift entwickelt ein Lebensbild Boyles mit besonderer Rücksicht auf die religiöse Seite seiner Persönlichkeit und entkräftet namentlich den Vorwurf der Strenge und Unduldsamkeit, der gegen ihn mehrfach laut geworden ist. Seine Verdienste um Chemie und Physik werden im Anschlusse an Kopp, Poggendorff und Rosenberger mehr angedeutet als besprochen. Da die Prioritätsfrage bezüglich der Luftpumpe erörtert wird, so hätte angegeben werden sollen, dass Boyle im Vorwort zu den *Nova experimenta physico-mechanica* Caspar Schott's Buch ausdrücklich als die Quelle bezeichnet, durch die er mit der Erfindung Otto von Guericke's bekannt geworden ist. Über die Persönlichkeit Boyles findet man in der Abhandlung viele charakteristische und lebenswürdige Züge zusammengestellt. *P.*

Die Versteinerungs- und Vererzungsmittel. Von Ernst Fischer. V. Städt. höhere Bürgerschule zu Berlin. *Pr. No. 112, 1891.*

Die Abhandlung bringt auf Grund der neueren und neuesten Forschungen eine Übersicht über die Substanzen, die bei den ausschliesslich auf nassem Wege vor sich gegangenen Versteinerungsprozessen eine Rolle gespielt haben und erörtert die chemischen Vorgänge, die dabei stattgehabt haben mögen. Behandelt werden von Carbonaten: Kohlensaurer Kalk, Eisenspat, Braunschat, Strontianit, Zinkspat, Malachit, Weissbleierz; von Sulfaten: Gips, Schwerspat, Cölestin; von Silikaten: Talk, Chlorit; von Fluoriden: Flussspat; von Phosphaten: Phosphorit und phosphorsaures Eisen; von Oxyhydraten und Oxyden: Brauneisenstein, Roteisenstein, Pyrolusit, Kieselsäure; von Sulfiden: Eisenkies, Bleiglanz, Blende, Kupferglanz, Zinnober; von Elementen: Schwefel, Silber. *P.*

Beiträge zur Geschichte des chemischen Unterrichts an der Universität Giessen. Von Direktor G. Wehrich, Grossh. Realgymnasium und Realschule zu Giessen. *Progr. 1891.*

Nach den Universitätsakten wird ein sehr lebendiges Bild davon gegeben, wie sich der chemische Universitätsunterricht in Giessen seit 1777 aus sehr kümmerlichen Verhältnissen entwickelt hat. Die Vorgänger Liebig's, Baumer und Zimmermann, werden genauer charakterisiert, die rapide Entwicklung seit dem Eintritt Liebig's geschildert und einzelne Irrtümer berichtigt, die sich in mehreren biographischen Darstellungen seines Lebens finden. Namentlich wird nachgewiesen, dass von einem nicht günstigen Verhalten der Kollegen Liebig's nicht gesprochen werden darf, dass vielmehr von Seiten der Universität wie der Regierung seiner Thätigkeit die wohlwollendste Förderung zuteil geworden ist, und dass sich die vorgekommenen Hemmungen aus der Natur der Sache selbst wie aus dem lebhaften Temperament Liebig's völlig erklären. Zahlreiche interessante Aufschlüsse machen die kleine Schrift zu einer wertvollen Quelle für die Geschichte der Chemie wie für die Geschichte des Universitätswesens. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 8. Januar 1892. Herr Kurlbaum berichtete nach gemeinschaftlich mit Herrn O. Lummer angestellten Versuchen über die Herstellung eines Flächenbolometers. Er hob hervor, dass das älteste Bolometer 30 Jahre vor LANGLEY von SVANBERG hergestellt worden sei, der es 1851 in Pogg. Ann. beschrieben habe; er bediente sich einer Kupferspirale. Die Schwierigkeit, bei neueren Bolometern die Nulllage constant zu halten, sei auf Ungleichheiten in den Widerständen zurückzuführen. Um diesen Übelstand zu heben, wurden sehr dünne Platinbleche benutzt, die, ähnlich wie die Wollastonschen Drähte, durch Zusammenwalzen mit Silber und nachheriges Auflösen des letzteren bis zu einer Dicke von nur $\frac{1}{1200}$ mm erhalten werden konnten. Sie wurden dann mit der Teilmaschine in Streifen geschnitten, die abwechselnd mit den Enden zusammenhängend gelassen wurden, so dass ein mäanderförmiges Band aus 12 Streifen von je 1 mm Breite und 32 mm Länge entstand, dessen Widerstand 58 Ohm betrug. Die Empfindlichkeit dieses Flächenbolometers gegen strahlende Wärme war sehr beträchtlich. — Herr Pringsheim sprach über die Lichtemission elementarer Gase. Frühere Versuche mit Na-Dampf hatten den Vortragenden zu der Frage geführt, ob die Lichtemission der Natriumflammen von chemischer oder bloss von theoretischer Energie herrühre. In einem beiderseits durch Glasplatten verschlossenen Porzellanrohr verdampfte er Natriumsalze und fand, dass diese erst bei Gegenwart von Wasserstoff oder Leuchtgas in Folge von Reduktion die spektrale Natriumreaktion zeigten; er schliesst, dass auch in der Bunsenflamme eine Reduktion des verwendeten Natriumsalzes stattfindet. Versuche mit Eisen und Kohle zeigten, dass auch diese in dem Porzellanrohr die Reduktionswirkung ausübten. Aus weiteren Versuchen, bei denen das in einem Nickellöffel befindliche Natriumsalz mittelst eines Elektromagneten aus dem glühenden Teil der Röhre entfernt wird, glaubt der Vortragende schliessen zu müssen, dass solche chemischen Prozesse den wesentlichsten Anteil an der Lichtemission verdampfter Natriumsalze haben.

