

## Ein einfaches Elektrometer.<sup>1)</sup>

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Nach mehreren vergeblichen Versuchen, mein in dieser Zeitschrift<sup>2)</sup> beschriebenes Elektroskop zu einem handlichen Messinstrument umzugestalten, das mit einer für Schulzwecke ausreichenden Genauigkeit die Vergleichung der Potentialdifferenzen verschiedener galvanischer Ketten ermöglichte und zugleich zu Demonstrationen sich eignete, kam ich zum Ziel, als ich anstatt der schwer zu beschaffenden gut leitenden Glasgefäße, welche oft Schlieren haben, einen Blechkasten anwandte, dessen Wände aus leitendem Spiegelglas bestanden.

Fig. 1 zeigt den Apparat in  $\frac{1}{3}$  der natürlichen Grösse. Ein aussen mit Bronze- oder Lackfarbe lackierter Kasten (A) aus etwa 1 mm dickem Zinkblech<sup>3)</sup> ist auf dem Holzbrettchen (B) durch vier Schrauben befestigt. Die Spiegelscheiben (ohne Belegung), welche die Rückwand und die Seitenwände bilden, sind fest eingesetzt, während die vordere Glasscheibe sowie ein dicht vor der Hinterwand befindlicher Planspiegel an aufgekitteten Griffen nach Bedarf herausgezogen werden können. In ihrer Stellung werden beide Platten durch Riegel gehalten, welche auf den Griffen ruhen und in einen Einschnitt derselben passen. Der Leitungsstab ist, wie bei den früher beschriebenen Elektroskopen, durch einen 20 mm dicken, schwach konischen Hartgummipfropf geführt, der von einer in den Deckel des Kastens eingelassenen mit umgebogenen Rändern versehenen Messinghülse gehalten wird. Um ein Herabrutschen des mit Reibung im Pfropfen drehbaren Leitungsstabes zu verhindern, ist ein abgerundeter Ring (e) aufgelötet. Dem aus feinem versilbertem Kupferdraht hergestellten Bügel

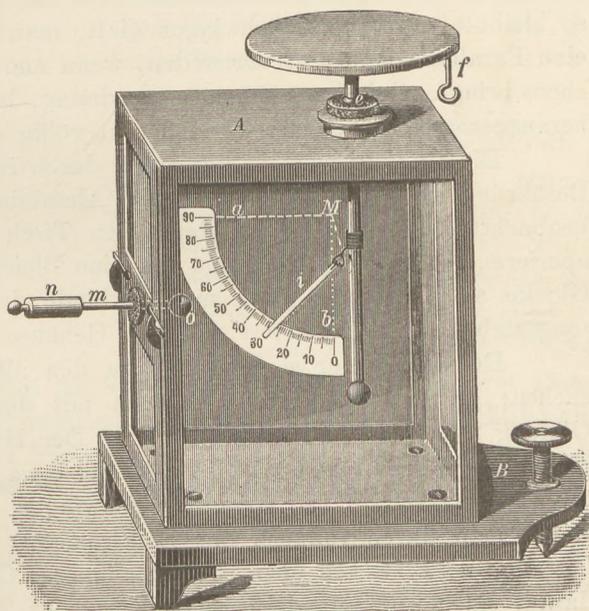


Fig. 1.

<sup>1)</sup> Demonstriert in der Versammlung der Lehrer der Physik im Pädag. Museum in St. Petersburg, am 13. (25.) Oktober 1888.

<sup>2)</sup> Vergl. diese Zeitschr. (I 1888, S. 152 und II 1888, S. 9).

<sup>3)</sup> Falls ein Holzkasten benutzt wird, sollten alle Holztheile im Inneren mit Stanniol beklebt sein.

gegenüber ist der Stab etwas ausgefeilt, um das Aluminiumblättchen näher an den Stab bringen zu können. Als Normalentfernung habe ich 1 mm angenommen. Es ist nämlich nicht ratsam, das Aluminiumblättchen so einzustellen, dass es den Stab berührt, da es dann leicht haftet; auch wird dadurch die Einstellung auf 0, die vermittelt der Stellschraube am Fussbrett geschieht, sehr erschwert.

Nachdem der Leitungsstab mit dem Bügel eingesetzt worden, bestimmt man den genau hinter dem Bügel befindlichen Punkt ( $M$ ) des Spiegels, der auf der Belegung markiert wird. Darauf wird die horizontale Linie ( $Ma$ ) und die vertikale ( $Mb$ ) in die Belegung eingeritzt, um danach den in Grade geteilten Ringquadranten (aus dünnem weissem Karton) richtig auf die Vorderseite des Glasspiegels kleben zu können. Beim Visieren ist es am bequemsten, das Auge vor der Drehungsachse des Blättchens, also vor dem Punkte ( $M$ ) zu halten. Sollte der Bügel und sein Spiegelbild mit dem Punkte ( $M$ ) nicht in einer geraden Linie liegen, so lässt sich eine Korrektur derart ausführen, dass man den Bügel (an der unwickelten Stelle) hebt oder senkt, oder die Spiegelscheibe seitlich verschiebt. Da das Aluminiumblättchen sehr fein ist und bei dieser Anordnung keine Parallaxe auftritt, so ist die einzelne Ablesung auf  $\frac{1}{5}$  Grad genau. Das arithmetische Mittel aus 5 Einzelbeobachtungen, die wenig Zeit erfordern, ist also auf Zehntelgrade zuverlässig — eine Genauigkeit, die für Schulzwecke völlig ausreichen dürfte.

Ausser der feinen Gradteilung, welche auf dem Planspiegel befestigt ist, ist auf der Innenfläche der hinteren Glaswand eine beiderseits sichtbare grobe Teilung (von 5 zu 5°) angebracht. Ist das Aluminiumblättchen gut angeklebt, so bleibt es auch beim Schwingen glatt, man kann also auch hier beim Visieren eine Parallaxe ganz gut vermeiden, wenn man das Auge in die Ebene des Blättchens bringt. Bei dieser Versuchsanordnung, bei welcher natürlich der Planspiegel herausgezogen ist, ersetzt der Apparat völlig ein empfindliches Elektroskop.

Die Ladung wird in der Regel durch Influenz bewirkt. Bei Ladung durch Berührung ist wegen der Zartheit des Aluminiumblättchens die grösste Vorsicht zu beobachten. Muss man an demselben Tisch mit grösseren Elektrizitätsmengen operieren, so bedecke man den auf eine Blechplatte gestellten Apparat mit einer Glocke aus Drahtnetz (oder man verbinde durch einen weichen Draht den Leitungsstab des Elektrometers mit dem Gehäuse und dieses mit der Erde).

Der Konduktor  $m$  dient nur zu den allerempfindlichsten qualitativen Versuchen; er wird beim Nichtgebrauch mit dem Ebonitpfropf entfernt und die Öffnung mit einem Kork verschlossen. Der Hartgummigriff ( $n$ ) dient zum Fassen. Hineingeschoben, reicht die Kugel ( $o$ ) bei etwa 25° bis fast an den inneren Rand des Teilungskreises, so dass das schwingende Blättchen nicht anstossen kann. Ladet man durch Influenz das Elektrometer so, dass der Ausschlag etwa 40° beträgt (das Blättchen also über der inneren Konduktorkugel schwebt) und nähert darauf einen schwach elektrischen Körper, z. B. einen erhitzten Turmalinkrystall, der an einem nicht zu kurzen isolierenden Stäbchen befestigt ist, der äusseren Konduktorkugel, so wird das Aluminiumblättchen — je nachdem die Ladung der des Elektrometers gleichnamig ist oder nicht — um mehrere Grade abgestossen oder angezogen. Man kann auf diese Weise die teuren, oft nach kurzer Zeit schwach wirkenden Zamboni'schen Säulen entbehren<sup>4)</sup>. Da die Entfernung zwischen

<sup>4)</sup> Bei einem fast unwirksam gewordenen Bohlenberger'schen Elektroskop wurde das angeklebte Goldblättchen durch ein Aluminiumblättchen mit Papieröse und Drahtbügel ersetzt, und der Apparat wirkte sofort wieder tadellos.

der Conduktorkugel und den Blättchen beliebig geändert werden kann, so ist diese Konstruktion weit bequemer, als die von Andriessen<sup>5)</sup> beim Goldblattelektroskope angewandte, welcher ich die Anregung verdanke.

Will man die Erscheinungen einem grösseren Auditorium sichtbar machen, so entfernt man die Spiegelplatte und setzt das Elektrometer auf das Tischchen eines Projektions-Apparates. Das etwa 12 fach vergrösserte Bild des Blättchens wird auf einen weissen Schirm entworfen, der einen in Grade getheilten Viertelkreis von etwa 50 cm Radius hat. Im Mittelpunkte des Teilungskreises ist eine Achse angebracht, um welche 3 Zeiger (50 cm lang 5 mm breit), die hellrot, gelb und hellgrün gefärbt sind, mit leichter Reibung drehbar sind. Sie dienen dazu, die beobachtete Stellung des Blättchens (bei zusammenhängenden Versuchen, s. w. u.) zu markieren. Durch eine kleine Drehung des Leitungsstabes wird der Schatten des Blättchens breiter gemacht und dadurch weithin sichtbar.

Bei meinem Aluminium-Elektroskop (*d. Ztschr. S. 9*) hatte ich ausserordentlich feine Aluminiumfolie benutzt. Die Blättchen gaben grosse Ausschläge, nahmen aber im geladenen Zustande eine parabolische Form an. Beim Elektrometer verwandte ich eine etwas stärkere Sorte Aluminium. Die Ausschläge sind etwas kleiner, aber die Blättchen bleiben ganz gerade.

Die Dimensionen der einzelnen Teile des Elektrometers sind folgende:

Höhe des Elektrometerkastens = 140 mm	Länge des Blättchens, vom
Breite „ „ = 120 „	Bügel an . . . . . = 40 mm
Tiefe (innen) „ = 85 „	Breite des Blättchens . . . . . = 4 „
Dicke des versilberten Bügel-	Dicke des Leitungsstabes . . . = 3,5 „
drahtes . . . . . = 0,25 „	Länge desselben, vom Ringe ( <i>e</i> )
Radius des feinen Teilungs-	bis zur unteren Kugel . . . = 110 „
kreises (auf d. Planspiegel,	Abstand der Kugel von der
bis zum inneren Rande) . . = 40 „	Bodenplatte und der näheren
Radius der groben Teilung (da-	Wand . . . . . = 30 „
mit sie bei der Projektion	Durchmesser der Kugel . . . = 5 „
nicht stört, ist der Radius	Abstand d. Blättchens vom Stabe = 1 „
etwas grösser genommen, als	Dicke des Bleches am Gehäuse = 1 „
die Länge des Blättchens be-	Dicke des Ebonitpfropfens
trägt) . . . . . = 50 „	(oben) . . . . . = 20 „

Bei genaueren Versuchen wird natürlich das Blechgehäuse mit der Erde leitend verbunden. Da die Conduktorplatten leicht beim Anfassen etwas elektrisch werden, so halte man sie in diesem Falle über eine Spiritusflamme, bis der sich bildende Niederschlag von Wasserdampf eben wieder verschwunden ist (Weinhold). Ausserdem empfiehlt es sich, bei vergleichenden Versuchen, die Condensatorplatten immer mit demselben Poldraht (z. B. die untere Platte stets mit + *e*) zu berühren. Bei Anwendung des (*diese Zeitschr. II S. 9*) beschriebenen, sehr bequemen Gestelles mit 4 kleinen *Zn/C*-Elementen ist es auch zweckmässig, die gleichnamigen Poldrähte von gleicher Farbe zu nehmen (z. B. die vom *Zn* kommenden rot oder orange, und die von der *C* grün). Auf diese Weise können die Schüler schon von weitem die Art der Schaltung — ob parallel oder hinter einander — deutlich erkennen.

Die Ableitungsdrähte des Elektrometers bestehen aus ca. 0,6 mm starkem versilbertem Kupferdraht von etwa 80 mm Länge, dessen Enden zu Ösen umge-

<sup>5)</sup> Frick, Physikal. Technik, 1872. S. 391.

bogen sind. Eine Öse wird auf das Gewinde des Leitungsstabes geschoben und von zwei ringförmigen Schraubenmuttern gehalten. Diese Anordnung bietet den Vorteil, dass man die Condensatorplatten bequem abschrauben und den Leitungsdraht nach Bedarf in horizontaler Richtung drehen kann; auch lässt sich ein solcher Ableitungsdraht jederzeit leicht wieder herstellen. An der oberen Condensatorplatte ist der Ableitungsdraht in gleicher Weise befestigt, sodass man ohne weiteres verschiedene etwa vorhandene Platten aufschrauben kann. Gewöhnlich benutze ich solche von 80 mm Durchmesser.

Sehr anschaulich lassen sich am Elektrometer<sup>6)</sup> folgende Versuche anstellen:

### 1. Messung der Potentialdifferenz galvanischer Elemente.

(Vgl. diese Zeitschrift II S. 9.)

a) Ist die Ablenkung bei einem Element =  $\alpha_1$ , und für  $n$  Elemente =  $\alpha_n$ , so ist nach einer von mir gefundenen empirischen Formel bei Apparaten dieser Konstruktion:

$$1) \dots \dots \dots \text{tg } \alpha_n = (\text{tg } \alpha_1 + b) - c,$$

wo  $b$  und  $c$  Constanten sind. Für mein von O. Richter in Petersburg gebautes Elektrometer ist für 1 bis 8 Volt. ca.

$$1b) \dots \dots \dots \text{tg } \alpha_n = (\text{tg } \alpha_1 + 0,0139) - 0,0207.$$

Bei Anwendung von Daniell'schen Elementen ergab sich

$$1c) \dots \dots \dots \text{tg } \alpha_n = 0,2725 \cdot n - 0,0207.$$

Die Constante  $b$  wächst mit dem Abstände des Blättchens vom Stabe (in der Ruhelage), der daher möglichst = 1 mm zu nehmen ist. Dagegen scheint  $c$  von der Länge und dem Gewicht des Blättchens, sowie von der Capacität des Stabes abhängig zu sein.

Nach Versuchen, die Prof. Jegorow in der russ. physikal. Gesellschaft am 7./19. Febr. 1889 demonstrierte, lässt sich bei diesem Apparat, ohne Condensatorplatten, zeigen, dass die beiden freien Enden einer Zamboni'schen Säule gleiche Mengen  $+e$  und  $-e$  aufweisen, sowie, dass bei Ableitung des einen Endes zur Erde das freie Ende jetzt  $2e$  enthält.

b) Bei der Vergleichung zweier constanter galvanischer Elemente seien die Ausschläge  $\alpha$  und  $\beta$ , so ist, mit Vernachlässigung der Constanten  $b$  und  $c$

$$2) \text{tg } \alpha : \text{tg } \beta = \text{einer Constanten } k \text{ (nahezu); also } \text{tg } \alpha = k \cdot \text{tg } \beta.$$

Zu Schulzwecken können wir für die elektromotorischen Kräfte die Gleichung aufstellen

$$2b) \dots \dots \dots e_\alpha = k \cdot e_\beta.$$

### 2. Durch Influenz entstehen in einem Leiter gleiche Mengen

$$+ E \text{ und } - E.$$

Man nähert den influierenden Körper, etwa einen geriebenen Glasstab, langsam dem Elektrometer, bis der Ausschlag  $n^\circ$  beträgt. Leitet man mit der rasch

<sup>6)</sup> Das im vorstehenden beschriebene Aluminium-Elektrometer wird von den Mechanikern O. Richter in Petersburg und Ferdinand Ernecke in Berlin angefertigt.

genäherten Hand die gleichnamige  $E$  ab, so giebt das Blättchen, nach Entfernung des influierenden Körpers, wieder genau  $n^\circ$  Ausschlag.

Hierbei, wie bei allen Messungen, darf man mit dem Gesicht nicht zu nahe an den Apparat kommen, da sonst durch die Spitzenwirkung der Haare Störungen eintreten.

### 3. Das Wirkungsgesetz der Influenz.

Die Condensatorplatte wird abgenommen und auf den Leitungsstab eine mit 2 rechtwinkligen Durchbohrungen versehene Kugel, von ca. 8 mm Durchmesser geschraubt. In die horizontale Öffnung schraubt man einen ca. 40 mm langen Draht, an dessen freies Ende eine kleine Condensatorplatte geschraubt wird, deren Fläche also vertikal steht. In gleicher Höhe wird die andere Condensatorplatte (resp. eine Kugel von ca. 50 mm Durchmesser) an einem Ebonitstabe, der einen Fuss hat, befestigt. Elektrisiert man die zweite Condensatorplatte und nähert das Elektrometer, bis der Ausschlag  $10^\circ$  beträgt, so findet man, wenn man den Abstand beider Platten auf die Hälfte vermindert, einen Ausschlag von nahezu  $40^\circ$ , d. h. die Wirkung der Influenz ist in der halben Entfernung vier mal so gross.

Bei der obigen Versuchsanordnung bilden beide Platten eigentlich einen Luft-Condensator. Genau genommen müsste — damit das Influenzgesetz genau gilt — der influierende Körper eine Kugel von sehr kleinem Durchmesser sein; dann wäre aber die Influenzwirkung zu schwach, um am Elektrometer nachgewiesen werden zu können.

### 4. Constanz des Potentials und verschiedene Dichte der Elektrizität an verschiedenen gekrümmten Oberflächenteilen eines isolierten Leiters.

Diesen meines Wissens zuerst von Weinhold in der II. Auflage der „Physikalischen Demonstrationen“ beschriebenen und, unabhängig davon, vom Prof. Borgmann in Petersburg vorgeführten Versuch habe ich durch eine besondere Form des Conductors dem Elektrometer anzupassen versucht.

a) Constanz des Potentials. Der aus Blech hergestellte (resp. aus Pappe verfertigte und mit Stanniol beklebte) Conductor bildet einen Cylinder von 10 cm Durchmesser und 15 cm Länge. An dem einen Ende ist ein Kegel von 10 cm Höhe aufgelötet, an dem anderen Ende ein ebenso grosser Hohlkegel eingesetzt. Der isolierende Stab besteht aus Ebonit (s. Fig. 2). Der Conductor wird schwach geladen, indem man den elektrischen Glasstab einmal nahe vor der Spitze vorüberführt. Ein dünner, weicher Leitungsdraht von  $1\frac{1}{2}$ —2 m Länge der zu einer Spirale aufgewickelt ist, hat an dem einen Ende eine Öse, welche an dem Haken des Leitungsdrahtes beim Elektrometer befestigt wird. Das andere Ende trägt einen isolierenden Griff aus Ebonit oder Siegellack. Berührt man mit diesem Ende den Conductor, so zeigt das Elektrometer einen gewissen Ausschlag, der sich nicht ändert, wenn das Ende des Drahtes über die Oberfläche des Conductors hingleitet, auch wenn es Stellen des Hohlkegels berührt.

b) Abhängigkeit der elektrischen Dichte von der Krümmung der Oberfläche. Die Drahtleitung wird abgehakt und der Conductor mittelst eines geriebenen Glasstabes oder des Elektrophors so lange geladen, bis die Elek-

tricität unter leisem Zischen aus der Spitze abzufließen beginnt. Dadurch erhält man, bei bald auf einander folgenden Versuchen, recht constante Ladungen. Ein etwa 20 cm langes Stäbchen aus Ebonit trägt an beiden Enden Schrauben, zu welchen einige vernickelte Messingkugeln (3 mm, 5 mm, 10 mm Durchmesser) passen. Berührt man mit einer solchen Probierkugel den geladenen Conductor an verschiedenen Stellen und überträgt die Elektrizität auf das Elektrometer, so zeigt dieses verschiedene Ausschläge. Besonders interessant erscheint es den Schülern, dass im Punkte *a* die Dichte = 0 ist. Der Versuch wirkt auf sie deshalb so überzeugend, weil sie von früheren Versuchen her die ausserordentliche Empfindlichkeit des Apparates kennen. Natürlich wird das Elektrometer nach jeder Berührung wieder entladen. Der Umstand, dass durch die wiederholten Berührungen die Ladung des Conductors etwas abgenommen haben muss, kommt bei diesem qualitativen Versuch wohl kaum in Betracht.

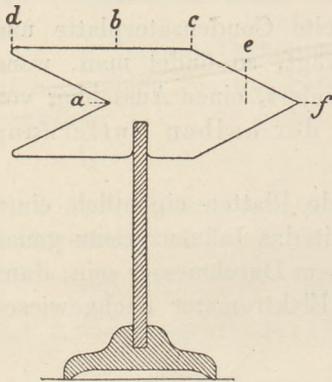


Fig. 2.

Bei einem Versuche, wo der Conductor vor jeder Messung geladen wurde, erhielt ich folgende Werte:

Punkt der Oberfläche	Ausschlag $\alpha$				$\operatorname{tg} \alpha$	Verhältnis
	1.	2.	3.	Mittel		
<i>a</i> . . . .	0°	0°	0°	0	0	0
<i>b</i> . . . .	21,5°	22,5°	22°	22,0°	0,404	1
<i>c</i> . . . .	36°	37°	36°	36,3°	0,735	1,80
<i>d</i> . . . .	53°	49°	51°	51,0°	1,235	3,05
<i>e</i> . . . .	39,5°	40,5°	41°	40,3°	0,849	2,10
<i>f</i> . . . .	64°	61°	62°	62,3°	1,907	4,70

Tragen wir die Zahlen der letzten Kolonne an der betr. Stelle der schematischen Zeichnung des Conductors als Kraftlinien auf, so giebt uns die Verbindungslinie der Endpunkte einen Durchschnitt der Niveaufäche, welche der elektrischen Dichte annähernd entspricht und dem Schüler ein auf eigener Beobachtung beruhendes anschauliches Bild liefert.

##### 5. Das Aichen des Elektrometers, resp. Elektroskopes.

Nach einem Vorschlage von Prof. Borgmann lässt sich ein Elektroskop, welches mit einer Skala versehen ist, in folgender einfacher Weise nach willkürlichen Einheiten aichen. Eine isolierte grössere Hohlkugel (event. obiger Conductor) die eine genügend grosse Öffnung hat, um die Probierkugel bequem einführen zu können, wird durch einen dünnen, etwa 2 m langen Draht, der spiralförmig gewickelt ist, mit dem Elektroskop verbunden. Vermittelt einer kleinen Probekugel oder eines Probescleichens (für das Aluminiumelektrometer ist bei obigem Conductor die 3 mm-Kugel schon fast zu gross) werden von einer vorher markirten Stelle des Elektrophordeckels successive 1, 2, 3... Ladungen übertragen, indem man die Hohlkugel im Inneren berührt und den Ausschlag abliest. Dass die herausgezogene Probekugel keine *E* mehr enthält, lässt sich leicht zeigen, folgt übrigens aus dem obigen Versuch (4). Bei einer Aichung, die ich mit der 3 mm-Kugel und dem beschriebenen Conductor anstellte, erhielt ich als Mittel aus je 3 Beobachtungen, die ich aus 2 m Entfernung mit Hülfe eines kleinen Fernrohres anstellte, die folgenden Werte:

Anzahl der Ladungen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausschlag am Elektrometer $\alpha$	11,2°	21,8°	31,1°	38,8°	46,0°(?)	50,4°	54,8°	58,3°	61,3°	64,1°
$\text{tg } \alpha$ . . . . .	0,200	0,401	0,603	0,805	1,035	1,206	1,415	1,620	1,826	2,050
Verhältnis $\text{tg } \alpha_n : \text{tg } \alpha_1$ . . .	1	2,005	3,015	4,025	5,175	6,030	7,075	8,100	9,130	10,250

Mit Ausnahme der fünffachen Ladung, wo die einzelnen Werte stärker differirten, ist die Übereinstimmung (bis 60° etwa) befriedigend. Für Schulzwecke reicht diese Methode völlig aus. Auch für Aichungen nach Volt lässt sie sich verwenden, wie ich neuerdings erprobte. Ein Cylinder, der aus mehreren fernrohrartig zusammenschiebbaren Stücken besteht, hat am spitzen Ende einen Ebonitgriff. Hat man gefunden, dass die Ladung vermittelt eines Normalelementes (für einen bestimmten Condensator)  $n^\circ$  beträgt, so verbindet man den Conduktor in der angegebenen Weise mit dem Elektrometer, giebt dem ersteren die Ladung 1 und zieht den Conduktor aus, bis der Ausschlag auch  $n^\circ$  beträgt. Dann verfährt man, wie vorher. — Für das Aluminiumelektrometer habe ich auf eine Aichung nach absoluten Maassen verzichtet, weil die erwähnten Constanten sich ändern, sobald man das Blättchen verbiegt oder gar wechselt.

Will man aus einer Anzahl von Elektroskopen, resp. Elektrometern der beschriebenen Art, das empfindlichste herausfinden, so kann das aufs einfachste in folgender Weise geschehen. Man verbindet alle Leitungsstäbe mit einem blanken weichen Kupferdraht und ladet das nächststehende Elektroskop durch Influenz. Aus den Ausschlägen erkennt man die relative Empfindlichkeit auf den ersten Blick. Diese Methode kann auch dazu verwandt werden, um vermittelt eines bereits geaichten Elektroskopes ein anderes (annähernd) zu aichen. (Vergl. Versuch 2).

#### 6. Erläuterung der Wirkung des Elektrophors.

Das Elektrometer wird so geladen, dass der Ausschlag 60—70° beträgt, und die obere Condensatorplatte aufgesetzt. Berührt man jetzt den Ableitungsdraht derselben mit dem Knopfe eines Elektroskopes, hebt die Platte recht gleichmässig ab und berührt damit ein zweites Elektroskop, so ist dieses ungleichnamig, das erste gleichnamig geladen. Der Versuch kann beliebig oft wiederholt werden, ohne dass die Ladung des Elektrometers abnimmt.

Natürlich kann man diesen Versuch auch mit jedem beliebigen Elektroskop anstellen, doch ist bei diesem Instrument die Ablesung leichter genau zu machen, das Ergebnis erhält dadurch ein grösseres Gewicht.

### Ein compensiertes Wasser-Dilatometer.

Von

Dr. K. Noack in Giessen.

Im Anschluss an den Aufsatz von Herrn F. Poske im 1. Heft dieses Jahrgangs (S. 12) und die von Herrn E. E. Boehm dazu gemachte Bemerkung (Heft 2, S. 83) dürfte vielleicht folgende Mitteilung den Lesern nicht uninteressant sein.

Der Gedanke, die Ausdehnung des Glases durch Quecksilber zu compensieren und so zur Bestimmung der Ausdehnung des Wassers ein Gefäss mit constantem Volum zu schaffen, rührt meines Wissens von Plücker her und wurde

von Geissler mit bekannter Meisterschaft verwirklicht (*Pogg. Ann. Bd. 86*). Es ist hier nicht der Ort zur Behandlung der Frage, ob dieses Verfahren zur Bestimmung des Ausdehnungscoëffizienten des Wassers anderen Methoden gleichwertig ist und welche Gründe gegen seine Anwendung für wissenschaftliche Zwecke sprechen. Allein das ist sicher, dass für die Schule keine Vorrichtung geeigneter wäre, als ein solches compensiertes Wasser-Dilatometer, vorausgesetzt, dass es gelänge, die übrigen Missstände, mit denen alle derartige Vorrichtungen älterer Construction behaftet sind, zu beseitigen.

Ich glaube, dass das Wasser-Dilatometer, welches ich für das hiesige Gymnasium habe herstellen lassen, besonders geeignet für Schulzwecke und frei von einigen Hauptfehlern ist, weshalb ich es in den folgenden Zeilen beschreiben möchte.

Eine ziemlich starkwandige Glasröhre von 10 mm Durchmesser und etwa 2 m Länge ist, wie aus Fig. 1 ersichtlich, zu einer Spirale von 20 cm Höhe und 10 cm Durchmesser, die aus 8 Windungen besteht, zusammengerollt. Das untere

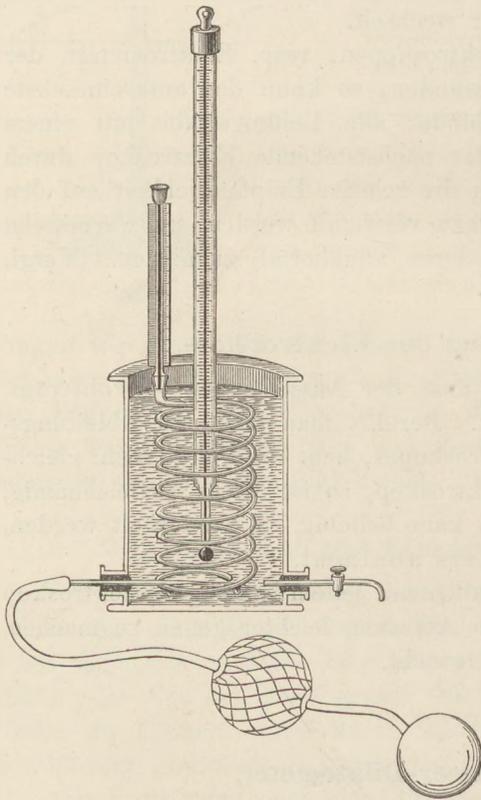


Fig. 1.  
( $\frac{1}{8}$  nat. Gr.)

Ende ist zugeschmolzen und die unterste Windung mit angeschmolzenen Glasfüßchen versehen, so dass die Spirale senkrecht aufgestellt werden kann. Das andere Ende der Röhre ist nach oben gebogen und trägt eine sorgfältig eingeschlifene Kapillare von 20 cm Länge und 0,81 mm innerem Durchmesser. Das obere Ende der Kapillare ist trichterartig erweitert. Dazu gehört noch ein cylindrisches, am Boden zweimal tubuliertes Glasgefäß, in welches die Spirale mit einem allseitigen Spielraum von etwa  $1\frac{1}{2}$  cm gestellt werden kann. Wird dieses Gefäß mit einem geeigneten Bad gefüllt, so ragt gerade nur der Hals des Dilatometers über die Flüssigkeitsoberfläche heraus. In den einen Tubulus ist zum bequemen Ablassen des Bades ein Hahn eingefügt, durch den anderen wird, nachdem die Spirale an ihre Stelle gebracht worden ist, eine zur Spitze ausgezogene Glasröhre gebracht, durch welche mittels eines kleinen Gummiblases ein Luftstrom durch das Flüssigkeitsbad getrieben werden kann. So

wird in wirksamster Weise eine rasche und gleichmässige Wärmeverteilung erzielt. Die Temperatur des Ganzen wird an einem Normalthermometer abgelesen, das in der Achse der Spirale aufgehängt ist.

Nimmt man als kubischen Ausdehnungscoëffizienten des Quecksilbers die Zahl 0,000179007 (nach Regnault) und für ordinäres Glas 0,00002554 (nach Recknagel), so kann zur Erläuterung des Prinzipes, welches dem compensierten

Wasser-Dilatometer zu Grunde liegt, die Ausdehnung des Quecksilbers als 7 mal so gross (genauer 7,0114) wie die des Glases gesetzt werden. Die Vergrößerung, die das Volum eines Glasgefäßes beim Erwärmen erfährt, wird demnach ausgeglichen durch die ebenso grosse Ausdehnung einer Quecksilbermasse, die den siebenten Teil des Gefäßes füllt, so dass die übrigen  $\frac{6}{7}$  des Gefäßes thatsächlich constantes Volum haben.

