

**Über die experimentellen Grundlagen des Ohmschen und Kirchhoffschen Gesetzes.**

Von

Dr. Karl Noack in Giessen.

Eine Reihe von Arbeiten, die in letzter Zeit über obigen Gegenstand veröffentlicht worden sind, haben mir den Wunsch geweckt, an dieser Stelle zu zeigen, wie man sich das für die Ableitung jener Gesetze erforderliche Zahlenmaterial in einfacher Weise, aber mit möglichster Zuverlässigkeit, verschaffen kann. Es liegt dagegen nicht in meiner Absicht, das ganze in methodischer Hinsicht zusammengehörige Gebiet zu behandeln oder eine lückenlose Darstellung des Lehrganges zu geben. Daher fehlt auch beispielsweise die Behandlung des Entladungsvorganges statischer Elektrizität, die meiner Ansicht nach voranzugehen hat, aber in experimenteller Beziehung nichts mit obigem Erscheinungsgebiet gemein hat. Auch möchte ich betonen, dass es in der Natur des Gegenstandes begründet ist, wenn das Dargebotene sachlich nichts Neues enthalten kann; es dürfte aber immerhin nützlich sein, die zweckmässigsten Anordnungen und Maasse für solche Versuche einmal übersichtlich zusammenzustellen und die Grenzen des für den Unterricht Erreichbaren zu illustrieren.

1. Das Galvanometer. Ich benutze für die zu beschreibenden Versuche das in dieser Zeitschrift (V 193) besprochene Schulgalvanometer mit Trommelablesung; es kommen drei Rollenpaare zur Verwendung, die als  $a$ ,  $b$ ,  $c$  unterschieden werden. Mit  $a$  sind zwei Rollen von 4 mm-Kupferdraht bezeichnet, die zusammen einen Widerstand von 0,0241 Ohm haben; der Reduktionsfaktor ist  $0,00003154 (e^2 + 100)^{1/2}$ , wenn  $e$ , wie im Folgenden immer, den gegenseitigen Rollenabstand bezeichnet. Für  $b$  sind nach den früheren Angaben  $w = 345$  Ohm und  $C = 0,0000002333 (e^2 + 103)^{1/2}$  (a. a. O. S. 194). Die Rollen  $c$  haben einen Gesamtwiderstand von 2,955 Ohm und den Reduktionsfaktor  $0,000002300 (e^2 + 100)^{1/2}$ . Das Instrument hat neben der Gradteilung auch Tangententeilung. Man hat gegen solche Galvanometer den Vorwurf erhoben, dass sie eine Messung der Stromstärke nur auf einer Unterrichtsstufe gestatteten, auf der die Theorie der Tangentenbussole bereits erläutert werden kann. Ich kann dieser sehr verbreiteten Ansicht nicht beipflichten, denn man kann sehr leicht die Richtigkeit, der an einem solchen Geräte vorhandenen Tangententeilung im Unterricht nachweisen, ohne mit einem Worte der Theorie Erwähnung zu thun. Zum Beweise gebe ich in nachstehender Tabelle 1 die Graduierungszahlen meines Galvanometers, die in der üblichen Weise erhalten wurden. Ein Noësches Thermoelement von 1,3 Volt war mit einem Widerstand von 1200 Ohm und dem Galvanometer von 345 Ohm (Rollen  $b$  in 21 cm gegenseitigem Abstand) zum Stromkreis geschlossen. Nachdem der Ausschlag gemessen war, wurde der Strom geöffnet und durch zwei in erster Hauptlage genäherte Magnete in symmetrischer Lage ein dem ersten gleicher Ausschlag erzeugt; hierauf wurde der

Strom abermals geschlossen, der neue, grössere Ausschlag beobachtet, der Strom geöffnet und durch Näherschieben der Magnete nunmehr dieser zweite Ausschlag herbeigeführt. Dieses Verfahren wurde zwölfmal d. h. bis zur Auswertung der

Tab. 1.  
Graduierung des Galvanometers.

	i.	Ausschlag.	Trig. Tang.	Zuwachse der Tangenten.
1	3,1	17° 15'	0,3062	
2	6,2	31° 36'	0,6152	0,3090
3	9,3	42° 55'	0,9298	0,3146
4	12,3	50° 47'	1,2254	0,2956
5	15,3	56° 44'	1,5243	0,2989
6	18,2	61° 17,5'	1,8254	0,3011
7	21,1	64° 41'	2,1139	0,2885
8	24,0	67° 22,5'	2,3994	0,2855
9	27,0	69° 40'	2,6985	0,2991
10	30,0	71° 34'	2,0004	0,3019
11	33,0	73° 1,5'	3,2760	0,2740
12	36,0	74° 22,5'	3,5757	0,2997

Skala in den zulässigen Grenzen wiederholt, dann der Strom commutiert und die entsprechende Versuchsreihe in den beiden anderen Quadranten ausgeführt.

Die beigegebene Zusammenstellung (Tab. 1) giebt nur die Mittel zusammengehöriger Ablesungen, aber neben den an der Tangententeilung abgelesenen Stromstärken (Zehnfache der trigonometrischen Tangenten) auch die Winkel und in der letzten Colonne die Zuwachse des Tangenten. Die Tafel zeigt eine durchaus befriedigende Uebereinstimmung der bei beliebiger Ablenkung der Nadel durch den gleichen Strom erzeugten Zuwachse der Tangenten. Die

Ablesungen an der Tangententeilung (unter i) können demnach ohne weiteres als Maass der Stromstärke angesehen werden.

2. Die Abhängigkeit der Stromstärke vom Widerstand des Stromkreises. Bei den folgenden Versuchen wurden die Galvanometerrollen *c* angewendet. Als Stromquelle dienten zwei parallel geschaltete Gölchersehe Thermosäulen von 1,42 Volt und 0,10 Ohm Widerstand, oder ein sehr grosses Daniell'sches Element von 42 cm Höhe und 18 cm Durchmesser; die Verbindungsdrähte bestanden aus 2,5 mm starken Kupferdrähten. Die einzuschaltenden Widerstände von je 200 Ohm sind aus Manganindraht hergestellt, der mit Enden von Kupferdraht verlötet und auf Holzleistchen von 25 cm Länge aufgewickelt ist; die breiten Seiten der Leistchen sind mit starkem weissem Papier zum Schutze überzogen und mit entsprechenden, weithin sichtbaren Aufschriften (einerseits „200 Ohm“, andererseits „5 m“) versehen, wie aus Fig. 1,

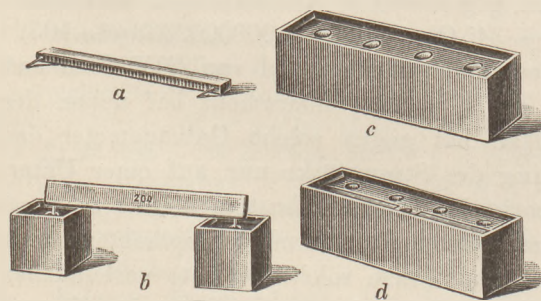


Fig. 1 ( $\frac{1}{8}$  nat. Gr.).

bilden; in Bohrungen der Oberfläche sind eiserne Fingerhüte zur Aufnahme des Quecksilbers eingelassen, bei den kleinen Klötzen je ein Napf, bei den langen je 4 in einer Reihe, und bei zweien davon noch ein fünfter Napf seitwärts in der Mitte. Bei diesen beiden letzteren Klötzen sind ausserdem die Näpfe durch einen Streifen starken Kupferblechs, in dem sie eingelötet sind, verbunden (vergl. Fig. 1, b bis d). Das Schema der Versuchsanordnung, die sehr übersichtlich sein muss, ist in den Figuren 2, a und b dargestellt. Bei diesen, wie bei allen

Um diese Widerstandselemente rasch und vor allem übersichtlich anordnen zu können, dienen mir Quecksilbernäpfe von folgender Einrichtung: vier Holzklötze von 6:6:6 cm und vier von 6:6:24 cm sind mit dünnen Brettchen bekleidet, die 1 cm überstehend auf der Oberfläche ein Kästchen



folgenden Versuchen enthält der Stromkreis einen widerstandsfreien Commutator und es sind die Angaben das Mittel aus je vier Ablesungen.

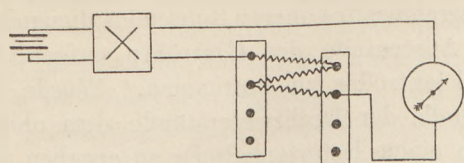


Fig. 2 a.

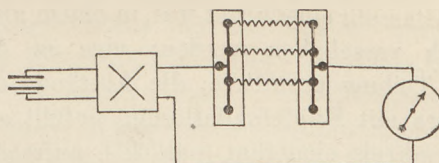


Fig. 2 b.

Es bedeuten in den Tabellen 2 und 3  $l$  die Zahl der hintereinander geschalteten Drähte,  $q$  die Zahl der parallel geschalteten,  $i$  die an der Tangententeilung abgelesenen Stromstärken. Die letzte Column zeigt den Zusammenhang von  $i$  und  $l$  bzw.  $q$  mit hinreichender Uebereinstimmung selbst in der letzten Tabelle, wo sich schon Störungen geltend machen, die nicht zu vermeiden sind.

Tab. 2.

Einfluss hintereinander geschalteter Drähte auf die Stromstärke.

Gülchers Thermo. $e = 5$ cm					Daniells Element. $e = 5$ cm				
$l$ .	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.	$l$ . tg.	$l$ .	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.	$l$ . tg.
1.	23,0	66° 48,5'	2,3333	2,3333	1.	16,8	59° 12,5'	1,6780	1,6780
2.	11,8	49° 42,5'	1,1799	2,3598	2.	8,5	40° 16'	0,8471	1,6942
3.	7,9	38° 20'	0,7907	2,3721	3.	5,6	29° 29'	0,5654	1,6962
4.	5,9	30° 45'	0,5949	2,3796	4.	4,2	23° 2,5'	0,4253	1,7012
5.	4,7	25° 25'	0,4752	2,3760	5.	3,4	18° 44'	0,3391	1,6955

Tab. 3.

Einfluss parallel geschalteter Drähte.

Gülchers Thermo. $e = 15$ cm				
$q$ .	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.	tang / $q$ .
1.	5,6	29° 11'	0,5585	0,5585
2.	11,0	47° 39'	1,0971	0,5485
3.	16,0	58° 1'	1,6013	0,5338
4.	21,0	64° 39'	2,1107	0,5277
5.	26,0	68° 54'	2,5916	0,5183
6.	31,0	72° 4'	3,0900	0,5150

Tab. 4.

Abhängigkeit des Widerstandes vom Stoff.

Gülchers Thermo. $e = 24$ cm				
Material.	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tg.	rel. Leit.-Verm.
Kupfer	21,0	64° 15'	2,0732	16,885
Messing	5,6	29° 27,5'	0,5648	4,600
Eisen	2,9	16° 26'	0,2949	2,402
Neusilber	1,7	9° 52,5'	0,1741	1,418
Manganin	1,2	7° 0'	0,1228	1

Der Einfluss des Materials der Drähte auf ihren Widerstand kann in folgender Weise gezeigt werden: in einen Stromkreis von sehr kleinem Widerstand werden der Reihe nach Drähte von genau gleicher Abmessung aber verschiedenen Stoffes eingeschaltet; die beobachteten Stromstärken geben ein Maass für den Widerstand bzw. das Leitungsvermögen. So wurden z. B. mit den im 3. Abschnitt benutzten und genauer beschriebenen Drähten unter Anwendung der beiden parallel geschalteten Galvanometerrollen  $a$  die Resultate der Tabelle 4 erhalten. Die Tangenten der Ausschläge können als Maass für das spezifische Leitungsvermögen betrachtet werden; die letzte Column enthält die auf Manganin als Einheit bezogenen relativen Leitungsvermögen.

Die Zahlen stimmen mit den unter Abschnitt 3 erhaltenen hinreichend genau überein, obwohl die dort benutzten Drähte für den vorliegenden Versuch länger sein dürften; ich glaube aber, dass sich aus didaktischen Gründen die Anwendung derselben Drähte für beide Versuchsreihen empfiehlt.

Zum Nachweis der Abhängigkeit eines Flüssigkeitswiderstandes von der Länge dient eine 40 cm lange Glasröhre von 2,69 cm innerem Durchmesser mit

einer als Elektrode dienenden, am unteren Ende aufgekitteten Kappe von Kupferblech; als zweite Elektrode konnte eine Kupferscheibe, deren Zuleitungsdraht in ein Glasrohr eingekittet war, in einem als Verschluss des oberen Rohrendes dienendem Kork verschoben werden; eine an der Aussenseite der Glasröhre aufgeklebte mm-Teilung gestattete, die Abstände des Elektroden zu bestimmen. Wurde die Röhre mit Kupfersulfatlösung gefüllt an Stelle der Drahtwiderstände dem obigen Stromkreis eingefügt (natürlich aufrecht in einem Retortenhalter), so ergaben sich die in Tabelle 5 zusammengestellten Zahlen:

Tab. 5.

Einfluss der Länge flüssiger Leiter auf die Stromstärke.

Gülchers Thermo.		$e = 18 \text{ cm}$		
$l.$	$i.$	Ausschlag.	Trig. Tang.	$l. \text{ tg.}$
35 cm	5,1	26° 58'	0,5088	17,808
30	5,9	30° 29'	0,5886	17,658
25	7,1	35° 25'	0,7111	17,778
20	8,8	41° 25,5'	0,8824	17,648
15	11,8	49° 40'	1,1778	17,667

Tab. 6.

Einfluss des inneren Widerstandes auf die Stromstärke.

Meissners Demonstrationselement		$e = 12 \text{ cm}$		
$l.$	$i.$	Ausschlag.	Trig. Tang.	$l. \text{ tg.}$
15 cm	21,0	64° 21'	2,0824	31,2360
30	10,5	46° 17,5'	1,0462	31,3860

Die Bezeichnungen haben dieselbe Bedeutung wie oben. Wird die bewegliche Elektrode durch eine ebenso hergerichtete Zinkplatte ersetzt, die Röhre an Stelle der Kupfersulfatlösung mit einer solchen von Magnesiumsulfat gefüllt und auf die untere Elektrode etwas Kupfersulfat in Krystallen gebracht, so erhält man ein Meissnersches Demonstrationselement (Vergl. d. Zeitschr. VI 36), welches gestattet, den Einfluss des inneren Widerstandes auf die Stromstärke zu untersuchen. Zu diesem Zweck wird in obigem Stromkreis die Thermosäule bzw. das Daniellsche Element durch das Meissnersche Element ersetzt und die Abhängigkeit der Stromstärke vom Abstand der Elektroden geprüft. So erhält man beispielsweise die in Tabelle 6 wiedergegebenen Zahlen.

3. Messung von Widerständen. Das einzige Verfahren, welches auf dieser Unterrichtsstufe zur Lösung der Aufgabe der Widerstandsmessung herangezogen werden kann, ist das der Substitution in folgender Weise (vergl. Fig. 3).

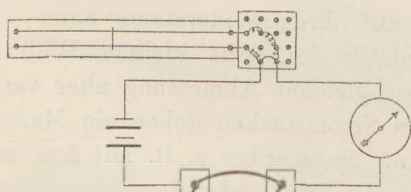


Fig. 3.

Zwei parallel geschaltete Gülchersche Thermosäulen oder das grosse Daniellsche Element liefern den Strom, der durch das Galvanometer mit den in geeigneter Entfernung parallel geschalteten Rollen  $c$  gemessen wird. Die Verbindungen sind aus 2,5 mm starkem Kupferdraht hergestellt, da der Widerstand des Stromkreises möglichst klein gehalten werden muss. Einerseits

sind in diesen Stromkreis die Messobjekte, Drähte in der oben beschriebenen Form, Fig. 1 a und b, mit Angabe des Materials, der Länge und des Durchmessers in deutlicher Aufschrift, und ein Kupferbügel zum Ausschalten mittelst Quecksilbernäpfchen eingeschlossen. Auf der anderen Seite befindet sich der Rheostat, der ebenfalls mit Kupferbügel ausgeschaltet werden kann; einen Commutator braucht der Stromkreis bei diesen Messungen nicht zu enthalten.

Fig. 4 zeigt eine für den vorliegenden Zweck wegen ihrer Uebersichtlichkeit besonders geeignete Form des Rheostaten. In einen Holzklötz mit Rand sind 16 eiserne Fingerhüte eingelassen, die zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt



sind; an diesen Klotz schliesst sich ein Brett von 60 cm Länge und 10 cm Breite mit 2 parallel ausgespannten Nickelindrähten von je 0,6 Ohm Widerstand (0,7 mm Durchmesser), die mittelst kurzer dicker Kupferdrähte mit den beiden nächsten Quecksilbernäpfen verbunden werden (in der Figur nicht sichtbar). Auf dem Brett kann zwischen Führungsleistchen, die eine Ohmteilung tragen, ein Holzkästchen mit Quecksilberfüllung verschoben werden, durch welches die Messdrähte hindurchgezogen sind. Die ganzen Ohm sind aus Manganindraht gewickelte Ringe, wie ich sie in *d. Zeitschr. V*

277 beschrieben habe; in den inneren Raum des Ringes wird ein Korkscheibchen gelegt, auf welches beiderseits

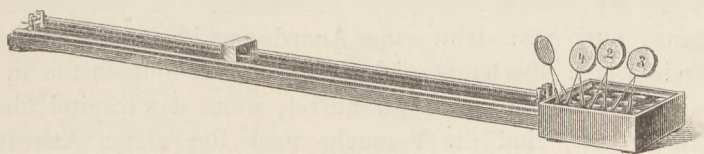


Fig. 4 ( $\frac{1}{10}$  nat. Gr.).

kreisförmige Kartonblätter vom äusseren Ringdurchmesser geklebt sind, die in deutlicher Aufschrift den Wert des Widerstandes angeben. Für die hier vorkommenden Messungen genügen die Werte 1, 2, 3, 4, 10, 20, 30, 40, 100 Ohm.

Die Ausführung des Versuches gestaltet sich folgendermaassen: der zu messende Draht wird zwischen die Quecksilbernäpfe gelegt, der Widerstandssatz ausgeschaltet und die Galvanometerrollen so eingestellt, dass der Ausschlag nahezu  $45^\circ$  beträgt; hierauf wird der Draht ausgeschaltet und im Rheostat zunächst soviel Widerstand eingeschaltet, bis der Ausschlag nahezu der gleiche ist, dann wird der letzte Ausgleich am Rheochord herbeigeführt; die ganze Messung erfordert nur wenige Minuten.

So wurden beispielsweise mit Drähten von 3,062 m Länge und 0,328 mm Durchmesser folgende Resultate erhalten: Kupfer = 0,587 Ohm (0,596); Messing = 2,318 (2,301); Eisen = 4,247 (4,340); Neusilber = 7,552 (7,582); Manganin = 10,761 (10,767) die eingeklammerten Zahlen geben die nach genauerem Verfahren mit der Messbrücke bestimmten Werte.

Nach derselben Methode wurde der Widerstand der Kupfersulfatlösung von 1,1497 spez. Gew. bei  $18^\circ$  in der oben beschriebenen Röhre bei 30 cm Länge der Flüssigkeitssäule bestimmt; die Galvanometerrollen wurden hierbei in einem gegenseitigen Abstand von 15 cm hinter einander geschaltet; es ergab sich  $w = 132$  Ohm.

Wird die Röhre in der unter 2. beschriebenen Weise in ein Meissner'sches Demonstrationselement verwandelt, so kann der innere Widerstand in folgender Weise bestimmt werden: An Stelle der Thermosäule in dem durch Fig. 3 dargestellten Stromkreis wird das zu untersuchende Element mit 30 cm Elektrodenabstand gebracht; die Galvanometerrollen *c* bei 12 cm gegenseitigem Abstand hinter einander geschaltet und der Ausschlag, der nahezu  $45^\circ$  sein soll, genau bestimmt; darauf werden die Elektroden einander auf 15 cm genähert und durch Einschalten von Rheostat-Widerstand der ursprüngliche Ausschlag wieder herbeigeführt; der eingeschaltete Widerstand ist der halbe innere Widerstand des Elementes. Bei einem derartigen Versuch wurde der Widerstand des oben beschriebenen Exemplares gleich 108 Ohm gefunden.

Will man lieber den inneren Widerstand eines Daniellschen Elementes bestimmen, so kann man zwei gleiche Exemplare in Gegenschaltung an Stelle der Drähte in Fig. 3 zwischen die Quecksilbernäpfe bringen und sonst verfahren, wie oben beschrieben wurde. Nach dieser Methode wurde der innere Widerstand zweier Elemente von 17 cm Höhe gleich 1,206 Ohm gefunden, woraus sich unter der

Voraussetzung vollständiger Gleichheit für 1 Element der Wert 0,603 Ohm ergibt. Dass das Verfahren prinzipiell nicht einwandfrei ist, kann für Schulzwecke kaum in Betracht kommen.

4. Abhängigkeit der Stromstärke von der elektromotorischen Kraft. Die Beziehung zwischen Stromstärke und elektromotorischer Kraft kann in zweierlei Weise zur Anschauung gebracht werden; entweder giebt man dem Stromkreis durch Zufügen von Ballast einen so grossen Widerstand, dass dessen Änderung durch Aus- oder Einschalten von Elementen unberücksichtigt bleiben kann, oder man trifft eine Anordnung, bei welcher der Widerstand des Stromkreises sich überhaupt nicht ändert. Am einfachsten in der Ausführung und wie mir scheint auch sonst einwandfrei, wenn das Kapitel über den Widerstand vorher erledigt ist, sind die Versuche nach der ersten Anordnung. Ich gebe zunächst einige Beispiele hierfür.

In einen Stromkreis, der aus den dünnadrätigen Galvanometerrollen  $b$  von 345 Ohm und einem Ballastwiderstand von 655 (bezw. 1155) Ohm besteht, werden nacheinander 1 bis 4 Noësche Thermosäulen oder 1 bis 8 Daniellsche Elemente

Tab. 7.

Successive Einschaltung Noëscher Thermosäulen.

Widerst. d. Stromkreises 1000 Ohm. $e=11$ cm					Widerst. d. Stromkreises 1500 Ohm. $e=17$ cm				
$n$ .	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.	$tg/n$	$n$ .	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.	$tg/n$
1.	16,2	58° 19'	1,6202	1,6202	1.	4,2	22° 45'	0,4195	0,4195
2.	32,0	72° 45 $\frac{1}{2}$ '	3,2222	1,6111	2.	8,7	41° 7'	0,8729	0,4364
3.	48,0	78° 22,5'	4,8610	1,6203	3.	13,3	53° 0'	1,3270	0,4423
4.	66,0	81° 22,5'	6,5932	1,6483	4.	17,6	60° 22,5'	1,7586	0,4397

Tab. 8.

Successive Einschaltung Daniellscher Elemente.

Widerst. d. Stromkreises 1500 Ohm. $e=15$ cm				
$n$ .	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.	$tg/n$
1.	5,0	26° 34'	0,5000	0,5000
2.	10,3	46° 0'	1,0355	0,5177
3.	15,6	57° 19'	1,5587	0,5196
4.	20,7	64° 16'	2,0747	0,5187
5.	25,0	68° 31'	2,5408	0,5082
6.	30,0	71° 55'	3,0626	0,5104
7.	36,0	74° 24'	3,5817	0,5117
8.	41,0	76° 12,5'	4,0740	0,5093

Tab. 9.

Successive Einschaltung von Thermoelementen.

Widerst. d. Stromkreises 3,3 Ohm. $e=5$ cm				
$n$ .	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.	$tg/n$
1.	2,6	14° 22,5'	0,2563	0,2563
2.	5,2	27° 25'	0,5187	0,2593
3.	7,7	37° 35'	0,7696	0,2565
4.	10,3	45° 54'	1,0319	0,2565
5.	12,7	51° 51'	1,2731	0,2546
6.	15,1	56° 34'	1,5146	0,2524
7.	17,6	60° 27,5'	1,7645	0,2521
8.	20,0	63° 31'	2,0072	0,2509
9.	22,0	65° 55'	2,2373	0,2486
10.	25,0	67° 55'	2,4648	0,2465

eingeschaltet; man erhält die in Tab. 7 und 8 mitgeteilten Zahlen. Die erste Kolonne enthält die Anzahl der eingeschalteten Elemente, die übrigen entsprechen den früheren Angaben. Die Übereinstimmung wird billigen Anforderungen vollkommen gerecht, denn der grösste der vorkommenden Unterschiede beträgt etwa 2%.

Bequemer als mit Daniellschen Elementen gestaltet sich der Versuch mit einfachen Thermoelementen, wobei auch eine Ausdehnung auf eine grössere Anzahl, falls sie erwünscht sein sollte, leicht zu erreichen ist. Ich benutze zu diesem Zweck die in Fig. 5 abgebildete Vorrichtung. Zehn Paare von Nickel- und Eisen-  
drähten sind an den Enden zickzackförmig zusammengelötet und mittels Gummistopfen in seitliche Rohransätze zweier weiten Messingrohre derart eingefügt, dass sich die Lötstellen in den Axen dieser Rohre befinden. Jedes dieser Rohre hat



an den geschlossenen Enden je eine dünne Röhre zum Zu- bzw. Ableiten von Kühlwasser oder Dampf und oben in der Mitte einen Stutzen zum Einsetzen von Thermometern; das Ganze ist in einem Holzrahmen befestigt. Die Teile der Drähte, die sich innerhalb der Messingrohre befinden, sind gut gefirnisst. Der Versuch erfolgt in der Weise, dass das eine Messingrohr mit der Wasserleitung, das andere mit einem Dampfkesselchen verbunden wird. Das Galvanometer mit den hinter einander geschalteten Rollen *c* wird mit dem Commutator verbunden, von dem ein Draht nach der einen Ableitungsklemme der Thermobatterie führt, während der zweite Draht mit Federklemme auf den zweiten, vierten, sechsten u. s. f. Draht der Batterie aufgesteckt wird. Tabelle 9 enthält die Ergebnisse einer derartigen Versuchsreihe.

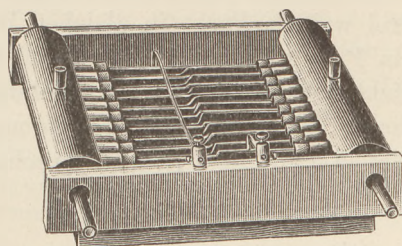


Fig. 5 ( $\frac{1}{5}$  nat. Gr.).

Nach dem zweiten Verfahren können die Versuche etwa in folgender Weise angeordnet werden; man stellt eine Batterie aus einer ungeraden Anzahl Daniellscher Elemente zusammen, die abwechselnd einander entgegengeschaltet sind. Schliesst man diese Säule unter Einschaltung eines geeigneten Ballastwiderstandes, um den Ausschlag auf die gewünschte Grösse zu bringen, durch das Galvanometer, so rührt der beobachtete Ausschlag von 1 Element her; indem man nun das zweite dem ersten und dritten gleichrichtet, misst man die Stromstärke, die durch 3 Elemente erzeugt wird u. s. f.

Tab. 10.

Daniellsche Elemente in Gegenschaltung.

Widerst. d. Stromkreises 1500 Ohm.  $e = 15$  cm

<i>n.</i>	<i>i.</i>	Ausschlag.	Trig. Tang.	$tg/n$
1.	5,3	27° 47,5'	0,5270	0,5270
3.	15,6	57° 25'	1,5647	0,5216
5.	25,0	68° 36'	2,5517	0,5103
7.	36,0	74° 21'	3,5696	0,5099

Tab. 11.

Successive Erregung von Thermoelementen.

Widerst. d. Stromkreises 3,4 Ohm.  $e = 5$  cm

<i>n.</i>	<i>i.</i>	Ausschlag.	Trig. Tang.	$tg/n$
1.	2,5	14° 12,5'	0,2532	0,2532
2.	5,1	27° 15'	0,5150	0,2575
3.	7,7	37° 40'	0,7720	0,2573
4.	10,3	45° 56'	1,0331	0,2583
5.	12,8	52° 5'	1,2837	0,2567
6.	15,4	57° 0'	1,5399	0,2567

Bei einer Versuchsreihe, die nach diesem Plane mit 7 Elementen angestellt wurde, ergaben sich unter Anwendung der Galvanometerrollen *b* in 15 cm gegenseitigem Abstand und 1155 Ohm Ballastwiderstand die in Tab. 10 mitgeteilten Versuchsergebnisse, wobei *n* wieder die Anzahl der wirksamen Elemente bedeutet.

Schliesslich mögen in Tab. 11 noch die Ergebnisse angeführt werden, die man bei successiver Erregung von Thermoelementen erhält, welche sich während der ganzen Versuchsdauer im Stromkreis befinden; den hierzu bestimmten Apparat habe ich an anderer Stelle beschrieben (*Leitfaden für Schülerübungen*, S. 23 und 72). Völlig unveränderlich ist übrigens auch hier der Widerstand des Stromkreises nicht, da der Widerstand der Thermosäule bei der Erwärmung um etwa  $\frac{1}{5}$  seines Wertes wächst; da derselbe aber schon an sich klein im Verhältniss zum Galvanometerwiderstand gehalten werden kann, so bleibt jene Aenderung ohne merklichen Einfluss. Mit einer sechsgliedrigen Säule erhielt ich die hier mitgeteilten Werte bei Anwendung der Temperaturen 16,5° und 98,5°; die Galvanometerrollen *c* waren hintereinander geschaltet.

5. Stärke des Stromes in einer Verzweigung. Diese ebenso einfachen wie lehrreichen Versuche können mit den in 3. beschriebenen Hilfsvorrichtungen in besonders übersichtlicher Weise angestellt werden. Man hat ausser den dort beschriebenen Quecksilberklötzen und einem Paar 200 Ohm-Widerständen noch drei weitere Paare in gleicher Weise hergerichtete Widerstände nötig, nämlich je ein Paar von 50, 100 und 150 Ohm. Ausserdem ist es nützlich, aber durchaus nicht notwendig, fünf Verbindungsdrähte von Manganin oder Neusilber zu haben, deren Widerstand gleich demjenigen des Galvanometers nebst Zuleitungen ist, in diesem Falle bei parallel geschalteten Rollen  $c$  etwa 0,80 Ohm. Diese Drähte

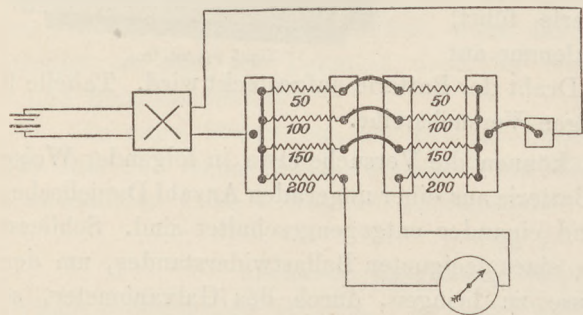


Fig. 6.

werden zu Ringen von ungefähr 3 cm Durchmesser gewickelt, die Enden lässt man 10 cm lang frei abstehen und biegt sie etwas auseinander, um einen solchen Widerstand zur Verbindung zweier Quecksilbernäpfe verwenden zu können.

Die Versuchsanordnung ergibt sich aus Fig. 6; den Strom liefern 2 parallel geschaltete Gölchersche

Thermosäulen oder das Daniellsche Element; die nach dem Commutator und den Quecksilbernäpfen führenden Verbindungen sind 2,5 mm starke Kupferdrähte. Zwischen die beiden mittleren Quecksilberklötze und in die Ableitung nach dem Commutator sind die beschriebenen Widerstandsbügel eingeschaltet. Die Zu-

Tab. 12.

Stromstärke in einer Verzweigung. Gölchers Thermo.  $e = 5$  cm

Zweige von 100 und 200 Ohm.				Zweige von 100 und 300 Ohm.			
	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.		$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.
Hauptstrom	35,0	73° 56'	3,4723	Hauptstrom	31,0	72° 22,5'	3,1477
Zw. v. 100	23,0	66° 59'	2,3540	Zw. v. 100	23,0	67° 4'	2,3636
Zw. v. 400	11,8	49° 52,5'	1,1864	Zw. v. 300	7,9	38° 29'	0,7950
$\Sigma i = 3,5404; 2,3540 : 1,1864 = 2 : 1$				$\Sigma i = 3,1586; 2,3636 : 0,7950 = 3 : 1$			
Zweige von 100 und 400 Ohm.				Zweige von 300 und 400 Ohm.			
	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.		$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.
Hauptstrom	30,0	71° 25'	2,9743	Hauptstrom	14,1	54° 41'	1,4115
Zw. v. 100	24,0	67° 2,5'	2,3607	Zw. v. 300	8,0	38° 51'	0,8055
Zw. v. 400	5,9	30° 45'	0,5949	Zw. v. 400	6,0	31° 1'	0,6013
$\Sigma i = 2,9556; 2,3607 : 0,5949 = 4 : 1$				$\Sigma i = 1,4068; 0,8055 : 0,6013 = 4 : 3$			
Zweige von 100, 200, 300 und 400 Ohm.							
	$i$ .	Ausschlag.	Trig. Tang.				
Hauptstrom	49,0	78° 29,5'	4,9116				
Zw. v. 100	23,0	66° 56'	2,3483				
Zw. v. 200	11,9	49° 54'	1,1875				
Zw. v. 300	7,9	38° 6'	0,7840				
Zw. v. 400	5,9	30° 35'	0,5910				

$$\Sigma i = 4,9108$$

$$2,3483 : 1,1875 : 0,7840 : 0,5910 = 12 : 6 : 4 : 3$$



leitungen zum Galvanometer, die aus weicher Leitungsschnur von zusammen 0,06 Ohm Widerstand bestehen, werden im Augenblick der Messung in die entsprechenden Quecksilbernäpfe eingelegt und die Drahtbrücke entfernt.