Sitzung am 29. Januar 1892. Herr E. Lampe widmete dem Gedächtnis des am 29. Dezember 1891 verstorbenen Mitgliedes Prof. L. KRONECKER einen Nachruf, Herr Budde ehrte das Andenken des am 2. Januar 1892 verstorbenen Königlichen Astronomen für England, GEORG BIDDELL AIRY. — Herr A. König sprach auf Grund von gemeinsam mit Herrn R. Ritter ausgeführten Versuchen über den Helligkeitswert der Spektralfarben bei verschiedener Intensität. Die Versuche knüpfen an das PURKINJESCHE Phänomen an, dass die relative Helligkeit von verschieden gefärbten Pigmenten durch eine Änderung in der Intensität ihrer Beleuchtung in verschiedener Weise beeinflusst wird. So ist in der Dämmerung Blau heller als Rot, wenn für mittlere Helligkeit beide Farben gleich hell zu sein scheinen. Nachdem H. v. HELMHOLTZ gezeigt, dass die Erscheinung auch bei Spektralfarben auftritt, hat E. BRODHUN gefunden, dass das Phänomen nur bis zu einer bestimmten oberen Grenze der Helligkeit zu beobachten ist, und dass von da ab alle Farben ihre relative Helligkeit in gleichem Maasse ändern, wenn ihre objektive Helligkeit um denselben Betrag erhöht wird. Der Vortragende hat nun mit Herrn R. Ritter Kurven der Helligkeitsverteilung im Spektrum bei sehr verschiedener Helligkeit hergestellt und die jedesmalige Helligkeit zu bestimmen gesucht. Dabei ergab sich, dass die Kurve der Helligkeitswerte für die niedrigste Stufe der Helligkeit für alle Beobachter (Trichromaten, Grün- und Rotblinde) fast genau dieselbe Gestalt hat und dass ihr Maximum bei ungefähr 535 $\mu\mu$ liegt. Mit steigender Helligkeit wandert das Maximum bei Trichromaten wie bei Grünblinden erst langsam, dann schneller und endlich wieder sehr langsam; das Maximum lag auf der höchsten benutzten Helligkeitsstufe ungefähr bei 610 $\mu\mu$. Auch bei Rotblinden wandert das Maximum mit steigender Helligkeitsstufe nach dem langwelligen Ende des Spektrums hin, bleibt aber bei der Wellenlänge 570 $\mu\mu$ stehen.

