

Bestätigung des Fallgesetzes mittelst einer freifallenden  
Stimmgabel.

Von

Professor Dr. O. Reichel in Berlin.

## I.

In einem früheren Aufsätze (d. Zeitschr. V 92) über die experimentelle Bestätigung der Gesetze des freien Falles habe ich bereits auf Versuche mit Hilfe von Stimmgabelkurven hingewiesen, die Herr Ingenieur H. Rönne auf meine Anregung angestellt hatte. Unter Benutzung mehrerer Vorschläge des Herrn Rönne habe ich nun eine Fallmaschine construiert, die, bei Anwendung einfacher Mittel, ermöglicht, eine Stimmgabel (von mittlerer bis sehr geringer Tonhöhe) gleichzeitig auszulösen und zu erregen, sodafs sie, während sie etwa 56 cm tief hinabfällt, ihre Schwingungen auf eine berufste Glasplatte (61 cm  $\times$  4,5 cm) aufschreibt<sup>1)</sup>.

Ein vertikales 90 cm hohes Standbrett (Fig. 1 und Fig. 2) und zwei mit ihm rechtwinkelig verbundene, ebenfalls vertikale Stützbretter sind in ein wagerechtes quadratisches Fußbrett (30 cm  $\times$  30 cm) eingezinkt, sodafs das Fußbrett genau unter der Vorderfläche des Standbrettes abschneidet. Auf der Hinterseite (siehe Fig. 2) ist auf das Standbrett längs seiner senkrechten Mittellinie eine kräftige Verstärkungsleiste angeleimt, die ebenfalls in das Fußbrett eingreift. Beim Gebrauch wird das Gestell auf einem kräftigen, mit möglichst weit vorspringender Platte versehenen Tisch befestigt, sodafs die Vorderfläche genau über der Kante der Platte abschneidet. Zur Befestigung werden verwendet: zwei auf die rechts und links freigebliebenen Teile des Fußbrettes auffassende Schraubzwingen und ein starkes, hinten aufzusetzendes Gewicht.

Das Standbrett trägt in einer Höhe von 57 cm über dem Tisch ein durch Schraubenbolzen befestigtes, 1,2 cm dickes Rotguß-Stück (siehe die Figuren, insbesondere 3a und 3), das in seinem oberen Teil 7,5 cm breit ist, nach unten rechts hin breiter wird und an der Ecke rechts unten einen horizontalen, anfänglich 2 cm weit nach vorn laufenden, alsdann aber nach links umbiegenden kräftigen Arm trägt. Dieser ist von rechteckigem Querschnitt, der 3,1 cm hoch und in seinem ersten Teil 2,3 cm, im zweiten Teil dagegen 1,9 cm breit ist. An seinem linken Ende hat der Arm einen horizontalen Schlitz zur Aufnahme einer durch die Klemmschrauben  $g$  fest gegen die obere Schlitzfläche andrückbaren Platte. Letztere ragt aus dem Schlitz nach links hin hervor, sodafs die horizontale Fläche  $e$  als Anlegestelle für die rechte Endfläche der Stimmgabel dienen kann.

<sup>1)</sup> Im französischen Generalstab sind vor Jahren zu artilleristischen Zwecken Versuche angestellt worden, die Schwingungszahl einer freifallenden Stimmgabel von möglichst hohem Ton aus der von der Gabel beschriebenen Wellenlinie zu ermitteln. Des näheren sind diese Versuche mir nicht bekannt.

Dem rechten Arm steht ein ähnlicher linker gegenüber, der aber an seinem Ende einen vertikalen Schraubstift mit unten herausstehender abgerundeter Spitze  $f$  trägt;  $f$  dient als Anlegestelle für die linke Endfläche der Stimmgabel.

Die von mir vorzugsweise benutzte Stimmgabel ist aus Bronze gegossen, etwa 350 g schwer und hat die in Fig. 1 und 6 sichtbare Form. Die kürzere und engere Gabelung wird zum Einklemmen eines Holzspießes benutzt, mit welchem die Gabel am Ende ihres Falles sich in untergestellten Sand einzubohren hat. — Die Zinken sind an ihren Endflächen und den unmittelbar daran grenzenden Teilen der beiden inneren Flächen abgeschliffen; im übrigen ist die Gabel unbearbeitet.

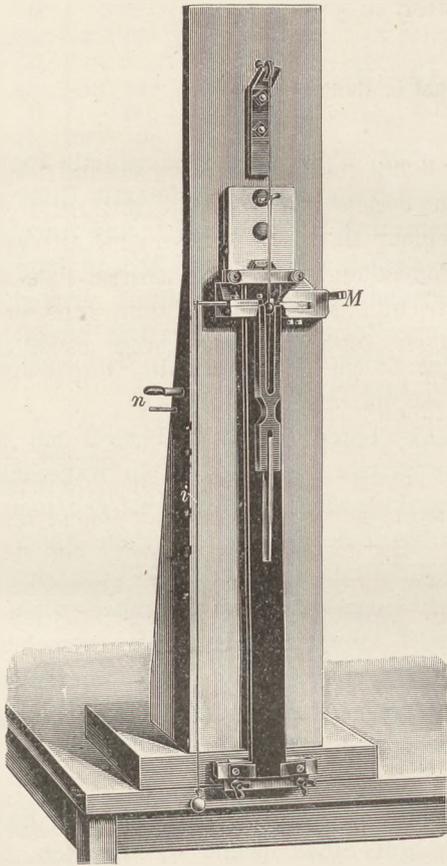


Fig. 1.

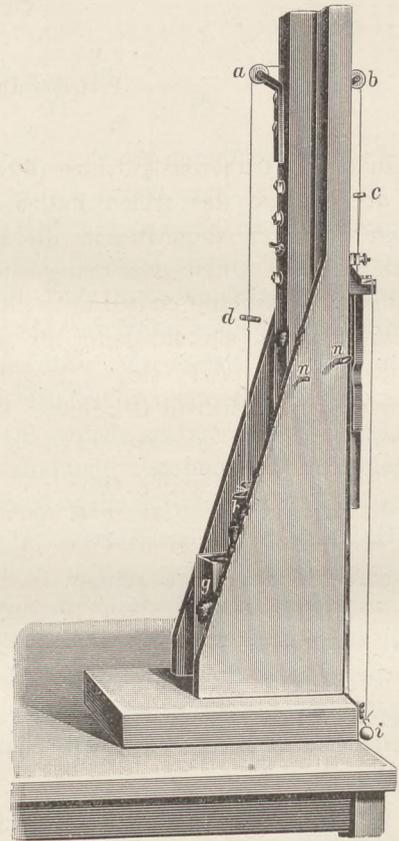


Fig. 2.

Ehe man die Gabel aufhängt, ist die Glasplatte zu berufen und in den Apparat einzuführen. Das Berufen geschieht sehr bequem über einem angezündeten nicht zu kleinen Stück Kampher und zwar nach vorheriger gelinder Erwärmung der Platte. — Man stelle die Rufsschicht so fein her, daß sie der Bewegung der Schreibspitze möglichst geringen Widerstand bietet, und daß sie bei der nachherigen Ausmessung der Kurve möglichst gut durchscheinend bleibt. — Zur Befestigung des oberen Endes der Platte dient der Halter Fig. 4. Er wird getragen von dem in der Platte  $E$  vernieteten, durch ein Loch des Gestells hindurchgesteckten Schraubenbolzen  $F$ . Die Einstellung von  $F$  wird bewirkt durch die auf die Rückseite des Gestells wirkende Flügelmutter  $H$  und eine auf den Bolzen geschobene und gegen die Vorderseite sich stemmende Gegendruckfeder  $G$ . Zu bemerken ist dabei, daß  $G$  durch ein dünnes Stahlplättchen  $J$  verhindert wird, in die Öffnung des Holzes einzudringen. Zunächst

wird nun der berufste Glasstreifen in nicht völlig senkrechter Stellung — nämlich das untere Ende ein wenig nach vorn geneigt — mit dem oberen Ende von unten her zwischen die Platten *E* und *K* und noch etwas höher hinauf eingeschoben und dann wieder ein wenig abwärts gerückt, aber so, daß das untere Ende in den dafür bestimmten, sogleich zu beschreibenden Halter kommt. An die schmale Vorderfläche

des Fußbretts ist eine rechteckige Platte *k* — siehe Fig. 5 — festgeschraubt, aus der zwei Schraubstifte *l* herausragen. Auf diese ist mit zwei — nicht zu engen — Öffnungen die Platte *m* aufgesteckt und kann durch das Zusammenwirken der Flügelmuttern *p* und zweier auf den Schraubstiften sitzenden Gegendruckfedern *r* vor- oder zurückgestellt werden.

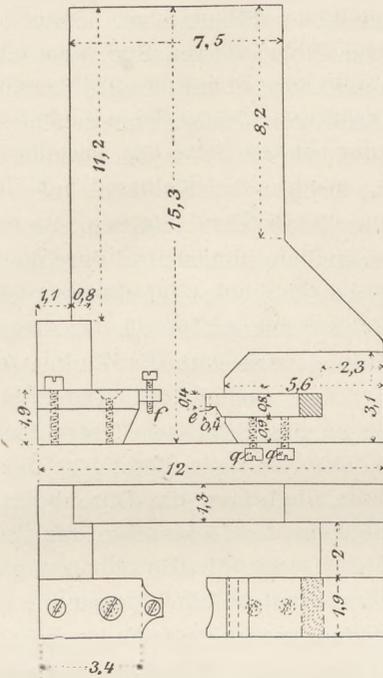


Fig. 3.

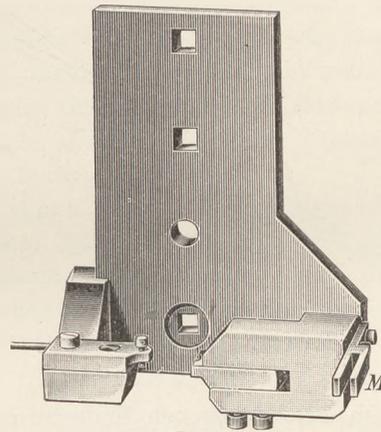


Fig. 3a.

Die Platte *m* hat vorn eine horizontale Ansatzfläche *s*, die schmäler ist, als der Glasstreifen dick ist, und die letzterem als Stützfläche dienen soll, auf welche er mit seiner unteren schmalen Kante aufzusetzen hat. Ein Herabgleiten von der Stützfläche ist dadurch verhindert, daß vorher eine vor ihren beiden Enden klammerartig umgebogene und dort zwei Klemmfedern *u* tragende Platte *t* mit den Klammerschlitzten von oben her über die Platte *m* geschoben wird, sodafs die Klammerteile *v*

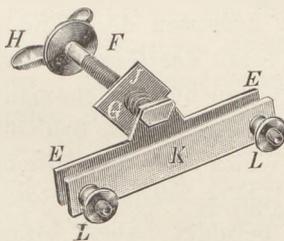


Fig. 4.

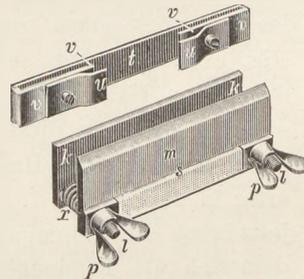


Fig. 5.

auf der Stützfläche *s* aufsitzen. Das oben erwähnte „Wieder ein wenig Abwärtsrücken“ der Glasplatte wird nun derart ausgeführt, daß deren unteres Ende zwischen die Fläche *m* und die Klemmfedern *u* tritt und auf die Stützfläche *s* aufsetzt. Dabei bleibt dann der Halter *t* mit der Glasplatte genügend leicht verschiebbar längs der Messingplatte *m*, d. h. nach links und rechts.

Die endgiltige Feststellung des oberen Glasendes zwischen den Platten *E* und *K* bewirkt man durch Anziehen der beiden Klemmschrauben *L*. Hierauf bringt man durch Anziehen der Flügelmutter *H* die Platte *E* bis an das Gufsstück dicht heran, während man die Flügelmutter *p* soweit nachläßt, daß das untere Glasende etwa um 1 cm mehr nach vorn kommt als das obere, die Platte also von der Vertikalstellung nicht unerheblich abweicht.

Auf das Einbringen der Platte folgt ein Spannen der Stimmgabel. Dazu hilft ein stimmhammerartig geformter Schlüssel aus hartem Holz, dessen Stiel aber nicht rund ist, sondern durch ein etwa 14 cm langes, 8 mm dickes, 18 mm breites Brettchen gebildet wird, das mit dem einen Ende in einen kräftigen Quergriff eingeleimt ist: man steckt die Gabel von links her auf zwei auf der linken Seite des Gestells angebrachte kräftige Stifte *n* — siehe Fig. 1 und 6 —, bringt den Schlüssel mit dem Stielende zwischen die Zinken und dreht ihn mit der linken Hand langsam, bis man

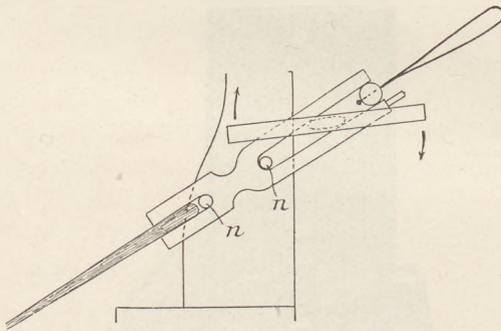


Fig. 6.

mit der rechten eine zentral durchbohrte Kugel aus Pockholz (Durchmesser etwa um 1,5 bis 2 mm größer als der Abstand der Zinken) zwischen die Zinken einführen kann, sodafs die Kugel beim Nachlassen des Schlüssels festgeklemmt wird; dabei hat man besonders darauf zu achten, daß man die Durchbohrung der Kugel in die Längsachse der Gabel einstellt. Durch die Durchbohrung ist ein gerade noch hineinpassender, an seinem Ende verknoteter Faden gezogen

und an dem durchgezogenen Ende zu einer Schleife gebunden, sodafs an dieser die Kugel mitsamt der festklemmenden Stimmgabel freischwebend aufgehängt werden kann.

Auf dem Fussbrett, unmittelbar hinter dem Standbrett steht ein Gefäß *g* (siehe Fig. 2) mit Sand; auf letzterem ruht ein Gewicht *h* von 1 kg. An dem Gewicht ist ein Faden befestigt, welcher aufwärts zu einer Rolle *a*, von dieser wagerecht durch eine Öffnung im Standbrett zu einer Rolle *b* auf der Vorderseite des Standbretts, von da abwärts läuft und in einem in ihn eingebundenen kleinen Knebel *c* endigt.

Den Knebel *c* führt man nun abwärts — sodafs also das Gewicht *h* gehoben wird — etwas seitwärts und so, dass der Faden in den Schlitz eines kleinen an dem rechten Arm des Gufsstücks nach vorn hervorragenden gabeligen Halters *M* (siehe Fig. 1 und 3a) tritt, und dass beim Loslassen der Hand der Knebel durch den Halter festgehalten und somit das Gewicht freischwebend erhalten wird. In dieser Stellung legt man nun, indem man die Stimmgabel mit der einen Hand faßt, mit der anderen die Schleife schlingenartig in der in Fig. 7 angedeuteten Weise über den Knebel *c*, sodafs jetzt auch die Stimmgabel schweben bleibt, wenn man losläßt. Nachdem sich die Torsionsschwingungen beruhigt haben, erfasst man die Gabel an ihrem oberen Ende mit der linken Hand und bringt sie, während die rechte den Knebel von dem Halter fort und gerade unter die Rolle *b* führt, mit ihren beiden Endflächen an den Schraubstift *f* und die Anlegefläche *e* vorsichtig heran und reguliert, falls dies noch erforderlich, die Einstellung des Stifts so, daß wenn man die Hände entfernt, die Gabel möglichst gut vertikal und ohne zu pendeln hängen bleibt. — Jetzt bringt

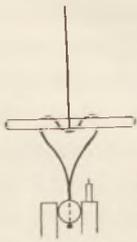


Fig. 7.

man die berufste Glasplatte durch Nachlassen der Flügelmutter *H* so heran, daß die Platte von der Schreibspitze schwach federnd berührt wird. Dabei ist darauf zu achten, daß die Platte gegen das Lot noch immer ein wenig nach unten hin convergiert; nötigenfalls corrigiert man durch ferneres Nachlassen der Muttern *r*. Wichtig ist noch, daß die die Schreibspitze tragende schmale Zinkenfläche möglichst parallel zur Platte steht; bringt man das Auge in die Ebene dieser Fläche, einmal rechts von der Gabel, ein anderes Mal links, so muß die Rufsfläche beide Male gleich schmal erscheinen; ist dies nicht der Fall, so hat man durch vorsichtiges Drücken oder Ziehen mit den Fingern oder einem Häkchen die Gabel passend zu verschieben.

Zu erwähnen ist ferner, daß von dem das kg-Gewicht tragenden Faden in etwa 30 cm Höhe über dem Gewicht ein 15 cm langer Nebenfaden nach unten hin sich abzweigt und in einen als Griff dienenden Knebel *d* endigt. Wird nun mittelst dieses Griffs ein genügend kräftiger, aber auch nicht zu starker Zug nach unten ausgeführt, so wird die Sperrkugel aus der Gabel heraus und in die Höhe gerissen; die Gabel gerät in Schwingung und zugleich auch in Fallbewegung und schreibt ihre Schwingungen auf die Rufsfläche. — Zur Befestigung auf dem Glase bestäubt man den Rufs, nachdem die Platte herausgenommen, mittelst eines sogen. Rafrachisseurs mit gebleichter Schellacklösung, und zwar wiederholt, aber nicht bis zum Fliessen auf der Platte. Der Schellacklösung ist ein Tröpfchen Ricinusöl zugesetzt.

Herstellung und Anbringung der Schreibspitze: Man klebt einen Streif (3 mm  $\times$  35,5 mm) nicht zu dünnen Brief- oder Schreibpapiers zu einem dreieckigen Ring (dem „Bock“) zusammen. Länge der Seiten: 12 mm, 13 mm, 5 mm, die kleinste Seite liegt doppelt. Einen zweiten ebenso breiten, aber nur 15,5 mm langen Streifen (das „Endblatt“) knifft man an seinem Ende auf eine Länge von 1,5 mm stumpfwinklig um, betupft das umgebogene Ende, die Kniffstelle mit eingeschlossen, mit einem Tröpfchen Schellacklösung und bettet in das Tröpfchen die auf ca. 1,5 mm Länge abgeschnittene Spitze einer feinsten Insektennadel<sup>2)</sup>, sodafs die Spitze nur wenig über das Endblatt herausragt. Sodann klebt man das Endblatt in etwa 6 mm seiner Ausdehnung mittels Gummis auf die obere Fläche des Bocks (siehe Figur 8). Zur Befestigung auf der Gabel bestreicht man deren bezügliche Stelle mit Schellacklösung und klebt, wenn der Schellack trocken, auf ihm mittels Gummis den Bock mit seiner Grundfläche an.



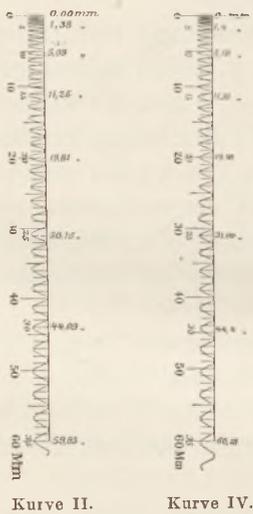
Fig. 8.

## II.

In der im Vorhergehenden beschriebenen Weise wurde eine Schar von Kurven hergestellt, so die Kurve *a*, von welcher S. 198 eine von Herrn Rönne gefertigte Lichtdruckkopie mit Fuesschem Maßstab, den ich auf ihr befestigte, verkleinert abgebildet ist. (Die Numerierung des Maßstabes giebt die cm an.) Kürzere Kurven wurden dadurch erhalten, daß nicht die eingespannte Glasplatte selbst, sondern eine auf ihr mit Wachskitt befestigte etwa 85 mm lange, dünnere Platte als Schreibfläche benutzt wurde. Acht solcher kleineren Platten wurden verwendet. Auf jede der acht Kurven wurde dann ein von Zeiss in Jena bezogenes Glasmaßstäbchen von 60 bez. 50 mm Länge mittelst Wachskittes befestigt, sodafs der Anfangsstrich der Teilung möglichst genau mit dem Anfang der Kurve zusammenfiel und die Längsrichtung des Maßstabes auch Richtung des Wellenzuges wurde. Jedes so erhaltene Plattenpaar wurde auf ein horizontales Glasgestell gelegt, sodafs von unten her von einem Blatt weißen Papiers helles Licht gegen Kurve

<sup>2)</sup> Bezogen von Keitel, Naturalienhandlung, Berlin, Nikolaikirchplatz.

und Teilung gestrahlt werden konnte, während auch von oben Licht auf das Paar fiel. — Auf horizontaler Schiene befand sich ein Schlitten, der ein kleines Mefsmikroskop trug. Das Mikroskop war um eine der Richtung des Schlittens parallele Achse drehbar und hatte statt eines einfachen Fadenkreuzes sechs parallele Fäden von gleichem Abstand und noch einen die sechs rechtwinklig durchschneidenden siebenten Faden, welcher der Längsfaden heißen möge. Es konnte nun sowohl das Rohr als Ganzes, als auch allein das Okular in der Längsrichtung des Rohrs verschoben werden; und so konnte man insbesondere bewirken, daß die fünf Felder zwischen den sechs Fäden sich möglichst genau mit 1 mm der Teilung deckten. Ferner konnte die das Fadenkreuz enthaltende kleinere Hälfte des Rohrs in der größeren so gedreht werden, daß der Hauptfaden die Richtung des Schlittens annahm. Nun wurde unter Beihilfe zunächst nur einer — und zwar schwachen — Klemmfeder und durch vorsichtiges Klopfen mit einem sehr leichten Stäbchen das Plattenpaar gedreht oder verschoben, und das Rohr um die Horizontalachse gedreht, bis der Hauptfaden den Längsstrich des Maßstabes deckte. Ob dies Decken in genügender Weise erzielt war, konnte folgendermaßen kontrolliert werden:



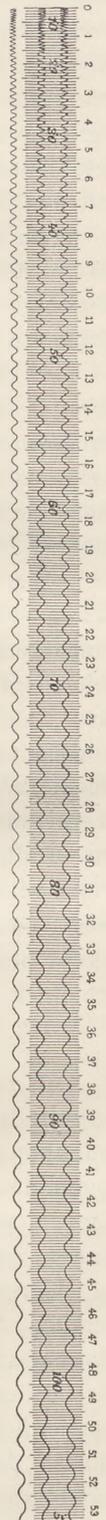
bewegte man den Schlitten, so durften Längsstrich und Längsfaden nicht wieder aus einander weichen. — Mit noch einer zweiten schwachen Klemmfeder wurde das Plattenpaar in der nunmehrigen Lage befestigt. Nun folgte die Ablesung. Geschätzt wurde die Gesamtlänge  $s$  mm oder  $s_n$  mm von  $n$  Wellen und zwar wurde gewählt

$$n = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35.$$

Zufolge des oben Gesagten konnten Fünftel-mm abgelesen werden, und die Abstände der Parallelfäden erschienen so groß, daß noch Bruchteile von Zehnteln mehr oder minder genau geschätzt werden konnten. Auf diese Weise entstand für sieben Kurven, die mit *II*, *III*, ... bezeichnet seien, die folgende Tabelle (A). — Die Kurve *I*, bei welcher die Schreibspitze eine etwas andere Beschaffenheit gehabt hatte und bei welcher der Maßstab nur 50 mm lang ist und keinen Längsstrich hat, bleibe von der Betrachtung einstweilen ausgeschlossen. Kurve *II* und *IV* sind vorstehend in Verkleinerung wiedergegeben. — Die Tabelle enthält die Werte von  $s$ . Die Hundertstel sind natürlich nicht unbedingt zuverlässig.

Tabelle A.

Wert von $s$ bei Kurve	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>
für $n = 5$	1,38	1,40	1,40	1,43	1,41	1,33	1,43
- $n = 10$	5,09	5,14	5,18	5,20	5,17	5,06	5,07
- $n = 15$	11,26	11,30	11,38	11,36	11,36	11,16	11,25
- $n = 20$	19,81	19,85	19,98	19,95	19,90	19,68	19,73
- $n = 25$	30,75	30,75	31,00	30,90	30,87	30,61	30,66
- $n = 30$	44,09	44,15	44,40	44,25	44,20	43,95	43,99
- $n = 35$	59,85	59,87	60,18	60,00	59,97	59,66	59,75



Kurve  $\alpha$ .

Bei Betrachtung dieser Tabelle sind die dem  $n=5$  entsprechenden Werte einstweilen auszuschalten. Hauptgrund hierfür: die erste Viertelwelle ist nicht bei reiner Fallbewegung und nicht ohne hemmende Einwirkung zu Stande gekommen; von Störung frei wird die Gabel erst zu dem Zeitpunkt, wo ihre Zinken von der Berührung mit der Sperrkugel loskommen.

Mit Rücksicht auf das Vorstehende führen wir die Fiktion ein, als ob die Auslösung und gleichzeitige Erregung der Gabel sich mittelst einer ideellen, ein wenig höher (oder tiefer) befindlichen Vorrichtung in einem bloßen Zeitpunkt, und zwar in der Weise hätte bewerkstelligen lassen, daß die Wellenlinie mindestens von der zweiten Viertelwelle ab dieselbe Gestalt bekommen würde, die sie in Wirklichkeit angenommen hat; wir führen also statt des wirklichen Anfangsortes  $A$  der Schreibspitze einen ideellen Anfangsort  $A'$  ein. Den Punkten  $A$  und  $A'$  entsprechen auf der Achse der Wellenlinie ein Punkt  $O$  und ein Punkt  $O'$  (siehe Figur 9), die als der wirkliche und als der ideelle Anfangspunkt der Fallbewegung gelten mögen. Ebenso entspricht dem Ort der Spitze am Schlusse der  $n$ ten Welle ein Punkt  $P_n$  auf der Wellenachse. Alsdann ist

$$OP_n = s \text{ oder } s_n;$$

und es werde gesetzt

$$O'P_n = u \text{ oder } u_n;$$

insbesondere sei

$$u_5 = x.$$

Alsdann ist

$$u - s = O'P_n - OP_n = O'P_5 - OP_5 = x - s_5;$$

man hat also

$$u = s + (x - s_5).$$

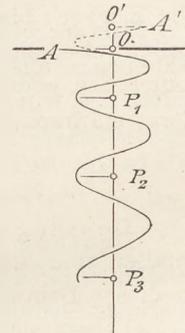


Fig. 9.

Ferner setzen wir die Dauer einer jeden Schwingung der Gabel, die erste ausgenommen, =  $\mathfrak{D}$  sec, die ideelle Fallzeit von  $O'$  bis  $P_5 = y \mathfrak{D}$ .

Es ist aber, falls nur  $n > 1/4$ , die Fallzeit von  $P_5$  bis  $P_n = (n - 5) \mathfrak{D}$ ; folglich ist zu setzen: die ideelle Fallzeit  $t$  von  $O'$  bis  $P_n = (y + n - 5) \mathfrak{D}$ .

Da nun nach Galilei

$$u = 1/2 g \cdot 1000 \cdot t^2$$

sein muß, so hat man, falls

$$1/2 g 1000 \mathfrak{D}^2 = \varepsilon \dots \dots \dots (0)$$

gesetzt wird,

$$u = s + (x - s_5) = \varepsilon \cdot (n + y - 5)^2 \dots \dots \dots (1)$$

Bezeichnen ferner  $\Delta s$ ,  $\Delta^2 s$ ,  $\Delta^3 s$  die Zuwüchse von  $s$ ,  $\Delta s$ ,  $\Delta^2 s$ , welche einem Zuwuchs  $\Delta n$  der Veränderlichen  $n$  entsprechen, und setzt man insbesondere  $\Delta n = 5$ , so folgt

$$(2) \dots \dots \Delta s = \varepsilon \cdot (2(n + y) 5 - 25) \text{ und } \Delta^2 s = \varepsilon \cdot 50 \dots \dots (3)$$

$$\Delta^3 s = 0.$$

Hiermit stimmt nun die Tabelle A nicht unbedingt, wohl aber bis zu einem bemerkenswerten Grade. Es ergibt sich nämlich folgende Tabelle der  $\Delta^2 s$ :

Tabelle B.

Wert von $\Delta^2 s$ bei Kurve	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
und für $n = 10$	2,38	2,39	2,40	2,43	2,35	2,42	2,30
- - $n = 15$	2,39	2,35	2,42	2,36	2,43	2,41	2,45
- - $n = 20$	2,40	2,50	2,38	2,40	2,36	2,41	2,40
- - $n = 25$	2,42	2,32	2,38	2,40	2,44	2,37	2,43
also im Mittel	2,3975	2,39	2,395	2,3975	2,395	2,4025	2,395

Die Annäherung dieser Zahlen an einander geht ziemlich weit und berechtigt zu der Vermutung, daß bei noch weiter verfeinerter Herstellung, Auswahl, Beobachtung und Ablesung die Übereinstimmung noch größer sein würde; insbesondere, wenn die Glasplatte noch genauer eben und frei von feinen Rissen wäre — es war nur käufliches Spiegelglas verwendet worden; ferner wenn die Platte noch etwas weniger von der Vertikalen abweichend eingestellt und auch der Aufhängefaden noch genauer vertikal gestellt würde; die Sperrkugel noch genauer rund und genauer central durchbohrt; die Ruffschrift noch etwas dünner und gleichmäßiger hergestellt; das Endblatt der Schreibspitze noch gleichmäßiger breit und steif, dabei doch elastisch; nur solche Kurven zugelassen, die einen noch unzweifelhafter geraden Gesamtverlauf aufweisen, und bei deren Erzeugung die ausgelöste Gabel noch augenscheinlicher jede Nebenbewegung vermied und sich auch noch unzweifelhafter vertikal und genau unter der Aufhängegestelle in den Sand einbohrte (es gelingen nämlich keineswegs alle Kurven; bisweilen ist die Wellenachse gebogen, bisweilen läßt die Schreibspitze stellenweise aus; bisweilen stört auch ein Oberton, indem er die Kurve gezackt gestaltet u. s. w.); 11 Querfäden im Rohr statt 6, also 10 Felder statt 5, und eine noch etwas stärkere Vergrößerung gewählt würde.