Ich gebe in Tabelle 12 einige Zahlenbeispiele; die schöne Uebereinstimmung der Resultate kann nur dazu ermutigen, diese Messungen, die einen Einblick in ein sehr wichtiges und lehrreiches Gebiet des Galvanismus gestatten, und durchaus keine erheblichen Anforderungen an das Verständnis stellen, im Schulunterricht zu verwerten.

6. Untersuchung des Potentialabfalls in einem Draht. Den Apparat, der für die zu beschreibenden Versuche benutzt wird, zeigt Fig. 7. Auf einem

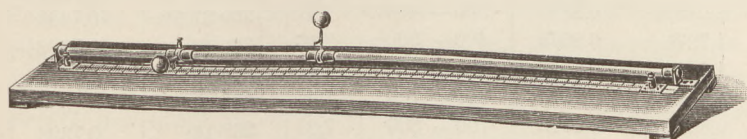


Fig. 7 ( $\frac{1}{18}$  nat. Gr.):

Brett von 115 cm  
Länge ist ein Nicke-  
lindraht von 100 cm  
Länge zwischen  
Klemmschrauben

über einer Millimeterteilung ausgespannt. Parallel diesem Draht ist zwischen Messingfassungen eine Glasstange befestigt, auf der zwei federnde Messinghülsen mit Klemmschrauben zur Ableitung nach dem Galvanometer verschoben werden können. Jede dieser Hülsen trägt einen seitlichen Arm mit einer Messingkugel am Ende und einem Stift mit Platinschneide, die durch das Gewicht der Kugel mit stets gleichem Druck an den Messdraht angepresst wird. In der Figur ist der eine Kontakt in Ruhelage zurückgelegt, was zur Schonung von Draht und Schneide während des Nichtgebrauches stets zu geschehen hat. Der ganze gleichmässige Druck der Schneide gegen den Draht ist eine zum Gelingen der Versuche unerlässliche Bedingung. Es musste daher die bei älteren Einrichtungen der Art gebräuchliche Feder als unzureichend beseitigt werden; mit dem beschriebenen Gewicht dagegen gelingen die Versuche unbedingt.

Ich gebe zunächst eine Versuchsreihe, die zeigt, dass die Potentialdifferenz proportional dem Schneidenabstand wächst. Vier Noësche Thermoelemente in Parallelschaltung lieferten den Strom, der zu den Endklemmen des Messdrahtes geleitet wurde; ein Daniellsches Element würde bei dem kleinen äusseren Widerstand keinen hinreichend constanten Strom liefern. Das Galvanometer war mit den hinter einander geschalteten Rollen *b* in 12 cm gegenseitiger Entfernung ausgerüstet. Die Anwendung eines Galvanometers von grossem Widerstand ist notwendig zur Erhaltung brauchbarer Zahlen, da der Potentialunterschied der zu prüfenden Punkte durch das Anlegen der Galvanometerableitungen keine merkliche Änderungen erfahren darf. Das Galvanometer war mit den Schneiden durch Leitungsschnüre von 2 m Länge verbunden.

In den folgenden Zusammenstellungen (Tabelle 13) ist unter *a* der Schneidenabstand angegeben; die erste zeigt die oben angegebene Beziehung mit grosser Uebereinstimmung; die zweite weist nach, dass die Potentialdifferenz den ganzen Draht entlang für gleiche Drahtlängen von 100 mm eine constante Zahl ist.

7. Prüfung des Gesetzes der Wheatstoneschen Combination. In dieser Zeitschr. (IV 89) habe ich eine Vorrichtung beschrieben, die gestattet, in sehr übersichtlicher Weise die Wheatstonsche Brücke im Unterricht zu behandeln und das Prinzip auf seine Richtigkeit zu prüfen. Wenn ich jetzt noch eine zweite Vorrichtung beschreibe, die dem gleichen Zweck dienen soll, und die, wie ich sogleich bemerken will, in didaktischer Beziehung hinter jener älteren zurücksteht,

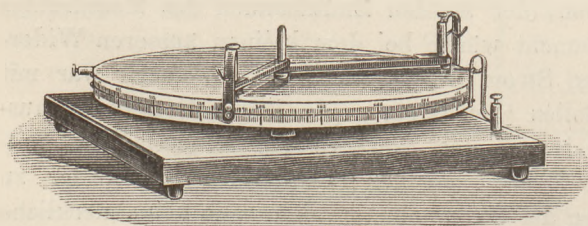
so geschieht dies deshalb, weil sie bequemer zu handhaben ist und eine vielseitige Verwendung zulässt, ein Vorzug, der für minder bemittelte Anstalten wohl in Betracht kommt.

Tab. 13.

Potentialgefälle in einem Draht.

Abhängigkeit d. Potentialunterschied. v. d. Länge.					Constanz des Pot.-Gefälles entlang d. Dr.			
$a$ dm	$i$	Ausschlag.	Trig. Tang.	$tg/a$	Schneiden- stellung.	$i$	Ausschlag.	Trig. Tang.
10	29,0	71° 9'	2,9291	0,2929	0— 100	7,4	36° 32,5'	0,7411
9	26,0	69° 12,5'	2,6337	0,2926	100— 200	7,4	36° 35'	0,7422
8	23,0	66° 36'	2,3109	0,2889	200— 300	7,4	36° 39'	0,7440
7	20,0	63° 39'	2,0189	0,2884	300— 400	7,4	36° 37,5'	0,7433
6	17,3	59° 56'	1,7275	0,2879	400— 500	7,3	36° 14'	0,7328
5	14,6	55° 39'	1,4632	0,2926	500— 600	7,4	36° 22,5'	0,7366
4	11,8	49° 40'	1,1778	0,2945	600— 700	7,3	36° 19'	0,7350
3	8,8	41° 27,5'	0,8834	0,2945	700— 800	7,3	36° 14'	0,7328
2	5,9	30° 21'	0,5855	0,2927	800— 900	7,3	36° 14'	0,7328
1	2,9	16° 17,5'	0,2923	0,2923	900—1000	7,3	36° 18'	0,7346

In der Mitte eines quadratischen Brettes, Fig. 8, erhebt sich ein eiserner Zapfen, um welchen sich mit einiger Reibung ein kreisrundes Brett von 33 cm Durchmesser drehen lässt. Auf dem Umfang dieser Scheibe ist eine Millimeter-teilung mit Bezifferung von 1 bis 1000 aufgeklebt; hierauf liegt der Messdraht, dessen Enden an der nicht von der Teilung bedeckten Stelle (der ganze Umfang beträgt 103,67 cm) fest zusammengedreht werden. Dann werden an dieser Stelle zwei Stücke 3 mm starken Kupferblechs derart aufgeschraubt, dass sie genau 1000 mm Messdraht begrenzen und eine Lücke von einigen Millimetern zwischen sich frei lassen; in jedes dieser beiden Kupferscheibchen ist eine Drahtklemme mit zwei Bohrungen eingeschraubt. Schliesslich wird das Stückchen des Messdrahtes zwischen den beiden Platten weggenommen. (In Fig. 8 ist nur eine Klemmschraube vorhanden, auf der linken Seite, weil der Apparat ausschliesslich zur Demonstration der Wheatstoneschen Verbindung benutzt wird.) In einer Ecke

Fig. 8 ( $\frac{1}{7}$  nat. Gr.).

des Grundbrettes befindet sich eine Klemmschraube mit federndem Messingstreifen der eine Platinschneide gegen den Draht drückt; ein Riegel gestattet den Contact aufzuheben; durch Drehen der Scheibe kann die Schneide auf jeden Punkt des Drahtes eingestellt werden. Über der Scheibe befinden sich zwei Messingarme, die um die Verlängerung des Zapfens als Axe drehbar sind; beide tragen am Ende durch Hartgummi isolierte Klemmschrauben mit federnden Messingbügeln, die je eine Platinschneide gegen den Messdraht drücken; auch hier kann der Contact durch kleine Riegel aufgehoben werden.

Die einfache und wohlfeile Vorrichtung gestattet eine dreifache Verwendung: Erstens kann sie zur Demonstration und Prüfung des Wheatstone'schen Brückenprinzips benutzt werden; zu diesem Zweck werden die beiden festen Klemmen an der Scheibe unter sich und mit dem einen Pol der Stromquelle, die Klemme auf dem Grundbrett (in Fig. 8 rechts) mit dem anderen Pol und die beiden beweglichen Klemmen auf den Armen mit den Zuleitungen nach dem



Galvanometer verbunden. Darauf stellt man die Schneide am Grundbrett durch Drehen der Scheibe so ein, dass der Messdraht in zwei Zweige vom gewünschten Verhältnis geteilt wird, und sucht mit den beiden beweglichen Armen Punkte gleichen Potentials, die durch die Stromfreiheit der Brücke charakterisiert sind. Zweitens kann die Vorrichtung als Messbrücke dienen; zu diesem Zweck entfernt man den einen beweglichen Arm und die Klemme am Grundbrett und schaltet zwischen die beiden festen Klemmschrauben an der Scheibe den zu messenden Widerstand und einen Vergleichswiderstand hintereinander. Zur Verbindungsstelle der beiden letzteren und zur Klemme an dem noch vorhandenen beweglichen Arm führen die Galvanometerleitungen; schliesslich leitet man die Poldrähte der Stromquelle nach den zweiten Bohrungen der beiden festen Klemmschrauben an der Scheibe und sucht mit dem beweglichen Arm die Stellung, bei der das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt. Drittens dient die Scheibe als Ersatz des unter 6. beschriebenen Apparates; die Klemmschraube auf dem Grundbrett wird in diesem Falle ebenfalls entfernt und die beiden festen Klemmen an der Scheibe mit den Polen der Stromquelle verbunden; nach den Klemmen auf den beiden beweglichen Armen führen die Zuleitungen zum Galvanometer.

Ich gebe in Tab. 14 einige Zahlenbeispiele für die erstere Verwendungsart. Die feste Klemme auf der Scheibe und die Klemme auf dem Grundbrett waren mit den Polen eines Noë'schen Thermoelementes, die Klemmen an den beiden beweglichen Armen mit den Zuleitungen zum Galvanometer verbunden, welches letzteres mit den hinter einander geschalteten Rollen *c* im gegenseitigen Abstand von 5 cm ausgerüstet war. Aus einer grösseren Zahl von Einstellungen seien die folgenden mitgeteilt. Die Abschnitte *a*, *b*, *c*, *d* folgen auf einander im Sinne der Bezifferung der Teilung, die an der festen Klemme mit 0 beginnt.

Tab. 14.  
Ablesungen am Brückenmodell.

<i>a</i> .	<i>b</i> .	<i>a : b</i>	<i>c</i> .	<i>d</i> .	<i>d : c</i>
350	150	1,6667	150,0	350,0	1,6667
300	100	3,0000	150,5	449,5	2,9867
200	150	1,3333	278,8	371,2	1,3314
170	160	1,0625	324,2	345,8	1,0666
100	160	0,6250	454,4	285,6	0,6288
215	145	1,4828	258,0	382,0	1,4806

Die Ausführung eines einzelnen Versuches ist folgende: Die Scheibe wird zunächst so gestellt, dass die Schneide am Grundbrett den ganzen Messdraht in zwei Zweige von bestimmten Verhältnis teilt (z. B. 360 : 640 bei dem letzten Versuch). Dann wird die bewegliche Schneide im ersten Zweig auf eine beliebige Zahl gestellt (z. B. 215 in jenem Beispiel) und mit der beweglichen Schneide im anderen

Zweig der correspondierende Punkt (618) gesucht. Es mag hierbei noch bemerkt werden, dass die Versuche bei der dargestellten Anordnung sehr empfindlich sind, indem eine Verschiebung der suchenden Schneide aus der richtigen Einstellung um wenige Millimeter einen weithin sichtbaren Ausschlag zur Folge hat.

Die im Obigen beschriebenen Geräte und Vorrichtungen sind zum grossen Teil von mir selbst hergestellt worden, z. B. die Quecksilbernäpfe, Rheostat und Rheochord, Thermosäulen u. s. f. Sie erfordern keine allzu grosse Geschicklichkeit und stellen sich sehr wohlfeil. Die übrigen stammen aus der Werkstatt von Liebrich's Nachfolger in Giessen und sind entschieden preiswürdig. Es stehen demnach von dieser Seite keine Schwierigkeiten im Weg, die beschriebenen Versuche im Schulunterricht durchzuführen. Mögen diese Zeilen das ihrige dazu beitragen.

## Modell zur Erklärung der Haupterscheinung am Gyroskop.

Von

Dr. Hermann Hammerl in Innsbruck.

Die Erklärung der Erscheinungen am Gyroskop-Kreisel kann im physikalischen Unterrichte an der Mittelschule wohl nur in ihren Hauptzügen gegeben werden, wozu sich die von Poggendorff, publiziert in seinen Annalen Bd. XC, S. 348, am meisten eignet.<sup>1)</sup>

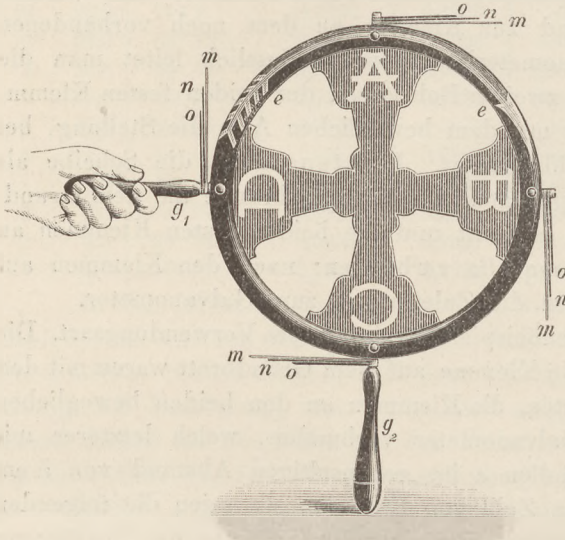


Fig. 1.

Scheibe beiderseits vor. Die Durchbohrung der Scheibe für eine der beiden Axen ist nämlich etwas grösser, als es die Dicke der Messingstange erfordert, so dass am Durchkreuzungspunkte für beide Stäbe genug Spielraum ist.

An den hervorragenden Enden der Axen sind je drei Messingstäbe in Form von Pfeilen von verschiedener Länge und verschieden gefärbt angebracht, ausserdem ist jede Axe mit einem Handgriff ( $g_1$  und  $g_2$ ) versehen.

Die vier grossen Pfeile  $Am$ ,  $Bm$ ,  $Cm$  und  $Dm$  sind fest mit den Axen verbunden, die anderen Pfeile sind mit Reibung auf den Axen drehbar angebracht. Rotiert die Scheibe um eine horizontale Axe im Sinne des Pfeiles  $ee$ , der auf dem Rande der Scheibe angebracht ist, so stellen die Pfeile  $Am$ ,  $Bm$ ,  $Cm$  und  $Dm$  die tangentiellen Geschwindigkeiten dar, welche die Punkte  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  besitzen.

Man hält nun das Modell mittelst des Handgriffes  $g_1$  und ahmt das Bestreben einer constant wirkenden Kraft, die Scheibe aus ihrer lotrechten Lage zu bringen,

So einfach nun auch diese Erklärung ist, so bietet sie doch dem Schüler manche Schwierigkeiten; deswegen habe ich mir ein Modell construiert, an welchem man die auftretenden Kräftepaare und deren Wirkung leicht demonstrieren kann.

Eine durchbrochene Holz-scheibe von 30 cm Durchmesser (Fig. 1) ist um zwei aufeinander senkrecht stehende Axen  $AC$  und  $BD$  drehbar. Beide Axen, Messingstäbe von 3—4 mm Durchmesser, durchsetzen die ganze Scheibe, gehen in dem Mittelpunkte der Scheibe nebeneinander vorbei, und ragen über den Rand der

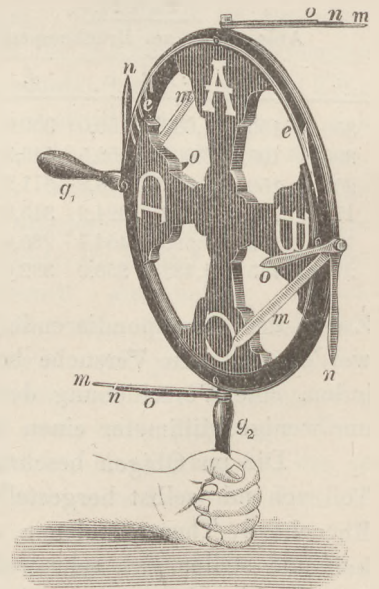


Fig. 2.

<sup>1)</sup> Anm. d. Red. Man vergl. aber auch die Darstellung von M. Koppe, diese Zeitschrift IV 70, zu deren Erläuterung das oben beschriebene Modell ebenfalls brauchbar ist.



dadurch nach, dass man die Scheibe um die Axe  $DB$  dreht. Die Pfeile bei  $A$  und  $C$  bleiben in der Scheibenebene, jedoch die bei  $D$  und  $B$  treten aus der Scheibenebene heraus. Die ursprünglichen Geschwindigkeiten  $Bm$  und  $Dm$  werden nun mittelst der anderen Pfeile in zwei Componenten zerlegt, wovon eine in die Scheibenebene fällt, die andere senkrecht darauf steht.  $Bn$  und  $Dn$  fallen in die Scheibenebene,  $Bo$  und  $Do$  stehen auf derselben senkrecht und bilden nun ein Kräftepaar, welches die Scheibe um die Axe  $AC$  dreht, welche Stellung Fig. 2 zeigt. Bei dieser Figur sieht man nun auch die Zerlegung der ursprünglichen Geschwindigkeit in die zwei Componenten bei  $B$  und  $D$ . Durch die Drehung um die Axe  $AC$  werden auch die Teilchen bei  $A$  und  $C$  genötigt, aus der Richtung der Tangentialgeschwindigkeiten herauszutreten, wie es die bei der Drehung der Scheibe ihre ursprüngliche Richtung beibehalten den Pfeile bei  $A$  und  $C$  andeuten. Man zerlegt nun wieder die ursprünglichen Geschwindigkeiten  $Am$  und  $Cm$  (Fig. 3.) mittelst der anderen Pfeile in zwei Componenten, wovon  $An$  und  $Cn$  in die Scheibenebene fallen,  $Ao$  und  $Co$  senkrecht zu derselben stehen und folglich ein Kräftepaar bilden, das die Scheibe um die zweite Axe  $BD$  dreht, sie wieder in die lotrechte Stellung zu bringen sucht, während die Drehung um die dritte Axe  $AC$ , die sogenannte unerwartete Drehung, fort dauert. Das Modell wird vom Mechaniker B. Tütscher in Innsbruck ausgeführt.

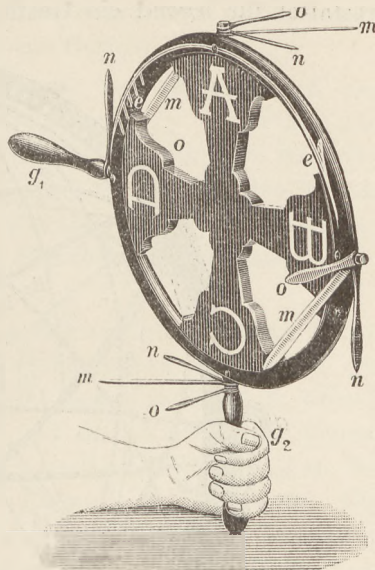


Fig. 3.

## Ein Projektionsglobus.

Von

Franz Adami in Bayreuth.

Die Schwierigkeiten, welche sich dem Unterricht in der mathematischen Geographie entgegenstellen, sind wohl allen Lesern dieser Zeitschrift bekannt. Sie auf das geringste Maass herabzudrücken, ist der Zweck des vom Verfasser construierten Projektionsglobus, mit dessen Hülfe sich die Vorgänge in unserm Planetensystem schnell und übersichtlich darstellen lassen.

An der Figur erkennt man zunächst ein schmiedeeisernes Fussgestell  $G_1 G_2$  als den Träger von fünf Rollen. Die Entfernung von  $G_1$  bis  $G_2$  beträgt 2,5 m, die Höhe des Apparates 2,3 m und die Breite oder Tiefe 2,1 m. Die fünf Rollen dienen zur Führung eines aus Schmiedeeisen hergestellten Doppelführungskreises  $NS$ ,<sup>1)</sup> der zugleich als Träger des ganzen Apparates (Himmelsgewölbe etc.) gilt; letzterer ist an den beiden mit Nordpol und Südpol bezeichneten hohlen Axenstücken drehbar befestigt. Man erblickt weiter ein für sich allein drehbares System, bestehend aus dem Himmelsmeridian  $M_1 M_2$  sowie den Himmelshorizont  $H_1 H_2$ , der sich als der Schnitt des natürlichen Horizontes mit dem Himmelsgewölbe ergibt. Der Horizont  $H_1 H_2$  lässt sich an dem Himmelsmeridian leicht verschieben und in

<sup>1)</sup> In die Praxis der Sternwarten übertragen, wäre in der Ebene des Doppelführungskreises das Meridianinstrument aufgestellt.





noch einen um die Pole der Ekliptik  $E_p E_p$  drehbaren und auf der Ekliptik senkrecht stehenden, gleichfalls in jeder Lage festzuschraubenden Halbkreis  $B_z$ . Der Himmelsäquator, die beiden Parallelkreise und der Halbkreis  $D_z$  besitzen eine blau und weiss ausgeführte Gradeinteilung, die beiden Teilungen gestatten die Ablesung der Rektascension und Deklination für irgend ein Gestirn.

Die schwarz und weiss ausgeführte Gradeinteilung der Ekliptik und des Halbkreises  $B_z$  giebt die Länge und Breite eines Gestirnes an.<sup>2)</sup> Stellt man den Quadranten  $H_z$ , den Halbkreis  $B_z$  und den Halbkreis  $D_z$  auf ein und dasselbe Gestirn ein, so kann man unmittelbar an dem Apparat die Coordinaten Transformation ablesen. Der Projektionsglobus trägt sämtliche von der Erde aus sichtbare Sterne erster Grösse, ausserdem noch die Sternbildern *Ursa minor*; *Ursa major*; *Cassiopeja*; *Gemini*; *Orion* und *Südliches Kreuz*.

In der Mitte des Apparates ist als Sonne eine elektrische Glühlampe  $S$  von 50 Normalkerzen in doppelter Weise cardanisch aufgehängt; zu ihr führen die Leitungsdrähte  $L$ . Auf einem geteilten Kreise befindet sich eine Kugel  $V$ , welche den Planeten „*Venus*“ darstellt. Diese Kugel kann auf dem Kreise (der Venusbahn) leicht verschoben und in jeder Lage festgestellt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Achse der Kugel senkrecht zu der Ebene ihrer Bahn steht. Die Teilung des Kreises lässt die Länge des von der *Venus* in 30 Tagen zurückgelegten Bogens erkennen. Der nächst grössere, gleichfalls geteilte, Kreis stellt die Erdbahn dar. Die Teilung giebt die Länge des von der Erde in jedem Monat zurückgelegten Weges an. Als Erde ist ein kleiner Erdglobus von 25 mm im Durchmesser, verschiebbar und in jeder Lage festzuhalten, aufgesteckt, dessen Achse mit der Ebene seiner Bahn einen Winkel von  $66\frac{1}{2}^\circ$  bildet, und der mittels einer geteilten Grundplatte so gestellt werden kann, dass die Achse in allen Punkten ihrer Bahn sich selbst parallel bleibt. Auf dem Erdglobus ist der Erdäquator durch eine rote Kreislinie kenntlich gemacht. Der Erdglobus lässt sich um seine Achse drehen und trägt einen geschlitzten Meridian mit einem auf demselben verschiebbaren Horizont und einen auf dem Horizont senkrecht stehenden Stift, welcher nach dem Zenith zeigt. Dadurch lässt sich der Horizont für jeden Punkt der Erdkugel einstellen. Auf der verlängerten Erdaxe ist ein Zifferblatt aufgeschraubt, über welchem sich ein Zeiger herumdrehen und einstellen lässt, damit man die Zeit des Sonnenaufganges oder -Unterganges für irgend einen Punkt der Erde ablesen kann. Beim Leuchten der elektrischen Glühlampe hebt sich nämlich auf dem Erdglobus ein beleuchteter Teil scharf von einem dunklen Teil ab. Unter der Grundplatte des Erdglobus ist an einem Durchmesser die Mondbahn  $M_b$  aufgesteckt. Auf der letzteren kann der von dem Monde in einem Tag zurückgelegte Weg aus der Teilung ersehen werden, und lässt sich als Mond eine Kugel leicht verschieben und in jedem Punkt festklemmen. Der Durchmesser der Mondbahn lässt sich unter der geteilten Grundplatte des Erdglobus drehen, um die Rückläufigkeit der Knotenlinie der Mondbahn zur Darstellung bringen zu können.

Ein weiterer geteilter Kreis stellt die Bahn des Planeten *Mars* dar. Die Teilung giebt die von dem Planeten *Mars* in 30 Tagen zurückgelegte Wegstrecke an. Der Planet *Mars* ist durch eine Kugel  $M$  dargestellt, die sich auf dem Kreise

<sup>2)</sup> Die Kreise sind sämtlich aus Messingröhren hergestellt, und es ist die Möglichkeit gegeben, an Stelle der Metallsterne elektrische Glühlampen von verschiedener Farbe und Lichtstärke setzen zu können.

verschieben und in jeder Lage festklemmen lässt. Die Bahnen der Planeten *Venus* und *Mars* sind im richtigen Verhältnis zur Erdbahn konstruiert, ebenso die Grössen dieser sinnbildlichen Planeten.<sup>3)</sup> An der Figur erkennt man ferner noch eine quadratische Versteifung, die dazu dient, die Wirkung der Schwere aufzuheben und ein Anstreifen der einzelnen Kreise zu verhindern.

Nach dieser Beschreibung des Apparates wird es keine Schwierigkeiten bieten, die wirklichen Vorgänge im Universum nachzuahmen.

Aus der blossen Betrachtung des Projektionsglobus ergibt sich, dass der blau und weisse Himmelsäquator der erweiterte Erdäquator ist<sup>4)</sup>, sowie dass die geographische Breite eines Ortes, an dem Himmelsgewölbe abgelesen, mit der Deklination des Zeniths dieses Ortes übereinstimmt, und diese letztere ist, wie aus der Gradeinteilung unmittelbar ersehen wird, gleich der Polhöhe dieses Ortes. Jeder Ortsveränderung auf der Erde in Bezug auf die geographische Breite (hervorgebracht durch das Verschieben des beweglichen Horizontes in dem geschlitzten Meridian) entspricht ein anderer Anblick des Himmelsgewölbes, welcher an dem Apparat für sämtliche Orte auf der ganzen Erde ersichtlich gemacht werden kann. Man braucht zu diesem Zwecke nur den Apparat durch Verschieben des Horizontes  $H_1 H_2$  an dem Himmelsmeridian  $M_1 M_2$  so einzustellen, dass die Polhöhe gleich der entsprechenden geographischen Breite ist.

Stellt man sich nun vor, auf dem kleinen Erdglobus befinde sich ein ausserordentlich kleines Lebewesen, dem sein Aufenthaltsort ebenso gross vorkommt, wie uns die wirkliche Erde, so wird dieses Infusorium die elektrische Glühlampe, die ihm die Sonne vorstellt, irgendwo an dem Himmelsgewölbe projiziert erblicken (auf der Figur in  $S_s$ ). Bei der Drehung des Himmelsgewölbes erscheint dann diese Sonnenscheibe  $S_s$  einmal über dem rot und weissen Horizont und man erkennt nun die Morgenweite und kann die Rektascension des Ostpunktes ablesen. Dreht man das Himmelsgewölbe herum, bis die Sonnenscheibe wieder unter dem rot und weissen Horizont verschwindet und liest für diesen Moment neuerdings die Rektascension des Ostpunktes ab, so hat man die Länge des Tagbogens der Sonne in Graden ausgedrückt, was mit 4 multipliziert sofort die Tageslänge in Zeitminuten wiedergibt, woraus man unmittelbar die Zeit des Sonnenauf- und Unterganges erhält.

Der Projektionsglobus zeigt daher die Sternzeit und die wahre Sonnenzeit für jeden Tag des Jahres und für jeden Ort auf der ganzen Erde mit grosser Genauigkeit an.

Geht man dagegen von der Wirklichkeit aus, so braucht man nur das Himmelsgewölbe festzuhalten und den kleinen Erdglobus so zu drehen, dass irgend ein Ort desselben gerade die ersten Strahlen von der elektrischen Glühlampe empfängt, was für diesen Ort die Zeit des Sonnenaufganges bedeutet. Hierauf dreht man den geschlitzten Erdmeridian so, dass die Licht- und zugleich Schattengrenze unter den Schlitz zu liegen kommt. Stellt man jetzt den Himmelsmeridian  $M_1 M_2$  und den mit ihm fest verbundenen Horizont  $H_1 H_2$  so, dass dieselben mit dem Erdmeridian und dem natürlichen Horizont auf dem Erdglobus ent-

<sup>3)</sup> Die Bahn des „Jupiter“ konnte an dem Apparat nicht mehr zur Darstellung gebracht werden, da dieselbe bereits über das Himmelsgewölbe hinaus sich erstreckt hätte. Die Entfernung des Mondes von der Erde ist inbezug auf den Radius des Erdglobus 10 mal zu klein.

<sup>4)</sup> Die Einzelheiten des kleinen Erdglobus sind in der Figur leider nicht sichtbar.



sprechend zusammenfallen (oder weil sich dies infolge der 51 300mal zu grossen Parallaxe des Apparates nicht immer erreichen lässt), dass sie in Ebenen fallen, die zu den genannten Ebenen des Erdglobus parallel sind; hat man sich ferner von der scheinbaren Bewegung her den Ort des Sonnenaufganges gemerkt oder durch Anbringen einer Scheibe markiert, so beobachtet man die ganz überraschende Thatsache, dass die Sonne oder ein anderes Gestirn genau an der schon vorhin bezeichneten Stelle über dem Horizont erscheint.

Dadurch ist der augenscheinlichste Beweis geliefert, dass man dasselbe Resultat erzielt, ob man annimmt, die Erde stehe fest und das Himmelsgewölbe drehe sich herum, oder ob man dem Himmelsgewölbe eine feste Lage und der Erde eine Drehung zuerkennt.

Um die Drehung des Systemes  $M_1 M_2$  und  $H_1 H_2$  sehr leicht zu gestalten, ist ein eigener Führungskreis  $F_1 F_2$  festgeschraubt, an welchem das genannte System mittels 4 drehbarer Doppelrollen während der Drehung läuft.

Was für die Sonne gilt, gilt selbstverständlich für jeden anderen Himmelskörper und lässt sich der Auf- und Untergang irgend eines Sternes sowie des Mondes, der *Venus* und des *Mars* ebenso leicht berechnen, da die letzteren drei mittels einer Scheibe  $M_s$  oder verschiebbarer Metallsterne  $V_1$  auf das Himmelsgewölbe projiziert werden können. Hierbei ist der Neigung der Mondbahnebene, sowie der Bahnebene der *Venus* und des *Mars* gegen die Erdbahnebene berücksichtigt und der Rückläufigkeit der Knotenlinie der Mondbahn Rechnung getragen.

Die Recht- und Rückläufigkeit der Planeten *Venus* und *Mars* sowie deren Schleifenbildung erkennt man ohne grosse Mühe an dem Apparat. Man sieht auch auf den ersten Blick, dass ein sogenannter „Venusdurchgang“ nur in die Zeit um den 8. Dezember oder in die Zeit um den 6. Juni fallen kann.

Der Kreis  $P_r P_r$  lässt die Veränderlichkeit des Äquatornordpoles während circa 25 000 Jahren erkennen, die sich aus der Präzession ergibt. Um diese letztere in Bezug auf ihre Wirkung am Himmelsgewölbe (Zunahme der Länge eines Sternes bei Constanthaltung der Breite) sichtbar zu machen, ist ein eigener, in der Figur nicht abgebildeter, Hilfskreis beigegeben. Derselbe wird bei  $A_2$  und einer besonderen auf dem Kolor befindlichen Klemmschraube festgeschraubt und an ihm der Himmelsäquator herumgedreht, wobei die Schnittpunkte der Ekliptik und des Himmelsäquators sich längs der Ekliptik bewegen und der Nordpol des Himmelsäquators den Kreis  $P_r P_r$  beschreibt.

Von den mannigfachen Aufgaben, welche der Apparat zu lösen gestattet, seien hier nur einige wenige angeführt:

a) Wann geht unter  $50^\circ$  n. B. am 15. Dezember die Sonne auf und unter?

Es zeigt sich an dem Apparat:

$AR$  des Ostpunktes im Moment des Sonnenaufganges =  $296^\circ$ ,

$AR$  „ „ „ „ „ Sonnenunterganges =  $53^\circ$ ,

mithin die Länge des Tagbogens =  $117^\circ$  oder 468 Minuten =  $7^h 48^m$ ; die Sonne geht um  $8^h 6^m$  auf und um  $3^h 54^m$  unter. (Unter Ausserachtlassung der Zeitgleichung.)

Für den 21. Juni und 21. Dezember zeigt der Apparat folgende Daten:

21. Juni.

$7^\circ$  n. B. Tagesdauer 12 Std. 32 Min.  
 $50^\circ$  n. B. „ 16 „ 16 „  
 $71^\circ$  n. B. die Sonne verschwindet nicht  
mehr unter dem Horizont.