Sitzung am 12. Februar 1892. Herr S. Kalischer sprach über Theorie und Berechnung der Stromverzweigung in linearen Leitern. Er wies darauf hin, dass kompliziertere Probleme der Stromverzweigung sich leichter als durch die Kirchhoffschen Gesetze durch das bereits 1853 von Herrn von Helmholtz bewiesene, aber in Vergessenheit geratene Prinzip der Superposition elektrischer Ströme lösen lassen, das folgendermaassen lautet: „Wenn in einem beliebigen System von Leitern elektromotorische Kräfte an verschiedenen Stellen vorkommen, so ist die elektrische Spannung in jedem Punkte des durchströmten Systems gleich der algebraischen Summe derjenigen Spannungen, welche jede einzelne der elektromotorischen Kräfte unabhängig von den anderen hervorbringen würde. Und ebenso sind die mit drei rechtwinkligen Axen parallelen Componenten

der Stromintensität gleich der Summe der entsprechenden Componenten, welche den einzelnen Kräften zugehören.“ Im Falle eines linearen Leitersystems gilt das Prinzip unmittelbar für die Stromintensitäten. (Vgl. *Elektrot. Zeitschr.* 1892, No. 17.) — Herr E. Budde trug vor über integrierende Divisoren und Temperatur. Wenn dQ die Wärmemenge ist, die bei einem unendlich kleinen umkehrbaren Schritt eines thermodynamischen Processes bei der Temperatur ϑ verbraucht wird, so ist dQ/ϑ ein vollständiges Differential. Auf diesen Satz gründet sich die in der Thermodynamik gebräuchliche Definition der Temperatur als des integrierenden Divisors des Wärmedifferentials. Da indess ein Differentialausdruck unendlich viele solche Divisoren hat, so bedarf die obige Definition noch einer näheren Bestimmung. Der Vortragende zeigte, wie man dies unter Zuhilfenahme einer beliebigen empirischen Temperaturskala erreichen kann, sofern diese nur so beschaffen ist, dass die Skalenhöhe bei fortwährender Wärmezufuhr fortwährend wächst. Man kann beweisen, dass es nur einen integrierenden Divisor giebt, der eine blosse Funktion der thermometrischen Skalenhöhe ist. Bezeichnet man diesen Divisor als Temperatur, so hat man eine völlig bestimmte Definition dieses Begriffs. (Vgl. *Wied. Ann.* 1892, No. 4.)

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 8. Februar 1892. Herr P. Szymański sprach über die beste Schaltung galvanischer Elemente. Bezeichnet n die Anzahl der Elemente, v das Verhältnis des inneren zum äusseren Widerstande, p die Zahl der Elemente in einer Gruppe, q die Zahl der hintereinander geschalteten Gruppen, so ergibt sich aus dem Ohmschen Gesetz für die günstigste Schaltung die Bedingung $p = \sqrt{nv}$. Der Vortragende zeigte an Beispielen, dass wenn p irrational wird, für p nicht immer diejenige ganze Zahl zu wählen ist, die dem berechneten Wert am nächsten liegt (z. B. für $n = 12$, $v = 1,02$; $n = 12$, $v = 0,97$), und entwickelte die allgemeine Bedingungs-gleichung für das Eintreten dieses Falles. Im Anschluss hieran wurde bemerkt, dass die Entscheidung für den zu wählenden Nachbarwert nicht durch das arithmetische, sondern durch das geometrische Mittel bestimmt sei.

Sitzung am 22. Februar 1892. Herr R. Heyne gab eine Übersicht über Umfang und Verteilung des physikalischen Lehrstoffs für die U II des Realgymnasiums nach den neuen Lehrplänen. In der Diskussion wurde von allen Seiten anerkannt, dass die für den propädeutischen Unterricht am Realgymnasium wie auch am Gymnasium angesetzte Zeit nicht hinreiche, die Forderungen der Lehrpläne auf eine dem Gegenstande angemessene Weise zu erfüllen. — Herr M. Koppe sprach über die Einführung in das Verständnis der Influenzmaschine. Auf zwei durch Paraffinüberzug gut isolierend gemachte Gläser werden zwei oben offene Blechcylinder, die aussen elektrische Pendel tragen, aufgestellt. In den einen wird ein zur Hälfte mit Stanniol überzogener Glasstab mit der leitenden Hälfte voran eingesenkt. Nachdem man die Innenwand des Blechcylinders mit dem Stanniolüberzug berührt hat, berührt man das Stanniol des nunmehr frei innerhalb des Cylinders gehaltenen Stabes ableitend, führt diesen darauf in den zweiten Blechcylinder und verfährt dort ebenso, und so abwechselnd weiter. Die Cylinder zeigen bald eine ziemlich kräftige entgegengesetzte elektrische Ladung. Dieser Versuch führt zur Erklärung der Töplerschen und dann auch der Holtzschen Maschine.