III.

Deutung der gefundenen Zahlen. Auch so wie die Tabellen A und B ausgefallen sind, dürfen sie als eine Bestätigung der Fallgesetzte gedeutet werden. Um zu dieser Deutung zu gelangen, stelle man nach Gaußs die folgende Frage:

Lassen sich zu den gemessenen Werten  $s_{10}, s_{15}, \dots$  Korrekturen  $c_{10}, c_{15}, \dots$  ermitteln, sodafs deren Quadratensumme  $\sum c^2$  möglichst klein ausfällt, während die Bedingungsgleichungen erfüllt sind

$$0 = \Delta^3 (s_{10} + c_{10}) = \Delta^3 (s_{15} + c_{15}) = \Delta^3 (s_{20} + c_{20})?$$

Zunächst kann man schreiben

$$- \Delta^3 c_{10} = \Delta^3 s_{10}, \quad - \Delta^3 c_{15} = \Delta^3 s_{15}, \quad - \Delta^3 c_{20} = \Delta^3 s_{20}.$$

Ferner ist, bei  $\Delta n = 5$ , allgemein

$$- \Delta^3 c_n = c_n - 3 c_{n+5} + 3 c_{n+10} - c_{n+15}; \quad \Delta^3 s_n = s_{n+15} - 3 s_{n+10} + 3 s_{n+5} - s_n.$$

Demnach können, wenn noch gesetzt wird

$$\Delta^3 s_{10} = \alpha, \quad \Delta^3 s_{15} = \beta, \quad \Delta^3 s_{20} = \gamma,$$

die Bedingungsgleichungen auch in folgende Form gebracht werden:

$$(B) \dots \dots \dots \begin{cases} c_{10} - 3 c_{15} + 3 c_{20} - c_{25} & = \alpha \\ c_{15} - 3 c_{20} + 3 c_{25} - c_{30} & = \beta \\ c_{20} - 3 c_{25} + 3 c_{30} - c_{35} & = \gamma \end{cases}$$

Nach Gaußs ist nun, wenn  $\lambda, \mu, \nu$  drei vorläufig noch unbestimmte Faktoren („Correlaten“) bedeuten, zu setzen:

$$(K) \dots \dots \dots \frac{\partial \sum c^2}{\partial c_n} + \lambda \frac{\partial \alpha}{\partial c_n} + \mu \frac{\partial \beta}{\partial c_n} + \nu \frac{\partial \gamma}{\partial c_n} = 0,$$

wobei  $n = 10, 15, 20, 25, 30, 35$  zu nehmen ist. Dies gibt sechs Gleichungen für die 6 Korrekturen  $c$  und die 3 Correlaten  $\lambda, \mu, \nu$ . Die letzteren drei lassen sich bequem eliminieren. Man erhält

$$(G) \dots \dots \dots \begin{cases} \sum c = 0 \\ 2 c_{15} + 3 c_{20} + 3 c_{25} + 2 c_{30} = 0 \\ - 5 c_{10} - 3 c_{15} - c_{20} + c_{25} + 3 c_{30} + 5 c_{35} = 0 \end{cases}$$

Die fernere Betrachtung beschränke sich auf nur eine der Kurven als Beispiel. Wir wählen die Kurve II. Für diese erhält man infolge der Tabelle B:

$$\Delta^3 s_{10} = 0,01; \quad \Delta^3 s_{15} = 0,01; \quad \Delta^1 s_{20} = 0,02.$$

Nach Einführung dieser Werte für  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  in die Gleichungen (B) findet man aus (B) und (C) die Werte der  $c$ . — Gebraucht man den Buchstaben  $s$  von nun an zur Bezeichnung der durch die  $c$  verbesserten („ausgeglichenen“)  $s$ , und bildet man dementsprechend die ausgeglichenen  $\Delta^2 s$ , so zeigt sich, daß deren Werte in der That einander gleich sind, und zwar abgekürzt:

$$\Delta^2 s = 2,3968, \dots \dots \dots (4)$$

während zugleich für die abgekürzten Werte der  $c$  und die ausgeglichenen  $s$  sich die folgende Tabelle herausstellt:

Tabelle C.

$n = 10$	15	20	25	30	35
$c_n = 0,0061;$	$- 0,0081;$	$- 0,0054;$	$+ 0,0040;$	$+ 0,0102;$	$- 0,0068$
$s_n = 5,0961;$	11,2519;	19,8046;	30,7540;	44,1002;	59,8432

Man beachte zunächst: das erste Erfordernis dafür, daß die Einführung und Berechnung der  $c$  zweckmäßig war, ist erfüllt; die Werte der  $c$  sind so klein ausgefallen, dass sie — bei den einmal benutzten Meßmitteln — der Wahrnehmung unzugänglich bleiben müßten.

Um ferner eine Controlle anzustellen, ob und inwieweit die ausgeglichenen  $s$  wirklich dem Gesetz der Fallräume entsprechen, und zu ermitteln, welche Werte den ideellen Fallräumen  $u$  zukommen, haben wir mit den  $s$  in die Gleichungen (1) und (3) einzugehen. In (1) werde zunächst  $n = 10$ , sodann  $n = 15$  gesetzt. Dies giebt:

$$u_{10} = x + s_{10} - s_5 = \epsilon \cdot (y + 5)^2, \quad u_{15} = x + s_{15} - s_5 = \epsilon \cdot (y + 10)^2,$$

oder, da  $s_5 = 1,38$  ist,

$$\begin{aligned} x + 3,7161 &= \epsilon \cdot (y + 5)^2 \\ x + 9,8719 &= \epsilon \cdot (y + 10)^2 \end{aligned}$$

Hieraus folgt  $6,1558 = \epsilon \cdot (2y + 15) \cdot 5$ ; daher  
 $y = 0,61558 : \epsilon - 7,5$ .

Nach (3) und (4) haben wir aber

$$\epsilon = \Delta^2 s : 50 = 0,047936. \dots \dots \dots (5)$$

Infolge dessen erhält man

$$y = 5,342,$$

woraus sofort, wenn auch erst für spätere Benutzung, gefolgert werde:

$$\text{ideelle Fallzeit } t \text{ von } O' \text{ bis } P_n = (n + 0,342) \cdot \mathfrak{D}. \dots \dots \dots (5')$$

Der Wert von  $y$  oben eingesetzt liefert:

$$x = \epsilon \cdot 10,342^2 - 3,7161,$$

und daher

$$x = 1,4109; \quad x - s_5 = 0,0309.$$

Somit gestaltet die Gleichung (1) sich jetzt folgendermaßen:

$$u = s + 0,0309 = \epsilon \cdot (n + 0,342)^2 = 0,047936 (n + 0,342)^2. \dots \dots \dots (6)$$

In der That findet man bei Berücksichtigung von Tabelle C und Gl. (5), daß die linke und die rechte Seite von (6) für die angenommenen Werte von  $n$  übereinstimmen; es ergibt sich nämlich die folgende Tabelle:

Tabelle D.

	$u$ oder $s + 0,0309$	$0,047936 \cdot (n + 0,342)^2$
$n = 10$	5,1270	5,1270
$n = 15$	11,2828	11,2829
$n = 20$	19,8355	19,8357
$n = 25$	30,7849	30,785
$n = 30$	44,1311	44,133
$n = 35$	59,8741	59,8743

Fernere Ablesungen. Aufser den bisherigen bei Kurve *II* gemachten Ablesungen und **nachdem** aus denselben die Gleichung (6) hergeleitet worden, habe ich noch sechs fernere Ablesungen bei derselben Kurve vorgenommen. In der folgenden Tabelle *E* stehen die abgelesenen Werte von  $s$ , die daraus folgenden von  $u$  oder  $s + 0,0309$ , sowie die aus Gleichung (6) folgenden Sollwerte von  $u$ :

Tabelle E.

$n$	$s$	$u = s + 0,0309$	$0,047936 \cdot (n + 0,342)^2$
9	4,15	4,1809	4,1835
11	6,13	6,1609	6,1666
14	9,83	9,8609	9,860
16	12,75	12,7809	12,802
29	41,20	41,2309	41,271
31	47,05	47,0809	47,09

Bei dem in bezug auf die Hundertstel am wenigsten günstigen Falle  $n = 29$  ist die verhältnismässige Abweichung immer noch kleiner als  $1\text{‰}$ ; bei dem Falle  $n = 16$  ist sie kleiner als  $2\text{‰}$ .

Bestimmung der Schwingungszahl der Stimmgabel. Nimmt man den Wert der Schwerkraft als bekannt an,  $g = 9,813$ , so kann man die für Kurve *II* festgestellte Zahl

$$\Delta^2 s = 2,3968$$

benutzen, um die Schwingungszahl  $\omega$  der Gabel zu bestimmen. Aus den Gleichungen (0),  $\frac{1}{2} g \cdot 1000 \mathfrak{D}^2 = \varepsilon$ , und (3),  $\Delta^2 s = \varepsilon \cdot 50$ , folgt nämlich, da  $\omega = 1/\mathfrak{D}$  ist,

$$\omega = 319,93.$$

Ergebnisse bei anderen Kurven, erhalten ohne Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate. Bereits früher hatte ich die Kurven *I*, *III* bis *VIII* sowie mehrere längere Kurven, unter ihnen die Kurve  $\alpha$ , auf ihre Übereinstimmung mit der Formel  $s = \frac{1}{2} g t^2$  geprüft. Aus den verschiedenen Werten von  $\Delta^2 s$  wurde stets der Mittelwert gezogen und dann versuchsweise ebenso verwendet, wie in dem Vorhergehenden der ausgeglichene Wert von  $\Delta^2 s$  bei Kurve *II*. Bei Kurve  $\alpha$  insbesondere wurden die Fallräume für  $n = 10, 15, \dots, 105$  gemessen und  $x$  und  $y$  bestimmt durch Benutzung der für  $n = 50$  und  $n = 105$  gemessenen Werte von  $s$ . Die für die übrigen Werte von  $n$  sich ergebenden Abweichungen von dem Fallgesetz gingen in den Fällen  $n = 45, 55, 60, 65, 70$  über den Betrag  $0,1$  mm um ein geringes hinaus, blieben aber sonst meistens sehr erheblich dahinter zurück.

Bei den Kurven *I*, *III* bis *VIII* stieg die Abweichung nur einmal auf etwa  $0,052$ , meistens beschränkte sie sich auf etwa  $0,02$ , in nicht wenigen Fällen stimmten auch die Hundertstel. Auch Versuche mit einer grossen Stahlgabel (etwa 80 Schwin-

gungen) lieferten nicht ungünstige Ergebnisse. Wiederholung dieser Versuche dürfte nicht ohne Interesse sein, freilich nur, sofern es gelingt, den Oberton möglichst fernzuhalten.

Schlussbemerkung. Wollte man das Vorstehende benutzen, um die Zahl  $g$  zu bestimmen, so müßte die Schwingungszahl  $\omega$  der Stimmgabel bereits bekannt sein. Die Ermittlung von  $\omega$  aus Stimmgabelkurven haben Herr Rönne und ich früher vielfach versucht. An dem oben genannten gußeisernen Schlitten wurde eine größere berufste Glastafel in vertikaler Stellung befestigt. Vor der Tafel war — in horizontaler Lage — die Stimmgabel mit Schreibspitze aufgestellt, und unterhalb der Stimmgabel befand sich ein schweres Viertelsekundenpendel mit einem leichten, an seinem Ende ebenfalls mit einer Schreibspitze versehenen Arm — die Schreibspitze möglichst genau unter derjenigen der Stimmgabel. Nun wurden Pendel und Gabel, nachdem die Schreibspitzen in Fühlung mit der Platte gebracht waren, erregt, und der Schlitten möglichst gleichmäßig auf der Schiene entlang gezogen. Die Vergleichung der entstehenden beiden Kurven diente zur Bestimmung von  $\omega$ . — Der Mühe, die Schwingungen des Pendels durch Coinzidenzmethode mit den Schwingungen einer Pendeluhr zu vergleichen und auf unendlich kleine Schwingungen zu reduzieren, unterzog sich Herr Rönne. Als wahrscheinlichen Wert für  $\omega$  bei der oben erwähnten  $E$ -Gabel fand er danach

$$\omega = 319,44.$$

Um das Verfahren elementarer und sicherer zu gestalten, müßte man nach meiner Meinung das Viertelsekundenpendel bis auf ein Gewicht von etwa 10 kg (statt 1 kg) bringen und den horizontalen Arm des Pendels erheblich länger (und dabei doch leicht und fest) herstellen; man brauchte dann mit der Amplitude nicht über einen kleinen Wert (höchstens  $6^\circ$ ) hinauszugehen und könnte die Reduktion auf unendlich kleine Schwingungen ersparen. Auch müßte die Glasplatte auf ihre Ebenheit hin wohl noch genauer untersucht werden. Die durch diese Forderungen erwachsenen Ansprüche an Zeit und Geld gingen aber über das zulässige Maß hinaus<sup>3)</sup>.

## Schwalbes Versuche zur Geschichte der Dampfmaschine.

Von

H. Bohn in Berlin.

Wenige Tage vor seinem Tode beauftragte mich der Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Schwalbe, seine Versuche zur Geschichte der Dampfmaschine, die ich vor 15 Jahren bei ihm gesehen, gelegentlich zu veröffentlichen. Die Versuche sind im folgenden in der Weise angeordnet, wie ich sie jetzt beim Unterricht zu verwenden pflege; ich glaube nicht, daß sie von Schwalbes damaliger Anordnung wesentlich abweichen.

Es ist stets nicht nur interessant, sondern auch lehrreich, die geschichtliche Entwicklung eines Apparates im Unterricht zu verfolgen. Wenn es sich nun gar um die komplizierte Dampfmaschine handelt, so ist es ausserordentlich schwer, den Schülern an einer Zeichnung oder einem Modell ein klares Verständnis der modernen Maschinen beizubringen, wenn nicht auf die einfachen Vorrichtungen früherer Zeiten, die Spannkraft des Dampfes zur Arbeitsleistung zu benutzen, zurückgegangen wird.

<sup>3)</sup> Die hier besprochenen Kurven  $\alpha$ , I, II bis VIII konnten dem Verein z. Förd. des phys. Unterr. in Berlin mittelst Projektion vorgeführt werden, sodaß die Messresultate mittelst eines auf den Schirm gehefteten, 10 Zehntel mm vertretenden Maßstabes kontrollierbar waren.

Die erste Nachricht über die Dampfmaschine reicht bis in das zweite Jahrhundert v. Chr. zurück. Um diese Zeit\*) construierte Heron von Alexandrien verschiedene Vorrichtungen, um durch die Kraft des ausströmenden Dampfes Bewegung zu erzeugen. Ein Heronsches Dampfreaktionsrad (kupferner Kessel, der um eine vertikale Achse drehbar ist, und oben 2 horizontale Arme mit je einer seitlichen Öffnung hat, nach Art der Segnerschen Turbine) ist überall käuflich. Es kann durch eine Alkoholflamme erwärmt werden und dreht sich sehr schnell.

Ein Jahrhundert später lebte Vitruv. Er construierte eine ringsum geschlossene Kugel, von der oben ein rechtwinklig gebogenes Rohr abging, das in eine Spitze auslief. Diese Vorrichtung nannte er „Äolipile“ nach Äolus, dem Gott der Winde; denn er glaubte, daß er mit seiner Maschine Wasser durch Erhitzen in Wind verwandeln könne. In Gang gesetzt wurde die Äolipile auf die Weise, daß man die Kugel erwärmte. Dann dehnte sich die Luft im Innern aus und entwich durch die Spitze. Tauchte man diese nun in Wasser, so drang dasselbe beim Erkalten in die Kugel ein. Wurde die Äolipile wieder erwärmt, so trat der Dampf mit starkem Blasen aus der Spitze aus. Dieser Dampfstrahl kann ebenso Bewegungen erzeugen wie der Wind. — Als Äolipile kann eine gewöhnliche Lötlampe der Klempner gezeigt werden. Ich benutze als solche den Dampfessel von Fig. 3, indem ich mit einem Gummischlauch ein Glasrohr anschliese, das in eine Spitze ausgezogen ist. Ist diese eng genug, so steigt die Spannung im Kessel bald über eine Atmosphäre; eine Absperrung des Dampfahnes ist dann unnötig. Wird der Dampfstrahl gegen leichte Gegenstände geleitet, so werden diese fortgeblasen.

Das ganze Mittelalter hat keinen Fortschritt gebracht. Man erfreute sich an den Spielereien des Reaktionsrades und der Äolipile. Erst im 17. Jahrhundert findet die Dampfspannung neue, praktische Anwendung. 1615 benutzte Salomon de Caus, ein Franzose, der als Hofgärtner des Kurfürsten von der Pfalz in Heidelberg lebte, die Spannkraft des Dampfes, um Wasser aus dem Neckar auf den Schloßberg zu heben. Seine Vorrichtung glich einem Heronsball. Ein Modell derselben kann mit den einfachsten Mitteln nachgebildet werden. Eine Kochflasche (Fig. 1) ist zum Teil mit Wasser gefüllt und durch einen Gummipfropfen verschlossen, durch den eine Röhre bis auf den Boden führt. Von dieser Röhre leitet ein Gummischlauch und eine gebogene Röhre in einen hochgestellten Cylinder. Wird die Flasche erwärmt, so kann der sich entwickelnde Dampf nicht entweichen, er übt auf das Wasser einen Druck aus und treibt es in den oberen Cylinder hinauf.

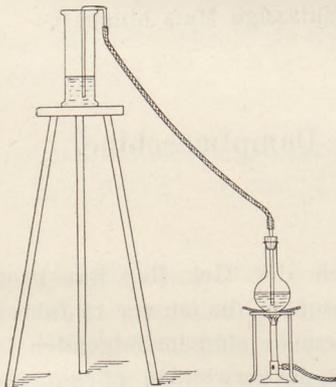


Fig. 1.

1629 kam der Italiener Branca auf den Gedanken des Heron und des Vitruv, Wasser durch Wärme in Wind zu verwandeln, zurück. Er leitete den Strahl einer Äolipile gegen ein Schaufelrad und setzte es so in Bewegung. Ich benutze als Schaufelrad das Modell eines oberflächigen Wasserrades (Fig. 2), als Äolipile dient wieder der Dampfessel von Fig. 3.

\*) Anmerkung des Herausgebers: Nach den neuesten Untersuchungen von W. Schmidt in der Heron-Ausgabe von 1899 ist jedoch Heron in das 1. Jahrh. n. Chr. zu setzen. Als „terminus post quem“ wird das Jahr 55 n. Chr. bezeichnet. Vgl. d. Zeitschr. XIII 47.

1663 wurde die Maschine von de Caus durch den Marquis von Worcester wesentlich verbessert, indem er Dampfkessel und Wasserbehälter trennte. Zur Erläuterung kann die in Fig. 3 dargestellte Vorrichtung dienen. Ich treibe mit meinem Modell einen Heronsball. Der Gummipfropfen desselben muß recht fest sitzen. Man sperrt den Dampfahn ab, bis die Spannung auf  $1\frac{1}{2}$ —2 Atmosphären gestiegen ist; dann geht der Strahl des Heronsballes bis an die Decke.

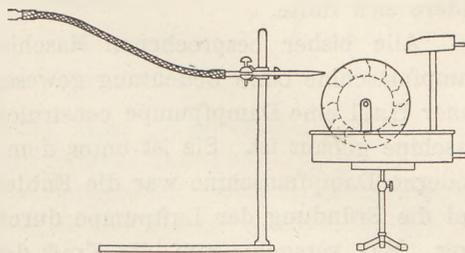


Fig. 2.

1698 vervollkommnete Savery die Maschine von Worcester so, daß sie bereits dauernd zum Auspumpen von Wasser aus den Kohlenbergwerken benutzt werden konnte. Sein Hauptverdienst besteht darin, daß er einen Hahn und 2 Ventile anbrachte und den Luftdruck benutzte. Bei Schwalbes Modell (Fig. 4) sind sowohl der Hahn als auch die Ventile durch Quetschhähne ersetzt. Eine Flasche *B* ist durch einen doppelt durchbohrten Gummipfropfen verschlossen. Durch die eine Öffnung führt ein T-Rohr, durch die andere ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, das bis auf den Boden reicht. Ein Gummischlauch, der durch den Quetschhahn *III* verschlossen werden kann, verbindet dasselbe mit einem nach oben führenden, langen Rohr, das 2 mal rechtwinklig gebogen ist. Das T-Rohr ist durch Gummischläuche, die ebenfalls durch Quetschhähne verschlossen werden können, einerseits mit der Kochflasche *A*, andererseits mit einem langen Rohr verbunden, das nach dem mit gefärbtem Wasser gefüllten Cylinder *C* hinabführt. Der Gummischlauch *II* muß ziemlich kräftig sein, damit er nicht zu leicht vom Luftdruck zusammengepreßt wird und dann dem Wasser den Durchgang versperrt. Ebenso wählt man für das Gefäß *B* eine recht starkwandige Flasche. Der Quetschhahn *I* ersetzt einen Hahn, der auch bei der Maschine von Savery mit der Hand geöffnet und geschlossen werden mußte; *II* und *III* dagegen ersetzen selbstthätige Ventile.

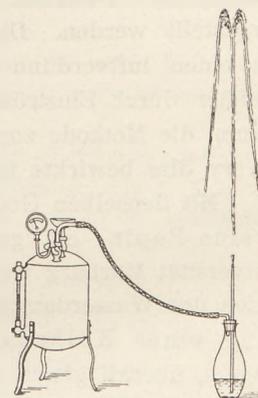


Fig. 3.

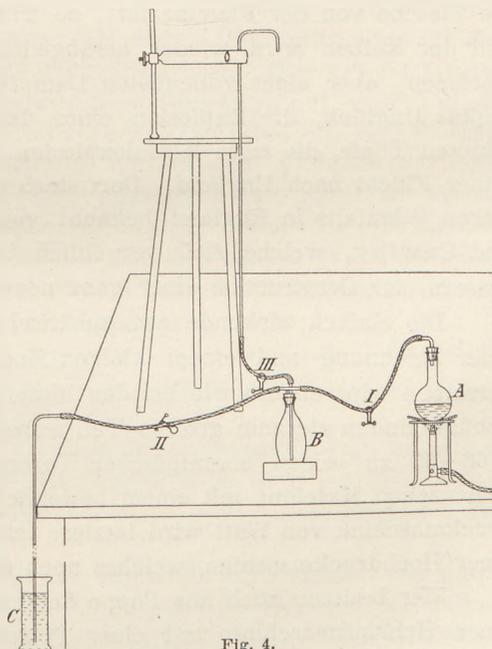


Fig. 4.

Der Verlauf des Versuches ist folgender: Das Wasser in *A* wird erhitzt, während der Quetschhahn *II* geschlossen, *I* und *III* geöffnet sind. Nachdem die Luft aus *A* und *B* vertrieben, wird die Flamme unter *A* fortgezogen, *I* und *III* geschlossen, *II* geöffnet. Das Wasser steigt aus *C* nach *B*. Darauf schiebt man die Flamme wieder unter *A*, schließt *II* und öffnet *I* und *III*; der Dampf treibt das Wasser aus *B* durch *III* empor. Dann wird wieder die

Flamme fortgezogen, *I* und *III* geschlossen, *II* geöffnet u. s. w. Bei der wirklichen Maschine von Savery war der Betrieb ein ununterbrochener, indem 2 Hähne *I* und 2 Räume *B* vorhanden waren. Der eine Raum *B* wurde entleert, während der andere sich füllte.

Alle bisher besprochenen Maschinen sind für die weitere Entwicklung der Dampfmaschine ohne Bedeutung gewesen. Erst vor etwa 30 Jahren hat der Amerikaner Hall eine Dampfmaschine konstruiert, welche nach dem Prinzip der Saveryschen Maschine gebaut ist. Sie ist unter dem Namen „Pulsometer“ bekannt. Für unsere moderne Dampfmaschine war die Entdeckung des Luftdrucks durch Torricelli, 1643, und die Erfindung der Luftpumpe durch Otto v. Guericke, 1650, von großer Bedeutung. Man versuchte nun, die Kraft des einseitig wirkenden Luftdrucks zur Arbeitsleistung zu verwenden. Dazu mußte ein luftleerer oder doch luftverdünnter Raum hergestellt werden. Die Arbeit aber, welche Otto v. Guericke aufwenden mußte, um einen luftverdünnten Raum herzustellen, war viel größer als die, welche er nachher durch Einströmen der Luft wiedergewinnen konnte. Es handelte sich also darum, die Methode zur Herstellung des luftverdünnten Raumes zu verbessern. Wie Savery dies bewirkte und benutzte, ist oben geschildert.

Mit denselben Gedanken beschäftigte sich aber 10 Jahre früher schon Dionysius Papin, ein geborener Franzose, der als Professor der Mathematik an der Universität Marburg wirkte. Er stellte den luftleeren Raum ebenfalls durch Condensation des Wasserdampfes her; er war aber der erste, welcher den Hin- und Hergang eines Kolbens benutzte. Ich verwende hierfür eine Flasche mit ziemlich langem, überall gleich weitem Hals, in welchem ein Kolben, der durch Umwicklung mit Baumwollfäden gedichtet ist, leicht verschiebbar ist. Wird etwas Wasser in die Flasche gebracht und erhitzt, so wird der Kolben emporgetrieben. Nimmt man nun die Flasche von der Flamme fort, so tritt sehr bald Condensation des Dampfes ein und der Kolben wird wieder herabgedrückt. Die Einrichtung der von Papin entworfenen, aber nicht vollendeten Dampfmaschine wird an einer Zeichnung erklärt; Papins Unglück, die Explosion eines der von ihm erfundenen und nach ihm benannten Töpfe, die erste Kesselexplosion, geschildert. Sie war die Veranlassung zu seiner Flucht nach England. Dort starb er, völlig verarmt, 1714. Aber seine Ideen waren jedenfalls in England bekannt geworden, sie wurden 1712 von Newcomen und Cawley, welche sich vergeblich bemühten, die Saverysche Maschine zu verbessern, zur Construction einer ganz neuen Dampfmaschine benutzt.

Die einfach wirkende atmosphärische Dampfmaschine von Newcomen wird an einer Zeichnung und einem kleinen Modell aus Pappe erläutert. Auf die Mängel derselben wird ebenso wie bei den bisherigen Maschinen aufmerksam gemacht; die Schüler finden sie zum großen Teil selbst. Die Erkenntnis derselben führte Watt 1763—65 zu seinen mannigfachen Verbesserungen. Durch Vergleichung der Newcomenschen Maschine mit einem beweglichen Modell der doppelt wirkenden Niederdruckmaschine von Watt wird letztere leicht verstanden, ebenso ein heizbares Modell einer Hochdruckmaschine, welches noch durch Zeichnungen erläutert wird.

Wir besitzen auch aus Pappe hergestellte, bewegliche und zerlegbare Modelle einer Heißluftmaschine und eines Petroleummotors, sodafs die Entwicklung der calorischen Maschinen bis in die neueste Zeit verfolgt werden kann.

## Zur Behandlung der Begriffe Arbeit, Energie und Effekt im Schulunterrichte.

Von

A. v. Obermayer in Wien.

Von Herrn Paul Gerber in Stargard i. P. ist unter „Physikalische Aufgaben“ in dieser Zeitschrift *XIII*, 274 unter No. 4, die folgende Aufgabe angeführt:

„Eine constante Kraft erzeugt in zwei aufeinanderfolgenden gleichen Zeitteilen, wegen der Verschiedenheit der entsprechenden Wege, verschiedene Beträge von Arbeit. Wie ist dieser Widerspruch zu erklären? (Rausenberger)“.

Es ist selbstverständlich, daß ich an den Darlegungen des Verfassers keine Kritik zu üben beabsichtige, ich möchte nur an diese Aufgabe anknüpfend eine Art der Auffassung ähnlicher Fragen darlegen, welche im Schulunterricht, wie ich glaube, mit gutem Erfolge zu verwerthen ist und welche dem Schüler sofort die richtige Unterscheidung zwischen Arbeit, Effekt oder Leistung vermittelt.

1. Nach dem Satze der lebendigen Kräfte, ist die Änderung der lebendigen Kraft eines bewegten Systemes gleich der von den Kräften geleisteten Arbeit. Werden mit  $X, Y, Z$  die Kraftcomponenten auf die Masseneinheit bezeichnet, so findet dieser Satz in der bekannten Gleichung seinen Ausdruck:

$$\sum \frac{mv^2}{2} - \sum \frac{mv_0^2}{2} = \sum \left( m \int_0^1 (X dx + Y dy + Z dz) \right). \quad \dots \quad (1)$$

Dem Sinne dieser Gleichung gemäß sind die Änderung der lebendigen Kraft und die geleistete Arbeit bereits abgeschlossene Vorgänge. Es liegt nur mehr das Resultat dessen vor, was vorgegangen ist und nichts mehr läßt erkennen, in welcher Weise sich der ganze Vorgang abgespielt hat. Es ist daher gewiß berechtigt und in Übereinstimmung mit den Gleichungen, welche auf die Arbeit führen, den Satz auszusprechen: Die Arbeit ist das Maß für einen bereits vollständig abgelaufenen Vorgang, bei welchem ein Widerstand durch eine gewisse Strecke hindurch überwunden oder ein System in irgend einer Weise, unter Überwindung von Widerstand, verändert wurde.