21. Dezember.

Tagesdauer 11 Std. 28 Min.  
„ 7 „ 44 „  
die Sonne erscheint nicht  
mehr über dem Horizont.

b) Wann geht *Venus* und *Mars* am 15. Dezember 1892 in  $50^\circ$  n. B. auf und unter? — Der Apparat zeigt:

Venusaufgang:  $5^h 14^m$  früh, Venusuntergang:  $2^h 26^m$  nachmittags,

Marsaufgang:  $12^h 26^m$  nachmittags, Marsuntergang:  $11^h 34^m$  nachts.

c) Wann geht unter  $50^\circ$  n. B. am 15. Dezember Sirius durch den Meridian?

Der Apparat zeigt:

$A R$  des Ostpunktes im Moment des Sonnenunterganges oder um  $3^h 54^m 53^\circ$ ,

$A R$  " " " " der Kulmination des Sirius  $189^\circ$ ,

folglich geht Sirius  $136^\circ = 9^h 4^m$  später als  $3^h 54^m$  daher um  $0^h 58^m$  (16. Dez.) durch den Meridian. (Die Umrechnung der Sternzeit in wahre Sonnenzeit ist der einfacheren Übersichtlichkeit wegen unterblieben.)

Die Herstellungskosten dieses Apparates betragen ca. 1000 M. Der gleiche Apparat, nur für eine bestimmte geographische Breite und ausserdem noch für die geographischen Breiten  $0^\circ$  und  $90^\circ$  einstellbar, kann auf einem Eisengestell für 600 M., auf einem Holzgestell dagegen für 500 M. gebaut werden.

## Apparat zur experimentellen Behandlung der Lehre vom Trägheitsmomente.

Von

Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

Im Dezemberhefte 1891 dieser Zeitschrift (V76) veröffentlichte ich einen Apparat zum experimentellen Nachweise einiger Sätze und Formeln über Trägheitsmomente. Angeregt durch diesbezügliche Bemerkungen des Herrn KRAMERIUS, habe ich seither die Anordnung des Apparates wesentlich verändert, und sind auch bereits Apparate der neuen Konstruktion an Schulen geliefert worden.

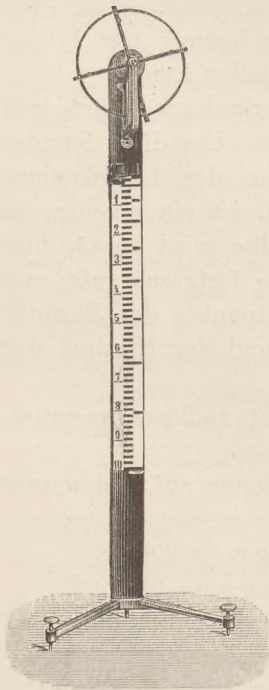


Fig. 1.

Die wesentlichste Änderung des Apparates besteht darin, dass die das Antriebsgewicht tragende Schnur nicht mehr am Umfange der grossen Radscheibe, sondern an einer Welle von bloß 2 cm Halbmesser aufgewickelt ist. Dadurch entfällt aber die Notwendigkeit der Radscheibe überhaupt, und diese ist durch ein einfaches Axenkreuz ersetzt, das die Schrauben zum Befestigen der Probekörper trägt.

Die Probekörper haben jetzt durchweg das gleiche Trägheitsmoment, so dass bloß ein Antriebsgewicht  $P$  ( $= 50$  g) erforderlich ist. Die Probekörper sind:

1. Ein Ring vom Halbmesser  $\frac{1}{3}$  dm und dem Gewichte  $\frac{2}{3} \times 0,49$  kg.
2. Ein Ring vom Halbmesser  $\frac{1}{2}$  dm und dem Gewichte 49 kg.
3. Ein Stab von 40 cm Länge und dem Gewicht  $\frac{3}{2} \times 0,49$  kg.
4. Eine rechteckige Platte von 24 cm Breite, 32 cm Länge und dem Gewichte  $\frac{3}{2} \times 0,49$  kg.
5. Eine Kreisscheibe von 20 cm Halbmesser und dem Gewichte 0,49 kg.

6. Zwei Kreisscheiben von 5 cm Halbmesser und je  $0,49/2$  kg Gewicht.

Die beiden letztgenannten Scheiben sind für gewöhnlich concentrisch an der Axe angebracht, gehören also gewissermaassen zum Axenkreuze. Die übrigen Probekörper sind diametral durchschnitten, so dass sie aufgeschraubt oder abgenommen werden können, ohne dass man jedesmal das Axenkreuz aus den Lagern heben muss.



Als Versuchsdauer ist jetzt eine Zeit  $t = 10''$  angenommen. Ein versuchsweise bestimmtes Gewicht  $g$  bringt an dem, blos mit den beiden concentrisch aufgesetzten Kreisscheiben belasteten Apparate, eine solche gleichmässig beschleunigte Bewegung hervor, dass es nach  $10''$  die Endgeschwindigkeit  $v$  besitzt und eine gewisse Höhe  $h$  durchfallen hat. Wird nun ein Probekörper vom Trägheitsmomente  $T$  (bezogen auf Masseneinheiten und Meter) aufgesetzt, so muss an das Gewicht  $g$  noch ein Antriebsgewicht  $P$  angeschraubt werden, um die gleiche Bewegung wie oben hervorzubringen, und es gilt dann, weil die Winkelgeschwindigkeit  $w = 50v$  ist, die Gleichung (d. Zeitschr. V 77):

$$T \cdot \frac{(50v)^2}{2} + \frac{Pv^2}{2g} = P \cdot h,$$

und da  $h = vt/2$  ist,

$$T = \frac{P}{2500} \left( \frac{t}{v} - \frac{1}{g} \right).$$

Nun ist  $1/g = 0,102$  und, setzt man  $t = 10$  und  $t/v = 50,102$ , also  $v = \frac{10}{50,102}$ ,

so ist  $h = \frac{50}{50,102} = 0,998 \text{ m},$

während  $T = \frac{P}{2500} \cdot 50 = \frac{P}{50}$  ist.

Die „Normalbewegung“ ergibt demnach bei einer Dauer von 10 Sekunden eine Fallhöhe des Antriebsgewichtes  $h = 998 \text{ mm}$ , und es ist das auf Masseneinheiten und Meter bezogene Trägheitsmoment des Probekörpers zifferngleich dem 50. Teile des in kg angegebenen Antriebsgewichtes.

Die durch den Versuch zu bestätigenden Formeln ergeben für die Versuchskörper 1 bis 5 . . .  $T = 1/1000$ , und da das Antriebsgewicht  $P = 50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$  ist, so folgt aus dem Versuche

$$T = \frac{0,050}{50} = \frac{1}{1000},$$

womit die Richtigkeit der Formeln experimentell erwiesen erscheint.

Will man nachweisen, dass das Trägheitsmoment für eine vom Schwerpunkte um  $a \text{ m}$  abstehende Axe um  $Ma^2$  grösser ist als das Trägheitsmoment für die parallele Schwerpunktsaxe, so nimmt man die beiden kleinen Kreisscheiben von der Axe weg und befestigt sie einander diametral gegenüber im Mittelpunktsabstande  $\sqrt{2} \text{ dm}$ . Dann zeigt sich, dass wieder die Anbringung des Gewichtes  $P$  nötig ist, um die Normalbewegung hervorzubringen, dass also eine Vermehrung des Trägheitsmomentes um den Betrag  $1/1000$  stattgefunden hat. Jede einzelne Scheibe hat daher  $1/2000$  an Trägheitsmoment gewonnen, welcher Wert mit dem von  $Ma^2 = 1/40 \cdot \left( \frac{\sqrt{2}}{10} \right)^2 = 1/40 \cdot 2/100 = 1/2000$  übereinstimmt.

Dort, wo die Durchführung der ganzen mathematischen Betrachtung zu grossen Schwierigkeiten begegnet, kann dieselbe wohl in folgender Weise umgangen werden. Man betont zunächst, dass, wenn ein und dasselbe Antriebsgewicht an verschiedenen Versuchskörpern dieselbe Bewegung hervorbringt, diese Körper denselben Trägheitswiderstand (dasselbe Trägheitsmoment) besitzen müssen. Da nun die Richtigkeit der Formel  $T = Mr^2$  für einen dünnen Ring leicht einzusehen ist, so ergibt sich für das Trägheitsmoment des ersten (oder zweiten) Ringes  $T = 1/1000$  durch Rechnung. Spannt man nun die Ringe und dann die übrigen Versuchskörper nach einander auf das Axenkreuz, so zeigt sich, dass die durch das Gewicht  $P$  hervorgebrachte Bewegung sich nicht ändert, wenn man den Ring der Reihe nach durch die übrigen Körper ersetzt, dass diese daher mit dem Ringe das gleiche Trägheitsmoment  $T = 1/1000$  haben müssen, ein Wert, der sich auch aus den zu bestätigenden Formeln ergibt.

Über die weitere Einrichtung des in Fig. 1 dargestellten Apparates ist noch zu bemerken, dass derselbe an einem soliden Eisengestelle, bestehend aus Eisenfuss mit Stellschrauben und Eisensäule mit daran befestigter Holzlatte, befestigt ist. Die Holz-

latte ist längs der Fallhöhe mit rot-weisser Centimeterteilung, Bezifferung der einzelnen Dezimeter und ausserdem mit roten Marken zur Bezeichnung des 1., 4., 9., . . . Centimeters versehen.

Die Auslösung erfolgt auf elektromagnetischem Wege. Am Ende der Fallhöhe ist ein Winkel mit Auffangblech angeschraubt, durch welches sich das Ende jedes Versuches mit einem hörbaren Schlag kennzeichnet. Der Preis des Apparates, welchem noch ein Morsetaster beigegeben ist, hat trotz der vielfachen Verbesserungen keine Erhöhung erfahren.

Eine gleichfalls von Herrn Max Kohl in Chemnitz zu beziehende Modifikation des eben beschriebenen Apparates ist in Fig. 2 in etwa  $\frac{1}{10}$  der natürlichen Grösse dargestellt. An das hölzerne Gestell  $G$  sind parallel nebeneinander in einem Abstände von 15 cm zwei als Consolen dienende Winkleisen  $c$  angeschraubt, auf welchen zwei Querstücke  $n$  befestigt sind, die die Lager für die Drehschneide  $a$  des Pendels  $P$  tragen. Die Pendelstange trägt die metallene Linse  $L$  und die Schrauben  $\sigma$  und  $s$ , deren Abstand von der Drehaxe bzw.  $\sqrt{2}$  dm und  $\sqrt{3}$  dm ist. Diese Schrauben dienen zum Befestigen der Versuchskörper  $K$  an der Pendelstange.

Die Versuchskörper haben dieselben Abmessungen wie bei dem oben beschriebenen Apparate, doch ist deren Gewicht durchwegs auf  $\frac{1}{5}$  der oben angegebenen Werte herabgesetzt. Dies hat den Vorteil, dass Ringe und Stab sehr dünn gehalten werden können, wodurch die Genauigkeit der betreffenden Versuche sich erhöht. Die zwei kleinen Kreisscheiben  $m$  sind für gewöhnlich concentrisch auf der Axe  $a$  des Pendels aufgesetzt.

Wenn ausser diesen Kreisscheiben kein Probekörper aufgeschraubt ist, so hat das Pendel eine bestimmte Schwingungszahl  $N$ . Wird nun der erste Ring mittelst der Schrauben  $s$  eingespannt, so wird die Schwingungszahl kleiner werden, was von der Vergrösserung des Trägheitsmomentes herrührt. (Das Gewicht des Ringes kommt nicht als bewegende Kraft in Betracht, da der Schwerpunkt des Ringes, ebenso wie der

der anderen angeschraubten Probekörper in die Axe fällt.) Ersetzt man nun der Reihe nach den ersten Ring durch die übrigen Probekörper, so zeigt sich stets dieselbe Schwingungszahl  $n$ , woraus zu schliessen ist, dass alle Probekörper dasselbe Trägheitsmoment besitzen. Da nun das Trägheitsmoment des Ringes bekannt ( $T = 1/5000$ ) ist, so ist auch das Trägheitsmoment aller übrigen Probekörper  $= 1/5000$ , ein Wert, der sich auch nach Einsetzung der Massen und Dimensionen aus den die Trägheitsmomente angehenden Formeln ergibt, wodurch die Richtigkeit dieser Formeln bestätigt erscheint. Nimmt man die beiden Kreisscheiben  $m$  von der Axe weg und schraubt sie an den Schrauben  $\sigma$  an, so wird, wenn sonst kein Versuchskörper eingespannt ist, wieder die Schwingungszahl  $= n$  sein. Es hat somit das Trägheitsmoment beider Scheiben um  $1/5000$ , somit das einer Scheibe um  $1/10000$  zugenommen, welcher Wert mit dem Ausdrucke

$$Ma^2 = 1/200 \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{10}\right)^2 \text{ übereinstimmt.}$$

Die Differenz  $N - n$  der Schwingungszahlen wird, wie leicht einzusehen, desto grösser sein, je kleiner das Trägheitsmoment des unbelasteten Pendels im Verhältnisse zum Trägheitsmomente der Probekörper  $K$  und je grösser die Schwingungszahl  $N$  ist. Durch Verschieben der Linse  $L$  an der Pendelstange kann eine verschiedene Einstellung in dieser Hinsicht erzielt werden.

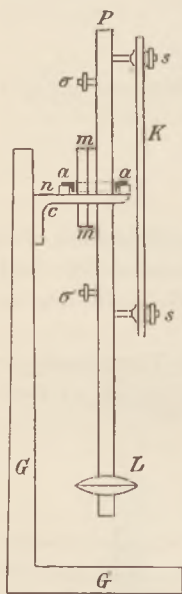


Fig. 2.



## Die Anordnung der Elektrizität auf Leitern.

Von

M. Koppe in Berlin.

Wenn es wahr ist, dass elektrische Ladungen nicht in das Innere der Leiter eindringen, so müssen die Blättchen eines Elektroskops, das im Innern eines hohlen Metall-Körpers steht und dessen Knopf mit der Wand leitend verbunden ist, im Ruhezustande bleiben, wenn jenem Ladungen mitgeteilt werden. Diesen Satz kann man aber nicht umkehren, aus dem Gelingen des von FARADAY angestellten Versuchs, der sich bequemer nach WEINHOLD mit Hilfe eines aus Wasser hergestellten durchsichtigen Conductors wiederholen lässt<sup>1)</sup>, folgt nicht, dass die Blättchen frei von Ladung sind.

Denken wir uns den isolierenden Wagebalken einer Torsionswaage an beiden Seiten mit einer Reihe von Hollundermarkkügelchen belastet, die leicht angehängt werden können und sich gegenseitig nicht berühren. In der Nähe stehe eine isolierte Hohlkugel, in die man durch eine kleine Öffnung ähnliche Kügelchen hineinwerfen kann. Allen diesen kann man gleiche elektrische Ladungen mitteilen, indem man sie mit dem Knopf einer geladenen Leydener Flasche in Berührung bringt. Sind nun von den Kugeln, die an dem einen Ende des Wagebalkens hängen, einige, z. B.  $\alpha$ , elektrisch, so bleibt er doch in Ruhe, weil auf sie von aussen keine elektrische Kraft ausgeübt wird, sind umgekehrt von den Kügelchen in der Standkugel einige, etwa  $\beta$ , elektrisch, so bleibt der Balken wieder in Ruhe, weil die Kraft des von ihnen erzeugten elektrischen Feldes nur auf vorhandene Elektrizität wirken kann. Sind aber endlich jene  $\alpha$  und diese  $\beta$  Kugeln zugleich mit elektrischen Ladungen versehen, so zeigt sich eine starke Abstossung, der man durch Torsion des Aufhängefadens das Gleichgewicht halten kann. Sie ist proportional dem Produkt aus der Ladung  $\alpha$  und der Intensität des Feldes  $\beta$ . Der Ruhezustand der Blättchen eines Elektroskops kann also eine Folge mangelnder Ladung sein, er kann aber auch daher rühren, dass die Intensität des elektrischen Feldes zu gering ist. Endlich können auch beide Faktoren zugleich verschwinden, und dieses ist gerade innerhalb eines geladenen hohlen Conductors der Fall. Der Faraday'sche Versuch würde erst dann eine Beweiskraft für den vorangestellten Satz erlangen, wenn anderswoher bekannt wäre, dass die Ladung der Goldblättchen und die am Orte der Goldblättchen von allen elektrischen Ladungen ausgeübte Gesamtkraft unter allen Umständen einander proportional sind.

Dagegen lässt sich der gesuchte Beweis unanfechtbar mit Hilfe der Probescheibe führen, die ja auch das einzige sichere Mittel ist, um die relative Dichtigkeit verschiedener äusserer Flächenteile zu vergleichen. Berührt man mit einer an einem langen Hartgummi-Halter befestigten kleinen Metallscheibe die innere Fläche eines geladenen Conductors, so ergiebt sich bei der Übertragung auf ein Elektroskop kein Ausschlag. Die zur Einführung der Scheibe nötige Öffnung verwandelt allerdings die innere Fläche in eine Fortsetzung der äusseren, so dass theoretisch eine gewisse Dichtigkeit der Elektrizität nunmehr auch innen vorhanden sein muss. Wenn diese aber schon bei einigermaassen kleinen Öffnungen nicht durch den Versuch nachweisbar ist, so kann man annehmen, dass sie erst recht unmerklich wäre, wenn die Öffnung ganz verschwände und der Innenraum mit dem äusseren gar nicht communicierte. Auch liessen sich diese Bedenken ganz beseitigen, wenn man an dem isolierenden Griff einen Deckel befestigte, der die Öffnung des Conductors so lange verschlösse, als die Berührung der Probescheibe mit der Wand der Höhlung dauerte.

Ist hierdurch nachgewiesen, dass die elektrische Ladung an der äusseren Oberfläche haftet, so fragt sich nun noch, nach welchem Gesetze sie sich dort ausbreitet. Es ist in dieser Hinsicht ohne Belang, ob der Conductor massiv oder mit Höhlungen versehen ist. Denn wenn man einen geladenen hohlen Conductor, der leitend mit einem

<sup>1)</sup> S. Heinze, Über die Verwendung von Drahtnetzen zu einem elektrischen Verteilungsapparat (*diese Zeitschrift* V 73).

Elektroskop verbunden ist, durch eine kleine Öffnung mit einer leitenden Substanz, etwa Wasser, anfüllt, so bleibt der Ausschlag der Goldblättchen, sowie auch die mit der Probescheibe an verschiedenen Stellen der Oberfläche bestimmte Dichtigkeit unverändert. Wird ferner ein massiver leitender Würfel mit einem eben so grossen Hohlwürfel, der in einiger Entfernung aufgestellt ist, leitend verbunden, so verteilt sich eine Ladung auf beide zu genau gleichen Teilen. Nimmt man nun aber innerhalb eines geladenen massiven Conduktors an irgend einem Punkte eine gewisse Elektrizitätsmenge an und bestimmt man die Resultante aller von den Teilen der Oberflächenladung auf sie ausgeübten Kräfte, so muss diese den Werth 0 haben, da sonst an dem betrachteten Punkte durch Influenz positive und negative Elektrizität entstehen und nach entgegengesetzten Richtungen sich entfernen würden, was dem Wesen eines Gleichgewichtszustandes widerspräche.

Es ist wünschenswert, diesen wichtigen Satz direkt experimentell zu beweisen. Ein oben offener, unten mit einer leitenden Grundfläche versehener Cylinder aus Messingblech, dessen Höhe 3 dm, Durchmesser 1 dm beträgt, sei isoliert aufgestellt und positiv geladen. Nähert man der Wand von aussen ein positiv geladenes Hollundermarkkugeln, welches an einem Coconfaden gehalten wird, so wird dieses stark abgestossen, worin man gewöhnlich die Wirkung der auf dem benachbarten Bezirk der Conduktorfläche angesammelten Elektrizität zu sehen glaubt. Wäre diese aber allein maassgebend, so müsste man dieselbe Abstossung wahrnehmen, wenn man das Kugeln an einem langen Coconfaden demselben Flächenteilchen von innen her nähert. Es zeigt sich dann aber, dass der Faden senkrecht herabhängt, das Kugeln wird, auch nahe der Wand, nicht abgestossen, es erfährt vielmehr schliesslich sogar eine schwache Anziehung, die leicht zu erklären ist und auf die wir nicht näher eingehen. Dieser Versuch zeigt zunächst, dass bei der Bewegung eines geladenen Kugelchens innerhalb eines geladenen Conduktors keine Arbeit gegen elektrische Kräfte zu leisten ist. Ist  $A$  ein fester Punkt innerhalb eines geladenen Conduktors, sind ferner  $B$  und  $X$  ein fester und ein veränderlicher Punkt innerhalb eines anderen Conduktors, so ist die Arbeit, die man aufzuwenden hat um eine elektrische Ladung von  $A$  nach  $X$  gegen die Kräfte der beiden Oberflächenschichten überzuführen, unabhängig von dem Wege, auf dem dies geschieht. Geht man von  $A$  über  $B$  innerhalb des zweiten Conduktors nach  $X$ , so erkennt man, dass diese Arbeitsleistung für alle Punkte  $X$  des zweiten oder auch eines leitend mit ihm verbundenen Körpers denselben Wert wie für den einen Punkt  $B$  hat. Nimmt man  $A$  innerhalb eines zur Erde abgeleiteten Conduktors,  $X$  innerhalb der Kugel eines mit dem zweiten Conduktor durch einen langen dünnen Draht verbundenen geachteten Elektroskopes an, so ist zur Erreichung von  $B$  dieselbe Arbeit nötig wie um  $X$  zu erreichen, diese ist aber offenbar der Ladung der Kugel, mithin ist wegen der Aichung das Potential den Graden der Skala proportional.

Aus dem obigen Versuch lässt sich noch eine andere wichtige Folgerung ziehen. Denkt man sich den Punkt der Cylinderoberfläche, dem man einmal von aussen, einmal von innen das Kugeln auf geringen Abstand näherte, als Mittelpunkt eines kleinen Bezirks  $P$ , so ist dieser nahezu gleichmässig mit Elektrizität geladen, und die von ihm ausgehende Kraft  $p$  hat die Richtung der äusseren oder inneren Normale. Ist  $Q$  die Ergänzung von  $P$  zu der ganzen Oberflächenschicht des Conduktors, so muss die von  $Q$  ausgehende Kraft  $q$  dieselbe Grösse wie  $p$  und die Richtung der äusseren Normale haben, weil sich sonst ein Kugeln, das von innen der Fläche  $P$  genähert wird, nicht im Gleichgewicht befinden könnte. Die Kraft  $q$ , die von der Gesamtheit der entfernteren Teile der Ladung ausgeht, kann sich nicht wesentlich ändern, wenn man das Kugeln noch näher an die innere Wand heranbringt, die Kraft  $p$ , da sie immer noch mit  $q$  im Gleichgewicht bleibt, muss also gleichfalls von der Entfernung zwischen der geladenen Scheibe  $P$  und dem Kugeln unabhängig sein, vorausgesetzt dass diese Entfernung gegen die Dimensionen von  $P$  klein ist. Versetzt man jetzt das Kugeln auf die



Aussenseite von  $P$ , so nimmt die Kraft  $p$  die entgegengesetzte Richtung an, die Kraft  $q$  bleibt nach Grösse und Richtung unverändert, die Resultante ist also jetzt doppelt so gross wie die von der benachbarten Elektrizität ausgeübte Kraft, und sie wirkt wie diese in der Richtung der äusseren Normale.

Denkt man sich die mit der Dichtigkeit  $\delta$  geladene kleine Scheibe  $P$  als Bestandteil nicht eines cylindrischen, sondern eines kugelförmigen Conductors, so lässt sich leicht der Wert der Kraft bestimmen. Die Ladung auf der Kugel würde überall die Dichtigkeit  $\delta$  haben, die gesamte Ladung wäre  $L = 4\pi r^2 \delta$ , wenn  $r$  der Radius ist, sie wirkt auf einen äusseren, dem Bezirke  $P$  sich nähernden, Punkt mit der Ladung 1 so, als ob sie ganz im Mittelpunkt vereinigt wäre, also mit der Kraft  $L/r^2 = 4\pi\delta$ . Die Hälfte dieser Kraft wird von der benachbarten Elektrizität, oder dem Bezirke  $P$  ausgeübt. Es werden daher auch allgemein die Bezirke  $P$  und  $Q$  eines beliebigen Conductors die Kraft  $2\pi\delta$  ausüben. Die Flächeneinheit in  $P$  erleidet von der gesamten übrigen Elektrizität den Druck  $2\pi\delta^2$  in normaler Richtung. (Vergl. diese Zeitschr. I 91, Anm.)

Der Satz von der Proportionalität der Dichtigkeit und der auf die Einheit der Elektrizität ausgeübten Kraft ist unentbehrlich, wenn man den Potentialbegriff zum Verständnis des Condensators verwerten will. Werden zwei grosse Conductoren, deren Potentiale  $V$  und  $V_1$  sind, mit den Platten eines kleinen Condensators verbunden, so geben sie von ihrer grossen Ladung ein wenig an die Platten ab, so dass diese dieselben Potentiale wie die grossen Conductoren erhalten, nahezu also  $V$  und  $V_1$ . Ist  $d$  die isolierende Luftschicht, so würde bei dem Transport der elektrischen Einheit von einer Platte zur anderen auf dem Wege  $d$  die Arbeit  $V_1 - V$  verrichtet, folglich ist  $K = (V_1 - V)/d$  die mittlere Kraft, und die im Sinne der äusseren Normale geschätzte Kraft ist an der ersten Platte  $K$ , an der zweiten  $-K$ . Nun will man aber gewöhnlich nicht diese Kraft, sondern die Dichtigkeit auf den Condensatorplatten bestimmen, man erhält sie nach dem obigen, wenn man die nach der äusseren Normale gerichtete Gesamtkraft durch  $4\pi$  dividiert, sie ist also  $(V_1 - V)/4\pi d$  auf der ersten und  $(V - V_1)/4\pi d$  auf der zweiten Platte, also proportionel der Potentialdifferenz, umgekehrt proportional der Dicke der isolierenden Schicht. Wir haben es hier allerdings mit zwei Conductoren zu thun, während der angewandte Satz oben nur für einen, sich selbst überlassenen, Conductor abgeleitet wurde, doch war diese Beschränkung unwesentlich.

Der Wert  $2\pi\delta^2$  für den normalen Druck auf die Flächeneinheit eines geladenen Conductors geht für die Platte eines Condensators über in  $(V_1 - V)^2/8\pi d^2$ . Dies reicht aus, um die Theorie des Thomsonschen Quadranten-Elektrometers eben soweit zu führen, wie sie MAXWELL<sup>2)</sup> durch Berechnung der bei jeder Stellung des Flügels vorhandenen Energie entwickelt. Wir legen dabei eine möglichst einfache Einrichtung zu Grunde. Längs der gemeinsamen Axe zweier gleich weiter, fast an einander stossenden Cylinder (Fig. 1) sei ein cylindrischer Stab verschiebbar, den eine elastische Kraft so einzustellen sucht, dass gleiche Teile seiner Länge in beide Cylinder hineinragen. Er wird auf einem hohen Potential (etwa 1000 Daniell) erhalten, von den beiden festen Cylindern hat der eine das Potential 0, der andere ein niedriges Potential  $v$ , wie es etwa auf dem Schliessungsdraht einer Batterie von wenig Daniells zu finden ist, wenn ein Punkt zur Erde abgeleitet ist. Jede Hälfte des innern Cylinders bildet mit dem sie umhüllenden Cylinder einen Condensator, so dass sich die zugewandten Flächen stark laden. Dadurch entstehen Kräfte, welche in normaler Richtung von der gesamten Oberfläche des beweglichen Cylinders ausgehen. Nur die auf die Endflächen in Richtung der Axe ausgeübten Kräfte können eine Wirkung hervorbringen, da sich der Cylinder nur längs der Axe verschieben



Fig. 1.

<sup>2)</sup> A treatise on electricity and magnetism, p. 272.

kann. Betrachten wir diejenige Druckkraft, welche auf die linke Endfläche ausgeübt würde, wenn die Potentialdifferenz des Condensators 1 wäre, als Einheit, so ist die thatsächlich ausgeübte, der Potentialdifferenz  $V$  entsprechende Kraft,  $= V^2$ , ebenso wirkt rechts auf die Endfläche die Kraft  $(V-v)^2$ , die Resultante beider ist  $V^2 - (V-v)^2 = 2v(V - \frac{1}{2}v)$ , sie ist angenähert  $v$  und  $V$  proportional und wird durch die bei einer Verschiebung des Cylinders geweckte elastische Kraft compensiert. Die Verschiebung oder der Ausschlag ist also der zu messenden Grösse  $v$  proportional. Construierte man links und rechts das Büschel der Kraftlinien, welche an den Endflächen normal entspringen und ebenso in die Wand des äusseren Cylinders einlaufen, so wären diese congruent, nur dass sie links durch die Potentialdifferenz  $V$ , rechts durch  $V-v$  hindurchführen. Gehen wir zu der wirklichen Gestalt des Quadranten-Elektrometers über, so sehen wir, dass die den Flügel treibende Kraft durchaus nicht in der Nähe des Spaltes auf ihn ausgeübt wird — denn seine Fläche ist dort wagerecht, die Druckkräfte wirken also senkrecht nach oben oder unten und nicht im Sinne einer Drehung, — sondern vielmehr an den seitlichen Rändern der Lemniskate. Die entgegengesetzte Angabe Exners (Vorlesungen über Elektrizität, S. 248) ist daher irrtümlich und schwerlich aus der von ihm übernommenen Maxwell'schen Darstellung zu begründen.

Im Folgenden wollen wir das Verhalten hohler Conductoren, deren innerer Raum mit dem äusseren durch eine Öffnung kommuniziert, näher untersuchen. Betrachten wir etwa eine Kugelschale von 1 dm Radius mit einer kreisförmigen Öffnung von 1 cm Radius. Ist die Schale positiv geladen, so nimmt das auf ihr constante positive Potential nach allen Seiten ab, wenn man sich von der äussern oder innern Fläche normal entfernt. Geht man von dem Rande der Öffnung zu ihrem Mittelpunkt über, so ist auf diesem Wege die Kraft nur gering, weil sich die von entgegengesetzten Teilen des Randes ausgeübten Abstossungen zum Teil aufheben, im Mittelpunkt der Öffnung ist die Kraftkomponente in Richtung des Weges sogar gleich Null. Das Potential erfährt daher nur

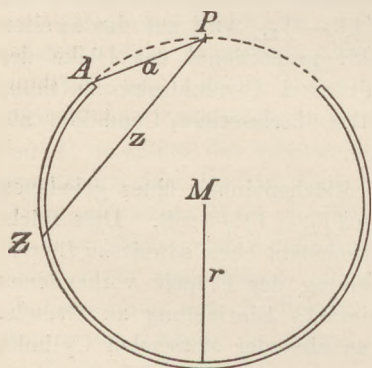


Fig. 2.

eine geringe Abnahme, wie man sie bei einer Bewegung von der Kugelschale nach aussen auf einem viel kürzeren Wege, vielleicht von etlichen mm, zu Stande brächte. Die hohle Kugelschale, deren Oberfläche sich nach innen einstülpt, ist somit in geringem Abstände von einer Potentialfläche umgeben, die in der Nähe der Öffnung keine Einbuchtung mehr zeigt. Zwischen beiden Flächen giebt es eine Schaar von Niveaulächen, die einander umschliessen und einen stetigen Übergang der einen Fläche in die andere darstellen. Die Abstände benachbarter Flächen sind offenbar im Innern der Kugel sehr viel grösser als aussen. Hieraus folgt aber, dass die Kraft im Innern viel mal kleiner ist als aussen

und ebenso die Dichtigkeit der inneren Ladung. Errichtet man auf einer äusseren, nicht eingebuchteten Niveauläche zahlreiche Kraftlinien, deren Dichtigkeit der elektrischen Kraft proportional, also fast gleichmässig ist, und verfolgt diese nach innen, so convergieren sie bekanntlich am stärksten nach den Teilen des Leiters, die am stärksten geladen sind. In unserm Falle können aber nur diejenigen Kraftlinien in das Innere gelangen, welche durch die kleine Öffnung eintreten. Es müsste daher die gesamte Ladung der Innenfläche etwa 400 mal geringer sein als die der äusseren.