Um ein Bild von der Brauchbarkeit des Apparates für den Schulunterricht zu geben, will ich einen Versuch beschreiben, den ich mit demselben angestellt habe.

Durch Wägung der mit Wasser gefüllten Röhre bei 19° und Reduktion auf 4° ergab sich das Volum zu 162,85 ccm. Es sind demnach einzufüllen  $162,85 : 7,0114 = 23,227$  ccm (bei 4° gemessen) oder 315,53 g Quecksilber. Das Volum des compensierten Apparates ist also  $162,85 - 23,23 = 139,62$  ccm bei 4° und bei jeder anderen nicht zu weit entfernten Temperatur. Leider sind diese Zahlen nicht von der höchsten, erreichbaren Genauigkeit, da sie die Ergebnisse von Substitutionswägungen an einer gewöhnlichen Tarierwage sind; erheblich genauer sind die mit einer kurzarmigen Bunge'schen Analysenwage ausgeführten Wägungen zur Bestimmung des Volums der Kapillarröhre. Dieselben ergaben als Volum einer Länge von 1 mm die Zahl 0,5141 cmm.

Nachdem die Spirale mit destilliertem, unter dem Rezipienten einer Luftpumpe luftfrei gemachten Wasser bis an den Rand gefüllt war, wurde sie in ein Wasserbad von 12° gebracht und unter fortwährendem Durchblasen von Luft etwa 3 Minuten stehen gelassen; das Normalthermometer zeigte dann keine Veränderung mehr, ein Beweis, dass trotz der kurzen Zeit der Temperatenausgleich vollendet war. Nun wurde das Dilatometer durch das leicht eingefettete Schliffstück der Kapillarröhre geschlossen und das hierbei in die trichterförmige Erweiterung eintretende Wasser sorgfältig durch Austupfen mit Filtrierpapier entfernt.

Hierauf wurde das Wasser des Bades abgelassen und durch concentrierte Kochsalzlösung von -3° ersetzt; durch allmähliches Ablassen des kalten Bades und Zugießen von warmem Wasser gelingt es leicht, die Temperatur des Bades auf nahezu 0° (ebenso später auf 1°, 2° u. s. w.) zu bringen. War die gewünschte Temperatur erreicht, so wurde jedesmal etwa 3 Minuten lang das Bad durch einen Luftstrom bewegt und dann Normalthermometer und Wasserstand in der Kapillarröhre notiert.

So erhielt ich bei der letzten Benutzung des Apparates folgende Zahlen (die Angaben der Temperatur sind bereits corrigiert; an der Kapillaren ist eine Millimeterskala angebracht):

Temperatur . . .	0,49°	1,41°	2,23°	3,21°	3,88°	4,87°	5,47°	6,15°	6,96°	8,14°	8,86°	10,10°	11,61°
Stand in d. Kapill.	61,4	47,5	38,2	30,9	28,0	27,2	29,3	33,0	40,7	55,2	67,2	92,0	130,0.

Aus diesen Angaben wurde eine Kurve gezeichnet und so durch graphische Interpolation der Stand des Wassers in der Kapillaren für die ganzen Grade gefunden. Daraus wurde dann folgende Tabelle berechnet und daraus eine zweite Kurve construiert (vergl. Fig. 2, wo die ausgezogene Linie die Ablesungen an der Skala, die punktierte die Ausdehnung von 100 000 Raumeinheiten Wasser darstellt):

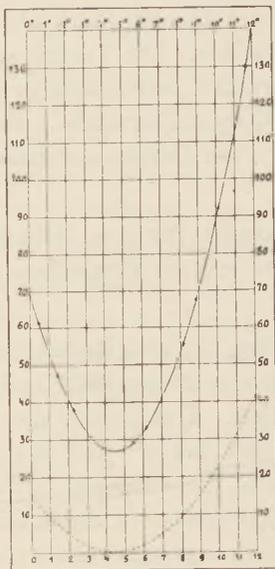


Fig. 2.

Temperatur	Abgelesener Wasserstand	Ausdehnung des Wassers in mm	Volumzuwachs von	
			139,62 ccm in cmm	100000 cmm in cmm
0°	70	43	22,11	15,86
1°	53	26	13,37	9,59
2°	41	14	7,20	5,16
3°	32	5	2,57	1,84
4°	27,5	0,5	0,257	0,184
5°	28	1	0,514	0,369
6°	32	5	2,57	1,84
7°	41	14	7,20	5,16
8°	53	26	13,37	9,59
9°	69	42	21,59	15,49
10°	90	63	32,39	23,25
11°	113	86	44,21	31,73
12°	139	112	57,58	41,32

Die Resultate sind, wie man sich leicht überzeugt, sehr befriedigend in Anbetracht der wenig genauen Ausmessungen des Apparates<sup>1)</sup>. Die Versuche erfordern bei geschickter Anordnung nicht ganz 1 Stunde. Die Versuche werden von den Schülern abgelesen und notiert, in der nächsten Stunde gemeinsam berechnet und die Kurven sowohl an die quadrierte Wandtafel, wie auch in die Hefte eingezeichnet. Der mit diesem Verfahren verbundene Mehraufwand von Zeit lohnt sich reichlich durch den Gewinn, den man in formaler Hinsicht bei derartiger Behandlung des Gegenstandes erzielt.

### Apparat zur Bestätigung des Snellius'schen Brechungsgesetzes und zur Bestimmung des Brechungsexponenten von Flüssigkeiten.

Von

A. Blümel in Berlin.

Die Forderung, das Gesetzmässige in den Naturerscheinungen den Schülern im physikalischen Unterricht nicht nur mitzuteilen, sondern auch durch das Experiment zu bestätigen, wird allgemein anerkannt. Die Erfüllung der zweiten Forderung aber, das Gesetzmässige in den Naturerscheinungen durch die Schüler selbst finden zu lassen, scheidet in erster Linie wohl an dem geringen Maass von Zeit, welches dem physikalischen Unterricht noch in allen höheren Schulen eingeräumt ist, in zweiter Linie liegt allerdings auch vielfach die Schuld bei den noch lange nicht passend genug konstruierten Apparaten.

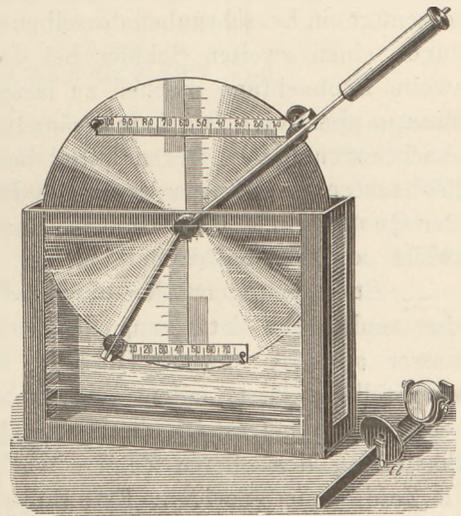
So wird zur Demonstration des Snellius'schen Brechungsgesetzes in der Regel ein Schulapparat verwendet, der die Brechung des Lichtstrahles in Flüssigkeiten den Schülern vorzuführen gestattet, der auch gestattet den Einfallswinkel und den Brechungswinkel in einfacher Weise abzulesen, der es aber nicht ermöglicht,

<sup>1)</sup> Die Spirale wurde von Herrn A. Treffurth in Ilmenau (Thüringen) mit eingeschliffener Kapillare zum Preise von 5 Mk. hergestellt.

dass die Schüler das Gesetzmässige bei der Brechung des Lichtstrahles selbst herausfinden. Den mit der Trigonometrie Vertrauten muss der Lehrer, nachdem mehrere zusammengehörige Einfallswinkel und Brechungswinkel aufgeschrieben sind, zu Hilfe kommen, indem er aus den Logarithmentafeln die Sinus aufsuchen und den Quotienten von je zwei entsprechenden Sinus berechnen lässt, wobei sich mit grösserer oder geringerer Genauigkeit herausstellt, dass dieser constant ist. Aus den beobachteten und aufgeschriebenen Winkeln vermag kein Schüler, auch nicht der Begabteste, das Gesetzmässige herauszufinden, und vielfach wird auch, nachdem der Quotient der Sinus constant gefunden wurde, eine rechte Freude über dieses gefundene Resultat deshalb nicht aufkommen, weil die verhältnissmässig geringe Zahl von Beobachtungen, die hier in einer Stunde gemacht werden können, bei der Breite des einfallenden Lichtbüschels und der Ungenauigkeit der Winkelteilung höchstens die erste Decimale des Brechungsexponenten richtig ergeben werden. Auch die Frage wird an den Lehrer sehr leicht herantreten, weshalb der Quotient der Sinus und nicht der Cosinus gebildet wurde. Unmöglich war es überhaupt bisher, Schülern, die mit der Trigonometrie nicht vertraut waren, das Gesetzmässige bei der Brechung des Lichtes mit Hülfe dieses Apparates klar zu machen.

Die soeben auseinandergesetzten Gründe führten mich zur Konstruktion des zu beschreibenden Apparates, dessen Hauptzweck darin besteht, die Schüler selbst das Snellius'sche Brechungsgesetz finden zu lassen und dann nebenbei den Brechungsexponenten von Flüssigkeiten mit einer viel grösseren Genauigkeit als bisher in der Physikstunde durch Beobachtungen von Schülern zu bestimmen.

In einem 4 cm breiten, 12 cm hohen und 16 cm langen parallelepipedischen Glasgefäss ist eine kreisrunde, vernickelte Messingscheibe durch zwei Klammern an der hinteren Wand des Gefässes vertikal aufgehängt, so dass ein auf ihr gezeichneter Durchmesser horizontal ungefähr 1 cm unterhalb des oberen Randes des Glasgefässes sich befindet. Ein zweiter Durchmesser steht vertikal. An der Vorderseite dieser Scheibe sind im Mittelpunkt zwei Zeiger aus Messing mit scharfer Kante drehbar befestigt, welche an ihrem Ende wiederum drehbar je einen



Maassstab tragen, auf welchem der senkrechte Abstand des Zeigerendes vom vertikalen Durchmesser in mm abgelesen werden kann. Um diese Ablesung zu erleichtern, sind an dem vertikalen Durchmesser auf der rechten Seite desselben horizontale Striche gezogen, mit welchen man also den Maassstab parallel zu stellen hat. Auf der linken Seite vom vertikalen Durchmesser endlich sind diesem parallel 10 Striche gezogen, welche von einander einen Abstand von  $\frac{9}{10}$  mm haben. Dieselben gestatten nach jeder Einstellung des Zeigers an dem Maassstab Zehntel-Millimeter abzulesen und können dazu dienen, die Einrichtung eines Nonius in einfachster Weise den Schülern klar zu machen. An dem oberen Zeiger kann endlich noch ein Diaphragma und ein drehbarer Spiegel angebracht werden, um Licht in

der Richtung des oberen Zeigers in die Flüssigkeit einfallen zu lassen. Bei den zunächst zu beschreibenden Versuchen ist dieser Spiegel abgenommen und durch ein kurzes Rohr ersetzt, durch welches man an dem oberen Zeigerrand entlang visieren kann.

Sind die Zeiger so gestellt, dass sie eine gerade Linie bilden, dass also die beiden Massstäbe gleiche senkrechte Entfernungen vom vertikalen Durchmesser anzeigen, so würde, wenn das Gefäss bis zu dem horizontalen Durchmesser voll Wasser gegossen wird, das in der Verlängerung des oberen Zeigers befindliche Auge dieselben gebrochen sehen. Der untere Zeiger würde im Wasser gehoben erscheinen und es ist deshalb jetzt die notwendige Frage aufzuwerfen, wie weit muss der obere Zeiger gesenkt werden, damit das Auge beide wieder in einer geraden Linie sieht. Dies ist durch den Versuch leicht festzustellen. Beträgt z. B. die Entfernung der Zeigerenden vom vertikalen Durchmesser 30 mm, so würde der obere Zeiger gesenkt werden müssen, und wenn das Auge beide in einer Geraden sieht, wird der obere Zeiger festgestellt und an dem Massstab unter Benutzung des Nonius jetzt 40 mm abgelesen. Wie sich aus den weiter unten mitgeteilten Versuchsreihen ergibt, täuscht sich das Auge in seinem Urteil über die Geradheit der durch die beiden Zeiger gebildeten Linie nur sehr wenig und der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung liegt bei den meisten von mir aufgestellten Versuchsreihen unterhalb 0,2 mm, der wahrscheinliche Fehler des Mittelwertes aus zwanzig Beobachtungen unterhalb 0,04 mm.

Hat ein Schüler die oben angeführte Einstellung des oberen Zeigers gemacht, so genügt ein Losschrauben desselben und eine kleine Drehung, um ganz unabhängig davon einen zweiten Schüler bei derselben Einstellung des unteren Zeigers eine zweite Beobachtung machen zu lassen, und da keine Beobachtung die Zeit einer Minute übersteigt, wird man in 10 Minuten 10 von einander unabhängige Beobachtungen haben, deren Mittel bei nicht gar zu grosser Ungeschicklichkeit der Beobachtenden sich sehr wenig von der Zahl 40 entfernen wird. (Maximum 0,1 mm.) Der Quotient beider Ablesungen  $\frac{40}{30}$  ergibt den Brechungsexponenten bis auf die zweite oder dritte Dezimale genau.

Stellt man jetzt den unteren Zeiger anders fest, etwa so, dass der Massstab eine senkrechte Entfernung des Zeigerendes von 27 mm vom vertikalen Durchmesser anzeigt, was mit Hilfe des Nonius sich mit sehr grosser Genauigkeit bewerkstelligen lässt, indem der zehnte zum Durchmesser parallele Strich mit dem neunten Millimeterstrich des Massstabes zusammenfallen muss, so wird, wenn die Einstellung des oberen Zeigers wiederum vorgenommen ist, der obere Massstab die Zahl 36 mm anzeigen. Eine Reihe von zehn Beobachtungen, von verschiedenen Schülern ausgeführt, wird diese Zahl hinreichend genau ergeben und der Quotient beider Zahlen  $\frac{36}{27}$  liefert wiederum den Brechungsexponenten. Eine dritte Versuchsreihe, bei welcher der untere Massstab etwa auf 45 der obere auf 60 zeigt, wird genügen, um allen Schülern das Gesetzmässige bei diesen Versuchen klar zu machen. Die meisten werden von selbst finden, dass der Quotient der beiden Maasszahlen immer ein und derselbe, nämlich  $\frac{4}{3}$  ist.

Bei allen diesen Versuchen, welche bei gewöhnlichem Tages- oder auch Lampenlicht oder auch bei dem Lichte einer Natriumflamme (zur Bestimmung des Brechungsexponenten speciell dieser Lichtgattung) ausgeführt und mit jeder anderen Flüssigkeit, etwa Alkohol, wiederholt werden können, treten die Lichtstrahlen, welche von jedem Punkte des unteren Zeigers ausgehen, aus dem Wasser in die

Luft ein; sie werden wie die obigen Versuche zeigen vom Einfallslot abgebrochen. Man kann nun auch, wenn ein zu verfinsterndes Zimmer und ein Heliostat zur Verfügung steht, mit Hilfe des am oberen Zeiger zu befestigenden Spiegels Lichtstrahlen aus Luft in die Flüssigkeit eintreten lassen.

Nehmen wir z. B. die erste Einstellung, bei welcher der untere Massstab die Zahl 30 der obere die Zahl 40 anzeigte und lassen wir mit Hilfe des Heliostaten Licht auf den Spiegel und durch diesen in der Richtung des oberen Zeigers durch das Diaphragma treten, so dass der obere Zeiger erhellt ist, so wird das Licht im Wasser, das man passend etwas trübt, dem unteren Zeiger folgen und auch diesen erhellen, so dass die oben angestellten Versuche umgekehrt, jetzt für die ganze Klasse sichtbar, wiederholt werden können.

Dass der Brechungsexponent für verschiedene Flüssigkeiten mit sehr grosser Genauigkeit mit Hilfe dieses Apparates auch von den Schülern bestimmt werden kann, mögen die folgenden Versuchsreihen zeigen.

Der untere Zeiger war auf 39 eingestellt und 15 Schüler machten die oben beschriebene Beobachtung bei Natriumlicht mit Wasser von 10°. Sie stellten den oberen Zeiger fest bei

52,0 52,2 52,0 52,4 52,5 52,3 52,5 51,7 52,0 51,3 52,3 51,7 52,0 52,0 52,0.

Der Durchschnitt ist 52,05 und der daraus berechnete Brechungsexponent 1,3346 während derselbe nach Kohlrausch sein musste 1,3340.

Für 96% Alkohol habe ich bei Tageslicht und einer Einstellung des unteren Zeigers auf 39 folgende Zahlen erhalten:

53,3 53,4 53,3 53,3 52,9 53,4 53,5 52,9 52,9 53,0.

Der Durchschnitt ist hier 53,19 und der daraus sich ergebende Brechungsexponent 1,3638. Bei einer Einstellung des unteren Zeigers auf 42 war das Mittel aus 10 Einstellungen des oberen Zeigers 57,15 oder der Brechungsexponent 1,3607. Bei einer Einstellung des unteren Zeigers auf 41 war das Mittel 55,81 und der Brechungsexponent 1,3612. Das Mittel aus diesen 3 Beobachtungen ist 1,3619, während Kohlrausch für absoluten Alkohol bei Natriumlicht 1,3635 angiebt.

Der Apparat ist in der Werkstatt von Ferdinand Ernecke in Berlin construiert.

---

## Zwei Lehrmittel zur Einführung in die astronomische Geographie.

Von

Professor Dr. Alois Höfler in Wien.

Insoweit die Grundlehren der Astronomie einen Teil des physikalischen Unterrichtes bilden, hat dieser ein Interesse daran, dass die allgemein anerkannten Grundsätze der naturwissenschaftlichen Didaktik auch angesichts der astronomischen Erscheinungen zur Geltung gebracht werden. Wenn es der geographische Unterricht vielfach noch für unvermeidlich hält, den entgegengesetzten Weg einzuschlagen, also z. B. die Sätze von der Kugelgestalt, von der Rotation und Revolution der Erde rein dogmatisch mitzuteilen und von den Thatsachen, zu deren Erklärung jene Sätze aufgestellt worden sind, überhaupt nicht anders zu sprechen, als in der Form von Deduktionen aus jenen Dogmen, so entzieht sich ein solches Vorgehen vielleicht der Beurteilung, und gewiss einer Beeinflussung von seiten

des physikalischen Unterrichtes: umso mehr aber sieht sich dann dieser, sobald an ihn die Reihe kommt, von den nämlichen Thatsachen zu sprechen, in der manchmal heiklen Lage, auch für die astronomischen Erscheinungen erst nachträglich dieselbe Art eigentlich naturwissenschaftlichen Interesses zu erwecken, wie für jedes andere Gebiet physikalischer Thatsachen.

Soviel zur Rechtfertigung, dass ich von zwei Lehrmitteln, welche der ersten Anleitung zur Beobachtung und anschaulichen Erfassung grundlegender Thatsachen der astronomischen Geographie dienen sollen, in dieser Zeitschrift Mitteilung mache.

1. Die „Modelliernetze zu einem transparenten Himmelsglobus“<sup>1)</sup> stellen in 12 Zweiecken den Sternenhimmel dar, soweit er für Orte unter  $50^\circ$  nördlicher Breite sichtbar ist. Der aus ihnen zusammengeklebte Himmelsglobus ist also an der Stelle der südlichen Circumpolarsterne offen. Werden die an der Aussenseite verzeichneten Sterne (im ganzen 470, nämlich die I. II. III. IV. und einige V. Grösse) durchstochen und blickt man in das Innere des Globus, so zeigt dieser ein getreues Bild des Sternenhimmels. (Massive Himmelsgloben zeigen die Sterne in verkehrter Anordnung, desgleichen Sternkarten, solange man sie nicht über den Kopf hält.) Das Gestell besitzt ausser den Trägern einen Horizontring und eine Stundenscheibe, letztere von  $0^\circ = 0^h$  bis  $360^\circ = XXIV^h$  eingeteilt und unter einem Winkel von  $40^\circ$  gegen den Horizont geneigt. Der untere Rand des Globus trägt die Bezeichnungen 1. Jänner, 1. Februar . . .; werden die Striche auf eine bestimmte Stunde der Stundenscheibe gestellt, so zeigt der oberhalb des Horizontringes befindliche Teil des Globus die zu jener Stunde sichtbaren Fixsterne in der der Wirklichkeit entsprechenden Orientierung.

Die beigegebene Anleitung (29 Seiten) beschränkt sich auf die Beschreibung der sogenannten scheinbaren Bewegungen des Fixsternhimmels, der Bewegung der Sonne in der Ekliptik nebst einigen Andeutungen über die Bewegung des Mondes und der mit freiem Auge sichtbaren Planeten.

Das Lehrmittel stellt sich so die Aufgabe, eine erste Anregung und Anleitung zu gewähren zur anhaltenden Betrachtung der Erscheinungen am Himmel selbst, unter welchen die Vorgänge am Fixsternhimmel die natürliche Grundlage für alle übrigen bilden. — Dass dem Zögling Gelegenheit geboten ist, sich den Globus samt Gestell nach den Netzen und Laubsägemustern allenfalls selber herzustellen, soll sein Interesse an dem Lehrmittel noch lebendiger machen.

2. Das zweite Lehrmittel, bestehend aus einem Haupt- und einem Nebenapparat, hat die Aufgabe, klare geometrische und phoronomische Vorstellungen von den sogenannten scheinbaren Bewegungen der Sonne, nämlich der Bewegung der Sonne in bezug auf die Erde (Schraubenbewegung) und in bezug auf den Fixsternhimmel (Bewegung in der Ekliptik) bilden und festhalten zu helfen.

Die Bewegung der Sonne in bezug auf die Erde setzt sich zusammen aus der täglichen Bewegung im Sinne *O-S-W* (von Ost über Süd gegen West) und der jährlichen Bewegung bis zu  $23\frac{1}{2}^\circ$  nördlich und südlich vom Himmelsäquator. In erster Annäherung können diese Bewegungen so beschrieben werden, dass die

<sup>1)</sup> Nach Zeichnungen von Friedrich Kleindienst, herausgegeben von Alois Höfler. Verlag von J. F. Schreiber in Esslingen, 1888. — Die I. Ausgabe enthält die Modelliernetze, ein Laubsägemuster für das Gestell und die Kreisteilungen für Horizontring und Stundenscheibe (Preis M. 1,50). Die II. Ausgabe enthält das Gestell fertig mit den Netzen (M. 3,00), die III. Globus und Gestell fertig (M. 4,00).

Sonne täglich einen Parallelkreis<sup>2)</sup> am Himmel durchlaufe, und zwar am 21. März und am 23. September den Himmelsäquator selbst (dessen Lage eben hierdurch definiert werden kann, solange keine hinreichende Kenntnis von der täglichen Bewegung des Fixsternhimmels vorausgesetzt werden soll), im Frühling und Sommer nördliche, im Herbst und Winter südliche Parallelkreise. Da sich aber alsbald die Frage aufdrängt, wie denn die Sonne aus einem dieser Parallelkreise in den andern gelangt, so ist das eigentliche Ergebnis der Zusammensetzung der ost-westlichen und der süd-nördlichen Bewegung der Sonne in bezug auf die Erde im Laufe eines Jahres zu beschreiben als eine Schraubenbewegung. Diese Beschreibung ist als das erste zusammenfassende Ergebnis wirklicher Einzel-Beobachtungen zu betrachten, deren eine hinreichende Anzahl vom Schüler selbst gemacht sein muss, wenn überhaupt der induktive Weg in Sachen dieser Erscheinungen eingeschlagen werden soll. — Es ist aber die Kenntnis dieser jährlichen Schraubenbewegung auch völlig hinreichend, um den Wechsel der Jahreszeiten, speciell die Unterschiede der Tageslängen und das Einfallen der Sonnenstrahlen zu erklären: denn diese Thatsachen hängen von der relativen Lage von Erde und Sonne ab, nicht aber von der „absoluten“ Bewegung der Sonne oder Erde<sup>3)</sup> im Weltraum — richtiger: der relativen Bewegung von Erde, Sonne und Fixsternhimmel. — Kommt endlich zur Kenntnis dieser Schraubenbahn und ihrer Lage gegen den Horizont des Beobachtungsortes noch die Kenntnis der Thatsache, dass für jeden Teil der Erdoberfläche die gegenseitige Lage der einzelnen Teile dieser Schraubenbahn zu einander, sowie die Geschwindigkeit, mit der sich die Sonne in ihr bewegt, immer die nämliche ist, und dass nur für mehr nördlich und südlich gelegene Beobachtungsorte die Ebenen der Schraubengänge weniger oder mehr gegen den Horizont geneigt sind (welcher Satz, zusammen mit dem über die Zeitunterschiede der gleichen Sonnenstands-Höhen für mehr östlich und westlich gelegene Orte, den Satz von der Kugelgestalt der Erde und die Begriffe der geographischen Breite und Länge zu begründen erlaubt), so ist dies wieder völlig ausreichend, um die Verschiedenheiten der Tages- und Jahreszeiten für verschiedene Orte der Erde zu erklären.

Einerseits die grundlegende Wichtigkeit, andererseits aber die ziemliche Complicirtheit einer festen Vorstellung von dieser Schraubenbahn legt es nahe,

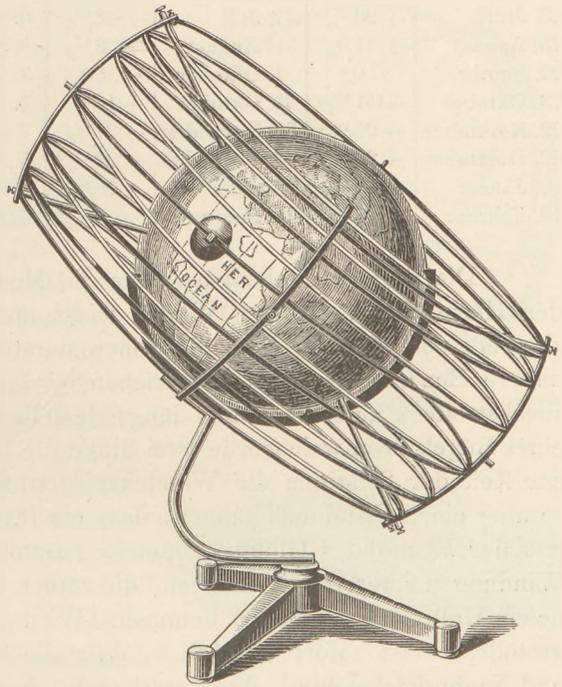


Fig. 1.

<sup>2)</sup> Der Apparat von Röntgen (vgl. diese Ztschr. II, Heft 2, S. 60) zeigt nur diese Annäherung.

<sup>3)</sup> Von denjenigen sekundären Faktoren des Klimas abgesehen, welche, wie der Golfstrom, von der Rotation der Erde abhängen.

diese Vorstellung, nachdem sie aus der wirklichen Beobachtung abgeleitet ist, durch ein Modell festzuhalten. Ich habe ein solches (Fig. 1) als Nebenapparat des unten dargestellten Apparates anfertigen lassen. Die 365 Windungen der Bahn sind ersetzt durch bloss 12 Windungen eines 5 mm breiten, 0,5 mm dicken Streifens aus Messingblech, welcher zwischen vier stärkeren Streifen von zweimal  $23\frac{1}{2}^\circ$  Bogenlänge, die wir der Reihe nach als I II III IV bezeichnen wollen, in folgenden Bogenabständen von der Mitte befestigt sind (entsprechend den Deklinationen der Sonne an den beigesetzten Tagen):

I.		II.		III.		IV.	
21. März	$0^\circ$	28. März	$+ 3^\circ$	5. April	$+ 6^\circ$	12. April	$+ 8\frac{5}{6}^\circ$
20. April	$+ 11\frac{1}{2}^\circ$	28. April	$+ 14^\circ$	6. Mai	$+ 16\frac{1}{3}^\circ$	13. Mai	$+ 18\frac{1}{2}^\circ$
21. Mai	$+ 20\frac{1}{6}^\circ$	29. Mai	$+ 21\frac{2}{3}^\circ$	6. Juni	$+ 22\frac{2}{3}^\circ$	13. Juni	$+ 23\frac{1}{3}^\circ$
21. Juni	$+ 23\frac{1}{2}^\circ$	29. Juni	$+ 23\frac{1}{6}^\circ$	7. Juli	$+ 22\frac{2}{3}^\circ$	15. Juli	$+ 21\frac{1}{2}^\circ$
23. Juli	$+ 20\frac{1}{6}^\circ$	31. Juli	$+ 18\frac{1}{3}^\circ$	8. August	$+ 16\frac{1}{3}^\circ$	15. August	$+ 14^\circ$
23. August	$+ 11\frac{1}{2}^\circ$	31. August	$+ 8\frac{2}{3}^\circ$	8. September	$+ 6^\circ$	15. Septbr.	$+ 3^\circ$
23. Septbr.	$0^\circ$	1. Oktober	$- 3^\circ$	8. Oktober	$- 6^\circ$	16. Oktober	$- 8\frac{5}{6}^\circ$
23. Oktober	$- 11\frac{1}{2}^\circ$	31. Oktober	$- 14^\circ$	7. November	$- 16\frac{1}{3}^\circ$	14. November	$- 18\frac{1}{2}^\circ$
22. November	$- 20\frac{1}{6}^\circ$	30. November	$- 21\frac{2}{3}^\circ$	7. December	$- 22\frac{2}{3}^\circ$	14. December	$- 23\frac{1}{6}^\circ$
22. December	$- 23\frac{1}{2}^\circ$	30. December	$- 23\frac{1}{6}^\circ$	5. Jänner	$- 22\frac{2}{3}^\circ$	13. Jänner	$- 21\frac{1}{2}^\circ$
20. Jänner	$- 20\frac{1}{6}^\circ$	28. Jänner	$- 18\frac{1}{3}^\circ$	4. Februar	$- 16\frac{1}{3}^\circ$	11. Februar	$- 14^\circ$
19. Februar	$- 11\frac{1}{2}^\circ$	26. Februar	$- 8\frac{2}{3}^\circ$	6. März	$- 6^\circ$	13. März	$- 3^\circ$

Die drei Schraubengänge für die Monate des Frühlings sind grün, die für den Herbst roth, für den Winter weiss angestrichen, die für den Sommer messinggelb gelassen. — Eine die Sonne darstellende Halbkugel aus Messing (deren nähere Einrichtung unten beschrieben wird) lässt sich an beliebigen Stellen des Blechstreifens aufstecken und längs desselben mit der Hand fortschieben. Mittels eines Bügels, von welchem je zwei Stäbe die Richtung der Strahlen angeben, welche zur Zeit der Solstitien die Wendekreise treffen, lässt sich die ganze Vorrichtung so über einen Erdglobus hängen, dass ein für alle Mal ihre Mittel- (Äquator-) Ebene mit der Ebene des Globus-Äquators zusammenfällt und die grünen und gelben Windungen über der nördlichen, die rothen und weissen Windungen über der südlichen Halbkugel zu stehen kommen. Wird dann die Globus-Axe z. B. horizontal gestellt, so ist sofort ersichtlich, dass die Sonne am Äquator zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche durch das Zenith geht, in den Monaten März — September nördlich von demselben culminiert u. s. w.