Man pflegt die Arbeit durch Anwendung von Bestimmungsworten näher zu charakterisieren und spricht von mechanischer, chemischer, elektrischer Arbeit. Es wird dadurch die Art des Vorganges näher bezeichnet, durch welchen Arbeit gewonnen wurde, ein Unterschied zwischen diesen Arbeiten besteht nicht, sie werden in terrestrischen Einheiten nach Meterkilogrammen, in absoluten Einheiten nach Erg oder Joule gemessen.

Bei dem eingangs angeführten Beispiele handelt es sich um mechanische Arbeit; dieselbe wird gewöhnlich definiert als das Produkt aus der Kraftintensität in den nach der Richtung der Kraft zurückgelegten Weg.

Die auf diese Weise gefundene Zahl ist das Maß eines abgeschlossenen Vorganges und sagt über die Zeit, in welcher die Arbeit geleistet wurde, nichts mehr aus. An der oben gegebenen Definition festhaltend würde ich in der eingangs angeführten Aufgabe nicht einmal einen scheinbaren Widerspruch erblicken.

Fällt ein Kilogrammgewicht, von der Ruhe aus, durch die erste Sekunde frei herab, so leistet die Schwerkraft eine Arbeit von 4,9 kgm. In der zweiten Sekunde der Fallzeit wird eine Arbeit von 14,7 kgm gewonnen. Die Zahlen 4,9 und 14,7 kgm drücken keineswegs aus, daß die Arbeiten in je einer Sekunde gewonnen sind; es wäre ebenso möglich, daß das Kilogrammgewicht in einer Stunde oder in einem Tage, in kontinuierlicher Bewegung oder mit Unterbrechungen, die vertikalen Höhen von 4,9 m und 14,7 m durchmessen hätte. Nachdem die Zahlen 4,9 kgm und 14,7 kgm gefunden sind, ist der Vorgang abgeschlossen

und die Zeit kommt nicht mehr in Betracht, ebensowenig als aus einem fertigen Gebäude auf die Zeit geschlossen werden kann, in welcher es aufgeführt wurde.

2. Wenn die Größen  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  den Bedingungen genügen:

$$X = \frac{\partial V}{\partial x}, Y = \frac{\partial V}{\partial y}, Z = \frac{\partial V}{\partial z} \dots \dots \dots (2)$$

dann ist  $X dx + Y dy + Z dz = dV$  ein vollständiges Differential und die Gleichung (1) geht über in

$$\sum \frac{mv^2}{2} - \sum \frac{mv_0^2}{2} = \sum m (V - V_0) \dots \dots \dots (3)$$

worin  $V - V_0$  die Arbeit zur Überführung der Masse Eins aus einer durch die Coordinaten  $x_0, y_0, z_0$  gegebenen Stellung in eine andere, durch die Coordinaten  $x, y, z$  gegebenen Stellung ausdrückt, aber dabei von dem Wege, auf welchem diese Überführung geschah, ganz unabhängig ist. Man nennt das Produkt  $\sum m (V - V_0)$  auch den Arbeitswert des Potentials oder die potentielle Energie des Systems. Die Gleichung (3) besagt dann, daß die Änderung der lebendigen Kraft oder der Bewegungsenergie gleich der Änderung der potentiellen Energie ist. Diese Gleichung stellt ebenfalls einen vollständig abgeschlossenen, einen abgelaufenen Vorgang dar. Sie drückt aus, daß lebendige Kraft in potentielle Energie oder diese letztere in lebendige Kraft umgesetzt wurde; es kann sich dabei auch um lebendige Kraft unsichtbarer Bewegung d. i. um Wärme handeln.

Unter allen Umständen sind die Größen in den beiden Teilen der Gleichung (3) in Arbeitseinheiten gemessen, es sind Energieen; die Gleichung (3) ist der Ausdruck des Satzes von der Erhaltung der Energie. Die geleistete Arbeit ist das Maß für den umgewandelten Anteil der Energie.

In dieser Auffassung scheint es nicht nötig der Arbeit noch Bestimmungsworte beizufügen und wenn schon die Bezeichnungen mechanische, chemische, elektrische Arbeit zugelassen werden, so scheinen mir Bestimmungsworte wie statische Arbeit, dynamische Arbeit, welche unter den Begriff der mechanischen Arbeit fallen, die Einfachheit des Begriffes der Arbeit und seine Allgemeinheit zu verdecken.

Es ist hier vielleicht ein Hinweis auf die Definitionen, die Cl. Maxwell in dem kleinen Buche *Matter and Motion*<sup>1)</sup> giebt, und die sehr allgemein gefaßt sind, nicht überflüssig. Die Arbeit wird dort als ein Vorgang definiert, der eine Änderung in der Configuration eines Systems herbeiführt, welche sich dieser Änderung widersetzt. Die Energie definiert Maxwell wie allgemein üblich als die Fähigkeit Arbeit zu leisten. An anderer Stelle<sup>2)</sup> dieses Werkes, unter *Matter and Energy* heißt es: „Der Vorgang durch welchen eine Kraft (stress) Änderung der Bewegung herbeiführt, wird Arbeit (work) genannt und diese Arbeit kann als der Übergang von Energie von einem System zu einem anderen angesehen werden — der Materie kann Energie mitgeteilt werden und sie kann dieselbe an andere Materien übertragen. — Energie ist dasjenige, was in allen Naturerscheinungen kontinuierlich von einem Teile der Materie auf den anderen übergeht; Energie kann nur in Verbindung mit der Materie bestehen. — Die Vorgänge im materiellen Universum werden so wie ein Creditsystem geführt. Jeder Vorgang besteht in der Übertragung eines bestimmten Kredites oder einer bestimmten Menge Energie von einem Körper auf einen anderen. Dieser Vorgang der Übertragung oder der Zahlung wird Arbeit genannt. Die so übertragene Energie behält kein Kennzeichen bei, durch welches ihre Art nach dem Übergange in eine andere Form wieder erkannt werden könnte.“

Alle diese Citate aus dem Werke des berühmten englischen Physikers lassen erkennen, daß derselbe zwischen Energie und Arbeit einen Unterschied macht. Energie ist das

<sup>1)</sup> *Manuals of elementary Science*. London Society for promoting christian Knowledge p. 59. — (Eine deutsche Übersetzung von E. v. Fleischl ist unter dem Titel „Substanz und Bewegung“ bei Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1879, erschienen. Anm. d. Red.)

<sup>2)</sup> *Matter and Motion* p. 93.

Verwandelbare, Arbeit das von der Art der umgewandelten Energie unabhängige Maß für die Größe der Umwandlung. Jederzeit bleibt die Arbeit ein Maß für einen bereits abgelaufenen Vorgang. Gerade diese letztere Auffassung soll dem Schüler klar werden.

3. Bei der industriellen Ausnutzung der Naturkräfte kommt es nicht darauf an was geschehen ist, sondern zumeist darauf was im Begriff ist zu geschehen, und auf die Art und Weise wie sich die Arbeit in der Zeit zusammendrängt. Es ist hier ganz wesentlich, daß die nötige Arbeit in einer ganz bestimmten Zeit geleistet werde. Man wird aus einem noch so beträchtlichen Arbeitsquantum keinen Nutzen ziehen können, wenn man es nicht in genügend kleiner Zeit erlangen kann, ebensowenig als man von einer im Laufe von 100 Jahren anwachsenden an sich beträchtlichen Geldsumme leben kann, wenn dieselbe nur ausreicht die Kosten des Lebensunterhaltes für einige Jahre zu decken.

Zur Charakterisierung der Art und Weise wie die Arbeit in der Zeit geleistet wird, ist der Begriff des Effektes oder der Leistung oder der Arbeitsstärke eingeführt worden<sup>3)</sup>; es ist die in der Sekunde umgewandelte Energiemenge.

Während man nach den früher entwickelten Anschauungen von der Arbeit und den umgewandelten Energien in der vergangenen Zeit zu sprechen hat, bezieht sich der Effekt auf die Gegenwart: er drückt aus, was im Begriffe ist, vor sich zu gehen.

Man kann auch hier zwischen mechanischem, elektrischem u. dergl. m. Effekt unterscheiden. Aber auch diese Unterscheidungen bezwecken nur anzudeuten, ob der Effekt durch das Produkt aus Kraftintensität in Geschwindigkeit der Verschiebung des Angriffspunktes oder Stromstärke in Potentialdifferenz (Volt-Ampère) berechnet wurde. Da der Effekt als das Produkt zweier Faktoren definiert wird, so kann derselbe Effekt in sehr verschiedener Weise hervorgebracht werden, z. B.: GroÙe Kraft und kleine Geschwindigkeit, kleine Kraft und groÙe Geschwindigkeit, groÙe Potentialdifferenz und kleine Stromstärke, oder kleine Potentialdifferenz und groÙe Stromstärke. Die Form, in welcher der Effekt auftritt, hat eine merkwürdige Beziehung zu den GröÙenverhältnissen der Vorrichtungen, welche den Effekt übertragen, auf welche zum Schlusse auch hingewiesen werden wird.

In der Zeit summiert sich aller Effekt zur Arbeit. Bezeichnet man die Größe des Effektes zur Zeit  $t$  mit  $E$ , so ist  $E dt$  der durch den Effekt in dem kleinen Zeiteilchen  $dt$  erzeugte Arbeitszuwachs, oder die umgewandelte Energiemenge, und

$$A = \int_0^T E dt$$

ist dann die in der Zeit  $T$  geleistete Arbeit in mkg, oder die in dieser Zeit umgewandelte Energiemenge.

Der Effekt ist das Maß für die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Umwandlung der Energien vollzieht. Die Größe  $A$  in mkg enthält aber von der Zeit in welcher die Umwandlung geschah, nichts mehr.

Es sind dies ganz ähnliche Verhältnisse, wie wenn sich ein Bote längs eines Weges bewegt. Die Geschwindigkeit bestimmt die Art seiner Bewegung, sie bringt in den einzelnen Zeiteilchen die Wegzuwächse hervor und diese summieren sich zu dem gesamten zurückgelegten Wege. Ist der Bote in seinem Bestimmungsorte angekommen, dann hat er den ihm aufgetragenen Weg zurückgelegt, aber diese Thatsache drückt über die Zeit, in welcher der Bote den Weg zurückgelegt hat, nichts aus.

Man mißt bekanntlich den Effekt oder die Leistung in Sekundenmeterkilogrammen in Pferdestärken, oder in Erg per Sekunde oder in Watt. Das Produkt aus einem in diesen Einheiten gemessenen Effekte in die Zeit giebt Arbeit, so z. B. die Pferdekraftstunden, die

<sup>3)</sup> Auch in der englischen Sprache findet sich ein Ausdruck für den Effekt; derselbe ist *rate of working* oder nach dem Vorschlage Lord Kelvins: „*Activity*“ für *the rate of doing work* oder für *the rate per unit of time at which energy is given out by a working system*.

Wattstunden, die Kilowattstunden, d. s. Zahlen, die über die Zeit, in welcher die Arbeit gesammelt wurde, nichts mehr aussagen. Wird irgend ein auf die Zeit bezüglicher Zusatz gemacht, dann handelt es sich aber nicht mehr um die Arbeit, sondern wieder um den Effekt oder die Leistung. Man findet in diesem Sinne in den Ingenieurhandbüchern z. B. die Arbeit von 230 400 kgm, welche ein Mensch durch 8 Stunden an einer Kurbel vollbringen kann, als „Leistung“ bezeichnet, eben deswegen, weil die angegebene Arbeitsmenge in einer bestimmten Zeit gewonnen wird. Es ist hier der Angabe nur eine andere Zeiteinheit als die Sekunde zugrunde gelegt.

4. Der Effekt ist, wie früher erwähnt wurde, diejenige GröÙe, welche fortgeleitet, die Dimensionen der übertragenden Maschinenbestandteile beeinflusst. Nicht die Energie überhaupt ist hier entscheidend, sondern der per Sekunde zu übertragende Anteil der Energie.

So rechnet man nach Redtenbacher die Wandstärke  $\delta$  einer gusseisernen Röhre vom Durchmesser  $d$  in cm nach der Formel:

$$\delta = 0,004 (n - 1) d + 0,5,$$

wobei  $n$  die Anzahl der Atmosphären bedeutet. Bei großer Geschwindigkeit der strömenden Flüssigkeit fällt der Durchmesser der Röhren kleiner aus und damit auch die Wandstärke. Bei kleiner Geschwindigkeit und demselben Effekte muß der Röhrendurchmesser größer gehalten werden, und damit nimmt auch die Wandstärke zu.

In den Transmissionswellen einer Fabrikanlage fließt der Effekt fort, durch die Riemenscheiben, Riemen und Zahnräder gelangt er in die Arbeitsmaschinen und endlich bis zum Arbeitsstücke, woselbst er sich zumeist als kalorische Energie aufammelt. Die Wellen werden nach der GröÙe des Effektes  $N$  in Pferdestärken und nach der Form, in welcher der Effekt auftritt, ob große Geschwindigkeit und kleine Kraft oder umgekehrt, d. i. nach der Tourenzahl  $n$  der Welle in der Minute berechnet. Es ist der Durchmesser einer Welle in cm:

$$d = 12 \sqrt[4]{\frac{N}{n}}$$

Ebenso hängen alle Dimensionen der Maschinen von der GröÙe und Form des Effektes ab. So wird z. B. bei Jonval-Turbinen der Halbmesser  $R$  des Turbinenrades in Metern, nach der Formel:

$$R = 1,380 \sqrt{\frac{Q}{U}}$$

gerechnet, wobei  $Q = 0,107 \frac{N_n}{H}$  die sekundlich zufließende, dem Effekte  $N_n$  in Pferdestärken proportionale Wassermenge in cbm und  $U = 0,707 \sqrt{2gH}$  die Geschwindigkeit ist, mit welcher das Wasser, bei der Gefällshöhe  $H$ , aus den Kanälen des Leitrades austritt.

Die Dimensionen der Dampfmaschinen mit geringen Tourenzahlen sind bei gleichem Effekte wesentlich größer als jene der Maschinen mit hohen Tourenzahlen.

Der fortgeleitete Effekt beeinflusst auch die Dimensionen der elektrischen Leitungsanlagen. An den Klemmen der Maschine, an welche mehrere Leitungen angeschlossen sind, werden die Querschnitte der Leitungen mit dem Wachsen der Stromstärke größer genommen. Der Effekt ist in diesem Falle der Stromstärke proportional.

Man darf sich aber nicht vorstellen, daß der elektrische Effekt in den Drähten fließt, so wie etwa das Wasser in einer Röhrenleitung, oder der elektrische Effekt in den Transmissionen. Der elektrische Effekt wandert durch das umliegende Mittel in die Oberfläche der Leitungsdrähte hinein. Die der elektrischen Spannung entsprechenden Kraftströme gleiten längs der Leitungsdrähte und führen den Spannungszustand und die Energie des Mittels mit sich fort. In den Leitungsdrähten bricht die elektrische Spannung nieder, die Kraftströme verschwinden in denselben, die mitgeführte Energie setzt sich in Wärme um. Dieses fortwährende Nachgeben der Spannung in den Leitern gestattet der Stromquelle immer neue Kraftströme in das isolierende

Mittel auszusenden, die in der gleichen Weise wie die vorausgehenden fortwandern und in den Leitungen vernichtet werden. Dieses Niederbrechen der elektrischen Spannung ermöglicht das Auftreten des Effektes, gerade so wie das Nachgeben und die damit zusammenhängende rotierende Bewegung der Transmission in einer Fabriksanlage.

Das Auftreten des elektrischen Effektes in einer Leitung ist von der Magnetisierung des umliegenden Mittels begleitet; je stärker die Magnetisierung, desto stärker der Strom, desto größer der Effekt, oder in desto kürzerer Zeit erfolgt die Umwandlung des Effektes in eine andere Form. In der Transmissionsanlage einer Fabrik ist es die lebendige Kraft der Rotation, die vorhanden sein muß, damit Effekt übertragen werden könne. Je rascher die Transmission läuft, desto rascher erfolgt die Umwandlung der Energien.

## Zur Verwendung des Druckes der Wasserleitung.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

Der Druck der Wasserleitung gewährt dem physikalischen Unterricht mancherlei Nutzen. Für die theoretische Betrachtung des Flüssigkeitsdruckes giebt er ein Beispiel, welches der Jugend durch fast nie fehlende Erfahrungen leicht verständlich ist, der experimentelle Unterricht benutzt ihn zu manchen Arbeitsleistungen. In ersterer Beziehung kann man in der untersten Physikkasse wohl ganz zweckmäßig von der Erfahrung der meisten Schüler bezüglich des Zuhaltens der Mündung eines geöffneten Wasserhahns Gebrauch machen und die Schüler auf grund des Gelernten ausführen lassen, daß ein Zudrücken der Öffnung eine umso größere Muskelkraft erfordert, je weiter die Öffnung und je höher das Reservoir gelegen ist.

Von besonderem Nutzen ist wohl die Messung des Wasserdruckes. Nicht häufig wird die relative Kleinheit dieses Druckes die für die Auffassung seitens der Schüler, sowie in praktischer Beziehung so einfache Verwendung eines offenen Quecksilbermanometers gestatten. Verfasser benutzte bei einem Wasserdrucke von etwa  $1\frac{1}{4}$  Atmosphären bald ein u-förmig gestaltetes genügend hohes Glasrohr mit Quecksilber, welches auf einem Vertikalmaßstab festgebunden wurde, bald eine kleine starkwandige Flasche, durch deren festgebundenen Kork ein kurzes Knierohr zum Anschluss an die Wasserleitung, sowie das hohe Druckrohr führte, welches etwa in seiner Mitte durch eine Stativklemme gehalten wurde. Die Weite des Druckrohres muß natürlich in Rücksicht auf die in der Flasche verfügbare Quecksilbermenge nicht zu groß sein. Die Schüler sehen eine Messung des Wasserdruckes mit diesen einfachen Mitteln augenscheinlich sehr gern; man versäume nicht, vorher zu zeigen, wie wenig hoch man durch Blasen mit dem Munde mittels angeschlossenen Gummischlauches das Quecksilber emporpressen kann. Die verkorkte Flasche stelle man zur Aufnahme von heraussickerndem Wasser in eine Glasschale.

Die Mefsröhre war oben mit einem Hahn versehen, welcher bei dem mitgeteilten Versuch natürlich offen blieb. Nach Durchnahme des Mariotteschen Gesetzes wurde der Versuch bei geschlossenem Hahn wiederholt. Ohne den Hahn kommt man aus, wenn man die Mefsröhre oben zur Spitze auszieht und diese je nach der Art des Versuches zuschmilzt oder wieder öffnet. Da bei der Messung mit abgeschlossener Röhre der Wasserdruck gleich der Summe des Quecksilberdruckes plus des aus der Größe der verdichteten Luftsäule berechneten Druckes ist, so führt der Versuch zu einer Rechenaufgabe. Bei Schülerübungen könnten auch die oft recht erheblichen Kaliberfehler der Röhre Berücksichtigung finden.

Will man zur Druckmessung ein kurzes, geschlossenes Quecksilbermanometer der Sammlung oder ein Metallmanometer verwenden, so ist das Eindringen von Wasser in diese Apparate zu verhüten. Hierzu schalte man zwischen den Mefssapparat und den Wasser-schlauch ein längeres Glasrohr ein, welches sich beim Öffnen des Wasserhahnes nur teilweise mit Wasser füllt. Die aufgestreiften Enden der Gummischläuche sind selbstverständlich mit

Bindfaden oder umsponnenem Draht festzuzschnüren. Benutzt man zu einer Verbindung ungleich weiter Röhren ein Stück weniger starkwandigen, aber dehnsameren Gummischlauches, so ist dies noch mit einer festzubindenden Lage starken Leinenbandes in bekannter Weise zu umgeben.

Die zuletzt erwähnten Vorrichtungen lassen etwaige kleine Druckänderungen aus größerem Abstände nicht mehr erkennen. Zur Beobachtung eines ganz interessanten Nebenumstandes bei der Wasserdruckmessung ist daher die Verwendung einer längeren, offenen oder geschlossenen Mefsröhre vorzuziehen. Auch diesem Zwecke entspricht das nunmehr zu beschreibende, einfache Verfahren der Druckmessung. Man öffnet den Tischhahn, bis der angeschlossene Schlauch völlig mit Wasser gefüllt ist. Dann drückt man in ihn das offene Ende einer am andern Ende zugeschmolzenen Glasröhre von 1 m oder auch erheblich größerer Länge. Nach dem Festschnüren des Schlauches spannt man die Mefsröhre senkrecht in eine Stativklemme. Nunmehr wird der Wasserhahn geöffnet, die Länge der Säule comprimierter Luft gemessen und aus dieser, sowie aus der Länge der Luftsäule bei Atmosphärendruck, d. h. der Länge des Mefsröhres, nach dem Mariotteschen Gesetz der Wasserdruck für das Niveau des Wassers in der Röhre berechnet. Für die Länge der Säule verdichteter Luft hat man hierbei einen Mittelwert zu nehmen, denn das Wasser schwankt in der Röhre unausgesetzt um einige cm (bei  $1\frac{1}{4}$  Atmosphären Überdruck und ca. 1 m Länge der Mefsröhre). Nach der nötigenfalls noch gegebenen Hilfe, daß die Schwankungen zur Zeit der größten Thätigkeit in den Haushaltungen am bedeutendsten seien, kommen die Schüler selbst auf die Ursache jener Schwankungen; man wird daran einige Bemerkungen über das den Röhren gefährliche schnelle Abstellen der Hähne knüpfen. Zum Beweise, daß die Trägheit des Wassers bei Ruhe und Bewegung die Ursache der Druckschwankungen ist, öffnet und schließt man den Wasserhahn an der Wand und sieht jedesmal das Wasser im Druckrohr einige cm sinken und ansteigen. Ist ausserhalb des Zimmers ein Wasserhahn vorhanden, so kann man auch diesen mit der gleichen Wirkung durch einen Schüler öffnen und schließen lassen; in der Thür stellt man dabei einen Verbindungsmann zur Befehlsübertragung auf. Ist der draussen befindliche Hahn besonders weit, so wirkt dessen Bewegung stärker auf den Stand der Wassersäule, als die des Zimmerhahnes. Man kann auch zunächst die Ausflußöffnung mit dem Finger schließen, dann den Hahn weit öffnen und plötzlich den Finger fortnehmen, um ein recht erhebliches kurzes Sinken im Druckrohr hervorzurufen.

An diesen Versuch kann man einen solchen über die erhöhte Löslichkeit der Luft in Wasser bei größerem Drucke anschließen. Man spannt hierzu das Druckrohr in ungefähr horizontaler Lage in eine Stativklemme und neigt es abwechselnd ein wenig nach links oder rechts, sodafs die Luft in Form einer langgestreckten Blase langsam mehrmals über das Wasser hingeleitet. Der Unterricht kann inzwischen in nicht experimenteller Form seinen Fortgang nehmen. Nach 5—10 Minuten ist bereits eine nachweisbare Luftmenge gelöst. Man stellt, um die in der Röhre befindliche Wassermenge herauszubekommen, zunächst den Tischhahn ab, setzt unter diesen eine Schale und schraubt vorsichtig die den Schlauch festhaltende Überwurfschraube los, bis das Wasser fast aus dem Druckrohr getreten ist. Hierauf wird die Überwurfschraube wieder angezogen, das Druckrohr losgebunden und entfernt, und nun durch langsames Öffnen des Tischhahns ungefähr diejenige Wassermenge in ein kleines Becherglas gegeben, welche sich vorher in dem Glasrohr in Berührung mit der verdichteten Luft befand. Dann läßt man das Wasser einige Zeit in den Ausguß laufen und giebt in ein zweites Becherglas eine Portion gewöhnlichen Leitungswassers zur Gegenprobe. Aus dem mehr Luft enthaltenden Wasser scheiden sich nach wenigen Augenblicken an den Glaswänden winzige Luftbläschen ab, die nach einigen Minuten so groß sind, daß sie von der ganzen Klasse gesehen werden. An dem Wasser im andern Gläschen ist für gewöhnlich keine Luftausscheidung zu bemerken.

Ein anderes Mittel, das unter dem Drucke der Wasserleitung luftreicher gewordene Wasser aus der Röhre zu bekommen, besteht einfach darin, daß man zunächst den Tisch-

hahn abstellt, und die Röhre so in der Stativklemme festschraubt, daß das zugeschmolzene Ende unten ist. Dann löst man die Überwurfschraube so lange ein wenig, bis der Überdruck in Schlauch und Röhre geschwunden ist, und macht alsdann den Schlauch von der Glasröhre los.

Der Versuch kann in größerem Maßstabe mit einer starkwandigen Flasche ausgeführt werden, welche in luftgefülltem Zustande, am besten wohl mittels eines Hahnrohres mit dem Wasserschlauch verbunden wird. Nach dem Einlassen des Wassers kann man die Lösung der Luft durch Schütteln beschleunigen. Traut man der Festigkeit seiner Apparate dem Wasserdruck gegenüber nicht völlig, so wird man natürlich die Flasche wenigstens beim Schütteln mit einem Tuche umhüllen und die eine Hand beständig am Tischhahn zum Zudrehen bereit halten. Zuletzt stellt man die Flasche aufrecht und beseitigt den Überdruck in ihr durch Lüften der Überwurfschraube bei geschlossenem Tischhahn. Ist die Flasche selbst mit einem Hahn versehen, so schließt man diesen rechtzeitig, so daß der volle Überdruck oder wenigstens ein Teil desselben in der Flasche bleibt. Man kann dann die Flasche unter Umkehren in ein Becherglas entleeren; hierbei thut man zur Vermeidung der Bildung von Blasen aus mitgerissener Luft gut, den Boden des Becherglases, bis auf welchen das Hahnrohr reicht, mit einer Schicht Wasser zu bedecken. Man kann dies als erste, kräftig herausgeschleuderte Portion der Flasche entnehmen. Sind die Blasen innerhalb dieser Wassermenge verschwunden, so läßt man die Hauptmenge des Wassers ausfließen, indem man den Hahn sehr vorsichtig öffnet.

Die größere Löslichkeit der Kohlensäure in Wasser bei erhöhtem Druck zeigt man wohl sehr anschaulich mit der von Heumann angegebenen Röhre mit Stempel, bestehend aus einem langen Holzstabe, der am einen Ende eine aus Bindfaden und einem Stück Gummischlauch hergestellte Verdickung erhält (S. auch Arendt, *Technik der Experimentalchemie*, 3. Aufl. S. 373). Bei der Herstellung dieser Vorrichtung macht sich die Schwierigkeit bemerkbar, daß man den Schlauch nicht über eine etwas dicke Schicht Bindfaden streifen kann, während andererseits bei weniger straffer Herstellung der Kolbendichtung der Druck in der Röhre sich nur wenig erhöhen läßt, ohne daß Luft zwischen Schlauch und Rohrwand entweicht. Auch die Ungleichheiten im Kaliber der meisten Röhren wirken nachteilig auf die Brauchbarkeit des Apparates. Vielleicht läßt sich dieser durch veränderte Konstruktion des Kolbens wesentlich verbessern.

Mit Hilfe des Druckes der Wasserleitung, der viel kräftiger wirkt, als das Vorschieben des Stempels um je etwa 20 cm (a. a. O.) in der eben erwähnten langen Röhre, führt man den Versuch leicht folgendermaßen aus. Eine lange, am einen Ende zugeschmolzene Röhre wird durch Einleiten mittels einer noch etwas längeren Röhre völlig mit Kohlensäure gefüllt und in den Wasserschlauch schnell eingedrückt, der in bis zum Überlaufen vollem Zustande bereit gehalten wird. Nach dem Festbinden des Schlauches wird die Röhre wagerecht gehalten oder eingeklemmt und abwechselnd etwas nach rechts und links geneigt, während man den Tischhahn für einige Augenblicke dauernd oder wiederholt geöffnet hält. Bei dem langsamen Hindurchgleiten des comprimierten Gases durch das Wasser löst es sich verhältnismäßig schnell, wie man an dem beständigen Kleinerwerden des Gasvolumens erkennt. Nach einigen Minuten stellt man die Röhre mehr aufrecht, entfernt in der oben angegebenen Weise den Schlauch, ohne durch Umherspritzen des Wassers belästigt zu sein und zeigt den Kohlensäuregehalt des Wassers in der Röhre. Das in der beschriebenen Weise behandelte Wasser ist noch keineswegs mit dem Gase unter dem Drucke der Leitung gesättigt, sondern es enthält nur das fast gleiche Volumen an Kohlensäure. Die gelöste Gasmenge ist größer, wenn man außer der langen Glasröhre auch den Schlauch vorher mit dem Gase füllt. Ist der Schlauch im Verhältnis zur Röhre nicht zu lang, so tritt nach dem Öffnen des Tischhahns das Wasser bis in die Glasröhre, und in der jetzt im Vergleich zur Gasmenge kleineren Wassermenge sucht man, wie vorhin beschrieben, die Kohlensäure zu lösen.