THOMSON hat die genaue Lösung der betrachteten Aufgabe in folgender Form gefunden<sup>3)</sup>. Sind  $a$  und  $z$  (Fig. 2) die Sehnen, die vom Pole der Ergänzungskalotte zu ihrem Rande und zu einem beliebigen Punkte  $Z$  führen, ist ferner  $V$  das Potential der Kugelschale, und setzt man  $a/z = \sin u$ , so haben im Punkte  $Z$  die innere Dichtigkeit  $\rho$  und die äussere  $\sigma$  folgende Werte:

<sup>3)</sup> S. Maxwell, Treatise on electricity, S. 221.



$$\rho = \frac{V}{4\pi r} \frac{\operatorname{tg} u - u}{\pi}, \quad \sigma = \frac{V}{4\pi r} \left(1 + \frac{\operatorname{tg} u - u}{\pi}\right)$$

Betrachten wir jetzt eine aus Drahtnetz hergestellte in sich geschlossene Schale, die auf das Potential  $V$  geladen sei. Auf dem Wege von dem Rande einer Masche nach ihrem Mittelpunkt nimmt das Potential langsam, nach dem äusseren Raume hin schnell ab. Es wird daher eine Niveaufläche geben, welche den Conduktor rings in einem Abstände umgiebt, der viel kleiner ist als die Weite der Maschen, und die sich nur bis zur Mitte derselben einsenkt. Ihr Potential  $V_1$  ist sehr wenig von  $V$  verschieden. Wie vollzieht sich nun durch die Schaar der Niveauflächen hindurch der stetige Übergang von der vielfach zusammenhängenden Fläche  $V$  zu der einfachen  $V_1$ ? Die ersten auf  $V$  folgenden Flächen müssen noch genau die Gestalt von  $V$  nachbilden, sie stellen etwa auch Drahtnetze aus größerem Draht und mit engeren Maschen dar, deren Hohlräume sich kanalförmig tiefer in das Innere ausbreiten. Das von den Niveauflächen umschlossene Gebiet dehnt sich nach aussen langsam, schneller nach den Hohlräumen der Maschen, am schnellsten nach innen hin aus. Schliesslich werden sich die Kanäle entweder gleichzeitig oder nach einander ganz schliessen, es ist jedoch nicht möglich, dass das Gebiet einer Niveaufläche jemals die Gestalt einer geschlossenen Schale annähme, dass also durch das Schliessen der Kanäle ein noch vorhandener Hohlraum von dem äusseren Raume ganz abgeschnitten würde. Denn es müssen die auf  $V_1$  nach innen folgenden Flächen sich in alle noch nicht erfüllten Teile des Raumes hineinsenken können. Hiernach liegt der Wert des Potentials für alle innern Punkte zwischen  $V$  und  $V_1$ , diese geringe Veränderlichkeit bewirkt zusammen mit der Grösse des Raumes, dass die Differentialquotienten des Potentials innerhalb des Drahtnetzes sehr klein sein müssen. In der Nähe der innern Wand kann hiervon eine Abweichung eintreten, auch die Dichtigkeit an den innern Seiten der Drähte wird nicht ganz verschwinden.

Wenden wir uns nach diesen allgemeinen Erörterungen zu den von Heinze angestellten Versuchen (*d. Zeitschr.* V 73), so bestätigt es sich, dass in einem aus Drahtnetz hergestellten Conduktor ein Elektroskop besser vor den Wirkungen der Ladung geschützt ist, als in einer mit einer grösseren Öffnung versehenen leitenden Schale, doch auch hier sind die vom Rande der Öffnung entfernten Punkte genügend geschützt. Als Grund lässt sich aber nicht die Anhäufung der Ladung an Ecken und Kanten betrachten, denn dann müsste das Drahtgestell eines Würfels auch eine Schutzwirkung ausüben. Dass die an dem Metalldeckel eines hohlen Metalleylinders befestigten Aluminium-Blättchen unbeweglich blieben, als der unten offene Cylinder stark geladen wurde, erscheint daher nicht auffällig. Brachte man in der Nähe der unteren Oeffnung des Cylinders eine Metallplatte an, von der zwei Ausläufer bis zu den Blättchen aufstiegen und diese umfassten, so musste eine Divergenz eintreten, die auch beobachtet wurde. Denn durch Einführung dieses neuen Conduktors wird das Potential  $V_1$ , welches in der Mitte der Cylinderöffnung herrscht, unter Auftreten von Influenzladungen bis an die Endplatten der Ausläufer, also in die Nähe der Blättchen, fortgeleitet. Diese selbst nehmen an dem Potential  $V$  des Cylinders teil. Es entsteht also ein Condensator, die Belegungen laden sich, und die Blättchen fliegen nach den Armen des sie umfassenden Bügels hin auseinander, selbst dann, wenn die natürliche Schwingungsrichtung nicht in die Ebene desselben fällt. Die Wirkung des Bügels ist also nicht die eines Schirmes, der von den Blättchen die abstossende Kraft der auf der innern Conduktorfläche vorausgesetzten Ladung fernhielte, und ihnen gestattete, die auf ihnen selbst angenommene Ladung durch Divergenz anzuzeigen. Der vermeintliche Schirm bringt selbst erst die auf den Blättchen angezeigte Ladung hervor. Warum soll auch gerade gegen die Elektrizität der Innenfläche ein Schirm nötig sein, die Teilchen der äusseren Ladung werden doch auch im Innern des Cylinders die ihnen eigentümlichen Kräfte ausüben. Allerdings wird die Resultante dieser Kräfte in der Axe des Cylinders keine radiale Componente haben, das gilt aber von der inneren Ladung gleichfalls. Ein wirklicher Schirm müsste ausserdem den zu

schützenden Gegenstand allseitig vollständig umschliessen. Die Theorie desselben setzt aber die Eigenschaften hohler Conduktoren schon voraus. Wir würden daher den HEINZESCHEN Apparat ohne Schirmvorrichtung benutzen. Er erläutert eine wichtige Eigenschaft hohler Conduktoren, für die auch die Apparate von KOLBE und ROSENBERG (*diese Zeitschrift*, V 31) sowie alle anderen von HEINZE angeführten Apparate sehr instruktiv sind, er zeigt aber für sich allein noch nicht, dass die Innenflächen hohler Conduktoren frei von Ladung sind.

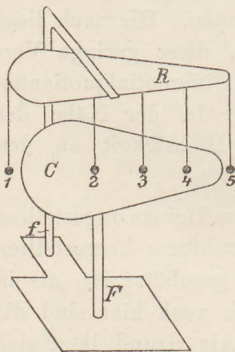
### Kleine Mittheilungen.

#### Apparat zum Nachweise der Verschiedenheit der elektrischen Dichte an verschiedenen gekrümmten Stellen eines Conduktors.

Von Prof. Dr. Theod. Rellig in Wien.

Der diesbezügliche Versuch, welcher sich unter Beihilfe eines Elektrometers mindestens nur umständlich ausführen lässt, gelingt mit dem nebenstehend abgebildeten Apparate ohne besonderen Zeitaufwand und in einer für eine grössere Schülerzahl vollständig auffälligen Weise.

Ein abgestumpfter Kegel (von 24 cm Höhe, 20 resp. 4 cm Grundflächen-Durchmesser) aus Messingblech ist beiderseits durch passende Halbkugeln abgeschlossen und sitzt als Conductor *C* auf einem Glasfusse *F*. Ein zweiter Glasfuss *f* trägt ein Rähmchen *R* aus dünnem, mit Siegelack überzogenen Draht, das dem Axenschnitt des Conduktors ähnlich, in den Längen- und Breitendimensionen aber etwa 1 cm grösser ist als dieser. Dieses Rähmchen, welches 5 Pendelchen (Hollundermarkkugeln an ungefähr 3 dm langen, feinen Seidenfäden) trägt, ist auf dem Träger so befestigt, dass die Pendel bis zum horizontalen Axenschnitt des Conduktors reichen, von dessen Umfange aber etwa  $\frac{1}{2}$  cm abstehen.



Wird der Conductor mit Elektrizität geladen (ich benutzte dazu eine Influenzmaschine), so werden die Pendel angezogen, nach erfolgter Anziehung aber so abgestossen, dass 2, 3, 4 in

einer nach der Richtung der zunehmenden Krümmung gegen die Conduktorseite divergierenden Geraden liegen, dass ferner das Pendel 5 am stärksten, 1 am schwächsten abgestossen erscheint. Bei starker Ladung sind die Ausschläge der Pendel bedeutend, durch entsprechende Berührung des Glasfusses, welcher den Conductor trägt, wird die Ladung vermindert, und die Ausschläge der Pendel nehmen ab, weisen aber fortdauernd auf verschieden starke Abstossung hin. Unter halbwegs günstigen Umständen hält der Apparat die Ladung Stunden hindurch und zeigt die beschriebene Erscheinung.

#### Ein Bogenlichtregulator für schwache Ströme.

Von Dr. O. Hergt in Bremen.

Der beistehend abgebildete Bogenlichtregulator ist für Vorlesungs- oder Schulversuche bestimmt, die mit schwachen Batterieströmen oder mit Hülfe von Handdynamomaschinen angestellt werden. Seine Einrichtung ist die folgende: *S* ist eine Stromspule. In derselben befindet sich ein Eisenkern *E*, der oben und unten Führungsstangen ( $f_1$  u.  $f_2$ ) aus Messing hat, welche sich durch Öffnungen des in den Träger  $T_1$  eingeschraubten Metallrahmens *R* leicht auf und ab bewegen können.  $T_1$  geht von der Stativstange ab, ist aber von derselben durch eine Ebonithülse *ii* isoliert. Die untere Führungsstange  $f_2$  hat an ihrem Ende eine Rolle *r*, welche lose in einem gabelförmigen Ausschnitte des Hebels *H* liegt. *H* wird von der Feder *F*, die von der Schraube *s* beliebig angezogen werden kann, nach oben gedrückt. Die Führungsstange  $f_1$  steht durch eine Leitungsschnur *l* mit der Stromspule *S* in Verbindung und trägt eine abschraubbare Hülse



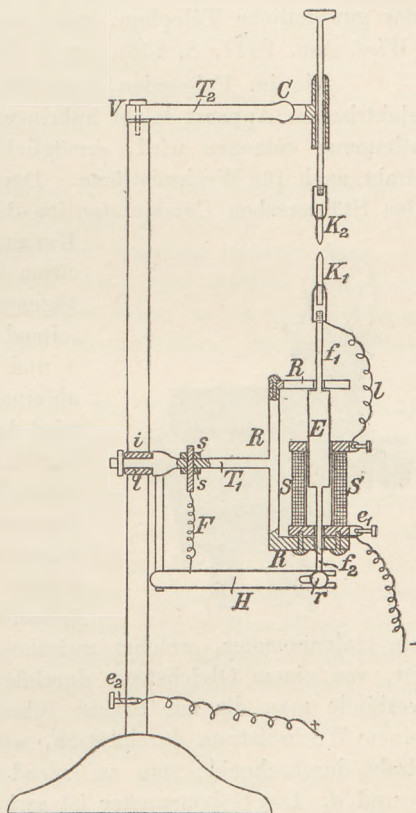
zum Einklemmen der Lichtkohle  $K_1$ . Die an der Stromspule sitzende Klemme  $e_1$  dient zur Verbindung derselben mit dem einen Pole der Stromquelle. Die obere Lichtkohle  $K_2$  ist in leitender Verbindung mit der Stativstange, die durch die Klemme  $e_2$  mit dem anderen Pole der Stromquelle verbunden werden kann. Durch das Charnier  $C$  und durch die Art der Verbindung des Trägers  $T_2$  mit der Stativstange (bei  $V$ ) ist eine genaue Einstellung des oberen Kohlenhalters möglich. Die Kohlenstäbe wählt man zweckmässig dünn (2 mm stark) und, damit zu grosse Widerstände vermieden werden, auch nur kurz. Da der Apparat nicht für länger andauernde Lichteffekte bestimmt ist, so sind Stäbe von 2 bis 3 cm Länge völlig ausreichend.

Was die Feder  $F$  betrifft, so könnte man dieselbe auch direkt um die Führungsstange  $f_1$  legen; der Hebel  $H$  fiel dann natürlich weg. Dieser Art der Ausführung, die den Apparat noch vereinfachen würde, ist jedoch die in der Figur angegebene vorzuziehen, denn bei der letzteren ist die Reibung geringer, ferner gestattet sie eine bessere Ausnutzung der Federkraft und schliesslich bietet sie auch den Vorteil, dass man die Spannung der Feder durch die Schraube  $s$  regulieren kann.

Um die Leistung des Apparates näher zu charakterisieren, sei erwähnt, dass man mit demselben bereits bei Anwendung einer Chromsäurebatterie von 8 Elementen eine gute Lichtwirkung erhält, und zwar zeigte bei einem derartigen Versuche der Strom etwa 2 Amp. und 13 Volt. Bei Einschaltung des Apparates in den Hauptstromkreis einer Handdynamomaschine (es wurde eine solche von F. Ernecke in Berlin benutzt) war der Lichtbogen natürlich noch weit besser. Die Maschine zeigte hierbei eine Klemmenspannung von etwa 20 Volt bei einer Stromstärke von 2 Amp.

Der Apparat ist bei zweckmässiger Wahl der Dimensionen der Einzelteile empfindlicher als der auf ähnlichem Prinzip beruhende Stöhrsche Regulator für schwache Ströme (vgl. Müller-Pfaundler, 9. Aufl. III, 536), bei dem die Einstellung der unteren Lichtkohle durch einen in Glyzerin befindlichen und vom elektrischen Strome umflossenen eisernen Schwimmer geregelt wird. Ausserdem bietet der neue Apparat den für Unterrichtszwecke gewiss nicht unwesentlichen Vorteil, dass die Einfachheit der Konstruktion eine leichte Verfolgung des Stromkreislaufes gestattet.

Der Mechaniker Herr J. R. Pundsack zu Bremen (Ansgariithorstrasse 11) hat es übernommen, Bogenlichtregulatoren der angegebenen Construction, vorbehaltlich kleiner, sich als praktisch erweisender Veränderungen, anzufertigen.



Zum Nachweise der Gesetze des Leitungswiderstandes von Flüssigkeiten.

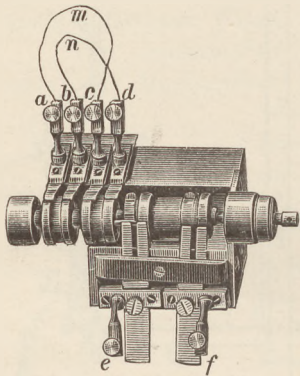
Von Dr. F. Niemöller in Osnabrück.

Da die Widerstandsmessungen von Flüssigkeiten seit den wichtigen Untersuchungen von F. Kohlrausch eine erhöhte wissenschaftliche und praktische Bedeutung erlangt haben, und derartige Messungen, wie noch kürzlich Herr SZYMANSKI in dieser Zeitschrift (*V 181, 182*) angegeben hat, vorzüglich geeignet sind, die Abhängigkeit des Widerstandes von Länge und Querschnitt nachzuweisen, so wird die Angabe einer für Demonstrationszwecke

geeigneten Methode, die den Widerstand der Flüssigkeiten hinreichend genau zu messen gestattet, vielleicht nicht unwillkommen sein.

Genauere Bestimmungen von Flüssigkeitswiderständen mit dem Gleichstrom scheitern bekanntlich an der bei fast allen Flüssigkeiten auftretenden Polarisierung, der gefundene Widerstand ist in Folge derselben grösser als der wirkliche. Nur die Bestimmung mit dem Wechselstrom und der Wheatstoneschen Brücke liefert zuverlässige Resultate. Zum Nachweise des Stromes im Brückendraht kann man für Demonstrationszwecke entweder das Elektrodynamometer oder das von Herrn WIEN erfundene optische Telephon benutzen; das gewöhnliche Telephon, wohl zuerst vom Verfasser zu Widerstandsmessungen benutzt (*Wied. Ann. VIII, S. 656*), ist in diesem Falle nicht brauchbar.

Die im Folgenden beschriebene Vorrichtung, die sich am Störerschen magnetoelektrischen Apparat leicht anbringen lässt, ohne dass derselbe seiner ursprünglichen Bestimmung entzogen wird, ermöglicht die Anwendung eines Galvanometers im Brückendraht auch für Wechselströme. Der die Brücke durchlaufende Wechselstrom muss durch den Störerschen Commutator im Brückendraht in einen Gleichstrom verwandelt werden.



Um zunächst den in den Induktionsspiralen erzeugten Wechselstrom ableiten zu können, sind die Enden der Spiralen gegenseitig isolierten, auf der Axe befestigten Metallringen leitend verbunden, auf denen die mit den Klemmschrauben *a* und *b* (siehe nebenstehende Figur) verbundenen Stromableitungsfedern schleifen. Ein Draht, der *a* mit *b* verbindet, wird bei der Umdrehung der Axe von einem Wechselstrom durchlaufen. Die Ringe, auf denen die zu den Klemmschrauben *c* und *d* gehörigen Federn schleifen, stehen mit dem inneren bzw. äusseren Röhrchen des Commutators in leitender Verbindung. Wenn man demnach den Draht, welcher *a* mit *b* verbindet, an irgend einer Stelle durchschneidet und die Enden in *c* und *d* einschraubt, so wird

ein Galvanometer, welches zwischen den Federn *e* und *f* des Commutators eingeschaltet ist, von einem Gleichstrom durchflossen. Behufs Ausführung einer Widerstandsmessung verbinde man die zur Brücke führenden Drähte mit *a* und *b*, so wird die Brücke von einem Wechselstrom durchflossen, wenn die Axe in Rotation versetzt wird. Den Brückendraht durchschneide man an irgend einer Stelle und verbinde die erhaltenen Enden mit *c* und *d*. Das Galvanometer ist zwischen den Federn *e* und *f* einzuschalten.

Der Apparat zeigt sehr deutlich den grossen Einfluss der Polarisierung. Benutzt man z. B. verdünnte Kochsalzlösung zwischen Platinelektroden und dreht langsam und möglichst gleichmässig, so dass die Anzahl der Wechsel in der Sekunde z. B. = 5 ist, so kann der Strom im Brückendraht verschwinden, obgleich das Verhältnis zwischen dem Flüssigkeitswiderstand und dem Rheostatenwiderstand ein ganz anderes ist als das Verhältnis zwischen den Abschnitten des Messdrahts. Bei schnellerer Drehung zeigt deshalb die Nadel wieder einen Strom im Brückendraht an. Erst wenn die Zahl der Wechsel über 25 in der Sekunde gestiegen ist, kann man aus dem Verschwinden des Stromes im Brückendraht den Widerstand mit Sicherheit berechnen, weil eine weitere Vergrösserung der Drehungsgeschwindigkeit auf die Stellung der Nadel nunmehr ohne Einfluss bleibt. Man lässt deshalb bei Ausführung eines Versuches die Maschine durch einen Gehülfen in rasche Drehung versetzen und legt den Brückendraht erst dann auf den Messdraht, wenn die Zahl der Wechsel die erforderliche Grösse erreicht oder überschritten hat. — Ist das Galvanometer recht empfindlich, so erhält man den Widerstand bis auf 1 % genau. Als Elektroden genügen für viele Flüssigkeiten amalgamierte Zinkplatten.

Ausser den von Herrn SZYMANSKI angegebenen Versuchen kann man mit dem Apparat noch die Abhängigkeit des Widerstandes von der Concentration zeigen. Wenn man einer verdünnten Salzlösung ein gleiches Volumen destillierten Wassers zusetzt, so



wird der Widerstand nahezu verdoppelt. Für verdünnte Kochsalzlösung zwischen Platin-elektroden wurden in diesem Falle die Widerstände 20,0 Ohm und 39,1 Ohm gefunden.

Die in der Figur mit  $m$  und  $n$  bezeichneten Drähte schraubt man ein, wenn man mit dem Apparat die gewöhnlichen Versuche machen will.

### Über den Nutzen eines drehbaren Tisches bei physikalischen Versuchen.

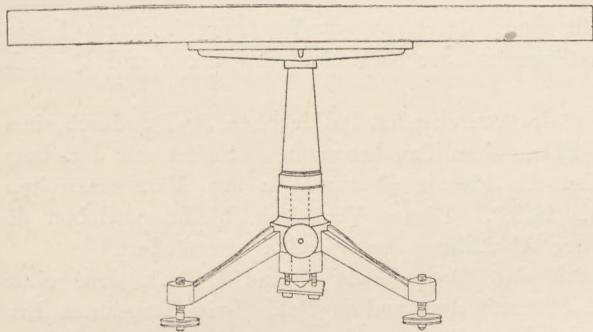
Von Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald.

Die folgenden Zeilen sollen auf einen Umstand hinweisen, dessen Beachtung bei manchen Versuchen und bei der Besprechung von Apparaten oft nicht unwesentlich ist.

In vielen Fällen kann man den Verlauf eines Versuches nur dann vollständig verfolgen, wenn man denselben von einer bestimmten Richtung aus beobachtet. Dies ist bei einer grösseren Zahl von Schülern, welche einen breiten Klassenraum vor dem Experimentiertisch anfüllen, nicht immer zu erreichen.

Ferner ist es bei der Erklärung mancher Apparate (z. B. einer Influenzmaschine) notwendig, dieselben von der Vorder- und von der Rückseite zu zeigen. Handelt es sich um einen schwereren Apparat oder um einen Versuch, bei welchem mehrere Apparate neben einander aufgestellt und mit einander verbunden sind, oder endlich um einen Apparat, der sorgfältig mit Stellschrauben eingestellt werden muss, so ist eine Drehung oder Umstellung im ersten Fall recht unbequem, in den anderen Fällen ohne erheblichen Zeitverlust unmöglich.

Aus diesem Grunde benutze ich seit längerer Zeit für derartige Versuche einen



runden Tisch von 80—100 cm Durchmesser, der leicht um eine vertikale Axe gedreht werden kann. Anfänglich habe ich mich in dieser Beziehung mit einer ziemlich primitiven Vorrichtung beholfen, deren Herstellung keine erheblichen Kosten verursacht, wenn man darauf verzichtet, dass die Platte bei der Drehung genau horizontal bleibt.

Vor kurzem hat die Firma Warmbrunn & Quilitz in Berlin nach meinen Angaben einen drehbaren Tisch angefertigt, der auch in dieser Beziehung allen Anforderungen genügt. Die Einrichtung desselben ist aus der beistehenden Figur leicht zu entnehmen. Die Platte wird von einer eisernen Säule getragen, deren unterer, conischer Teil in einem Eisengestell steckt und auf einer an demselben durch zwei Schrauben befestigten horizontalen Platte ruht.

Hierdurch ist erreicht, dass sich die Säule leicht drehen lässt. Die Säule wird durch eine Schraube festgeklemmt. Drei Stellschrauben gestatten, den Tisch so einzustellen, dass die Platte horizontal, die Drehungsaxe vertikal ist. Die Tragfähigkeit des Tisches ist so gross, dass man ohne Bedenken ein kleineres Modell einer Dampfmaschine daraufstellen kann. Man ist dann im Stande, während der Erklärung der einzelnen Teile der Maschine, wobei man dieselbe durch Drehung in die jedesmal zweckmässigste Lage bringt, durch einen unter dem Kessel gesetzten Brenner Dampf zu entwickeln und die Maschine in Thätigkeit zu setzen und zu erhalten.

Von besonderem Nutzen ist der Tisch bei verschiedenen optischen Versuchen. Man kann ihn dann mit einer groben, am Rand zu befestigenden Kreisteilung versehen und davor eine feste Marke anbringen, so dass er in manchen einfacheren Fällen einen Teilkreis ersetzen kann.

## Erwärmung des Leitungsweges durch den elektrischen Strom.

Von Prof. W. Weiler in Esslingen.

Der im Folgenden beschriebene Apparat ist eine Abänderung des Fosterschen; er dürfte sich zur wohlfeilen Selbstanfertigung eignen.

A. Der Apparat. *A* und *B* sind Gläser, wie man sie beim Bezug von Ätzkali aus den Apotheken erhält; Höhe 15 cm, Weite 5 cm. Durch die wohl ausgesuchten Korke gehen die umgebogenen Glasrohrstücke *G'* und *G''*, die doppeltgebogenen Glasröhren *R'* und *R''*; diese Röhren haben einen äusseren Durchmesser von 6 mm, *R'* und *R''* sind von derselben Röhre genommen; ferner je zwei 1 mm dicke Kupferdrähte *K'* *K''* und *K'''* *K''''*, an welche sehr feine Eisen- oder Nickelin- oder Platindrähte angelötet sind; die Spirale *Sp''* ist annähernd doppelt so lang als *Sp'*; beim nachträglichen Messen fanden sich ihre Widerstände, wenn in die Polklemmen *P'* *P''* und *P'''* *P''''* eingesetzt wurde, zu 1,3 u. 2,7  $\Omega$ .

An die Manometerröhren sind mittels gebleichtem Schellack Pauspapierstreifen angeklebt; die Skala wurde in halbe cm eingeteilt, mit Tusche ausgezogen und mit sehr dünnflüssigem gebleichtem Schellack bestrichen.

Zur sicheren Dichtung wurden die Korke mit dickflüssigem Schellack ganz bedeckt. Die Gläser sind mit dickflüssigem Schellack auf das Grundbrett gekittet. Die Glasrohrstücke *G'* *G''* werden, nachdem die Manometerröhren etwa bis zur Mitte (hier 5) mit gefärbtem Wasser oder Glycerin durch Eingiessen mittels sehr fein ausgezogener Glasrohre gefüllt sind, durch abgerundete, angefeuchtete Lederstopfen oder plastisch bleibenden Modellirwachs oder Kautschukrohrstücken und Quetschklemmen geschlossen.

B. Versuche. 1. Verbinde die rückwärtsstehenden Polklemmen *P''* *P'''* durch einen Kupferdraht und *P'* und *P''''* mit den Polen eines Tauchelementes. Sofort mit dem langsamen Eintauchen der Elektroden steigt die Flüssigkeit rasch in den Manometerröhren und zwar in *R''* doppelt so hoch als in *R'*. Dieses Verhältnis bleibt, nachdem die Elektroden wieder gehoben sind, bei der Abkühlung der Spiralen unverändert.

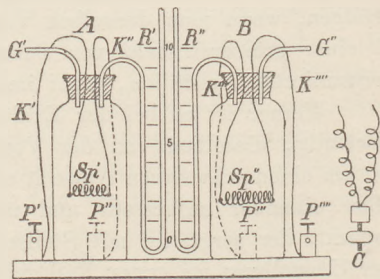
2. Verbinde *P''* und *P'''* durch den Doppeldraht *C* und *C'* mit dem einen Pol des Elements und ebenso *P'* und *P''''* mit dem andern Pol. Beim langsamen Eintauchen der Elektroden steigt die Flüssigkeit in *R'* doppelt so hoch als in *R''* und dieses Verhältnis bleibt nach dem Ausheben der Elektroden während der Abkühlung wieder dasselbe.

C. Folgerungen. 1. Ein Gas dehnt sich unter constantem Druck bei einer bestimmten Temperaturerhöhung um einen bestimmten Teil seines Volumens aus; in *R''* hat, weil die Steigung der Flüssigkeit die doppelte von der in *R'* war, die doppelte Ausdehnung stattgefunden; also ist von demselben Strom in der Spirale mit dem doppelten Widerstand die doppelte Wärmemenge erzeugt worden; demnach ist die erzeugte Wärme dem Widerstand proportional.

2. Durch den doppelten Widerstand *Sp''* ging nur halb so viel Strom als durch den einfachen von *Sp'*; aber die Flüssigkeit ist in *R'* doppelt so hoch gestiegen als in *R''*; somit hat der halbe Strom in dem doppelten Widerstand nur halb so viel Wärme erzeugt als der ganze Strom im einfachen Widerstand; demnach wächst die Wärmemenge mit dem Quadrat der Stromstärke.

3. Beide Ergebnissé, in Formel dargestellt, geben  $Wm = S^2.w$ . Man achte auf die verschiedene Schaltung des Stromes in beiden Versuchen!

Jeder Versuch beansprucht nicht über eine Minute Zeit und die Verbindung der Drähte auch nicht mehr. — Für den Unterricht würde man Gläser von etwa 1 Liter Inhalt, weitere Manometerröhren, etwa doppelt so grosse Widerstände und ein Doppel-Element wählen.





## Ein Versuch über die Ausdehnung und Zusammenziehung von Metallen.

Von J. G. van Deventer in Batavia (Niederl. Indien).

Zwei Metallstäbe *A* und *B* werden auf gleicher Höhe horizontal festgeklemmt, so dass die freien Enden etwa  $\frac{1}{2}$  mm von einander entfernt sind. Von *A* geht ein Draht nach einem Leclanché, von diesem nach einer elektrischen Klingel und von dieser nach dem Stabe *B*. Wenn *A* nun mittelst eines Bunsenschen Brenners erwärmt wird, so entsteht alsbald Contact zwischen *A* und *B*, was durch die Klingel angezeigt wird. Lässt man *A* darauf sich abkühlen, so hört das Klingeln bald wieder auf, woraus hervorgeht, dass Zusammenziehung stattgehabt hat.

Auf ähnliche Weise zeige ich, dass sich ein Metall mehr ausdehnt als ein anderes, wenn beide gleich stark erhitzt werden. Anstatt eines Stabes *A* nehme ich einen Stab *A'*, der aus zwei der Länge nach aneinander gelöteten Stäben Zink und Kupfer besteht. Ich klemme *A'* mit dem Zink unten wieder horizontal fest und Sorge dafür, dass sich Stab *B* in kurzer Entfernung über *A'* befindet. Wird *A'* erwärmt, so ertönt die Klingel sehr bald, weil *A'* sich nach oben gekrümmt hat, was ein Beweis ist, dass sich das Zink mehr ausgedehnt hat als das Kupfer. Hört man mit der Erwärmung auf, so endet auch das Klingeln bald.

Auf welchem Wege man nachweisen kann, dass beim Abkühlen Zink sich mehr zusammenzieht als Kupfer, ist klar. Man dreht nur den Stab *A'* um, so dass das Zink oben ist und befestigt ihn wieder in der nämlichen Weise. Lässt man nun ein wenig Äther auf *A'* verdunsten, so ertönt wiederum die Klingel.

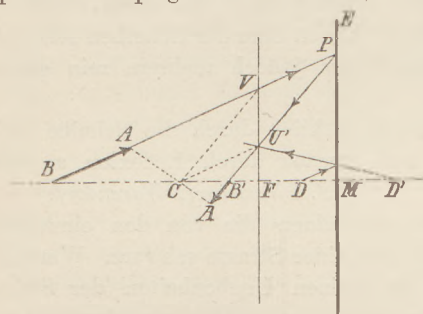
Die zuerst genannte Probe könnte natürlich als Feuersignal verwendet werden und die zweite um anzukündigen, dass in irgend einer Lokalität die Temperatur bis zu einer gewissen Grenze gesunken ist. Auch kann die erwähnte Methode vielleicht zur Bestimmung von Ausdehnungskoeffizienten dienen und wenn diese als bekannt vorausgesetzt werden, umgekehrt zur Feststellung hoher Temperaturen.

## Zur Behandlung der Reflexion an Kugelflächen.

Bemerkung zu dem Aufsatz von G. Helm.

Von Professor R. Henke in Dresden.

Das von Professor G. HELM angegebene Verfahren, zu einem Strahl, der auf eine sphärische Spiegelfläche *E* fällt, den reflektierten Strahl zu construieren (*d. Zeitschrift*



*Jahrg. V, Heft 3, S. 131*), gestaltet sich etwas einfacher, wenn man beachtet, dass *F* das Bild des unendlich fernen Punktes von *CM* ist und die in *F* zu *CM* normale Ebene die Bilder aller unendlich fernen Punkte enthalten muss. Verlängert man also *AB* bis zum Durchschnitt mit *E* in *P* und zieht durch *C* zu *AB* die Parallele, welche die Normalebene durch *F* in *U'* schneidet, so ist *U'* das Bild des unendlich fernen Punktes von *AB*, mithin *PU'* der reflektierte Strahl.

Der Schnittpunkt desselben mit *CM* giebt *B'*, das Bild von *B*, und der Schnittpunkt mit *CA* giebt *A'*, das Bild von *A*.

Oder: Der Schnittpunkt *V* von *AB* mit der Normalebene durch *F* ist derjenige Punkt von *AB*, dessen Bild unendlich fern liegt; verbindet man daher *C* mit *V*, so muss *PU'* parallel zu *CV* sein.

Denkt man sich verschiedene zu *AB* parallele Strahlen einfallen, so dass *CU'* dasselbe bleibt, so kann man die Lage der Bilder zu verschiedenen Punkten der optischen Axe geometrisch am leichtesten veranschaulichen. Zum Beispiel wenn ein Strahl von einem Punkte *D* innerhalb der Brennweite *FM* einfällt, so sieht man, dass der reflektierte Strahl mit der Axe divergiert, dass also ein virtuelles Bild *D'* entsteht.

## Ein Versuch von P. G. Tait über das Verhalten von Eisenfeile auf einer schwingenden Platte unter der Einwirkung eines Magneten.

Mitgeteilt von Professor E. Wiedemann in Erlangen.

Ich erlaube mir den folgenden kaum bekannten Versuch Tait's aus *Proc. Edinb. Roy. Soc.* 5. p. 444. 1864/65 mitzuteilen, der besonders in seiner einfachen Erklärung sehr anregend ist. Streut man (etwa wie bei den Versuchen von Chladni) Eisenfeilspähne auf eine in lebhaften Schwingungen befindliche Messingplatte und zwar in der Nähe eines Bauches und hält über die Platte einen Magneten, so werden die Eisenfeilspähne sich nicht mehr über die Platte hin zerstreuen, sie drängen sich vielmehr unter dem Magneten zusammen. Hält man den Magneten unter die Platte, so zerstreuen sie sich schnell nach allen Seiten. Wendet man einen zu starken Magneten an oder hält ihn zu nahe unter die Platte, so werden die Eisenfeilspähne zunächst dem Magneten nicht zerstreut.

Die Erklärung der Erscheinung ist die folgende:

Die Feilspähne suchen sich mit ihren Längsrichtungen in die magnetischen Kraftlinien zu stellen; ihre oberen Enden sind daher, wenn der Pol sich über der Platte befindet, nach innen gerichtet, so dass die Bewegung der Platte im Verein mit der magnetischen Anziehung sie rasch nach dem Punkt unmittelbar unter dem Pol führt. Ist der Pol unterhalb, so divergieren die oberen Enden vom Pol und die Bewegung treibt sie nach aussen, falls nicht die magnetische Anziehung zu gross ist.

## Physikalische Aufgaben.

### Denkaufgaben.

5. An einem sechsseitigen polierten Bleistift reflektiert sich Sonnenlicht und bildet auf einer ebenen Fläche, gegen welche der Stift normal gehalten wird, drei von der Berührungsstelle von Stift und Fläche unter Winkeln von  $120^\circ$  ausgehende Lichtstreifen. Warum? — Dreht man den Stift um seine Axe, so scheint je einer der Streifen auf der einen Seite des Schattens, den der Stift auf die Fläche wirft, einzutreten und auf dessen andere Seite unverändert auszutreten. Ist es „derselbe“ Streifen? A. Höfler, Wien.