An der Aussenseite der vier stärkeren Streifen befinden sich Zapfen, mittels deren das Schraubenmodell in den nunmehr zu beschreibenden Hauptapparat eingesetzt werden kann (was dem Übergange von der Betrachtung der Sonnenbewegungen bloss in bezug auf die Erde zur Beziehung dieser Bewegungen auf den Fixsternhimmel entspricht).

Dieser Apparat (Fig. 2) ist nach Gestalt und Leistungen zunächst eine Armillar-Sphäre. (Die Drähte, welche den Äquator, die Wende- und Polarkreise darstellen, sowie die Sternbilder „grosser Bär“ und „Orion“, welche nach Belieben angebracht und abgenommen werden können, sind in der Figur weggelassen.) Er erlaubt aber auch die Bewegung der Sonne in der Ekliptik dadurch nachzuahmen, dass durch ein Uhrwerk das System der Stundenkreise (Meridiane) in gleichförmige Drehung im Sinne *O-S-W* versetzt wird (tägliche Drehung

des Fixsternhimmels), und gleichzeitig eine „Sonne“ auf einem um  $23\frac{1}{2}^\circ$  gegen die Drehungsebene geneigten Kreise mit  $13\frac{1}{4}$  mal kleinerer Geschwindigkeit im Sinne *W-S-O* fortschreitet (jährliche Bewegung der Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel).

Dieses letztere Fortschreiten ist so bewerkstelligt: Die Sonnenbahn ist dargestellt durch eine kreisförmig gebogene Röhre<sup>4)</sup>, welche an der Oberseite aufgeschlitzt ist und der „Sonne“, einem halbkugelförmigen Hohlspiegel, dessen hohle Seite gegen das Innere der Sphäre gerichtet ist, als Führung dient. In der Röhre befindet sich ein kurzer Cylinder, von welchem durch den Schlitz hindurch ein Bügel herausragt, auf welchem der Spiegel ebenso aufgesteckt werden kann, wie früher auf die Windungen der Schraube. Jener Cylinder wird in der Röhre fortgezogen durch eine Schnur, welche beim „Frühlingspunkte“ aus dieser Röhre austritt und in einem andern Röhrechen längs der unteren Hälfte des Stundenkreises zu einer an der Axe befestigten Rolle geleitet ist, auf welcher sich die Schnur infolge der Umdrehung des Systemes der Meridiane aufwickelt und so die „Sonne“ längs der Röhre fortzieht. Der Umfang der Rolle ist  $13\frac{1}{4}$  mal so klein, als die Länge der Röhre.

Setzt man die Röhre zuerst so in den Apparat, dass sie die Lage des Himmelsäquators hat, so wird bloss das allmähliche Zurückbleiben der Sonne hinter den Fixsternen in der täglichen Bewegung, d. h. die Bewegung der Sonne in der Rectascension im Sinne *W-S-O* gezeigt. Wird dann die Röhre um  $23\frac{1}{2}^\circ$  geneigt, so kommt zu dieser Rectascensions- auch die Declinations-Bewegung der Sonne; solange diese in der Nähe des Frühlingspunktes stand, beschrieb sie eine Linie nahe dem Äquator, bei der nächsten Umdrehung erhebt sie sich schon in einem mehr nördlich gelegenen Punkte über den durch die Mitte des Apparates gehenden Horizont, culminiert höher u. s. f. — führt also die nämliche Schraubenbewegung jetzt wirklich aus<sup>5)</sup>, von welcher der Nebenapparat nur die Form der Bahn geometrisch nachgebildet hatte. Auch die vier Viertel der Ekliptik-Röhre sind grün, gelb, roth und weiss gefärbt, entsprechend den Windungen

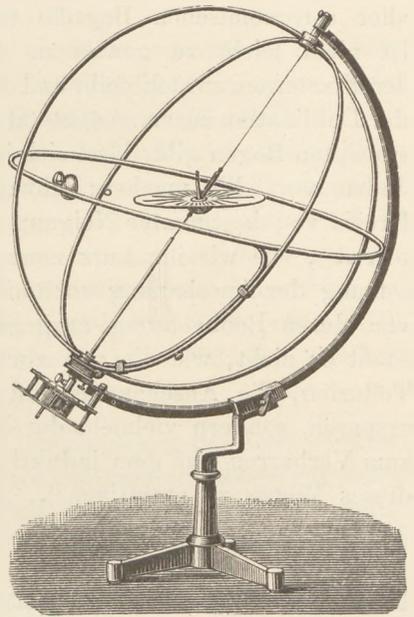


Fig. 2.

<sup>4)</sup> Diese Form der Lösung der Aufgabe, die zusammengesetzte Bewegung der Sonne darzustellen, hat Herr Mechaniker W. Hauck vorgeschlagen. Die „Sonne“ durch ein besonderes Uhrwerk längs der „Ekliptik“ fortbewegen zu lassen, ging nicht an wegen der Schwierigkeit, die Geschwindigkeit gleichförmig, geschweige denn in einem bestimmten Verhältnisse zu der der Umdrehung zu erhalten. — Eine andere Konstruktion wäre die, welche einfach das System der „homocentrischen Sphären“ (nach Eudoxus) nachahmt (vgl. u. a. die Figur 141 in Epstein's Geonomie, S. 360); doch wäre hierbei wieder nicht das Fortschreiten längs der Ekliptik als einem ein für allemal gegebenen Kreise unmittelbar ersichtlich. — Während der Korrektur dieses Aufsatzes erhielt ich erst aus der Zeitschrift für Schulgeographie (Wien, Hölder) V, 1887, S. 100, Kenntnis von Mang's „Universalapparat“, an welchem, wie ich aus der Figur ersehe, die Bewegung an der Ekliptik wirklich in der zuletzt erwähnten Weise, nämlich durch Zusammensetzung von Drehungen um zwei gegeneinander um  $23\frac{1}{2}^\circ$  geneigte Axen, hervorgebracht ist.

<sup>5)</sup> Obige Figur zeigt die Stellung für die Vormittagsstunden eines Jännertages.

des Schraubenmodells. Wie bei diesem sind infolge der angegebenen Verhältnisse zwischen den Umfängen der Ekliptik-Röhre und der Rolle auch die 365 „Tage“ auf 12 reduciert (genauer auf  $13\frac{1}{4} - 1 = 12\frac{1}{4}$ , entsprechend dem Unterschiede der  $366\frac{1}{4}$  Stern- und  $365\frac{1}{4}$  Sonnentage eines Jahres).

Im Mittelpunkte der Sphäre kann entweder eine Horizont-Scheibe oder ein Erdglobus<sup>6)</sup> angebracht werden. In den Brennpunkt des Hohlspiegels kann ein Glühlämpchen eingesetzt werden, dem der Strom zweier mittelgrosser Chromsäure-Elemente teils durch das Gestell, teils durch die für diesen Fall mit einem Drahtkern versehene Schnur zugeführt wird. Die Beleuchtungs- und Schattenverhältnisse finden so ihre Nachbildung gemäss der direkten Beobachtungen an verschiedenen Punkten der Erde, unabhängig von den Vorstellungen des Kopernikanischen Systemes. —

Eine klare Vorstellung von der Ekliptik ist für das Verständnis beinahe aller astronomischen Begriffe und Sätze unentbehrlich. Aber diese Vorstellung ist nicht leicht zu gewinnen. Dass die Sonne jeden Tag um 4 Minuten hinter den Fixsternen zurückbleibt und dass diese Bewegung in der Rectascension mit der in der Deklination zusammengesetzt eine Bewegung in einem gegen den Himmelsäquator geneigten Bogen gibt, lässt sich in abstrakter, wohl auch in anschaulicher Phantasie Jedem vorstellig machen; schwerlich aber, dass alle solche Bogen einem grössten Kreise von bestimmter Neigung u. s. f. angehören. Indem unser „Ekliptik-Apparat“, wie wir ihn kurz nennen können, das Ergebnis einer solchen Zusammensetzung der Anschauung vorführt und in ihr die einzelnen Bewegungscomponenten, von deren Beobachtung ausgegangen worden war, wieder zu erkennen erlaubt, sucht er nicht, wie die von vornherein das Kopernikanische System nachbildenden Tellurien, die Anschauung und allmälige Deutung der wirklichen Vorgänge zu ersparen, sondern vielmehr durch einübende Wiederholung ähnlicher Anschauungen zum Verharren auf dem induktiven Wege auch an einer der schwierigeren Stellen dieses Weges zu ermutigen<sup>7)</sup>.

## Neue Versuche zur Demonstration der Wirkungsweise von Sprengstoffen.

Von

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

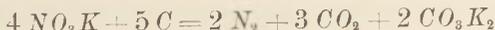
1. Die Vorgänge bei der Wechselwirkung von Kohle und Salpeter lassen sich in folgender Weise leicht und deutlich zeigen. Man bringt in ein grosses Reagenzglas von etwa 25 mm Weite 10 g Salpeter und ein kugelförmiges Stück frisch ausgeglühter Holzkohle von 1 g Gewicht. Das Glas wird mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen versehen, dessen eine Bohrung mittels eines Glasstäbchens verschlossen, dessen andere die frei werdenden Gase mittels rechtwinklig gebogener Glasröhre und Gummischlauchs zur pneumatischen Wanne leitet. Die Auffangeglocke muss 2 L fassen und das Ende des Entbindungsrohrs einige Centimeter weit hineinragen, damit bei der anfangs stürmischen Gasentwicklung kein Gas nebenher austritt. Man bringt nun den Salpeter in dem vertikal eingespannten

<sup>6)</sup> Beide entnommen dem vortrefflichen Universal-Tellurium von Letoschek (Wien, 1884).

<sup>7)</sup> Das Nähere hinsichtlich der didaktischen Verwendung beider Lehrmittel habe ich in dem Vortrage über „Die Astronomie und die astronomische Geographie an unseren Gymnasien“ (gehalten im Verein „Mittelschule“ in Wien am 23. März 1889) ausgeführt.

Reagenzglas zum Schmelzen und richtet dann die Flamme seitlich dahin, wo die Kohle liegt. Alsbald entzündet sie sich und tanzt unter lebhaftem Glühen auf und ab. Die Flamme wird dann entfernt. Nach kaum einer Minute ist die Kohle verschwunden und etwa 1,8 L Gas entwickelt.

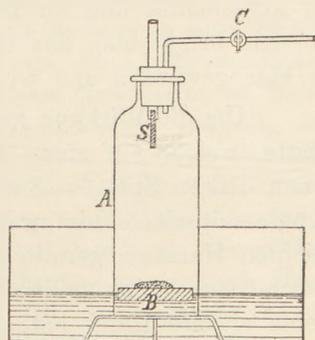
Der chemische Vorgang muss sich wesentlich nach der Gleichung



abspielen. Dementsprechend wären 1,11 L Kohlendioxyd und 0,74 L Stickgas, also zusammen 1,85 L Gase zu erwarten. Der Versuch bringt diese Menge nahezu zum Vorschein. Ein Teil des Gasmengens wird, falls man nicht bessere Absorptionsapparate zur Hand hat, in einen kleineren Stöpselcylinder gebracht. Man fügt etwas Wasser hinzu, markiert das Volum, wirft eine Kalistange hinein und öffnet nach dem Lösen und Umschwenken den Stöpsel unter Wasser, worauf sich zeigt, dass  $\frac{2}{5}$  Stickgas zurückgeblieben sind.

Inzwischen ist die rückständige Salzmasse im Rohr erkaltet. Man führt durch die andere Bohrung eine spitz ausgezogene Trichterröhre ein, giesst zuerst etwas Wasser, dann allmählich Salzsäure hinzu und befördert schliesslich die Auflösung durch Erwärmen. Das sich hierbei entwickelnde Kohlendioxyd wird in einem Stöpselcylinder von  $\frac{3}{4}$  L Fassung aufgefangen. Es sollten nach der Formel ebenfalls 0,74 L sein; man erhält aber nur 0,5, weil ein grosser Teil des Salzes bei der ersten Reaktion in Form eines dicken Nebels mechanisch mitgerissen wird. Ausserdem wird dabei ein kleiner Teil des Salpeters in Sauerstoff und salpetrigsaures Kalium zerlegt, infolgedessen das durch die Säure ausgetriebene Gas etwas Stickoxyd enthält, was sich durch die Bildung roter Dämpfe beim Zulassen von Luft deutlich zu erkennen giebt. —

2. Die Entwicklung grosser Gasmengen bei der Explosion des Schiesspulvers zeigte man bislang in der Weise, dass in Patronen gepresster Schiesspulverbrei nach dem Trocknen unter einer Glasglocke mittels eines galvanisch glühenden Drahts entzündet wurde. Mir ist es gelungen, den Explosionsvorgang ungleich einfacher, schneller und wirksamer in folgendem Apparate zu veranschaulichen. Eine 1—1 $\frac{1}{2}$  L fassende, tubulierte Glasglocke *A* steht auf einem Dreifuss in einer pneumatischen Wanne. In den Tubus passt ein Kautschukstopfen, durch dessen eine Bohrung ein kurzes, oben zugeschmolzenes Röhrchen geht, in welchem unten ein Stück Sprengkohle *S* steckt. Durch die andere Bohrung geht ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr mit Hahn. *B* ist eine runde Holzscheibe mit etwas kleinerem Durchmesser, als derjenige der Glocke ist. Auf diese Scheibe streut man 1 g eines innigen Gemisches von 8 T. Salpeter, 1 T. Schwefel, 1 T. Holzkohle, legt dieselbe auf das Wasser der Wanne und stülpt die Glocke darüber. Jetzt setzt man den Stopfen mit der entzündeten Sprengkohle auf, saugt mit dem Rohr das Wasser hoch, bis die Scheibe dicht unter der Kohle steht, schliesst den Hahn, schiebt das Röhrchen etwas abwärts und bewirkt so die Zündung. Die heissen Explosionsgase stossen die Scheibe im ersten Augenblick bis auf den Dreifuss hinab. Wenige Sekunden später ziehen sie sich infolge der Abkühlung bis auf etwa 150 ccm

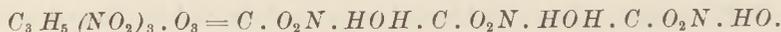


zusammen, sodass die Scheibe wieder nahe unter der Kohlenspitze steht. Der ganze Versuch dauert kaum eine Minute und kann sofort wiederholt werden.

3. Die furchtbaren Sprengstoffe der Neuzeit haben eine solche Wichtigkeit und Berühmtheit erlangt, dass es notwendig erscheint, deren wichtigste Repräsentanten, das Nitroglycerin und die Schiessbaumwolle, mit in das Bereich des chemischen Unterrichts zu ziehen, umsomehr, als ihre Bildung und Zersetzung leicht verständlich und die Darstellung schnell und bequem ist. Bei der Einwirkung höchst concentrirter Salpetersäure auf organische Stoffe erfolgt die Bildung sogenannter Nitroverbindungen nach dem Schema



Mit der oder den Nitrogruppen tritt lose gebundener Sauerstoff in das Molekül, welcher sich unter Freilassung des Stickstoffs auf die C-Atome werfen und  $CO_2$  bilden kann. Man braucht die Constitutionsformel des Trinitroglycerins nur zweckmässig hinzuschreiben, um zu sehen, dass diese Verbindung glatt in  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N$  zerfallen kann und dass dabei noch ein wenig freier Sauerstoff übrig bleibt:



Diese Auflösung der Moleküle geht unter gewissen Bedingungen, namentlich bei plötzlicher Compression, momentan durch die ganze Masse vor sich und daher erklärt sich die unglaubliche Wirkung des losen Sprengstoffs, vermöge deren z. B. eine Eisenbahnschiene durch eine darauf gelegte Dynamitpatrone bei der Explosion abgeschlagen wird.

Zur Darstellung des Sprengöls vermischt man 25 ccm der in einer der vorhergehenden Stunden gewonnenen höchst concentrirten Salpetersäure mit dem gleichen Volum concentrirter Schwefelsäure. Der die Mischung enthaltende Kolben wird mit kaltem Wasser gehörig gekühlt und dann unter fortwährender Abkühlung etwa 10 ccm Glycerin eintropfen lassen. Nach einigen Minuten giesst man das Ganze in ein grösseres Becherglas mit kaltem Wasser, worauf sich das unlösliche Öl ausscheidet und zu Boden senkt. Nachdem das überstehende Wasser abgossen, bringt man das Öl in einen Scheidetrichter. In der nächsten Stunde ist es klar geworden und wird abgelassen.

Um die Wirkung zu zeigen benutze ich eine 2 cm dicke, 1 kg schwere Bleiplatte, welche auf einen Ambos gelegt wird. In dieselbe treibt man einen etwa 4 mm dicken Stift 6—8 mm tief ein und füllt die so entstandene Grube bis zum Rande mit einem bis zwei Tropfen Sprengöl. Trifft man nun mit einem nicht zu leichten Hammer gerade auf das Loch, so erfolgt regelrechte Explosion, durch welche eine halbkugelige Grube von etwa 15 mm Durchmesser entsteht. — Wer keine sichere Hand hat, bringt am besten einen Tropfen Nitroglycerin auf die Fläche des Hammers und schlägt dann möglichst senkrecht auf die Bleiplatte. Mit einem Stahlambos gelingt der Versuch nicht so sicher, wie mit der Bleiplatte, indem bei nicht senkrechtem Schlage die grösste Menge des Öls der Explosion entgeht.

Der Knall bei diesen Versuchen ist so stark und scharf, dass der Experimentator und dicht dabei befindliche Personen sich unbedingt die Ohren mit Watte oder den Händen zu schliessen haben.

## Über das dritte Newton'sche Bewegungsgesetz.

Von

R. Wronsky in Gartz a./O.

Das dritte Newton'sche Bewegungsgesetz, welches, wie E. Mach (*Mechanik, Kap. 3*) ausführlich gezeigt hat, auch in der ursprünglichen Form die Bewältigung dynamischer Aufgaben ermöglicht, hat bei dem Entdecker selbst späterhin eine andere, den modernen Anschauungen von der Erhaltung der Energie näher gelegene Auffassung erfahren. Es ist das schon mehrfach bemerkt, aber wohl noch nicht allgemein anerkannt worden.

Newton sagt in dem Scholium zu den Bewegungsgesetzen: „Wird die Wirkung eines Agens durch das Produkt seiner Kraft in seine Geschwindigkeit gemessen, und ebenso die Rückwirkung des Widerstehenden durch die Produkte der Geschwindigkeiten seiner einzelnen Teile in die Widerstandskräfte, die aus Reibung, Cohäsion, Gewicht und Beschleunigung derselben hervorgehen, so sind Wirkung und Rückwirkung, bei jeder Art von mechanischen Vorgängen, immer einander gleich.“<sup>1)</sup>

Bevor wir der Bedeutung des Satzes selbst näher treten, empfiehlt sich eine genauere Betrachtung der aus der Beschleunigung hervorgehenden Widerstandskraft. Dieselbe hat in den auf Lagrange folgenden Darstellungen der Mechanik recht verschiedene, z. T. einander entgegengesetzte Auffassungen erfahren. So bestreitet Poisson in seinem bekannten Lehrbuch (§ 120) geradezu, dass die Trägheit einem Widerstande vergleichbar sei, und meint, ein solcher, z. B. bei der Reibung, habe immer eine bestimmte Grösse, und daher gehöre auch eine Kraft von bestimmter Grösse dazu, um ihn zu überwinden, während doch zur Überwindung der Trägheit jede beliebige, noch so kleine Kraft genüge. — Dieser Einwand lässt sich nun freilich auch gegen den Widerstand des Mittels erheben, an dessen Wirklichkeit auch Poisson nicht gezweifelt hat. So wie der Widerstand des Mittels mit (dem Quadrat) der Geschwindigkeit, so wächst der Trägheitswiderstand mit der Beschleunigung.

Eine der Poisson'schen entgegengesetzte Auffassung äussert Navier (*Höhere Mechanik § 102 u. 117*): „Wenn  $m$  die Masse eines Körpers ist, so ist die Einwirkung der Schwerkraft auf diesen Körper durch das Gewicht  $mg$  dargestellt. Diese Einwirkung ist derjenigen einer Hand vergleichbar, die dem Körper folgend, ihn mittels einer Feder, die fortwährend so zusammengepresst sein müsste, wie es durch das Gewicht  $mg$  der Fall wäre, fortstösst. Diese Einwirkung der Schwerkraft überwindet den Widerstand, den die Trägheit des Körpers dem Streben, seine Bewegung zu ändern, entgegensetzt.“<sup>4</sup>

Wenn man also auf horizontaler reibungsloser Ebene die Masse  $m$  an einem Strick mit der Beschleunigung  $g = 9,8$  Meter fortzuziehen im Stande wäre, dann hätte man in der Hand dieselbe Empfindung wie beim Tragen oder Halten dieser Masse; eine an Stelle des Stricks eingeschaltete Federwage würde, analog dem Navier'schen Beispiel, die Spannung  $mg$  anzeigen. Diese Spannung entsteht durch die Zugkraft der Hand einerseits und durch die Trägheitsreaktion andererseits. Einen solchen Bewegungszustand könnte man füglich dynamisches Gleichgewicht nennen. Analog ist die Kreisbewegung, welche E. Dühring (*Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie*) als bewegliches Gleichgewicht bezeichnet. Denn die Trägheitsreaktion, welche hier sogar durch einen besonderen Namen (Centrifugalkraft) ausgezeichnet wird, hält der Centrakraft das Gleichgewicht.

Aus alledem ergibt sich, dass der Trägheitswiderstand der Beschleunigung stets direkt entgegengesetzt ist und, wie jede Reaktion, erst durch eine Kraft geweckt wird.

<sup>1)</sup> Nam si aestimetur Agentis actio ex ejus vi et velocitate conjunctim; et similiter Resistentis reactio aestimetur conjunctim ex ejus partium singularum velocitatibus et viribus resistendi ab earum attritione, cohaesione, pondere et acceleratione oriundis; erunt actio et reactio, in omni instrumentorum usu, semper aequales. *Philosophiae naturalis principia mathematica, ed. 1713, p. 23, 24.*

Sein analytischer Ausdruck ist das Produkt aus Masse und Beschleunigung. Er ist identisch mit der Newton'schen vis inertiae, welche aber nicht mit der Trägheit, der blossen Beharrung, zu verwechseln ist. „Das blosse Sichgleichbleiben ist natürlich keine Kraft; denn nur die Veränderung als solche erfordert eine Ursache.“ (Dürring, *Gesch. d. Mech.* S 85.)

Nach diesen Vorbemerkungen über den Trägheitswiderstand möchte ich versuchen, diesen Begriff in Verbindung mit dem angeführten Newton'schen Satz an einigen Beispielen zu veranschaulichen; und zwar sollen zunächst solche Fälle betrachtet werden, in denen zu allen in Rechnung kommenden Grössen des Systems gleiche Geschwindigkeiten gehören. Unter dieser Beschränkung reduziert sich der angeführte Satz auf das ursprüngliche dritte Bewegungssaxiom, und es wird sich zeigen, was der Begriff des Trägheitswiderstandes für die leichtere Handhabung dieses Gesetzes zu leisten vermag.

1. Ein Körper vom Gewicht  $P$  und der Masse  $m$  fällt frei zur Erde mit der Beschleunigung  $g$ . Die bewegende Kraft (d. h. sein Gewicht  $G$ ) muss dem entgegenwirkenden Trägheitswiderstande  $mg$  gleich sein. Man hat also  $mg = P$ . Hierbei wird auch deutlich, dass die von der Kraft  $P$  geleistete Arbeit nicht in der Fortbewegung der Masse  $m$  auf der Strecke  $s$  an sich, sondern darin besteht, dass der Widerstand  $mg$  um  $s$  Meter verschoben wird. Wenn die Kraft  $P$  der freien Masse  $m$  in der Zeit  $t$  die Geschwindigkeit  $v$  erteilt, so ist der Trägheitswiderstand  $m \cdot v/t$  längs der Strecke  $s = \frac{1}{2} vt$  verschoben, also von der Kraft einerseits die Arbeit  $m \cdot v/t \cdot \frac{1}{2} vt$  geleistet, andererseits die Energie  $Ps$  aufgewendet worden. Die lebendige Kraft ist also die gegen die Trägheit geleistete Arbeit, welche, wie der Satz der lebendigen Kräfte aussagt, der aufgewendeten Arbeit gleich ist.

In der Gleichung  $mg = P$  steht links der Widerstand, rechts die Kraft, welche beide nach dem Newton'schen Satz mit ihren zugehörigen Geschwindigkeiten multipliziert werden sollen. Da beide gleich sind, so erhält man die Gleichung  $mgv = Pv$ , in welcher sich jedoch  $v$  wieder weghebt. Setzt man aber rechts  $v = ds/dt$ , links  $g = dv/dt$  und multipliziert mit  $dt$ , so ergibt sich  $mv dv = Pds$ , die Gleichung der lebendigen Kraft für das Zeitelement  $dt$ . „Was er [Newton] also betrachtet, ist dasjenige, was wir jetzt durch die von Watt eingeführte Einheit messen, welche den Namen Pferdestärke führt.“ (Tait: *Über einige neuere Fortschritte der Physik, zweite Vorlesung*.) „Dass dieser Satz Newtons implicite fast die ganze Lehre von der Energie enthält, wurde zuerst von Thomson und Tait bemerkt.“ (Maxwell, *Substanz und Bewegung*, Art. 96.) Auch Dürring (a. a. O.) hebt hervor, dass in der Newton'schen Auffassung bereits „das Fundament zutreffender Vorstellungen von der Erhaltung der Kräfte“ liege.

2. Die Atwood'sche Fallmaschine. (Von der Zapfenreibung der Rolle wird abgesehen.) An den Faden-Enden hängen die Gewichte  $P$  und rechts das Übergewicht  $p$ . Ist das Rollengewicht  $R$ , dann wirken während der Fallbewegung als Widerstände rückwärts 1) das Gewicht  $P$  links, 2) der Trägheitswiderstand desselben (bei der Beschleunigung  $\gamma$ )  $P/g \cdot \gamma$ , 3) der Trägheitswiderstand der Rolle an ihrer Peripherie gleich  $R/2g \cdot \gamma$ , 4) der Trägheitswiderstand von  $P$  rechts und  $p$ , also  $(P+p)/g \cdot \gamma$ . Die vorwärts wirkenden Kräfte sind  $P$  rechts und  $p$ . Da nun Widerstand gleich Kraft sein muss, so ist

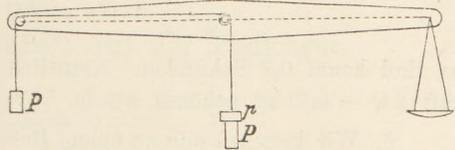
$$P + \frac{P}{g} \gamma + \frac{R}{2g} \gamma + \frac{P+p}{g} \gamma = P + p \quad \text{oder} \quad \frac{(2P+p+\frac{1}{2}R)\gamma}{g} = p,$$

also

$$\gamma = \frac{pg}{2P+p+\frac{1}{2}R}.$$

Die Spannungen in den Fadenstücken sind  $(P + P/g \cdot \gamma)$  bez.  $[(P + P/g \cdot \gamma) + R/2g \cdot \gamma]$ , gleich den hinter ihnen liegenden Widerständen. Der Geschwindigkeitsfaktor konnte hier wieder fortbleiben, weil alle in Rechnung zu stellenden Geschwindigkeiten gleich gross sind und sich somit in der Hauptgleichung wegheben.

3. Poggendorff's Fallmaschine<sup>2)</sup> besteht bekanntlich in einer gewöhnlichen Hebelwage, deren nach vorn verlängerte Drehungsaxe eine, um diese drehbare, kleine Rolle trägt. Eine andere, in der Ebene der ersten liegende Rolle ist am Ende des einen Wagebalkens befestigt. Über beide Rollen läuft eine Schnur, deren Enden gleiche Gewichte  $P$  tragen. Die Wage ist im Gleichgewicht, wenn das noch freie Ende des Wagebalkens ebenfalls mit dem Gewichte  $P$  belastet ist. Legt man nun auf das mittlere der drei Gewichte ein kleines Übergewicht, so tritt eine Fallbewegung ein, und auf der Seite des steigenden Gewichtes senkt sich die Wage. Um auch jetzt dieselbe im Gleichgewicht zu erhalten, muss am anderen Ende des Wagebalkens ein Gewicht  $q$  hinzugefügt werden, das sich leicht bestimmen lässt. Während der Fallbewegung, die mit der Beschleunigung  $\gamma$  stattfinden mag, tritt auf der Seite des steigenden Gewichtes noch dessen Trägheitswiderstand auf, welcher der Bewegung entgegengesetzt, den Faden spannend, also nach unten gerichtet ist. Da derselbe die Grösse  $P/g \cdot \gamma$  hat, so muss auf der entgegengesetzten Seite der Wage das Gewicht  $q = P/g \cdot \gamma$  hinzugelegt werden, wenn Gleichgewicht bestehen soll. Die Beschleunigung  $\gamma$  findet man wie in No. 2; nur hat man hier zwei Rollen statt einer, so dass in der dort gefundenen Gleichung für  $R$  das Gewicht beider Rollen zusammen einzusetzen ist. Die Beschleunigung  $\gamma'$  des Gewichtes  $P$  rechts findet man aus der Betrachtung des Hebels. Die an diesem wirkenden Kräfte sind folgende: 1) rechts  $P$  und dessen Trägheitswiderstand  $P/g \cdot \gamma'$ , beide im Sinne des Uhrzeigers, 2) links der Trägheitswiderstand  $P/g \cdot \gamma'$  in demselben Sinne, dagegen  $P$  und  $P/g \cdot \gamma$  im entgegengesetzten. Da nach Newton dynamisches Gleichgewicht besteht, so ist  $P + P/g \cdot \gamma' + P/g \cdot \gamma' = P + P/g \cdot \gamma$ , also  $\gamma' = \frac{1}{2} \gamma$ . Das Gewicht  $P$  links steigt also, vom Erdboden aus gerechnet, auch nur mit der Beschleunigung  $\frac{1}{2} \gamma$ .