Zur Demonstration des Gasreichtums braucht das Wasser nicht aus der Röhre entfernt zu werden. Bei einigem Stehen, schneller nach mehrfachem Aufpochen mit der Röhre

auf den Tisch, entweicht der grösste Teil der gelösten Kohlensäure. An die zu beobachtende Schwierigkeit der Bildung kleinster Bläschen und die sehr auffallende schnelle Vergrößerung einmal vorhandener Bläschen kann man einige Bemerkungen über die Grösse des Gasdruckes an mehr oder weniger stark konkaven und convexen Flächen knüpfen. Sehr lebhaft wird das Aufschäumen durch Einwerfen kleiner Körperchen, z. B. von etwas Eisenfeile.

## Das Potential einer homogenen Kugelschale auf einen beliebigen Punkt im Raume.

Von

R. Kottenbach in Troppau.

Eine elementare Ableitung des Potentials einer gleichförmig mit Masse belegten Kugelschale auf einen beliebigen Punkt im Raume erscheint einerseits für den Unterricht in der Mechanik, andererseits für die Lehre der Elektrostatik von grossem Nutzen. In ersterer ermöglicht sie den Beweis für die Art der Anziehung einer massiven Kugel auf einen Massenpunkt ausserhalb, der bisher im Mittelschulunterricht nicht streng durchgeführt, sondern mit einem Hinweis auf die höhere Mathematik abgethan wird. Für die Elektrostatik ist die Ableitung des genannten Potentials, wenn der Potentialbegriff, wie die neuesten österreichischen Verordnungen vorschreiben, bei der Lehre von der Elektrizität eine eingehendere und ausgiebigere Verwendung finden soll, fast unentbehrlich<sup>1)</sup>.

Die verbreiteteren elementaren Lehrbücher der Physik enthalten bereits eine Ableitung des Potentials zweier Massenpunkte auf einander. Von dieser ausgehend fällt es nicht schwer, auch das Potential einer gleichmäfsig mit Masse belegten Kugelschale auf einen beliebigen

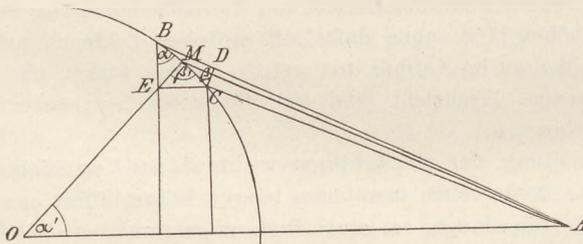


Fig. 1.

Punkt im Raume zu berechnen. — Zu diesem Zwecke teilen wir die Kugelschale in unendlich schmale Zonen von der Höhe  $\varepsilon$ , welche concentrisch bezüglich der Verbindungslinie des Kugelmittelpunktes  $O$  und des betrachteten (äusseren) Massenpunktes  $A$  liegen, in welchem sich etwa die Masse 1 befindet. Sämtliche Massen, die sich auf einer solchen Zone befinden, haben vom Punkte  $A$  den gleichen mittleren Abstand  $d$ . Das Potential einer solchen Zone bezüglich des Punktes  $A$  ist somit, wenn der Radius der Kugelschale mit  $r$  und die Dichte der elektrischen Ladung mit  $\sigma$  bezeichnet wird, durch den Ausdruck  $\frac{2 r \pi \varepsilon \sigma}{d}$  und das Potential der ganzen Kugelschale durch

$$P = \sum \frac{2 r \pi \varepsilon \sigma}{d} = 2 r \pi \sigma \sum \frac{\varepsilon}{d}$$

gegeben.

Die Summation  $\sum \frac{\varepsilon}{d}$  kann aber durch die einfachere  $\sum \frac{d}{p}$  oder  $\frac{1}{p} \sum d$  ersetzt werden, worin  $d = BD$  (Fig. 1) die Differenz der Abstände der beiden Zonenränder vom Punkte  $A$ , und  $p$  die Entfernung des Punktes  $A$  vom Kugelmittelpunkt bedeutet.

<sup>1)</sup> Anmerkung des Herausgebers. Im Hinblick auf die in früheren Jahrgängen dieser Zeitschrift bereits dargelegte Möglichkeit einer experimentellen Einführung in die Lehre vom elektrischen Potential mufs dagegen Einspruch erhoben werden, dafs eine mathematische Ableitung wie die hier dargebotene, für den elementaren Unterricht in der Elektrostatik fast unentbehrlich sei.

Es kann nämlich leicht gezeigt werden, daß  $\frac{\varepsilon}{d} = \frac{\delta}{p}$  oder  $\frac{\varepsilon}{\delta} = \frac{d}{p}$  ist.

Setzen wir der Einfachheit halber  $\angle CBE = \alpha$ ;  $\angle BCD = \beta$ ;  $\angle AOM = \alpha'$  und  $\angle AMO = \beta'$ , so ist  $\angle \alpha = \alpha'$  und  $\angle \beta = 180 - \beta'$  als Winkel, deren Schenkel auf einander senkrecht stehen. Da nun  $\varepsilon = BC \sin \alpha$  und  $\delta = BC \sin \beta$  ist, so erhalten wir:

$$\frac{\varepsilon}{\delta} = \frac{BC \sin \alpha}{BC \sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{d}{p}.$$

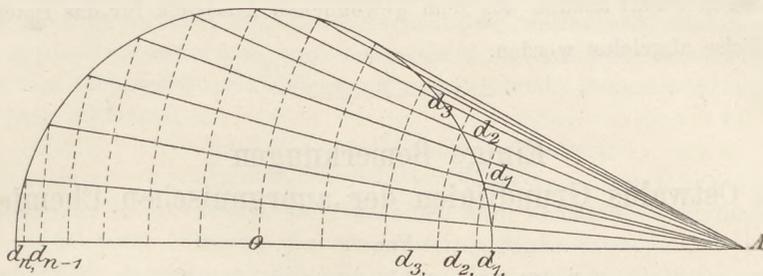


Fig. 2.

Es kann also statt  $2r\pi\sigma \sum \frac{\varepsilon}{d}$  auch  $2r\pi\sigma \sum \frac{\delta}{p}$  oder  $\frac{2r\pi\sigma}{p} \Sigma \delta$  gesetzt werden;  $\Sigma \delta$  ist aber wie aus Figur 2 hervorgeht gleich dem Durchmesser der Kugel; also ist

$$P = \frac{2r\pi\sigma}{p} \cdot 2r = \frac{4r^2\pi\sigma}{p}.$$

Bezeichnen wir die Grösse  $4r^2\pi\sigma$ , welche die gesamte auf der Kugel befindliche Masse darstellt, mit  $E$ , so ergibt sich für das Potential der Ausdruck  $P = \frac{E}{p}$ . Genau in derselben Weise kann das Potential für den Fall abgeleitet werden, daß der Punkt  $A$  innerhalb der Kugelschale gelegen ist. Bezeichnen wir in Figur 3 in Übereinstimmung mit der früheren

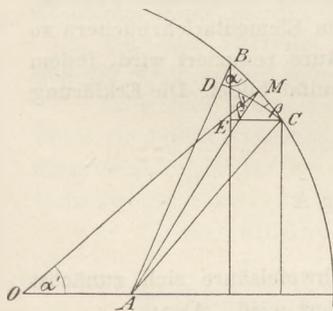


Fig. 3.

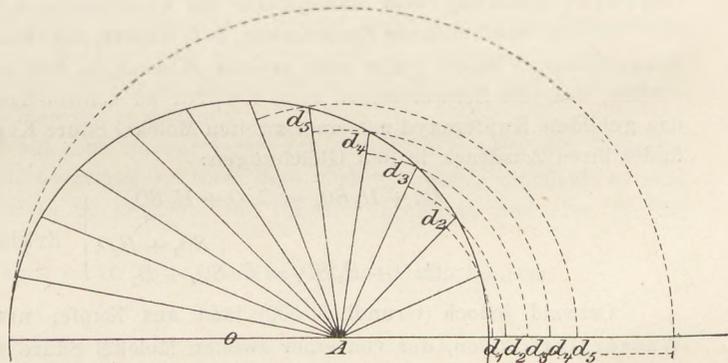


Fig. 4.

Bezeichnungsweise die Strecken  $OM$  mit  $d$ ,  $OA$  mit  $p$ ,  $CE$  mit  $\varepsilon$  und  $BD$  mit  $\delta$ , ferner die Winkel  $CBD$  mit  $\alpha$ ,  $BCD$  mit  $\beta$ ,  $AOM$  mit  $\alpha'$  und  $AMO$  mit  $\beta'$ , so ist:

$$\frac{\varepsilon}{\delta} = \frac{BC \sin \alpha}{BC \sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{d}{p}$$

da  $\angle \alpha = \alpha'$  und  $\angle \beta = \beta'$  als Winkel, deren Schenkel auf einander senkrecht stehen. Es ergibt sich daher für das Potential der Ausdruck:

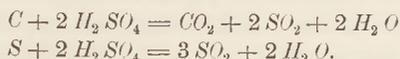
$$P = 2r\pi\sigma \sum \frac{\varepsilon}{d} = 2r\pi\sigma \sum \frac{\delta}{p} = \frac{2r\pi\sigma}{p} \Sigma \delta.$$

$\Sigma \delta$  ist aber wie Fig. 4 zeigt  $= 2p$ , daher



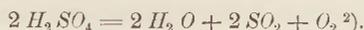
scheint auch Ostwald zu meinen (S. 88, vergl. S. 300). Dennoch ist es niemandem besser als Ostwald bekannt, daß verdünnte und konzentrierte Schwefelsäure zwei verschiedene Stoffe sind, indem erstere Ionen enthält, letztere aber aus nicht gespaltenen Molekeln  $H_2SO_4$  besteht<sup>1)</sup>. Man ist daher vom modernen Standpunkte keineswegs gezwungen, die Wirkung von verdünnter und von konzentrierter Säure einheitlich zu betrachten; vielmehr sollte man das Gegenteil thun und die Wirkungen als zwei Reaktionen auffassen, bis das nähere Studium der Verhältnisse uns eines anderen belehrt hat. Man kann die Einheitlichkeit auch anderswo suchen, und dies werde ich jetzt zeigen.

4. Es giebt in der That eine bekannte Reaktion, welche wohl mancher als für diese Diskussion entscheidend betrachten wird. Ich meine die Wirkung der konzentrierten Schwefelsäure auf einige Nichtmetalle wie Kohlenstoff und Schwefel. Bekanntlich bilden sich dabei die Oxyde jener Elemente:



Offenbar wird jeder Versuch, die Thatsachen nach Erklärung B zu deuten, scheitern; nur auf die oxydierende Wirkung der konzentrierten Säure kann geschlossen werden, auf die hydrogenierende dagegen gar nicht. Es ist also nicht möglich, die Wirkung der Schwefelsäure als eine prinzipiell hydrogenierende einheitlich aufzufassen; wohl aber gelingt es leicht, die oxydierende Wirkung für konzentrierte Schwefelsäure durchzuführen, und also die diesbezüglichen Erscheinungen einheitlich vorzutragen.

5. Es ist sogar möglich, letztgenannte Erklärung mit einer anderen Reaktion der konzentrierten Schwefelsäure zu verknüpfen und aus derselben herzuleiten. Bekanntlich zerfällt die Schwefelsäure bei sehr hoher Temperatur nach:



Nicht alle Teile des Sauerstoffs also sind in der Molekel mit gleicher Kraft gebunden; jede Grammmolekel enthält ein Grammatom Sauerstoff in relativ freiem Zustande: es wird diese Menge Sauerstoff am meisten sich bestreben, oxydierend zu wirken.

Nach der zwar altertümlichen, keineswegs aber wertlosen Regel der gleichzeitig verlaufenden Reaktionen kann man jetzt sagen: bei hoher Temperatur spaltet sich ein Teil des Sauerstoffs in freiem Zustande ab; derselbe Teil wird sich bei niedriger Temperatur abspalten, wenn ihm die Gelegenheit dargeboten ist, sofort eine Oxydation auszuüben.

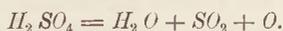
Und also wäre die Wirkung der konzentrierten Säure auf Metalle und Nichtmetalle aus der Spaltung bei hoher Temperatur hergeleitet.

6. Meines Erachtens also soll man darauf verzichten, alle Wirkungen der Schwefelsäure einheitlich aufzufassen und vorzutragen. Nach dem vorhergehenden empfiehlt es sich, diese Wirkungen auf zwei Weisen zu deuten: eine für die verdünnte und eine für die konzentrierte Säure.

1. Die verdünnte Säure wirkt hydrogenierend nach dem Schema:



2. Die konzentrierte Säure wirkt zunächst oxydierend nach dem Schema:



Die Wirkung führt bei den Nichtmetallen zu den Oxyden und geht nicht weiter; bei den Metallen wird das zunächst gebildete Oxyd von einer neuen Menge Säure in das entsprechende Salz umgewandelt. Die Oxydation hat ihr konkretes Urbild in der Zersetzung der konzentrierten Säure bei starker Erhitzung.

Wenn die Schüler weit genug in der Chemie fortgeschritten sind, kann der Lehrer darauf hinweisen, daß die verdünnte Säure Ionen enthält, die konzentrierte Säure dagegen nur ungespaltene Molekeln, daß also die verdünnte und die konzentrierte Säure als zwei verschiedene Stoffe zu betrachten sind.

<sup>1)</sup> S. 296: „die reine Säure  $H_2SO_4$  leitet den Strom fast gar nicht“.

<sup>2)</sup> Auch angeführt in den „Grundlinien“, S. 292.

7. Auch was die Salpetersäure betrifft, glaube ich, daß Ostwald der hydrogenierenden Wirkung zu viel Platz einräumt. Gleichungen giebt er nicht, aber aus seinen Worten erhellt, daß er sich die Wirkung der Salpetersäure auf Metalle nach seiner oben diskutierten Auffassung der Schwefelsäure denkt.

Das Sachverhältnis ist in diesem Falle weniger klar, weil auch sogenannte starke Salpetersäure schon viele Ionen enthält. Doch glaube ich, daß man auch für die Wirkung auf Kupfer diese Säure am zweckmäßigsten als ein Oxydationsmittel betrachtet. Die Molekel  $HNO_3$  spaltet so leicht Sauerstoff ab, daß gar nicht einzusehen ist, warum sie das Kupfer nicht oxydieren sollte. Zwar ist für Zink die Zwischenbildung von Wasserstoff mit zehnprozentiger Säure nachgewiesen; bei der Lösung des Kupfers dagegen bildet sich keine Spur Ammoniumnitrat, indem, wie Dr. van Bylert gezeigt hat<sup>3)</sup>, äußerst verdünnte Säure das Kupfer gar nicht angreift. Auch ist es jedem Chemiker wohlbekannt, daß Zinn, wenn die Säure nicht äußerst verdünnt ist, von Salpetersäure oxydiert wird, und daß es sich mit mehreren Nichtmetallen ebenso verhält. Es ist also unmöglich, die Wirkung der Salpetersäure auf Elemente einheitlich zu erklären, und meines Erachtens soll man eine Theorie vortragen für äußerst verdünnte Salpetersäure und eine andere für die mehr konzentrierte Säure. In dieser Weise gewinnt man wenigstens eine einheitliche Betrachtung für Schwefelsäure und Salpetersäure.

## Physikalische Aufgaben.

1. Auf einer Wagschale steht ein hohes Cylindergefäß mit Wasser. Das Gefäß hat oben einen Bügel, und an diesem hängt an einem dünnen Faden eine Bleikugel so, daß sie nur wenig unter dem Wasserspiegel schwebt. Die Wage ist äquilibrirt. Nun brennen wir den Faden durch, sodaß die Kugel zu Boden sinkt. Was wird geschehen?

Zunächst vereinfachen wir die Lage dadurch, daß wir das Gefäß in Gedanken nicht an eine gewöhnliche Wage, sondern an eine ideelle Federwage hängen. Die Gewichte von Gefäß, Wasser und Bleikugel bezeichnen wir mit  $P_1 P_2 P_3$ . Die Federwage soll keine Masse haben und das System Gefäß — Wasser — Kugel mit der constanten Kraft  $P_1 + P_2 + P_3$  nach oben ziehen, in welche Höhe auch immer wir das System bringen.

Nun betrachten wir die Kräfte, die auf das Gefäß wirken. Das Gewicht des von der Kugel verdrängten Wassers bezeichnen wir mit  $p$ . Dann wirkt die im Wasser schwebende Kugel durch Vermittlung des Fadens und Bügels auf das Gefäß mit der Kraft  $P_3 - p$  nach unten. Sodann drückt das Wasser bekanntlich den Boden des Gefäßes mit der Kraft  $P_2 + p$  nach unten. Die Erde zieht das Gefäß mit der Kraft  $P_1$  nach unten, und die Federwage zieht das Gefäß mit der Kraft  $P_1 + P_2 + P_3$  nach oben. Andere Kräfte wirken nicht auf das Gefäß. Die Summe dieser Kräfte ist:  $(P_3 - p) + (P_2 + p) + P_1 - (P_1 + P_2 + P_3) = 0$ .

Wir führen nun zwei Hilfskräfte ein: Wir nehmen an, daß auf den Gefäßboden die Kraft  $+ P_2 + P_3$  nach unten, und die gleiche und entgegengesetzte Kraft nach oben wirkt. Jetzt können wir die vorhandenen Kräfte in folgender Weise gruppieren. Wir nehmen an, daß die Erde das Gefäß nicht nur mit der Kraft  $P_1$ , sondern auch noch mit der Kraft  $P_2 + P_3$  nach unten zieht. Diese drei Kräfte werden durch den ganz unveränderlichen Zug der Federwage genau paralytisiert. Kugel und Wasser aber werden nicht durch die Erde, sondern durch den Gefäßboden mit den Kräften  $P_3$  und  $P_2$  angezogen. Bei dieser Gruppierung sind die Anziehungen zwischen Kugel und Boden und zwischen Wasser und Boden innere Kräfte; die einzigen vorhandenen äußeren Kräfte sind die Anziehung der Erde und der Zug der Federwage, die beide auf das Gefäß wirken und sich gegenseitig aufheben. Einander aufhebende Kräfte können wir aber weglassen, und so haben wir das System

<sup>3)</sup> Zeitschrift für physikalische Chemie, XXXI (Jubelband) S. 103.

Gefäß — Wasser — Kugel auf ein freies (von keinen äußeren Kräften beeinflusstes) System reduziert, in dem nur innere Kräfte vorhanden sind.

Nun brennen wir den Faden ab, die Kugel sinkt. Wir können drei Perioden unterscheiden. In der ersten Periode sinkt die Kugel beschleunigt, in der zweiten Periode sinkt sie mit constanter Geschwindigkeit, in der dritten Periode sinkt sie verzögert bis zum Stillstand. Nun wenden wir das Prinzip der Beharrung des Schwerpunktes an, da es sich um ein freies System handelt. Wenn die Bleikugel sich infolge der Anziehung des Gefäßbodens nach unten bewegt, muß notwendig das Gefäß mit dem Wasser eine Gegenbewegung nach oben machen, da sonst der Systemschwerpunkt verschoben würde, und die Bewegungen von Kugel und Gefäß sind notwendig proportional symmetrisch. Das Gefäß wird sich also erst beschleunigt, dann gleichförmig, endlich bis zum Stillstand verzögert nach oben bewegen.

Wir untersuchen nun die Kräfte, die auf das Gefäß während des Sinkens der Kugel wirken. Von den vor dem Abbrennen auf das Gefäß wirkenden Kräften ist durch das Abbrennen die nach unten wirkende Kraft  $P_3 - p$  der Kugel verschwunden, weil der vermittelnde Faden nicht mehr da ist. Andererseits tritt eine neue Kraft auf: der Druck  $q$ , den das Wasser, von der sinkenden Kugel gedrängt und getrieben, nach unten auf den Gefäßboden ausübt. Wir wollen diesen Druckzuwachs des Wassers den Widerstandsdruck nennen, um einen Namen zur Hand zu haben. Wenn also vor dem Abbrennen die Summe der auf das Gefäß wirkenden Kräfte gleich Null war, so wirkt nach dem Abbrennen während des Sinkens der Kugel auf das Gefäß die effektive Kraft  $q - (P_3 - p)$ . Während des beschleunigten Steigens des Gefäßes ist also der Widerstandsdruck  $q$  kleiner als  $P_3 - p$ , d. h. die Resultierende der beiden Kräfte wirkt auf das Gefäß beschleunigend nach oben; während der gleichförmigen Bewegung ist  $p = P_3 - p$ , und während der verzögerten Bewegung des Gefäßes ist  $q > (P_3 - p)$ . Nun ist  $P_3 - p$  der Druck, den die Kugel auf den Gefäßboden ausübt, wenn sie ruhig auf dem Boden liegt. Wir haben also das Resultat: so lange die Kugel mit constanter Geschwindigkeit sinkt, ist der Druck, den sie durch Vermittlung des Wassers auf den Boden ausübt, genau so groß, als läge sie bereits auf dem Boden. Er ist kleiner oder größer, wenn die Kugel beschleunigt oder verzögert sinkt. Diese Gesetze sind unabhängig von der Weite des Gefäßes.

Diese Gesetze liefern eine wichtige Differentialgleichung für die Gesetze des Widerstandes des Mittels in geschlossenen Gefäßen, doch gehen wir nicht darauf ein.

Wenn das Gefäß also an der ideellen Federwage hängt, dann macht es während des Sinkens der Kugel einen dem Kugelwege proportionalen Weg nach oben. Das Verhältnis der Wege kann leicht aus den Massen von Gefäß, Wasser und Kugel berechnet werden. Wenn aber das Gefäß an einer gewöhnlichen Wage hängt, dann tritt etwa dasselbe ein, wie wenn man einem ruhig hängenden Pendel einen Schlag nach rechts, und nach einiger Zeit einen gleichen und entgegengesetzten Schlag nach links versetzt. Die resultierenden Schwingungen verfolgen wir nicht.

Wenn nicht eine schwere Kugel im Gefäß von oben nach unten sinkt, sondern eine leichte Kugel von unten nach oben steigt, dann wird das Gefäß — ebenfalls steigen. Wir entwickeln aber diesen Gedanken nicht weiter.

In strenger mathematischer Behandlung gestaltet sich die Sache folgendermaßen: Wir setzen zunächst voraus, daß das Gefäß auf einem Tische stehe, und untersuchen, um wieviel sich während des Sinkens der Kugel der Druck des Systems Gefäß + Wasser + Kugel auf den Tisch vermindert.

Wir gehen von folgendem allgemeinen Satz aus: Wenn der Schwerpunkt eines Systems von der Gesamtmasse  $M$  eine nach unten gerichtete Beschleunigung  $d^2z/dt^2$  zeigt, dann ist notwendig die Resultierende der auf das System wirkenden äußeren vertikalen Kräfte gleich  $M \cdot d^2z/dt^2$ . Auf unser System Gefäß + Wasser + Kugel wirken nur zwei äußere Kräfte: Die Anziehung der Erde im Betrage  $P = Mg$  (wenn  $M$  die Masse des Systems ist) und die entgegengesetzt gerichtete Kraft  $P'$ , mit der der Tisch das System nach oben drückt. Wenn also während des Sinkens der Kugel der Systemschwerpunkt

eine Beschleunigung  $\delta^2 z / \delta t^2$  nach unten zeigt, dann ist die gesuchte Verminderung  $\Delta P$  des Druckes auf den Tisch:

$$P - P' = M \frac{\delta^2 z}{\delta t^2}.$$

Die Kugel befinde sich in irgend einem Momente an der gezeichneten Stelle (s. Fig.). Wir unterscheiden in der Kugel eine Masse gleich der Masse des verdrängten Wassers, und einen Massenüberschufs  $\mu$ . Der Schwerpunkt von  $\mu$  ist im Mittelpunkt  $c$  der Kugel; der Schwerpunkt der übrigen Masse  $M - \mu$  sei in  $C$ , und dort bleibt er, wo auch die Kugel im Wasser sein mag. Das Centrum  $c$  befinde sich in der Tiefe  $\zeta$  unter  $C$ . Der Systemschwerpunkt  $O$  liegt zwischen  $C$  und  $c$  in der Tiefe  $z$  unter  $C$ , und seine Lage ist bestimmt durch:

$$(M - \mu)z = (\zeta - z)\mu \text{ oder: } Mz = \mu\zeta.$$

Hieraus folgt:

$$M \frac{\delta^2 z}{\delta t^2} = \mu \frac{\delta^2 \zeta}{\delta t^2}.$$

Auf der rechten Seite steht die Kraft, die dem Massenüberschufs  $\mu$  die Beschleunigung  $\delta^2 \zeta / \delta t^2$  gäbe. Es gilt also:

$$\Delta P = \mu \frac{\delta^2 \zeta}{\delta t^2}.$$

Der Druck auf den Tisch ist also um  $\Delta P$  vermindert, so lange die Kugel beschleunigt sinkt; er ist derselbe, als läge die Kugel schon auf dem Boden, so lange die Kugel mit constanter Geschwindigkeit sinkt; er ist vergrößert, während die Kugel stehen bleibt, also im letzten Moment.

Das System Gefäß + Wasser + Kugel hänge nun an einer idealen Federwage, die keine Masse hat, und die das System in jeder Höhe mit der Kraft  $P = Mg$  nach oben zieht. Das System ist dann zwei gleichen und entgegengesetzten äußeren Kräften ausgesetzt: der Anziehung der Erde und der Kraft der Feder. Das System kann also, soweit es sich um vertikale Bewegungen handelt, als frei angesehen werden. Dann kann der Schwerpunkt seinen Ort etwa in Folge der Bewegung der Kugel nicht ändern. Im ersten Moment, wenn die Kugel noch am Faden hängt, befinde sich der Schwerpunkt  $c$  des Massenüberschusses  $\mu$  in der Höhe  $\zeta_1$  über dem Systemschwerpunkt, und der Schwerpunkt  $C$  der übrigen Masse  $M - \mu$  in der Tiefe  $z_1$  unter dem Systemschwerpunkt. Es gilt dann:

$$\mu\zeta_1 = (M - \mu)z_1.$$

Im letzten Moment, wenn die Kugel schon auf dem Boden liegt, seien die entsprechenden Entfernungen  $\zeta_2$  und  $z_2$ , u. zw. oben  $C$  und unten  $c$ . Wir haben dann:

$$\mu\zeta_2 = (M - \mu)z_2.$$

Wir addieren die zwei Gleichungen und setzen  $\zeta_1 + \zeta_2 = \zeta$ ,  $z_1 + z_2 = z$ . Dann ist  $z$  die Verschiebung des Schwerpunktes  $C$  im Raume, also die gesuchte Strecke, um die sich das Gefäß während des Senkens der Kugel hebt, und  $\zeta$  ist die Strecke, die die Kugel im Raume zurücklegt. Es gilt dann:

$$\mu\zeta = (M - \mu)z.$$

Wenn der im Gefäß gemessene Weg der Kugel gleich  $Z$  ist, dann ist  $\zeta = Z - z$ , weil sich während des Senkens der Kugel der Gefäßboden um  $z$  hebt, und wir können auch schreiben:

$$\mu(Z - z) = (M - \mu)z \text{ oder: } \mu Z = Mz \text{ oder: } z = \frac{\mu}{M} Z.$$

Dieses  $z$  ist die gesuchte Verschiebung des Gefäßes.

2. Der Achsendruck der Atwoodschen Fallmaschine ist bei laufendem Rade um  $\Delta$  kleiner, als bei arretiertem Rade. Diese Achsendruckverminderung  $\Delta$  soll berechnet werden.

Erste Lösung: An der Schnur hängen die Massen  $m + \mu$  und  $m$ , wo  $\mu$  die Masse des Übergewichtes ist. Wir suchen zunächst die Beschleunigung des Schwerpunktes des Massensystems  $2m + \mu$ .

Die Massen  $m$  und  $m + \mu$  befinden sich anfänglich in gleicher Höhe im Niveau  $n$ . Wenn von hier aus beide Massen die Wege  $z$  zurückgelegt haben, so befinde sich der Systemschwerpunkt in der Tiefe  $\zeta$  unter der Ebenhöhe  $n$ . Es gilt dann für  $\zeta$  die Bedingung:

$$(m + \mu)(z - \zeta) = m(z + \zeta), \text{ oder } \mu z = (2m + \mu)\zeta.$$

Hieraus folgt:

$$\mu \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = (2m + \mu) \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}.$$

Für  $\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}$  gilt bekanntlich:  $(2m + \mu) \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \mu g$ , daher wird

$$\frac{\mu^2 g}{2m + \mu} = (2m + \mu) \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}.$$

Die rechte Seite, das Produkt der Systemmasse und der Schwerpunktbeschleunigung, ist aber die auf das System wirkende äußere beschleunigende Kraft  $\Delta$ , oder die resultierende der auf das System wirkenden äußeren Kräfte.

Auf das System  $2m + \mu$  wirken zwei äußere Kräfte: die Schwere wirkt mit der Kraft  $P = (2m + \mu)g$  nach unten, und der Gegendruck  $P'$  des Achsenlagers wirkt nach oben. Der Unterschied  $P - P'$  ist die beschleunigende Kraft  $\Delta = (2m + \mu) \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}$ . Nun ist  $P - P'$  nichts anderes, als die Achsendruckverminderung des laufenden Rades. Diese Achsendruckverminderung ist also nach obiger Formel:

$$\Delta = \frac{\mu^2 g}{2m + \mu}.$$

Zweite Lösung: Zwei Massen  $m_1$  und  $m_2$  seien durch einen gradlinig ausgestreckten Faden  $f$  verbunden. Auf die Massen wirken zwei entgegengesetzte Kräfte  $p + \Delta p$  und  $p$ .