6. Die Kolossalstatue des Jupiter Ammon tönte bei Sonnenaufgang. Sie verstummte, als die vielen Risse an ihr ausgebessert worden waren. Warum? [Aufsteigender Luftstrom beim Erwärmen — Vergleich mit der Wirkung des Violinbogens]. E. Maiss, Wien.

7. Eine Veranda ist mit bunten Fenstern geziert. Durch eine der Scheiben sehe ich die Gebüsche des Gartens glühend rot gefärbt, dazwischen jedoch mehrere rein grüne Zweige. Wie erklärt sich letzteres?

Antwort: Die roten Zweige sind solche, die ich wirklich durch die Scheibe hindurch sehe; die grünen befinden sich hinter mir und werden durch Reflexion an der Vorderfläche des Glases sichtbar. J. Plassmann, Warendorf.

8. Bei beginnendem oder spärlichem Regen erscheinen die von den einzelnen Tropfen benetzten Teile des Erdbodens oder der Steinplatten einer Strasse schwarz. Warum?

Andeutung: Die Benetzung bewirkt, dass die kleinen Unebenheiten der Steinplatten ausgefüllt werden und dass somit die benetzte Stelle eine vollkommen ebene Oberfläche erhält. Diese reflektiert das auffallende Licht nur nach einer Richtung, während die trockene Fläche es nach allen Richtungen zerstreut. (Vgl. GALILEI, Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, deutsch von Strauch, Teubner 1892, S. 103). M. Koppe.

9. Das Ausschwitzen der Petroleumlampen ist daher zu erklären, dass sich Petroleum vom Brenner aus durch Capillarwirkung auf der Oberfläche der Lampen ausbreitet. Dagegen ist geltend gemacht worden, der feuchte Niederschlag sei völlig geruchlos, könne also kein Petroleum sein. Wie ist dieser Widerspruch aufzuklären? — Die auf der Oberfläche der Lampe niedergeschlagene Flüssigkeit besteht nur aus dem hochsiedenden, schwerflüchtigen Bestandteil des Petroleums, während die flüchtigeren, stark riechenden Bestandteile am Brenner verdunstet sind. (Nach „Prometheus“ 1891, No. 111.)



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Ein einfaches Hydrometersimulacrum.** Von ALOIS HANDL. Die Einrichtung des Apparates beruht auf dem Grundsatz, dass die Höhen, bis zu welchen zwei Flüssigkeiten unter dem gleichen Drucke ansteigen, den spezifischen Gewichten derselben umgekehrt proportional sind. Dieser Grundsatz ist bereits mehrfach zur Herstellung von Apparaten zur Dichtenbestimmung von Flüssigkeiten verwendet worden, aber immer nur in der Weise, dass die beiden Röhren, welche die zu untersuchende und die Vergleichsflüssigkeit (Wasser) aufnehmen sollen, fest mit einander verbunden sind. (Vgl. G. Quincke, *diese Zeitschr.* V 115.) Infolge dessen ist die Reinigung und das Austrocknen eines solchen Apparates nach Durchführung einer Messung ziemlich umständlich und kann leicht zu einer Beschädigung des ganzen Apparates führen. Diese Gefahr kann beseitigt werden, indem man die beiden Röhren nicht fest, sondern durch einen Kautschukschlauch von passender Länge mit einander verbindet.

Die verwendeten Beobachtungsrohre („Steigrohre“) sind gerade, ungefähr 300 mm lange Glasrohre von 5 bis 10 mm lichter Weite, mit zwei, genau 200 mm von einander entfernten, in das Glas eingezätzten ringförmigen Marken versehen, deren untere etwa 20 mm vom unteren Ende des Rohres absteht. Das obere Ende ist etwas verengt ausgezogen, so dass ein enger Kautschukschlauch leicht aber luftdicht aufgesteckt werden kann. Das zweite Ende des Kautschukschlauches ist unmittelbar an ein Glasrohr („Messrohr“) angesteckt, welches zugleich zur Luftverdünnung und zur Druckmessung dient. Dasselbe hat 15 bis 20 mm Durchmesser im Lichten, beiläufig 500 mm Länge, und ist mit einer besonderen Teilung versehen. Es wird von einem Träger derart gehalten, dass es in lotrechter Stellung bis nahe an sein oberes Ende in einen mit Wasser gefüllten Glaseylinder von mässiger Weite, wie solche bei Aräometerbeobachtungen gebraucht werden, eingetaucht und dann aus dieser Stellung bis zu entsprechender Höhe emporgehoben werden kann.

Zum Zwecke einer Beobachtung wird das Messrohr möglichst tief in das Wasser eingesenkt und das Steigrohr, ebenfalls von einem Träger in lotrechter Stellung gehalten, in die zu untersuchende Flüssigkeit so tief eingetaucht, dass die äussere Oberfläche derselben mit der unteren Marke zusammenfällt. Sodann wird das Messrohr so weit emporgehoben (Fig. 1), bis die zu untersuchende Flüssigkeit im Steigrohr genau bis zur oberen Marke angesaugt ist. Wenn dabei eine merkliche Senkung des äusseren Flüssigkeitsspiegels stattfindet, was bei engen Gefässen und weiten Steigrohren eintritt, so muss das Steigrohr noch um so viel herabgesenkt werden, dass dessen untere Marke wieder genau mit der äusseren Flüssigkeitsoberfläche zusammenfällt.

Ist diese Einstellung geschehen, so hat man nur die Höhe der im Messrohre gehobenen Wassersäule abzulesen; ist dieselbe  $h$  mm, das spezifische Gewicht der untersuchten Flüssigkeit  $S$ , das des Wassers  $s$ , so ist  $200 S = h s$ . Noch einfacher ist es, auf dem Messrohre zwar eine Teilung in Millimeter anzubringen, aber die Bezifferung derselben so einzurichten, dass je 2 mm als 0,01 abgelesen werden, wie Fig. 2 in  $\frac{3}{4}$  der natürlichen Grösse zeigt. Dann findet man die Dichte der untersuchten Flüssigkeit unmittelbar, indem man am Messrohre die Stellung des unteren (äusseren) und des oberen (inneren) Wasserspiegels abliest, und die zweite Ablesung von der ersten abzieht. Bei genauen Messungen ist noch der Einfluss der Kapillarität und die Temperatur des Wassers in Rechnung zu ziehen.

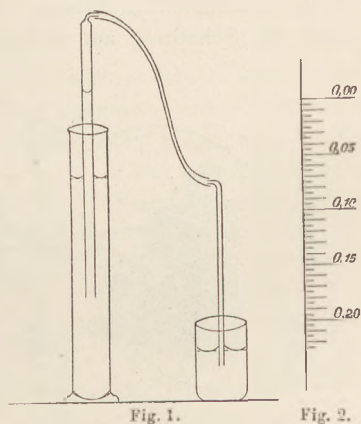


Fig. 1.

Fig. 2.

Die verschiedenen Arten selbstthätiger Stromunterbrecher. Von DVORÁK. (*Wied. Ann.* 44. 344—376; *Zeitschr. für Instrumentenkunde*, XI, 423—439 und XII, 197—198).

Die frühere Theorie des Wagnerschen Hammers war verfehlt, weil sie keinen Ersatz für die durch äussere Widerstände verursachten Verluste an lebendiger Kraft nachwies. Aus der magnetischen Anziehung zwischen Eisenkern und Anker lässt sich ein solcher Ersatz nur dann folgern, wenn man mit RAYLEIGH annimmt, dass bei jeder Schwingung die Herstellung des physischen Kontakts sich ein wenig gegen den geometrischen Kontakt verspäte. Bei dem Siemensschen Läutewerk ist durch besondere mechanische Einrichtungen eine solche Kontaktverspätung um fast ein Viertel der Schwingungsdauer erzielt. Gewöhnlich trägt jedoch die durch den Eisenkern verstärkte Selbstinduktion der Spirale und daneben die Verspätung des Magnetismus, die sich vielleicht auf Induktionsströme in der Eisenmasse zurückführen lässt, das Meiste zur Erhaltung der Schwingungsamplitude bei. Dvorák sucht die Theorie unter Berücksichtigung aller dieser Punkte zu entwickeln, und prüft experimentell die gewonnenen Resultate. Hervorzuheben ist, dass er die zeitliche Ausdehnung des Öffnungs- und Schliessungs-Extra-Stroms in Rechnung zieht, die Dauer derselben ist der Zeitconstante  $\tau = L/R$  proportional, wo  $L$  den Selbstinduktionscoefficienten,  $R$  den Widerstand der Leitung bedeutet, und es kann bei schnellen Schwingungen sehr wohl vorkommen, dass die Zeit  $\tau$  etwa den Wert der Schwingungsdauer erreicht. Für langsame Schwingungen wird es jedoch ausreichen, die Extraströme als momentane Induktions-Stösse aufzufassen, wie es in dieser Zeitschrift (II 232) geschah<sup>1)</sup>. Die ganze von dem Extrastrom beförderte Elektrizitätsmenge ist  $= \tau J$ , wenn  $J$  die Stärke des primären Stroms bezeichnet. Die auf den Anker in jedem Augenblick wirkende Kraft ist proportional dem Quadrate des in Folge der Induktion variablen Gesamtstroms und hängt ausserdem von der Entfernung zwischen Anker und Magnetpol ab. Dieser verwickelte Zusammenhang kommt angenähert durch eine Figur zum Ausdruck, welche den Wert der Anziehung als Funktion der Zeit während des Verlaufs einer Schwingung darstellt. Aus der hierauf begründeten Theorie wird gefolgert, dass es zur Erhaltung ausgiebiger Schwingungen erforderlich ist, den Öffnungs-Extra-Strom zu voller Wirkung kommen zu lassen, was durch Zweigleitungen, durch den Extra-Strom-Fänger, durch die Schaltung auf Selbstausschluss und noch andere von dem Verfasser getroffene

Einrichtungen sich erreichen lässt, über die zum Teil schon in dieser Ztschr. (II 236) berichtet ist.

Sie suchen sämtlich die Zeitconstante  $\tau$  für den Öffnungsstrom dadurch zu vergrössern, dass ihm eine Leitung von mässigem Widerstande  $R$  dargeboten wird, während bei der gewöhnlichen Einrichtung dieser Widerstand schnell auf  $\infty$  wächst. Andererseits darf aber die Zeitconstante der Extra-Ströme auch nicht zu gross werden, der

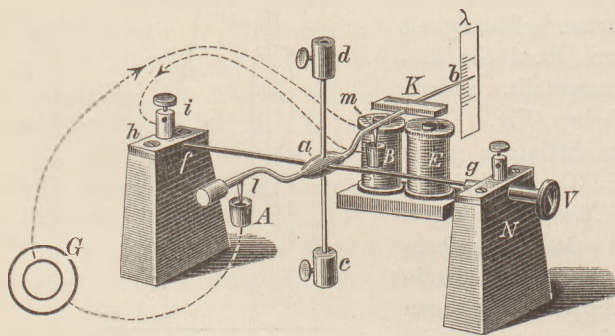


Fig. 1.

passendste Wert ist von der Schwingungsdauer abhängig und durch Versuche in jedem Fall zu ermitteln. Diese Resultate werden an einem Wagnerschen Hammer von sehr geringer Dämpfung (Fig. 1) untersucht, dessen Schwingungen auf der Torsions-Elastizität einer wagerecht ausgespannten Messingseite beruhen. Ein in der Mitte dieser Seite senkrecht zu ihr befestigter Messingstab kann nach Art eines Wagebalkens auf- und abspringen und trägt auf beiden Seiten des Drehpunkts Platinspitzen ( $l$ ,  $m$ ) zur Herstellung von Quecksilber-Kontakten, ferner am Ende des einen Arms den Anker ( $K$ ). Die Schwingungsdauer lässt sich durch Verschieben von Gewichten  $c$ ,  $d$ ) auf einem an den Schwingungen teilnehmenden

<sup>1)</sup> M. Koppe, Über den Wagnerschen Hammer und die Erhaltung von Schwingungen.



Querstab regulieren, die Amplitude kann an einer Skala genau gemessen werden. Dvořák betrachtet diesen Unterbrecher als einen von Wechselströmen getriebenen Motor und sucht den Nutzeffekt desselben zu bestimmen. Aus der bei Abstellung des Stromes zu beobachtenden Dämpfung der Schwingungen berechnet er, dass die Erhaltung derselben pro Sekunde eine Arbeit von etwa 23000 Erg, oder einen Effekt von 0,0023 Watt erfordert. Diesen vergleicht er mit dem Gesamt-Effekt des von einem Daniell gelieferten, zum Betriebe des Hammers verwandten Stromes, der sich = 0,25 Volt-Ampère oder Watt ergibt. Es wird also nur  $\frac{1}{100}$  der elektrischen Energie mechanisch verwertet.

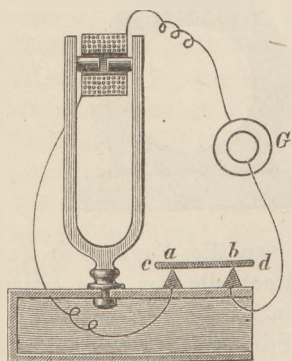


Fig. 2.

umfasste, sie ist für höhere Schwingungszahlen ungeeignet, weil die Zeitconstante solcher Elektromagneten zu gross ist. Man verwendet daher jetzt kurze gerade Magnete, die zwischen den Zinken stehen, und es empfiehlt sich, als Kerne nicht

Cylinder, sondern schmale Eisenplatten zu benutzen. Man kann auch die beiden Zinken in das Innere einer Drahtspule frei hineinragen lassen, so dass sie sich bei

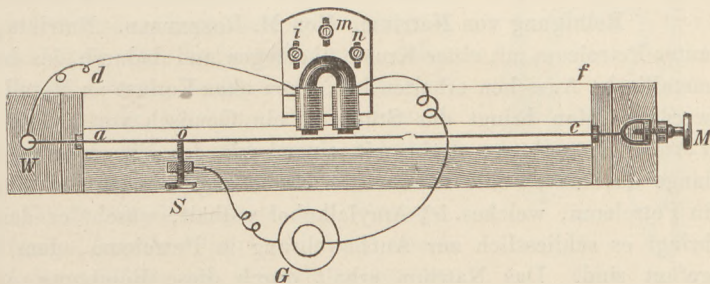


Fig. 3.

jedem Stromschluss gleichartig magnetisieren und sich abstossen, ferner können auch zwei von den Zinken nach innen gerichtete und den Abstand derselben fast überbrückende Querarme mit einer gemeinschaftlichen Spirale umgeben werden (Fig. 2), so dass sie sich

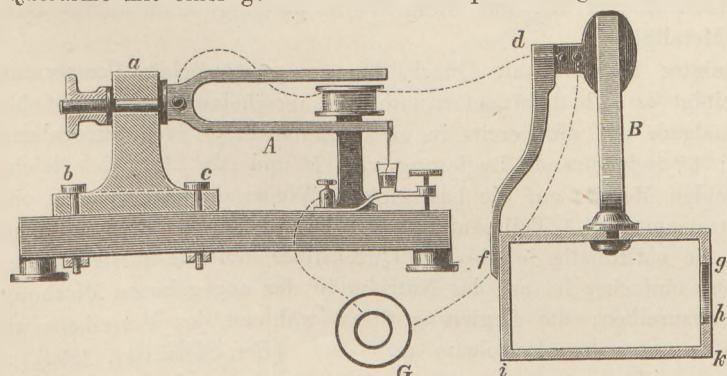


Fig. 4.

mit entgegengesetzten Polen während des Stromschlusses anziehen. Statt des Platin- oder Quecksilber-Kontaktes, der von der einen Zinke der Stimmgabel geöffnet und geschlossen wird, kann ein aus zwei Kohlestäbchen bestehendes und an dem Resonanzkasten befestigtes Mikrophon dienen, dessen Erschütterungen

sich von selbst so regulieren, dass die Unterbrechungen des Stromes in passenden Augenblicken erfolgen.

Ähnlich werden in dem EISENMANNschen elektrophonischen Klavier einige am Resonanzboden befestigte Mikrophone verwandt, um die über den einzelnen Stahlsaiten angebrachten Elektromagnete mit passendem intermittierendem Strom zu versehen, sobald diese oder jene Saite angeschlagen ist.

Um Stahlsaiten mit direkter Unterbrechung, ohne Mikrophon, schwingen zu lassen, bringt man den Elektromagneten über der Mitte, die Kontaktschraube dicht unter der Saite nahe dem einen Befestigungspunkt an (Fig. 3). Die Tonhöhe entspricht dann nicht der ganzen Länge der Saite, sondern der Länge des von der Kontaktschraube begrenzten grösseren Abschnitts.

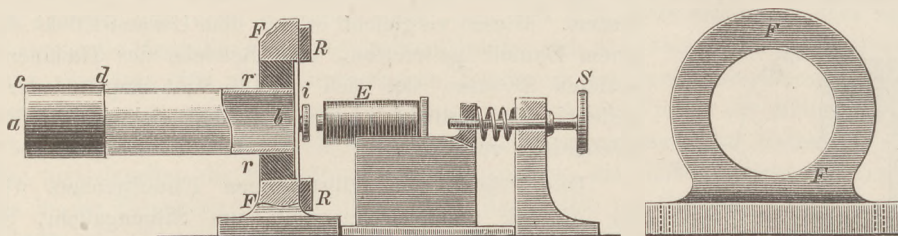


Fig. 5.

Will man sehr starke Töne hervorbringen, so verteilt man die Funktionen des Stromunterbrechers und der Tonquelle auf zwei schwingende Körper, die von dem ersten hervorgebrachten Stromschwankungen erregen den Elektromagneten für den zweiten Körper, der selbst keinen Kontakt trägt. Der Unterbrecher ist eine Stimmgabel, der tönende Körper kann gleichfalls eine solche sein (Fig. 4), oder auch ein am Rande zwischen zwei feste Ringe geklemmtes Eisenmembran (Fig. 5), welches sich dicht vor der Mündung einer Röhre befindet und durch Resonanz die Luftsäule derselben in Schwingungen versetzt.

**Reinigung von Natrium.** Von M. ROSENFELD. Natrium, das sich bei Aufbewahrung unter Petroleum mit einer Kruste überzogen und dadurch das bekannte unansehnliche nicht-metallische Aussehen erhalten hat, kann ohne Verlust an Metall auf folgende Weise gereinigt werden. Man bringt das Stück in ein Gemisch von 1 Teil Amylalkohol und 3 Teilen Petroleum, reibt es darin mit einem mit der Flüssigkeit gut durchtränkten Lappen so lange ab, bis es eine silberweisse Farbe angenommen hat, legt es nachher für kurze Zeit in Petroleum, welches 5% Amylalkohol enthält, wäscht es dann mit reinem Petroleum und bringt es schliesslich zur Aufbewahrung in Petroleum, dem 0,5 bis 1% Amylalkohol zugefügt sind. Das Natrium erhält durch diese Reinigung ein sehr schönes, metallisch glänzendes Aussehen und zeigt nach einiger Zeit an der Oberfläche krystallinische Zeichnung. Nach längerem Aufbewahren überzieht sich das Metall mit einer gelblichen durchscheinenden Hülle von Natriumamylat, die sich jedoch leicht durch Abreiben mit Filtrierpapier entfernen lässt. Auch *K* und *Li*, auf diese Weise gereinigt und aufbewahrt, behalten lange Zeit ihren Metallglanz.

Wird derart gereinigtes Natrium mit Quecksilber in gewöhnlicher Temperatur zusammengebracht, so vereinigt es sich damit sofort unter Feuererscheinung. Es empfiehlt sich daher, das Natriumamalgam auf die bereits in dieser Zeitschr. (V 142) angegebene Art darzustellen. Die bei 6° schmelzende Legierung von *K* und *Na* lässt sich leicht erhalten, wenn man die beiden Metalle auf die beschriebene Weise reinigt, dann in ein Gemisch von 9 Teilen Petroleum und 1 Teil Amylalkohol einträgt und darin so lange gegen einander presst, bis sie vollständig in die dem Quecksilber ähnliche flüssige Legierung verwandelt sind. Noch einfacher ist es, das Natrium in der angegebenen Mischung mit einem Stück Kalium abzureiben; die Legierung fliesst während des Verreibens ab und sammelt sich in Tropfen unter dem Petroleum an. (Ber. Chem. Ges. 1891).

**Verwendung von Leinöl zu Wärmeversuchen.** Das Leinöl hat vor den sonst zu Wärmebädern über 100° verwandten Flüssigkeiten den Vorzug, dass es erst über 300° in stärkerem Maasse zu verdampfen anfängt, während die anderen Substanzen schon um 200° herum unerträglich werden. Etwas störend ist nur die Färbung des Leinöls, die noch dazu mit der Zeit immer dunkler wird; auch entflammt es sich bei etwa 400°.

(Thermometrische Mitteilungen von B. WALTER, Ztschr. f. Instrumentenk. XII, 344, 1892).



## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Mechanische Dehnung von Flüssigkeiten, experimentelle Bestimmung der Dehnbarkeit des Aethyl-Alkohols.** Von WORTHINGTON. (*Phil. Trans. R. S. London. 183 A, 355. 1892.*) Berthelot hat ein Verfahren angegeben (*Ann. de chim. et de phys. (3). 30. 232. 1850*), nach welchem man bei Flüssigkeiten eine Dilatation durch Zugkräfte hervorrufen kann. Er schmolz in eine Kapillarröhre soviel von der durch Auskochen luftfrei gemachten Flüssigkeit ein, dass bei mässigem Erwärmen das Gefäß vollständig mit derselben gefüllt war. Bei dem darauf folgenden Erkalten blieb vermöge der Adhäsion der Glaswandung das Gefäß gefüllt, erst durch Erschüttern des Rohrs wurde der Spannungszustand der Flüssigkeit aufgehoben, dadurch dass dieselbe an einer Stelle von der Gefäßwand zurücktrat und eine Dampfblase bildete. Worthington hat diese Methode dadurch verbessert, dass er mit dem dickwandigen cylindrischen Gefässe, in welchem sich die zu untersuchende Flüssigkeit befand, zwei Vorrichtungen verband, von denen die eine den in dem Gefässe herrschenden negativen Druck, die andere die entsprechende Dilatation der Flüssigkeit zu messen gestattete. Das Manometer hatte die Form eines Quecksilberthermometers mit sphäroidischem Gefäß, welches durch den Druck eine Deformation und daher auch eine Volumänderung erfuhr, deren Betrag aus dem Stande der Quecksilberkuppe im Kapillarrohr bestimmt werden konnte. Dieses Manometer, das durch eine hydraulische Presse kalibriert wurde, war mit seinem Gefäß in einen Glaskolben (Fig. 1) eingeschmolzen, dessen unteres Ende mit dem oberen des Versuchscylinders *c* durch eine Sförmige Kapillare in Verbindung stand. Das untere Ende des Cylinders lief in ein Uförmig gebogenes langes Kapillarrohr *r* aus, an welchem die Volumzunahme der Flüssigkeit gemessen wurde.

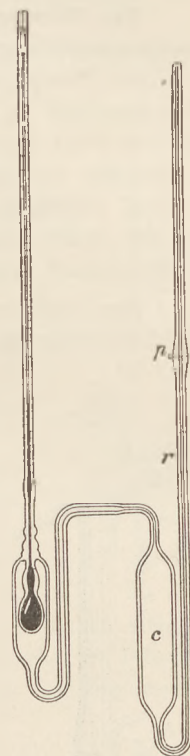


Fig. 1.

Zum Zweck der Füllung des Apparates mit luftfreier Flüssigkeit wurde dieses Kapillarrohr an ein Glasgefäß *g* (Fig. 2) angeschmolzen, welches in ein Rohr von Barometerlänge auslief, dessen

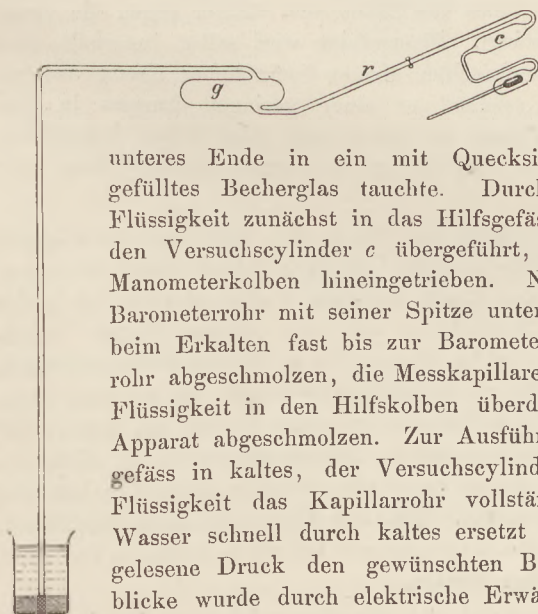


Fig. 2.

unteres Ende in ein mit Quecksilber und der zu prüfenden Flüssigkeit gefülltes Becherglas tauchte. Durch Erwärmen und Abkühlen wurde die Flüssigkeit zunächst in das Hilfsgefäß *g* gebracht, darin ausgekocht, dann in den Versuchscylinder *c* übergeführt, wieder ausgekocht und endlich in den Manometerkolben hineingetrieben. Nach Füllung des Apparats wurde das Barometerrohr mit seiner Spitze unter das Quecksilber getaucht, welches darin beim Erkalten fast bis zur Barometerhöhe emporstieg, sodann das Barometerrohr abgeschmolzen, die Messkapillare *r* soweit erwärmt, dass die überschüssige Flüssigkeit in den Hilfskolben überdestillierte und auch der Hilfskolben vom Apparat abgeschmolzen. Zur Ausführung des Versuches wurde das Manometergefäß in kaltes, der Versuchscylinder in warmes Wasser getaucht, bis die Flüssigkeit das Kapillarrohr vollständig anfüllte. Dann wurde das warme Wasser schnell durch kaltes ersetzt und gewartet, bis der am Manometer abgelesene Druck den gewünschten Betrag erreicht hatte. In diesem Augenblicke wurde durch elektrische Erwärmung eines Platindrahtes *p*, welcher die Mitte der Messkapillare durchsetzte, der labile Spannungszustand der Flüssigkeit aufgehoben und die in der Kapillare entstandene Dampfblase gemessen. Es gelang

auf diese Weise die Dilatation des Alkohols bis zu einem Drucke von  $-17$  Atm. zu verfolgen und es ergab sich, dass der Volumen-Elastizitätscoefficient des Alkohols für Compression und Expansion zwischen  $+12$  und  $-17$  Atmosphären constant ist.

H. R.

**Die Tonerregung in Labialpfeifen.** Eine von der batavischen Gesellschaft der Experimentalphilosophie gekrönte Preisschrift von W. C. L. VAN SCHAIK (Rotterdam, bei W. J. van Hengel 1891 erschienen) beschäftigt sich mit der Untersuchung der Frage: „Was geschieht in der Nähe der Mundöffnung einer Pfeife mit dem Anblasestrom?“ Nach der einen der darüber vorhandenen Theorien entsteht am Labium ein Blasegeräusch, ein Complex von sogenannten Reibungstönen, woraus die Luft im Pfeifeninnern durch Resonanz diejenigen verstärkt, die mit den Tönen stärkster Resonanz übereinstimmen. Nach der andern erregt der erste Impuls eine stehende Luftschwingung von kurzer Dauer, die rückwirkend dem Anblasestrom die Periodizität erteilt.

Der Verfasser hat durch eine Reihe einfacher Versuche das Verhalten veränderlicher Luftströme in der Nähe fester Körper aufgeklärt. Anknüpfend an die Versuche von Venturi und Clément-Desormes über die Verminderung des Druckes in der Nähe eines Luftstromes findet er, dass ein Körper von prismatischer Gestalt, an einer elastischen Feder über einem Luftspalt angebracht, in starke Schwingungen senkrecht zum Luftstrom gerät. (Aërodynamisches Pendel.) Wird das Prisma von der vorangehenden zur hinteren Fläche durchbohrt und eine Öffnung der Bohrung mit einem Manometer verbunden (Fig. 1), so lässt sich nachweisen, dass stets an der vorangehenden Fläche eine grössere Druckverminderung herrscht. Die Ursache dieses Unterschiedes wird darin erkannt, dass der Luftstrom vor dem Körper seine volle Stärke besitzt, während auf der Hinterseite der durch den Körper gehindert gewesene Strom erst seine volle Stärke wieder gewinnen muss, also schwächer sein wird als auf der Vorderseite. Dazu kommt, wie Versuche mit Staub oder Flaumfedern zeigen, dass vor wie hinter dem Prisma Wirbelbewegungen auftreten, der Art, dass der Strom sich stärker gegen die vorangehende Fläche als gegen die hintere umbiegt. Demzufolge wird selbst innerhalb eines gleichmässigen Luftstroms ein an zwei senkrechten Armen befindliches Kreuz aus vier Prismen in drehender Bewegung erhalten, sobald es einen geringen Anstoss in einer Richtung erfahren hat. Auch wenn das Prisma an einem nach allen Seiten federnden Draht angebracht wird, ist seine Schwingung vorwiegend senkrecht zum Luftstrom gerichtet.

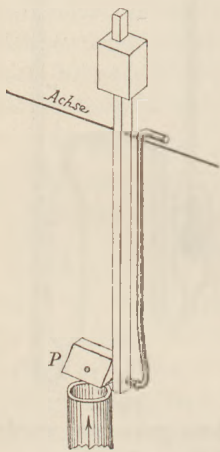


Fig. 1.

Hiernach bildet sich der Verfasser über das Wesen des Reibungstones folgende Vorstellung: Wenn ein bandförmiger Luftstrom gegen ein festes, ihm gerade entgegengesetztes Labium strömt, so wird er an der Kante gespalten und es werden auf beiden Seiten derselben zwischen den beiden Teilströmen und dem festen Körper Druckverminderungen entstehen. Der Luftdruck wird im allgemeinen auf beiden Seiten der Kante nicht genau gleich sein. Ist er z. B. links etwas kleiner als rechts, so wird der linke Teilstrom etwas mehr gegen die Fläche des Labiums gedrückt werden als der rechte, daher die Luft ein wenig mehr nach rechts ausweichen. Hierdurch wird aber wieder der rechte Teilstrom verstärkt, dadurch auf dieser Seite eine grössere Druckverminderung hervorgebracht, und der Vorgang kehrt sich um. Weil die hierbei stattfindenden Druckveränderungen Zeit erfordern, so werden die Schwingungen bei einem stärkeren Luftstrom rascher erfolgen, der Reibungston also höher werden.

Auf die beschriebenen Versuche gründet sich die Konstruktion zweier Apparate. Die schwingende Sirene (Fig. 2), die sowohl durch Luft als durch Wasser in Be-



wegung gesetzt werden kann, besteht in einer Kupfer- oder Stahlfeder, die am Ende ein prismatisch umgebogenes Stück Metallblech trägt und frei über der spaltförmigen Öffnung einer Metallröhre (*L*) schwingen kann. Es lässt sich an ihr sehr gut demonstrieren, dass ihre Töne nicht direkt von den Vibrationen der Feder, sondern von den Luftstößen herrühren. Das pneumatische Vibroskop (Fig. 3) besteht aus einer ebensolchen, noch mit einer Metallplatte *P* versehenen Feder *AB*, die bei *C* festgeklemmt ist und einen beweglichen Steg *D* trägt, durch dessen Stellung die Tonhöhe reguliert werden kann. Das Anblasen geschieht durch die Röhre *R*. In der Platte *P* befindet sich eine Schöffnung *O*, davor eine feststehende Platte *Q* mit einer entsprechenden, ein wenig schmälere Öffnung. Ein schwingendes Objekt von angemessener Tonhöhe erscheint, durch die Öffnung *O* betrachtet, vollkommen in Ruhe. Der Apparat zeigt bei grosser Amplitude eine constante Tonhöhe und braucht nur wenig Luft. Er eignet sich auch zur objektiven Projektion optisch verlangsamter akustischer Bewegungen.<sup>1)</sup>

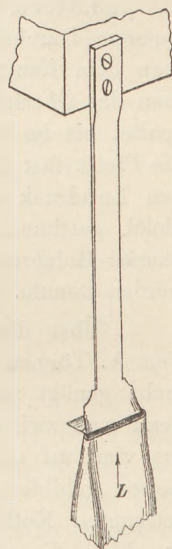


Fig. 2.