4. Zwei je  $P$  Kilogr. schwere Kugeln, die eine in der Nähe der Erdoberfläche, die andere im Abstände eines Erdradius vertikal über der ersten, sind durch einen, schwerlos und unzerreissbar zu denkenden, Faden verbunden. Mit welcher Beschleunigung fällt das System, und wie viel Kilo beträgt die Fadenspannung, bis die untere Kugel den Boden berührt? Setzen wir die Beschleunigung gleich  $\gamma$  und die Masse jeder Kugel vorläufig gleich  $m$ , so ist ihr Trägheitswiderstand, der vertikal aufwärts wirkt, zusammen gleich  $2m\gamma$ . An der unteren Kugel wirkt ihr Gewicht  $P$ , an der oberen das, der doppelten Entfernung vom Erdmittelpunkte entsprechende, Gewicht  $P/4$ , beide abwärts. Folglich ist  $2m\gamma$  oder  $2P/g \cdot \gamma = P + P/4$ , und  $\gamma = \frac{5}{8}g$ . Die obere Kugel zieht nun an dem Faden aufwärts mit ihrem Trägheitswiderstande  $P/g \cdot \gamma$ , drückt aber abwärts mit ihrem Gewicht  $P/4$ , folglich ist die den Faden spannende Kraft nach oben  $S_1 = P/g \cdot \gamma - P/4$ . Die untere Kugel zieht nach unten an dem Faden mit ihrem Gewicht  $P$ , wirkt aber nach oben, diesem Gewicht entgegen, mit dem Trägheitswiderstande  $P/g \cdot \gamma$ ; folglich ist die den Faden spannende Kraft nach unten  $S_2 = P - P/g \cdot \gamma$ . Da nach dem dritten Newton'schen Bewegungsgesetze beide einander gleich sein müssen, so kann die gesuchte Spannung sowohl aus  $S_1$ , als auch aus  $S_2$  berechnet werden. Man erhält, da  $\gamma = \frac{5}{8}g$  gefunden wurde, auch in beiden Fällen den gleichen Wert  $S = \frac{3}{8}P$ . Setzt man überdies  $S_1 = S_2$ , so erhält man  $P/g \cdot \gamma - P/4 = P - P/g \cdot \gamma$ , eine Gleichung, welche mit der oben gefundenen  $2P/g \cdot \gamma = P + P/4$  identisch ist. (D'Alembert'scher Satz.)

5. Je kürzer die Zeit ist, in welcher ein Pferd einen von ihm gezogenen Lastwagen aus der Ruhe in die übliche Fahrgeschwindigkeit  $v = 1,25$  Meter bringt, desto stärker werden die Stränge auf Zug beansprucht. Es seien dies Hanfseile mit dem Festigkeitsmodul  $G = 300 \text{ kg} \cdot \text{qcm}$ . Ferner setzen wir eine Last  $Q = 3000$  Kilo, eine

<sup>2)</sup> Eine Beschreibung und Erörterung dieser Maschine findet sich u. a. in E. Mach's „Mechanik“ (S. 192) und in G. Helm's „Elementen der Mechanik und mathematischen Physik“ (S. 121).

horizontale Strasse und den Reibungscoefficienten in diesem Falle  $\rho = 1/50$  voraus. Der Querschnitt der Seile betrage gerade 1 qcm. Welches ist mit Rücksicht auf die Festigkeit der Stränge das Minimum der Zeit, in welcher das Pferd den Wagen aus der Ruhe in die Fahrgeschwindigkeit  $v = 1,25$  Meter überführen darf? Dabei wird eine constante Beschleunigung  $\gamma$  vorausgesetzt. Letztere ist  $\gamma = v/x$ , wenn  $x$  die gesuchte Zeit bedeutet. Rückwärts wirkt nun der Trägheitswiderstand der Last  $G/g \cdot \gamma$  und die Reibungsreaktion  $G\rho$ , vorwärts die Zugkraft  $K$  des Pferdes. Daher ist  $G/g \cdot \gamma + G\rho = K$ . Das ist aber auch die Gesamtspannung der beiden Stränge. Nun muss  $K < 2Q$  sein. Es ist also, wenn man  $\gamma = v/x$  einsetzt,

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{v}{x} + G\rho < 2Q, \text{ d. h. } x > \frac{Gv}{(2Q - G\rho)g}.$$

Das sind kaum 0,7 Sekunden. Natürlich kann das kein Pferd leisten, da dazu eben eine Kraft  $2Q = 600$  kg gehören würde. (Vgl. d. Zeitschr. II, S. 37, Absatz 3.)

6. Wir kommen nun zu einem Beispiel, in welchem die in Rechnung zu setzenden Geschwindigkeiten nicht unter einander gleich sind, wie in No. 1—5, sich also in der Hauptgleichung auch nicht wegheben können. Bei der Fallmaschine wurde die Verschiedenheit der Geschwindigkeiten der Rollenteile nur durch Benutzung des Rollenträgheitsmoments umgangen. Das soll hier nicht geschehen; es soll vielmehr das Gesetz der Drehung eines starren Körpers um eine feste Axe aus dem angeführten Newton'schen Satze abgeleitet werden. Bei der Winkelbeschleunigung  $\omega$  hat das Massenteilchen  $m$  im Abstände  $r$  von der Axe die Beschleunigung  $r\omega$ , also den Trägheitswiderstand  $mr\omega$ . Zu einer beliebigen Zeit sei nun die Winkelgeschwindigkeit  $\lambda$ , dann ist die Geschwindigkeit des Massenteilchens  $m$  gleich  $r\lambda$ , und das Produkt aus ihr und der Trägheitsreaktion des Teilchens gleich  $mr^2\omega\lambda$ . Andererseits ist das Produkt einer im Axen-Abstande  $\rho$  angebrachten Kraft  $K$  in ihre zugehörige Geschwindigkeit gleich  $K\rho\lambda$ . Da nun nach Newton die Summe dieser Produkte der vorwärts gerichteten Kräfte gleich der Summe derselben Produkte für die rückwärts gerichteten sein muss, so ist  $\sum mr^2\omega\lambda = \sum K\rho\lambda$ . Es ist hier die Winkelgeschwindigkeit für alle Punkte dieselbe, also hebt sich  $\lambda$  fort, und man erhält

$$\omega = \frac{\sum K\rho}{\sum mr^2}.$$

Das Moment der gesamten, bei der Winkelbeschleunigung  $\omega$ , auftretenden Trägheitsreaktion ist demnach  $\omega \cdot \sum mr^2$ . Das Trägheitsmoment ist also das Moment der Trägheitsreaktion bei der Winkelbeschleunigung 1.

7. Der D'Alembert'sche Satz behauptet das Gleichgewicht unter den für die Bewegung verlorenen Kräften. Da nun der Rest der Kräfte der gesamten Trägheitsreaktion das Gleichgewicht hält, so besteht überhaupt zwischen allen Kräften Gleichgewicht; es sind, wie Newton es ausdrückt, Wirkung und Rückwirkung stets einander gleich. Für einen Teil der Kräfte ist das Gleichgewicht ein statisches, für den Rest, in Verbindung mit dem Trägheitswiderstande, ein dynamisches. Der Newton'sche Satz setzt sich also zusammen aus dem D'Alembert'schen und aus demjenigen der lebendigen Kräfte. Sein analytischer Ausdruck ist

$$\sum Pu + \sum m\gamma v = \sum Qw,$$

in welchem  $Q$  die Arbeit leistenden,  $P$  die Arbeit verzehrenden Kräfte,  $m$  die Massen,  $\gamma$  die Beschleunigungen,  $u$ ,  $v$  und  $w$  die in den Krafrichtungen gemessenen Geschwindigkeiten bedeuten. Wenn wir  $u$  und  $w$  durch das Zeitelement und durch die zugehörigen Wege ausdrücken, also etwa  $u = dp/dt$  und  $w = dq/dt$  setzen, so erhalten wir nach Multiplikation mit  $dt$ , da  $\gamma = dv/dt$  ist,

$$\sum Pdp + \sum mvdv = \sum Qdq.$$

Linker Hand steht die gegen die Widerstandskräfte sowie gegen die Trägheit geleistete, rechts die aufgewendete Arbeit, bezogen auf das Zeitelement  $dt$ . Die Kräfte  $P$  stehen

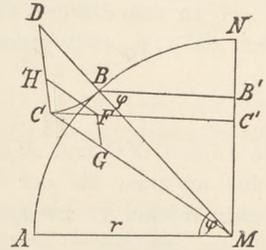
mit einem Teil der Kräfte  $Q$  im statischen Gleichgewicht (D'Alembert). Nimmt man die entsprechenden Grössen auf beiden Seiten der Gleichung weg, so restiert  $\Sigma mvdv = \Sigma Qdq - \Sigma Pdp$ , der Satz der lebendigen Kräfte. Denn es ist  $\Sigma mvdv = d\Sigma \frac{1}{2}mv^2$ . (Vgl. No. 1.) Hiernach dürfte es sich empfehlen, die Massenbeschleunigungen nicht als sogenannte bewegende Kräfte, sondern als Trägheitswiderstände anzusprechen. Sind letztere der Null gleich, so geht der Newton'sche Satz in den der virtuellen Verschiebungen über. Doch hat man wohl nicht, wie Tait (*a. a. O. S. 50 d. deutsch. Ausgabe 1877*) will, den D'Alembert'schen als einen besonderen Fall, sondern als eine Wendung des Newton'schen aufzufassen, ebenso wie den der lebendigen Kräfte.

## Die Wirkung der Schwungkraft auf der Erdkugel.

Von

Professor Dr. K. Schellbach in Berlin.

In der Figur stellt  $AN$  einen Quadranten der Erde,  $M$  ihren Mittelpunkt,  $N$  den Nordpol,  $B$  einen Punkt auf ihrer Oberfläche unter der Breite  $AMB = \varphi$ ,  $BD = l$  einen Stab dar, der die Verlängerung des Erdradius  $MB = r$  bildet. An diesem Stabe ist in  $D$  ein Faden  $DC = l$  befestigt, der bis in die Lage  $DC$  von  $DB$  entfernt worden ist, und in  $C$  ein kleines Gewicht trägt. Auf dieses wirkt die Schwerkraft  $CG$  und die Spannung  $CH$  des Fadens. Die Resultante  $CF$  dieser beiden Kräfte muss die Kraft liefern, welche den Punkt  $C$  im Kreise herumführt, dessen Mittelpunkt  $C$  ist.



Wenn diese Kräfte eine volle Sekunde lang wirkten, so würde  $CG = g$  sein, und  $CH$  könnte als die Schwere unter der Breite  $\varphi$  mit  $g_\varphi$  bezeichnet werden. Vollendet die Erde in  $t$  Sekunden eine Umdrehung, so ist die auf  $C$  wirkende Schwungkraft  $CF = k = 4\pi^2 \cdot CC' / t^2$ . Es ist aber  $CC'$  nicht verschieden von  $BB'$ , da  $MB$  mehr als sechs Millionen Meter und  $CD$  nur etwa einen Meter zu betragen braucht. Daher ist  $CC' = BB' = r \cos \varphi$ , und  $k = 4\pi^2 r \cos \varphi / t^2$ .

In dem Dreieck  $CFG$  ist  $CF = 4\pi^2 r \cos \varphi / t^2 = 8000000 \pi \cos \varphi / 86164^2 = g \cos \varphi / 289$  Meter, wenn man die Schwerkraft der Erde  $= 9,81$  Meter setzt. Da die Linien  $MB$  und  $MC$  fast parallel sind, so ist  $\angle FCG = \varphi$  und  $FG^2 = g^2 + k^2 - 2gk \cos \varphi$ . Setzt man der Kürze wegen  $289 = m$ , so wird  $k = g \cos \varphi / m$ , also:

$$FG^2 = g^2 \left( 1 + \frac{\cos^2 \varphi}{m^2} - \frac{2 \cos \varphi}{m} \right).$$

Da aber  $m^2 = 83900$ , so ist das zweite Glied der Klammer zu vernachlässigen, weil die Messungen keine hinlängliche Genauigkeit beanspruchen können. Es ergibt sich also:

$$FG = g_\varphi = g \sqrt{1 - \frac{2 \cos \varphi}{m}} = g \left( 1 - \frac{\cos \varphi}{m} \right),$$

da  $\sqrt{1-x} = 1 - x/2$ , wenn  $x$  so klein ist, dass man  $x^2$  vernachlässigen kann.

1) Wirken diese Kräfte nur eine  $n^{\text{tel}}$  Sekunde lang, so wird  $CG = \frac{1}{n} \cdot g$ ;  $CH = \frac{1}{n} \cdot g_\varphi$  und ihre Resultante  $CF = \frac{1}{n} \cdot k$ . Dieser Faktor  $\frac{1}{n}$  ist von ganz ausserordentlicher Bedeutung. Wir können ihn so klein annehmen, dass jede sinnliche Wahrnehmung der Grössen, die mit ihm verbunden sind, verschwindet. Diese verschwindend kurze Wirkung der mit ihm verbundenen Kräfte hat man Impulse genannt, und dadurch ist die irrige Vorstellung entstanden, dass die Kräfte selbst pulsierten, während sie in der That ununterbrochen thätig sind. Um sogar Unterschiede in diesen verschwindenden oder ins Unendliche wachsenden Grössen eintreten zu lassen, kann man sich der Bezeichnungen bedienen  $\frac{1}{n}$ ,  $\frac{1}{n^2}$ ,  $\frac{1}{n^3}$ , ...  $\frac{1}{n^m}$ .

Nach dieser Formel wäre also die Kraft, mit welcher der Faden gespannt wird, durch  $g$  bestimmt. Aber nur an den Polen lässt sich die absolute Schwerkraft der Erde messen. Man kann indessen unter einer beliebigen Breite, etwa  $\varphi = \pi/4$ , eine solche Messung ausführen. Man erhält dann:

$$g_{\frac{\pi}{4}} = g \left(1 - \frac{1}{2m}\right).$$

Eliminiert man  $g$  aus den beiden letzten Gleichungen, so wird unter derselben Bedingung:

$$\begin{aligned} g_{\varphi} &= g_{\frac{\pi}{4}} \left(1 - \frac{\cos \varphi^2}{m}\right) : \left(1 - \frac{1}{2m}\right) = g_{\frac{\pi}{4}} \left(1 - \frac{\cos \varphi^2}{m} + \frac{1}{2m}\right) = g_{\frac{\pi}{4}} \left(1 - \frac{2 \cos \varphi^2 - 1}{2m}\right) \\ &= g_{\frac{\pi}{4}} \left(1 - \frac{\cos 2\varphi}{2m}\right). \end{aligned}$$

Es ist  $g_{\frac{\pi}{4}} = 9,806$  Meter gefunden worden; also ist:

$$g_{\varphi} = 9,806 \left(1 - \frac{\cos 2\varphi}{578}\right) = 9,806 (1 - 0,001726 \cos 2\varphi),$$

oder  $g_{\varphi} = 0,806 - 0,016916 \cos 2\varphi$ .

Die Schwere am Pol ist hiernach  $g_{\pi} = 9,806 + 0,0169 = 9,8229$  und am Äquator  $g_0 = 9,806 - 0,0169 = 9,7891$ .

In dem Dreieck  $CFG$  ist  $\sin G = k \sin \varphi / g_{\varphi} = g \cos \varphi \sin \varphi / m g_{\varphi} = g \sin 2\varphi / 529 g_{\varphi}$  oder, da  $g : g_{\varphi} = 1$  gesetzt werden kann,

$$\sin G = \frac{\sin 2\varphi}{529}.$$

Die Linien  $MC$  und  $MD$  sind aber als parallel zu betrachten, daher ist der Winkel  $G$  nichts anderes, als der Winkel  $D$ , welchen der Faden  $DC$  mit dem Stabe  $BD$  bildet. Dieser Winkel  $D$  ist am Pole und am Äquator gleich Null, und unter der Breite von  $45^\circ$  am grössten =  $6' 30''$ . In Berlin würde die Abweichung des Pendelfadens von der Senkrechten  $5' 44''$  betragen.

Bei dieser Darstellung wird es dem Schüler anschaulich gemacht, wie der Faden  $DC$  durch die Kraft  $CH$ , die kleiner als die Erdkraft  $CG$  ist, gespannt wird, und wie auch die Hand, welche das Gewicht  $C$  statt des Fadens tragen wollte, einen geringeren Druck erleiden würde, als wenn die Erde in Ruhe wäre, denn die Spannung des Fadens misst die wirkliche in  $D$  stattfindende Schwere. Auch die Abweichung des Pendelfadens von der Senkrechten wird durch die Figur deutlich dargestellt.

### Physikalische Aufgaben.

1. Eine Saite gab bei einer Spannung von 6 kg einen gewissen Ton, als aber das Gewichtsstück durch eine gusseiserne Kugel ersetzt wurde, die Sexte jenes Tones. Wie gross ist der Radius der Kugel? — *Antwort:* Etwa 8 cm.

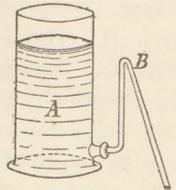
2. In der Verlängerung der grossen Axe (= 50 m) einer elliptischen Wasserfläche, 10 m vom Ufer entfernt, steht auf einem 15 m hohen Hügel ein Turm von 13 m Höhe. Wie weit muss sich in der Verlängerung der grossen Axe ein erwachsener Mensch (1,75 m) dem Teiche genähert haben, bis er das Spiegelbild des ganzen Turmes eben erblickt? — *Antwort:* Bis auf  $3\frac{3}{4}$  m. *P. Meutzner, Meissen.*

3. Reibt man ein erwärmtes Blatt Schreibpapier mit einer Kleiderbürste, so wird es bekanntlich elektrisch, zieht also Papierschnitzel an, haftet an der Zimmerwand oder an der unteren Fläche der horizontal gehaltenen Hand u. dgl. m. Bringt man bei letzterem

Versuch ein gleiches, nicht geriebenes Papierblatt nahe unter das geriebene, so wird es von diesem angezogen und legt sich fest an dasselbe an; die beiden verbundenen Papierblätter haften aber nun nicht mehr an der Hand und ziehen auch Papierschnitzel nicht mehr (oder doch schwächer) an. Trennt man die beiden Blätter wieder, so zieht das vorher geriebene (wenn die Reibung stark genug war) aufs neue Papierschnitzel an und wird an der Hand festgehalten. Erklärung?

4. Bei der vorher angegebenen Anziehung zwischen dem Papierblatt und den Schnitzeln werden solche von länglicher Gestalt öfters nach der Anziehung nicht wieder weggeschleudert, sondern haften an dem Blatt, indem sie sich zugleich senkrecht zu demselben stellen. Nähert man dann dem vom Blatte abgewendeten Ende des Schnitzels den Finger, nötigenfalls bis zur Berührung, so legt sich ersterer flach an das Papierblatt an. Erklärung?

5. Man kann ein Modell eines intermittierenden Brunnens aus einem Glasgefäß mit einer nahe am Boden befindlichen Öffnung und aus einer heberförmig gebogenen Glasröhre nach Anleitung nebenstehender Figur anfertigen. Lässt man aus einem höher gestellten Gefässe (z. B. einer Mariotte'schen Flasche) Wasser mit gleichmässigem Zufluss in das Gefäß *A* fließen, so füllt sich dieses soweit, bis der Heber *B* zu fließen anfängt. Geschieht der Abfluss rascher als der Zufluss, so entleert sich *A*. Gegen das Ende der Entleerung treten Luftblasen abwechselnd mit Wasser in das Heberrohr *B*, und letzteres bleibt schliesslich mit abwechselnden Fäden von Luft und Wasser gefüllt. Bei fortdauerndem Zufluss des Wassers nach *A* fängt nun der Heber *B* aufs neue zu fließen an, schon ehe das Niveau in *A* bis zur Höhe der Biegung von *B* gestiegen ist. Erklärung dieser letzteren Thatsache?



6. Wenn eine Kugel um einen ausserhalb derselben gelegenen Centralpunkt *C* rotiert, so muss die Centrifugalkraft in dem Punkte *A* der Kugel, welcher *C* am nächsten liegt, kleiner sein als in dem entferntesten *B*. Nimmt man statt der Kugel die Erde mit ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne an, so müsste demnach, wenn die Erde nicht gleichzeitig um ihre Achse rotierte, die Schwerkraft in *B* dauernd kleiner erscheinen, als in *A*. Da aber diese Rotation stattfindet, so gelangt der Punkt *B* (beispielsweise ein Punkt des Äquators zur Zeit eines Äquinoktiums) in 12 Stunden nach *A* — oder doch in eine entsprechende, wenn auch nicht ganz so günstige Lage. Hiernach müsste das Gewicht eines Körpers an demselben Orte der Erde binnen 12 Stunden eine Veränderung zeigen, deren Nachweis durch Beobachtung — etwa mittels einer sehr empfindlichen Federwage — zu einem Beweise für die Achsendrehung der Erde verwendet werden könnte.

Was ist von dieser Auseinandersetzung zu halten?

*F. Reidt, Hamm i/W.*

Auf die letzte Frage (6) giebt Herr M. KOPPE die folgende Antwort, wozu die Figur auf S. 200 zu vergleichen ist:

Da die fingierte Centrifugalkraft in *A* der Richtung nach mit der Schwerkraft der Erde zusammenfällt, in *B* ihr entgegenwirkt, so würde es in der obigen Betrachtung nicht notwendig sein, ausser der Centrifugalkraft an sich noch ihre Verschiedenheit in den Punkten *A* und *B* als wesentlich in Rechnung zu ziehen. Auch ohne diese würden sich die Änderungen der Schwerkraft periodisch wiederholen, wenn die übrigen Voraussetzungen zuträfen. — Nun ist aber die Erde nicht, wie etwa in einem Tellurium, durch einen starren, ihre Axe tragenden Arm mit der Sonne verbunden, jeder Punkt der Erde unterliegt direct dem Einfluss der von der Sonne ausgehenden Centripetalkraft der Gravitation, der wir bei der geringen Ausdehnung des Erdkörpers zunächst für alle Punkte desselben

gleiche Grösse und Richtung beilegen wollen. Wäre auch die Centrifugalkraft für alle Punkte des Erdkörpers nach Grösse und Richtung dieselbe, so würde nicht nur der Erdkörper im Ganzen, sondern auch jeder Teil desselben für sich im Gleichgewicht sein, wenn die Bedingung erfüllt wäre

$$r \cdot \vartheta^2 = S \cdot r^{-2},$$

wo  $r$  den Abstand der Erde von der Sonne,  $\vartheta$  die Winkelgeschwindigkeit, mit der in 1 Jahre der Bogen  $2\pi$  beschrieben wird,  $S$  die Masse der Sonne bezeichnet. Eine Modifikation der Schwerkraft fände dann nirgends auf der Erdoberfläche statt. Die Centrifugalkraft verhält sich aber anders als hier angenommen. Sie hat in  $A$  den Wert  $(r - R) \vartheta^2$ , in  $B$  den Wert  $(r + R) \vartheta^2$ , wenn  $R$  den Erdradius bezeichnet, nur im Erdmittelpunkt  $E$  ist ihr Wert genau  $r \vartheta^2$ . Die Differenz  $R \vartheta^2$  gegen den normalen Wert wirkt in  $A$  als Verminderung der Schwerkraft, in  $B$  gleichfalls. Hätte nun für einen Punkt  $X$  der Erdoberfläche, der von  $A$  und  $B$  um  $90^\circ$  entfernt ist, die Schwere ihren wahren, durch nichts verminderten Wert, was man geneigt sein wird anzunehmen, so bestände in der That für die Schwerkraft eine periodische Veränderung von 12 Stunden Dauer, entsprechend dem Übergange eines Punktes der Erdoberfläche von  $A$  über  $X$  nach  $B$ . Die Kraft  $R \vartheta^2$ , durch deren Auftreten die Schwere sich scheinbar verändert, lässt sich deuten als die Schwingkraft, die für einen Punkt am Äquator der Erde bei der Rotation um ihre Axe erforderlich wäre, wenn die Rotation nicht einen Tag, sondern 365 Tage dauerte. Da die wirklich am Äquator vorhandene Schwingkraft der Erdrotation  $= g/289 = 33,85$  (mm, sec $^{-2}$ ) beträgt, so wäre jene  $(R \vartheta^2)$  gleich  $33,85 \cdot 365^{-2}$  oder  $2,6 \cdot 10^{-4}$  (mm, sec $^{-2}$ ). Vergegenwärtigt man sich die Wellenlänge des violetten Lichts, so sieht man, dass die erhaltene Änderung der Schwerkraft viel zu klein ist, um durch Versuche mit der Federwage erkannt zu werden, wohl aber würde sie sich in der Ebbe und Flut wirksam erweisen. Die Kraft der Sonne zur Störung des Meeresspiegels würde durch sie um die Hälfte ihres gewöhnlich berechneten Wertes vermehrt werden. Dieser ist nämlich für die Punkte  $A$  und  $B$

$$\frac{S}{r^2} - \frac{S}{(r+R)^2} = \frac{2SR}{r^3},$$

also nach der früheren Gleichung  $= 2R\vartheta^2$ , und müsste nun auf  $3R\vartheta^2$  erhöht werden.

Bei dieser Schlussfolgerung ist ein Punkt unsicher geblieben, nämlich die Grösse der Centrifugalkraft in solchen Teilen der Erde, welche von den Scheiteln  $A$  und  $B$  um  $90^\circ$  entfernt sind. Ein Eingehen hierauf erweist die eben gezogenen Schlüsse als irrtümlich. Es besteht nämlich die berechnete Verminderung der Schwerkraft nicht nur in  $A$  und  $B$ , sondern in gleicher Grösse auch in jedem andern Punkt  $F$  des Kreises, in welchem die Erdkugel von der Ebene der Erdbahn geschnitten wird; sie wird daher unmerklich, und bildet nur eine ganz geringfügige constante Veränderung des Wertes von  $g$ . Es rührt dies daher, dass die Centrifugalkraft in  $F$ , wenn auch dieselbe Grösse, doch nicht dieselbe Richtung hat, wie im Mittelpunkt  $E$  der Erde. Stellt man durch die Strecke  $CE$ , die vom Mittelpunkt der Sonne  $C$  aus abgetragen ist, die auf den Punkt  $E$  wirkende Centrifugalkraft  $r\vartheta^2$  dar, durch  $CF$  also diejenige, welche auf den Punkt  $F$  einwirkt, wobei man den constanten Factor  $\vartheta^2$  ergänzt, so kann man die durch  $CF$  dargestellte Kraft in die beiden Resultanten  $CE$  und  $EF$  zerlegen, deren Grössen  $r\vartheta^2$  und  $R\vartheta^2$  sind. Die erste ist nach Grösse und Richtung für alle Punkte des Erdumfangs ( $AFB$ ) gleich, die zweite wirkt überall der Schwere entgegen. Der Einfluss dieser störenden Kräfte auf den gesamten Erdkörper gleiche demjenigen, welchen eine mit der Winkelgeschwindigkeit  $\vartheta$  erfolgende Rotation ausüben würde, es entstände eine dauernde geringfügige Abplattung.

Die letzte Betrachtung zeigt, dass auch die Kraft, welche Ebbe und Flut hervorbringt, meist unvollständig berechnet wird. Die gewöhnlichen Darstellungen (z. B. Hann, v. Hochstetter und Pokorny, ferner Israel Holtzwardt, Nachträge zur mathem. Geogr., S. 13 und S. 16) finden für die Scheitel  $A$  und  $B$  wirksame Kräfte  $= 2SRr^{-3} = 2R\vartheta^2$ , die

der Schwere entgegen wirken, leugnen solche aber für Punkte  $X$ , die von  $A$  und  $B$  um  $90^\circ$  entfernt sind<sup>1)</sup>. Beachtet man jedoch, dass  $X$  in anderer Richtung nach der Sonne gezogen wird als  $E$ , und zerlegt deshalb wieder die auf  $X$  wirkende Kraft in zwei Componenten parallel zu  $CE$  und zu  $XE$ , so findet man für die letztere den Wert  $Sr^{-2} \cdot R/r = R\vartheta^2$ , sie verstärkt die Schwerkraft. Das Meer wird also in den Punkten  $A$  und  $B$  durch die Kraft  $2R\vartheta^2$  nach oben gezogen, und in dem Kreise, welcher von  $A$  und  $B$  um  $90^\circ$  entfernt ist, durch die Kraft  $R\vartheta^2$  nach unten gedrückt. Für einen beliebigen Punkt  $P$  des Meeres, der von  $A$  den Winkelabstand  $\lambda$  hat, ist die Anziehung der Sonne sowohl der Grösse als auch der Richtung nach von der in  $E$  wirksamen verschieden, ersteres, weil dieser Punkt um  $R \cos \vartheta$  näher, letzteres, weil er um  $R \sin \vartheta$  seitlich von der Centrale liegt. Man erhält daher eine der Centrale parallele und eine auf ihr senkrechte störende Kraft, erstere gleich  $2R\vartheta^2 \cos \lambda$ , letztere gleich  $R\vartheta^2 \sin \lambda$ . Zerlegt man beide in eine horizontale und eine vertikale (radiale) Componente, so geben die horizontalen Componenten die auf der einen Halbkugel nach  $A$ , auf der andern nach  $B$  gerichtete Kraft  $3R\vartheta^2 \sin \lambda \cos \lambda$ , die vertikalen geben die Kraft  $R\vartheta^2 (2 \cos \lambda^2 - \sin \lambda^2)$ , welche auf den Kreisen verschwindet, für die  $\operatorname{tg} \lambda = \sqrt{2}$  ist, die also von  $A$  und  $B$  um je  $55^\circ$  entfernt sind.

7. Die Parallaxe des Fixsternes  $\sigma$  Draconis in der Nähe des Poles der Ekliptik beträgt  $\frac{1}{4}''$ , die Aberration ist  $20\frac{1}{2}''$ . Von welchem Planeten aus erscheinen die Parallaxe jenes Sternes und die Aberration einander gleich?

*Auflösung:* Die Entfernung des gesuchten Planeten von der Sonne sei  $= x$ , den Radius der Erdbahn als Einheit gesetzt. — Parallaxe eines Fixsterns für den Bewohner eines Planeten ist der Winkel, unter welchem von der Sonne aus eine Strecke erscheinen würde, die man von dem Fixstern parallel und gleich der Strecke Planet — Sonne zöge. Für die Erde betrug dieser Winkel  $\frac{1}{4}''$ , also für den Planeten  $x \cdot \frac{1}{4}''$ . — Aberration ist der Winkel, unter welchem von dem Mittelpunkt eines Himmelsglobus, dessen Radius gleich der Geschwindigkeit des Lichtes, eine Strecke erscheinen würde, die man von dem Bilde des Sternes so zöge, dass sie die Geschwindigkeit des Planeten nach Grösse und Richtung darstellt. — Durchläuft der Planet seine Bahn in  $t$  Jahren, so ist nach dem dritten Kepler'schen Gesetze  $x^3 = t^2$ ,  $x/t = x^{-\frac{1}{2}}$ . Die Geschwindigkeit des Planeten, der eine  $x$  mal grössere Bahn als die Erde in  $t$  mal grösserer Zeit durchläuft, ist also  $x^{-\frac{1}{2}}$ , wenn die der Erde als Einheit gilt. Befindet sich der Beobachter auf der Erde, so ist die Aberration des Lichtes  $20\frac{1}{4}''$ , befindet er sich auf dem Planeten, so wird sie  $x^{-\frac{1}{2}} \cdot 20\frac{1}{2}''$ . Die Aufgabe führt daher auf die Gleichung  $x \cdot \frac{1}{4} = x^{-\frac{1}{2}} \cdot 20\frac{1}{2}$ , woraus  $x = 19$  folgt. Vergleicht man diesen Wert mit dem Ausdruck  $x = 0,4 + 2^n \cdot 0,3$ , welcher nach dem unerklärten Titius-Bode'schen Gesetz die Abstände der Planeten nahezu darstellt, so ergibt sich für  $n = 6$  die grösste Annäherung an den gefundenen Wert, so dass der Planet Uranus derjenige ist, für welchen die Bedingungen der Aufgabe nahezu erfüllt sind.