Die beiden Kräfte  $p$  heben einander auf, haben auf die Bewegung der Massen keinen Einfluss und geben nur dem Faden die Spannung  $p$ . Die Kraft  $\Delta p$  dagegen verursacht Bewegung und verleiht dem Faden die Spannung  $x$ . Diese Spannung soll berechnet werden.

Die allgemeine Gleichung  $m v = p t$  lautet, auf die beiden Massen  $m_1$  und  $m_2$  umgeschrieben:

$$m_1 v = (p - x) t, \quad m_2 v = x t.$$

Da  $v$  und  $t$  für beide Massen denselben Wert haben, so finden wir durch Elimination von  $v$  und  $t$ :

$$x = \frac{m_2 \Delta p}{m_1 + m_2}$$

Wir wenden das Resultat auf die Fallmaschine an, wo der Faden  $f$  um die Rolle geführt ist, und wo wir setzen können:

$$m_1 = m + \mu, \quad m_2 = m, \quad p = m g, \quad \Delta p = \mu g.$$

Die gesamte Fadenspannung ist dann:

$$p + x = m g + \frac{m \mu g}{2m + \mu},$$

und der Achsendruck ist bei laufender Schnur doppelt so groß, da die Schnur zwei Schenkel hat. Bei arretiertem Rade ist der Achsendruck gleich  $2m g + \mu g$ .

Die Druckverminderung  $\Delta$  bei laufendem Rade ist also:

$$\Delta = \mu g - \frac{2m \mu g}{2m + \mu} \text{ oder: } \Delta = \frac{\mu^2 g}{2m + \mu}.$$

3. Aufgabe und Experiment über den Stofs zweier Elfenbeinkugeln\*). Aufser dem bekannten Apparate mehrerer Elfenbeinkugeln von gleicher Gröfse, welche so neben einander biflar aufgehängt sind, dafs sie in gerader Linie stehend sich gerade berühren, sieht man auch zuweilen 2 oder 3 solche Kugeln von ungleicher Gröfse nebeneinander gehängt.

So einfach die erstere Vorrichtung die Übertragung und (nahezu) Erhaltung der kinetischen Energie veranschaulicht, so wenig, hat es den Anschein, kann man mit den 2 ungleichen Kugeln anfangen, wenn man sich nämlich nicht mit einem Mehr oder Weniger begnügt, sondern eine Messung zur Controlle der Berechnung anstrebt.

Zu diesem Behufe habe ich neuerdings die Ausweichung  $e_1$  der kleineren Kugel  $m_1$  auf dem Bodenbrette des Apparates markiert und den Ausschlag  $e_2'$  der gröfseren, den diese durch den Stofs der kleineren vom Ruhezustande aus erfährt, sowie den Rückprall  $e_1'$  der kleineren. Nach den bekannten, nun zu verifizierenden Formeln ist

$$e_1' = \frac{(m_1 - m_2) e_1 + 2 m_2 e_2}{m_1 + m_2}$$

und  $e_2'$  analog mit Vertauschung der Suffixe 1 und 2 im vorigen Quotienten.

Vom Pendel und der schiefen Ebene her (beziehungsweise aus der Lehre vom Kreise) wissen oder wiederholen die Schüler

$$e_1^2 = 2g h_1 = 2g \frac{e_1^2}{2l - h_1},$$

wobei  $h_1$  gegenüber der doppelten Pendellänge gestrichen werden darf. Ferner ist  $e_2$  Null.

Wie  $e_1 = e_1 \sqrt{g:l}$ , so ist auch  $e_1' = e_1' \sqrt{g:l}$  und  $e_2' = e_2' \sqrt{g:l}$ . Demnach

$$e_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} e_1 \quad \text{und} \quad e_2' = \frac{2 m_1 e_1}{m_1 + m_2}.$$

Die Abwägung der beiden Kugeln ergab bei vorliegendem Apparate  $m_2 = 3 m_1$ , also

$$e_1' = -\frac{e_1}{2} \quad \text{und} \quad e_2' = \frac{e_1}{2}.$$

Wirklich war  $e_1 = 14$  Centimeter und  $e_1'$  sowie  $e_2'$  vom Zeichen abgesehen gleich 7.

Prof. Dr. Kurz, Fürth.

4. Akustisches Rätsel. Bei Wiederholung des von mir im Hefte IV, Jahrgang 1895 dieser Zeitschrift mitgetheilten Schülerversuches aus der Akustik (Beruhigung der Meereswellen durch Öl) beobachtete ich folgende Erscheinung. Ich verwendete statt einer Blechschale ein Blechkasserol, das einen feinen Sprung hatte, aus welchem das Wasser langsam in Tropfen sickerte. Im selben Augenblick, als ich das auf ein Trinkglas gestellte Gefäfs mit Hilfe eines Violinbogens zum Tönen brachte, sprang aus der Spalte ein kräftiger continuiertlicher Wasserstrahl hervor.

Siegmund Kraus, Wien.

## Kleine Mitteilungen.

### Ein neuer Vorlesungsversuch zur Demonstration des osmotischen Druckes.

Von Dr. A. Schweitzer, Privatdozent am Polytechnikum in Zürich.

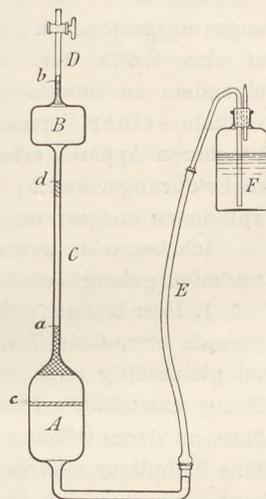
C. Brown hat in den Proc. Roy. Soc. Edinburgh 22, p. 439–40 gezeigt, dafs man bei dem bekannten Versuche von W. Nernst zur Demonstration des osmotischen Druckes statt der feststehenden in einer Membran suspendierten, semipermeablen Schicht auch eine bewegliche benützen kann. Er nahm ein cylindrisches Gefäfs, füllte dies zum Teil mit einer Lösung von Calciumnitrat und Phenol in Wasser, auf diese wurde eine mit Wasser gesättigte Phenolschicht als semipermeable Membran aufgetragen und über diese mit Phenol gesättigtes

\*) Eine Mitteilung über Verwandtes s. Jahrg. 1893 S. 252 u. 253.

Wasser geschichtet. Die Phenolschicht stieg sodann infolge des osmotischen Druckes allmählich in die Höhe.

So einfach und klar auch dieser Versuch ist, so ist er doch in dieser Form für eine Vorlesungs-Demonstration nicht brauchbar. Die Zeit, die zu einer sichtbaren Verschiebung der Phenolschicht benötigt wird, ist nämlich zu groß. Bei Wiederholung des Versuches konnte ich in 24 Stunden trotz der günstigsten Bedingungen im besten Falle nur eine Steighöhe von 3–4 mm constatieren. Nach verschiedenem Probieren gelang es mir jedoch, eine Anordnung zu treffen, mit welcher man bereits in fünf Minuten eine deutlich sichtbare Verschiebung der Phenolschicht leicht nachweisen kann.

Zu diesem Zwecke liefs ich mir den in der Fig. abgebildeten Apparat bauen. Ein cylindrisches Glasgefäß *A* (Durchmesser  $d = 7$  cm, Höhe  $h = 10$  cm) ist durch eine dickwandige Glasröhre *C* ( $d = 3$  mm, Länge  $l = 30$ – $40$  cm) mit einem zweiten cylindrischen Gefäß *B* ( $d = 7$  cm,  $h = 6$  cm) verbunden. An das Gefäß *B* ist oben noch eine kurze Glasröhre *D* ( $d = 3$  mm,  $l = 10$  cm) angesetzt, die durch einen Glashahn verschließbar ist. Das Gefäß *A* geht unten in eine U-förmige Röhre ( $d = 1$  cm) über, die durch einen Gummischlauch *E* mit der Flasche *F* verbunden ist. Letztere ist mit einem Korke verschlossen, durch welchen die mit dem Gummischlauch verbundene, bis zum Boden der Flasche reichende und eine zweite, kurze, zu einer Spitze ausgezogene Glasröhre geht.



Ich will nun zunächst beschreiben, wie der Apparat zu dem Versuche vorbereitet wird. Er wird senkrecht aufgestellt, und sodann das Gefäß *A* ganz und die Flasche *F* zur Hälfte mit einer concentrirten Lösung von Calciumnitrat in mit Phenol gesättigtem Wasser gefüllt. Hierauf trägt man auf diese Lösung durch das Gefäß *B* ca. 5 cm mit Wasser gesättigtes Phenol auf, über dieses schichtet man mit Phenol gesättigtes Wasser, bis das Gefäß *B* fast voll ist, und endlich giebt man auf das Wasser noch eine dünne Schicht irgend eines dunklen Öles. Das Phenol färbt man zur deutlicheren Sichtbarkeit mit einem Farbstoff (z. B. Eosin); die dunkle Ölschicht dient nur zur sichtbaren Markierung der Oberfläche des Wassers.

Das Phenol färbt man zur deutlicheren Sichtbarkeit mit einem Farbstoff (z. B. Eosin); die dunkle Ölschicht dient nur zur sichtbaren Markierung der Oberfläche des Wassers.

Nun wird die Flasche *F* so gestellt, daß das Phenol in einem feinen Faden von unten auf einige Centimeter in die Capillare *C* (z. B. bis Marke *a*) und die Ölschicht in die Capillare *D* (z. B. bis Marke *b*) hineinragt, sodann wird der Glashahn geschlossen. Der Apparat ist nun zu dem Versuche vorbereitet und kann so längere Zeit aufbewahrt werden, da durch die mehrere Centimeter dicke Phenolschicht ein Diffundieren des Wassers zur Lösung nur äusserst langsam vor sich geht.

Um den Versuch nun selbst vorzunehmen, markiert man zunächst die Stellungen *a* und *b*, öffnet den Hahn *D* und senkt sodann die Flasche *F* soweit, bis die Phenolschicht sich ca. in der Mitte des Gefäßes *A* bei der Marke *c* befindet. Die Schicht muß bei dieser Stellung noch eine Dicke von mindestens  $1\frac{1}{2}$  mm haben, da sie sonst leicht Löcher bekommt. Beim Herablassen muß man sehr vorsichtig vorgehen, damit der durch die Capillare in das Gefäß *A* dringende Wasserstrahl die Phenolschicht nicht durchstößt. Die zu einer Spitze ausgezogene, im Korke der Flasche *F* befindliche Glasröhre dient hierbei als Bremse, weiterhin kann man mit dem Glashahne noch regulieren. Bei einiger Übung wird man leicht in 1 bis 2 Minuten das Senken der Phenolschicht mit voller Sicherheit vornehmen können. Man läßt nun die ganze Vorrichtung einige Minuten (2 bis 3) so stehen. Da die Phenolschicht dünn und der Querschnitt groß ist, so wird ein verhältnismäßig großes Volumen von Wasser in die Lösung eintreten; um nun diese Volumenverminderung sichtbar zu machen, hebt man das Gefäß *F* so weit, bis die Ölschicht wieder die Marke *b* erreicht. Die Phenolschicht wird sodann um viele Centimeter über der Marke *a* stehen (z. B. bei der Marke *d*). Die

Höhendifferenz  $a d$  giebt sodann ein Maß für die Volumenverminderung des Wassers und somit ein Bild der Wirkung des osmotischen Druckes.

Ich habe bei vielen Versuchen bereits in 5 Minuten (die Zeit zum Senken und Heben der Phenolschicht mitgerechnet) stets eine Höhendifferenz von 30 bis 40 cm erhalten.

### Leuchtgasexplosionen.

Eine Erwiderung von Dr. F. Scriba, Darmstadt.

Im 3. Heft des 14. Jahrgangs dieser Zeitschrift hat Herr Prof. Rosenfeld einen Aufsatz veröffentlicht, der Leuchtgasexplosionen zum Gegenstand hat. Verf. benutzt anstatt der von Heumann und mir angewandten dreihalsigen Flasche einen Apparat, der aus dem unteren Teil eines Kippschen Gasentwicklers besteht, also in der Mitte durch eine tiefe Einschnürung in zwei Kugeln geteilt ist. Auf Grund seiner Ergebnisse wendet sich der Verf. gegen Folgerungen, die ich in meiner Arbeit über denselben Gegenstand im 5. Heft des 13. Jahrganges ausgesprochen hatte. Ohne nochmals genauer hierauf einzugehen, und ohne mich auf eine Kritik der Versuche des Herrn Prof. Rosenfeld einzulassen, gedenke ich in Folgendem zu beweisen, daß sämtliche Einwendungen hinfällig sind, und daß Verf. die Resultate seiner Versuche irrtümlicher Weise auf die mit einem ganz andern, wesentlich einfacheren Apparat erhaltenen überträgt. Ich kann mich daher keineswegs entschließen, den Erklärungsversuch, den ich in obigem Aufsatz für die durch Kugelröhren verstärkten Explosionen ausgesprochen habe, auf Grund dieses Materials aufzugeben.

Ich betrachte zunächst „die Umstände, durch deren Nichtbeachtung“ ich zu unrichtigen Resultaten gelangt sein soll.

1. Herr Rosenfeld sagt: „Bei der gewöhnlichen Stellung des Rohres im Heumannschen Apparate brennt ein Teil des Gases ab, ohne daß Luft in die Flasche gesaugt wird, weil gleichzeitig auch ein Teil des Leuchtgases durch die nach oben gerichtete seitliche Öffnung entströmt.“ Dies ist gänzlich unmöglich, denn das Leuchtgas strömt durch die Röhre, an deren Öffnung es verbrennt, nur aus, weil die spezifisch schwerere Luft durch die offene Tubulatur eindringt und das Gas durch die obere Öffnung hinausdrängt. Ebenso gut könnte aus einer mit Öl gefüllten Flasche, die unter Wasser geöffnet wird, Öl ausströmen, ohne daß Wasser eindringt, was ohne weiteres als unmöglich erscheint. Es dringt dem Volumen nach genau so viel Luft ein, als Leuchtgas verbrennt — wie der Versuch zeigt, eine recht große Menge. Es ist übrigens sehr leicht, sich zu überzeugen, daß aus dem offenen Tubulus durchaus kein entzündbares Gas ausströmt, wohl aber läßt sich durch ein dicht über diese Öffnung gehaltenes Stückchen brennenden Zunders zeigen, daß schon von Anfang an Luft eindringt, zunächst zu Boden sinkt und sich allmählich mit dem Inhalt der Flasche vermischt. Daß sich deshalb nicht „durch Diffusion an der Oberfläche zwischen der Öffnung und der saugenden Röhre eine geringe Menge des explosiven Gemischs“ bildet, sondern daß nach einiger Zeit in der ganzen Flasche ein explosives Gemisch entsteht, ist klar und wird sich aus dem Folgenden noch deutlicher ergeben. Viel eher könnte im unteren Teil der Flasche ein durch Luftüberschuß ungünstigeres Gemenge entstehen.

2. „Daß nach der auf diese Weise hervorgerufenen schwachen Explosion noch unverändertes Leuchtgas vorhanden ist“ beweist der Verfasser mit seinem Apparat (Abb. 3 und 4). Dieser Beweis gilt aber nur für seine Versuchsanordnung, und warum soll nicht in dem unteren, größeren Teil der zweiteiligen Flasche die von oben eindringende Luft sich langsamer mit dem Gas vermischen, sodaß dort ein noch nicht explosives Gemisch vorhanden ist, während in der oberen kleinen Kugel schon eine Explosion stattfindet? In der Woulf-schen Flasche bleibt nach der Explosion kein brennbares Gas übrig, wie ich durch Anwendung einer Flasche bewiesen habe, die außer den oberen Hälsen noch einen in der Nähe des Bodens hat, der während des Versuchs geschlossen bleibt und nachher die Einführung eines brennenden Spans gestattet.

3. Demnach muß auch die Erklärung, die Herr Rosenfeld für die Verstärkung der Explosion durch eine Zweikugelröhre giebt, unzutreffend sein. Er sagt: „Befindet sich bei

der Ausführung des Versuchs im Heumannschen Apparat ein gewöhnliches Rohr, so bildet sich infolge der saugenden Wirkung zuerst in diesem ein explosives Gasgemisch, welches sofort nach dessen Entstehung mit klatschendem Geräusch verpufft, und dadurch die Flamme zum Verlöschen bringt, bevor noch im Apparat selbst ein solch günstiges Gemisch entstanden ist.“ Hiernach fände die Explosion in der Röhre statt, während doch erst am unteren Ende der Röhre die eigentliche, mit Knall verbundene Explosion beginnt und sich bis in den unteren Teil der Flasche fortpflanzt, weil darin jetzt ein günstiges Gemisch entstanden ist. Dafs die etwas gröfsere Menge des in der Doppelkugel enthaltenen Gemischs nicht, wie der Verf. behauptet, die Verstärkung des Knalles bewirkt, geht daraus hervor, dafs der Unterschied zwischen dem Inhalt der gewöhnlichen und der Zweikugelhöhre bei mir noch nicht  $1\frac{1}{2}\%$  des Gesamtinhalts der Flasche beträgt, und weiter daraus, dafs die meisten Einkugelhöhren bei gleichem Inhalt denselben verpuffen lassen, ohne den Inhalt der Flasche zu entzünden, obwohl sich derselbe als explosiv erweist. Der Versuch, den der Verf. zur Stütze seiner Erklärung anführt, beweist nur, dafs bei einer Unterbrechung des Versuchs, ehe genügend Luft in die Flasche eingedrungen ist, noch kein explosives, sondern ein brennbares Gemisch in ihr enthalten ist, was an sich schon unbestreitbar ist. Ich habe niemals behauptet, dafs durch eine Zweikugelhöhre ein nicht explosives Gemisch zur Explosion gebracht werden könne, sondern nur von der Stärke der Explosionen (die wahrscheinlich von der Verbrennungsdauer abhängt) gesprochen und ihre Veränderlichkeit durch Anwendung von verschiedenen Röhren nachgewiesen. Auch jetzt noch habe ich keine andere Ansicht über die Ursache dieser Veränderung gewonnen, als die in meinem früheren Aufsatz als Erklärungsversuch ausgesprochene, besonders nicht durch die Ausführungen des Herrn Prof. Rosenfeld. Zu den drei Bedingungen, von denen nach Rosenfeld die Heftigkeit einer Gasexplosion allein abhängt, lassen sich, selbst wenn der Einflufs der Zündungsart zweifelhaft erscheinen sollte, noch einige weitere hinzufügen, z. B. die Gestalt des Gefäfses, die Vollkommenheit der Mischung (gerade bei obigen Versuchen wichtig), die Temperatur des Gemenges vor der Entzündung etc. Näher hierauf einzugehen verbietet mir der Raum. Trotz dem Widerspruch des Verf. behaupte ich, dafs in dem Verhalten der verschiedenen Röhren (und nur hiervon habe ich diese Bezeichnung gebraucht) sehr verwickelte Verhältnisse vorliegen. Röhren von ganz geringer Verschiedenheit nicht sowohl des Inhalts als vielmehr der Form zeigen ganz verschiedenes Verhalten. Röhren mit birnförmiger Erweiterung pflanzen die Explosion in der Regel nur nach einer Richtung fort, umgekehrt aufgesetzt versagen sie etc.

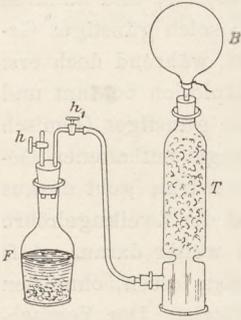
Die Arbeit von Teclu über die Teilung der Flamme habe ich nicht gekannt. Der Aufsatz von Rosenfeld über denselben Gegenstand konnte mir bei Abfassung meiner Arbeit nicht bekannt sein, da beide gleichzeitig (Heft 5 des 13. Jahrg. dieser Zeitschrift) veröffentlicht sind.

---

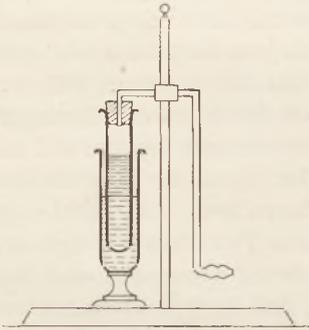
#### Für die Praxis.

Einwirkung von Chlor auf Eisen. Von Prof. M. Rosenfeld in Teschen. Zur Ausführung dieses instruktiven Versuches erhitzt man in einem Proberöhrchen Eisenpulver möglichst stark und streut dasselbe in einen mit Chlor gefüllten Cylinder. Die Vereinigung erfolgt unter lebhafter Lichterscheinung, und die Wände des Cylinders bedecken sich sofort mit braunrotem Chlorid. Man verwendet auf 1 Liter Chlor 2 g Eisen. Das zu diesem Zwecke benutzte Chlor mufs trocken und möglichst frei von Salzsäure sein; man wäscht daher das Gas vor dem Einleiten in den Cylinder zuerst mit Wasser und sodann mit Schwefelsäure. Enthält nämlich das Chlor auch Salzsäure, so ist das entstehende Chlorid in Wasser fast ganz unlöslich, während bei der Einwirkung von Eisen auf reines Chlor nur verhältnismäfsig wenig in Wasser unlösliches Produkt entsteht.

**Füllung von Kautschukballons mit Wasserstoff.** Von Prof. M. Rosenfeld in Teschen. Wenn man Ballons von Kautschuk, wie sie gegenwärtig in den Handel kommen, mit Wasserstoff füllen will, so muß dies unter starkem Drucke geschehen. Zu diesem Behufe bringt man in die Gasentwicklungsflasche *F* (s. Fig.), soviel Zink und verdünnte Schwefelsäure, daß eine heftige Gasentwicklung erfolgt, und leitet den im Trockenturme *T* mit Chlorcalcium getrockneten Wasserstoff solange in den Ballon *B*, bis er sich genügend gefüllt hat und prall geworden ist. Hierauf wird der Hahn *h*<sub>1</sub> geschlossen und der Hahn *h* geöffnet. Der Ballon, welcher an dem Röhrchen des Trockenturmes mittelst eines kleinen umwundenen Kupferdrahtes befestigt ist, wird nun an seinem unteren Ende knapp über dem Röhrchen mit einem Seidenfaden fest zugeschnürt und sodann durch Entfernung des Drahtes abgestreift.



**Zum Versuch über die Verdunstungskälte.** Von Joh. Kleiber in München. Man pflegt sich für diesen Zweck zweier Reagenzgläser zu bedienen, die gut ineinander passen und von denen das innere zu  $\frac{2}{3}$  mit Schwefeläther, das äussere mit Wasser gefüllt ist. Eine rasche Wirkung erzielt man, wenn man das innere mittelst eines durchbohrten Gummipropfens an die Wasserluftpumpe anschliesst; nach 1—2 Minuten ist die dünne Wasserschicht zwischen den beiden Gläsern festgefroren. Vermittelt man den Anschluss des inneren Reagenzglases an die Wasserluftpumpe durch ein vielleicht 50 cm langes Messingrohr, so wird dieses dabei so stark abgekühlt, daß ein nasser Wollfaden daran gefriert. Dies giebt die erwünschte Gelegenheit, auf die Bereitung von Eis in den Eisfabriken hinüberzuleiten.



Der Bequemlichkeit halber wird man als äusseres Reagenzglas ein solches mit Fufs verwenden. Damit das innere in gewünschter Höhe und zugleich konzentrisch im äusseren festsetzt, genügt es, dasselbe oben mit einem Papierstreifen zu umwickeln. Besser noch wird man sich für diesen Versuch ein für allemal ein kleines Stativ von nebenstehender Art herstellen lassen. Die Versuchsanordnung ist dann für den Gebrauch stets bereit und beansprucht dabei nur einen geringen Platz im Apparatschrank.

**Schlechter Stromschluss bei Commutatoren.** Von H. Rebenstorf in Dresden. Stromwender von Walzenform ähnlich den durch Ruhmkorff eingeführten, jedoch ohne Schlitz und Schraube an den Zapfenlagern, sind wohl recht häufig seit Jahrzehnten im Schulgebrauch. Der Widerstand dieser Apparate ist bisweilen ziemlich groß. Zwei ältere Vorrichtungen dieser Art versagten dem Verfasser manchmal völlig, obwohl die Federn noch straff anlagen und deren Berührungsstellen frisch geputzt waren. Gelegentliche Funkenbildung an den Zapfenlagern zeigte, daß hier der Fehler lag. Die aus senkrechten Messingplatten bestehenden Lager waren auf dem Holzbrett mit der Zeit etwas zur Seite gewichen; auch das Putzen dieser Teile konnte den Schaden daher nicht bessern. Anstatt die Apparate vom Gebrauch auszuschließen, hätte man die Dicke der Zapfenlager durch Auflöten eines in der Mitte durchbohrten dünnen Blechscheibchens verstärken können. Es genügte aber das Zwischenfügen eines dünnen Drahtes, der in Form einer ebenen Spirale von einigen Windungen um die Zapfen der nicht mehr genügend aneinander gepressten Teile gelegt wurde, um einen guten Stromschluss zu erzielen, der wenigstens für die Zwecke des Unterrichtes von der Neubeschaffung von Commutatoren absehen liefs.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

Ein neuer Gasometer für beliebige große constante Drucke ist von J. M. RIBAN im *Journ. de Phys.* (3) 9, 343; 1900 beschrieben worden (*Deutsche Mechaniker-Ztg.* 1900, S. 185). Das obere Wassergefäß *C* gleitet auf den Stangen *T* und kann in beliebiger Höhe durch Schrauben festgestellt werden. Es hat außerdem das Überfließrohr *e*, welches die Höhe des Wasserstandes bei dauerndem Zufluss unverändert erhält. Der eigentliche Gasbehälter *G* hat oben ein Gefäß *c*, in welches zunächst das Wasser durch den Hahn *R'* aus dem Behälter *C* hineinfließt. Das Rohr *t* dient als Überfließrohr, um auch in diesem Gefäß die Wasserstandshöhe unverändert zu erhalten. Das in *G* einfließende Wasser verdrängt das Gas und treibt es durch das Rohr *t'*, das etwa 2 cm unter dem Gashahn *R* mündet, durch welchen das Gas stets unter dem Druck *h* ausströmt. Der Gasometer hat zwei Wasserstandzeiger *N* und *n*. *N* zeigt die Menge des Gases an, über die man noch zu verfügen hat, *n* gestattet das Messen des Druckes. Bei *b* tragen die Wasserstandzeiger Ventile (Fig. 3) mit einer kleinen Seitenöffnung *o*, durch die man die Luft beim Füllen des Gasometers mit Wasser aus den Röhren herauslassen kann. Nach der Füllung schließt man sie durch Zuschrauben.

H.-M.

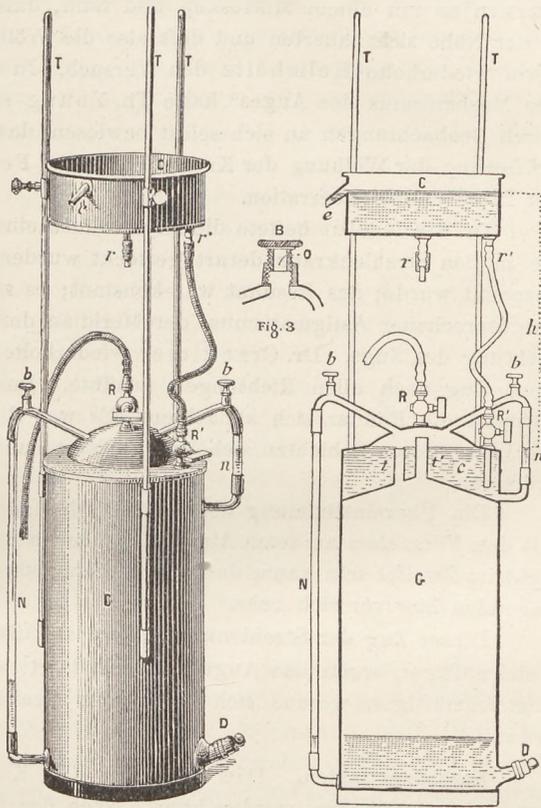


Fig. 1.

Fig. 2.

### 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Zur Theorie der Akkommodation.** In einem früheren Heft dieser Zeitschrift hat ein Arzt die Angabe der Physikbücher, die Akkommodation sei eine Folge der Veränderung der Krystalllinse, zurückgewiesen und sie der Verlängerung des Augapfels zugeschrieben. Es dürfte daher interessant sein zu vernehmen, was über diesen Gegenstand TSCHERNING, zweiter Direktor des Laboratoriums der Augenheilkunde an der Sorbonne in seinem „rapport présenté au congrès international de physique“, publié 1900 par Guillaume et Poincaré, tome III, p. 547—560 (im Auszuge) sagt.

Das Problem des Mechanismus der Akkommodation drängte sich natürlich sobald auf, als man anfang, klare Vorstellungen von der Wirkung der Linsen zu haben. Kepler scheint der erste gewesen zu sein, der sich damit beschäftigte. Seit dieser Zeit giebt es fast keine mögliche Hypothese, die man nicht herangezogen hat, um die Erscheinung zu erklären. Kepler nahm ein Vorrücken der Krystalllinse an, Descartes eine Vergrößerung ihrer Wölbung, Buffon eine Verlängerung des Augapfels; Home und Ramsden schlossen aus ihren Messungen auf eine Erhöhung der Wölbung der Hornhaut. Andere leugneten das Vorhandensein einer wirklichen Akkommodation; so glaubte Haller, das Nahesehen sei nur eine Folge der starken Zusammenziehung der Pupille, die immer jede Anstrengung zum

Sehen in der Nähe begleitet. Sturm endlich erklärte die Möglichkeit, in der Nähe zu sehen, durch den Astigmatismus; er hielt dafür, das Fernsehen finde durch die hintere Fokallinie, das Nahesehen durch die vordere Fokallinie statt.