Der zweite Teil der Abhandlung beschäftigt sich mit der Frage, welche Rückwirkung die stehenden Schwingungen in der Pfeife auf die Bewegung des schwingenden „Luftblattes“ am Eingang der Pfeife ausüben. Es wird gezeigt, dass eine angeblasene, aber noch nicht ansprechende Pfeife durch einen Schlag oder durch eine entfernte Tonquelle von angemessener Höhe zum Tönen gebracht werden kann. Man hat daher Grund zu der Annahme, dass auch die Pfeifenschwingung selbst auf den Anblasestrom zurückwirkt. Dies wird durch vibroskopische Analyse des mittelst Talkpulver sichtbar gemachten Luftblattes bestätigt. Auch schlaffe Flaumfedern, an dünnen Metalldrähten befestigt, haben sich zum Studium des Vorganges verwenden lassen. Das Ergebnis solcher Versuche ist folgendes: Bei sehr schwachem Luftstrom entwickeln sich die anfangs erwähnten Schwingungen an

der Labiumkante; mit wachsender Stromstärke erhöht sich der so entstandene Reibungston und erregt, sobald er dem Grundton der Pfeife nahe kommt, in dieser die stehenden Schwingungen. Durch die Rückwirkung dieser Schwingungen wird dann die Luftlamelle an der Öffnung in der einmal erlangten Oscillation erhalten. Beide anfangs erwähnten Theorien

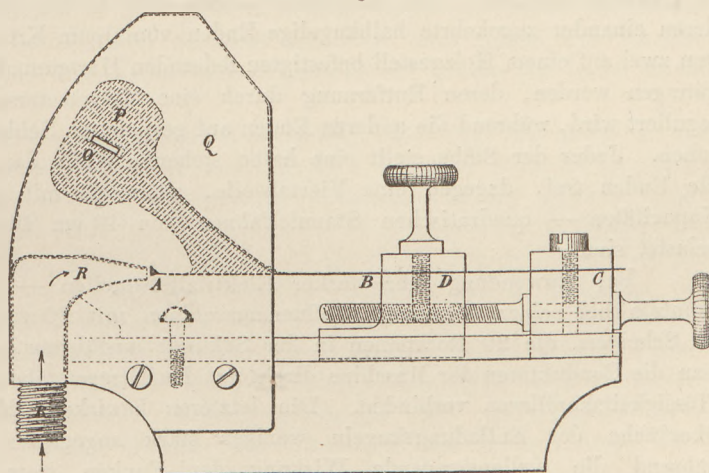


Fig. 3.

haben daher Anteil an der Erklärung des Vorganges, die eine bei der Entstehung, die andere bei der Erhaltung der Schwingungen. Daneben ist noch zu beachten, dass auch ein plötzlicher Luftstoss, wie er durch die plötzlich zuströmende Luft hervorgerufen wird, eine in der Pfeife hin- und herlaufende Welle von geringer Intensität und kurzer Dauer veranlasst, welche den Anblasestrom in Schwingungen versetzt; dieser kann dann

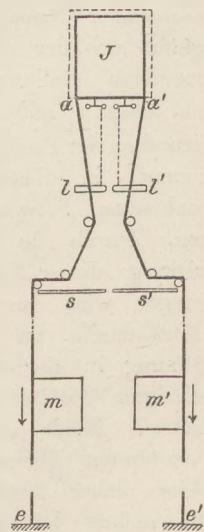
1) Der zur Projektion eingerichtete Apparat wird von dem Mechaniker der batavischen Gesellschaft der Experimentalphilosophie in Rotterdam, van der Zwalm, angefertigt.

auf die Luftsäule zurückwirken und die stehende Schwingung verursachen. Die Anregung des Pfeifenstons durch eine entfernte Tonquelle bestätigt diese Auffassung.

Wegen weiterer interessanter Einzelheiten, namentlich in Bezug auf die Partialbewegungen des Anblasestroms und die vielfachen Änderungen des Tones mit der Stärke des Luftstroms, muss auf die Schrift selbst verwiesen werden. Erwähnt sei nur noch die sensitive Pfeife: Man nehme eine offene cylindrische Pfeife von z. B. 32 mm innerem Durchmesser und dem Grundton  $c$  und stelle sie auf das Orgelgebläse, indem man dem Laufgewicht des Druckregulators etwa die Mittelstellung giebt. Dann biege man das Oberlabium gleichmässig einwärts und ändere gleichzeitig die Weite der Kernspalte, bis im Blasegeräusch die Duodezime der Pfeife leise aber deutlich hörbar ist und die Pfeife fast ihren Grundton anhebt. Noch weiter wird nun die Empfindlichkeit durch den Luftdruck reguliert. Man kann dann aus 8 m Entfernung den Ton durch eine gleich gestimmte Labialpfeife erregen; es genügt auch ein Schlag auf ein abgestimmtes dünnes Holzbrett, wodurch der Ton noch aus einer Entfernung von über 20 m erregt werden konnte.

**Über die Erregung und Beobachtung sehr rascher elektrischer Schwingungen.**  
Von A. TÖPLER (*Wied. Ann.* 46. 306, 464, 642; 1892). Zur Ausstellung Hertzscher Versuche genügt nach Töpler eine gewöhnliche Influenz- oder Reibungselektrisiermaschine, wenn man zwischen Maschine und Vibrator einen Doppelcondensator einschaltet, welcher aus vier auf eine paraffinierte Glasplatte geklebten Stanniolkreisen von 18 cm Durchmesser gebildet wird. Die beiden, durch eine 8 mm lange Funkenstrecke von einander getrennten Kollektorplatten werden durch Wasserkapillaren mit den Conductoren der Maschine, die gegenüberliegenden Condensatorplatten durch 120 cm lange dünne Metalldrähte mit dem aus zwei 4 cm dicken messingenen Hohlstäben bestehenden Erreger verbunden, zwischen deren halbkugelförmigen (Krümmung 2 cm), 1 bis 2 mm von einander entfernten Enden der Wellenfunkle überspringt, so oft die beiden Kollektorplatten sich in einander entladen. Den Resonator bilden zwei 6 mm dicke gerade Messingröhren, deren einander zugekehrte halbkugelige Enden von 5 mm Krümmung von zwei auf einem Holzgestell befestigten federnden Hartgummiplatten getragen werden, deren Entfernung durch eine Mikrometerschraube reguliert wird, während die anderen Enden auf gespannten Seidenfäden ruhen. Jeder der Stäbe stellt eine halbe stehende Welle dar, wenn die Enden frei, dagegen eine Viertelwelle, wenn sie mit grossen Kapacitäten — quadratischen StannioLfahnen von 40 cm Breite — belastet sind.

Bei Anwendung sehr starker Elektrizitätsquellen — Töpler benutzte bei seinen Versuchen Influenzmaschinen mit 20 resp. mit 60 Scheiben, die 20 Rotationen in der Sekunde ausführten — kann man die Conductoren der Maschine direkt mit den Erregerstäben durch Flüssigkeitskapillaren verbinden. Die letzteren bewirken, dass die Oberfläche der Entladungskugeln weniger stark angegriffen wird, während die wellenerregende Wirkung der Funken trotz ihres schwächeren Knalls und rötlichen Färbung keine Einbusse erleidet. Durch diese Vorrichtung liessen sich die Wellen im Luftraum ohne Anwendung von Hohlspiegeln bis auf 8 m Entfernung vom Erreger deutlich nachweisen. Töpler benutzte dieselben zur Abstimmung seiner Resonatoren auf die Primärschwingung des Erregers. Die beiden 27,8 cm langen, 4 cm dicken Erregerstäbe  $l, l'$ , die eine 7 mm lange Funkenstrecke freiliessen, standen in einem Abstände von 85 cm dem Resonator  $ss'$  parallel gegenüber. Vor jedem Versuch wurden die Entladungsflächen des Erregers durch Reiben mit Leinwand von der die oscillatorischen Eigenschaften des Funkens aufhebenden Feuchtigkeit befreit und sodann die Funkenstrecke am Resonator so eingestellt, dass während einer Minute keine Sekundärfunken mehr auftraten. Die





Kurve, welche die Beziehung zwischen der veränderlichen Stablänge des Resonators und der Länge der zugehörigen Funkenstrecke graphisch darstellte, zeigte für die Stablänge 56 cm das der Primärschwingung entsprechende Maximum. Zur Bestimmung der dem Resonator entsprechenden Wellenlänge wurden die Wellen in parallelen Drähten benutzt. Die Drähte  $ae$ ,  $a'e'$  waren von dem eisernen Gestell der Influenzmaschine  $J$  aus in einer Entfernung von 10 cm mitten über die Erregerstäbe  $l$ ,  $l'$  hinweg bis zu den Mitten der Resonatorstäbe  $s$ ,  $s'$  geleitet, liefen dann, durch isolierende Stützen geführt, den äusseren Hälften der Resonatorstäbe parallel und kehrten an den Endpunkten derselben in die ursprüngliche Richtung zurück, in welcher sie sich bis zur gegenüberliegenden Zimmerwand bei  $e$ ,  $e'$  erstreckten. Auf dem zwischen dem Resonator und der Wand liegenden Teile der Drähte lagen zwei grosse Stanniolfahnen  $m$ ,  $m'$  von über 30 qdm Fläche, deren Verschiebung längs der Drähte eine allmähliche Zunahme und darauffolgende Abnahme der Schlagweiten des Resonatorfunkens hervorrief. Die Lagen der Fahnen, welche dem Maximum der Schlagweiten entsprachen, ergaben 80 cm als halbe Wellenlänge des Resonators und somit auch diejenige der Hauptschwingung des Erregers, auf welche der Resonator abgestimmt war.

H. R.

### 3. Geschichte.

**Das Leidenfrostsche Phänomen.** In einer litterarhistorischen Notiz in *Wied. Ann.* 47, 350 (1892) teilt G. BERTHOLD mit, dass die erste Beobachtung und Beschreibung des Leidenfrostschen Phänomens auf Hermann Boerhaave zurückzuführen ist. Dieser sagt in seinen „*Elementa chemiae*“ (Lugd. Bat. 1732) I. 2, exp. XIX, pg. 258: „Hier in diesem kleinen Glase habe ich den reinsten Alkohol, von dem ich eine ganz kleine Menge über dieses glühende Eisen giesse . . . Sobald der Alkohol auf diese hohle Fläche des glühenden Eisens fällt, wird er sofort zu einer glänzenden Kugel geformt, ähnlich dem Quecksilber, und läuft in der Art wie jenes über das Eisen hin, ohne das geringste Zeichen des Entflammens. Indem er aber jetzt in seinem Laufe eine kältere Stelle des Eisens trifft, wird er sofort in die Lüfte zerstreut und zwar ohne irgend eine Flamme zu erzeugen.“ Er ruft im Anschluss daran seinen Zuhörern zu: „*Nodus hic vestro dignus acumine*“.

Eine ähnliche, aber viel unbestimmtere Beobachtung von Eller, die bisher als die erste betrachtet wurde, ist vierzehn Jahre später in der *Hist. de l'acad. de Berlin* (A. 1746) veröffentlicht und bezieht sich auf das Verhalten von Wassertropfen auf heissem Glase. Die Untersuchung Leidenfrosts über diese Erscheinung findet sich in dessen Abhandlung „*De aquae communis nonnullis qualitatibus*“ (1756). Noch 1778 publiziert Rozier in den *Observ. de physique*, t. XI als vermeintlich neu die Beobachtung des Direktors der Spiegelmanufaktur zu St. Gobain, Deslandes, dass eine Quantität Wasser, entsprechend dem Inhalt eines guten Wasserglases, auf die seit 12 Stunden in Fluss befindliche Glasmasse geschüttet, sofort die Kugelgestalt annahm, rotierte, allmählich sich verringerte und erst nach mehr als drei Minuten vollständig verdampft war. An derselben Stelle (t. XII) berichtet Grignon, früherer Direktor der Eisenwerke von Bayard, dass, wenn man etwa ein Pfund Wasser auf eine grosse Eisenluppe giesse, welche noch zu weich zum Hämmern sei, keine Verdampfung erfolge, sondern das Wasser auf dem glühenden Metalle umherrolle, fast ohne dieses zu berühren; umgekehrt zeige sich nur eine sehr langsame Verdampfung, wenn man glühendes Eisen in kaltes Wasser tauche. Eben diese Umkehrung des Leidenfrostschen Versuchs beobachtete Socquet in der Spiegelmanufaktur Briati in Venedig; er fand (*Journ. de phys.* 1799), dass eine glühende Glasmasse von ca. 40 Pfund in kaltes Wasser getaucht keine augenblickliche Verdampfung bewirkte, sondern in dem ruhigen Wasser als rotglühende Masse deutlich sichtbar blieb, und dass nur da, wo das Eisen, das zum Halten der Glasmasse diente, mit dem Wasser in Berührung kam, ein Aufbrausen erfolgte.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Schriftliche physikalische Arbeiten.** „Die Bedeutung der schriftlichen Arbeiten für den physikalischen Unterricht“ behandelt A. SCHULTE-TIGGES in einer Programm-Abhandlung (*R. G. Barmen 1892, Pr. No. 469*). In sehr gründlicher Weise legt der Verfasser die Wichtigkeit solcher schriftlichen Arbeiten dar und weist zuerst auf den Wert hin, den diese Übungen für das Ganze der gymnasialen Erziehung, wie auch für die bessere Ausbildung der Schüler im Gebrauch ihrer Muttersprache haben. Neben den eigentlichen deutschen Aufsätzen haben Ausarbeitungen in den einzelnen Fächern, als Klassenarbeiten ausgeführt, ihre volle Berechtigung, wenn sie den Nachdruck „weniger auf rhetorische Behandlung, als auf Einfachheit, Klarheit und Anschaulichkeit legen.“ „Die Fähigkeit, Beobachtungen und Thatsachen klar darzustellen und geordnet aneinander zu reihen, vermag nun gerade der physikalische Unterricht in hervorragender und eigenartiger Weise zu entwickeln.“ Die Eigentümlichkeit, dass der Stoff der Physik „sich nicht jeder willkürlichen Auffassung fügt“, ist kein Mangel, sondern ein besonderer Vorzug, „indem sie den Schüler zwingt, zu einer bestimmten Vorstellung auch das bestimmte adäquate sprachliche Kleid zu suchen“. Dazu kommt, dass die Physik „in der konkreten Anschaulichkeit ihrer Objekte eine mächtige Stütze für das Verständnis ihrer Methoden besitzt“; gerade die Darstellung des logischen Ganges einer Untersuchung aber gehört zu den anregendsten Aufgaben für die schriftliche Bearbeitung. Im Anschlusse an gewichtige Äusserungen von Helmholtz (Vorrede zu Tyndalls Fragmenten aus den Naturwissenschaften) hebt der Verfasser hervor, dass der Physikunterricht dem Schüler zeigen soll, wie die Forschung zu ihren Resultaten gelange, dass er dadurch eine heilsame Ergänzung zu dem sprachlichen Unterricht bilde, und dass diese Bemühungen durch schriftliche Arbeiten wesentlich unterstützt werden würden. Er trifft in diesem Punkte mit der Forderung einer humanistischen Gestaltung des Physikunterrichts, wie sie diese Zeitschrift von ihrem Beginn an vertreten hat, zusammen. Es ist zweifellos, dass die hier befürworteten, neuerdings auch von den preussischen Lehrplänen vorgeschriebenen schriftlichen Arbeiten, wenn sie richtig geleitet werden, in hohem Maasse geeignet sind, den formalen Bildungswert des physikalischen Unterrichts zur Geltung zu bringen. Aus eigener mehrjähriger Erfahrung kann der Unterzeichnete bestätigen, dass die Schüler solchen Arbeiten ein grosses Interesse entgegenbringen, und dass der Nutzen für eine vertieftere und gründlichere Aufnahme des in der Physik dargebotenen Bildungstoffes ganz augenscheinlich ist. Man darf sich freilich die Mühe nicht verdriessen lassen, die Arbeiten namentlich auch hinsichtlich der etwa vorgekommenen Denkfehler genau durchzusehen und diese bei der Rückgabe zum Gegenstande gemeinsamer Besprechung in der Klasse zu machen. Auch eine kurze häusliche Korrektur der Arbeit wird man von den Schülern verlangen dürfen.

Welcher Art die schriftlichen Arbeiten sein müssen, um ihren Zweck zu erfüllen, darüber macht der Verfasser im einzelnen sehr beachtenswerte Vorschläge. Den Wert der mathematisch-physikalischen Aufgaben verkennt er nicht, aber er findet, dass sie nur eine einseitige Übung innerhalb des physikalischen Gesamtunterrichts bilden. (Man vgl. hierüber auch M. Koppe, *d. Zeitschr. I 66*). Er erinnert an das Wort aus der österr. Instr. f. Realsch. von 1885: „Es bleibt in der Physik noch sehr viel zu verstehen übrig, auch wenn man alle Mathematik beiseite lässt“. Er zeigt, dass selbst einfache Reproduktionen des Durchgenommenen nicht wertlos sind, sei es, dass es sich um bloss Beschreibungen oder um methodische Verknüpfung von Urteilen und Urteilsreihen handelt. Von solchen Übungen ausgehend, kann man allmählich zu grösserer Freiheit fortschreiten, indem man den Stoff unter neuen Gesichtspunkten betrachten lässt, oder Zusammenfassungen und namentlich Vergleiche verlangt; mögen letztere sich auf einzelne Erscheinungen, Apparate, Naturkräfte, Zustände der Körper, Gesetze oder Hypothesen erstrecken, immer tragen sie zu klarerer Auffassung und deutlicherer Unterscheidung der verglichenen Objekte bei. Vor allem aber empfiehlt der Verfasser für die oberste Stufe die Darstellung des methodischen Gedankenganges einer Untersuchung (z. B. über Farbenzerstreuung) oder



einen Vergleich zwischen verschiedenen Forschungsmethoden; für das Letztere giebt er selbst in der genauen Darlegung der einzelnen Schritte bei der Erforschung der Fallgesetze ein ausgeführtes Beispiel. Die noch folgenden, schon auf der Grenze des Schulunterrichts stehenden Vorschläge beziehen sich auf: Überblicke der geschichtlichen Entwicklung, technische Verwertung der Naturkräfte, Beziehungen der Naturkräfte und Naturgesetze zum Menschen und zur menschlichen Kultur, und ähnliches. Diese Gegenstände dürften aber wohl mehr zu Schülervorträgen, als zur extemporierten Behandlung in der Klasse geeignet sein. Höchst lehrreich ist eine Zusammenstellung von Themen für die einzelnen vom Verfasser unterschiedenen Arten schriftlicher Darstellung, wie auch die Wiedergabe einer Reihe von Aufgaben, die bei der Matrikulationsprüfung der Londoner Universität gestellt worden sind. Hier bietet sich noch ein Feld zu fruchtbringendster methodischer Bearbeitung dar. Gerade hier kommt es, wie auch der Verfasser betont, sehr auf die richtige und vollständige Fragestellung an. Unter der grossen Mannigfaltigkeit von dargebotenen Fragen scheint namentlich eine Form noch zu fehlen, deren Wichtigkeit sich mir in meiner Erfahrung aufgedrängt hat; ich wähle als Beispiel eine chemische Frage: Was beobachtet man, wenn man Natrium in einen mit Wasser gefüllten, mit der Öffnung in Wasser tauchenden Cylinder bringt, und welche Folgerungen kann man daraus ziehen? Fragen dieser Art lassen sich schon auf der Unterstufe des physikalischen Unterrichts stellen, und es scheint angemessen, mehrere solcher Fragen (etwa bis zu sechs) in einer Stunde zur Bearbeitung zu geben. Man hat dann überdies die Möglichkeit, Schwierigeres und Leichterere zu mischen und auch die schwächeren Schüler zu selbständigen Leistungen zu ermutigen. Der Eifer, mit dem hinterher von den Schülern selber die schwierigeren Fragen diskutiert werden, gehört zu den lohnendsten Wirkungen einer solchen Behandlung des Unterrichts. P.

**Das Torricellische Ausfluss-Gesetz.** Von MAISS. *Österr. Zeitschr. für das Realschulwesen.* XVI, 404—407. Ein weites Gefäss habe in der dünnen Bodenfläche eine kleine Öffnung. Die Bodenfläche sei  $= F$  qcm, die kleine Öffnung  $= f$  qcm, die Wanddicke  $= \sigma$  cm. Wird das Niveau einer in dem Gefässe befindlichen Flüssigkeit constant auf der Höhe  $h$  cm erhalten, so wird der Ausfluss sehr bald stationär. Die Masse des in dem Ausflusskanal hängenden Flüssigkeitsprismas ist  $m = f\sigma\rho$  gramm, wenn  $\rho$  das spec. Gew. bezeichnet. Jedes Flüssigkeitsteilchen, welches an die Öffnung kommt, hat in ihrer unmittelbaren Nähe eine bestimmte Geschwindigkeit  $c_0$ , ausserhalb aber eine andere Geschwindigkeit  $c$ . Während also die Masse  $m$  den Kanal  $\sigma$  passiert, ändert sich ihre lebendige Kraft um  $f\sigma\rho(c^2/2 - c_0^2/2)$ . Die hierzu erforderliche Arbeit wird von dem Bodendruck der Flüssigkeit  $= fh\rho g$  Dyn und von dem Gewicht des Flüssigkeitsteilchens  $f\sigma\rho g$  Dyn auf dem Wege  $\sigma$  geleistet, also ist

$$\begin{aligned} f\sigma\rho(c^2/2 - c_0^2/2) &= f\sigma\rho g(h + \sigma), \\ c^2/2 - c_0^2/2 &= g(h + \sigma). \end{aligned}$$

Wegen des stetigen Zusammenhanges der Flüssigkeit muss aber durch jeden Querschnitt in 1 Sek. gleich viel fliessen, also ist

$$Fc_0 = fc,$$

und wenn man hierdurch  $c_0$  aus der vorigen Gleichung wegschafft,

$$(1 - f^2/F^2)c^2 = 2gh(1 + \sigma/h),$$

also für eine kleine Öffnung und dünne Wand:  $c^2 = 2gh$ .

Diese Ableitung ist, obwohl sie zu einem richtigen Resultate führt, nicht einwurfsfrei. Das Wachstum der Geschwindigkeit von  $c_0$  auf  $c$  soll für die Teilchen, die irgendwann einmal in dem Kanal  $\sigma$  schweben und die Gesamtmasse  $m$  haben, sich vollziehen, während jedes einzelne die Strecke  $\sigma$  durchläuft. Wegen des stetigen Zusammenhanges muss aber durch den ersten Querschnitt des Kanals  $\sigma$  in 1 Sek. ebensoviel Flüssigkeit strömen wie durch den letzten, und da beide gleich sind, ist die Geschwindigkeit auf der ganzen Strecke  $\sigma$  constant und zwar gleich  $c$ . Die fast sprungweise Erwerbung der Ausflussgeschwindigkeit muss daher schon vor dem Übergang in den Ausflusskanal erfolgt

sein, während die Teilchen von allen Seiten radial aus geringer Entfernung nach der Öffnung hin zusammenströmten. Dazu kommt, dass der Druck innerhalb des Kanals  $\sigma$  constant ist und mit dem äusseren Luftdruck übereinstimmt, nicht ihn übertrifft; die fast plötzliche Abnahme des Überdrucks der Flüssigkeit von dem hydrostatischen Druck der Säule  $h$  auf 0 geschieht gleichfalls in dem Raume der convergenten Stromfäden unmittelbar vor der Gefässöffnung und bedingt das Wachstum der Geschwindigkeit. Hierdurch wird die Voraussetzung der oben angegebenen Rechnung hinfällig. Aus der Anwendung der Gleichung  $Fc_0 = fc$  ist ferner zu erkennen, dass der Verfasser nicht nur den ausfliessenden Wasserteilchen über der kleinen Öffnung  $f$ , sondern allen Wasserteilchen dicht über dem Boden  $F$  dieselbe Geschwindigkeit  $c_0$  zuschreibt. Dann würde aber der feste Boden die unterste Schicht zurückprallen lassen, diese müsste die vorhergehende zurückwerfen, also würde die ganze vorausgesetzte Bewegung der Schichten gestört werden.

Die Torricellische Formel lässt sich auch gewinnen, wenn man den Satz von der lebendigen Kraft auf die ganze Wassermasse in Pausch und Bogen anwendet, doch erhält man dadurch keinen Einblick in die Einzelheiten des Vorgangs und die Bewegungsart der einzelnen Wasserteilchen. Es dürfte daher noch immer am geratensten sein, den Satz durch Vorführung der aus ihm folgenden Erscheinungen nur experimentell zu beweisen.

M. K.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Verwendung der Akkumulatoren in der Telegraphie.** In der Versammlung der British Association zu Edinburg berichtete W. PREECE über die Benutzung der Sekundärbatterien im Centraltelegraphenbureau zu London, nachdem er bereits 1884 in einer Abhandlung nachgewiesen, dass solche Batterien für telegraphische Zwecke die ökonomischste Quelle elektrischer Energie sein würden. Seitdem sind diese Batterien zur Stromlieferung für zwei grosse Gruppen von Stromkreisen im Stadtverkehr eingerichtet worden, von denen die eine aus 110 Ein-Nadel-Instrumenten, die andere aus 100 Morsefarbschreibern und Tastern besteht. Jede Gruppe ist in Untergruppen von je 10 Stromkreisen geteilt, um bei Kurzschluss in irgend einem der Instrumente ein allgemeines Ausserbetriebsetzen zu verhüten. Der Widerstand der Leitungen zwischen den Instrumenten und den Gruppenschaltstellen ist genügend gross, um zu verhindern, dass eines der Instrumente mehr als 3 Amp. Strom erhält; ausserdem sind Bleisicherungen in die Leitungen eingefügt. Der Strom beträgt in jedem Stromkreis zwischen 17 und 20 Milliampère. Die elektromotorische Kraft beträgt für die Nadelinstrumente 20 Volt, für den Morsebetrieb 18 Volt. Seit dem 17. Oktober 1891 werden auch die nach dem Continent gehenden 59 Stromkreise mittels Akkumulatoren betrieben. Die 59 Linien sind in vier Gruppen eingeteilt; die deutschen, holländischen und belgischen Linien liegen am positiven, die französischen am negativen Pol. Da aber die für so lange Linien erforderliche elektromotorische Kraft 100 Volt beträgt, so werden zur Verhütung zu starker Ströme Widerstände von 100  $\Omega$  in die Batterieleitung für jedes Instrument eingefügt, so dass auch bei Kurzschluss nicht mehr als 1 Amp. durch das Instrument gehen kann. Ausserdem sind Bleisicherungen von 3 Amp. in den Einzelleitungen, und Hauptbleisicherungen von 10 Amp. in jeder Stromkreisgruppe im Akkumulatorenraum eingeschaltet.

Sämtliche Zellen werden wohlgeladen gehalten, so dass die elektromotorische Kraft einer Zelle nicht unter 1,95 Volt sinkt. Wo Reservebatterien eingerichtet sind, kann die Ladung zu passender Zeit ausgeführt werden; wo keine solche vorhanden sind, geschieht die Ladung bei Nacht, wo durch das geringe Anwachsen der Elektrizität, das bei gleichzeitigem Laden und Betrieb unvermeidlich ist, die geringste Störung entsteht. Auch für den Betrieb der Pariser Telephonlinien werden Akkumulatoren angewendet. Ihre elektromotorische Kraft ist so constant, dass sie sich für diesen Zweck ausserordentlich geeignet erwiesen haben. *Elektrot. Z. XIII, 502; 1892.*



## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Vorlesungen über die Theorie des Lichts, unter Rücksicht auf die elastische und die elektromagnetische Anschauung.** Von P. Volkmann. Leipzig, B. G. Teubner, 1891. 432 S. M. 11,20.

Sobald man in der Physik den Boden der reinen Mechanik verlässt, kann man nur für den einzelnen Fall mit ad hoc gemachten Annahmen vorwärts kommen; und wenn man auch auf eine derartige Behandlung mechanische Prinzipien in Anwendung bringt, wird dieselbe niemals beanspruchen dürfen, eine rein mechanische zu sein. Eine derartige Behandlung trägt vielmehr durchaus den Charakter einer Interpolation, welche natürlich um so geeigneter erscheint Beobachtungen wiederzugeben, über eine je grössere Anzahl von Constanten sie zu verfügen gestattet. Es ist das Kennzeichen einer derartigen Theorie, dass diese Constanten in keinem inneren Zusammenhange mit andern Constanten derselben Körper erscheinen. Diese Worte des Verfassers bezeichnen seinen Standpunkt; er will im vorliegenden Werke zeigen, wie weit man eine Theorie des Lichtes nach den Sätzen der reinen Mechanik entwickeln kann, wenn man entweder von den in der Elastizitätslehre oder von den bei der Elektrizität und dem Magnetismus gefundenen Gesetzen ausgeht.

Die Lehre vom Licht erscheint hier also nicht wie bei Kirchhoff (Math., Optik, herausg. v. K. Hensel) als ein einheitlicher, vollständig in sich abgeschlossener und vollendeter Bau, sondern es werden von vorne herein die beiden Möglichkeiten, das Licht als elastische oder als elektromagnetische Erscheinung aufzufassen, in Betracht gezogen; und während Boltzmann es sich zur Aufgabe gemacht hat, aus der Betrachtung eines cyklischen Systems (s. d. Zeitsch. V, S. 159) die Differentialgleichungen der Lichtbewegung abzuleiten, werden hier diese Differentialgleichungen — in der Form, welche sie durch Hertz erhalten haben — ebenso wie die der Elastizitätstheorie auf die Probleme der Optik angewendet. Dabei erhält man das bemerkenswerte Ergebnis, dass beide Vorstellungen zu durchaus ähnlichen Formeln führen, so dass durchweg eine gemeinsame Behandlung möglich wird, und ferner, dass die elektromagnetische Theorie nirgends weniger, in manchen Beziehungen sogar mehr leistet als die elastische. Denn zunächst stehen die für die Lichtlehre erforderlichen Constanten in bestimmter Beziehung zu Constanten auf anderen Gebieten, z. B. die Lichtgeschwindigkeit ist gleich der Anzahl der in der elektromagnetischen Strom-einheit enthaltenen elektrostatischen Einheiten, der Brechungsexponent muss gleich der Wurzel aus der Dielektrizitätsconstante sein, während der elastischen Theorie ein solcher Zusammenhang fremd ist. Dann aber gestalten sich namentlich die Grenzbedingungen für die Zurückwerfung und Brechung des Lichts erheblich einfacher bei der elektromagnetischen Theorie.

Eine Folge dieser vergleichenden Behandlung ist es, dass gerade die Grundbegriffe die Wandlungen, welche sie allmählich erfahren haben, und die in ihnen enthaltenen Schwierigkeiten eine besonders eingehende Darstellung erfahren. Von grossem Interesse sind z. B. die Bemerkungen über den Äther, den Lichtstrahl, die Entwicklung des Huygensschen Prinzips und die Übersicht über die Versuche von Fresnel, Neumann, Kirchhoff, Mac Cullagh und W. Thomson, die Grenzbedingungen bei der Zurückwerfung und Brechung abzuleiten. Die Behandlung der Strahlung und Beugung geschieht auf dem von Kirchhoff angegebenen Wege, weil „ein Anschluss an diese Darstellung gegenwärtig garnicht vermieden werden kann“. Bei der Doppelbrechung ist namentlich bemerkenswert die geometrische Ableitung der Lichtbewegung von Mac Cullagh.

In pädagogischer Beziehung sind zwei Punkte hervorzuheben. Erstens bekämpft der Verfasser die Kirchhoffsche Ansicht, dass es Aufgabe der Physik sei, die Vorgänge in der Natur vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben, denn Vollständigkeit ist in der Physik überhaupt nicht, sondern nur in der Mathematik zu erreichen; Aufgabe der Naturwissenschaften bleibt es, die Erscheinungen im Wesentlichen zu bestimmen. (Ausführlicher hat der Verfasser seine Anschauungen entwickelt in der Zeitschrift Himmel und Erde, 1892, S. 441.) Ferner bringt der Verfasser nicht blos geschichtliche Daten, sondern sehr lesenswerte zusammenhängende Rückblicke, er verwendet eine Darstellung, welche die Kenntnis des augenblicklichen Standpunktes der Physik zur Voraussetzung hat und rückwärts die innere Entwicklung dazu zur Anschauung bringt.

Das Werk ist klar und übersichtlich geschrieben und sorgfältig durchgearbeitet, die Bezeichnungen sind durchweg feststehend und zum Schlusse noch einmal zusammengestellt; es ist daher — weil es das einzige Buch ist, welches die verschiedenen Theorien des Lichts gleichmässig zur Darstellung bringt und ihre Vorzüge gegen einander abwägt — zur Einführung in diesen Gegenstand und zum Nachschlagen sehr geeignet.

A. Schülke, Osterode.

**Die Grundsätze der Thermochemie** und ihre Bedeutung für die theoretische Chemie. Von Dr. H. Jahn. 2. umgearbeitete Auflage. Wien A. Hölder 1892. 173 S.

Dass für ein Buch, welches einen so eng umschriebenen Teil des Grenzgebietes zwischen Physik und Chemie behandelt, bereits nach einem Jahrzehnt eine neue Auflage notwendig wurde, legt Zeugnis dafür ab, dass der Verfasser seine Absicht, dem chemischen Publikum „ein Bild von dem heutigen Stande unsrer thermochemischen Kenntnisse vorzuführen,“ im vollsten Maasse erreicht hat. Es war mithin kein Grund vorhanden, an der äusseren Gliederung des Werkes eine Veränderung vorzunehmen, wenn auch im inneren Ausbau überall die bessernde und ergänzende Thätigkeit des Verfassers bemerkbar ist, um das nicht geringe Beobachtungsmaterial der letzten zehn Jahre für das Werk nutzbar zu machen. Im 1. Kapitel entwickelt der Verfasser die Bedeutung des mechanischen Wärmeäquivalents und den 1. Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. Im 2. Kapitel wird gezeigt, wie aus den Grundsätzen der mechanischen Wärmetheorie ein Energieverlust (also Wärmegegewinn) beim Zustandekommen chemischer Verbindungen und ein Energiegewinn (also Wärmeverlust) bei Zersetzungs Vorgängen folgt und es wird dann weiter Berthelot's erster thermochemischer Grundsatz entwickelt und seine Bedeutung an einzelnen Beispielen erörtert. Das 3. Kapitel behandelt den zweiten thermochemischen Grundsatz; das 4. die Konstitution der Lösungen und Hydrate; das 5. die Neutralisationsphänomene; das 6. die Verbrennungs- und Bildungswärmen organ. Verbindungen. Diese letzten drei Kapitel, namentlich das 6., haben durch Berücksichtigung der Forschungsergebnisse, welche in den 1883 und 1884 erschienenen letzten beiden Bänden von Thomsen's thermochemischen Untersuchungen niedergelegt sind, (bekanntlich haben dieselben namentlich soweit sie sich auf die Konstitution organischer Verbindungen beziehen, heftige Angriffe erfahren) in einzelnen Teilen gegen die 1. Auflage ein ganz verändertes Aussehen erhalten, während das letzte Kapitel des Buches „der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie und seine Anwendung auf die Probleme der chemischen Statik und Dynamik“ durch den Bruch mit dem von Berthelot so zäh verteidigten Prinzip der grössten Arbeit eine völlige Umarbeitung erfahren hat. Aus dieser kurzen Inhaltsangabe geht hervor, dass kein Gebiet, auf welchem die thermochemische Forschung thätig war, in dem Buche unberücksichtigt blieb. Fügen wir noch hinzu, dass dem Verfasser in seltener Weise die Gabe verliehen ist, auch schwierige Stoffe durch eine klare und anschauliche Darstellung dem Verständnis näher zu bringen, so wird die Erwartung gerechtfertigt sein, dass die 2. Auflage dem Buche zu den alten noch zahlreiche neue Freunde erwerben wird.