Sitzung am 7. März 1891. Herr M. Koppe sprach über die verschiedenen Mittel, um durch den Entladungsstrom der Influenzmaschine ähnliche Wirkungen wie durch den galvanischen Strom hervorzurufen; ferner über die Verwendung der Zambonischen Säule zur Untersuchung des Widerstandes von Papierstreifen und zur Bestätigung des Ohmschen Gesetzes; endlich über die elementare Behandlung des Potentialbegriffs im Unterricht, wobei er den Arbeitsbegriff schon bald nach der empirischen Definition des Potentials heranzieht.

Der zweite naturwissenschaftliche Ferienkursus zu Berlin.

Der diesjährige Ferienkursus, dessen Programm bereits im IV. Heft (S. 223) angegeben wurde, hat vom 20. bis 30. April stattgefunden. Die Eröffnungsvorlesung am 20. April wurde von Sr. Excellenz dem Herrn Minister Dr. Bossé mit seiner Gegenwart beehrt. Die Zahl der einberufenen Teilnehmer betrug 36. Ausserdem hatte der Herr Minister den Berliner Fachlehrern die Teilnahme an einzelnen der Vorlesungen gestattet. An die Vorlesungen schlossen sich Besuche von Sammlungen und Instituten, unter denen sich diesmal infolge besonderen Entgegenkommens des Herrn Präsidenten v. HELMHOLTZ auch die physikalisch-technische Reichsanstalt befand.

Mitteilungen aus Werkstätten.

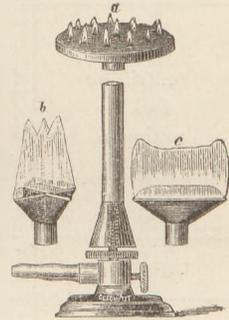
Neuer Universal-Gasbrenner nach Teclu.

Von Franz Hugershoff in Leipzig.

Der durch beistehende Figur veranschaulichte, von Prof. Dr. TECLU in Wien construierte Gasbrenner zeichnet sich durch eine ebenso sinnreiche wie praktische Konstruktion aus, bei welcher die Fehler anderer Brenner vollständig vermieden sind.

Die Brenneröhre hat am unteren Ende eine trichterförmige Erweiterung. In der Mitte befindet sich eine Schraubenmutter, die an der inneren Trichterwand befestigt und auf die vertikal gestellte hohle Schraubenspindel aufgeschraubt ist; aus dem oberen Ende dieser Röhre strömt das Gas in die Brenneröhre. Unter dem Trichterrande, auf der Schraubenspindel aufgeschraubt, befindet sich ferner eine auf- und abdrehbare kreisrunde Platte; die Schraubenspindel selbst, welche im Fusse des Brenners befestigt ist, hat am untern Ende zwei seitliche Öffnungen: durch die eine strömt das von der Gasleitung kommende Gas ein, durch die andere, der ersteren gerade gegenüberliegende Öffnung, geht eine verstellbare, horizontal liegende Schraubenspindel, durch deren Spitze der Gasfluss reguliert werden kann.

Tritt nun durch die Öffnung das Gas in die Röhre, aus dieser durch das Ende derselben in die Brenneröhre, so wird, falls das trichterförmige Ende des Brennerrohres durch die Platte verschlossen ist, das aus der Brenneröhre entsteigende Gas angezündet eine gelbleuchtende Flamme geben. Erhält diese Luftregulierungsplatte durch Hinabschrauben eine tiefere Stellung, dann strömt von allen Seiten Luft in das trichterförmige Ende des Brennerrohres, wodurch aus der gelbleuchtenden Flamme eine teilweise blauleuchtende, dann nur eine blauleuchtende entsteht, und durch die tiefste Stellung der Platte endlich werden die Flammengomponenten so weit von einander getrennt, dass die innere Flamme als eine lebhaft grüngefärbte, knapp über der Mündung des Brennerrohres stehend, erscheint; durch die Drehung der Luftregulierungsplatte werden somit die Flammengomponenten innerhalb der Flammehöhe beliebig einander genähert oder von einander entfernt, wodurch niedrige oder höhere Heizeffekte erzielt werden können.