Purkinje beobachtete Veränderungen der Bilder während der Akkommodation, welche bewiesen, daß die Änderung in der Brechung durch eine Vergrößerung der Wölbung der vorderen Oberfläche der Krystalllinse eintrete. Cramer beobachtete (1851/52) die Bilder Purkinjes mit einem Mikroskop und fand, daß die Bilder zweier Flammen beim Sehen in der Nähe sich näherten und daß also die Wölbung der Linse sich erhöhte. Unter dieser Form wiederholte Helmholtz den Versuch. In seiner 1801 veröffentlichten Schrift „Über den Mechanismus des Auges“ hatte Th. Young schon lange vor Cramer und Helmholtz durch Beobachtungen an sich selbst bewiesen, daß die Akkommodation eine Folge der Vergrößerung der Wölbung der Krystalllinse sei. Foucault beobachtete eine größere Wölbung der Linse mittels Aberration.

Dr. Stadtfeldt heftete die Krystalllinse eines Auges in einen Korkring mittels Nadeln, die in den Strahlenkranz derart gesteckt wurden, daß die Linse nach einem Durchmesser gespannt wurde; das Resultat war konstant; es zeigte sich jedesmal auf der Oberfläche ein ausgesprochener Astigmatismus, der Meridian der stärksten Krümmung entsprach stets der Richtung des Zugs. Dr. Czellitzer wiederholte den Versuch mit der Abänderung, daß er einen Zug nach allen Richtungen ausübte. Immer trat eine Wölbung in der Mitte ein, während die Ränder sich abflachten. Es war dies eine einfache Folge der Beschaffenheit der Linse, deren Schichten sich an Consistenz und Wölbung gegen den Mittelpunkt hin vergrößern.

Die Übereinstimmung der während der Akkommodation beobachteten Erscheinungen mit den Versuchen am toten Auge ist also nach Tscherning derart, daß man darüber gar nicht im Zweifel sein kann, daß die Akkommodation durch einen auf dem Strahlenkranz erfolgenden Zug vor sich gehe.

Dieser Zug der Strahlenkranzfasern auf die Linse ist aber nach Schön nur dann ein gleichmäßiger, wenn das Auge wagrecht liegt; in allen andern Stellungen ist der Zug ein ungleichmäßiger, woraus sich neben der Gravitation noch Nebenerscheinungen erklären lassen.

Weller.

**Kathodenstrahlen.** Die Energie der Kathodenstrahlen ist so groß, daß Platin durch sie geschmolzen werden kann. Nach der Emissionshypothese ist diese Energie  $Q$  proportional der zwischen der Kathode und dem getroffenen Körper bestehenden Potentialdifferenz  $V$  und der dem letzteren zugeführten Elektrizitätsmenge  $i$ . Wenn die Teilchen ihre ganze Ladung und ihre ganze Energie als Wärme an den getroffenen Körper abgäben, so wäre  $Q = iV$ ; da aber stets ein Teil der Kathodenstrahlen reflektiert wird, so hängt das Verhältnis  $iV/Q$  von der Menge der reflektierten Teilchen sowie davon ab, in wie weit die Energie der letzteren sich verändert.

Um die Größe des Ausdrucks  $iV/Q$  zu bestimmen, liefs W. CADY die Kathodenstrahlen durch eine runde Öffnung der Anode hindurch in das Innere eines metallischen, zur Erde abgeleiteten Faradayschen Cylinders eintreten. (*Ann. d. Physik* 1 678; 1900). Hier wurde ihre Wärmewirkung durch eine Thermosäule oder ein Bolometer, die mitgeführte Elektrizitätsmenge durch ein Galvanometer bestimmt. Da außer durch Kathodenstrahlen auch durch Leitung Elektrizität zum Bolometer gelangt, so wird  $i$  immer etwas zu groß gemessen, der Wert von  $iV/Q$  zeigte sich daher nicht als constant; doch liefs sich aus einer großen Anzahl von Messungen als untere Grenze dieses Verhältnisses ein Wert zwischen 0,80 und 0,86 feststellen. Der Verf. berechnete hieraus, bei der Annahme, daß vom Platin etwa 40% der Strahlen reflektiert werden, die Bewegungsenergie der reflektierten zu 0,7 von der Energie der auffallenden Strahlen.

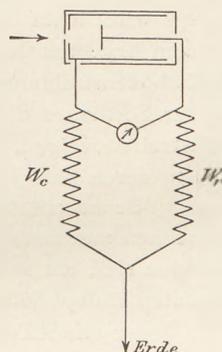
Die Versuche, welche STARKE über die Reflexion der Kathodenstrahlen anstellte (*diese Zeitschr.* XII 165), waren mit einigen Fehlern behaftet gewesen, so daß derselbe Verf. es noch einmal unternahm, unter möglichster Berücksichtigung aller Fehlerquellen die Re-

flexionscoefficienten einiger Metalle zu bestimmen (*Ann. d. Physik* 3 75; 1900). Die durch ein enges Diaphragma in einen Metallcylinder eintretenden Strahlen wurden hier von einer Metallfläche nach einem inneren Cylinder hin reflektiert (s. Fig.). Die elektrische Messung erfolgte nach einer von Kaufmann angegebenen Differentialmethode. Von dem inneren Cylinder und vom Reflektor führt je eine Leitung durch die Rheostatenwiderstände  $W_c$  bzw.  $W_r$  zur Erde, während der äußere Cylinder mit dem einen Pol der Influenzmaschine direkt zur Erde abgeleitet ist. Die dem Apparat zugewandten Enden jener Widerstände sind durch ein d'Arsonval-Galvanometer mit einander verbunden. Ist dann  $Q_0$  der gesamte Kathodenstrom, der durch das Diaphragma in den Cylinder eindringt,  $C$  der durch Zerstreung und Reflexion an den inneren Cylinder gelangende Teil, so wird der vom Reflektor abgeleitete Strom  $R = Q_0 - C$ , und das Galvanometer bleibt in Ruhe, wenn  $C : (Q_0 - C) = W_r : W_c$  ist, mithin wird  $C : Q_0 = W_r : (W_r + W_c)$ .

Bei dieser Methode mußten aber die durch das Gas zerstreuten Kathodenstrahlen eliminiert, sowie die Strahlungsverluste am Eintrittsdiaphragma und bei mehrfachen Reflexionen berücksichtigt werden. In Bezug auf die hierfür nötigen besonderen Anordnungen und Correktionen muß auf die Originalabhandlung verwiesen werden. Der Verf. maß das Verhältnis  $C/Q_0$  für Aluminium und Kupfer bei verschiedenem Entladungspotential und berechnete nach Berücksichtigung aller Correktionen das Reflexionsvermögen  $r$  der beiden Metalle. Es zeigte sich, daß  $C : Q_0$  mit kleiner werdendem Entladungspotential größer wird. Dagegen war  $r$  unverändert, auch eine andere Gasfüllung hatte keinen Einfluß. Aus einer Reihe von Messungen fand der Verf. für Aluminium  $r = 28,2$ , für Kupfer  $r = 45,5$  im Mittel.

Wenn von einer Elektrode Kathodenstrahlen ausgehen, so entsteht in derselben eine erhebliche Wärme, die sich bis zur Gluthitze steigern kann. Daß diese Erwärmung allein mit der Strahlenbildung zusammenhängt, sieht man besonders gut, wenn man eine sehr dünne Platinkathode benutzt und das Strahlenbündel von einer beschränkten Stelle (gewöhnlich der Mitte) der Elektrode ausgeht. Wie P. VILLARD zeigt, tritt diese Temperaturerhöhung nicht nur im Crookeschen Vakuum, sondern auch bei höheren Drucken ein (*C. R. CXXX 1614; 1900*). Besonders gut gelingt der Versuch, wenn man als Elektroden die Kohlenfäden zweier Glühlampen nimmt. Ist jeder der Fäden mit dem einen Pole eines Rühmkorff verbunden und geht der Strom nur in einer Richtung hindurch, so wird der Kathodenfaden weißglühend sowohl für Drucke, bei denen die Röhre fluoresziert, als für höhere bis zu 1 mm Quecksilber. Bei sehr hohem Vakuum wird der negative Faden durch das starke elektrostatische Feld leicht zerstört; ebenso darf der Unterbrecher nicht dieselbe Schwingungszahl wie der Faden besitzen. Die besten Resultate erhielt VILLARD mit einem Induktorium von 25 cm Funkenlänge und einem Wechselstrom von 80 Perioden, der mit einem Stromwender versehen war, so daß beide Ströme benutzt werden konnten. So wurde eine Lampe von 20 Normalkerzen leicht zur Weißglut gebracht. Der Anodenfaden bleibt dabei stets dunkel, die hier erzeugte Wärme ist ganz unmerklich. Für eine gegebene Elektrizitätsquelle ändert sich die Intensität der Erscheinung mit dem Druck, d. h. dem Widerstande in der Röhre. Für Drucke, die 1 mm Quecksilber überschreiten, nimmt man statt der Kohlenfäden besser feine Metalldrähte; die Versuche lassen sich dann bis zum Atmosphärendruck fortsetzen. Man muß die Entladungsdistanz nur so regulieren, daß der Strom eine genügende Stärke hat, und sorgfältig eine Umkehrung des Stromes vermeiden. Daß es sich hierbei immer um Kathodenstrahlung handelt, geht daraus hervor, daß bei allen Drucken das violette Kathodenlicht sichtbar ist.

Die Potentialabnahme, welche zum Glühendmachen eines Leiters durch den Kathodeneffekt nötig ist, muß viel größer sein, als wenn der Leiter durch den Jouleschen Effekt glühend gemacht wird. Wie man erwarten muß, ist dabei die Stromstärke viel kleiner: ein



Strom von 0,005 Ampère genügt, um den Kohlenfaden einer Lampe von 50 Volt zur Rotglut (10 Normkerzen) zu bringen. Bei dem Jouleschen Effekt würde hierzu ein 60 mal stärkerer Strom nötig sein, aber die Abnahme des Potentials würde dann nur ungefähr 30 Volt betragen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei den Teslaschen Versuchen die einpoligen Lampen durch den Kathodeneffekt glühend werden: bei der hohen Wechselzahl genügt die elektrische Kapazität der Röhre dazu, daß der Strom auch ohne Anwendung einer Anode die nötige Intensität erreicht. Diese Auffassung ist mit der von Tesla selbst seinen Versuchen gegebenen Erklärung durchaus vereinbar.

Die Emission der Kathodenstrahlen in einer Vakuumröhre ist diskontinuierlich. Dieses zeigte P. VILLARD in folgender Weise (*C. R. CXXX 1750; 1900*). Er erzeugte die Strahlen durch den sekundären Strom einer Induktionsspule, deren primäre Windungen von einem Wechselstrom durchlaufen werden. Die Anode befand sich in einer weiten Seitenröhre, was die eine der Wechselentladungen aufhält. Das Strahlenbündel durchdringt eine Blende mit weiter Öffnung und bildet auf der Röhrenwand einen scharfen Fluoreszenzfleck. Ein rotierendes Magnetfeld, das in einem Nebenschluß des Primärstroms erzeugt wird, lenkt das Bündel ab, und der Fluoreszenzfleck durchläuft einen Kreisbogen, der dem Bruchteil der Periode entspricht, während welcher die Röhre funktioniert. Wäre die Kathodenstrahlung kontinuierlich, so würde die Periodizität der Erscheinung in Verbindung mit der Fortdauer der Eindrücke den Kreisbogen als einen kontinuierlichen und bestimmten Lichtstreifen zeigen. Man beobachtet aber im Gegenteil eine Reihe von getrennten Lichtflecken, deren Zahl je nach dem Zustand der Röhre verschieden ist. Die Kathodenstrahlung ist also discontinuierlich und setzt sich aus einer Reihe von gleich abgelenkten partiellen Emissionen zusammen, und zwar bei constantem Potential. Diese aufeinander folgenden Entladungen sind um so zahlreicher und nehmen folglich einen um so größeren Bruchteil der benutzten Halbperiode ein, je weniger Widerstand eine Röhre hat.

Jeder einer Teilentladung entsprechende Lichtfleck ist nach der Drehungsrichtung die des Feldes hin verlängert; er besitzt Anhefte, die anzeigen, daß die Strahlen beim Beginn und am Ende der Emission ablenkbarer sind als in der Mitte. Die Strahlen am Anfang sind die am wenigsten intensiven. Die graphische Darstellung des Entladungspotentials würde also für die Gesamtheit der Emissionen eine treppenförmige Kurve ergeben, mit einer leichten Erhebung für jede Gruppe von Strahlen.

Ähnliche Beobachtungen über die Discontinuität der Kathodenstrahlen machte der Verf., wenn diese mit einer Unterbrechungsspule oder einer statischen Maschine erzeugt wurden. In dem letzten Falle zeigte sich noch eine besondere Erscheinung. Ist die Maschine mit einem Condensator verbunden, so hört beim Anhalten der Maschine die Kathodenstrahlung nach einigen Augenblicken auf, aber der Condensator bleibt geladen. Wenn man dagegen die Drehung der Scheiben beschleunigt, so kommt ein Augenblick, in dem sich der Condensator plötzlich mit einem dumpfen Geräusch durch die Röhre entladet. Die hierbei auftretende Emission giebt ablenkbarere d. h. weniger energische Strahlen als zuvor, und selbst wenn die Kapazität des Condensators groß ist (z. B. 1000 C.G.S.), verschwindet jede Fluoreszenz und das zurückgebliebene Gas erhellt sich im ganzen. — Die regelmäßige Kathodenstrahlung bei constantem Potential scheint also analog zu sein dem Lichtbüschel, das sich in freier Luft zwischen den zu weit entfernten Kugeln eines Entladers bildet. Der dabei entstehende Verlust hindert die Erreichung des Entladungspotentials und entladet den Condensator nicht. Die zweite Art der Entladung ist dagegen der disruptiven Funkenbildung in Luft vergleichbar.

In ähnlicher Weise, wie Röntgen- und Becquerelstrahlen die Gase durch Ionenbildung leitend machen, thun dies auch, wie Mc. LENNAN zeigt, die Kathodenstrahlen (*Proc. of the Royal Soc. 66, 375; 1900. Natw. Rdsch. XV 507*). Die Strahlen traten durch das Lenardsche Aluminiumfenster aus der Vakuumröhre heraus; die Messingplatte, welche das Fenster enthielt, diente zugleich als Anode. Ein von den Strahlen getroffener geladener Körper wird entladen, negative Ladungen werden aber nicht völlig zerstreut, sondern bei

Atmosphärendruck auf einen kleinen Grenzwert reduziert. Dieser Grenzwert wird größer, wenn man die Luft aus der Nähe des Leiters wegbläst oder den Leiter in ein Vakuum bringt; auch die Nähe anderer geladener Körper beeinflusst die Grenzladung. Nicht geladene Körper nehmen unter dem Einfluss der Strahlen die negative Grenzladung an. Daraus kann man schließen, dass die Grenzladung den Gleichgewichtszustand darstellt, bei dem die durch die Strahlen erfolgte Ladung der Entladung durch das ionisierte Gas gleich ist.

Dass die beschriebenen Wirkungen nicht etwa durch Röntgenstrahlen veranlasst werden, wurde durch besondere Versuche erwiesen. Es zeigte sich bei direkter Vergleichung beider Strahlenarten, dass die Ionisierung der Luft durch Kathodenstrahlen 300 mal so groß ist, als die durch Röntgenstrahlen bewirkte. Auch der durch Leitung erzeugte Strom erreicht bei Kathodenstrahlen erst bei einer Potentialdifferenz von 1000 Volt pro cm einen constanten Wert, während dieser „Sättigungsstrom“ bei Röntgen- und Becquerelstrahlen schon bei 400 bis 500 Volt eintritt.

Der Verf. untersuchte ferner die Ionisierung bei verschiedenen Gasen und bei demselben Gase unter verschiedenen Drucken. Die Entladungsröhre enthielt zwei Aluminiumfenster, aus denen zwei Strahlenbündel unter ganz gleichen Bedingungen in zwei Kammern eintraten. In der einen Kammer befand sich Luft von constantem Druck, deren Ionisierung als Maßstab diente; in der andern Kammer wurden die zu vergleichenden Gase abwechselnd ionisiert. Die Leitfähigkeit wurde dabei durch die Sättigungsströme in Werten der Luftleitung gemessen. Dabei zeigte sich, dass die Ionisierung des Wasserstoffs unter Atmosphärendruck gleich war derjenigen der Luft unter 53 mm Druck. Da bei diesen Drucken beide Gase gleiche Dichte haben, so bestätigen diese Versuche die Beobachtungen Lenards, dass die Absorption der Kathodenstrahlen der Dichte der absorbierenden Schicht proportional ist und dass gleichzeitig bei gleicher Absorption gleiche Ionisierung erzeugt wird. Diese Schlussfolgerung konnte auch durch Beobachtung mit anderen Gasen, Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff und Stickoxydul bestätigt werden; bei gleicher Dichte trat stets eine Ionisation von gleicher Stärke ein. Gehen also Kathodenstrahlen von bestimmter Stärke durch ein Gas, so hängt die Zahl der in einer Sekunde in 1 cm erzeugten Ionen nur von der Dichte, nicht von der chemischen Zusammensetzung des Gases ab. Aus der Gleichheit von Ionisierung und Absorption folgt ferner, dass durch den Absorptionscoefficienten zugleich der Ionisationscoefficient bestimmt wird. Ebenso lässt sich aus der Ionisierung verschiedener Gase unter gleichem Druck deren relative Dichte bestimmen.

Eine eigenartige Vorstellung von dem Wesen der Kathoden- und Röntgenstrahlen hat sich DE HEEN gebildet (*Phys. Ztschr.* 1 473; 1900). Von der Kathode wird der Äther selbst in sehr intensiver Weise herausgeschleudert; diese Schleuderungen („Projektionen“) des Äthers ziehen die Ionen der strahlenden Materie mit sich und bilden dann die Kathodenstrahlen. Trifft dieses Gemisch von Äther und Ionen auf die Antikathode, so wird durch den Stoß der Äther von den Ionen (die in die feste Masse eindringen) befreit und tritt als X-Strahlen aus der Glaswand heraus. Treten diese Strahlen noch einmal in einen luftverdünnten Raum, z. B. ein Radiometer, so ziehen sie die darin enthaltenen Gasteilchen wieder mit sich und können von neuem mechanische Wirkungen ausüben, wie sich durch einen Versuch leicht bestätigen lässt.

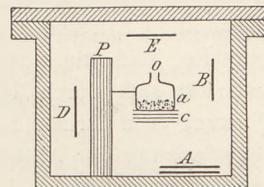
Der Verf. bringt mit dieser Auffassung die durch Flammen, glühende Körper und andere „Erschütterungszentren des Äthers“ erfolgende Entladung elektrisierter Körper in Zusammenhang und beschreibt eigentümliche Entladungsfiguren, die auf einer stark elektrisierten Kolophoniumfläche entstehen, wenn man um dieselbe Bunsenflammen gruppiert und sie dann mit Schwefelpulver bestreut. Ähnliche Figuren entstehen, wenn man auf eine ebene Fläche mehrere Wasserstrahlen senkrecht auftreffen lässt; diesen würden dann die von jenen „Centren“ ausgehenden „Ätherprojektionen“ entsprechen. Die Wirkung tritt bei Benutzung von X-Strahlen in erhöhtem Maße ein. Hiernach würden diese Ausschleuderungen des Äthers ein ganz allgemeines Phänomen darstellen, dessen Intensität nur veränderlich ist und für die Röntgenstrahlen ein Maximum erreicht. Die Korona der Sonne und

der Schweif der Kometen bestehen nach DE HEENS Ansicht aus eben solchen Ausschleudernngen des Äthers. Schk.

**Becquerel- und Röntgenstrahlen.** Die weiteren Untersuchungen der von den radioaktiven Körpern ausgehenden Strahlen erstrecken sich besonders auf die in andern Substanzen erregte sekundäre Strahlungsfähigkeit. BECQUEREL stellte in dieser Beziehung ein verschiedenes Verhalten der vom Magneten ablenkbaren und der nicht ablenkbaren Strahlen fest. (*C. R. CXXXII, 371 und 734; 1901.*) Er hatte bereits früher gezeigt, daß die vom Magneten ablenkbarsten, d. h. langsamsten Strahlen auch am stärksten absorbiert werden, während die weniger ablenkbaren, d. h. schnellsten Strahlen zugleich am durchdringendsten sind (vgl. d. Ztschr. *XIII, 227*). Er fand nun weiter, daß diese ablenkbaren Strahlen sekundäre Strahlen erzeugen, deren Intensität um so größer zu sein scheint, je mehr sie ablenkbar und absorbiert sind. Die sekundären Strahlen selbst scheinen in demselben Sinne abgelenkt zu werden wie die auffallenden primären Strahlen. Was die nicht ablenkbaren Strahlen anlangt, so bringen sie, wenn sie durch eine Metallschicht von fast 1 cm filtriert sind, intensive sekundäre Erscheinungen hervor. Die Strahlung erregt dabei nicht nur die erste Oberfläche des von ihr getroffenen Körpers, sondern sie durchdringt den Körper, wenn er nicht zu dick ist, und erregt auf der zweiten Seite eine sekundäre Strahlung, die weniger durchdringend und leichter absorbiert ist als die auffallende Strahlung. Dies zeigte folgender Versuch. In einer schmalen Rinne eines 7 mm dicken Bleiklotzes befand sich die radioaktive Substanz. Wurde der Bleiklotz auf eine in schwarzes Papier eingehüllte photographische Platte gelegt, und diese nach 48 Stunden entwickelt, so zeigte sich auf ihr ein sehr deutlicher Eindruck. Die Wirkung war nicht nur durch den 6 mm dicken Boden des Bleiklotzes, sondern auch durch die Seitenwände hindurchgegangen und hatte hier Bleidicken von 12 bis 20 mm durchdrungen. Die so durch die dicke Bleischicht filtrierte Strahlung, die nur aus nicht ablenkbaren, sehr durchdringenden Strahlen bestand, ging leicht durch zwei photographische Platten hindurch und beeinflusste auch noch etwas eine dritte. Brachte man jetzt auf die erste lichtdicht eingehüllte photographische Platte kleine Stückchen von Blei oder Aluminium, so erhielt man hinter diesen stärkere Eindrücke als vorher. Während aber auf der darunter liegenden zweiten photographischen Platte die direkte Strahlung noch eine große Intensität zeigt, ist die Wirkung der von den Bleistückchen ausgehenden sekundären Strahlen hier sehr gering; man sieht daher auf der zweiten Platte nur eine schwache Andeutung der sekundären Strahlung inmitten der von den direkten Strahlen herrührenden viel intensiveren Schatten. Aus dem Versuche geht hervor, daß die Metallstückchen, anstatt als Schirm zu dienen, im Gegenteil einen stärkeren Eindruck bewirken, was damit zu erklären ist, daß die von ihrer Rückseite ausgehenden sekundären Strahlen von der lichtempfindlichen Schicht stärker absorbiert werden. Wegen dieser starken Absorption beim Durchgang durch die erste Platte muß die Wirkung auf die zweite Platte notwendigerweise geringer werden. Hat eines der auf die erste Platte gelegten Bleistückchen eine prismatische Form, so sieht man, daß die sekundäre Strahlung der unteren Fläche mit der wachsenden Dicke der Bleischicht abnimmt. Die beschriebenen Versuche gelangen mit den Strahlen des Radiums und des Urans, aber nicht mit dem Polonium, dessen Strahlen nicht durchdringend genug sind. Einige Eigentümlichkeiten der photographischen Eindrücke (Radiographien), namentlich ihrer Contouren, erklärt BECQUEREL ebenfalls durch die Wirkung der sekundären Strahlung.

Während die von Becquerel studierte sekundäre Strahlung von den primären Strahlen direkt erzeugt wird und in ihren Eigenschaften den S-Strahlen Sagnacs ähnelt, scheint eine andere sekundäre Wirkung, die induzierte Radioaktivität durch Vermittlung der Luft übertragen zu werden. Wie P. CURIE und A. DEBIERNE fanden, ist die induzierte Radioaktivität viel intensiver, wenn man in geschlossenen Gefäßen experimentiert. (*C. R. CXXXII, 548 und 768; 1901.*) Die aktive Substanz wurde in ein bei *O* offenes Gläschen *a* gebracht und in die Mitte eines vollständig geschlossenen Gefäßes gestellt. Verschiedene Platten *B, D, E*, in verschiedenen Gegenden des Gefäßes aufgehängt, werden im Laufe eines

Tages fast ganz gleichmäßig aktiv. Die Platte *D*, welche durch den Bleischirm *PP* vor der direkten Strahlung geschützt ist, wird ebenso aktiviert wie *B* und *E*. Die auf dem Boden liegende Platte *A* wird stark aktiv auf der der Luft des Gefäßes ausgesetzten Seite, nicht merklich auf der anderen. Bei einer Reihe von Platten *C*, die mit einander in Berührung direkt unter dem Glasgefäß liegen, wird nur die äußere Seite der untersten Platte stark aktiv. Alle Substanzen (Blei, Kupfer, Aluminium, Glas, Ebonit, Pappe, Paraffin) scheinen sich in beinahe derselben Weise zu aktivieren.



Mit sehr aktivem Chlorbaryum (Atomgewicht des Metalles 174) erhalten die exponierten Platten in einigen Tagen eine Aktivität, die 8000 mal stärker ist als die einer Uranplatte von gleichen Dimensionen. Der freien Luft ausgesetzt verlieren sie den größten Teil ihrer Aktivität innerhalb eines Tages. Dieselbe verschwindet aber viel langsamer, wenn die Platten nach Wegnahme der primär aktiven Substanz in einem geschlossenen Raume gelassen werden. Wiederholt man die vorigen Versuche mit dem vollständig geschlossenen Gläschen *a*, so erhält man keine induzierte Strahlungsfähigkeit.

Die Induktionswirkung pflanzt sich selbst durch enge Kapillaren fort. Befand sich die aktive Substanz in einem sehr engen Gefäß, das mit zwei ebenso engen Räumen durch eine 0,1 mm weite Kapillare in Verbindung stand, so wurden die hier befindlichen Körper sehr rasch und ebenso stark aktiviert, als wenn sie mit der Substanz in demselben Raume waren.

Die beschriebenen Erscheinungen zeigten sich bei verschiedenen Salzen des strahlenden Baryums (Chlorür, Sulfat, Carbonat), ebenso bei den Verbindungen des Actiniums. Dagegen induzierten die Poloniumsalze keine Aktivität. Da das Polonium auch keine durch den Magneten ablenkbaren Strahlen aussendet, so dürften die beiden Erscheinungen wohl in einem Zusammenhang stehen.

Aus den Versuchen der beiden Verff. geht hervor, daß die primäre Strahlung des Radiums nicht unmittelbar die induzierte Aktivität hervorbringt. Diese pflanzt sich vielmehr in der Luft nach und nach von der strahlenden bis zu der aktivierten Substanz fort und geht dabei selbst durch sehr enge Röhren hindurch. Die Körper werden fortschreitend aktiviert und zwar um so rascher, je kleiner der Raum ist, in dem sie sich befinden; die induzierte Aktivität erreicht wie bei einem Sättigungsphänomen einen Grenzwert, der um so höher ist, je aktiver die wirkende Substanz war.

Verringert man den Druck in der die Substanz enthaltenden Röhre bis auf 1 cm oder füllt sie mit anderen Gasen, so bleibt dieser Grenzwert derselbe. Stellt man dagegen in der Röhre ein möglichst vollkommenes Vakuum her (unter 0,001 mm Druck) und hält dieses während der Dauer des Versuchs aufrecht, so werden die Körper nicht aktiviert, eine schon vorhandene induzierte Aktivität verschwindet sogar. Entfernt man nun die möglichst gut evakuierte Röhre von der Luftpumpe, so tritt nach einiger Zeit wieder eine Aktivierung ein, die ebenso stark ist wie in Luft. Gleichzeitig entwickeln sich aus der radioaktiven Substanz okkludierte Gase und erhöhen den Druck in der Röhre. Diese Gase ließen sich durch Erwärmen der Substanz mit Hilfe der Luftpumpe extrahieren und in einer kleinen an den Apparat angeschmolzenen Geißlerschen Röhre näher untersuchen. Das Spektrum zeigte vorherrschend die Linien der Kohlendase, dann auch die Linien des Wasserstoffs, Stickstoffs und Quecksilberdampfes; eine neue Linie war nicht bemerkbar. Dagegen waren diese Gase, trotz ihres kleinen Volumens, sehr stark radioaktiv. Sie wirkten durch das Glas des Röhrchens hindurch momentan auf die photographische Platte und entluden sehr rasch elektrisierte Körper. Das Glas des Röhrchens selbst leuchtet im Dunkeln und schwärzt sich ebenso rasch, als wenn es der Wirkung der stärksten radioaktiven Körper ausgesetzt wäre. Die Aktivität der Gase nimmt beständig, aber sehr langsam ab; vor zehn Tagen erhaltenes Gas war noch immer sehr stark wirksam. Die Luft des Laboratoriums, in dem die Verff. seit mehreren Jahren arbeiten, ist allmählich so leitend geworden, daß man dort keinen genügend isolierten Apparat halten und nur die größten elektrometrischen Messungen

anstellen kann. Diese Erscheinung beruht wahrscheinlich größtenteils auf der fortgesetzten Bildung solcher radioaktiven Gase.