Byr.

**Die Einheit der Naturkräfte.** Ein Beitrag zur Naturphilosophie. Von P. Angelo Secchi, weiland Direktor der Sternwarte des Collegium Romanum. Autor. Übersetzung von Prof. Dr. L. Rud. Schulze. 2. revidierte Auflage. Mit 61 Holzschnitten. I. Bd. 333 S. II. Bd. 379 S. Braunschweig, Otto Salle, 1891. M. 7.20.

Dieses 1864 in italienischer Sprache herausgegebene Werk des berühmten Verfassers ist 1876 zum ersten Mal in deutscher Ausgabe erschienen. Der Zweck des Buches war, auf Grund des vorhandenen Thatachenmaterials ein zusammenhängendes Bild von der Constitution und den Gesetzen des Weltalls darzubieten, und im besonderen nachzuweisen, dass sich alle Kräfte der Natur auf Bewegungen der wägbaren Materie und des Äthers zurückführen lassen. Naturgemäss mussten die Lücken, welche der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse in dieser Hinsicht noch bietet, durch Hypothesen ausgefüllt werden, die zum Teil, wie die Erklärung der Gravitation, von anfechtbarer Natur sind; aber gegenüber den zahlreichen Produkten einer ungeschulten Phantasie, denen man in der neueren Litteratur begegnet, zeigt das vorliegende Werk eine solche Beherrschung des Stoffes und solche Klarheit über die Grundbegriffe der Physik, dass ihm eine Berechtigung nicht abgesprochen werden kann. Es wird namentlich dem Bedürfnisse eines weiteren Leserkreises entgegenkommen, der von den Einzelthatsachen zu einer Gesamtanschauung der Welt übergeleitet zu werden wünscht; es bietet überdies eine Fülle von sachlicher Belchrung, die dadurch an Wert gewinnt, dass alle Thatachen unter dem Gesichtspunkte der Verwandlung der Energie aufgefasst sind. Das Werk schliesst sich dadurch den besten Hilfsmitteln populär wissenschaftlicher Belchrung, wie z. B. Groves Verwandtschaft der Naturkräfte, ebenbürtig an. Der Herausgeber hat der neuen Ausgabe eine Reihe von Bemerkungen hinzugefügt, die auf die in der letzten Zeit gemachten Fortschritte hinweisen. Irrtümlich ist auch in dieser Auflage (S. 67) der Nachweis, dass die Temperatur eines Gases ungeändert bleibt, wenn es sich ohne äussere Arbeit zu leisten ausdehnt, auf Joule zurückgeführt. Der Versuch rührt von Gay-Lussac her und ist im 1. Bande der *Mém. de la Soc. d'Arcueil* (1807) beschrieben.

P.



**Aufgaben aus der Physik**, nebst einem Anhang, physikalische Tabellen enthaltend. Von C. Fließner. Siebente verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. G. Krebs. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1891, 134 und 33 S., M. 2.40. — Auflösungen zu den Aufgaben aus der Physik, 197 S., M. 3.60.

Dieses Buch war die erste ausführliche und alle Teile der Physik berücksichtigende Aufgaben-Sammlung, die in Deutschland erschien, es hat in seinen früheren sechs Auflagen, die 1850 bis 1880 von dem jetzt verstorbenen Verfasser selbst herausgegeben wurden, den physikalischen Unterricht erheblich gefördert, und wird auch ferner dazu geeignet sein, da die neue Auflage im ganzen wenig von der letzten verschieden ist. Einige Aufgaben sind weggelassen, einige zugesetzt, an manchen Stellen ist der Ausdruck gekürzt, wo sich noch Fuss, Zoll, Lot, Pfund erhalten hatten, sind fast durchweg neue Maasse eingeführt.

Die grösste Veränderung hat den Abschnitt über Elektrizität betroffen, hier sind von 38 früheren Aufgaben nur 14 beibehalten und 57 neue hinzugefügt worden, die besonders die Einübung der neuen Bezeichnungen Volt, Ohm, Ampère bezwecken, auch die Wheatstonesche Brücke und andere Stromverzweigungen erläutern. Die Aufgaben über Volta's Metall-Contact, die man nicht vermissen würde, sind beibehalten, die Unsicherheit der theoretischen Grundbegriffe, die zu ihrer Lösung herbeigezogen sind, zeigt sich auch in einigen neuen Aufgaben, in denen das Wort Potential ein leerer Schall ist. Es sollen sich die Dichten der Ladung an verschiedenen Stellen eines Leiters umgekehrt wie die Krümmungsradien verhalten. Eine geladene Scheibe habe überall gleiche Dichte, weil der Krümmungsradius überall gleich sei. Spannung und Dichte seien hier proportional! Seltsam ist die neue Aufg. 43, wo die von einem elektrischen Strom bewegte Elektrizität an die einzelnen Leiterteile des Stromkreises parzelliert werden soll, als ob nicht überall in der ganzen Leitung der Gesamtstrom flosse. Die Aufgabe über beste Schaltung einer Anzahl von Elementen zeichnete sich früher durch eine eigentümliche Behandlungsweise aus, die jetzige verkürzte Darstellung der Lösung ist unverständlich. (Die Summe von  $n$  und  $1/n$  sei ein Minimum, wenn das Produkt eine constante Zahl ergebe.) Den mechanischen Aufgaben ist die Definition des absoluten CGS Maasssystems beigegeben, doch wird dasselbe praktisch nicht benutzt. Die Massen der Körper, welche schwingen oder sich stossen, werden unter Hinweis auf ein besonderes sog. irdisches Maasssystem gleich dem Bruchteil  $1/9,81$  von der Zahl der in ihnen enthaltenen Kilogramme — worunter Druckkräfte verstanden werden sollen — gesetzt. Wo wird dieser Normaldruck „Kilogramm“ aufbewahrt? (Vgl. d. Zeitschr. II, 260).

Im folgenden führen wir noch einige Stellen der früheren Auflage an, welche eine notwendige Verbesserung nicht erhalten haben. Die latente Wärme des Wassers sei nach neueren Untersuchungen  $= 80,25^\circ \text{C.}$ , sie kann vielleicht ebensoviel Calorien betragen.

Die Aufgabe: „Wieviel Bilder erzeugt ein Winkelspiegel, dessen Winkel  $360^\circ/n$  beträgt, wenn  $n$  eine ganze Zahl (und ein Faktor von  $360^\circ$ ?) ist?“ lässt keine einfache Beantwortung zu. Soll die Gesamtzahl der abwechselnd symmetrischen und congruenten Bilder mit Einschluss des Objekts gleich  $n$  sein, so kann  $n$  selbstverständlich nur eine gerade Zahl sein.

Die von einem leuchtenden Punkt unter Wasser in Luft austretenden Strahlen sind falsch gezeichnet, obwohl auf diesen von Buch zu Buch sich forterbenden Fehler nicht selten hingewiesen wurde. Der virtuelle Schnittpunkt zweier benachbarter übereinanderliegender Strahlen muss auf derselben Seite des senkrechten Strahls liegen, nach welcher das ausgesandte Licht von ihm abwich. Sucht ein in den Gang der austretenden Strahlen gebrachtes Auge den Ort des Bildes dadurch zu ermitteln, dass es sich ein wenig hebt und senkt, so findet es, dass der Gegenstand durch die Brechung gehoben und genähert ist.

Die Figuren auf S. 154 der Auflösungen sind so gezeichnet, als ob das Bild eines zur Axe einer Linse schiefen Pfeiles dem Original parallel oder antiparallel sei, je nachdem die Linse sich ausserhalb oder innerhalb des Abstandes von Bild und Gegenstand befindet. Dies ist nicht der Fall. Zerlegt man die den Pfeil ersetzende Strecke in zwei Componenten, parallel und senkrecht zu der Axe der Linse, so vergrössern sich diese bei der Abbildung nicht nach gleichem Verhältnis. —

Die umfangreichen Tabellen sind fast unverändert abgedruckt, nur die Geschwindigkeit der Elektrizität in Kupferdrähten ist von 60000 auf 40000 Meilen herabgesetzt worden, sie hätte ganz weggelassen werden sollen, da die eine Angabe so wenig Berechtigung hat wie die andere. Man könnte eben so gut auch von der Geschwindigkeit reden, mit der die Wärme durch Leitung in einen Körper eindringt. Unverändert blieb die Geschwindigkeit der Kanonenkugel, bis zu 6 Kilometer, und des „Dampfwagens“, dem 10—15 m zugeschrieben werden.

M. Koppe.

**Leitfaden für physikalische Schülerübungen** von Dr. Karl Noack. Lit 36 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin, 1892. Julius Springer. 88 S. M. 1,20.

Während Arbeiten in chemischen Laboratorien seit langen Jahren an Realgymnasien und Ober-Realschulen eingebürgert sind und sich als ausserordentlich fruchtbringend erwiesen haben, fanden Übungen in der Anstellung physikalischer Experimente nur vereinzelt statt. Jetzt, nachdem durch die neuen Lehrpläne auch die physikalischen Übungen fakultativ für die genannten Kategorien von Schulen eingeführt sind, ist zu hoffen, dass dieselben häufiger und an einer grösseren Anzahl von Anstalten stattfinden und sich schliesslich ebenso einbürgern werden wie die chemischen Übungen.

Der Verfasser des Leitfadens hat schon früher diese nutzbringenden Übungen für seine Schüler durchgeführt und giebt nun in dem vorliegenden Buche eine Übersicht der (170) Experimente, die er für diesen Kursus bestimmt hat, in systematischer Reihenfolge. Bis jetzt waren in Deutschland nur vereinzelte Beiträge zu solchen Zusammenstellungen geliefert (vgl. Programm des Königst. Realgymn. zu Berlin, 1891 und *diese Zeitschr.* V 57), hier liegt, von englischen und amerikanischen Schriften entsprechender Art abgesehen, die erste methodische Anleitung zu physikalischen Versuchen für Schulen im Buchhandel vor, und kann allen Fachgenossen zur Berücksichtigung empfohlen werden. Der Verfasser giebt in der Einleitung einige Bemerkungen über Zweck und Einrichtung dieser Übungen. Der erste Teil umfasst die Geräte und Apparate nebst den erforderlichen Materialien. Die Experimente sind so ausgewählt, dass nur sehr einfache und leicht zugängliche Hilfsmittel erforderlich sind; viele derselben werden an den meisten Anstalten vorhanden sein, andere sind ohne grosse Kosten zu beschaffen, eventuell auch selbst anzufertigen. Bei der Art der Experimente wird man an den verschiedenen Anstalten auch wohl eine verschiedene Auswahl treffen, oder andere an Stelle der gegebenen setzen. Die Beschreibung ist so eingerichtet, dass der Schüler danach arbeiten kann, und so dem Lehrer die Leitung einer grösseren Anzahl von Schülern möglich wird.

Gewiss werden auf diesem Gebiete noch Erfahrungen gesammelt werden müssen und auch verschiedene Meinungen über die zweckmässigste Durchführung solcher Versuche vorhanden sein, die vorliegende Schrift aber giebt gerade einen wohlgedachten Plan, an den sich leicht weitere Erfahrungen anschliessen können. Möge das empfehlenswerte Buch zu Versuchen der Einrichtung solcher physikalischer Schülerübungen anregen und ihre Einführung veranlassen.

Bei einer späteren Gelegenheit hofft Referent noch ausführlicher auf den Leitfaden zurückkommen zu können.

*Schwalbe.*

**Einführung in die Elektrizitätslehre.** Vorträge von Bruno Kolbe, Oberlehrer der Physik an der St. Annenschule in St. Petersburg. I. Statische Elektrizität. Mit 75 in den Text gedruckten Holzschnitten; VIII und 152 S. Berlin, Julius Springer, und München, R. Oldenburg. 1893. M. 2,40.

An dem Erscheinen dieses Buches darf unsere Zeitschrift ein nicht unerhebliches Verdienst für sich in Anspruch nehmen. Aus der Wechselwirkung zwischen den Arbeiten des Verfassers und den Beiträgen anderer Mitarbeiter hervorgegangen, bietet es die erste ausführlichere Behandlung der Elektrizitätslehre auf Grund der empirischen Definition des Potentials als elektrischen Zustandsgrades. Den Lesern der Zeitschrift wird das Buch daher wie ein alter Bekannter erscheinen und doch andererseits viel neues bringen, was auch für den Unterricht von Wert ist. So wird bei der Influenz der exakte Nachweis geführt, dass die Ladung des influenzierenden Körpers unverändert bleibt, und ferner gezeigt, dass das Coulombsche Gesetz auch für die Influenzwirkung gilt. Bei der Besprechung der elektrischen Dichte wird ein sehr instruktiver und leicht auszuführender Seifenblasenversuch beschrieben. Zur Messung der Kapazität einer Leydener Flasche wird ein sinnreicher Pendelapparat benutzt. Auch die Entladung negativer Elektrizität durch Magnesiumlicht wird durch einen einfachen Versuch veranschaulicht. Sehr schön ist mit Hilfe des hydrostatischen Analogons der Zusammenhang von Potential, Kapazität und Elektrizitätsmenge im letzten der acht Vorträge erläutert. Durchweg aber weicht die Darstellung von der traditionellen Behandlung der Lehrbücher zu Gunsten einer einfacheren und zugleich exakteren Vorführung des Gegenstandes ab. Der Vortragsstil, der bei der Niederschrift festgehalten ist, giebt der Darstellung eine ungewöhnliche Lebendigkeit und Frische; hierin wie in der Eleganz der Versuche ist es begründet, dass das Buch sich den Tyndallschen Schriften ebenbürtig an die Seite stellen kann; es hat vor diesen den Vorzug, dass alle darin beschriebenen Versuche mit Schulapparaten anzustellen sind und daher an Mittelschulen vorgeführt werden können.



**Der praktische Elektriker.** Populäre Anleitung zur Selbstanfertigung elektrischer Apparate und zur Anstellung zugehöriger Versuche nebst Schlussfolgerungen, Regeln und Gesetzen. Von Prof. W. Weiler. Mit 302 Abbildungen auf 20 lithogr. Tafeln. Leipzig, Moritz Schäfer. X und 337 S. M. 5.—.

Der Verfasser hat sich der technischen Seite der Physik mit grosser Liebe zugewendet. Die Mehrzahl der von ihm beschriebenen Apparate hat er selbst angefertigt und vermag daher dem angehenden Elektrotechniker Anweisungen zu geben, die des Erfolges sicher sind. Das Buch bietet demgemäss eine Fülle praktischer Ratschläge; es behandelt nacheinander galvanische und thermoelektrische Elemente, Akkumulatoren, Messung der Stromstärke, Galvanoplastik, Glüh- und Bogenlampen, Widerstand und Erwärmung der Stromleiter, Elektromagnete, Haudtelegraphie, Induktionsapparate, Telephon und Mikrophon, Telegraph und elektrische Uhren, Elektromotoren, magnetelektrische und Dynamo-Maschinen, endlich auch einige Apparate für Spannungselektrizität; dem in elektrotechnischen Spezialwerken nicht Heimischen wird eine Anzahl von Tabellen (z. B. über Drahtwiderstände) geboten, die für die Praxis unentbehrlich sind. Für den Unterricht interessant ist u. a. eine mechanische Erläuterung des Gesetzes der Tangentenbussole und eine Reihe einfacher Versuche mit diesem Apparat. Das Buch würde indessen an Übersichtlichkeit und Brauchbarkeit noch gewinnen, wenn die in ein Lehrbuch gehörigen theoretischen Auseinandersetzungen, die bei der notwendig einzuhaltenden Kürze doch ihren Zweck nicht ganz erreichen dürften, ganz wegbliessen. Als ein Ratgeber für Herstellung elektrischer Apparate kann das Buch auch der reiferen Jugend empfohlen werden. P.

**Leitfaden für den methodischen Unterricht in der anorganischen Chemie.** Von Dr. F. Wilbrand. 6. Auflage. Mit 60 Original-Abbildungen. 260 S. Hildesheim, August Lax, 1892.

Die Verdienste des Verfassers um die Ausbildung eines streng methodischen Verfahrens im Chemieunterricht sind in dieser Zeitschrift wiederholt gewürdigt worden. Es bedarf daher nur eines Hinweises auf die neue Auflage, die im wesentlichen unverändert, doch im einzelnen vielfach das Streben nach schärferer Ausarbeitung des Gedankenganges erkennen lässt. Der erste Teil (S. 1—150) umfasst in 18 Abschnitten eine Reihe von induktiven Einzel-Untersuchungen; diese Abschnitte (ausser dem letzten, der Atomtheorie gewidmeten) würden bei ausreichender Zeit einen propädeutischen Kursus ausmachen können. Der zweite Teil (S. 150—252) enthält eine systematische Zusammenstellung und Vervollständigung des Lehrstoffes. Wohl der meiste Scharfsinn ist im ersten Teil auf die Behandlung der Schwefelsäure verwandt worden; wenn trotzdem dieser Abschnitt noch immer nicht ganz befriedigt, so scheint dies hauptsächlich an der Aufgabe selbst zu liegen, die an dieser Stelle des Lehrgangs noch zu grosse Schwierigkeiten darbietet. Die Analogie des Verhaltens von Oxyden und Sulfiden ist ohne wirkliche Beweiskraft für den Anfänger, und die Deutung des Verhaltens von *Cu* zu concentrirter Schwefelsäure würde sich erheblich vereinfachen, wenn sie erst nach Einführung der chemischen Symbole erfolgte. Aber auch so wie der Abschnitt jetzt beschaffen ist, liefert er ein wertvolles Beispiel dafür, wie der induktive Unterricht durchweg gehandhabt werden sollte. Über die Behandlung des Kochsalzes vgl. man die ausführliche Darstellung des Verfassers in d. Zeitschr. II 209, über die Molekulartheorie den Aufsatz von E. Loew, d. Zeitschr. II 105. P.

**Methodischer Leitfaden für den Anfangsunterricht in der Chemie** unter Berücksichtigung der Mineralogie. Von Dr. Wilhelm Levin. Mit 86 Abbildungen. 166 S. Braunschweig, Otto Salle, 1892.

Dieser Leitfaden ist für den propädeutischen Kursus an Realgymnasien und Oberrealschulen, zugleich auch für den chemisch-mineralogischen Unterricht der sechsklassigen Realschulen (höheren Bürgerschulen) bestimmt. Der Stoff ist nach methodischen Grundsätzen angeordnet, indem von bekannten Stoffen (Luft, Wasser, Salzsäure, Eisen, Schwefel, Kochsalz u. s. w.) ausgegangen und durch einfache Versuche allmählich zu zusammenhängender Erkenntnis übergeleitet wird. Von der Mineralogie ist nur das allereinfachste an Krystallformen und Mineralien berücksichtigt. Zwei Abschnitte über Pflanzenernährung und über Gärung machen den Beschluss. Die eigentliche methodische Behandlung tritt, im Vergleich zu Wilbrands Leitfaden, sehr zurück; auf die feineren methodischen Untersuchungen des Genannten ist fast ganz verzichtet. Bei der abgekürzten Zeit, die diesem propädeutischen Unterricht zur Verfügung steht, wird leider in der Praxis vielfach nicht anders verfahren werden können, und doch wäre es aufs dringlichste zu wünschen, dass gerade an den Realanstalten das liebevolle Eingehen auf die Arbeit des Entdeckens und Untersuchens das tote Material bloss technischer Vorkenntnisse durchgeistigte. Gerade weil

der Verfasser den methodischen Gesichtspunkt fest zu halten sucht, treten die Unvollkommenheiten einer solchen rasch zum Ziele eilenden Behandlung um so sichtlicher hervor; so wenn aus der Wasserstoffentwicklung aus Zink und „verdünnter“ Schwefelsäure geschlossen wird, dass Schwefelsäure (concentrierte) Wasserstoff enthält, oder wenn aus dem Hängenbleiben des Wassers in einem über Wasser gehobenen Cylinder geschlossen wird, dass die Luft Gewicht besitzt. Im einzelnen wird der Fachmann, namentlich auch für den aufs knappste bemessenen chemischen Untercursus am Gymnasium, dem Buch manche nützliche Anleitung entnehmen können. P.

### Programm-Abhandlungen.

Die Centralbewegung. Von Dr. Karl Völker. Programm der Realschule in der Hedwigstrasse. Cassel. 1892. 36 Seiten. Prog. Nr. 402.

Unter Centralbewegung wird hier die Bewegung eines Körpers verstanden, auf den eine nach einem festen Punkt gerichtete Kraft (Centripetalkraft) wirkt. Flich- oder Centrifugalkraft sei das Bestreben des bewegten Körpers, sich vom Anziehungs- (nicht Krümmungs!) Centrum zu entfernen, um in der Richtung der Tangente weiter zu gehen. Da die Kraft, mit welcher ein Körper in gerader Linie fortgehe, gleich seiner lebendigen Kraft sei, so müsse die Flichkraft proportional  $mv^2$  sein, zugleich leuchte ein, dass sie im umgekehrten Verhältnis des Krümmungsradius stehe, also sei sie durch einen Ausdruck von der Form  $mv^2/r$  dargestellt. Zur Erläuterung werden nur Kreisbewegungen angeführt, z. B. die eines an einem Faden herumgeschwungenen Körpers. Andere Beispiele sind aus Schellbach-Arendt's Neuen Elementen der Mechanik (Berlin, 1860), ohne dass diese irgendwo citiert wären, wörtlich entnommen. Es scheint dem Verfasser entgangen zu sein, dass seine Vorstellungen mit den dort vertretenen klaren Anschauungen unvereinbar sind. Allerdings ist ihm bekannt, dass manche Physiker die Flichkraft nur als mathematische Vorstellung gelten lassen und die Planetenbewegung aus der Trägheit und der anziehenden Kraft der Sonne allein erklären wollen, aber er widerlegt jene Ansicht durch den Einwand, dass dann die Planeten durch die Einwirkung der Centripetalkraft in Schneckenlinien der Sonne immer näher kommen müssten. Die Bewegung könne nur dann in einer geschlossenen Bahn erfolgen, wenn eine andere Kraft eben so stetig wie die Centripetalkraft in entgegengesetztem Sinne wirke. Dies sei eben die Centrifugalkraft.

Diese dem Verfasser eigentümlichen Anschauungen kommen in dem nächsten Abschnitt gar nicht zur Geltung, wo genau nach dem Verfahren der analytischen Mechanik durch Integration die Bewegung eines Körpers unter Einwirkung einer Centralkraft behandelt wird. Die allgemeinen mechanischen Herleitungen seien auf die astronomischen Erscheinungen anwendbar, obwohl das Centrum der Anziehung, die Sonne, nicht feststehe, sondern während eines Jahres einen grössten Kreis beschreibe. Der Verfasser scheint also das Kopernikanische System nur bezüglich der täglichen Rotation, nicht auch für die jährliche Revolution zu billigen. Die weiteren Anwendungen, z. B. auf die Höhe der Erdatmosphäre, die Masse der Sonne, das konische Pendel u. s. w., die sieben Seiten des Programms füllen, sind nach Auswahl, Einteilung, Darstellung, Bezeichnung der Figuren, Rechnungen aus Schellbachs Buch entnommen, die Ausdrucksweise ist soweit gewahrt, dass sogar die Atome auftreten, angenäherte Zahlenwerte in gleicher Weise abgerundet sind. Für die Wirkungen der Schwungkraft an der Erdoberfläche wäre besser Schellbachs spätere Darstellung (*diese Zeitschr.* II, 177) zu Grunde gelegt worden. Der Sinn ist vielfach durch Zusätze, oft nur ein eingeschobenes Wort, oder durch Zusammenziehen längerer Abschnitte und den Fortfall notwendiger Uebergänge zerstört. Bekanntlich betrüge die Verminderung der Schwerkraft vom Pol zum Aequator in Folge der Erdrotation  $\frac{1}{289}$ , wenn die Erde kugelförmig wäre. Wegen der Abplattung der Erde beläuft sie sich aber auf  $\frac{1}{200}$ . Dieser Sachverhalt findet hier folgenden Ausdruck: „Die Erdschwere wird unter dem Aequator durch die Schwungkraft um  $\frac{1}{289}$  vermindert. Diese Verminderung steigt von den Polen bis zum Aequator von  $\frac{1}{289}$  bis auf  $\frac{1}{200}$ .“ Die für eine beliebige Breite berechnete Ablenkung des Pendels von der Richtung des Erdradius wird mit der Abweichung frei fallender Körper von der Pendeldirection verwechselt und soll dem entsprechend durch die Versuche von Benzenberg und Reich bestätigt sein. Noch ist ein Abschnitt zu erwähnen, der aus dem Studium von Huygens Werk „Horologium oscillatorium sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricae“ hervorgegangen ist. Zwölf Sätze über die Flichkraft, die Huygens, nach der Sitte der Zeit in der weitläufigen Form von Proportionen ohne Beweis aufstellte, und deren synthetische Beweise sich in der nachgelassenen Abhandlung „de vi centrifuga“ finden, werden hier einzeln abgeleitet. Sie sind heute durchaus entbehrlich, da die eine Formel  $mv^2/r$  sie alle zusammenfasst. M. Koppe.



**Über Kugelblitze.** II. Teil: Beispiele von Kugelblitzen. Von Prof. Sauter. Kgl. Realgymnasium u. Kgl. Realanstalt in Ulm. Ostern 1892.

Der Verfasser beschreibt sämtliche Kugelblitzerscheinungen, die ihm durch emsiges Sammeln und Forschen bekannt geworden sind. Er fasst sie in 10 Gruppen zusammen, indem er unterscheidet: Kugelblitze, die meist harmlos ohne Explosion verliefen; solche, denen eine Explosion folgte; solche von roter oder bläulicher Farbe; solche, die von einem Brausen oder Zischen während ihres Erscheinens begleitet wurden; solche, die eine lebhaft drehende Bewegung zeigten; solche, die sich mehrmals auf und ab bewegten; solche, die in Wolken erschienen, solche, die den Tod oder starke Verletzungen zur Folge hatten; solche auf hoher See; und solche, die Rosenkranzblitze, auch Perlen-, Punkt- oder Funkenblitze genannt werden. In einem Anhang zählt er die Punkte auf, die nach Prof. Hahn in Königsberg (*Güa XXIV 618*) bei der Beobachtung von Kugelblitzen und bei Berichten über solche zu berücksichtigen sind, und giebt so zugleich wichtige Gesichtspunkte für eine kritische Benutzung der 213 Beispiele umfassenden Sammlung.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

### Versammlungen und Vereine.

#### Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

*Sitzung am 5. September 1892.* Herr A. Voss sprach über die elementare Behandlung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie im physikalischen Unterricht und setzte die Anwendung des Satzes auf die Behandlung der Keplerschen Gesetze und des Pendels auseinander.

*Sitzung am 20. September 1892.* Herr P. Spies führte einen Apparat vor, der die Analogie zwischen hydraulischen und elektrischen Strömungsvorgängen demonstriert und im besonderen die Messung der Stromenergie durch Volt-Ampère veranschaulicht; ferner eine Zusammenstellung zur Demonstration der elektrischen Kraftübertragung und Transformation unter Anwendung von zwei Funkeninduktoren. Eine in den hochgespannten Stromkreis eingeschaltete Glühlampe glüht nicht, sondern leuchtet wie eine Geisslersche Röhre. Eine in den sekundären Stromkreis eingeschaltete Geisslersche Röhre leuchtet verschiedenartig auf, wenn in ein Mikrophon, das dem primären Stromkreis angehört, verschiedenartige Töne gesprochen werden. Derselbe zeigte eine Veranschaulichung des Molekularmagnetismus durch Projektion einer grossen Zahl auf Spitzen aufgesteckter Magneten mit der elektrischen Lampe, und demonstrierte das Dopplersche Prinzip mittelst einer rotierenden tönenden Pfeife, sowie auch mittelst einer mechanischen Vorrichtung.

*Sitzung am 24. Oktober 1892.* Herr P. Heitchen zeigte und beschrieb einen Umschalter für 8 Elemente, ein Voltameter, einen Commutator, eine magnetelektrische Maschine, einen Elektromotor und eine neue Form einer elektrisch zu erregenden Singsgabel. Derselbe demonstrierte die Schwingungen einer Saite durch Belichtung mit einer Geisslerschen Röhre.

*Sitzung am 7. November 1892.* Herr O. Reichel und Herr R. Heyne demonstrierten eine einfachere Modifikation des von ersterem schon früher vorgeführten Apparates für das Gesetz der Stosskräfte und für Versuche über den unelastischen und den elastischen Stoss. Derselbe Apparat dient, wie ebenfalls gezeigt wurde, auch zur Demonstration des Gesetzes für die Zusammensetzung paralleler Stosskräfte und des Hebelgesetzes für ebensolche Kräfte.

### Mitteilungen aus Werkstätten.

#### Der Teilungsmaassstab (D. R. P. No. 55912, Zusatz 2726).

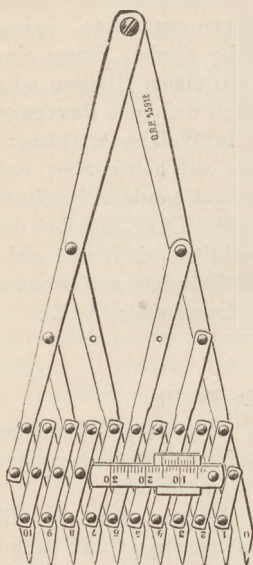
Von J. Friedmann in Bayreuth.

Der Teilungsmaassstab ist in seiner vollendetsten Form ein Universalinstrument, das folgende einzelne Apparate für das Zeichnen in sich vereinigt: 1. Ein gerades Lineal, 2. einen Maassstab, 3. einen Streckenteiler, 4. einen Winkelmesser, 5. einen Zirkel.

Die Instrumente sind aus Stahlplatten gefertigt. Zwischen zwei Führungsstangen, die die Form von Zirkelschenkeln haben, lassen sich bei dem 10teiligen Apparat 16 und bei dem 20teiligen 38 Parallelogramme um Nieten leicht verschieben. Die Verlängerungen der oberen Parallelogrammseiten laufen in numerierte Spitzen aus, während auf der Mittellinie dieser Parallelogramme ein in mm geteilter Maassstab mit Noniusvorrichtung, oder bei Messungen, welche keine allzu-grosse Genauigkeit verlangen, statt des Nonius eine Ablesmarke angebracht ist. Die Teilung dieser Maassstäbe wird bei dem 20teiligen Apparat in doppelter Weise ausgeführt. Erstens kann man die Entfernung der beiden äussersten Spitzen des Teilungsmaassstabes unmittelbar an dem Apparat ablesen. Zweitens wird die Teilung auch so ausgeführt, dass man an ihr die Entfernung je zweier unmittelbar aufeinanderfolgenden Spitzen direkt erkennen kann.

Als Messinstrument für Strecken benutzt man den 10teiligen Apparat, der zusammengelegt 165 mm, dagegen ganz ausgezogen 292 mm lang ist, in folgender Weise: Man bringe die mit 0 und 10 bezeichneten Endspitzen an die Endpunkte der zu messenden Strecke und lese an dem Nonius ab. Soviele mm auf dem Nonius abgelesen werden, so viele cm misst die betreffende Strecke; z. B. eine Ablesung von 22,9 mm entspricht einer Länge von 22,9 cm.

Zum Teilen einer bestimmten Strecke, z. B. 11 mm, in eine bestimmte Anzahl, z. B. 7 gleiche Teile, benutzt man den Apparat in nachstehender Weise: Man bringe die mit 0 und 7 bezeichneten Spitzen an die Endpunkte der zu teilenden Strecke, dann geben die zwischen 0 und 7 liegenden Spitzen die gesuchten Teilpunkte der Strecke an. Die folgende Tabelle enthält die Angabe der Länge der Strecken, welche mit dem 10teiligen Apparat noch in gleiche Teile geteilt werden können:



Anzahl der gleichen Teile	Grösste Länge der zu teilenden Strecke	Kleinste Länge der zu teilenden Strecke
10, 5 und 2	260 mm	43 bzw. 21,5 und 8,6 mm
9 und 3	234 "	38,7 " 12,9 mm
8 und 4	208 "	34,4 " 17,2 "
7	182 "	30,1 mm
6	156 "	25,8 "

Der kleinere 20teilige Apparat besitzt zusammengelegt eine Länge von 295 mm und eine Breite von 100 mm, ganz ausgezogen eine Länge von 552 mm und eine Breite von 67 mm; der grössere 20teilige Apparat ist in zusammengelegtem Zustande 580 mm lang und 150 mm breit, ganz ausgezogen dagegen 1095 mm lang und 110 mm breit.