Je nach der Einstellung der Luftregulierungsplatte gleicht die Flamme der des Bunsenschen Brenners oder nimmt den Charakter einer Gebläseflamme an.

Setzt man auf die Brennerrohrmündung einen Schlitzaufsatz, dessen Mündung ein Spalt von 2 mm Breite und 55 mm Länge ist, so erhält man eine Flamme, in welcher bei tiefster Stellung der Luftregulierungsplatte ein an einem dünnen Eisendrahte horizontal aufgehängter Kupferdraht von 6 cm Länge und 5 mm Querschnitt nach einer Minute zu schmelzen beginnt. Kaliglasröhren (bis 18 mm äusserer Durchmesser bei 2 mm Wandstärke) lassen sich mit dem kleineren der angefertigten Brenner leicht und schnell biegen.

Der Universal-Gasbrenner wird in zwei Grössen angefertigt, und zwar mit einem Brennerrohr von 145 mm (bezw. 100 mm) Länge und 16 mm (bezw. 10 mm) lichter Weite.

Zu diesen Brennern eignen sich folgende in den Nebenfiguren dargestellte Aufsätze: a) der viel benützte Pilzbrenner-Aufsatz von 120 bzw. 70 mm Durchmesser, durch den eine gleichmässige Verteilung der Wärme bei Abdampfungen etc. erzielt wird; b) ein Kreuz-Schlitzaufsatz, von 85 bzw. 50 mm Durchmesser, dient zum Kochen in Bechergläsern, Kochflaschen etc. und giebt auf einem kleineren Raum gleichmässige grössere Hitze; c) ein Schlitzaufsatz, welcher zum Erhitzen von Röhren behufs Biegens oder Ausziehens derselben äusserst vorteilhaft ist.

Der TECLU-Brenner bewährt sich auch bei 2- bis 4strahligen Lampen ausgezeichnet, sowie bei Röhrenbrennern von 2 bis 8 und mehr für Verbrennungsöfen. Ein weiterer grosser Vorteil des TECLU-Brenners beruht auf der Einfachheit der Konstruktion, wodurch Reparaturen gänzlich ausgeschlossen sind, wie auch eine Reinigung von Jedem leicht vorzunehmen ist.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1892.

Constellationen. Juli: 9 8^h ♀ untere ♂ ☉, wird Morgenstern; 11 18^h ♂♂ ☉; 15 5^h ♀ ☉; 16 12^h ♀ ☉; 21 23^h ♀♂ ☉; 22 Mittags ☉ im Löwen; 23 7^h ♀ im Aphiel; 24 12^h ♀ im Perihel; 25 13^h ♀♂ ☉; 27 18^h ♀♂ ☉; 29 1^h ♀ grösste östl. Elongation. — August: 1 0^h ♀ im Aphiel; 3 19^h ♂♂ ☉; 7 17^h ♂♂ ☉; 12 20^h ♀♂ ☉; 18 5^h ♀ im grössten Glanz; 18 13^h ♀♂ ☉; 22 Nachmittags ☉ in der Jungfrau; 22 6^h ♀♂ ☉; 24 8^h ♀♂ ☉; 25 16^h ♀ untere ♂ ☉.