Erwärmt man wasserhaltiges Chlorbaryum im Vakuum, so erhält man eine gewisse Menge radioaktiven Wassers. Beim Verdampfen giebt dasselbe keinen aktiven Rückstand; in einem versiegelten Röhrchen verschwindet seine Aktivität nur sehr langsam. — Eine vollständige Erklärung der Gaswirkungen läßt sich noch nicht geben. Wenn man auch annimmt, daß die Gase durch Berührung mit dem Radiumpräparat aktiv werden und die Aktivität sich durch Diffusion weiter verbreitet, so ist nicht einzusehen, warum diese Wirkung von Druck und Beschaffenheit des Gases unabhängig bleibt; auch scheint die Fortpflanzung der Aktivität durch das Kapillarrohr viel rascher als durch einfache Diffusion vor sich zu gehen.

Nach den bisherigen Untersuchungen waren es Uran- und Thorverbindungen sowie die aus der Pechblende isolierten Baryum-, Wismuth- und Titanpräparate, welche die Eigenschaften der Radioaktivität zeigten. Aus ihnen waren das Radium, das Polonium und das Actinium als möglicherweise neue Elemente gewonnen werden. Wie K. A. HOFMANN und E. STRAUSS mitteilen, finden sich in verschiedenen Mineralien radioaktives Blei und radioaktive seltene Erden, die auch nach völliger Trennung von Wismuth bezw. Thor und Uran ihre Wirksamkeit beibehalten (*Ber. der Deutschen Chem. Ges.* XXXIII, 3126; 1900). Die Verff. isolierten aus Uranpecherz, Uranglimmer, Bröggerit, Cleveit und Samarskit reine Bleiverbindungen, die keine Spur von Wismuth, Baryum, Titan oder Uran enthielten. Hauptsächlich wirksam war das aus den verschiedenen Mineralien gewonnene Bleisulfat; das aus Cleveit erhaltene Bleichlorid war inaktiv, dagegen Chlorblei aus Uranglimmer stark wirksam. Thor- und Uranfreie seltene Erden von zum Teil hoher Wirksamkeit erhielten die Verff. aus Bröggerit, Cleveit und Samarskit. Die Erden waren ein Gemisch der Cer- und Yttriagruppe. Die Oxalate sind radioaktiv, doch waren die Oxyde ganz besonders wirksam. Aus dem Bröggerit wurde auch ein sehr aktives Uranoxyduloxyd gewonnen. Durch wiederholtes Umkrystallisieren des daraus erhaltenen Uranoxalates erhielt man als leichter lösliche Fraktion ein inaktives Uranoxalat. Daraus folgt in Übereinstimmung mit den Angaben von Crookes, daß man aus aktivem Uran inaktive Fraktionen gewinnen kann. — Neben dem radioaktiven Blei liefs sich radioaktives Wismuth nicht nur in dem Uranpecherz, sondern auch im Uranglimmer und Samarskit, allerdings nur in Spuren auffinden.

Im weitern Verlauf der Untersuchungen, welche die genannten Verff. über ihre Bleipräparate anstellten, zeigte sich, daß die Radioaktivität an einer Materie haftet, die in ihrem analytischen Verhalten wohl dem Blei sehr nahe steht, aber in mancher Hinsicht auch wieder sehr von ihm abweicht (*a. a. O.* XXXIV, 8, 1901). Die Substanz lieferte wie Blei ein in verdünnten Säuren unlösliches Sulfid von nicht sauren Eigenschaften und ein in verdünnter Schwefelsäure unlösliches Sulfat. Dagegen war das Äquivalentgewicht von dem des Bleies sehr verschieden: für die wahrscheinlich vierwertige Oxydationsstufe fanden die Verff.  $\text{Äq.} = 65,05$ , während für Blei  $\text{Äq.}$  der Superoxydform  $= 51,7$  ist. Auch die Wertigkeit schien höher zu sein als die des Bleis. Die Radioaktivität erlosch nach einigen Monaten, wurde aber unter der Einwirkung von Kathodenstrahlen wieder hergestellt. Das Funkenspektrum zeigte eine deutliche Linie im äußeren Violett.

Das Erlöschen der Radioaktivität nach einiger Zeit scheint bei diesen Versuchen die Möglichkeit einer induktiven Erregung nicht ganz auszuschließen. Wie GIESEL ausführt (*a. a. O.* S. 3569), wäre bei den geringen Mengen, die Hofmann und Strauss zu ihren Versuchen benutzten, auch eine etwaige Verunreinigung mit Radium chemisch nicht nachzuweisen. Indessen glaubt auch GIESEL in dem Baryum-Radium-Sulfat einen vom Radium verschiedenen aktiven Stoff gefunden zu haben, dessen chemische Bestimmung ihm aber nicht gelang. Derselbe beobachtete eine entzündliche Wirkung der Radiumstrahlen auf die Haut, wenn ein aktives Präparat zwei Stunden lang auf die Innenfläche des Arms gelegt wurde. In lebenden Pflanzenblättern verschwand unter dem Einflusse der Strahlen das Chlorophyll, und das Blatt nahm eine herbstlich gelbe bis braune Färbung an.

Die Spektren des Radiums und Poloniums im Ultraviolett unterzog G. BERNDT mittels des großen Quarzspektroskops des Hallischen physikalischen Instituts einer erneuten Untersuchung (*Phys. Ztschr. II, 180; 1900*). Nach Angabe von Runge wurde das Salz in eine galvanisch zum Glühen gebrachte Platinspirale eingeschmolzen, wobei man mit sehr geringen Mengen auskommt. Der Funke zweier durch einen Induktionsapparat geladenen Leydener Flaschen sprang zwischen der glühenden Spirale und einer Platinelektrode über, wobei sich der Raum zwischen den Elektroden mit Salzdämpfen füllte. Mit dem besten französischen Radiumpräparat erhielt BERNDT außer zwei von Runge gefundenen Linien (*d. Ztschr. XIII 345*) noch eine neue Linie  $\lambda = 2708,6$ . Bei dem Vergleich von aktivem Wismuthsubnitrat mit gewöhnlichem Wismuthsubnitrat schienen 15 neue Linien zwischen 4596,3 und 3168,2 aufzutreten, die mithin dem Polonium angehören dürften.

Von den künstlichen Radiumpräparaten scheint das von Giesel in Braunschweig hergestellte radioaktive Baryumchlorid besonders wirksam zu sein. So erhielt M. MAIER auf der photographischen Platte bei 4 Minuten langer Exposition noch einen deutlichen Eindruck, wenn die Strahlen durch eine 4 mm dicke Eisenplatte und eine fast 20 mm dicke Quecksilberschicht hindurchgegangen waren (*Phys. Ztschr. II, 33; 1900*). Das Strahlungsvermögen und die Lumineszenz des Präparats hatte in 7 Monaten nicht abgenommen. Auch HIMSTEDT konnte mit demselben Präparat, wenn es sich in einer 0,5 mm dicken Eisenschachtel befand, die Erregung des Leuchtschirms einem großen Auditorium zeigen, während die Wirkung auf das Elektroskop auf eine Entfernung bis über 5 m reichte (*Ann. der Physik IV, 531; 1901*). Wenn bei einer Influenzmaschine mit einer Scheibe von 30 cm Durchmesser als Kathode in der Sekunde 2—3 Funken von 8 cm Länge übersprangen, so hörten diese sofort auf, sobald das Präparat in die Nähe der Funkenstrecke gebracht wurde. Dieselbe Wirkung konnte der Verf. auch mit Röntgenstrahlen zeigen, selbst wenn die von einem Wehnelt-Unterbrecher gespeiste, lichtdicht eingeschlossene Vakuumröhre 4 m von der Funkenstrecke entfernt war. Um die magnetische Ablenkung der Becquerelstrahlen zu zeigen, brachte HIMSTEDT das Präparat in ein Bleikästchen, dessen Deckel eine Bleiröhre von 1 cm Durchmesser und 5 cm Länge trug. Auf dem auf die Röhre gelegten Leuchtschirm erschien dann ein kreisrunder heller Fleck, der vollständig verschwand, sobald die Elektromagnete, zwischen denen die Röhre lag, erregt wurden. Die Erscheinung war bis auf 3 m sichtbar. — Eine Abnahme der Leuchtkraft, sowie der Erregung des Fluoreszenzschirms bei der Temperatur der flüssigen Luft konnte der Verf. nicht wahrnehmen; im Gegensatz dazu erschien belichtete Balmainische Leuchtfarbe bei dieser Temperatur vollständig dunkel. Eine etwas längere Entladungsdauer des Elektroskops wurde allerdings beobachtet; doch dürfte diese auf der größeren Absorption der Strahlen durch die flüssige Luft beruhen. — Während das Radium auf den Fritter ohne Einfluss ist, wird der Widerstand einer Selenzelle durch die Einwirkung der Strahlen deutlich herabgesetzt, bei einer Entfernung von 1 cm um 1%. Bei dieser Gelegenheit fand der Verf. auch eine sehr energische Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Selenzelle, deren Widerstand durch sie bis 50% vermindert werden konnte. Da ebenfalls ultraviolette Strahlen die Selenzelle beeinflussen, so könnte man eine indirekte Wirkung der drei Strahlenarten durch Phosphoreszenz des Selens vermuten; doch liefs sich eine solche durch direkte Beobachtung nicht nachweisen.

Dagegen zeigte sich bei einer Untersuchung, die HIMSTEDT zusammen mit W. A. NAGEL (*a. a. O. S. 537*) über die Einwirkung der Becquerelstrahlen auf das Auge anstellte, dass alle Teile des Auges, Hornhaut, Linse, Glaskörper, Retina fluoreszierten. Daraus erklärt sich, dass man bei der Auflegung eines Radiumpräparats auf das Auge nur eine ganz unbestimmte Lichtempfindung hat, die sich nicht ändert, wie auch die Öffnung sei, aus der die Strahlen austreten. Hält man aber das Radiumpräparat auf der temporalen Seite gegen das Auge, so hat man auch auf dieser Seite eine maximale Lichtempfindung. Das Auge ermüdet sehr rasch gegen die Wirkung der Strahlen. Legt man abwechselnd ein mit dem Präparat und ein mit Sand gefülltes Säckchen auf je ein Auge, so kann nach 30 maliger Wiederholung dieses Versuchs Niemand mehr angeben, auf welchem Auge das Radium,

auf welchem der Sand liegt. Daraus scheint hervorzugehen, daß die Fluoreszenz nicht sofort verschwindet, und deshalb die Contraste geringer werden.

Von hohem Interesse sind die Versuche derselben Verff. über die Wirkung der ultravioletten und der Röntgenstrahlen auf das Auge. Die ultravioletten Strahlen wurden durch drei Quarzprismen herausfiltriert und in einen schwarzen Holzkasten geleitet, in den der Beobachter seinen mit einem schwarzen Tuche umhüllten Kopf steckte. Obwohl es nicht gelang, die sichtbaren Strahlen vollständig auszuschließen, zeigte sich doch, daß die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf die Augenmedien die gleiche war wie die der Becquerelstrahlen. Man erhielt auch die Empfindung des das ganze Auge erfüllenden Lichts, die sofort aufhörte, wenn eine absorbierende Glasplatte in den Weg der Strahlen gestellt wurde. Ebenso wurden alle einzelnen Teile des Auges zur Fluoreszenz erregt, am stärksten, wie es schien, die Linse. Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Auge zeigte sich auch in einer gleichmäßigen Erhellung des Gesichtsfeldes; traten die Strahlen von der Seite her in das Auge, so hatte man, ebenso wie bei den Becquerelstrahlen, auf der Eintrittsseite die stärkste Lichtempfindung. Dagegen war die Wirkung dadurch wesentlich verschieden von der Wirkung der andern Strahlenarten, daß die Form der Öffnung in einer Bleiplatte, aus der die Röntgenstrahlen heraustraten, deutlich erkannt werden konnte. Ebenso konnte eine Fluoreszenz des Auges unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen nicht wahrgenommen werden. Die Art der Lichtempfindung bei allen drei Strahlenarten, die notwendige Adaption für Dunkelheit, die rasche Ermüdung, die grössere Helligkeitsempfindung in der Netzhautperipherie im Gegensatz zu den zentralen Partien weist darauf hin, daß die Wahrnehmung der Strahlen überwiegend, wenn nicht ausschliesslich durch die Stäbchen der Netzhaut erfolgt. Die nur Zapfen enthaltende fovea centralis mußte dann für die Strahlen unempfindlich sein; der Nachweis dafür gelang den Verff. jedoch nicht.

Dagegen konnten sie einen objektiven Beweis für die Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Auge führen. Ein dunkel adaptiertes und im roten Licht präpariertes Froschauge giebt nach du Bois-Reymond einen Strom, wenn man an die vordere und an die hintere Bulbushälfte je eine unpolarisierbare Elektrode anlegt. Dieser Strom nimmt zuerst rasch ab, bleibt dann aber mehrere Stunden ziemlich constant. Läßt man auf das im Dunkeln befindliche Auge Licht fallen, so steigt, wie Holmgren gezeigt hat, die E.M.K. des Stromes etwa 10—60 Sek. lang, um dann auch bei fortgesetzter Belichtung wieder zu sinken, bei Unterbrechung der Belichtung aber wieder zu steigen. Bei Benutzung von Röntgenstrahlen war der Verlauf der Erscheinung genau der gleiche wie bei Belichtung mit sichtbaren Strahlen. Gingen die Strahlen durch eine 2 mm dicke Bleiplatte, so war die Wirkung gerade noch bemerkbar, bei zwei Bleiplatten aber nicht mehr. Wurde das Präparat mehrere Minuten lang mit intensivem Lichte bestrahlt, so war es für längere Zeit gegen weitere Bestrahlung unempfindlich, doch stellte sich die Empfindlichkeit sowohl für Licht wie für Röntgenstrahlen wieder ein. Dieselbe Einwirkung auf die Retinaströme zeigten die ultravioletten Strahlen; dagegen war eine solche, wenigstens bei dem schwachen Radiumpräparat von de Haën nicht nachzuweisen.

Um über die Energie der Röntgen- und Becquerelstrahlen einige Aufschlüsse zu erhalten, bestimmten E. RUTHERFORD und R. K. MC. KLING die Wärme und Lichtwirkung, sowie die Absorbierbarkeit der von einer gut funktionierenden Fokusröhre ausgesandten X-Strahlen (*Proc. Roy. Soc.* 67, 245; *Phys. Ztschr.* 2, 53, 1900; *Natw. Rdsch.* XVI, 105, 1901). Zur Wärmemessung wurden zwei ganz gleiche Platinbolometer, die die beiden Zweige einer Wheatstoneschen Brücke bildeten, benutzt; die von den Strahlen bewirkte Erwärmung des einen wurde durch die gleiche galvanische Erwärmung des anderen kompensiert. In dieser Weise ergab sich die ganze von der Antikathode ausgehende Strahlungsenergie zu 0,011 Cal. pro Sekunde. Die Röhre hatte in einer Sekunde 57 Entladungen; bei einer mittleren Wirkungsdauer der Strahlen von  $10^{-5}$  Sek. würde die Röhre eine Energie von 19,5 Cal. pro Sek., d. h. 560 mal mehr als die Sonne auf den qcm der Erdoberfläche ausstrahlen.

Aus einer photometrischen Vergleichung der Wirkung der X-Strahlen auf einen Leuchtschirm mit der Hefnerlampe ergab sich, dafs die sichtbare Energie der letzteren etwa doppelt so grofs ist als die der Röntgenröhre. 0,73 Prozent der Strahlungsenergie wird im Leuchtschirm absorbiert; der Wirkungsgrad der Umwandlung der X-Strahlen in sichtbares Licht beträgt im Vergleich mit der Hefnerlampe 4,4 Prozent.

Um die Absorption in Luft zu messen, liefsen die Verff. die Strahlen durch zwei mit Aluminiumplatten abgeschlossene Messingröhren hindurchgehen und brachten die in beiden Röhren entstehenden Ströme zur Compensation. Wurde jetzt die eine Röhre evakuiert, so schlug das Galvanometer aus. In dieser Weise wurde der Absorptionscoëffizient der Luft zu 0,000279 gefunden. Die Absorption durch Kohlensäure war 1,59 mal so grofs. Zwischen  $\frac{1}{2}$  bis zu 3 Atmosphären war die Absorption dem Drucke proportional.

Endlich mafsen die Verff. den Strom, der entsteht, wenn ein gegebenes Gasvolumen von Röntgenstrahlen durchsetzt wird. Aus dieser Stromstärke, der Wärmewirkung und der Absorption wurde die Energie der Ionisierung bestimmt. Es ergab sich, dafs, um ein Ion in Luft bei Atmosphärendruck und gewöhnlicher Temperatur zu erzeugen, eine Energie von  $1,9 \times 10^{-10}$  Erg gebraucht wird, ein Wert, der viel gröfser ist als der zur Ionenbildung bei Wasserzersetzung gebrauchte Betrag. Die Energie war dieselbe bei  $\frac{1}{2}$ –3 Atmosphären und für verschiedene Gase. Aus der Gröfse der Energie, die zur Losreifung eines Ions dient, berechneten die Verff. den mittleren Abstand zwischen den Ionenladungen zu  $1,1 \cdot 10^{-9}$  cm, d. h. etwa  $\frac{1}{30}$  des wahrscheinlichen Atomdurchmessers. Daraus würde man mit Thomson schliefsen können, dafs die Ionisation in der Ablösung eines kleinen negativen Teilchens vom Atom beruht (*d. Ztschr. XIII, 223*).

Nimmt man die Energie der Becquerelstrahlen als der Energie der Röntgenstrahlen gleich an, wozu man bei der Gleichheit der Ionengeschwindigkeiten berechtigt ist, so läfst sich aus dem Strom, den eine bestimmte mit radioaktiver Substanz bestrichene Fläche zwischen zwei Elektroden erzeugt, die Ionenenergie berechnen. Bei einer dicken Schicht Uranoxyd betrug die auf 1 qcm ausgestrahlte Energie  $10^{-11}$  Cal. pro Sek. Diese Energiemenge würde 1 ccm Wasser in 3000 Jahren um einen Grad erwärmen. Die von einem Gramm jener Substanz während eines Jahres ausgestrahlte Energie beträgt 0,032 Cal., bei dem 100000 mal aktiveren Radium 3000 Cal.

Eine bequeme Anordnung, um Strahlen von sehr kurzer Wellenlänge zu erhalten, beschreibt S. LEDUC (*C. R. CXXXII, 542; 1901*). Ein Condensator hat als Dielectricum eine durchsichtige Celluloidscheibe oder eine dünne Glasscheibe; die eine Condensatorplatte besteht aus einem Metallblatt (Aluminium), das eine 2 bis 4 cm im Durchmesser betragende kreisförmige Öffnung besitzt; als zweite Platte dient eine Metallkugel von 2 bis 3 cm Durchmesser, die auf das Dielectricum in einem der Mitte jener Öffnung entsprechenden Punkte aufgelegt ist. Wird der Condensator raschen Ladungen und Entladungen unterworfen, so sind die beiden Seiten der dielektrischen Scheibe im Niveau der Öffnung mit einer Lichthülle bedeckt, die der Sitz einer intensiven Emission chemischer, violetter und ultravioletter Strahlen ist. Die Strahlen sind frei von jeder Mischung mit Wärme- oder Lichtstrahlen und können durch Quarz- oder Glaslinsen gesammelt und in dem Brennpunkt vereinigt werden. Sie sind sehr absorbierbar durch Glas und Luft, erzeugen starke Fluorescenz und bringen in geringer Entfernung einen Baryumplatincyanürschirm ebenso zum Leuchten wie Röntgenstrahlen. Ohne Concentration des Strahlenbündels erhält man photographische Wirkungen, die an Intensität die Wirkung des Sonnenlichtes mit allen seinen Strahlen übertreffen. Man ladet den Condensator, indem man die Kugel mit der äufsern Belegung einer Leydener Flasche verbindet, deren innere Belegung mit dem einen Pole einer Induktionsrolle von wenigstens 6 cm Funkenlänge in Verbindung steht. Ein Entlader zwischen Rolle und Leydener Flasche läfst den Strom leicht regulieren. Der andere Pol des Induktoriums führt zu der innern Belegung einer Leydener Flasche, deren äufsere Belegung zur Erde abgeleitet ist. Man kann in gleicher Weise den Condensator mit einer Influenzmaschine laden.

*Schk.*

**Eigenschaften der Dielectrica.** Wie in dieser Zeitschrift XIII, 107 berichtet ist, hatte E. BOUTY gefunden, daß ein in einer isolierenden Hülle zwischen den Platten eines Condensators befindliches Gas unterhalb einer bestimmten Feldstärke isoliert, oberhalb derselben aber leitend ist. Dieser kritische Wert des Feldes maß dann die „dielektrische Kohäsion“ des Gases. BOUTY setzte die Messungen bei erheblich höheren Feldern (geliefert von 3000 kleinen Akkumulatoren) und mit Messapparaten, die Drucke von 0,5 bis 0,01 mm noch genau vergleichen liessen, fort (*C. R. CXXXI, 443, 469, 503; 1900*). Bei Wasserstoff, Luft und Kohlensäure zeigten sich im allgemeinen die gleichen Erscheinungen. Das kritische Feld nimmt zuerst linear mit dem Druck ab, überschreitet ein Minimum und wächst dann bis ins Unendliche. Die Minima (233 Volt bei Wasserstoff, 300 bei Luft, 373 bei Kohlensäure) sind von derselben Größenordnung, aber scharf ungleich. Für die höchsten Drucke ist das kritische Feld bei gleichem Druck viel kleiner bei Wasserstoff als bei Luft und bei Luft kleiner als bei Kohlensäure. Bei tieferen Drucken kehrt sich diese Reihenfolge um, sodafs Wasserstoff, der bei hohem Druck am wenigsten isoliert, bei sehr tiefen Drucken bei weitem am meisten isoliert.

Die vom Verf. erhaltenen Kurven, welche die Beziehungen der kritischen Felder zum Drucke darstellen, bieten eine grofse Analogie mit den entsprechenden für die „Entladungsfelder“ erhaltenen Kurven, wenn man hierunter die kleinsten Felder versteht, für die zwischen zwei fast ebenen Elektroden ein Funke überspringt. BOUTY verglich seine Ergebnisse mit den von M. Wolff angegebenen Werten der letzteren Größen und fand in der That eine gewisse Ähnlichkeit beider Beziehungen, namentlich für Wasserstoff. Eine Identität ist schon deshalb unmöglich, weil bei dem „Entladungsfeld“ nicht nur die Wirkung des Gases zwischen den Elektroden, sondern auch noch der von der Verdampfung der Metallteilchen herrührende Einfluß der Elektroden hinzutritt.

Die Eigenschaft der dielektrischen Cohäsion besteht nicht nur bei den genannten Gasen, sondern auch bei Dämpfen, die BOUTY in grofser Zahl darauf hin untersuchte. Wasserdampf stellte sich hierbei als ein vollkommener Isolator heraus. Wenn er es unter gewöhnlichen Umständen nicht zu sein scheint, so liegt das nur an einem Flüssigkeitsniederschlag, der sich auf der Oberfläche der isolierenden Körper bildet, besonders in der Nähe des Sättigungspunktes. Dieser Niederschlag bildete sich auch auf der innern Wand des zu den Versuchen des Verf. benutzten Ballons; er hätte ein Hindernis für die angewandte Methode abgegeben, wenn er bei Drucken unter 5 mm und bei einer Temperatur von 22° nicht von selbst weggegangen wäre. Das kritische Feld  $y$  für Dämpfe liefs sich durch den Druck  $p$  mittelst der empirischen Formel  $y = a + bp + c/p^2$  ausdrücken, wo  $a$ ,  $b$  und  $c$  durch den Versuch zu bestimmende Constanten sind. BOUTY bestimmte diese für die Dämpfe von Wasser, Alkohol, Äther, Aceton, Schwefelkohlenstoff, Benzin und viele andere. Der Coefficient  $a$  ist für alle Körper nahezu derselbe, während  $b$  sehr variiert. Eine sichere Beziehung dieser Coefficienten mit andern physikalischen Constanten der betreffenden Körper konnte nicht festgestellt werden.

Von verschiedenen Physikern ist beobachtet worden, daß ein in einem alterierenden elektrostatischen Felde befindliches Dielectricum sich erwärmt und daß die hierbei erzeugte Energie proportional ist einer gewissen Potenz  $\epsilon$  der E. M. K. Während Steinmetz  $\epsilon$  constant gleich 2 fand, schien aus den Untersuchungen des Italiensers Arno hervorzugehen, daß  $\epsilon$  für ein Feld von 1,75 elektrostatischen Einheiten gleich 1,65 ist, sich aber mit der Feldstärke vergrößert, und daß dabei auf das Vorhandensein einer dielektrischen Hysteresis geschlossen werden könnte. Auch Janet fand, als er einen Condensator zyklischen Variationen oszillierender Entladungen unterwarf, daß die Ladungen schwächer sind bei wachsendem als bei abnehmendem Potential; die Verspätung der Ladungen gegenüber den Potentialdifferenzen kann sowohl auf Hysteresis wie auf Viskosität beruhen. Nach den Untersuchungen, die BEAULARD anstellte, scheinen die Dielectrica aber keine Hysteresis, sondern nur Viskosität zu besitzen (*C. R. CXXX, 1182; 1900*).

Eine Veränderung der elektrischen Eigenschaften der Kabel unter dem fortwährenden Einfluß gleichgerichteter Ströme beobachtete G. RHEINS (*C. R. CXXXI, 505; 1900*).

Während ein Wechselstrom das Kabel unverändert läßt, bewirkt ein lange Zeit hindurch stets in derselben Richtung hindurchgesandter Gleichstrom eine erhebliche Abnahme der Selbstinduktion, der Kapazität, der Isolation und der Leitungsfähigkeit. Diese Wirkung beruht auf einer geringen Eindringung des Seelenmetalls in das umgebende Dielectricum. Bei mit Gutta-percha isolierten Kabeln, die 20 Jahre lang in Gebrauch waren, war das Kupfer bis zu der äußeren von zwei Schichten der Kabelumhüllung durchgedrungen. Bei Kabeln, die vier Jahre gebraucht und mit zwei Schichten Papier umhüllt waren, enthielt nur die innere Schicht Kupfer. Die Ursache des Eindringens des Kabelmetalls in das Dielectricum ist ziemlich zusammengesetzt, da es sowohl von der Natur des Stromes als von der des isolierenden Mittels abzuhängen scheint.

Nach Versuchen, welche unter der Leitung von JANSSEN am Observatorium des Mont Blanc angestellt wurden, sind Eis und Schnee fast vollständige Isolatoren. Die Drähte für Telegraphie und Telephonie konnten daher von den Stangen entfernt und direkt auf den Schnee gelegt werden, sobald dieser nur eine Dicke von einigen Centimetern erreicht hatte. Die in dieser Weise hergestellte Linie war 10 km lang. Auf Grund der hierüber erhaltenen Mitteilung hatte A. Ricco ähnliche Versuche am Ätna gemacht, indem er die telephonische Verbindung zwischen dem Observatorium des Ätna und Nicolosi durch einfach auf den Schnee gelegte Drähte herstellte. In beiden Fällen gelangen die telegraphischen bzw. telephonischen Übertragungen ausgezeichnet (*C. R. CXXXII, 323 u. 606; 1901*). Wie BRUNHES ferner (*a. a. O. S. 465*) mitteilt, ist die isolierende Eigenschaft des Schnees bereits seit 20 Jahren am Observatorium des Puy de Dôme benutzt worden, indem man bei einem Bruch des Leitungsdrahtes in der Nähe des Observatoriums dieses einfach durch einen auf den Schnee gelegten Eisen draht mit der Bruchstelle verband. Bisweilen waren im Winter die Drähte und Stangen der Leitung mit einem dicken Mantel von Reif und Schnee umhüllt, der auch die Porzellanlocken vollständig in sich einschloß, sodaß wohl auf 1 km Länge der Draht mit dem Erdboden durch einen dicken Zylinder von Reif und Schnee an jeder Stange verbunden war. In keinem dieser Fälle, die während des Winters häufig vorkamen, wurden die telegraphischen oder telephonischen Mitteilungen beeinträchtigt. Auch für elektrische Ströme von 220 Volt Spannung hat sich der Schnee praktisch als vollständiger Isolator erwiesen. Wie E. J. M. COOPS-BORGERS in *L'Electricien (XXI, 239; 1901)* mitteilt, hatte ein heftiger Schneefall am 6. Februar 1901 in Peruwelz in Belgien das ganze Drahtnetz der elektrischen Beleuchtungsanlagen mit dicken Schneemassen bedeckt. Die Isolatoren sind dort auf eisernen Trägern angebracht, die wegen der Blitzgefahr sorgfältig mit der Erde verbunden sind. Zwei Tage hindurch war kein Isolator zu sehen, der Schnee hüllte sie völlig ein und bildete einen einzigen Block um die Drähte und metallischen Träger. Trotzdem zeigte sich keine Änderung gegen sonst; nicht einmal die Ampèremeter gaben einen irgend wie anormalen Stromverlust an. Man beobachtete so an zwei Abenden das merkwürdige Phänomen der elektrischen Beleuchtung einer ganzen Stadt durch Drähte, die vom Schnee umhüllt waren und auf Schnee lagen.