Diese beiden Apparate werden ebenso gehandhabt wie der 10teilige; es wird auf ihnen an der Skala, die in mm geteilt, jedoch nach Doppelmillimetern numeriert ist, die Entfernung je zweier unmittelbar aufeinander folgender Spitzen abgelesen, welche, mit 20 multipliziert, die Entfernung der beiden äussersten Spitzen angiebt. Bei der Skala jedoch, die nach mm numeriert ist, kann man die Entfernung der beiden äussersten Spitzen unmittelbar an dem Nonius ablesen. Durch 20 dividiert, giebt dann diese Zahl die Entfernung der einzelnen Spitzen von einander an.

Kleiner 20teiliger Apparat.		Anzahl der gleichen Teile	Grosser 20teiliger Apparat.	
Länge der zu teilenden Strecke			Länge der zu teilenden Strecke	
Grösste	Kleinste		Grösste	Kleinste
522 mm	88 bzw. 44; 22; 17,6 und 8,8 mm	20; 10; 5; 4 und 2	1050 mm	134 bzw. 67; 33,5; 20,8 und 13,4 mm
495,9 "	83,6 mm	19	997,5 "	127,3 mm
469,8 "	79,2 bzw. 39,6; 26,4 und 13,2 mm	18; 9; 6 und 3	945 "	120,6 bzw. 60,3; 40,2 und 20,1 mm
443,7 "	74,8 mm	17	892,5 "	113,9 mm
417,6 "	70,4 bzw. 35,2 mm	16 und 8	840 "	107,2 bzw. 53,6 mm
391,5 "	66 mm	15	787,5 "	100,5 mm
365,4 "	61,6 bzw. 30,8 mm	14 und 7	735 "	93,8 bzw. 46,9 mm
339,3 "	57,2 mm	13	682,5 "	87,1 mm
313,2 "	52,8 "	12	630 "	80,4 "
287,1 "	48,4 "	11	577,5 "	73,7 "

Auf der einen Führungsstange ist ein Transporteur angebracht; dieser besitzt einen um den Mittelpunkt des Transporteurs drehbaren Halbmesser, dessen anderes Ende mit der der Führungsstange zunächst liegenden Parallelogrammseite fest verbunden ist. Um einen Winkel von einer bestimmten Anzahl Grade zu zeichnen oder einen gegebenen Winkel zu messen, lege man den Apparat so, dass der Mittelpunkt des Transporteurhalbkreises auf den Scheitel, und die Führungsstange in die Richtung des einen Schenkels des zu ziehenden oder zu messenden Winkels fällt, dann kann man mit der anderen Seite des entsprechenden Parallelogrammes auf dem sowohl von rechts nach links als auch von links nach rechts geteilten Transporteur durch zwei Visierstriche den Winkel messen oder zeichnen. Die grosse Länge der Schenkel erleichtert diese Aufgabe wesentlich; mit dem grossen 20teiligen Apparat können Winkel von 15° bis 161°, mit dem kleinen 20teiligen Apparat Winkel von 19° bis 159° gemessen oder gezeichnet werden.

Die Preise sind für 10teilig ohne Nonius M. 2,50, mit Nonius M. 2,75; für 20teilig ohne Nonius M. 4,50, und mit Nonius M. 4,75; mit Transporteur M. 6. Jedem Apparat ist eine Tabelle über die Längen der zu teilenden oder zu messenden Strecken beigelegt.



### Correspondenz.

Zur Demonstration der Bewegungen der Himmelskörper. Das von Prof. SALCHER in dieser Zeitschrift V 129 angegebene Verfahren kann, auch abgesehen von dem Reibungswiderstande, eine genaue Nachahmung der Planeten- und Kometenbewegung nicht geben. Denn die auf eine Eisenkugel wirkende magnetische Anziehung ist nicht dem Quadrat, sondern etwa der fünften Potenz des Abstandes umgekehrt proportional. Die Kugel habe den Radius  $\rho$ , und der Mittelpunkt sei von dem Magnetpol entfernt um den Radiusvector  $r$ , sie wird erst angezogen, wenn in ihr ein magnetisches Moment induciert ist, dieses ist proportional der magnetischen Kraft  $r^{-2}$ . Denkt man sich zwei Pole von dieser Stärke an den Endpunkten eines nach dem festen Magnetpol gerichteten Durchmesser, so wirkt an dem einen eine Anziehung von der Grösse  $r^{-2} \cdot (r - \rho)^{-2}$ , an dem anderen eine Abstossung  $r^{-2} (r + \rho)^{-2}$ , die Resultante ist  $= 4\rho \cdot r^{-5}$ . Unter Einwirkung einer solchen Kraft sind von einem Punkte aus fast nur spiralförmige Bahnen möglich, die in das Unendliche oder zu dem Magnetpol hinführen. Die zwischen ihnen liegende einer ganz bestimmten Anfangsgeschwindigkeit entsprechende Kreisbahn ist nicht stabil, sie wird bei der geringsten Störung verlassen. Wir hatten hierbei weiches Eisen als Material der Kugel vorausgesetzt. Die auf eine rollende Stahlkugel wirkende Kraft dürfte wegen der Remanenz des in früheren Zeitpunkten induzierten Magnetismus schwer zu bestimmen sein. Eine wirklich dem umgekehrten Quadrat der Entfernung proportionale Kraft ist dagegen die Anziehung zweier Magnetpole, wie sie etwa von dem einen Pol eines langen Elektromagneten auf den ihm nahen Pol eines langen permanent magnetisierten Stahlstabes ausgeübt wird. Mit Hilfe eines solchen cardanisch aufgehängten und äquilibrirten Stabes hat Hagenbach die Planetenbewegungen nachgeahmt. Sein Apparat ist abgebildet in Joh. Müller's Kosmischer Physik, 8. Aufl., S. 253.

M. Koppe, Berlin.

Praktische Schülerübungen. An der Lehr- und Erziehungsanstalt von Dr. R. PLÄHN zu Waldkirch in Baden hat Dr. O. Gerlach seit längerer Zeit physikalische Schülerübungen ausserhalb der Schulstunden eingerichtet. Es wurden meist nicht bloss Wiederholungsversuche, sondern Messungen vorgenommen. In der Beilage zum Jahresbericht 1891 sind angeführt: Fallgesetze, Bestimmung des spezifischen Gewichts; Obertöne, Klangfiguren; Brennweite von Linsen und Hohlspiegeln, Brechungsexponenten; galvanische Widerstände und Stromstärken. Die optischen Messungen werden a. a. O. ausführlich beschrieben. Daneben war eine Werkstätte für Handarbeit in Betrieb, wo trotz äusserst beschränkter Ausstattung doch Tüchtiges geleistet wurde, wie die Aufzählung der von Schülern gefertigten Apparate in den Jahresberichten von 1891 und 1892 zeigt. Erwähnenswert sind namentlich: Modell einer Kulissensteuerung aus Metall, elektrische Regulierung eines Uhrwerks, Telegraphenmodell nach Frick. Wegen der maassgebenden allgemeinen Gesichtspunkte und vieler interessanter Einzelheiten muss auf die sehr lesenswerte Abhandlung verwiesen werden.

Am Askanischen Gymnasium zu Berlin hat der Herausgeber dieser Zeitschrift die Schülerübungen auch im Schuljahr Michaelis 1891—92 in der früher (*d. Zeitschr.* V 57) beschriebenen Weise fortgesetzt. Im Winter beteiligten sich insgesamt 27, im Sommer 29 Schüler; jedesmal waren zwei Abteilungen gebildet, die mit einander abwechselten, so dass eine Abteilung alle vierzehn Tage an die Reihe kam. Die Übungen waren den früher angegebenen Gebieten entnommen und durch neue, zum Teil dieser Zeitschrift zu verdankende Versuche vermehrt.

### Bemerkungen zu der astronomischen Tafel für 1893. \*)

Der Maassstab der Karten ist um die Hälfte grösser als in den beiden früheren Ausgaben, so dass jetzt  $1^\circ$  durch 1 mm dargestellt wird. Man kann daher mit Hilfe eines Millimeter-Maassstabes oder besser eines in Quadratmillimeter getheilten transparenten Papiernetzes leicht jeden Ort nach Länge und Breite genau bestimmen und aus einer Karte in die andere übertragen, im allgemeinen wird aber schon die bloss Schätzung ausreichen, da die Linien des Netzes, die früher je  $15^\circ$  von einander entfernt waren, jetzt dreimal engere Zwischenräume erhalten haben. Für die stärker verschlungenen Bahnen der Karte VIII ist der doppelte Maassstab,  $1^\circ = 2$  mm, gewählt worden.

\*) Man sehe auch die Bemerkungen zur Tafel für 1892 in Jahrgang V, S. 110.

Die neu gezeichnete Karte I enthält die Örter aller Fixsterne zwischen  $30^\circ$  südlicher und  $30^\circ$  nördlicher Breite, welche in Heis' Sternatlas zu den vier ersten Grössenklassen gerechnet sind. Diese bilden die festen Marken, nach denen die Bewegungen der Wandelgestirne beurteilt werden. Nur die Örter der Sonne sind in die Hauptkarte selbst aufgenommen, die übrigen Bahnen werden durch die Karten III bis VII dargestellt, welche die mittlere Zone der Hauptkarte wiederholen. Die Karte II enthält ein aus Parallelkreisen des Äquators und aus Meridianen gebildetes Netz, mit dessen Hülfe sich einige auf die tägliche Drehung bezügliche Fragen besonders für die Polhöhe von Berlin beantworten lassen. Die Zwischenzeiten der eingetragenen Positionen sind 8 Tage für Sonne, Merkur und Venus, 16 Tage für Mars, 32 Tage für Jupiter und Saturn. Bei Uranus und Neptun sind nur die Stillstandspunkte hervorgehoben.

Die heutigen Fixstern-Kataloge entsprechen dem Bedürfnis des ein Fernrohr richtenden Astronomen, sie enthalten die Äquatorial-Coordinationen jedes Gestirns, die von Zeit zu Zeit durch Differentialformeln für die Präcession corrigiert werden, ohne auf das einfache in geschlossener Form ausgedrückte Gesetz der Veränderungen zurückzugehen, welches die Angabe der Ekliptikal-Coordinationen erfordern würde. Für unsern Zweck war gerade ein Verzeichnis nach Länge und Breite zu wünschen, wie es sich bei Ptolemaeus und bei Kopernikus findet und auch noch in einer sehr brauchbaren und vielseitigen Sammlung astronomischer Tafeln vorkommt, die von Lambert und Bode zu Berlin 1776 herausgegeben ist. Wenngleich die benutzten Beobachtungen, die von Hevel, Flamsteed, Lacaille und Bradley herrühren, den heutigen an Genauigkeit nachstehen, bilden sie doch für die graphische Darstellung eine völlig genügende Grundlage. Auf früheren Sternkarten z. B. in Doppelmayer's Atlas (Nürnberg 1742), auf der Karte des Tierkreises von Dheulland (Paris 1755), in Bode's Uranographie (Berlin 1801) sind die Netze für die beiden Arten von Coordination zugleich angegeben, jetzt findet man neben dem Äquatornetz höchstens auf Übersichtskarten noch den Zug der Ekliptik dargestellt, und nicht immer genau; in zwei neueren Karten geht sie nördlich statt südlich vom Regulus entlang.

Hat man mittelst der Karten III bis VII den Ort eines beweglichen Gestirns im Tierkreisgürtel bestimmt, so kann man durch das Hilfsnetz der Karte II auch die Zeit seiner Culmination, ferner für die Polhöhe von Berlin die Zeit und den Ort seines Aufgangs und Untergangs bestimmen. Die fast geraden Linien, welche ziemlich senkrecht verlaufen, stehen auf dem Himmelsäquator senkrecht, und deuten durch die ihnen beigegeführten Zahlen an, welche Punkte der Himmelskugel um  $0^h$ ,  $1^h$ ,  $2^h$ , ... Sternzeit culminieren. So erkennt man, dass der Punkt in den Fischen, in welchem am 1. Januar 1893 Jupiter steht, um  $1^h$  Sternzeit culminiert. Da an demselben Tage der aus Karte I zu entnehmende Sonnenort um  $18^h 50^m$  Sternzeit culminiert, so erfolgt die Culmination des Jupiter um  $24^h + 1^h - 18^h 50^m$  später als die der Sonne, d. h. um  $6^h 10^m$  wahrer Sonnenzeit.

Jede wellenförmig von rechts nach links laufende Linie der Karte II ist Ort der Punkte, denen ein bestimmter nach halben Stunden abgestufter halber Tagesbogen zukommt. Der oben erwähnte Ort des Jupiter liegt auf der mit  $6^h 30^m$  bezeichneten Kurve, es finden also Aufgang und Untergang  $6^h 30^m$  vor und nach der Culmination ( $6^h 10^m$ ) statt, d. h.  $20^m$  vor dem wahren Mittag, und  $50^m$  nach Mitternacht. Die folgende Tabelle enthält für jeden der ausgewählten halben Tagesbogen ( $\frac{1}{2} T$ ) die zugehörige Declination ( $\delta$ ) und die südliche (—) oder nördliche (+) Abweichung des Aufgangspunkts vom Ostpunkt, des Untergangspunkts vom Westpunkt ( $w$ ).

$\frac{1}{2} T$	$\left\{ \begin{array}{l} 2^h 30^m \\ 9^h 30^m \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3^h 0^m \\ 9^h 0^m \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3^h 30^m \\ 8^h 30^m \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4^h 0^m \\ 8^h 0^m \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4^h 30^m \\ 7^h 30^m \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 5^h 0^m \\ 7^h 0^m \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 5^h 30^m \\ 6^h 30^m \end{array} \right.$	$6^h 0^m$
$\delta$	$\mp 31^\circ$	$28^\circ$	$25^\circ$	$21^\circ$	$16^\circ$	$11^\circ$	$6^\circ$	$0^\circ$
$w$	$\mp 59^\circ$	$52^\circ$	$44^\circ$	$36^\circ$	$28^\circ$	$19^\circ$	$9^\circ$	$0^\circ$
$\Delta (\frac{1}{2} T)$	11 <sup>m</sup>	8 <sup>m</sup>	6 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	3 <sup>m</sup>	2 <sup>m</sup>	1 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
$\Delta w$	$2^\circ$	$2^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$

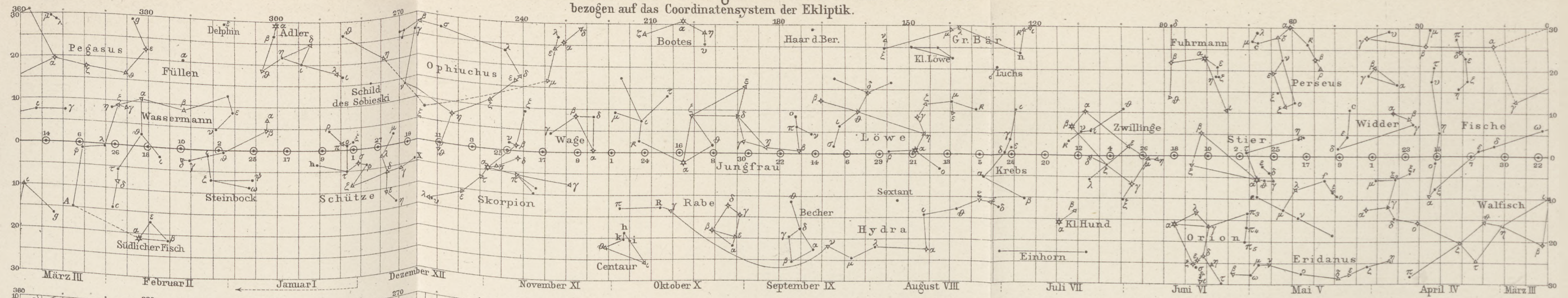
Hieraus folgt für Jupiter  $\delta = +6^\circ$ , er culminiert in der Höhe  $90^\circ - \varphi + 6^\circ = 43\frac{1}{2}^\circ$  und geht  $9^\circ$  vom Westpunkt nach Norden zu unter. Die beiden letzten Reihen der Tabelle enthalten Correktionen, um die für Berlin geltenden Werte von  $\frac{1}{2} T$  und  $w$  für andere Orte brauchbar zu machen. Sie geben an, um wieviel Minuten sich  $\frac{1}{2} T$  weiter von seinem mittleren Werte ( $6^h$ ) entfernt, und um wieviel Grade der absolute Wert von  $w$  zunimmt, wenn die Polhöhe des Ortes um  $1^\circ$  die zu Grunde gelegte Polhöhe ( $52^\circ 30'$ ) übertrifft.



# Die scheinbaren Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1893 bezogen auf das Coordinatensystem der Ekliptik.

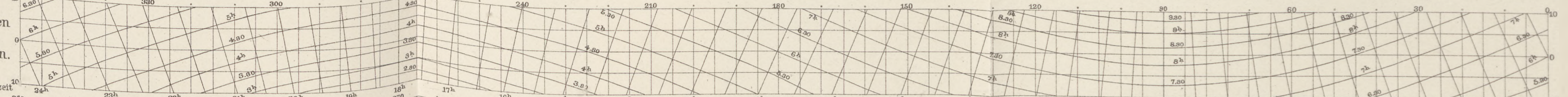
## I. Tierkreisgürtel und Orter der Sonne ☉ (Intervall 8 Tage.)

Sterngrößen  
★ ☆ ▲ ●  
1 2 3 4

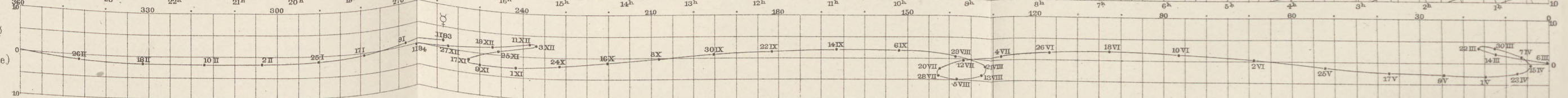


## II. Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Berlin.

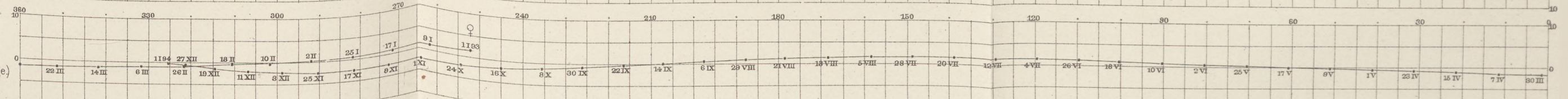
Culmination nach Sternzeit



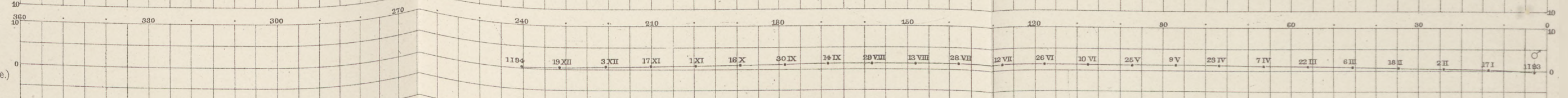
## III. Merkur ☿ (Intervall 8 Tage.)



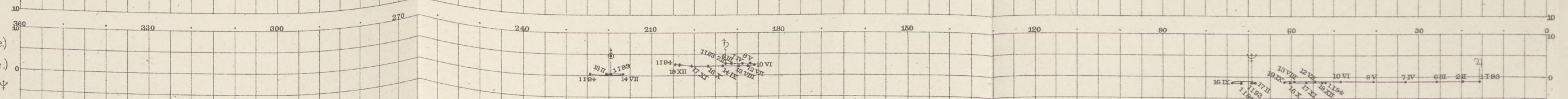
## IV. Venus ♀ (Intervall 8 Tage.)



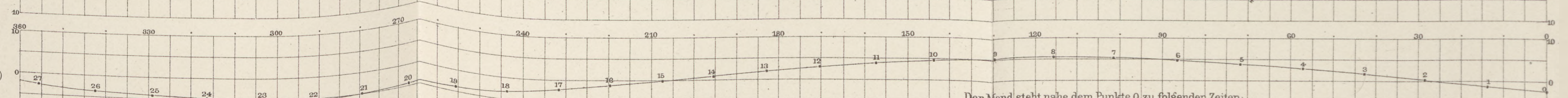
## V. Mars ♂ (Intervall 16 Tage.)



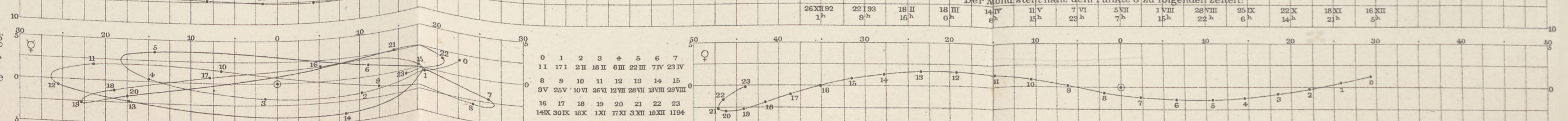
## VI. Jupiter ♃ (32 Tage) Saturn ♄ (32 Tage) Uranus ♅ Neptun ♆



## VII. Mond ☾ (Intervall 1 Tag.)



## VIII. Relative Bewegung des Merkur und der Venus um die Sonne (Intervall 16 Tage.) Doppelter Maßstab.





Die Planeten-Örter sind der *Connaissance des temps* entnommen. Die Mondbahn ist für einen mittleren siderischen Monat des Jahres (8. Juni bis 6. Juli) berechnet worden, indem die mittlere Bewegung nur durch die Mittelpunkts Gleichung, nicht aber durch Evection und Variation corrigiert wurde. Denn da diese beiden Störungen nicht der Periode des siderischen Monats folgen, so hätte man genauere Übereinstimmung während eines Monats durch doppelte Abweichungen zu andern Zeiten erkaufte. Die Nichtbeachtung jener Ungleichheiten sowie das Vorücken der Apsidenlinie um  $20^\circ$  in einem halben Jahre bewirken, dass die Örter in der Bahn für eine beliebige Zeit des Jahres um  $3^\circ$  falsch gefunden werden können. Der Rückgang der Knoten um  $91\frac{1}{2}^\circ$  in einem halben Jahre bedingt eine Verschiebung der Bahnlinie parallel zur Ekliptik, und dadurch eine geringe Veränderung in der Breite der Mondpositionen von höchstens  $\frac{3}{4}^\circ$ . Die Längen werden nicht beeinflusst.

Die Mondbahn führt an folgenden Sternen nahe vorüber:  $\epsilon$  und  $\sigma$  in den Fischen,  $\delta$  im Widder, an den Plejaden,  $\beta$  im Stier,  $\iota$  und  $\upsilon$  in den Zwillingen,  $\eta$  und  $\sigma$  im Löwen,  $\beta$ ,  $\eta$ ,  $\gamma$  in der Jungfrau,  $\alpha$  in der Wage,  $\delta$ ,  $\sigma$ ,  $\alpha$  im Skorpion,  $\varphi$  und  $\tau$  im Schützen, endlich noch an folgenden in der Karte I nicht verzeichneten Sternen, die nahezu vierter Grösse sind:  $b$  im Schützen,  $\epsilon$  im Steinbock,  $\phi_1$  und  $\phi_2$  im Wassermann. Die hier genannten Sterne, und ferner die Planeten Mars, Jupiter, Saturn, Uranus werden im Laufe des Jahres vom Mond für gewisse Orte der Erde bedeckt, in Berlin sind nur die Bedeckungen von  $\delta$  im Widder (1. September),  $\sigma$  im Skorpion (2. Mai),  $\phi_1$  (31. Juli) und  $\phi_2$  (21. Januar) im Wassermann sichtbar, ausserdem die des Jupiter, die aber (20. Februar und 19. März) am Tage stattfinden.

Am 16. April  $3^h$  und am 9. Oktober  $9^h$  steht der Mond in der Nähe der Knoten mit der Sonne in Conjunction und es finden centrale (in Berlin nicht sichtbare) Sonnenfinsternisse statt.

Es sei zu bestimmen, zu welcher Zeit der Mond am 1. Januar 1893 untergeht. Betrachtet man den 1. Januar als 32. Tag des Dezember, so erhält man  $(32 - 26) = (6)$  als Ort des Mondes für  $1^h$ . Dieser Punkt culminiert um  $5^h 45^m$  Sternzeit, der halbe Tagesbogen ist  $9^h$ , die Sonne culminiert um  $18^h 50^m$  Sternzeit. Der Untergang des Mondes fände daher statt um  $5^h 45^m + 9^h + 24^h - 18^h 50^m = 19^h 55^m$ . Da aber in der Zwischenzeit von  $1^h$  bis  $19^h 55^m$  der Mond vom Punkte (6) aus ziemlich nahe an den Punkt (7) gerückt ist, so muss nach Karte II, während der halbe Tagesbogen,  $9^h$ , nur unmerklich verändert wird, die Sternzeit der Culmination genauer  $= 6^h 35^m$  gesetzt werden. Auch steigt die Rectascension der Sonne auf  $18^h 53^m$ . Die verbesserte Untergangszeit ist daher  $20^h 42^m$  wahrer Sonnenzeit  $= 20^h 46^m$  mittl. Zeit. Thatsächlich erfolgt der Untergang  $5^m$  früher.

Wie man die Bewegungen eines Sonnenflecks verfolgt, indem man Tag für Tag seine Stellung zum Sonnenmittelpunkt in ein Coordinatennetz einträgt, dessen Abscissenaxe die Richtung der Ekliptik hat, wie man ferner die Bewegung eines Jupitermondes untersucht, indem man seinen Ort zu verschiedenen Zeiten mit dem des Jupiter nach Länge und Breite vergleicht, so liegt es auch nahe, von der Bewegung des Merkur und der Venus, welche in grösseren Kreisen im Raume um den Sonnenmittelpunkt laufen, sich in ähnlicher Weise eine deutliche Vorstellung zu verschaffen. Dieser Gedanke, für die Jahre 1708 und 1709 in Doppelmayer's Sternatlas realisiert, führt zu den relativen Bahnen der Karte VIII. In der Zeit von 88 Tagen, in der Merkur siderisch seinen Lauf um die Sonne vollendet, scheint er uns in Richtung der Breite einmal auf- und abzuschwanken, in Richtung der Länge schwankt er aber erst in der synodischen Umlaufzeit von 116 Tagen hin und her. Das Verhältnis dieser Zeiten ist fast genau 3:4. Die Bahn ist daher nahezu eine Lissajous'sche Kurve, wie sie bei dem Intervall einer Terz auftritt. Sie kann auch als Projektion einer Raumkurve aufgefasst werden, die Merkur um die Sonne beschrieb, wenn die Knotenlinie seiner elliptischen Bahn um die Sonne in einem Jahr in rückklüffiger Bewegung einen Umlauf vollführte.

Den Merkur kann man in unserem Klima nur dann als Abendstern mit blossen Auge beobachten, wenn seine grösste östliche Elongation in den Monat März fällt, in welchem die Ekliptik nach Sonnenuntergang eine möglichst steile Lage zum Horizont hat. Dies findet zwar im Jahre 1893 statt, doch ist die Constellation nicht besonders günstig, der Abstand von der Sonne beträgt diesmal nur  $18^\circ$ , während er zu anderen Zeiten auf  $29^\circ$  steigt. Da das Licht der Dämmerung erst schwindet, wenn die Sonne  $18^\circ$  unter dem Horizont steht, so geht Merkur schon während der Dämmerung unter.

Für die relative Bahn der Venus erfolgt die Schwingung in der Breite in  $\frac{8}{13}$  Jahren, die in der Länge in  $\frac{8}{5}$  Jahren. Die Bahn würde sich erst in 8 Jahren zu der Lissajous'schen Kurve schliessen, die dem Schwingungsverhältnis 5:13 entspricht.

M. Koppe.



## Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1893.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☼ Sonne, ♂ Mars,  
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ♂ Conjunction, □ Quadratur, ♀ Opposition.

Monatstag	Januar							Februar					
	0	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	
Helio- centrische Längen.	181°	200	216	231	245	259	273	287	302	319	339	1	☿
	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	☿
	100	105	110	116	121	126	131	136	141	146	151	156	☿
	44	47	50	52	55	58	60	63	66	69	71	74	☿
	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31	32	32	☿
	186	187	187	187	187	187	187	188	188	188	188	188	b
Aufst. Knoten.	35	34	34	34	33	33	33	33	32	32	32	32	☾
Mittl. Länge.	71	137	203	269	334	40	106	172	238	304	10	76	☾
Geo- centrische Recta- scensionen.	69	147	205	265	333	36	112	179	235	302	7	76	☾
	257	263	269	277	285	293	301	310	319	329	336	345	☿
	249	256	263	269	276	283	290	296	303	309	316	322	☿
	281	287	292	298	303	308	313	318	323	328	333	338	☿
	2	5	8	11	14	17	20	23	27	30	33	36	☿
	15	15	16	16	17	17	18	19	20	21	21	22	☿
	192	193	193	193	193	193	193	193	192	192	192	192	b
Geo- centrische Dekli- nationen.	+ 25	+ 18	— 9	— 27	— 16	+ 15	+ 27	+ 4	— 22	— 25	+ 1	+ 27	☾
	— 21	— 22	— 23	— 23	— 24	— 23	— 22	— 20	— 18	— 15	— 12	— 8	☿
	— 21	— 22	— 22	— 23	— 23	— 23	— 22	— 22	— 20	— 19	— 18	— 16	☿
	— 23	— 23	— 22	— 21	— 20	— 19	— 18	— 16	— 15	— 13	— 11	— 9	☿
	+ 1	+ 2	+ 4	+ 5	+ 6	+ 8	+ 9	+ 10	+ 12	+ 13	+ 14	+ 15	☿
	+ 5	+ 5	+ 5	+ 6	+ 6	+ 6	+ 6	+ 7	+ 7	+ 7	+ 8	+ 8	☿
	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 2	— 2	— 2	b
Aufgang.	20 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	20.12	20.9	20.5	19.59	19.53	19.45	19.37	19.28	19.18	19.8	18.57	☼
	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	7.33	13.49	19.39	21.55	23.3	2.12	9.5	15.13	19.27	20.38	22.50	☼
Untergang	3 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	4.0	4.7	4.14	4.23	4.32	4.41	4.50	5.0	5.10	5.19	5.28	☼
	19 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	22.43	23.36	1.9	7.8	14.11	20.2	21.21	22.32	2.1	9.3	16.16	☼
Zeitglchg.	+ 3.31	+ 3.49	+ 7.55	+ 9.48	+ 11.23	+ 12.40	+ 13.35	+ 14.11	+ 14.26	+ 14.22	+ 14.0	+ 13.21	☼

## Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Januar 2 2 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> Vollmond	Januar 31 15 5 Vollmond
„ 9 11 22 Letztes Viertel	Februar 8 9 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> Letztes Viertel
„ 11 20 Mond in Erdferne	„ 8 17 Mond in Erdferne
„ 17 14 22 Neumond	„ 16 5 10 Neumond
„ 24 19 20 Erstes Viertel	„ 21 9 Mond in Erdnähe
„ 27 15 Mond in Erdnähe	„ 23 3 7 Erstes Viertel

**Constellationen.** Januar: 1 3<sup>h</sup> ☼ in Erdnähe; 2 3<sup>h</sup> ♄ □ ☼; 5 21<sup>h</sup> ♃ □ ☼; 8 21<sup>h</sup> ♄ ♂ ☼; 15 8<sup>h</sup> ♀ ♂ ☼; 15 23<sup>h</sup> ☿ ♂ ☼; 23 12<sup>m</sup> ♂ ♂ ☼; 23 14<sup>h</sup> ♃ ♂ ☼; 23 22<sup>h</sup> ☿ in Sonnenferne; 25 17<sup>h</sup> ♂ ♂ ☼. — Februar: 5 6<sup>h</sup> ♄ ♂ ☼; 14 14<sup>h</sup> ♀ ♂ ☼; 16 3<sup>h</sup> ☿ ♂ ☼; 16 9<sup>h</sup> ☿ obere ♂ ☼; 20 4<sup>h</sup> ♃ ♂ ☼ (Bedeckung des Planeten); 21 3<sup>h</sup> ♂ ♂ ☼.

**Meteore** in grösserer Anzahl sind in beiden Monaten nicht zu erwarten.

**Veränderliche Sterne.** 1) Algols - Minima Januar: 5 15<sup>h</sup>, 8 11<sup>h</sup>, 11 8<sup>h</sup>, 28 13<sup>h</sup>, 31 10<sup>h</sup>; Februar: 20 12<sup>h</sup>, 23 8<sup>h</sup>. 2) Minima von  $\lambda$  Tauri Januar 2 12<sup>h</sup>, 6 11<sup>h</sup>, 10 10<sup>h</sup>, 14 8<sup>h</sup>, 18 7<sup>h</sup>, 22 6<sup>h</sup>. 3)  $\beta$  Lyrae lässt sich zu Anfang Januar abends sofort nach Eintritt der Dunkelheit und auch vor der Morgendämmerung beobachten; desgleichen  $\delta$  Cephei; von  $\eta$  Aquilae sind in den ersten Januar-Tagen noch Abendbeobachtungen möglich, dann nach sechswöchiger Unterbrechung Morgenbeobachtungen;  $\zeta$  Geminorum ist abends zu beobachten. 4) Ferner sind  $\alpha$  Cassiopeiae und  $\mu$  Cephei morgens und abends,  $\beta$  Pegasi,  $\varepsilon$  Aurigae und  $\delta$  Orionis abends zu beobachten.

**Zodiakallicht.** Dasselbe ist an den mondfreien Abenden beider Monate gegen 7<sup>h</sup> als eine schief nach links gerichtete Pyramide am Westhimmel aufzufinden. J. Plassmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbandlung gestattet.

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