Die Parallaxe des Sternes betrüge nun  $4,7''$ , sie wäre daran zu erkennen, dass der Stern seinen Ort in Bezug auf den Hintergrund des Fixsternhimmels veränderte, wobei die in seiner scheinbaren Nähe befindlichen unendlich weit entfernten Sterne feste Marken abgeben. Die Aberration — von gleicher Grösse — wäre nur aus absoluten Lagebestimmungen zu erkennen, da sie alle Sterne in der Nähe gleichmässig beeinflusst. Die Verschiebung der Aberration und die der Parallaxe stehen aufeinander senkrecht, die Gesamtwirkung beider führt daher den Stern in einem Kreise, dessen Radius die Hypotenuse zu zwei Katheten von der Grösse  $4,7''$  ist.

8. Fallen parallele Strahlen auf eine dünne biconvexe Linse von der Brennweite  $f$ , so erzeugen sie ausser dem Hauptbrennpunkt hinter der Linse noch einen sekundären vor derselben, der von Strahlen herrührt, die ähnlich denjenigen, auf denen die Erklärung

1) Die richtige Darstellung giebt J. Herschel in den *Outlines of astronomy*.

des Regenbogens beruht, an der Rückseite wie an einem Hohlspiegel reflektiert sind und die Linse durch die vordere Fläche wieder verlassen haben. Die entsprechende Brennweite sei gleich  $f_1$  gefunden. Kehrt man die Linse um, so ist die Hauptbrennweite wieder  $= f$ , die sekundäre ändere ihren Wert in  $f_2$ . Aus den gemessenen Brennweiten  $f, f_1, f_2$  sind der Brechungsexponent  $n$ , die Krümmungsradien  $r$  und  $\rho$  abzuleiten.

*Auflösung.* Für die Hauptbrennweite besteht die Gleichung:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{\rho} \right),$$

aus der sich  $n$  ergäbe, wenn  $r$  und  $\rho$  bekannt wären. (An Stelle wirklicher Bestimmung der Brennweite  $f$  ist auch die Messung der Abstände zweier conjugierter Punkte,  $a, b$ , hinreichend, da  $1/a + 1/b = 1/f$ .)

Die Wirkung der als Hohlspiegel dienenden Linse ergibt sich auf folgendem Wege. Die an der Rückseite reflektierten Strahlen würden nur unmerklich verändert werden, wenn sie, statt die Reflexion zu erleiden, aus der Linse in eine sehr dünne Luftschicht austräten und dann von einem undurchsichtigen Hohlspiegel reflektiert würden, dessen Fläche der benachbarten Linsenfläche (vom Radius  $\rho$ ) congruent wäre. — Es wirkt aber ein Hohlspiegel vom Radius  $\rho$  ebenso wie ein ebener Spiegel, vor dem sich in möglichst geringer Entfernung eine Convexlinse von der Brennweite  $\rho$  befindet. Denken wir uns diese nämlich convex-plan, so dass sie den ebenen Spiegel fast oder genau berührt, so wirkt sie auf das nach dem ebenen Spiegel hingehende und von dort durch sie hindurch zurückkehrende Licht ebenso, wie eine aus ihr und ihrem Spiegelbild zusammengesetzte, symmetrisch-biconvexe, Linse auf ein Bündel fortschreitender Lichtstrahlen wirken würde. Diese Linse hätte dann aber die Brennweite  $\rho/2$ , wirkte also nach der Formel  $1/a + 1/b = 2/\rho$  genau wie der zu ersetzende Hohlspiegel, wenn es auf die Bewegungsrichtung nicht ankäme. — Nunmehr ist die an der Rückseite reflektierende Linse ersetzt durch einen ebenen Spiegel, vor dem sich in ganz geringer Entfernung die beiden Linsen von den Brennweiten  $f$  und  $\rho$  befinden. Werden  $f$  und  $\rho$  nach Metern gemessen, so kann man ihnen eine Stärke ( $\delta$ ) von  $1/f$  und  $1/\rho$  Dioptrien zuschreiben, d. h. sie könnten durch  $\delta$  aneinandergeschichtete, sehr dünne Linsen von 1 m Brennweite ersetzt werden. Die erste Linse kann ohne Veränderung ihrer Stärke so deformiert werden, dass sie sich mit der zweiten zu einer einzigen, convex-planen Linse von der Gesamtstärke  $(1/f + 1/\rho)$  Dioptrien vereinigt. Diese übt ihre ablenkende Wirkung auf das Licht zweimal aus, leistet deshalb dasselbe, was für fortschreitende Lichtstrahlen eine Linse von  $2(1/f + 1/\rho)$  Dioptrien hervorbrächte. Es besteht daher die Gleichung:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1} = 2 \left( \frac{1}{f} + \frac{1}{\rho} \right).$$

Für Reflexion an der Fläche vom Radius  $r$  ist die Wirkung der als Hohlspiegel angewandten Linse dargestellt durch

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f_2} = 2 \left( \frac{1}{f} + \frac{1}{r} \right).$$

Demnach folgt

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{2f_1} - \frac{1}{f}, \quad \frac{1}{r} = \frac{1}{2f_2} - \frac{1}{f},$$

womit auch  $n$  bestimmt ist. Es ist bemerkenswert, dass  $\rho$  und  $r$  nur von zwei der gemessenen Brennweiten abhängen. Der Grund dafür würde bei einer direkten Verfolgung der Strahlenkegel von einer Brechung oder Reflexion zur nächsten weniger klar hervortreten.

*Beispiele.* 1. Aus  $a = 59$  dm,  $b = 9$  dm,  $b_1 = 4,5$  dm,  $b_2 = 1,3$  dm folgt  $r = 3,8$  dm,  $\rho = 130$  dm,  $n = 3/2$ . — 2. Aus  $a = 59$  dm,  $b = 3,2$  dm,  $b_1 = 1,4$  dm,  $b_2 = 0,5$  dm folgt  $r = 1,5$  dm,  $\rho = 23$  dm,  $n = 10/7$ .

M. Koppe.

### Kleine Mitteilungen.

#### Einfacher Apparat zum exakten Nachweis des archimedischen Prinzipes.

Von Professor **M. Gröger** in Brünn.

Der von A. Weinhold in dieser Zeitschrift (II, Heft 1, S. 35) veröffentlichte Versuch zum Nachweis des archimedischen Prinzipes, veranlasst mich, einen sehr einfachen Apparat zu beschreiben, welchen jeder Lehrer sich mit geringen Hilfsmitteln selbst fertigen kann.

Dieser Apparat besteht: 1) aus einem starkwandigen, unten zugeschmolzenen Glasröhrchen *a* (Fig. 1) von ungefähr 90 mm Länge und 20 mm lichter Weite, welches in einem aus starkem Kupferdraht gebogenen Gehänge *b* mit dünnem Kupferdraht *c* befestigt ist; 2) aus einem hohlen mit Quecksilber beschwerten Glaskörper *d* von 90 mm Länge und 17 mm äusserem Durchmesser; 3) aus der Bürette *f* (Fig. 2). Diese ist aus einem 20 mm weiten Glasrohr gefertigt, 200 mm lang, unten durch Kautschukschlauch und Quetschhalm verschlossen und in einem geeigneten Stativ befestigt. 90 mm vom oberen Rande ist eine rings umlaufende Marke *m* in das Glas eingeritzt. Die Bürette dient zur direkten Messung der verdrängten Flüssigkeit.

Zur Ausführung des Versuches hängt man an die eine Seite des Wagebalkens einer gewöhnlichen Tarawage das Gehänge mit dem Glasröhrchen *a* und daran mittels eines dünnen 95 mm langen Platindrahtes *e* den Körper *d*, dessen Gewichtsverlust bestimmt werden soll, und bringt darauf die Wage ins Gleichgewicht. Sodann füllt man die Bürette *f* bei geschlossenem Quetschhahn mit irgend einer Flüssigkeit voll und lässt diese durch Öffnen des Quetschhahns soweit abfliessen, bis die Oberfläche der Flüssigkeit eben bis zur Marke *m* reicht. Darauf wird der Körper *d* samt dem Platindrahte *e* ausgehängt, in die Bürette eingesenkt, und durch ein kleines, auf dem Rande der Bürette aufliegendes Stäbchen *s* festgehalten. Die Flüssigkeit in der Bürette steigt. Nun hebt man auch das Gehänge *b* ab und lässt in das Röhrchen *a* aus der Bürette die Flüssigkeit solange abfliessen, bis die Oberfläche derselben wieder bei der Marke steht. Die abgeflossene Flüssigkeitsmenge, die sich in *a* ansammelt, ist dieselbe, die der Körper *d* verdrängt. Bei beiden Einstellungen wartet man zweckmässig einige Minuten, bis die Flüssigkeit von der Wand der Bürette zusammen gelaufen ist und stellt dann erst möglichst genau auf die Marke ein. Am schärfsten werden die Ablesungen, wenn man hinter die Bürette einen oben weiss, unten schwarz gefärbten Papierstreifen so hält, dass die horizontale Trennungslinie zwischen schwarz und weiss etwas unter die Marke *m* zu liegen kommt. Der Flüssigkeitsmeniskus erscheint dann nach unten zu dunkel und hebt sich gegen den weissen Hintergrund scharf ab. Jetzt hängt man das mit der verdrängten Flüssigkeit gefüllte Röhrchen *a* und den Körper *d* wie früher wieder an den Wagebalken. Stellt man dann unter *d* ein Bechergläschen und füllt dieses soweit mit derselben Flüssigkeit, die in der Bürette ist, bis der Platindraht so tief eintaucht, wie vorher unter die Marke der Bürette, so ist die Wage wieder im Gleichgewicht, und hierdurch das Prinzip des Archimedes bewiesen.

Statt des Glaskörpers *d* kann man einen beliebig geformten, auch aus anderem Stoffe bestehenden Körper verwenden, wenn er nur so beschaffen ist, dass er sich in die Bürette einführen lässt, und von der darin befindlichen Flüssigkeit nicht angegriffen wird. Mit derselben Vorrichtung kann man auch den für die Erläuterung der Aräometrie wichtigen Satz, dass ein auf einer Flüssigkeit schwimmender Körper von derselben sein

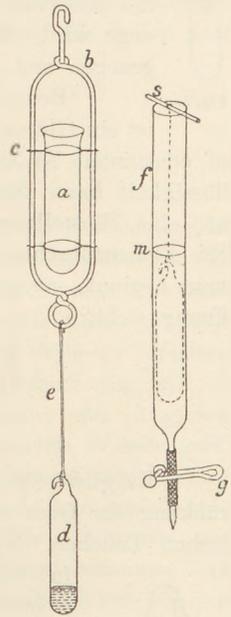


Fig. 1.

Fig. 2.

eigenes Gewicht verdrängt, nachweisen. Dazu benützt man ein unten zugeschmolzenes, oben offenes, aber eng ausgezogenes Glasröhrchen *h*, wieder ungefähr 17 mm dick und 90 mm lang (Fig. 3), welches mit Quecksilber so lange belastet wird, bis der ausgezogene Teil etwas in die Flüssigkeit eintaucht. Dieses Röhrchen wird nach dem Abtrocknen mittels eines Drahthäkchens an das Gehänge *b* befestigt und samt demselben auf die eine Seite der Wage gehängt, die andere wieder mit Tara zur Herstellung des Gleichgewichtes belastet. Dann wird das Röhrchen *h* in der vorher bis zur Marke mit Flüssigkeit gefüllten Bürette schwimmen gelassen. Lässt man die von dem schwimmenden Körper verdrängte Flüssigkeit in das Röhrchen *a* ab und bringt dieses samt Gehänge auf die Wage zurück, so herrscht wiederum Gleichgewicht.



Fig. 3.

Die Form des schwimmenden Körpers ist auch hier wieder gleichgiltig, nur muss dafür gesorgt werden, dass der Zwischenraum zwischen der Bürettenwand und der äusseren Begrenzung des Schwimmers in der Nähe der Marke *m* nicht zu enge wird, da sonst die Flüssigkeit durch Capillarwirkung unregelmässig emporgezogen und dadurch eine genaue Einstellung auf die Marke unmöglich wird.

Bequemer noch als die Bürette zur Bestimmung der verdrängten Flüssigkeit ist ein Glascylinder, in welchem durch ein seitliches Abflussröhrchen die Flüssigkeit auf constantem Niveau erhalten wird. Die beim Einsenken des Schwimmers abfliessende Flüssigkeit kann direkt in dem Röhrchen *a* aufgesammelt werden, ohne dass man nötig hat, eine Einstellung zu machen; aber die Genauigkeit ist eine viel geringere, weil in dem Abflussröhrchen immer etwas Flüssigkeit hängen bleibt, und das Ausfliessen erst dann beginnt, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit schon merklich über der Ausflussöffnung steht.

### Eine Anwendung des Mariotte'schen Gesetzes.

Von Dr. H. Mehner in Berlin.

Es giebt ein sehr nützlich Instrument, welches als ein Beispiel zur Zusammenrückung der Gase angeführt werden kann, und zwar in Verbindung mit dem cartesianschen Taucher. Es hat den Vorzug, dass es von Bedeutung bleibt auch für die Zeit, in welcher das scherzhafte Glasmännchen nicht mehr denselben Reiz ausübt, wie in der Jugend. Dieses Instrument ist ein gebräuchliches nautisches Messwerkzeug, der Tiefenmesser, welches in der beistehend skizzierten Form, auf Veranlassung der deutschen Marine, von dem Mechaniker Carl Bamberg in Berlin construirt wird. Es ist in der Hauptsache eine stark verjüngte oben umgebogene Glasröhre mit enger, nach unten gerichteter Öffnung, einigermaassen einer sehr langhalsigen Flasche ähnlich. Lässt man es in das Wasser hinab, so dringt dieses infolge des verringerten Volums der Luft durch die Öffnung ein und sammelt sich am unteren, weiteren Ende an. Beim Wiederaufziehen entweicht nicht das Wasser, sondern die wieder aufschwellende Luft. Die Röhre steckt in einer cylindrischen Messinghülse, die teilweise ausgeschnitten ist und auf einer der Schnittflächen eine Skala trägt, auf welcher unmittelbar die Meter der erreichten Tiefe abgelesen werden. Die Skala geht bis 200 m. Den umgebogenen Teil der Röhre schützt eine Messingkappe mit untergelegtem Gummi, unten sitzt die Röhre in einem Messingstück, welches ein durch Gummi gedichtetes Niederschraubventil zum Ablassen des eingedrungenen Wassers enthält.



Ein feines Drahtnetz an einer über das obere Ende des Apparates geschraubten zweiten Kappe hindert die Verstopfung der engen Öffnung durch Tang oder Schmutz. Die ganze so gebildete Vorrichtung ist zum weiteren Schutze mittelst eines Gummiringes an jedem Ende und einer untergelegten etwas nach oben

gewölbten Gummischeibe in ein weites Metallrohr eingefügt, welches als Lot auf den Meeresgrund hinabgelassen werden kann.

Wie der Bamberg'sche Tiefenmesser selbst ist auch die Art, wie er geaicht wird, eine recht lehrreiche Verwendung der Gas- und Flüssigkeitsgesetze. Man befestigt an eine Anzahl bis auf die Teilung fertiger Instrumente einen Millimetermaassstab und hängt sie in einen starkwandigen eisernen Kasten voll Wasser, in welchen ein sehr dickes Glasfenster eingekittet ist. Auf den Kasten wird dann ein starker gehobelter Deckel mit untergelegter Dichtung geschraubt und scharf angezogen. Nun presst man durch eine mit dem Kasten verbundene Handdruckpumpe Wasser ein und merkt sich dabei den Stand zweier nach Metern Wasserdruck geteilter Manometer, sowie die gleichzeitige Höhe der in die Röhren gelaufenen Wassermenge in Millimetern. Auf diese Weise hat die Werkstatt in Berlin drei Treppen hoch einen vollkommenen Ersatz der Meerestiefe.

Übungsfragen: 1. Weshalb wird der Apparat vor dem Gebrauch erst eine Weile bis zur Röhrenmündung in das Seewasser getaucht? — 2. Weshalb ist die Röhre unten erheblich weiter als oben?

### Eine Abänderung am Wärmeleitungs-Apparat.

Von **B. Kolbe** in St. Petersburg.

Bei der Demonstration der Wärmeleitung pflegt man die zu prüfenden Stäbe in geschmolzenes Wachs zu tauchen, oder kleine gefärbte Wachskugeln anzudrücken. Um das Fortschreiten der Erwärmung deutlicher sichtbar zu machen, braucht man nur kleine Holzklötzchen ( $5 \times 5 \times 15$  mm), die mit verschiedenfarbigem Papier beklebt sind (rot, grün, gelb, blau, weiss, gestreift etc.) nicht unten, sondern an der Seite der Stäbe zu befestigen. Zu diesem Zweck ist an dem einen Ende eines jeden Klötzchens eine Rinne eingefeilt, die mit weichem Wachs gefüllt wird. Die Klötzchen werden äquidistant und in gleicher Reihenfolge der Farben angebracht. Wird nun das Gefäss mit siedendem Wasser gefüllt oder besser, nach L. Heinze's Vorschlag im vorigen Heft d. Ztschr., Wasserdampf hindurchgeleitet, so sieht man (von der Vorderseite aus) ein Klötzchen nach dem andern sich senken und dann abfallen. Dadurch wird die Aufmerksamkeit leichter gefesselt, auch lässt sich aus der Farbe die Nummer des betreffenden Klötzchens leicht erkennen. Der Hauptvorteil dieser Versuchsanordnung liegt darin, dass das Sinken der Klötzchen viel rascher eintritt als das Abschmelzen der Wachshaut (resp. das Abfallen der Wachskugeln), was besonders bei den noch vielfach gebrauchten Apparaten älterer Konstruktion von Wichtigkeit ist.

### Noch eine Cylinder-Influenzmaschine.

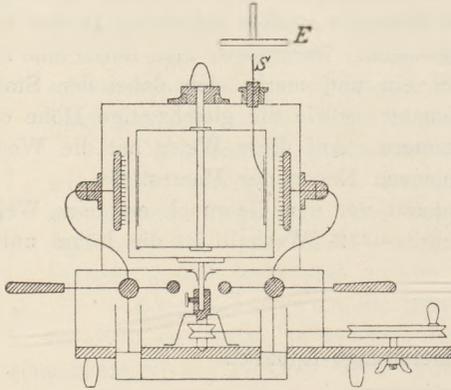
Von **L. Keck** in Nördlingen.

Herrn Professor W. Holtz's Mitteilung „Zur Erfindung der Cylinder-Influenzmaschine“ im 2. Heft des 2. Jahrg. dieser Zeitschrift (S. 80) brachte mir eine nicht ganz erfreuliche Neuigkeit, da ich mich für den ersten und einzigen Besitzer einer seit 2 Jahren selbstgefertigten Cylinder-Influenzmaschine hielt.

Im Jahre 1885 brachte mich die durch Luftfeuchtigkeit veranlasste geringe Wirkung einer Holtz'schen Scheiben-Influenzmaschine gelegentlich eines öffentlichen Vortrages auf den Gedanken, mit Abänderung der Scheiben- in Cylinderform eine Maschine zu construieren, die durch einen auch während des Gebrauches darüberstehenden Glassturz nicht nur von den äusseren Luftverhältnissen ganz unabhängig gemacht ist, sondern sich auch durch die bei solcher Konstruktion ermöglichte Anwendung von Chlorcalcium in gänzlich trockenem Zustand erhalten lässt.

Sie besteht aus einem rotierenden Glascylinder mit vertikaler Axe, von 16 cm Durchmesser und 14 cm Höhe, und aus 2 innerhalb desselben einander gegenüber stehenden

Cylindermantelsegmenten (ebenfalls aus Glas), den Trägern der Papierbelegungen. Die von Herrn Prof. Holtz berührten Mängel der beiden von ihm erwähnten Cylinder-Influenzmaschinen<sup>1)</sup>, nämlich die Veränderlichkeit des Ebonits in seiner Form und seinem Isolationsvermögen und die Undurchsichtigkeit dieser Masse, fallen also hier weg. Auch die Entladungsstangen sind nicht wie an der Maschine des Mechanikers Gläser in Wien in



unbequemer Lage oberhalb des Cylinders, sondern ebenso bequem gelagert wie bei den Scheibenmaschinen. Ihre Funkenlänge beträgt 7,5 cm, sie hat keinen Polwechsel und behält den erregten Zustand circa 3 Stunden lang bei, ohne dass sie während dieser Zeit in Bewegung gebracht zu werden braucht. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil dieser Maschine besteht darin, dass von einer nötigen Wartung derselben eigentlich kaum gesprochen werden kann und sie jederzeit in gebrauchsfähigem Zustande bereit steht. Die bei allen Apparaten von Zeit zu Zeit nötige Reinigung von Staub beschränkt

sich bei ihr auf ihre äusserste Begrenzung, auf die äussere Wand des Glassturzes, während bei Scheiben-Influenzmaschinen die öfter nötig werdende Reinigung der Glasscheiben zeitraubend ist und leicht zum Zerschlagen derselben führt. Wenn je nötig, ist die Maschine mit Leichtigkeit und in wenigen Minuten auseinandergelegt und wieder zusammengestellt, ohne dass dazu auch nur ein Schraubenzieher in Anwendung gebracht werden muss.

Einen grossen Vorteil sehe ich auch darin, dass der elektrische Vorgang bei einer solchen Cylinder-Influenzmaschine durch eine einzige Skizze an der Tafel, den Grundriss, beim Unterricht klar gemacht werden kann, während bei einer Scheiben-Influenzmaschine dazu 2 Zeichnungen, Grund- und Aufriss, nötig sind, welche Ungeübte nicht immer leicht in ein richtiges Gesamtbild vereinigen können. Ich verweise statt näherer Beschreibung der Maschine auf die beigegefügte Zeichnung und bemerke, dass die Maschine sich leicht und sicher erregen lässt, indem man der Spitze *S* die Mitte des Schildes *E* eines Elektrophors von oben nähert. Darnach wird dieser Zuleitungsdraht entfernt und der Tubulus mit einem anderen Stopfen verschlossen. Ein zweites Paar Saugarme innerhalb des äusseren Cylinders, unter sich leitend verbunden, ist in diese Zeichnung der Deutlichkeit halber nicht aufgenommen. Die Maschine wird von Herrn Präzisionsmechaniker Ferdinand Ernecke in Berlin in solider und sauberer Ausführung geliefert.

### Über die Art der Elektrizität beim Reiben von Leder gegen Ebonit.\*)

Von Dr. **G. Leonhardt** in Dessau und **Bruno Kolbe** in Petersburg.

In dieser Zeitschrift (II. S. 34) hat L. einen kleinen Versuch mitgeteilt, nach welchem eine auf die Erde gelegte Ebonitplatte, wenn mit Ledersohlen auf sie getreten wird, positive, der menschliche Körper aber negative Elektrizität annimmt. Diesen Versuch hat K. wiederholt und gefunden, dass der menschliche Körper zwar negativ, die Platte aber nicht positiv, sondern ebenfalls negativ wird, der erstere also die Rolle eines Elektrophordeckels über-

<sup>1)</sup> Zu den Cylinder-Influenzmaschinen gehört wohl auch der „elektrische Gasanzünder“ von Clarkes, eine in Cylinderform gebrachte Töpler'sche selbsterregende Influenzmaschine.

\*) *Ann. d. Herausgebers.* Über diesen Gegenstand hat die Redaktion von beiden Verfassern eine Reihe von Zuschriften und Entgegnungen erhalten, die in der vorliegenden gemeinsamen Bearbeitung der Streitfrage ihren Abschluss gefunden haben.

nimmt. Er konnte dies auch daran nachweisen, dass, wenn er auf die Platte trat, alsdann den Tisch berührte und dann auf einen Isolierschemel stieg, der menschliche Körper jetzt frei gewordene positive Elektrizität zeigte.

L. wiederholt infolge dessen seine Versuche und kommt anfänglich zu demselben Resultate wie früher. Als er aber nach mehreren Tagen Pause seine Versuche nochmals anstellt, findet er plötzlich ebenfalls negative Ladungen der Platte, und alle Bemühungen, positive Elektrizität zu erhalten, sind vergeblich. Er erinnert sich jedoch, dass er seine ersten Versuche mit einem anderen Stiefelpaare als die späteren angestellt hat und untersucht jetzt das Verhalten verschiedener Ledersorten gegen die Ebonitplatte. Um etwaige Verschiedenheiten der Platte auszumerzen, bezeichnet er auf dieser eine bestimmte Stelle, mit der allein er seine Versuche anstellt, und findet nun, dass von den acht ihm zur Verfügung stehenden Ledersorten sechs die Platte positiv machen, und zwei negativ.

Bei diesen Versuchen ist es von grosser Wichtigkeit, dass die benutzten Platten ursprünglich völlig unelektrisch sind. L. findet, dass eine Ebonitplatte, wenn sie mit Wasser abgespült oder mit einem feuchten Schwamme abgewaschen und dann getrocknet wird, keine oder doch nur äusserst geringe Spuren von Elektrizität aufweist. K. versucht anfangs die Platte dadurch zu entladen, dass er die elektrisierte Fläche so lange über einer Flamme hin und her bewegt, bis sie bei Annäherung an die Condensatorplatte seines Aluminium-Elektrometers keinen Ausschlag mehr zeigt. Er macht jedoch hierbei die Beobachtung, dass in einem solchen Falle die Rückseite noch merklich geladen sein kann<sup>1)</sup> und im Verlauf von einigen Minuten, die zur Abkühlung der Platte benutzt werden müssen, die Vorderseite durch Influenz zu laden vermag. (Eine derartige Influenz eines Nichtleiters auf sich selbst hat übrigens schon Riess nachgewiesen.) K. kommt daher zu dem Schlusse, dass eine Ebonitplatte erst dann als unelektrisch betrachtet werden kann, wenn *beide Seiten*, parallel zur Condensatorplatte des Elektroskops, bis 3 mm genähert bez. sanft daraufgelegt keinen Ausschlag bewirken.

Bei seinen Versuchen findet K. ferner kein Leder, welches eine Ebonitplatte entschieden positiv elektrisch macht. L. übersendet ihm daher zwei Ledersorten, welche nach seinen Versuchen dies bewirken. Um die Elektrizität des Leders direkt zu beobachten, schneidet K. aus den beiden Ledersorten quadratische Stücke von ungefähr 3 cm Seitenlänge und befestigt daran einen isolierenden Handgriff von schwarzem Siegelack, fährt dann mit dem Leder einmal sanft über die Ebonitplatte und prüft dasselbe an seinem Elektrometer; die Prüfung der Elektrizität auf der Platte ist weniger zweckmässig, da unter Umständen benachbarte Partien störend influieren können.

Über die Art der Elektrizität auf der Ebonitplatte, welche K. durch Reiben mit den von L. ihm übersandten Ledersorten findet, geben folgende Versuche Aufschluss, bei denen drei Ebonitplatten und ein Ebonitstab benutzt sind.

*Platte A*, 4 mm dick, beiderseits poliert;

*Platte B*, 4 mm dick, eine Seite fein abgeschliffen;

*Platte C*, 12 mm dick, eine Fläche an der Drehbank abgedreht, daher etwas rauh mit concentrischen Streifen, die andere glatt gewalzt;

*Stab D*, eine Hälfte sehr rauh, die andere mit Smirgelpapier abgeschliffen.

Die Platten *A* und *B* werden mit der natürlichen Fläche der beiden Ledersorten gerieben, stets positiv elektrisch. Die Platte *C*, sowie der Stab *D* zeigen, mit einer der Ledersorten gerieben, verschiedene Arten von Elektrizität, wie folgende Tabelle zeigt:

<sup>1)</sup> Ladet man eine völlig unelektrische Ebonitplatte ziemlich stark, und bewegt die elektrisierte Fläche solange über einer Flamme hin und her, bis bei Annäherung an die Condensatorplatte eines Elektroskopes kein Ausschlag mehr erfolgt, so erweist sich die Rückseite der Platte entgegengesetzt elektrisch. Beim Elektrometer konnten durch wiederholtes über die Flamme Halten bis drei Zeichenwechsel beobachtet werden.

Reibung mit:		Platte C.		Stab D.	
		glatte Seite	rauhere Seite	glattes Ende	rauhes Ende
Ledersorte I.	Narbenseite . . . . .	+	+	±	—
	rauhere Seite . . . . .	+	+	—	—
	Kante . . . . .	+	—	—	—
	Schnittfläche parallel der Oberfläche	+	±	—	—
Ledersorte II. (mit feinerer Narbe)	Narbenseite . . . . .	+	±	+	—
	rauhere Seite . . . . .	+	±	+	—
	Kante . . . . .	±	—	±	—
	Schnittfläche parallel der Oberfläche	+	±	—	—
Mit Albuminpapier gerieben . . . . .		+	+	+	—

Das Zeichen  $\pm$  in der Tabelle soll andeuten, dass die Art der Elektrizität nicht constant war, sondern von dem Druck und besonders von der Richtung des Reibens abhängig zu sein schien. Aus diesen Versuchen zieht K. den Schluss, dass Ebonit *um so leichter durch Reiben negativ elektrisch wird, je rauher seine Oberfläche ist*, eine Erscheinung, welche an das Verhalten des matten und des polierten Glases erinnert.

Nach diesen Versuchen von L. und K. erscheint es zweifellos, dass die Verschiedenheit der Resultate, welche beide ursprünglich gefunden hatten, durch das verschiedene Verhalten verschiedener Ledersorten der Ebonitplatte gegenüber erklärt werden muss. Demnach ist bei bereits elektrischer Platte (wie bei den ersten Versuchen K.'s, bei denen die Entladung durch die Flamme nur unvollkommen bewirkt worden war) der von K. gegebene Vergleich des menschlichen Körpers mit einem Elektrophordeckel zutreffend, bei unelektrischer Platte jedoch ist die von L. gegebene Erklärung die richtige, wobei noch beachtet werden muss, dass positive oder negative Ladungen der getretenen Platte von der Art des Sohlenleders und der Rauheit der Ebonitplatte abhängen. Dass beide Fälle wirklich eintreten, zeigt L. noch auf folgende Weise. Er macht eine Seite einer Ebonitplatte durch Schlagen mit einer Ledersorte positiv elektrisch und betritt dieselbe unter möglichst geringer Reibung mit einem Sohlenleder, welches, wie er sich vorher überzeugt hatte, eine unelektrische Platte schwach negativ macht. Der menschliche Körper zeigt dann der Erklärung von K. gemäss abgestossene positive und nach dem Betreten eines Isolierschemels frei gewordene negative Elektrizität. L. betritt jetzt die Platte wieder und schurrt mehrere Male mit den Füßen hin und her, so dass möglichst alle Stellen der Platte mit dem Leder in Berührung kommen. Der Erklärung von L. gemäss zeigt der menschliche Körper wieder positive, die Platte aber jetzt negative Elektrizität, indem durch das Reiben die ursprüngliche positive Elektrizität erst aufgehoben und dann die Platte negativ geworden war, während der menschliche Körper, da bei jeder Reibung beide Arten von Elektrizität entstehen, positiv elektrisch wurde. Schlägt L. jetzt die negativ gewordene Platte wiederum mit dem Leder, so wird sie wieder positiv und die Versuche können wiederholt werden.

Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche bei diesem so einfach erscheinenden Versuche auftreten können, ist daher ausserordentlich gross, je nachdem die Platte elektrisch ist oder nicht und mit einem Sohlenleder getreten wird, welches sie positiv oder negativ elektrisch macht.

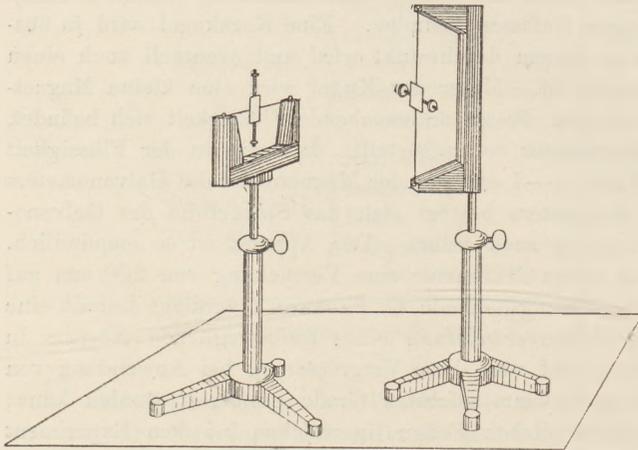
## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Ein unsichtbares Aräometer.** Von G. PARRAGH. Der Zweck dieses Apparates ist die Bestimmung der Dichtigkeit oder auch der Oberflächenveränderung solcher Flüssigkeiten, welche sich in undurchsichtigen Gefässen befinden. Eine Korkkugel wird in flüssiges Stearin getaucht, damit sie von diesem durchtränkt wird und eventuell auch einen grösseren Druck auszuhalten im Stande ist. Unter der Kugel wird eine kleine Magnetnadel angehängt. Das Gefäss, in welchem die zu untersuchende Flüssigkeit sich befindet, ist westlich von einem Spiegelgalvanometer so aufgestellt, dass die in der Flüssigkeit schwimmende, senkrecht stehende Nadel 6—7 cm von der Magnetnadel des Galvanometers sich befindet. Beim Steigen des Aräometers bewegt sich das Spiegelbild des Galvanometers nach links, beim Fallen hingegen nach rechts. Der Apparat ist so empfindlich, dass einem Steigen oder Fallen von einem Millimeter eine Verrückung von 200 mm auf der Glasskala entspricht. Diese Beobachtungsmethode G. PARRAGH's verdient deshalb eine besondere Beachtung, weil sie die Volumveränderung eines freibeweglichen Körpers in bedeutend vergrössertem Maasse zeigt, und weil diese Vergrösserung bei Anwendung von stärkeren oder von Elektro-Magneten bis zum höchsten Grade gesteigert werden kann; insbesondere aber deshalb, weil man in solchen Fällen, in welchen bei dem Experiment die Anwendung von Glasgefässen wegen ihrer leichten Zerbrechlichkeit sich nicht empfiehlt, Metallgefässe anwenden kann. (*Természettudományi Közlöny-Mitteilungen der K. ung. Naturw. Gesellschaft. 1889.*)  
R. Somogyi.

**Der Einfluss der Capillarität beim Aräometer.** Langberg hat bereits 1859 (*Pogg. Ann. Bd. 106*) die Aufmerksamkeit auf die Störungen gelenkt, welche die Angaben des Aräometers durch die Capillarität erfahren, und zuerst die Grösse dieses Einflusses zu bestimmen gesucht. Denselben Gegenstand behandelt eine Mitteilung von G. VAN DER MENSBRUGGHE in den *Bull. Acad. de Belge (3) XVI No. 7, 1888*. Nach Langberg ist das Gewicht des verdrängten Wassers gleich dem Gewicht des Aräometers vermehrt um eine Grösse  $2\pi rF$ , wenn  $2r$  den Durchmesser an der Benetzungsstelle,  $F$  die Oberflächenspannung des destillierten Wassers bedeutet. Um den Betrag der scheinbaren Gewichtsvermehrung zu bestimmen, tauchte v. d. MENSBRUGGHE ein Aräometer in Wasser von  $4^{\circ}$  und bezeichnete die Stelle, bis zu welcher es einsank; darauf überzog er das Aräometer zu beiden Seiten dieser Stelle mit einer dünnen Schicht von weissem Wachs, das vom Wasser fast nicht benetzt wird und daher die Bildung eines Capillarmeniskus verhindert. Wurde der Apparat nun von neuem vorsichtig in das Wasser getaucht, so sank er, obwohl um einige mg schwerer, um 5,9 mm weniger tief ein. Der mittlere Durchmesser des Aräometers an der betrachteten Stelle war 4,79 mm, die Spannung  $F$  ist bei  $4^{\circ}$  C. = 7,6 mg. Eine einfache Berechnung mit Hilfe dieser Daten ergab für das Einsinken den Betrag von 6,3 mg, der sich von dem durch Versuch gefundenen nur um 0,4 mg unterschied. — Der Verfasser hebt ferner die Notwendigkeit hervor, die Röhren der in der Praxis benutzten Aräometer genau zu calibrieren, so dass die Teilung genau gleichen Volumteilen entspricht, und giebt endlich ein Mittel an, die aräometrischen Beobachtungen auf das Maximum der Präzision zu bringen. Hierzu kann die angegebene Formel dienen; für die Praxis genügt es, beim Vergleich einer Flüssigkeit mit Wasser dem letzteren durch Beimischung einer passenden Substanz dieselbe Spannung zu geben, welche die zu prüfende Flüssigkeit hat (so vermindert ein wenig Kampher die Spannung des Wassers auf 4,5 mg, übereinstimmend mit derjenigen von Bierwürze); eine Diskussion der Formeln zeigt, dass die direkten Angaben des Apparates dann nur um einen verschwindenden Betrag von den bei Berücksichtigung der Spannung erhaltenen abweichen; dazu ist es nützlich, das Gewicht des Aräometers so gross zu wählen, dass Fehler in der Kalibrierung ohne Einfluss bleiben.

**Lissajous'sche Schwingungscurven.** Statt der gebräuchlichen Stimmgabeln verwendet H. J. OOSTING zwei zu Torsionsschwingungen geeignete Metalldrähte, von denen der eine horizontal, der andere vertikal gespannt ist. Beide Drähte sind in der Mitte mit einem Spiegelchen versehen; bringt man diese Spiegelchen aus der Ruhelage, so schwingen sie



in zwei zu einander senkrechten Flächen. Zur Regulierung der Schwingungszeit ist an der Hinterseite jedes Spiegelchens ein Kupferstab befestigt, auf welchem zwei Gewichtstückchen mit Schraubenbewegung verschiebbar sind. Werden die Gewichtchen nach aussen geschraubt, so vergrössert sich die Schwingungszeit. Lässt man bei dem einen Draht die Gewichtchen ganz weg, so kann man durch Verschiebung am andern Spiegel das Schwingungsverhältnis zwischen 1:1 und 1:2 beliebig variieren. (*Wied. Ann.* **33**, 1888, S. 415.)

An derselben Stelle beschreibt der Verf. eine pendelartige Vorrichtung, welche gleichfalls zur Hervorbringung von zusammengesetzten Schwingungen bestimmt ist. Sie besteht aus einem mit Gewichten belasteten Kupferferring, der auf zwei Metallspitzen ruht, also um eine Axe schwingt, die durch diese Spitzen hindurchgeht. Innerhalb des Ringes ist ein ebenfalls mit veränderlicher Belastung versehener horizontaler Spiegel auf zwei Spitzen so aufgehängt, dass er um eine zur ersten senkrechte Axe schwingt. Zur objektiven Beobachtung lässt man ein Lichtbündel auf das Spiegelchen fallen und erhält die Schwingungscurve an der Decke.

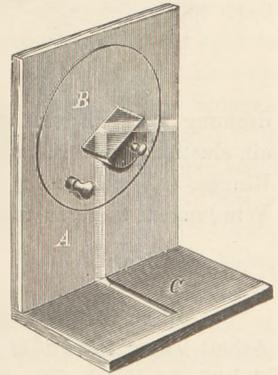
**Eine Linse mit veränderlicher Krümmung** wurde von N. G. JEGOROW in der russischen physikalisch-chemischen Gesellschaft zu St. Petersburg demonstriert. Ein Messingrahmen ist beiderseits mit Gelatineplatten geschlossen. Vermittelt eines Gummischlauches wird Petroleum aus einem Reservoir eingeführt und die Brennweite der Linse durch Heben und Senken des Reservoirs variiert. (*Journ. d. russ. phys. chem. Ges.* **XX H. 4**, 1888.)

B. K.

**Optische Demonstrationsapparate.** Anlässlich der von Herrn P. Szymanski im 2. Heft (S. 62) d. Jahrg. veröffentlichten „Schulversuche über die Zurückwerfung und Brechung des Lichts“ sind der Redaktion mehrere Zuschriften zugegangen, in welchen die Priorität für einzelne von jenen Versuchen in Anspruch genommen wird. Die Methode, den Verlauf von Lichtstrahlen durch Schirme sichtbar zu machen, deren Ebene nahezu in die Richtung der Strahlen fällt, ist bereits im Jahre 1877 gleichzeitig von Herrn Realschuldirektor W. Neu in Neuburg a./D. und von Herrn V. L. Rosenberg in St. Petersburg bekannt gemacht worden. W. Neu hat seine Versuche in den „Blättern für das bayrische Gymnasialwesen“ (1877) beschrieben und auch später in der (eingegangenen) „Zeitschrift z. Förderung des physikalischen Unterrichts“, 1886, Heft 2, ausführlich dargestellt. V. L. Rosenberg hat einen auf dasselbe Verfahren gegründeten Universalapparat 1877 in der St. Petersburger physikalischen Gesellschaft vorgeführt und 1878 auf der Pariser Weltausstellung demonstriert. Eine Beschreibung des Apparates ist in der Broschüre „Nouveaux Appareils optiques“ (St. Petersburg 1878) gegeben und in einer russischen Schrift ähnlichen Inhalts (1880) vervollständigt worden. Eine vervollkommnete Modifikation dieses Apparates findet sich in der „Zeitschrift für Instrumentenkunde“ **VII**,

323 (Sept. 1887) beschrieben. Das Licht wird durch eine Petroleumlampe erzeugt und fällt durch einen schmalen, verstellbaren Spalt; längs der vertikal gestellten weissen Wand läuft eine Metallschiene, an welcher Linsen, Prismen oder Spiegel befestigt werden können. Die Strahlen der Lampe werden durch eine Cylinderlinse in einem Punkt vereinigt und können dann entweder (für Reflexion) durch eine zweite Cylinderlinse parallel gemacht werden oder es kann der Vereinigungspunkt als Ausgangspunkt leuchtender Strahlen angesehen werden und unmittelbar als Lichtpunkt für Linsendemonstrationen dienen. Der Apparat ist überdies so eingerichtet, dass auch zwei getrennte schmale Lichtbündel von zwei Petroleumlampen benutzt werden können, um z. B. das Verhalten von Lichtstrahlen, welche auf verschiedene Stellen von Linsen auffallen, zu demonstrieren. —

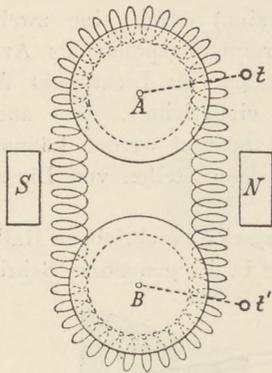
Einen Apparat, dessen Hauptbestandteil der von Szymanski beschriebene Halbcylinder aus Glas ist, hat V. L. Rosenberg ebenfalls schon 1878 in der genannten Schrift bekannt gemacht. Auf einer dünnen metallenen Kreisscheibe befestigte er entweder einen Halbcylinder aus Glas oder ein halbcylindrisches Hohlgefäss, das mit einer Flüssigkeit gefüllt wurde. Von der letzteren Art ist auch die Vorrichtung, die V. L. Rosenberg in der *Zeitschr. f. Instrumentenk.* VII, 325 (1887) beschrieben hat, wie aus der beistehenden Figur zu ersehen ist. Die drehbare Scheibe ist mit einer (in der Figur nicht angegebenen) Kreisteilung versehen. Das gefüllte Gefäss gestattet sowohl, den Übergang des Lichts aus Luft in Wasser, als auch umgekehrt den Übergang aus Wasser in Luft bzw. die totale Reflexion zu zeigen. Der nicht ganz gefüllte Halbcylinder endlich wirkt, wenn er bei abwärts gerichteter Planfläche gedreht wird, als ein Prisma mit veränderlichem Brechungswinkel.



Wenn sonach den genannten Arbeiten die Priorität zugestanden werden muss, so bleibt den von Szymanski beschriebenen Versuchen, die unabhängig von jenen Veröffentlichungen angestellt worden sind, das Verdienst, die Aufmerksamkeit von neuem auf ein sehr empfehlenswertes Demonstrationsmittel hingelenkt zu haben. Herr Szymanski teilt uns mit, dass er die Methode der an ebenen Flächen vorbeistreichenden Strahlenbündel vor acht Jahren bei Herrn Professor SCHELLBACH kennen lernte und dass dieser sich des Verfahrens seit langer Zeit zur Vorführung des Spektrums bedient. Es sei schliesslich noch erwähnt, dass der auf S. 200 besprochenen Schrift (*150 optische Versuche etc.*) zufolge auch von Dr. H. Zwick das Vorbestreichen von Lichtstrahlen an weissen Flächen zur Sichtbarmachung des Weges der Strahlen verwendet worden ist. P.

**Elektrostatische Experimente mit Glühlampen.** Die folgende hübsche Verwendung von Glühlampen (auch infolge Durchbrennens unbrauchbar gewordener) giebt ELMER E. - E. EMMONS im *Scientific American* (nach *La Nature* XVI, No. 784) an. Schwach erwärmt und mit Seide gerieben eignet sich das Glas zum elektrischen Grundversuch; ein leicht beweglicher Holzstab wird dadurch in Drehung versetzt. Reibt man die Lampe im Dunkeln mit einem Stück Stoff oder mit der Hand, so erfüllt sich das Innere mit bläulichem Licht; ebenso wenn man nach dem Reiben die äussere Oberfläche ableitend berührt. Namentlich aber eignet sich die Lampe als Leydener Flasche. Sie kann geladen werden, indem man die äussere Oberfläche des Glases mit der Hand fasst und die Metallfassung einer Elektrizitätsquelle nähert; der Innenraum verhält sich dabei wie ein guter Leiter, die Funken springen angeblich bis auf 8 cm Entfernung von der Fassung auf die Hand des Experimentators über. Durch Belegung der äusseren Oberfläche mit Stanniol kann man eine Leydener Flasche von noch kräftigerer Wirkung herstellen. Auch hierbei ist während des Ladens wie während des Entladens das Innere mit bläulichem Licht erfüllt. Das Glas der Glühlampen ist in der Regel gut isolierend und seine Dünne ist von Vorteil für die Capacität der Flasche.

**Eine einfache Dynamo-Maschine.** Von FRED. J. SMITH wird folgendes Modell einer magnetoelektrischen Maschine angegeben (*Nature*, 39, S. 80, 22. Nov. 1888). Zwei Rollen *A* und *B* mit halbkreisförmig ausgehöhlten Rinnen, sind, wie aus der Figur ersichtlich, in geringem Abstand von einander auf einem vertikal gestellten hölzernen Brett befestigt; ein spiralgewundener Kupferdraht ist um beide Rollen herumgeführt und den mittleren Teilen dieses Drahtes ein Hufeisenmagnet mit seinen beiden Polen *N* und *S* genähert. Wird das Rad *A* in Drehung versetzt, so dreht sich auch die Kupferspirale und es entsteht ein stetiger Strom, welcher von den beiden Klemmschrauben *t, t'*, die mit den Rollen *A* und *B* verbunden sind, abgeleitet werden kann. Da der Draht mit den Rollen in beständigem Contact bleibt, so treten keine Stromschwankungen auf, wie bei den gewöhnlichen Dynamos, wo Schleifkontakte in Anwendung kommen. Bei constanter Rotationsgeschwindigkeit zeigt daher ein in den Stromkreis eingeschaltetes Galvanometer keine Änderungen der Kontakte, selbst dann nicht, wenn die Umdrehung sehr langsam geschieht. Wird in die Achse der Spirale eine eiserne Kette oder ein elastischer Eisenstreifen gelegt, so erhält man ein deformiertes Abbild des Gramme'schen Ringes. Noch besser als Kupferdraht eignet sich Draht aus Phosphorbronze, dessen Windungen weniger leicht deformiert werden.



## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Über Strahlen elektrischer Kraft.** Von H. HERTZ in Karlsruhe. In einer früheren Arbeit (*diese Ztschr.* II, 89) hat der Verfasser nachgewiesen, dass sich die Wirkung einer elektrischen Schwingung als Welle in den Raum ausbreitet. Die anfänglich erzeugten Wellen hatten eine Länge von 4—5 m, der Versuch, diese Wellen durch einen Hohlspiegel zu sammeln, blieb daher erfolglos; dagegen gelang der Versuch mit Wellen, welche mehr als zehnmal kürzer waren als die zuerst aufgefundenen, und im übrigen auf gleiche Weise erzeugt wurden. Als primärer Leiter diente ein cylindrischer Messingkörper von 3 cm Dicke und 26 cm Länge, der in der Mitte durch eine Funkenstrecke unterbrochen war. Als Induktorium wurde statt des grossen Rühmkorff ein kleiner Funkengeber von 4,5 cm maximaler Funkenlänge benutzt; bei den Versuchen betrug die Funkenstrecke nur 3 mm. Zum Nachweis der elektrischen Kräfte im Raum diente ein Ring aus dünnem Kupferdraht von nur 7,5 cm Durchmesser; an der Unterbrechungsstelle dieses Ringes standen sich eine kleine Messingkugel von einigen mm Durchmesser und eine feine Spitze in verstellbarem Abstände gegenüber; die induzierten Fünklehen hatten nur einige Hundertstel mm Länge. Bei den meisten Versuchen jedoch wurden statt des Ringes zwei gerade Drahtstücke von 50 cm Länge und 5 mm Durchmesser verwendet, die in derselben Geraden gelegen und durch 5 cm Abstand getrennt waren. Von den benachbarten beiden Enden waren Drähte zu einer Funkenstrecke abgeleitet.

Wurden die erregenden Funken vor einem Hohlspiegel aus Zinkblech von der Gestalt eines parabolischen Cylinders (von 2 m Höhe, 1,2 m Öffnung und 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub> cm Brennweite), und zwar in der Mitte der Brennlinie erzeugt, so waren die Wirkungen bis in 5—6 m Abstand noch wahrnehmbar. Aus den Reflexionserscheinungen, welche bei passender Aufstellung einer ebenen leitenden Wand auftraten, wurde unter Beachtung der entstehenden Maxima und Minima die halbe Länge der erzeugten Welle in Luft = 33 cm ermittelt (während sie in Drähten nur 29 cm betrug); dem entsprach eine Schwingungsdauer von 1,1 Tausendmilliontel Sekunde. Die Erscheinungen zeigten sich lediglich in der Nähe der optischen Axe des Spiegels, so dass von einem aus dem Spiegel austretenden „elektrischen Strahl“ gesprochen werden kann. Wenn dem Hohlspiegel ein zweiter genau gleicher gegenüber gestellt und der vorhin beschriebene sekundäre Leiter aus zwei geraden

Drähten in die Brennlinie gestellt wurde, während die beiden Ableitungsdrähte durch die Wand des Spiegels hindurch zur Funkenstrecke geführt waren, so konnte der Strahl bis zu 16 m Entfernung verfolgt werden.

An den beschriebenen elektrischen Strahlen konnten nun dieselben Erscheinungen wie bei Lichtstrahlen: geradlinige Ausbreitung, Reflexion, Brechung, Polarisation, nachgewiesen werden. Die geradlinige Ausbreitung zeigt sich darin, dass ein Zinkblechschirm, in den Weg des Strahles gestellt, die Wirkung aufhebt; dasselbe leisten Stanniol, Goldpapier, eine Person, die den Strahl kreuzt. Dagegen geht der Strahl durch Isolatoren, wie eine Holzwand oder eine hölzerne Thür, ungehemmt hindurch; „man sieht nicht ohne Verwunderung im Innern geschlossener Zimmer die Funken auftreten“. Parallele leitende Wände, mit denen man den Strahl einschliesst, hindern die Wirkung nicht, so lange der Zwischenraum nicht kleiner als die Öffnung des Spiegels wird; die Funken verlöschen erst, wenn die Breite des Zwischenraums unter  $\frac{1}{2} m$  sinkt. Auch bei einer Drehung der optischen Axe eines der Spiegel um  $15^\circ$  verlöschen die Funken. — Dass der Strahl durch Transversalschwingungen gebildet wird, zeigt sich, wenn die (geometrische) Axe des zweiten Spiegels gegen die des ersten um  $90^\circ$  gedreht wird; die Funken verschwinden dann vollständig (Polarisator und Analysator). Stellte man bei paralleler Lage der beiden Spiegelaxen in den Weg des Strahles ein Drahtgitter, das aus parallelen Kupferdrähten (im Abstände von 3 cm von einander) gebildet ist, so wurden die Funken so gut wie gar nicht beeinträchtigt, wenn die Drähte die Richtung der Spiegelaxen senkrecht kreuzten; waren dagegen die Drähte den Spiegelaxen (bezw. den Brennlinien) parallel, so wurde der Strahl vollständig aufgehoben. Ein solcher Schirm wirkte also wie eine Turmalinplatte in Bezug auf einen geradlinig polarisierten Lichtstrahl. Wurde bei gekreuzten Brennlinien der beiden Spiegel das Drahtgitter unter  $45^\circ$  Neigung gegen die Horizontale eingeschoben, so trat die vorher nicht vorhandene Wirkung hervor; es hatte also durch den Schirm eine Zerlegung der ankommenden Schwingung in zwei Componenten stattgefunden (vergleichbar der Aufhebung des dunklen Feldes bei zwei gekreuzten Nicols durch eine Turmalinplatte).

Die Reflexion wurde, abgesehen von den schon erwähnten Reflexionserscheinungen an Wänden und von der Wirkung des Hohlspiegels, auf folgende Art nachgewiesen. Die zwei Hohlspiegel wurden neben einander so aufgestellt, dass ihre optischen Axen auf einen 3 m entfernten Punkt convergierten. Stellte man nun eine vertikale Wand aus dünnem Zinkblech an diesem Punkte so auf, dass sie senkrecht zur Mittellinie der beiden Axen stand, so erregte ein in dem einen Brennpunkt erzeugter Funkenstrom in dem Brennpunkt des anderen die entsprechende Funkenbildung, die aber wieder ausblieb, wenn die Wand um etwa  $15^\circ$  gedreht wurde. Auch bei solcher Anordnung der Apparate, dass der einfallende mit dem reflektierten Strahl einen Winkel von  $90^\circ$  bildete, zeigte sich noch dieselbe Wirkung und verschwand, wenn die spiegelnde Fläche um  $10^\circ$  gedreht wurde. Bei diesen Versuchen waren die Schwingungen senkrecht zur Einfallsebene gewesen; es wurden dann die Spiegelaxen beide horizontal gelegt, ohne dass ein Unterschied in der Erscheinung eintrat. Auch der erwähnte Drahtschirm gab Reflexion, wenn die Drähte in die Richtung der Schwingungen fielen.

Zur Untersuchung der Brechung endlich wurde ein Prisma aus Hartpech von 1,5 m Höhe, 1,2 m Schenkellänge und nahezu  $30^\circ$  brechendem Winkel hergestellt (das Gewicht betrug 12 Centner). Der gebende Spiegel wurde in 2,6 m Abstand von der einen Prismenfläche so aufgestellt, dass die Mittellinie des Strahles die Fläche unter einem Winkel von  $65^\circ$  traf. Der Weg des Strahles wurde von beiden Seiten durch leitende Schirme begrenzt, so dass Wirkungen auf anderem Wege als durch das Prisma ausgeschlossen waren. Unter diesen Umständen wurde auf der anderen Seite an dem zweiten Spiegel keine Funkenwirkung beobachtet, wenn er in der Verlängerung des einfallenden Strahles angebracht war. Erst bei Drehung um  $11^\circ$  wurden die ersten Funken wahrgenommen, ihre Intensität erreichte ein Maximum bei  $22^\circ$ , bei  $34^\circ$  trat wieder Erlöschen ein. Aus dem Ablenkungswinkel von  $22^\circ$  berechnet sich der Brechungsexponent 1,69, während der

optische Brechungsexponent zwischen 1,5 und 1,6 angegeben wird. Die Ungenauigkeit der Bestimmung und die Unreinheit des Stoffes lassen diese Abweichung als unerheblich erscheinen.

Der Verfasser hält sich demnach für berechtigt, die beobachteten Gebilde als Strahlen elektrischer Kraft, vielleicht auch als Lichtstrahlen von sehr grosser Wellenlänge zu bezeichnen und erklärt die beschriebenen Versuche für in hohem Grade geeignet, Zweifel an der Identität von Licht, strahlender Wärme und elektrodynamischer Wellenbewegung zu beseitigen. (Sitz.-Ber. d. Berl. Ak. d. Wiss., 1888, S. 1297; 13. Dezember.)

**Zur chemischen Theorie des Galvanismus.** Von F. EXNER und J. TUMA ist zur Untersuchung der Potentialdifferenzen in galvanischen Elementen die Methode der Tropf-elektroden benutzt worden. Diese Methode rührt von W. Thomson her und ist neuerdings namentlich von Ostwald zu Messungen ähnlicher Art benutzt worden. Hierbei befanden sich die Quecksilber-Elektroden direkt in der zu untersuchenden Flüssigkeit; die Verfasser weisen aber nach, dass in diesem Falle sowohl wegen des chemischen Angriffes des Quecksilbers in der Flüssigkeit, als auch wegen eventueller Polarisation, diese Anordnung mit erheblichen Fehlerquellen behaftet ist. Sie wendeten zur Vermeidung dieser Fehlerquellen die folgende sinnreiche Abänderung der Methode an. Die Flüssigkeit, deren Potentialdifferenz gegen ein in sie getauchtes Metall zu bestimmen war, wurde durch eine feuchte Schnur mit einem aus Filtrierpapier gefertigten, sonst isolierten Cylinder verbunden, welcher mit derselben Flüssigkeit getränkt war. Ein Glastrichter mit fein ausgezogener Spitze wurde schliesslich isoliert so angebracht, dass der austretende Quecksilberstrahl innerhalb des Cylinders zerstäubte. Leitete man das Quecksilber zu einem Quadranten-Elektrometer ab, so wurde dieses bis zu demselben Potential geladen, welches an der Stelle des Zerstäubungspunktes herrschte. Man konnte also auf solche Weise das der Flüssigkeit zukommende Potential bestimmen, ohne diese durch einen Metallkontakt abzuleiten.

Um die Elektrizität in Abzug bringen zu können, welche sich durch Reibung des Quecksilbers an den Wänden der Tropfelektrode entwickelt, wurde der Ausschlag beobachtet, der eintritt, wenn die Elektrode von einem unelektrischen Cylinder aus Gaskohle, Anthracit, Platin oder Gold umgeben war; auch der Einfluss des elektrischen Staubes der Luft, der sich auf den Leitungsdrähten festsetzte, kam auf diese Weise in Abzug.

Bei den Messungen selbst wurde der Papiercylinder in eine kurze, durch Siegel-lack isolierte Glasröhre gesteckt und so befestigt, dass der Zerstäubungspunkt des Quecksilbers in der Mitte der Cylinderachse lag. Die Messungen bezogen sich auf das Verhalten einer grösseren Reihe von Metallen zu Wasser, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, ferner von *Cu*, *Fe*, *Zn* zu verschiedenen Sulfaten, Chloriden und Nitraten. Dabei zeigte sich, dass sich Metalle gegen die untersuchten Flüssigkeiten durchweg negativ laden; eine Ausnahme machten nur *C* und *Pt* in concentrirter Salpetersäure, doch bringen die Verfasser dies mit der Bildung von Untersalpetersäure in Zusammenhang. Ferner ergab sich, dass die Metalle in Säuren annähernd dieselben Werte geben, wie in den Salzen dieser Säuren. Dies macht die folgende Tabelle ersichtlich, in welcher die Zahlenwerte Bruchtheile eines Daniell bedeuten; die zu den Sulfaten gehörigen Zahlen sind Mittelwerte aus den Werten für eine grössere Zahl verschiedener Metallsalze:

	Sulfate	$H_2SO_4$	Chloride	$HCl$	Nitrate	$HNO_3$
<i>Cu</i>	— 0,406	— 0,39	— 0,56	— 0,52	— 0,377	— 0,35
<i>Fe</i>	— 0,877	— 0,80	— 0,866	— 0,85	— 0,764	— 0,75
<i>Zn</i>	— 1,275	— 1,34	— 1,340	— 1,39	— 1,220	— 1,33

Das Hauptinteresse nehmen die Messungen in Anspruch, welche sich auf das Potentialgefälle in Elementen beziehen. Ein Normal-Daniell-Element wurde wie üblich aus zwei Gefässen hergestellt, *Cu* in  $CuSO_4$ , *Zn* in  $ZnSO_4$ , beide durch ein Capillarrohr verbunden, dessen eines zum  $ZnSO_4$  gerichtetes Ende überdies noch mit einem Diaphragma

voll  $ZnSO_4$  umgeben war. Beide Metalle wurden zur Erde abgeleitet. Die Messung der drei in Betracht kommenden Potentialdifferenzen ergab:

$$Zn/ZnSO_4 = +1,314, \quad ZnSO_4/CuSO_4 = +0,062, \quad CuSO_4/Cu = -0,375.$$

Die Summierung liefert 1,001 Daniell, also mit grosser Genauigkeit die ganze elektromotorische Kraft des Elementes, ohne dass eine Potentialdifferenz zwischen Kupfer und Zink in Rechnung zu ziehen wäre.

Ähnlich wurde für das Grove-Element gefunden:

$$Zn/H_2SO_4 = +1,346, \quad H_2SO_4/HNO_3 = -0,009, \quad HNO_3/Pt = +0,384.$$

Die Summe 1,721 giebt wieder die ganze elektromotorische Kraft des Elementes.

Beim Smee-Element wurde erhalten:

$$ZnH_2SO_3 + H_2SO_4/Pt = 1,38 - 0,64 = 0,74,$$

endlich beim Jod-Element ( $Mg$  und  $Pt$  in festgepresstem Jod):

$$Mg/J + J/Pt = +1,66 + 0 = +1,66,$$

während die direkte Messung am Elektrometer 1,647 D. ergab. —

Die Potentialgefälle in Voltametern zeigten ein entsprechendes Verhalten. Bei einem Knallgasvoltameter  $Pt_0/H_2SO_4/Pt_h$  waren die einzelnen Werte:

$$Pt_0/H_2SO_4 = -0,92 D., \quad Pt_h/H_2SO_4 = +0,72 D.,$$

die Gesamtpolarisation betrug also 1,64 D.