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

Monatstag	Juli						August						
	4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28	
Helio- centrische Längen.	165°	185	202	219	233	248	261	275	290	306	323	343	☉☽☿♃♄♅♆♇♈♉♊♋♌♍♎♏♐♑♒♓
	280	287	295	303	311	319	327	335	343	351	359	7	
	283	288	292	297	302	307	311	316	321	326	331	336	
	293	296	299	302	306	309	312	315	318	321	324	328	
	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15	15	16	
	180	181	181	181	181	181	181	182	182	182	182	182	
Geo- centrische Recta- scensionen.	216°	282	351	56	132	191	249	320	26	98	165	220	☉☽☿♃♄♅♆♇♈♉♊♋♌♍♎♏♐♑♒♓
	121	130	138	145	151	155	159	161	161	159	156	152	
	112	109	106	103	101	100	100	101	103	106	109	113	
	104	109	114	119	124	129	134	139	143	148	153	157	
	321	321	321	320	319	318	317	316	314	313	312	311	
	21	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	23	
	176	176	177	177	177	178	178	179	179	180	180	181	
Geo- centrische Dekli- nationen.	-14°	-27	-9	+21	+23	-2	-24	-21	+9	+27	+11	-16	☉☽☿♃♄♅♆♇♈♉♊♋♌♍♎♏♐♑♒♓
	+22	+20	+17	+15	+12	+9	+6	+5	+4	+4	+5	+8	
	+18	+18	+17	+17	+17	+17	+17	+17	+17	+17	+18	+18	
	+23	+22	+22	+21	+20	+19	+17	+16	+14	+13	+11	+9	
	-21	-21	-21	-22	-23	-23	-24	-24	-24	-24	-25	-24	
	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+8	
	+4	+4	+4	+4	+4	+3	+3	+3	+2	+2	+2		
Aufgang.	15 ^h 47 ^m	15.51	15.57	16.4	16.11	16.19	16.26	16.34	16.43	16.51	17.0	17.8	☉
	3 ^h 0 ^m	8.44	10.45	12.8	17.19	23.32	4.25	8.19	9.32	12.26	18.53	23.40*	☽
Untergang.	8 ^h 22 ^m	8.19	8.14	8.9	8.2	7.54	7.46	7.37	7.27	7.16	7.6	6.55	☉
	12 ^h 24 ^m	15.23	22.20	4.7	8.59	10.7	11.31	17.8	22.58*	5.43	7.53	8.48	☽
Zeitglg.	+1 ^m 11 ^s	+5.2	+5.39	+6.4	+6.16	+6.13	+5.55	+5.22	+4.34	3.33	2.20	0.56	☉

Beim Monde beziehen sich die mit * versehenen Angaben auf den vorhergehenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Juli	1 15 ^h	7 ^m	Erstes Viertel	Juli	31 8 ^h 39 ^m	Erstes Viertel
"	3 1		Mond in Erdferne	August	8 0 51	Vollmond
"	9 14	37	Vollmond	"	11 23	Mond in Erdnähe
"	16 14	41	Letztes Viertel	"	14 19 31	Letztes Viertel
"	17 15		Mond in Erdnähe	"	21 23 53	Neumond
"	23 12	24	Neumond	"	27 14	Mond in Erdferne
"	30 19		Mond in Erdferne	"	30 2 23	Erstes Viertel.

Ziemlich viele **Meteore** sind zu erwarten im Juli 6-8, 10-12, 14, 16, 26-31; Aug. 29 bis 30; sehr viele Aug. 5-14, besonders 8-12, soweit das Mondlicht den Eindruck nicht verdirbt. (Anfragen und Nachrichten über planmässiges Beobachten der Perseiden wolle man an die Königliche Sternwarte, Berlin SW. 48, Enckeplatz 3a richten.)

Veränderliche Sterne. Die Mitternachtsdämmerung erlischt für Berlin am 26. Juli. (Für nördliche und südlichere Orte etwas später bzw. früher.) Die Beobachtung der Veränderlichen ist daher auch jetzt noch erschwert. Minima von Algol treten ein Juli 17 13^h 1/2^h, Aug. 6 15^h, Aug. 9 12^h, Aug. 29 14^h. Von den regelmässig veränderlichen weissen Sternen beobachte man β *Lyrae*, η *Aquilae*, δ *Cephei*; von den schwach und unregelmässig veränderlichen Sternen μ *Cephei*, α *Cassiopeiae*, β *Pegasi*, α *Herculis*, ε *Aurigae*.

Das **Zodiakallicht** ist an den mondfreien Morgen, im Juli zwischen 14 und 15, im August zwischen 15 und 16^h am östlichen Himmel aufzufinden.

Die **Milchstrasse** in der Gegend der Sternbilder *Aquila*, *Scutum*, *Serpens*, *Sagittarius* bildet im Hochsommer ein interessantes Objekt für Beobachter, die mit guten Augen ausgerüstet sind, und freie, nicht durch künstliches Licht verdorbene Aussicht nach Süden haben. Durch eine sorgfältige Vergleichung der Konturen der einzelnen Helligkeitsabstufungen würde man vielleicht zur Hebung der Widersprüche beitragen können, die zwischen den vorzüglichen Darstellungen von *Heis*, *Houzeau* und *Boedlicker* bestehen. Zum Einzeichnen empfiehlt sich *Messer's Atlas*.

J. Plassmann, Warendorf.