Bei einem Zinkvoltameter  $Zn/ZnSO_4/Zn$  waren die Differenzen  $Zn/ZnSO_4$  einander gleich (1,30 Dan.), gemäss dem Charakter der Unpolarisierbarkeit, der dies Voltameter auszeichnet. Bei einem Wasservoltameter mit Zinkelektroden  $Zn/H_2O/Zn$  waren die Werte ebenfalls einander gleich (1,183 Dan.); ebenso bei einem Kupfervoltameter  $Cu/CuSO_4/Cu$ : 0,358 Dan. Der Strom geht also durch solche unpolarisierbaren Voltameter nicht wie durch einen metallischen Leiter, sondern es erfolgen beim Ein- und Austritt gleiche und entgegengesetzte Potentialsprünge von beträchtlicher Grösse.

Auf den Volta'schen Kontaktversuch beziehen sich die letzten Versuche. Aus den verschiedenen Metallen wurden Cylinder angefertigt und, unter Ableitung zur Erde, zur Induktion der Tropf-Elektrode benutzt. Die beobachteten Potentialwerte stimmen sehr nahe mit den Potentialen überein, welche Wasser annimmt, wenn es durch dieselben Metalle zur Erde abgeleitet wird. Die Verfasser schliessen daraus, dass alle Metalle selbst im blankgeputzten Zustande mit einer Feuchtigkeitsschicht bedeckt sind, und dass es das Potential dieser, durch das Metall abgeleiteten Schicht ist, welches in den eben beschriebenen Versuchen gemessen wurde. Diese Folgerung steht im Einklang mit den Brown'schen Versuchen (*d. Ztschr. I, 220*) und führt dazu, den Volta'schen Fundamentalversuch ohne Zuhilfenahme einer Kontaktkraft zwischen den Metallen zu erklären. (*Sitz.-Ber. Wien. Akad. Bd. 97, IIa, S. 957; 1888.*)

#### Die Molekulargrösse einiger Verbindungen des Aluminiums, Eisens und Chroms.

Aluminium, Eisen und Chrom werden häufig mit einigen anderen Metallen zu einer Gruppe zusammengestellt, weil sie sämtlich Sesquioxyde von der Formel  $Me_2O_3$  bilden. Über die Molekulargrösse der diesen Oxyden entsprechenden Verbindungen der Metalle mit einwertigen Elementen oder Radikalen herrschen jedoch verschiedene Ansichten. Insbesondere tritt dies bei dem Aluminium hervor, für welches eine grössere Anzahl flüchtiger und daher hinsichtlich ihres Molekulargewichtes bestimmbarer Verbindungen bekannt sind; so findet man für das Chlorid meist die Formel  $Al_2Cl_3$  angegeben, während die Trimethylverbindung gewöhnlich  $Al(CH_3)_3$  geschrieben wird. —

E. LOUIS und L. ROUX (*C. R. 106, S. 602—605, 1888*) haben die Dampfdichte des Aluminiumtrimethyls von neuem und zwar nach der V. Meyer'schen Methode bei verhältnissmässig niedrigen Temperaturen gemessen und bei  $182^\circ$  gleich 5,1 gefunden; hiernach käme der Verbindung die Formel  $Al_2(CH_3)_6$  mit der theoretischen Dampfdichte

5,02 zu. — Weitere Untersuchungen derselben Autoren (*B. Par.* 50, 497—517, *Lyon*) beziehen sich auf andere Alkylverbindungen des Aluminiums und ergeben folgende analoge Resultate: Aluminium-Triäthyl  $Al_2(C_2H_5)_6$ , Tripropyl  $Al_2(C_3H_7)_6$  und Triisooamyl  $Al_2(C_5H_{11})_6$ . — C. FRIEDEL und J. M. CRAFTS (*C. R.* 106, S. 1764—70, 1888) haben gleichzeitig gefunden, dass die Dampfdichte des Aluminiumchlorids zwischen 218° und 432° fast constant bleibt und zwischen 9,508 und 8,71 schwankt; innerhalb dieser Temperaturen ergibt sich also die Molekulargrösse gleich  $Al_2Cl_6$ , während bei weiterer Wärmezufuhr Dissociation eintritt. —

Für die entsprechende Eisenverbindung sind V. MEYER und GRÜNWARD (vgl. *diese Zeitschrift*, 2. Jahrg., 1. Heft, S. 41) zu dem Resultate gelangt, dass ihre Molekel wahrscheinlich gleich  $FeCl_3$  ist. Hingegen haben C. FRIEDEL und J. M. CRAFTS (*C. R.* 107, S. 301 ff., 1888), denen es gelungen ist, dieses Chlorid im Chlorstrom unzersetzt und bei verhältnismässig niedrigen Wärmegraden zu verflüchtigen, dessen Dichte zwischen 321° und 442° als constant gefunden und aus derselben die Formel  $Fe_2Cl_6$  hergeleitet. —

Die Dampfdichte des Chromchlorids ist ebenfalls neu bestimmt worden, allerdings nur bei sehr hoher Temperatur. NILSON und OTTO PETERSSON (*C. R.* 107, S. 529 ff., 1888) haben zwischen 1200° und 1300° für dasselbe die Formel  $CrCl_3$  berechnet; zu demselben Resultate ist etwas früher auch A. SCOTT (*Proc. Roy. Soc. Edinb.* 14, 1886/87) gelangt. —

Hiernach müsste man — wenigstens für die Verbindungen des Aluminiums und Eisens mit einwertigen Radikalen — an den Formeln  $Me_2R_6$  festhalten. Die Existenz dieser Molekeln liesse sich durch eine Polymerisation der einfachen Molekeln  $MeR_3$  erklären, ohne dass man zu der Annahme sechswertiger Doppelatome zurückzukehren brauchte, welche vor allem für das Aluminium nach dessen Stellung im periodischen System geringe Wahrscheinlichkeit besitzt. J. Schiff.

### 3. Geschichte.

Zu Georg Simon Ohm's Gedächtnis. Am 16. März 1789 wurde G. S. OHM zu Erlangen geboren. Einer Familie entsprossen, in welcher sich das Schlosserhandwerk seit Generationen von Vater auf Sohn vererbt hatte, wurde er, wie auch sein jüngerer Bruder Martin, der Mathematiker, von dem ungewöhnlich strebsamen Vater selbst in das Studium der Mathematik, Naturlehre und Philosophie eingeführt, von deren Wert für „absolute Menschenbildung“ er zeitlebens durchdrungen war. In drückendster Lebenslage veröffentlichte OHM 1817 die „Grundlinien zu einer zweckmässigen Behandlung der Geometrie als höheren Bildungsmittels“ und 1827 die „Galvanische Kette“. Dann trat eine lange Pause in dem Schaffen des durch Nichtanerkennung entmutigten Mannes ein. Die Londoner Royal Society verlieh ihm 1841 die Copley-Medaille. Im Jahre 1843 erschien die Abhandlung, welche das Fundament für HELMHOLTZ' „Lehre von den Tonempfindungen“ geliefert hat: „Über die Definition des Tones und die Theorie der Sirene und ähnlicher Vorrichtungen“ (*Pogg. Ann.* Bd. 59). Der Royal Society war der erste Band der „Beiträge zur Molekular-Physik“ (1849) gewidmet; er enthält nur Elemente der analytischen Geometrie im Raume am schiefwinkligen Coordinatensysteme und ist ein Torso geblieben. In demselben Jahre wurde OHM als Professor der Physik an die Universität München berufen. Es erschien noch eine Abhandlung über Interferenzerscheinungen in einaxigen Krystallplatten (*Abh. Bayr. Akad.* 1852) und ein Compendium zu seinen Vorlesungen unter dem Titel „Grundzüge der Physik“ (1854). Ein Schlaganfall setzte 1855 seinem Leben ein Ende.

Auf die Hauptschrift OHM's, die „galvanische Kette“ ist bereits früher in dieser Zeitschrift (*I. Jahrg.* S. 93 ff.) hingewiesen worden. Es dürfte der Hervorhebung wert sein, dass in jener Schrift eigentlich zwei Hauptgesetze enthalten sind, die von C. M. v. BAUERNFEIND (*Gedächtnisrede auf G. S. Ohm, München 1882*) als das elektromotorische und das elektroskopische Gesetz unterschieden werden. Das erste ist das Integralgesetz, das schlechthin das OHM'sche genannt wird; es hat ursprünglich die Formel  $S = A/L$ , wo  $S$

die Stromstärke,  $A$  die Summe aller elektrischen Differenzen und  $L$  die Summe aller reduzierten Längen bedeutet. Das zweite Gesetz dagegen giebt die Grösse der elektroskopischen Kraft für jeden beliebigen Leitungsquerschnitt; es hat die Gestalt

$$u = \frac{A}{L} x + O + c,$$

worin  $x$  die reduzierte Länge von einer willkürlichen Anfangsstelle an,  $c$  die elektroskopische Kraft an dieser Stelle,  $O$  die Summe aller im Laufe der Abscisse  $x$  vorkommenden elektrischen Differenzen bedeutet. Die Ableitung dieses Gesetzes hat OHM bekanntlich unter Voraussetzungen ausgeführt, welche den in FOURIER's Wärmeleitungstheorie zu Grunde gelegten analog sind. (Eine vollständige experimentelle Bestätigung ist erst 1848 von R. KOHLRAUSCH in *Pogg. Ann.* Band 78 geliefert worden.) Die Schrift enthält überdies Auseinandersetzungen über die verschiedene Schaltweise galvanischer Elemente, über die Gesetze der Verzweigung des Stromes und über die chemischen Veränderungen, von denen das „Wogen“ der Kraft der Kette abhängt. Die Schrift ist durch einen 1887 erschienenen Neudruck wieder allgemein zugänglich geworden.

Für den Unterricht sind OHM's Schriften von nicht minder hohem Wert wie für die Wissenschaft. Seine geometrische Erstlingsschrift enthält goldene, nie veraltende Worte über den Bildungswert der Geometrie: „*sie muss den Damm, welcher das blosses Begreifen vom eigenen Forschen scheidet, durchbrechen; sie muss den Menschen, dessen Denken bisher nur der Wiederhall eines Gedachten war, zwingen, mit der in seinem Innern lodernen Flamme alle von dieser erreichbaren Gegenstände schlechthin durch sich selbst zu läutern und zu beleuchten.*“ Wichtiger noch ist für uns das Compendium der Physik, das nicht erheblich über das Maass des in heutigen Schulbüchern enthaltenen hinausgeht, aber gleichwohl in allen Teilen Zeugnis von der originalen Kraft des Verfassers ablegt. Als Beispiel der klaren Begriffsfassungen, die hier zu finden sind, sei die Definition der Temperatur angeführt: „*Wir verstehen im Allgemeinen unter Temperatur der Körper das Vermögen derselben, einander bei der Berührung Wärme zuzusenden, so dass wir demjenigen die höhere Temperatur zuschreiben, der an den andern mehr Wärme abgibt, als ihm von diesem zugeschickt wird.*“ Von besonderem Interesse ist das Kapitel über den Galvanismus, das eine elementare Darstellung der Gesetze der galvanischen Kette bietet, frei von dem scholastischen Beigeschmack, der diese Ableitung in neueren Lehrbüchern oft so unverständlich macht. Das Wesen der sogenannten Spannung findet OHM „*einzig und allein darin, dass differente Leiter während ihrer Berührung einen bestimmten und unabänderlichen Unterschied in der Intensität ihrer elektrischen Zustände erlangen und auch unter allen Umständen behaupten.*“ Im weiteren Verlauf deutet er die Möglichkeit an, alle Wirkungen des Stroms als Folgen der durch ihn eingeleiteten besonderen Anordnung der Körperelemente aufzufassen und auch die Eigenschaften des Magnets aus unveränderlich in die Körperatome gelegten positiv und negativ elektrischen Kräften zu erklären — eine Voraussicht, welche OHM selber in der „*Molekularphysik*“ zu bewahrheiten sich vorgesetzt hatte, und deren Grundgedanke durch die Forschungen Maxwells verwirklicht worden ist. — Die beiden Capitel über die Optik zeichnen sich durch ein genaueres Eingehen auf die Vergrösserung und die Helligkeit bei den optischen Instrumenten aus; Interferenz und Polarisirung erfahren eine klare und gründliche, wohl für spätere Lehrdarstellungen vorbildlich gewordene Behandlung. In diesem Abschnitt findet sich auch eine Beschreibung der „*einfachen und leicht zu behandelnden Vorrichtung zur Anstellung des Licht-Interferenzversuchs*“, die OHM zuerst in *Pogg. Ann.* (49, 1840) veröffentlicht hat. Die Vorrichtung ist das unter dem Namen Pouillet's bekannter gewordene Interferenzprisma. OHM giebt eine Anleitung, wie man sich ein solches aus einer Spiegelglasplatte leicht selbst herstellen könne. Er bemerkt dabei, dass selbst eine unzerlegte Platte, in Folge der verschiedenen Einwirkung der Politur an benachbarten Stellen, Interferenz hervorrufen könne. Am Schlusse des optischen Abschnittes setzt er seine auf Interferenz von polarisiertem Licht in ebenen Krystallplatten bezüglichen Untersuchungen in elementarer Form auseinander und macht

damit eines der schwierigsten Gebiete der Physik dem allgemeineren Verständnis und der Behandlung im Unterricht zugänglich. Namentlich in diesem Theil bewährt sich auch OHM's Wertschätzung einer „geisterhebenden, lebensfrischen Mathematik“, deren Studium er seinen Zuhörern immer wieder angelegentlichst empfiehlt; denn ohne sie könne man nicht „Etwas, wenn es einigermaassen zusammengesetzter Art ist, auf eine von dessen eigenster Natur geforderte, innerlich zusammenhaltende Weise überdenken lernen“. —

OHM's Name ist in der praktischen Widerstandseinheit, die der Pariser Kongress der Elektriker 1881 festgesetzt hat, verewigt; anlässlich seines hundertsten Geburtstages hat sich ein Komitee von deutschen Physikern gebildet, um sein Andenken auch durch eine Statue, die in München errichtet werden soll, zu ehren. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Der Unterricht in der Himmelskunde.** Über die Stellung der Himmelskunde im höheren Unterricht und in der Prüfungsordnung hat J. Plassmann im *Gymnasium*, VI, No. 22 und 23, 1888 einen lezenswerten Aufsatz veröffentlicht. Er erkennt in der allgemeinen Himmelskunde (Astronomie und Astrophysik) den natürlichen Schlussstein für das Gebäude der exakten und litterarischen Kenntnisse im höheren Unterricht. Sicher dargethan wird dies für die Seite der exakten Kenntnisse, denn alle Teile der Physik vereinigen sich hier mit Trigonometrie, Stereometrie, selbst mit Perspektive, Physiologie und Psychophysik. Und man wird zugestehen, dass auch vom Gesichtspunkte humanistischer Bildung aus eine Disciplin mindestens nicht gering geachtet werden darf, die von Alters her, auch als sie noch viel weniger bieten konnte als heut, im Quadrivium mitgezählt wurde; hebt sie doch den Menschen mit unwiderstehlicher Gewalt über sich selbst hinaus (os homini sublimis dedit etc.) und erweist sich damit als ein Quell kräftigster ethischer Anregung.

Wie im Einzelnen der Unterricht zu gestalten sei, dafür giebt der Aufsatz treffliche Winke. Hauptgewicht legt er auf die eigene Beobachtungsthätigkeit der Schüler, die nach Kräften zu fördern ist; doch rät er von dem Versuche ab, in vermeintlich streng induktiver Weise die Erscheinungen von den Schülern durch längere Beobachtung feststellen zu lassen. Vielmehr: „an einem kleinen billigen Himmelsglobus, der für höhere Lehranstalten pädagogisch wichtiger ist als ein grosses Fernrohr, zeige man die Erscheinungen, verificiere sie zuweilen durch die Erfahrung und erkläre sie theoretisch.“ Das Interesse am Anschauen wird am besten dadurch lebendig erhalten, dass man die Aufmerksamkeit auf gewisse beständig zu bemerkende oder periodisch wiederkehrende Einzelerscheinungen hinlenkt: so auf die mit freiem Auge trennbaren Sternpaare, die farbigen Sterne, die Nuancen der Milchstrasse; die Mondphasen, die Planeten und ihre Conjunctionen mit einander oder mit hellen Fixsternen, ferner die Phasen von Mira und Algol, das Zodiakallicht und die Feuermeteore. Bei Gelegenheit von Sonnen- und Mondfinsternissen sollten die Schüler in allen Klassen durch angemessene Belehrung im naturwissenschaftlichen oder geographischen Unterricht vorbereitet werden. Im Gebrauch des Fernrohrs wird Vorsicht empfohlen; mehr Gewinn als die Betrachtung von Mondkratern, Saturnusringen und Doppelsternen gewähre die Beobachtung eines Sonnenfleckes an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Jahreszeiten, die mit dem kleinsten Instrument zu bewerkstelligen sei. Zur fortlaufenden Beobachtung eignen sich auch die verschiedenen Lagen der Mondflecken zum Vertikalkreise, und die Satelliten des Jupiter.

Aus dem theoretischen Teil wird die Erklärung des scheinbaren Planetenlaufs mit besonderem Nachdruck hervorgehoben. Das dritte Kepler'sche Gesetz, auf Trabanten und Doppelsterne angewandt, gewährt dem Schüler die Freude eigenen Findens. Wegen brauchbarer Beispiele für die Rechnung verweist der Verf. auf die Lehrbücher der deskriptiven Astronomie, auf Physikalische Aufgabensammlungen, auf Thurein's Abhandlung über Planetenbewegung (in einer Festschrift, Berlin, R. Gaertner, 1886). — Auch die Frage, welchen Anblick der Himmel von einem Planeten, z. B. Mars oder Saturn, aus gewährt, „wirft neues Licht auf die irdischen Verhältnisse und regt die Combination an.“

Als besonders einfache Aufgaben, die sich ohne höhere Rechnung behandeln lassen, werden die folgenden beiden angeführt. 1. Ein Meteorit aus reinem Eisen kommt aus einem an der Sphäre bestimmten Radiationspunkte und dringt mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre ein; man weiss auch, an welchem Orte der Erde das Meteor als leuchtender Punkt beobachtet wurde. Wie stark erhitzt sich der Meteorit, wenn man die Umwandlung eines bestimmten Bruchteils seiner lebendigen Kraft in Wärme voraussetzt? Durch die letzte willkürlich zu machende Angabe sind hier die grössten Schwierigkeiten umgangen. 2. Ein Stern, etwa Sirius oder Prokyon, hat in bekannter Winkelentfernung einen erheblich schwächeren Begleiter. Man kennt das Verhältnis zwischen den Lichtstärken der Sonne und des Sterns, von der Erde aus betrachtet. Wie hell erscheint der Stern auf seinem Trabanten, verglichen mit der auf der Erde beobachteten Helligkeit der Sonne? Bei bekannter Excentricität (Sirius) auch für die grösste und kleinste Entfernung auszurechnen. Auch die Genauigkeitsgrenzen werden als eine wichtige Seite der Aufgabenbehandlung bezeichnet; so stecken in dem Wert für die Dichtigkeit eines Planeten die Fehler der Bestimmung der Erddichte, der Messung der Sonnenparallaxe und der Messung des scheinbaren Durchmessers. Solche Übungen erziehen zum Denken und bewahren vor unselbständiger Hinnahme der Angaben populärer Schriften.

Die Ursache, dass der astronomische Unterricht auf unseren höheren Schulen noch vielfach im Argen liegt, findet der Verfasser hauptsächlich in unzureichender Vorbildung der Lehrer und fordert eine grössere Würdigung des Gegenstandes in der Prüfungsordnung.

P.

**Die Erklärung von Ebbe und Flut in der Schule.** Von einem Freunde der Zeitschrift ist uns eine Darstellung der Entstehung von Ebbe und Flut zugegangen, welche von dem Einsender für vollständiger und beweiskräftiger gehalten wird als die in den Schulbüchern übliche. Sie findet sich auch in der allgemeinen Erdkunde von Hann, v. Hochstetter und Pokorny. Wir teilen sie im folgenden mit, obwohl wir in ihr nur einen ersten Versuch zu einer gründlicheren Erörterung des Problems erkennen können.

Die übliche Erklärungsweise beschränkt sich auf die Betrachtung zweier Punkte der Erdoberfläche, *A* und *B*, welche auf der Centrale von Mond und Erde, bezw. auf ihrer Verlängerung liegen. Für die Anziehung des Mondes auf den Erdmittelpunkt erhält man, wenn die Entfernung = 60 Erdradien, die Masse des Mondes =  $\frac{1}{80}$  der Erdmasse gesetzt wird, die Beschleunigung:

$$\varphi = \frac{1}{80} \cdot g \cdot \frac{1}{60^2} = 0,034 \text{ mm} = 34 \frac{\text{mm}}{1000}.$$

Entsprechend findet man für die Beschleunigung in den Punkten *A* und *B*:

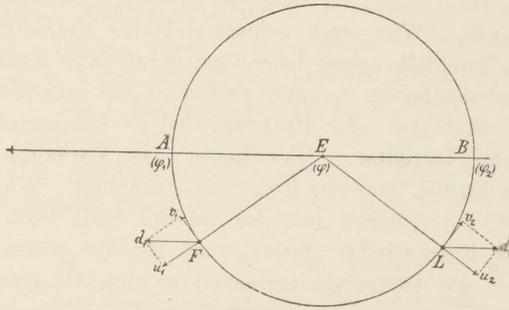
$$\varphi_1 = \frac{1}{80} g \cdot \frac{1}{59^2} = 35 \frac{\text{mm}}{1000}$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{80} g \cdot \frac{1}{61^2} = 33 \frac{\text{mm}}{1000}.$$

Da sich nun die Erde nach dem Monde hin mit einer Beschleunigung  $\varphi = 34$  ( $\text{mm}/1000$ ) bewegt, so müsste der Körper *A* (wenn die Schwerkraft der Erde aufgehoben wäre) der Erde vorauslaufen, der Körper *B* dagegen hinter ihr zurückbleiben. Auf die Erde bezogen, würde sich die Bewegung der beiden Körper *A* und *B* so darstellen, dass sich beide von ihr entfernen und zwar mit der Beschleunigung  $(\varphi_1 - \varphi)$  resp.  $(\varphi - \varphi_2)$  d. h. mit der Beschleunigung von  $\frac{1}{1000} \text{ mm}$ ; diese Trennung würde also sehr langsam vor sich gehen. Nun beträgt die Beschleunigung, welche den Körpern beim freien Fall durch die Anziehungskraft der Erde erteilt wird,  $9,8 \text{ m}$ . Hieraus wird ersichtlich, dass es zu einer Abtrennung der Körper *A* und *B* von der Erdoberfläche gar nicht kommen kann, dass aber allerdings die Schwere jener beiden Körper verringert wird, freilich nur um noch nicht  $\frac{1}{9000000}$  ihres Betrages.

Um jedoch dem Schüler den Einfluss des Mondes auf die Entstehung der Flut überzeugender nachzuweisen, muss man die Einwirkung des Mondes auch auf solche ir-

dische Körper berücksichtigen, welche nicht auf der Centrale von Erde und Mond liegen. In der Figur soll  $AB$  ein Stück der Centrale von Erde und Mond darstellen, und  $E$  den Mittelpunkt der Erde bedeuten. Ein Körper  $F$  auf der dem Monde zugewandten



Hälfte der Erdoberfläche würde vom Monde stärker (schneller) angezogen werden, als die Erde; er würde also der Erdkugel vorauszuweichen suchen mit einer Beschleunigung  $d_1$ , welche kleiner sein würde als  $\frac{1}{1000} \text{ mm}$ . Ebenso würde der Körper  $L$  hinter der Erde in ihrer Bewegung auf den Mond zu zurückbleiben mit einer Beschleunigung  $d_2$ , welche ebenfalls kleiner sein würde als  $\frac{1}{1000} \text{ mm}$ ; denn  $d_1$  und  $d_2$  sind die Unterschiede der Beschleunigungen

von  $F$  und  $L$  gegen die Beschleunigung  $\varphi$  der Erdkugel. Diese Differenzen haben eben ihren grössten Wert in  $A$  und  $B$  und betragen dort  $0,001 \text{ mm}$ , wie oben gezeigt ist.

Denken wir uns nun  $d_1$  und  $d_2$  in senkrechte und wagerechte Componenten zerlegt, so werden die senkrechten  $u_1$  und  $u_2$  durch die Anziehungskraft der Erde unwirksam, während die wagerechte Componente  $v_1$  eine Verschiebung des Körpers  $F$  nach  $A$  hin (Flut),  $v_2$  aber eine Verschiebung des Körpers  $L$  nach  $B$  hin (Gegenflut) zu bewirken sucht. Diese verschiebenden Kräfte sind freilich, wie aus dem Obigen hervorgeht, äusserst gering, so dass sie nur bei überaus leicht verschiebbaren und dabei gewaltig grossen Massen, wie die Weltmeere es sind, eine merkliche Wirkung, nämlich eine Flut bei  $A$  und eine Gegenflut bei  $B$ , hervorzubringen vermögen. Im Vergleich mit der Grösse der Erde bleiben Ebbe und Flut winzige Erscheinungen. Dass dies nicht anders sein kann, ergibt sich auch aus der Ueberlegung, dass die Umformung der Meeresoberfläche durch den Mond ihre Grenze erreicht hat, wenn die verschiebende Componente der Mondanziehungsdifferenz  $d$  in jedem Punkte der Oberfläche Null geworden ist, d. h. wenn für jeden Punkt der Oberfläche die Resultante aus der Erdanziehung und der Mondanziehungsdifferenz  $d$  (im Vergleich zu  $\varphi$ ) senkrecht auf der Oberfläche steht. Die Richtung dieser Resultante weicht aber von der Richtung des Lotes oder der Schwerlinie kaum angebar ab. Folglich kann auch die Umformung der Meeresoberfläche durch den Mond nur eine sehr geringe sein. (Würde der Winkel, um welchen jene Resultante von der Schwerlinie abweicht, mit  $\delta$  bezeichnet, so müsste  $\delta$  überall auf der Erdoberfläche bedeutend kleiner sein als  $\text{arc. tg } 0,001 \text{ mm}/9800 \text{ mm}$ , d. h. als  $\text{arc. tg } 0,0000001$ . Es beträgt aber  $\text{tg } 1''$  bereits  $0,0002909$ ). —

**Zur elementaren Optik.** Eine kürzlich erschienene kleine Schrift<sup>1)</sup> stellt in dankenswerter Weise eine Reihe von Fundamentalversuchen aus dem Gebiet der elementaren Optik zusammen. Die Versuche sind so gewählt, dass sie sich ohne grosse Vorbereitung schnell und mühelos auch von weniger Geübten ausführen lassen. Die Mehrzahl von ihnen kann objektiv dargestellt und von allen Schülern gleichzeitig beobachtet werden, ohne dass dazu besonders starke Lichtquellen nötig sind; für die meisten reicht gewöhnliches Kerzenlicht aus. Auch die Apparate, die zu den Versuchen gebraucht werden, sind einfacher Art; viele kann der Lehrer selbst mit Leichtigkeit herstellen.

Ausser den üblichen Grundversuchen finden sich auch einige, denen man sonst seltener oder nicht begegnet, und auf welche wir an dieser Stelle aufmerksam machen wollen. In dem Abschnitt über Brechung ist eine Vorrichtung beschrieben, mit welcher

<sup>1)</sup> 150 optische Versuche zur Veranschaulichung der Grundlehren der Ausbreitung, Spiegelung und Brechung des Lichtes. Nach Angaben von Dr. H. Zwick unter Benutzung einer Sammlung einfacher und zweckmässiger Schulapparate zusammengestellt und herausgegeben von Ferdinand Ernecke in Berlin. Mit 24 Holzschnitten. Berlin, R. Gaertner, 1889.

der von A. Blümel construierte Apparat (*dieses Heft S. 162*) im Prinzip übereinstimmt. Die Vorrichtung ist aus zwei schmalen Pappstreifen gebildet, die mittels eines Heftnagels verschiebbar gegen einander befestigt sind und von denen einer in Wasser eingesenkt wird; die Ablesung erstreckt sich auf die Winkel und wird mit einem Transporteur ausgeführt. In demselben Abschnitt werden die Brechungserscheinungen im Glaswürfel ausführlicher behandelt; sie empfehlen sich in der That als ein lehrreiches und interessantes Unterrichtsobjekt. Auch beim Prisma wird den subjektiv zu beobachtenden Erscheinungen mehr Beachtung geschenkt, als es sonst zu geschehen pflegt. Bei den Linsen wird die Wirkung der Blendungen durch eine grössere Reihe von Versuchen zweckmässig erläutert. Weniger bekannt dürfte auch der Versuch über das Doppelsehen einer Stecknadel sein; zu diesem Zweck werden zwei Stecknadeln horizontal im Abstände von etwa 2 cm in einen Papierstreifen gesteckt und dieser soweit in Wasser getaucht, dass die obere Nadel das Wasser gerade berührt, die untere völlig unter Wasser ist. Richtet man nun das Auge so, dass die untere von der oberen verdeckt ist, so erscheint jene doppelt. —

Ohne den Wert der Arbeit schmälern zu wollen, müssen wir auch einige Ungenauigkeiten erwähnen, die sich zum Teil auch sonst in elementaren optischen Darstellungen finden. Der beim Versuch 5 (Fettfleck) angeführte Satz ist nicht genau richtig, da bekanntlich infolge der verschiedenen Absorptionen der befetteten und nicht befetteten Stelle des Schirmes der Fettfleck unter der in jenem Versuche gemachten Voraussetzung immer sichtbar ist. Die Einführung einer constanten Vergleichsflamme führt zum richtigen Resultat und macht den Versuch keineswegs verwickelter. Dementsprechend müsste auch der Versuch 8 mit dem Bunsen'schen Photometer geändert werden. Beim Versuch 16 (Bilder im Planspiegel) ist irrtümlich das Bild einer Flamme als „nur von einer Stelle sichtbar“ bezeichnet. Bei dem Kapitel „Brechung“ ist zu bemerken, dass die Hebung eines Geldstücks unter Wasser auch in dem vorliegenden Schriftchen falsch dargestellt ist. Bekanntlich wird der leuchtende Punkt infolge der Brechung im Wasser gehoben und verschoben. Auch die Grösse (Schwinkel) eines Gegenstandes unter Wasser ist nicht so einfach zu ermitteln, wie es in den Versuchen angegeben, da sie von der Lage des Auges abhängig ist. Diese Fehler könnten leicht vermieden werden, wenn die Diakaustik zu Hilfe genommen würde, ohne welche sich diese Erscheinungen schwerlich richtig erklären lassen. Das Resultat des Versuches 145 (Farbennischung) ist falsch ausgesprochen. Alle Spektralfarben erzeugen wohl in der Mischung Weiss, sie sind aber keineswegs alle notwendig; Gelb und Blau des Spektrums geben doch auch Weiss. — Noch einige wichtige Versuche hätte der Verfasser aufnehmen können, um die Fundamentalversuche zu vervollständigen. So vermisst man in der Sammlung den Versuch der Erzeugung von Bildern durch kleine Öffnungen (Camera von Porta), die Darstellung der Katakaustik mit Hilfe eines gebogenen Blechstreifens und besonders diejenige der Diakaustik mit Hilfe eines mit Wasser gefüllten Kolbens, die doch für das Verständnis der Linsengesetze, der sphärischen Aberration, die der Verfasser ebenfalls erwähnt, von so fundamentaler Bedeutung ist. Abgesehen von diesen wenigen Ausstellungen bietet das Büchlein dem Lehrer der Experimentalphysik, besonders dem Anfänger, recht brauchbaren Stoff, so dass es als ein methodischer Beitrag zur Schulphysik empfohlen werden kann.

S—i.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Darstellung von metallischem Natrium aus Natriumhydroxyd in ununterbrochenem Betriebe.** Von C. NETTO. (D. R. Patent No. 45105.). Geschmolzenes Natriumhydroxyd wird durch Kohle bereits bei Rotglut reduziert, indess entsteht dabei nach der Gleichung



noch Natriumcarbonat, welches erst bei Weissglühhitze in bekannter Weise durch Kohle zerlegt wird. Es muss deshalb dafür Sorge getragen werden, dass das entstehende



### Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Geonomie** (mathematische Geographie) gestützt auf Beobachtung und elementare Berechnung. Für Lehrer, Studierende und zum Selbstunterricht bearbeitet von Dr. Th. Epstein, Lehrer an der Realschule „Philanthropin“ in Frankfurt a. M. — Mit 166 Holzschnitten im Text und 18 Figurentafeln, wovon 12 mit Sternbildern auf blauem Grunde. — Wien, Druck und Verlag von Carl Gerold's Sohn. 1888. — 576 Seiten. — M. 15.

Was der Verf. mit dem Namen „Geonomie“ bezeichnet wissen will, erläutert er in der Vorrede: eine mathematische Geographie, welche nicht, wie viele Schriften gleichen Namens, überhaupt „ein Auszug aus den Lehren der Astronomie ist und das ganze Universum bis in die fernsten Regionen der Nebelflecke umfasst“, sondern welche sich wirklich „auf die Erde beschränkt und also nur diejenigen Lehren der Astronomie aufzunehmen hat, auf denen die astronomische Kenntnis der Erde beruht. Infolge dieser Abgrenzung des Stoffes enthält das Buch als Hauptsache die Gestalt, Grösse und Bewegung der Erde und berücksichtigt die Himmelskörper nur insoweit, als sie zur Feststellung der Hauptsache nötig sind oder überhaupt in engerer Beziehung zur Erde stehen“.

Ohne Zweifel ist eine derartige Abgrenzung des Stoffes eine völlig sachgemässe und somit der vom Verf. als „Geonomie“ bezeichnete Begriff wohlbegründet; ob auch diese Bezeichnung selbst, muss der Ref. bezweifeln, da man erst nach dem Lesen jener Erläuterung wissen kann, dass hier eine Analogiebildung zu „Astronomie“ beabsichtigt sei, und jedenfalls der von DIESTERWEG vorgeschlagene und bereits vielfach in Gebrauch gekommene Name „astronomische Geographie“ mehr sagt als die beiden vom Verf. im Titel seines Buches gebrauchten Namen. — Ref. erwähnt diese an sich gleichgiltige Angelegenheit der Namengebung nur deshalb, weil er infolge des Titels die Anzeigen des Buches längere Zeit unbeachtet gelassen hatte und erst durch einen Zufall mit dessen Inhalt bekannt wurde — nunmehr aber auf's Lebhafteste wünscht, dass es nicht Anderen ebenso gehe. — Speziell den Lesern dieser Zeitschrift dürfen wir das Buch wärmstens empfehlen um folgender Vorzüge willen:

Wenn das strenge Einhalten des Weges, welcher von den Beobachtungen physischer Erscheinungen zu ihrer zusammenfassenden Beschreibung und schliesslich zu ihrer Erklärung führt, eine der Hauptanforderungen ist, die an den physikalischen Unterricht als berufensten Vertreter der „induktiven Wissenschaften“ und ihrer Logik an der Mittelschule gestellt werden müssen, so darf die vom Verf. gewählte Anordnung und Bearbeitung des Stoffes als eine für die gesamte physikalische Didaktik geradezu mustergiltige bezeichnet werden<sup>1)</sup>. Dies fällt angesichts des besonderen Stoffes, an welchem hier jene allgemeine Forderung verwirklicht ist, umso mehr ins Gewicht, weil, wie wir an anderer Stelle (*dieses Heft*, S. 165) zu erwähnen hatten, gerade auf dem Gebiete der astronomischen Geographie eine jener Forderung feindliche Tradition sich bisher mit grösserer Zähigkeit in Geltung erhalten hat, als in den dem physikalischen Unterrichte ausschliesslich vorbehaltenen Teilen der erklärenden Naturwissenschaften.

Das Buch gliedert sich in sieben Abschnitte und 75 Capitel; die Anführung einiger wird den Plan des Buches erkennen lassen: I. Hilfsmittel und Vorbereitungen (u. A. 2. und 3. Cap.: Das Altazimuth [Theodolith] und der Spiegelkreis. 4. Refraktion. 5. Kreise auf der Kugel. 6. Der Himmel. 7. 8. 9.: Coordinatensystem des Horizonts, C. der täglichen Drehung, Verbindung der Systeme des Horizonts und Äquators. 17. Die Fixsterne). — II. Gestalt und Grösse der Erde. (18. Kugelgestalt der Erde. 20. Genauere Gestalt der Erde. 21. Die grosse französische Gradmessung [S. 101—136].

<sup>1)</sup> Bedenken, welche wir gegen einzelne der im engeren Sinne physikalischen Begriffsbestimmungen und Rechnungen des letzten Abschnittes „Geonomische Physik“ hegen (so die Zusammensetzung einer constanten Kraft aus lauter momentanen Impulsen, S. 521; die Ableitung der Formel  $v^2/\rho$ , S. 522) werden wir bei späteren Gelegenheiten zur Sprache bringen.

23. Neuere Gradmessungen. 29. Bestimmung der Erdgestalt durch Pendel [203—227]. — III. Bewegung der Sonne. (30. Jährliche Bewegung der Sonne. [§ 94 Beobachtung der Bewegung der Sonne mit freien Augen. § 95. Desgl. mit dem Gnomon. § 96. Desgl. mit dem Altazimuth.] 31. u. 32. Entstehung der Jahreszeiten und Zonen. 33. Genauere Bestimmung der Äquinoktien und der Lage der Ekliptik. 37. Präcession der Fixsterne.<sup>2)</sup> 41. Die Zeitgleichung. 42. Die Gestalt der Sonnenbahn. 43. Elliptischer Ort und Vektorradius der Sonne. Kepler'sches Problem). — IV. Bewegung der Erde. (47. Tägliche Rotation. 49. Scheinbare Bewegung der Planeten. 50. Erklärung der Planetenbewegungen im Alterthum 51. Jährliche Bewegung der Erde. Das System des Kopernikus.) — V. Der Mond (Kap. 56—68). — VI. Geonomische Physik. (69. Die Gravitation [§ 223 Kopernikus. Kepler. Newton.]. 70. Das Gewicht der Erde. 71. Masse und Dichte der Himmelskörper. 72. Ebbe und Flut). — VII. Anhang. (73. 74. 75. Bestimmung der Zeit, der geogr. Breite und Länge.)

Schon diese Aufeinanderfolge der Kapitel lässt erkennen, dass der Verf. den Leser von den ersten Elementen, die er überall in der Form von Ergebnissen der direkten Beobachtung mitteilt, bis ziemlich tief in die theoretische Bearbeitung des Gegenstandes führt, nämlich soweit, als es die elementare Mathematik einschliesslich der sphärischen Trigonometrie und einiger Kapitel der analytischen Geometrie der Ebene gestattet (eine sehr zweckmässige Übersicht der Formeln und wichtigsten Ableitungen dieser Teile der Mathematik sind als 13. u. 22. Kap. eingeschaltet. Dabei kommt den Beschreibungen und Schilderungen der Beobachtungs-Arbeiten der Umstand zugute, dass der Verf. in der glücklichen Lage ist, als Besitzer eines Privatobservatoriums in praktischer Astronomie selbstthätig zu sein; bei historisch besonders merkwürdigen Leistungen, wie namentlich der französischen Gradmessung, sind Originalberichte der Forscher mitgeteilt, so die überaus interessanten von DELAMBRE. Was aus der reichlich benutzten Litteratur an Zahlenmaterial entlehnt wurde, ist nach der Versicherung des Verf. „wo es nur anging, vor der Aufnahme erst sorgfältig nachgerechnet worden“.

So macht das Buch durchweg — bei grosser Einfachheit und Klarheit der Darstellung — den Eindruck strenger Wissenschaftlichkeit. Es berührt überraschend und erfreulich, zu sehen, wie das Ziel einer anschaulichen und überzeugenden Einführung in die Thatsachen der astronomischen Geographie, welches populäre Schriften und leider auch nur zu häufig unsere Lehrpläne und Schulbücher durch allerlei künstliche Abweichungen vom natürlichen, logischen und historischen Wege erreichen zu sollen glauben, hier wie von selbst durch das consequenteste Einhalten dieses Weges erreicht wird. — Auch wo das Buch infolge der detaillierten Behandlung einzelner Gegenstände, so der auf die genauere Gestalt der Erde (S. 95—227), auf die Ungleichheiten der Sonnenbewegung (S. 276—330) bezüglichen Probleme, beträchtlich über den an Mittelschulen zu behandelnden Lehrstoff hinausgeht, wird es dem Lehrer willkommene Aufschlüsse geben, sobald er das Bedürfnis hat, sich über diejenigen genaueren quantitativen Verhältnisse zu unterrichten, welche er in der Schule nur als Abweichungen von den Annäherungen erster Ordnung (Kugelgestalt der Erde, gleichmässige Bewegung der Sonne u. dgl.) vorübergehend erwähnt, Andernteils werden viele der allenthalben beigegebenen und häufig bis ins Einzelne durchgeführten Zahlenbeispiele willkommenen Übungsstoff für den Mathematik-Unterricht bieten, sofern dieser der Forderung gerecht zu werden sucht, auch in den Übungen überall möglichst ein wissenschaftlich wertvolles Material zu verarbeiten.

Wir glauben von dem Standpunkte dieser Zeitschrift dem Verf. für die langjährige Arbeit, welche er auf sein Werk verwendet hat, keinen besseren Lohn wünschen zu können, als dass es diesem Werke beschieden sei, bei der nachgerade unabweislich

<sup>2)</sup> S. 266 spricht der Verf. von dem „Rückgang der Äquinoktien“ und bemerkt dazu: „Sehr häufig fälschlich das Vorrücken oder die Präcession der Äquinoktien genannt“ — was wir hier anführen, weil sich in mehreren der uns bekannten Physik-Lehrbücher eben dieser verwirrende Ausdruck findet.

gewordenen Reform eines der wichtigsten Zweige unseres naturwissenschaftlichen Unterrichtes von allen an derselben Beteiligten als wissenschaftlicher Berater recht ausgiebig benutzt zu werden.  
*A. Höfler, Wien.*

**Molekularphysik** mit besonderer Berücksichtigung mikroskopischer Untersuchungen u. s. w. von Dr. O. Lehmann, Leipzig, W. Engelmann 1888. 8°. I. Bd. X, 862 S. 5 Taf. 375 Textfiguren. — 1889 II. Bd. VI, 697 S. 5 Taf. 249 Textfiguren.

Die vom Herrn Verfasser im Vorwort vorgeschlagene Einteilung der Physik in „Physik der Energie“ und „Physik der Materie“ dürfte wohl nicht nur auf praktische, sondern auch auf logische Schwierigkeiten stossen. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass es nicht ein sehr verdienstliches und zeitgemässes Unternehmen ist, die grosse Menge von Erscheinungen, welche in den üblichen Darstellungen der Physik eine zu stiefmütterliche Behandlung erfahren, einmal besonders zu bearbeiten.

Vielleicht liesse sich ohne sonderlichen Zwang eine Menge vorzugsweise dem Grenzgebiete der Physik und Chemie angehöriger Thatsachen in ein Kapitel zusammenfassen. Hierzu dürften insbesondere jene nicht umkehrbar verlaufenden Vorgänge gehören, die sich von den gewöhnlichen chemischen dadurch unterscheiden, dass sie in einem Körper sich vollziehen. Richtiger Takt ist übrigens bei Bearbeitung eines solchen Stoffes wichtiger als peinliche Systematik, welche auf einem in rascher Umwandlung begriffenen Gebiet wenig zu leisten vermag.

Man darf dem Herrn Verfasser für die reiche Zusammenstellung wenig bekannter Thatsachen nach seinen eigenen ausgedehnten Untersuchungen und nach fremden Arbeiten sehr dankbar sein. Wirklich ergeben sich hierdurch mancherlei neue Gesichtspunkte, viele Anregungen und neue Hilfsmittel der wissenschaftlichen Untersuchung (Krystallanalyse). Insbesondere mögen die interessanten Versuche über Plasticität, Stoffänderung durch Druck, Härten durch Deformation, Krystallskelettbildung, Lösung und Schmelzung, „Enantiotropie“ und „Monotropie“, über Explosionsvorgänge, den kritischen Punkt, die elektrischen Entladungen hervorgehoben werden. Auch die Untersuchungen über die Plasmabewegungen verdienen allgemeiner bekannt zu sein.

Die Thomson'schen Speculationen über das „gyrostatiche System“ und die „Wirbelatome“ sind auch für diejenigen Naturforscher interessant, welche derartige Untersuchungen nicht mit ihrem philosophischen Standpunkt zu vereinigen vermögen.

*E. Mach.*

**Grundriss der Physik** bearbeitet von Dr. K. Sumpf. Hildesheim. August Lax. 1888. VIII. und 302 S. M. 3,20.

Der dritten Auflage seiner „Schulphysik“ hat der Herr Verfasser eine Umarbeitung in kürzerer Darstellung und systematischer Anordnung mit Hinweis auf eine Teilung in zwei Lehrstufen folgen lassen. Den Anlass hierzu haben „Zuschriften“ gegeben, in denen empfohlen wurde, die Lehrpläne solcher Schulen zu berücksichtigen, für welche „die ungleiche Teilung des Unterrichtsstoffes in zwei getrennte Lehrstufen“ weniger zweckmässig erschien. Wir halten dem gegenüber eine vollständige Trennung der Lehrstufen für zweckmässiger. Eine solche Trennung ist in dem vorliegenden „Grundriss“ nur noch angedeutet, indem die der Unterstufe zuzuweisenden Teile des Lehrganges durch ein \* gekennzeichnet sind. Das Pensum der ersten Stufe scheint uns allerdings wie in der „Schulphysik“ auch in diesem „Grundriss“ für eine Sekunda zu gross, für beide zu klein, jedoch halten wir diese Ungleichheit in der Grösse der Teile für nicht wesentlich störend. Was die Trennung des Stoffes anlangt, so lassen sich da Grenzen a priori nicht stecken. Aus der Praxis muss man zu erkennen suchen, was sich für jede Entwicklungsstufe der Schüler gerade am besten eignet, und mit der Zeit dürfte sich wohl darüber eine Einigung erzielen lassen. Der experimentelle Teil der Physik wird vornehmlich nach Sekunda zu verlegen sein, wie das auch in den „Erläuterungen“ der „Circularverfügung vom 31. März 1882“ ausdrücklich verlangt wird. Andererseits aber erscheint uns ein systematischer Aufbau der

physikalischen Lehren auf Grundlage gewisser Prinzipien auch in der Schule durchaus notwendig, und da er der Entwicklungsstufe der Untersekundaner nicht entsprechen kann, wird man ihn zweckmässig der zweiten Lehrstufe vorbehalten. Die erste Stufe sollte für einen solchen Aufbau nur das Verständnis vorbereiten, aber nicht einen Bestandteil von ihm geben, weil sonst der Eindruck eines systematischen Ganzen und der Überblick über das Ganze verloren geht. Im Einzelnen zeichnet sich der „Grundriss“ vor der „Schulphysik“ dadurch aus, dass die Beschreibungen der Versuche und Apparate in ihm kürzer gefasst, nur für den Lehrer bestimmte Bemerkungen gänzlich unterdrückt sind. Bei der Auswahl der Versuche haben die „Physikal. Demonstrationen“ Weinhold's auch in diesem Leitfaden zu wenig Berücksichtigung erfahren. Wir verkennen ja nicht, dass ein Teil derselben für die Hochschulen bestimmt ist; aber, um nur einige Beispiele herauszugreifen, warum wird, um die Anziehung und Abstossung elektrisch gemachter Stäbe darzuthun, nicht die bifilare Aufhängung (W. D. 1. Aufl. pag. 492) statt der Unterstützung (pag. 242) gewählt, warum werden die Wachsüberzüge mit den Metallkügelchen (pag. 198) nicht durch einen Anstrich von Jod-Kupfer-Quecksilber (W. D. 446) ersetzt, warum wird nicht (pag. 203) das Hess'sche Farberthermoskop (W. D. pag. 443) oder bei Gelegenheit des Diamagnetismus (pag. 241) der Apparat W. D. pag. 634 herangezogen? — Dass der für die Selbstthätigkeit des Schülers bestimmte Übungsstoff in den „Grundriss“ hinübergenommen ist, muss aufs lebhafteste anerkannt werden. Er bildet mit das Wertvollste des ganzen Buches; durch ihn erhält dasselbe einen grossen Vorzug vor den meisten gebräuchlichen physikalischen Leitfäden. — Bei Fig. 218 auf S. 136 sei es uns gestattet auf die Abhandlung Saltzmann's („Bestimmung des Ortes und der Helligkeit des gebrochenen Bildes eines Punktes, wenn die brechende Fläche eine Ebene ist“) in d. *Zeitschr. für Math. u. Phys.* (Jahrg. 32, S. 369 1887) hinzuweisen.

L. Heinze.

**Lehrbuch der Physik** für die oberen Klassen der Mittelschulen und verwandter Lehranstalten. Von Dr. Ignaz G. Wallentin. Fünfte veränderte Auflage. 232 Holzschnitte und eine Spektraltafel. Ausgabe für Gymnasien. Wien, A. Pichler's W. u. Sohn, 1888. XVI und 318 S. fl. 1,40. M. 2,80.

Diese neue Auflage ist, wie das Vorwort hervorhebt, eine verminderte und verbesserte. Weggefallen sind zahlreiche Partien, die sich als weniger geeignet für den Schulunterricht erwiesen haben. Unter den wesentlichen Änderungen wird besonders diejenige namhaft gemacht, welche sich auf die Erhaltung der Energie (§ 15) bezieht; doch möchte hier eine noch schärfere Unterscheidung zwischen der Äquivalenz von Arbeit und lebendiger Kraft einerseits und dem Prinzip der Energie im weiteren Sinne andererseits geboten sein; das letztere, in seiner von Mayer und Helmholtz festgestellten Form, umschliesst mehr als den Satz, dass die Summe von kinetischer und potentieller Energie konstant ist. Die Flihkraft (§ 35) ist auf Grund des Parallelogramms der Geschwindigkeiten und des Hodographenprinzips in ähnlicher Weise behandelt, wie von A. Voss in dieser Ztschr. (II, 17). Die Ableitung der Pendelformel (§ 39, 40) wird in bekannter Weise an den Galilei'schen Satz über die Endgeschwindigkeit auf schiefer Bahn angeknüpft. In der Hydrostatik findet sich eine bemerkenswerte Art, den Bodendruck aus dem Prinzip der gleichmässigen Druckfortpflanzung abzuleiten. In der Elektrizitätslehre (§ 9) sind augenscheinlich die Ausführungen berücksichtigt, welche in dieser Ztschr. (I, 89) von dem Referenten gegeben worden sind. An Stelle von „Potential“ ist die a. a. O. gleichfalls vorgeschlagene Bezeichnung „Elektrizitätsgrad“ gewählt worden. Das Wort „Potential“ fehlt nunmehr in dem Lehrbuch, auch in der Darstellung der Mechanik, ganz — vielleicht kein Mangel, wenn man die Verwirrung in Betracht zieht, die dieser Begriff in vielen Lehrbüchern verursacht hat. Ein Hinweis auf den empirischen Charakter des „Elektrizitätsgrades“ und die Notwendigkeit der Einführung absoluter Masse würde hingegen nicht überflüssig gewesen sein. Auch in der Ableitung des Ohm'schen Gesetzes (§ 30) ist die erwähnte Auffassung zur Anwendung gelangt.

P.

## Versammlungen und Vereine.

### Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

*Sitzung am 11. Januar 1889.* Herr H. v. Helmholtz widmete dem Andenken des im Jahre 1888 verstorbenen R. CLAUSIUS einen Nachruf, in welchem er an persönliche Erinnerungen anknüpfte und besonders die Bedeutung der CLAUSIUS'schen Formulierung des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie hervorhob. — Herr A. KUNDT sprach über seine neuesten Untersuchungen bezüglich der Brechungsexponenten der Metalle. Er teilte mit, dass er gelegentlich der Wiederholung der KERR'schen Versuche über die Änderungen der Polarisationssebene des Lichtes bei Reflexion an Magnetflächen auf die vorliegenden Untersuchungen gekommen sei, beschrieb die Herstellung der verwendeten Prismen und führte an, dass seine letzten Messungen eine weitere Bestätigung der bereits früher (diese Ztschr. I, 270) constatirten Übereinstimmung zwischen Lichtgeschwindigkeit und Leitungsvermögen ergeben haben. Auch die Änderungen der Lichtgeschwindigkeit bei steigender Temperatur stimmen mit den Änderungen des Leitungsvermögens überein; und da die gefundenen Werte des Temperaturefficienten bei den verschiedenen Metallen sich um den Mittelwert 0,0036 bewegen, so ist zu schliessen, dass die Lichtgeschwindigkeit, ebenso wie das Leitungsvermögen, der absoluten Temperatur umgekehrt proportional ist.

*Sitzung am 25. Januar 1889.* Herr A. KÖNIG sprach über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Lichtstärke bei Anwendung von Spektralfarben und teilte die Resultate der darauf bezüglichen Untersuchungen von Herrn W. URTHOFF mit. Bei diesen wurde die gleiche Helligkeit der Farben durch Verstellung des Spalts bewirkt, das Spektrum wurde durch ein mit Zimmtsäure-Aldehyd gefülltes Prisma erzeugt, die Sehschärfe wurde mittelst dunkler Marken auf hellem Grunde in Form eines auf einer Seite offenen Rechtecks geprüft. Wie bei früheren Versuchen ergab sich, dass die Sehschärfe im Rot, Gelb, Grün anfangs sehr rasch, dann immer langsamer zunimmt, wenn die Lichtstärke steigt, dass dagegen im Blau die Sehschärfe nahezu proportional mit der Intensität des Lichtes wächst. Vergleicht man die Sehschärfen für verschiedene Farben bei gleicher Intensität, so erhält man eine Curve, deren Maximum im mittleren Teil des Spektrums liegt und bei geringer Lichtstärke dem roten Ende des Spektrums näher rückt. — Herr A. KUNDT legte eine von H. KAYSER in Hannover angefertigte Photographie des Cyanspektrums vor, die von *H* bis *L* reicht und von vorzüglicher Klarheit ist.

*Sitzung am 8. Februar 1889.* Herr W. MICHELSON sprach über die normale Entzündungsgeschwindigkeit explosiver Gasgemische und zeigte, wie sich diese aus der Grösse der Oberfläche des dunklen Kegels ermitteln lässt, welcher an der Ausströmungsöffnung im unteren Teil der Flamme zu entstehen pflegt. Herr W. PREYER sprach über Combinationstöne und berichtete über Beobachtungen an Personen mit verletztem Trommelfell, denen zufolge die Wahrnehmung von Summationstönen daran gebunden ist, dass die Paukenhöhle entweder durch das Trommelfell selbst oder durch einen Ersatz desselben nach aussen völlig abgeschlossen ist. Der daran geknüpften Folgerung auf die Unzulänglichkeit der Helmholtz'schen Erklärung der Summationstöne trat Herr A. KUNDT entgegen. — Herr H. W. VOGEL legte Photographien des ultravioletten Teils des Spektrums vor.

*Sitzung am 22. Februar 1889.* Herr F. NEESSEN demonstrierte mehrere Apparate für die Mechanik: eine Vorrichtung zur Zusammensetzung der Kräfte und eine solche für den Einfluss des Trägheitsmomentes und des Angriffspunktes der Kraft auf die Bewegung eines Körpers; schliesslich den von ihm und A. PAALZOW construirten Reibungsapparat (diese Ztschr. Heft 3, S. 122). — Herr WOLFF sprach über den Einfluss der in der Flüssigkeit gelösten Gase auf die Wirkung der Hydroketten und über Versuche, solche Ketten mit gasfreier Flüssigkeit herzustellen. Herr v. Helmholtz teilte seine an solchen Ketten gemachten Erfahrungen mit.

*Sitzung am 8. März 1889.* Herr H. RUBENS sprach über die selektive Reflexion der Metalle unter Vorlegung von Tabellen, in welchen das Verhalten einer Reihe von Metallen zu den verschiedenen Teilen des Spektrums zusammengestellt war. Herr W. PREYER machte Mitteilungen aus Briefen Robert Mayer's vom Jahre 1842, welche sich zum grossen Teil auf die Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalentes beziehen.

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

*Sitzung am 28. Januar 1889.* Herr HAHN sprach über die Brechung des Lichtes in einer Ebene unter Berücksichtigung nicht nur der in einer Einfallsebene liegenden, sondern sämtlicher auffallender Strahlen. Die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen sind die Normalen

concentrischer Kugelflächen um den leuchtenden Punkt; die gebrochenen Strahlen aber, je nach dem Brechungsverhältnis, die Normalen zu einem halben Rotationsellipsoid oder zu einer Schale eines zweischaligen Rotationshyperboloïds. Diese Ergebnisse, wie auch die Gestalt des unendlich dünnen Strahlenbündels, lassen sich ganz elementar ableiten. — Im Zusammenhange damit zeigte Herr M. Koppe, wie man durch Anwendung des ptolemäischen Lehrsatzes einen Teil der Ableitungen eleganter gestalten könne. Derselbe sprach dann über unendlich dünne Bündel von Schwerstrahlen und wies nach, dass deren Ausserachtlassung in Martus' „Astronomischer Geographie“ zu Ungenauigkeiten geführt habe. Daran schloss sich die Diskussion der Frage, „Wie erscheint ein vertikal in Wasser gestellter Maassstab?“ — Herr Kreh sprach über die Brechung des Lichts in planconvexen Linsen und demonstrierte an seinem Brillenglase die beiden einander senkrecht kreuzenden Brennlinien.

*Sitzung am 11. Februar 1889.* Herr Kreh demonstrierte MANG's zerlegbaren Universalapparat für astronomische Geographie (Weinheim, bei F. Ackermann) und legte eine Wandkarte des nördlichen Sternhimmels vor, die mit einer stellbaren Horizontkreisscheibe versehen ist.

*Sitzung am 25. Februar 1889.* Herr A. Blümel zeigte einen von ihm construierten Brechungsapparat (*d. Heft, S. 162*) und setzte dessen Gebrauch auseinander. Herr A. Thaeer berichtete über einen in englischen Zeitschriften geführten Streit, ob spezifisches Gewicht und Dichtigkeit in gleicher Weise wie Gewicht und Masse durch den Faktor  $g$  voneinander zu unterscheiden seien. In der Diskussion wurde betont, dass nach Einführung des absoluten Maasssystems der Begriff des spezifischen Gewichts überflüssig geworden sei, vielmehr statt dessen allein der Begriff der Dichte beibehalten werden sollte.

*Sitzung am 11. März 1889.* Herr Poske sprach über das Leben und die Schriften von GEORG SIMON OHM. Es folgte die Besprechung von neueren Apparaten und Versuchen.

### Mitteilungen aus Werkstätten.

**Eine galvanische Tauchbatterie** von A. Benecke & Co. in Berlin. Die Batterie ist in 6 Gruppen zu je 5 Elementen angeordnet und in einem leicht transportierbaren Schränkchen von 1 m Höhe untergebracht. Die Tauchvorrichtung gestattet eine oder mehrere Gruppen für sich in Thätigkeit zu setzen. Der Gesamtstrom wird für geeignet zur Erzeugung eines stetigen Bogenlichtes erklärt. Zur Füllung der Batterie ( $\frac{1}{2}$  l pro Element) wird ein Glasballon in Eisenkorb mit Heber etc. geliefert. (Preis der Batterie 120 M.)

### Correspondenz.

*F. M. Brandenburg.* — Die Aufgabe, den Incidenzpunkt an einer ebenen brechenden Fläche zu bestimmen, wenn je ein Punkt des einfallenden und des brechenden Strahls gegeben sind, führt auf eine biquadratische Gleichung; eine elementare Behandlung des Problems wird von Herrn Prof. K. SCHELLBACH in seinen nächsten Beiträgen zur Optik gegeben werden.

*V. R. St. Petersburg.* — Die von Ihnen übersandte Ableitung für das Minimum der Ablenkung findet sich bereits in deutschen Lehrbüchern, z. B. in K. KOPPE's „Anfangsgründen“ (17. Auflage).

*H. S. Teschen.* — Ihre Ableitung für das Minimum der Ablenkung stimmt mit der in dieser Zeitschrift (I, 249) von K. SCHELLBACH gegebenen völlig überein.

*H. E. Danzig.* — 1. Das Demonstrationsthermometer von Fr. C. G. Müller (*Jahrg. I, S. 23 d. Ztschr.*) wird von der dort genannten Firma auch gefüllt und mit Skala geliefert.

2. Über die Bestimmung des individuellen Fehlers geben, nach einer gütigen Mitteilung des Herrn Professor Weinek, Direktors der K. K. Sternwarte in Prag, namentlich folgende Schriften Auskunft: ALBRECHT, über die Bestimmung von Längendifferenzen mit Hilfe des elektrischen Telegraphen (Leipzig 1869); FÖRSTER, Übersicht der neueren Arbeiten betreffend die Ermittlung der persönlichen Gleichung und ihre Aufhebung bei Zeitbeobachtungen (Vierteljahrsschr. d. Astron. Gesellsch., Leipzig 1866, Heft 1). Eine Zusammenstellung aller bezüglichen Untersuchungen findet sich in HOUZEAU's Bibliogr. gén. de l'Astron., Bruxelles 1882, T. II, p. 902—906. — Auch Veröffentlichungen von WUNDT und von WINTERHALTER (Phil. Mag. 1889, Febr.) sind zu nennen.

3. Die Aichung des elektrolytischen Chronometers von G. PARAGH ist mit Hilfe der fallenden Kugel (wobei die persönliche Gleichung keine Rolle spielt) erfolgt.

Berichtigung. In Heft 3, S. 122 ist A. Paalzow zu lesen.