*Schk.*

### 3. Geschichte.

**Zur Vorgeschichte der Camera obscura.** An die Mitteilungen, über die in dieser Zeitschrift *XII 167* berichtet wurde, schließt sich ein Aufsatz über die Vorgeschichte der Dunkelkammer an, den MAXIMILIAN CURTZE in *Himmel und Erde XIII* (Januar 1901, S. 225—36) veröffentlicht hat. Ihm zufolge hat im Jahre 1342 ein gewisser Petrus de Alexandria ein 1321 verfaßtes Werk des Levi ben Gerson (+ 1344) übersetzt, das den Titel trägt: *Leo de Balneis Israelita de sinibus, chordis et arcubus, item instrumento revelatore secretorum*. Das dem Papste Clemens VI gewidmete Exemplar dieser Übersetzung befindet sich jetzt unter den lateinischen Manuskripten (No. 7293) der Bibliothèque nationale zu Paris. Hierin wird beschrieben, wie man eine Sonnen- oder Mondfinsternis beobachten könne:

„Wenn Sonnen-, Mond- oder anderen Lichtquellen entstammende Strahlen durch irgend ein Fenster (*fenestra* bedeutet hier eine kleinere Öffnung) oder Loch einfallen und auf einen

hinter genannter Öffnung befindlichen Gegenstand treffen, so ist das Bild derselben allerseits entsprechend dem Winkel, den der Halbmesser des leuchtenden Körpers an der Eintrittsstelle bildet, breiter als die Lochöffnung.“ Es folgt die mathematische Demonstration, worauf der Verfasser fortfährt: „Hieraus ergibt sich die Folgerung, daß durch eine geradlinig begrenzte Öffnung eintretende Lichtstrahlen auf einer Gegenwand an den Ecken kein geradlinig begrenztes Abbild liefern werden, denn die Lichtstrahlen verteilen sich überall an den Ecken auf eine breitere Fläche, einzig entsprechend dem Winkel des Gestirnhalmessers, und nicht weiter. Daher wird das Abbild einer Fensterecke die Form eines Viertelkreises mit der wahren Ecke als Mittelpunkt annehmen. Und das sehen wir bestätigt an Sonnen- und Mondlicht, das durch geradlinig begrenzte Öffnungen eintritt.“

Ferner sagt Levi ben Gerson, daß es dadurch möglich sei, während einer Finsternis die Ausdehnung der Verfinsternung („die verfinsterten Zolle“) zu messen; je kleiner die Öffnung sei, desto genauer werde das Ergebnis, denn dann habe das Bild auf dem Auffangschirm die Form einer Mondsichel je nach dem Grade der Verfinsternung. Auch wird weiter gefolgert, daß die Lage der Verfinsternungsstelle an dem Sonnenbilde entgegengesetzt sein müsse wie in Wirklichkeit. (In Prometheus No. 601 wird darauf aufmerksam gemacht, daß diese so bequeme und die Augen in keiner Weise beschwerliche, den direkten Beobachtungen durch geschwärzte Gläser weit vorzuziehende Art die Sonnenfinsternis zu beobachten in den Schulen mit Unrecht sehr in Vergessenheit geraten sei. Man vergleiche aber u. a. Höfler und Maifs, Naturlehre).

Es leuchtet ein, daß man auf gleiche Weise auch eine Mondfinsternis bequem projizieren kann, es genügt dazu ein Kartonblatt, das mit einem kleinen Loch versehen ist; doch ist die Methode hier weniger wichtig, da man die Mondfinsternis ebenso bequem direkt beobachten kann. Daß Levi ben Gerson in dieser Erfindung einem noch älteren arabischen Schriftsteller gefolgt sein mag, kann nicht für ausgeschlossen gelten; andererseits läßt der Text der *Magia naturalis* des Porta (der lange als Erfinder der Dunkelkammer galt) vermuten, daß diesem die Schrift des Levi ben Gerson vorgelegen habe; denn Porta sagt bei dieser Gelegenheit gleichfalls, man könne auf diese Art, ohne die Augen zu verletzen, „die Zolle der Sonnenverfinsternung aufzeichnen“. Hingegen kommt Porta das Verdienst zu, daß er (zuerst in der Ausgabe der *Magia naturalis* von 1589) der Öffnung noch eine Sammellinse hinzugefügt und dadurch die Dunkelkammer in der jetzigen Form hergestellt hat.

In Bezug auf den bei früherer Gelegenheit (*XII 167*) genannten Don Pafnuzio, dessen Anspruch bereits Libri in seiner *Histoire des sc. math. en Italie* erwähnt, bemerkt auch CURTZE, daß dessen Versuche jedenfalls vor 1521 fallen, und daß die (a. a. O. angeführten) Bemerkungen Lionardos über denselben Gegenstand zeitlich damit zusammenfallen, vielleicht ihnen auch vorausgehen mögen. Beide Ansprüche müssen zurücktreten, nachdem jetzt der Ursprung der Erfindung bis in das 14. Jahrhundert zurückverlegt ist. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

Die elektromagnetischen Theorien physikalischer Erscheinungen hat H. A. LORENTZ am 8. Februar 1900 zu Leyden in einer gedankenreichen Rektoratsrede behandelt, die ein klares und scharfes Bild der jetzt herrschenden oder emporsteigenden Naturauffassungen liefert. (*Phys. Ztschr.* 1, 498 u. 514; 1900.) Das Gesetz der Erhaltung der Energie hat dem wissenschaftlichen Denken aller, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts Physik gelernt haben, so sehr sein Gepräge aufgedrückt, daß wir dieses allgemeine Prinzip höher stellen als unsere Kenntnis der besonderen Wirkungen der Naturkräfte. Ein zweiter allgemeiner Satz, der sogenannte zweite Hauptsatz der Thermodynamik, der sich in die verschiedensten Formen gießen und auf die mannigfachsten Erscheinungen anwenden läßt, verschafft uns eine Einsicht in die Bedingungen, unter denen eine Form der Energie in eine andere übergeht, und giebt uns im allgemeinen die Richtung an, in welcher die Naturerscheinungen vor

sich gehen. Die Benutzung dieser allgemeinen Grundsätze, die unabhängig von dem inneren Bau der Körper sind oder nur sehr allgemeine Voraussetzungen darüber erfordern, hat die Schattenseite, daß man über den Mechanismus der Erscheinungen nichts oder nur sehr wenig erfährt. Man gelangt wohl zu begehrenswerten Ergebnissen, bekommt aber unterwegs nicht viel zu sehen und ist nur halbwegs befriedigt. Diese Befriedigung suchen wir und finden sie auch zum Teil in den besonderen molekularen Theorien über den Mechanismus der Erscheinungen, in Lehren, die uns eine zwar mangelhafte aber doch lebendige und klare Vorstellung von dem Zusammenhang und Wesen der Dinge geben. Lord Kelvin nimmt in seiner kühnen Theorie der Wirbelatome an, daß eine einzige nicht zusammendrückbare Flüssigkeit den ganzen Raum erfülle und die sogenannten Atome nur Theile dieses Stoffes seien, deren fortwährende drehende Bewegung sie von der umringenden Flüssigkeit abhebe. Der vorsichtige Hertz gründet seine Mechanik und Naturerklärung auf die Annahme, daß unsichtbare Bewegungen unbekannter Art alle sichtbaren Bewegungen begleiten; Wirbelbewegungen treiben den fallenden Stein zur Erde, also Bewegungen, die bereits vor dem Loslassen des Steins bestanden, so daß wir eigentlich keine neue Bewegung sondern nur die Fortsetzung einer schon bestehenden sehen. Der Naturforscher muß bei solchen Gedankengängen auf der Hut sein, damit er nicht der Spielball seiner Einbildungskraft wird. Wir können uns nur „innere Scheinbilder“ der äußeren Gegenstände machen, doch muß das, was sich aus diesen Bildern nach den Gesetzen unseres Denkens ergibt, dem entsprechen, was außer uns nach den Naturgesetzen geschieht. Unser gutes Recht, so zu handeln, entlehnen wir dem inneren Drange unseres Geistes, unser Vertrauen auf den Erfolg aber den bereits mit Erfolg aufgestellten Theorien. Wir hätten solche Bilder gar nicht bilden können, wenn nicht zwischen unserem Geiste und der Natur eine Verwandtschaft und Übereinstimmung bestünde, die uns vor gänzlichem Irrtum bewahren muß.

Unter den Theorien der heutigen Physik behandelt LORENTZ ausführlicher die Gruppe der elektromagnetischen Theorien der physikalischen Erscheinungen, die für die nächste Zukunft so viel zu versprechen scheint. Zum Ausgangspunkt nimmt er die gegenwärtige Auffassung der Lichterscheinungen, deren theoretische Ausarbeitung wir Maxwell und deren experimentelle Bestätigung wir Hertz verdanken. Die grundlegenden Begriffe, die Maxwell bei seiner Entdeckung der Natur der Lichterscheinungen benutzte, übernahm er von seinem großen Vorgänger Faraday. Wir wollen annehmen, daß das Zwischenmedium bei den elektrischen und magnetischen Erscheinungen der Weltäther sei, der nicht nur den Himmelsraum zwischen den Atmosphären der Sterne sondern auch alle Räume zwischen den Atomen des gewöhnlichen oder wägbaren Stoffes ausfüllt, ja vielleicht die Atome selbst durchdringt. Zweierlei Art Veränderungen können in diesem Äther vor sich gehen. Rings um einen elektrisierten Körper befindet sich der Äther in einem Zustande, demzufolge er auf ein elektrisch geladenes Körperchen eine Kraft von bestimmter Richtung und Stärke ausübt. In der Nähe eines gewöhnlichen Magnetstabes besteht ein Zustand, der auf ähnliche Weise die Kraft bestimmt, die auf einen Magnetpol ausgeübt wird. Man kann diese beiden Zustände, indem man den Namen einer Wirkung auf deren Ursache überträgt, durch die Ausdrücke „elektrische Kraft“ und „magnetische Kraft“ bezeichnen. In vielen Fällen sind beide Zustände zu gleicher Zeit vorhanden, dann aber besteht auch ein bestimmter Zusammenhang zwischen beiden, den man aus den wahrgenommenen Erscheinungen ableiten kann. Wenn z. B. ein Leiter auf der einen Seite eine positive und auf der anderen Seite eine negative Ladung hat und diese sich dann plötzlich ausgleichen, so breitet sich eine elektromagnetische Welle nach allen Richtungen hin aus. Fließt die Elektrizität anhaltend in dem Körper hin und her, so entstehen in dem umgebenden Äther elektrische und magnetische Schwingungen. In jedem Punkte wechselt sowohl die elektrische als auch die magnetische Kraft unauflöschlich ihre Richtung. Beide stehen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung. Die elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen pflanzen sich mit der Geschwindigkeit  $300 \cdot 10^6$  m/sec fort. Die merkwürdige Übereinstimmung mit den Lichterscheinungen fiel Maxwell ins Auge und bestimmte ihn zu der Annahme, daß ein Lichtstrahl nichts anderes sei, als eine Aufeinander-

folge von sehr rasch, nämlich hunderte Billionen mal in der Sekunde, die Richtung wechselnden elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen.

Die experimentelle Bestätigung dessen, was Maxwell aus seinen Formeln abgeleitet hatte, lieferte Hertz. Eine bewundernswerte Einsicht in die Bedeutung von scheinbar unbedeutenden Erscheinungen führte ihn zu einem Verfahren, schnelle Schwingungen wahrzunehmen, und es glückte ihm der Nachweis, daß die elektrischen Schwingungen sich nach den gewöhnlichen Gesetzen der Wellenbewegungen mit der Geschwindigkeit, wie sie die Maxwellsche Theorie verlangte, fortpflanzen. Die Schwingungen von Hertz sind mit Wellen auf der Wasseroberfläche, wobei die Wellenberge in großen Zwischenräumen aufeinander folgen, zu vergleichen, die Lichtschwingungen mit feinen, dicht aneinander gedrängten Kräuselungen des Wasserspiegels. Zwischen beiden besteht nur ein quantitativer Unterschied. Auch in den Röntgenstrahlen haben wir es aller Wahrscheinlichkeit nach mit elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen zu thun. Haga und Wind fanden für deren Wellenlänge 1 bis  $2 \cdot 10^{-7}$  mm und wollen daher von dem Namen „X-Strahlen“ nichts mehr wissen. Zahllos sind die Versuche, welche die Arbeiten von Hertz anregten. Man bewies, daß die „Strahlen elektrischer Kraft“ bei der Fortpflanzung durch die Luft, der Spiegelung, Brechung u. s. w. denselben Gesetzen wie die Lichtstrahlen gehorchen. Es gelang Hertz, Righi, Lebedew u. A. elektrische Schwingungen von so kleinen Wellenlängen zu erzeugen, daß man jetzt die Versuche mit handlichen Apparaten ausführen kann.

Maxwells Vorstellungen erschließen uns auch einen Weg, um auch in das Wesen des wägbaren Stoffes tiefer einzudringen. Zu einer elektromagnetischen Theorie der Fortpflanzung des Lichtes gehört eine entsprechende Theorie über das Aussenden und Auffangen der Schwingungen. Bei den Versuchen von Hertz waren die Sender Metallmassen, in denen elektrische Ströme hin- und her wanderten. Beim Lichte sind die einzelnen Moleküle der Flamme, des Funkens oder der leuchtenden Geisslerschen Röhre als Ausgangspunkte der Strahlung anzusehen, und jedes dieser Teilchen ist mit einem winzigen Hertzschen Sender einfachster Art zu vergleichen. Man kann sich elektromagnetische Wellen viel einfacher als mit Hilfe oszillierender elektrischer Ströme in einem Metallstabe dadurch hergestellt denken, daß man einen positiv oder negativ geladenen Körper mit der Hand hin- und herbewegt. Solch ein Körper hängt mit dem Äther zusammen, er ist gleichsam an unsichtbare, nach allen Seiten gerichtete Drähte geheftet, die wir mittels des geladenen Körpers erregen können. Bewegt sich die Hand einmal in der Sekunde hin und her, dann entstehen in den Drähten Wellen von 300 Millionen Meter. Könnte man die Bewegung 100 Millionen mal so schnell ausführen, so würden Hertzsche Wellen entstehen. Liefse man ein kleines geladenes Körperehen hunderte Billionen mal in der Sekunde sich über eine kleine Strecke hin- und herbewegen, so würde man ohne Zweifel Licht erzeugen. Um uns ein Bild von der Aussendung des Lichtes zu machen, setzen wir voraus, daß die Moleküle der Flamme aus kleinen elektrisch geladenen Teilchen bestehen und zwar sei eine gleich große positive und negative Ladung in jedem Molekül enthalten. Wir stellen uns weiter vor, daß wenigstens eins dieser Teilchen in jedem lichtgebenden Molekül unter der Einwirkung von Kräften, die es nach der Gleichgewichtslage zurückzutreiben suchen, um diese Gleichgewichtslage schnell hin- und herschwingen kann. Schließlich wollen wir annehmen, daß jedesmal, wenn ein Körper leuchtet, die geladenen Teilchen auf irgend eine Weise in Schwingungen geraten. Diese Teilchen sollen in der Hauptsache dieselben Eigenschaften wie elektrisch geladene Körper besitzen und nach Faradays Vorgang „Ionen“ heißen. Diese Ionen setzen wir nicht bloß in den leuchtenden Körpern sondern in allen Körpern voraus. Der wägbare Stoff in unserer ganzen Umgebung ist von Ionen erfüllt, die von Ewigkeit zu Ewigkeit ruhelos schwingen und sich gegenseitig ihre Wärmestrahlen zusenden. Hertz gebrauchte zum Auffangen der Schwingungen einen zweiten metallischen Leiter, dessen Elektrizität die vom Sender ausgehenden Wellen in Mitschwingung versetzten. In unserem Bilde der optischen Erscheinungen geraten die Ionen, die in den Molekülen der Körper eingeschlossen liegen, in Bewegung, sobald sie ein Lichtstrahl trifft. Durch die Abhängigkeit dieses Mit-

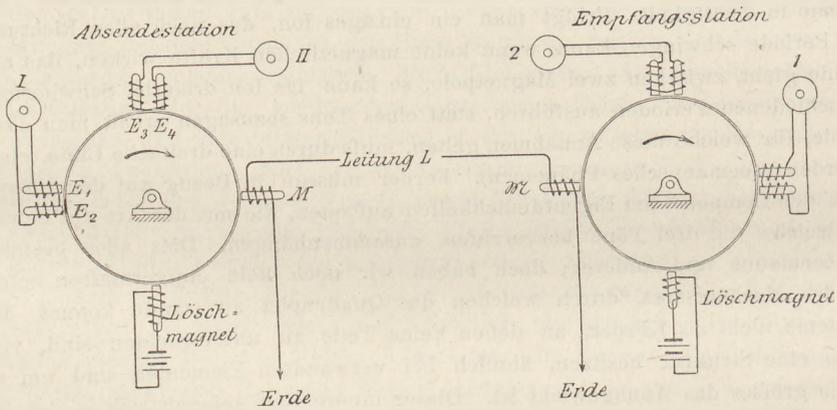
schwingens von den Kräften, die die Ionen in ihrer Gleichgewichtslage festhalten, erklärt die elektromagnetische Theorie den Einfluss des wägbaren Stoffes auf das Licht. Da nicht alle Lichtarten die Ionen im Prisma in demselben Maße zum Mitschwingen erregen, so trennen sich die Farben in ein Spektrum. Da die Kräfte, die sich den Verschiebungen nach den verschiedenen Richtungen widersetzen, ungleich sind, entstehen die wunderbaren Erscheinungen der Doppelbrechung in Krystallen. Jeder wägbare Stoff, der auf dem Wege eines Lichtstrahles liegt, übt durch seine Ionen einen Einfluss auf dessen Lauf aus, daher bewirkt die kleinste Veränderung in der Dichte der Luft eine Abweichung der Strahlen von ihrer geraden Bahn; daher kann man die verdichtete Luftschicht an der Vorderseite eines Geschosses, das schneller fliegt, als der Schall sich fortpflanzt, im Schattenbilde auf einer lichtempfindlichen Platte wahrnehmen. Wir müssen annehmen, daß die Moleküle bei Veränderung des Aggregatzustandes der Körper oder bei der Mischung zweier Stoffe ihre Eigenart beibehalten und daß das Mitschwingen in jedem Moleküle für sich stattfindet. Bei zahlreichen chemischen Verbindungen kann man die Lichtbrechung auf dieselbe Weise wie bei einem Gemenge aus den Refraktionen der Bestandteile berechnen. Hier sind also nicht mehr die Moleküle als Ganzes sondern die einzelnen Atome die Resonatoren. Es muß also jedes Atom wenigstens ein bewegliches Ion enthalten und die Art, wie dieses schwingt, für jedes Atom von seinem chemischen Verband unabhängig sein. Entwirft man ein Spektrum von dem gelben Lichte der Natriumflamme, so entspricht die bekannte Doppellinie zweien durch die Natriumatome ausgesandten Lichtarten, deren Schwingungszahlen nur wenig von einander verschieden sind. Es sind gleichsam zwei elektrische Sender von verschiedener Periode in jedem Atome in Thätigkeit. Bringt man ein einziges Ion, das nach allen Richtungen mit derselben Periode schwingen kann, wenn keine magnetischen Kräfte wirken, das also eine Spektrallinie giebt, zwischen zwei Magnetpole, so kann das Ion dreierlei Schwingungen mit etwas verschiedenen Perioden ausführen, statt eines Tons sozusagen erhält man drei; jede Spektrallinie, für welche diese Annahmen gelten, muß durch eine dreifache Linie, ein Triplet, ersetzt werden (Zeemannsches Phänomen). Ferner müssen in Bezug auf den Polarisationszustand an den Componenten Eigentümlichkeiten auftreten, die mit der Art der Bewegungen des Ions, welche die drei Töne hervorrufen, zusammenhängen. Dies alles bestätigen die Versuche Zeemanns und Anderer; doch haben wir noch kein einigermaßen befriedigendes Bild des Mechanismus, durch welchen das Quadruplet zu stande kommt. Man darf sich die Atome nicht als Körper, an denen keine Teile zu unterscheiden sind, vorstellen. Sie müssen eine Struktur besitzen, ähnlich bei verwandten Elementen und um so complicierter, je größer das Atomgewicht ist. Dieser innere Bau spiegelt sich in den Spektren wieder. Die drei Reihen Doppellinien bei Kalium und Natrium rühren von ähnlichen Eigenschaften der Atome dieser Metalle her. Die Hunderte von Linien im Eisenspektrum verraten einen Aufbau, der viel verwickelter ist als der des Wasserstoffs, Kaliums und Natriums.

*Hahn-Machenheimer.*

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Pedersens Multiplex-Telephonie** behandelt E. RÜHMER in der *Phys. Ztsch.* 2, 28; 1900. Sie gehört zu den wichtigsten Anwendungen des Poulsenschen Telephonographen und ermöglicht, zwei, drei oder mehr Gespräche gleichzeitig auf derselben Fernleitung zu führen, ohne daß sie sich gegenseitig stören. Nach den Ausführungen in dieser Ztschr. (XIII, 349; 1900) kann man Gespräche mittels eines Doppel-Elektromagnets, den Mikrophon-Stromwellen umfließen, auf einen Stahldraht oder ein Stahlband magnetisch aufschreiben. Bewegt sich unter einem Elektromagnet ein Stahlband, so zeichnen sich darauf die magnetischen Wellen, welche die Stromschwankungen in der Magnetwicklung erzeugen, als magnetische Berge und Thäler auf, die man mittels eines zweiten genau gleich gebauten Elektromagnets, der mit einem Telephon verbunden ist, abhören kann. Das Gleiche findet statt, wenn man das Band unter zwei Elektromagneten  $E_1, E_2$  (s. Fig.), deren Wicklungen hintereinander geschaltet

sind, hinführt; es entstehen dann magnetische Doppelberge und Doppelthäler auf dem Stahlbande. Das auf diese Weise dem Bande aufgeprägte Gespräch kann man mittels eines anderen ganz gleichen Elektromagnetpaars  $E_3 E_4$  und eines Telephons abhören, vorausgesetzt, daß die Elektromagnete des zweiten Paares (des Abhörmagnets) genau denselben Abstand wie die des Schreibmagnetpaares haben und daß die Schaltung der Magnete in beiden Paaren die gleiche ist. Ist letzteres nicht der Fall, sind z. B. beide Schreibmagnete in gleichem Sinne, der eine Abhörmagnet aber in entgegengesetztem Sinne wie der andere gewickelt, so werden zwar die Schreibmagnete  $E_1 E_2$  das Gespräch auf das Band aufschreiben, man wird es aber nicht mit  $E_3 E_4$  abhören können, weil jede von  $E_1 E_2$  auf das Band geschriebene Doppelwelle, sobald sie an  $E_3 E_4$  vorbeiläuft, in deren Wickelungen Ströme von entgegengesetzter Richtung induziert, die sich bei völliger Übereinstimmung der beiden Abhörmagnete  $E_3$  und  $E_4$  vollständig aufheben. Mit  $E_3 E_4$  kann man dagegen ein Gespräch hören, das man mit einem Paar Schreibmagnete, deren Wickelungen in entgegengesetztem Sinne laufen, aufgezeichnet hat. Schreibt man ein Gespräch mit einem Elektromagnetpaar  $E_1 E_2$ , dessen Wickelungen in gleichem Sinne laufen, auf das Stahlband und zu gleicher Zeit oder später ein anderes Gespräch mit einem anderen Elektromagnetpaar  $E_3 E_4$ , dessen Wickelungen in entgegengesetztem Sinne laufen, auf dasselbe Band, so stören sich beide Aufschriften gegenseitig nicht, und man kann sie vollständig klar von einander trennen und einzeln abhören, wenn man zum Abhören zwei Magnetpaare benutzt, deren Windungen wie in den Paaren  $E_1 E_2$  und  $E_3 E_4$  verlaufen. Hierauf beruht die PEDERSENSCHE Duplex-Telephonie.



Man schreibt ein Gespräch mittels des Mikrophons I und der beiden Elektromagnete  $E_1 E_2$ , deren Wickelungen in gleichem Sinne laufen, auf das Stahlband der in der Pfeilrichtung sich drehenden Scheibe und zugleich ein anderes Gespräch mittels des Mikrophons II und der beiden Elektromagnete  $E_3 E_4$ , deren Wickelungen in entgegengesetztem Sinne laufen, auf dasselbe Band. Durch den einfachen Elektromagnet  $M$  werden beide wirr durcheinander in der Leitung  $L$  nach der Empfangsstelle geleitet und dort durch einen einfachen Elektromagnet auf das Stahlband der Scheibe geschrieben. Dieses läuft an zwei Elektromagnetpaaren vorbei, von denen das eine Paar Wickelungen in gleichem Sinne und das andere Wickelungen im entgegengesetzten Sinne hat, so daß das Gespräch I in dem Telephon 1 und das Gespräch II in dem Telephon 2 zu hören ist; es sprechen mithin die Teilnehmer miteinander, deren Telephone mit den gleichartig gewickelten Elektromagnetpaaren verbunden sind. Mit Hilfe von 4, 8 u. s. w. Paaren von Elektromagneten, also mittels zusammengesetzteren Apparaten, können auf ähnliche Weise 3, 4 und noch mehr Teilnehmer zu gleicher Zeit mit einander in Verbindung treten. II.-M.

**Die neuen Flüssigkeitsunterbrecher in Parallelschaltung** hat E. RUHMER in der *E. T. Z.* 21, 699; 1900 eingehender untersucht. Da bei den Wehneltschen Unterbrechern die freie Länge des Platinstifts höchstens etwa 7 mm beträgt, so kann man nur ein gewisses Maß von

Energie bei gegebener Spannung durch den Unterbrecher schicken. Bedarf man einer größeren Energie, so kann man sich leicht dadurch helfen, daß man mehrere Unterbrecher parallel zu einander in den Stromkreis einschaltet, wobei die Oberflächen der Platinstifte nicht gleich groß zu sein brauchen. Ebenso verhält sich der Simonsche Lochunterbrecher, bei dem man mehrere Löcher recht ungleichen Querschnitts anbringen kann, die dann ebenfalls eine Parallelschaltung bilden, ohne das genaue Arbeiten der Vorrichtung zu beeinträchtigen. RÜHMERS Messungen ergaben, daß mehrere parallel geschaltete Unterbrecher einem einzigen Unterbrecher gleichwertig sind, dessen Platinstiftoberfläche (Lochquerschnitt) gleich der Summe der Platinstiftoberflächen (Lochquerschnitte) der einzelnen Unterbrecher ist. Durch mikroskopische Aufnahmen stellte er ferner fest, daß parallel geschaltete Unterbrecher mit verschiedenen großen Anodenoberflächen genau synchron unterbrechen, da in jedem Zeitpunkte die Stromdichte für alle Flächeneinheiten der Anoden gleich groß ist. Bei derartigen Untersuchungen muß man auf den Einfluß der Selbstinduktion der Induktionsspule, die in den Stromkreis eingeschaltet ist, Rücksicht nehmen, da

$$i = \frac{E}{w} \left( 1 - e^{-\frac{w}{L} t} \right)$$

ist. Legt man in jeden Stromzweig der gekuppelten Unterbrecher eine besondere Induktionsspule, so hört deren synchrones Arbeiten auf, man vernimmt einen Combinationston, der zeigt, daß die beiden parallel geschalteten Unterbrecher nunmehr verschieden schnell arbeiten. Will man erreichen, daß beide Unterbrecher nun zwar nicht synchron aber doch gleich oft unterbrechen, so muß man die in die Stromzweige geschalteten Induktionsspulen so wählen, daß deren Selbstinduktionen sich umgekehrt wie die Oberflächen der zugehörigen aktiven Elektroden verhalten. Man kann auch eine beliebige Selbstinduktion in jeden Stromzweig legen und die Größe der einen Platinanode ändern. Zuerst hört man außer den beiden Unterbrechungstönen noch einen Combinationston, nach und nach nähern sich beide Töne, es entstehen Schwebungen, bis schließlich beide Töne übereinstimmen. H.-M.

Über das Magnalium hat Dr. D. KÄMPFER auf dem 9. Deutschen Mechanikertage zu Stuttgart am 4. August 1900 einen Vortrag gehalten. (*Deutsche Mechaniker-Ztg.* 1900, S. 181.) Wöhler, der zuerst Legierungen aus Aluminium und Magnesium untersuchte und dabei beide Metalle in Verhältnis ihrer Äquivalentgewichte oder weiterhin in Verhältnissen, bei denen das Magnesium überwog, verschmolz, erhielt nur spröde Metallmenge, die praktisch nicht brauchbar waren. Als Dr. LUDWIG MACH 1889 planmäßig die Mengen der Einzelbestandteile der Aluminium-Magnesium-Verbindungen abänderte, stellte sich heraus, daß sich bei abnehmendem Magnesiumgehalt die Sprödigkeit immer mehr verringerte und die Festigkeit, Elastizität und Bearbeitungsfähigkeit immer mehr verbesserte. Er fand, daß Aluminium, mit 10 bis 25% Magnesium legiert, einen außerordentlich festen, bearbeitbaren Stoff lieferte, und zwar zeigten die niedrigprozentigen Legierungen (bis etwa 15% Magnesium) die Eigenschaften des Messings, die höherprozentigen (bis etwa 25% Magnesium) die Eigenschaften des Rotgusses. Diese Stoffe haben durchschnittlich das spezifische Gewicht 2,2—2,5. Der Bruch dieser Legierungen, die man allgemein mit dem Namen Magnalium bezeichnet, ist äußerst feinkörnig und weist auf die hohe Festigkeit und Bearbeitungsfähigkeit hin. Bei allen mechanischen Arbeiten, beim Drehen, Gewindeschneiden, Bohren, Fräsen u. s. w. verhält sich Magnalium wie Messing oder Rotguss. Das Schwärzen geschieht sehr leicht in derselben Weise wie beim Aluminium oder Messing; auch beim Polieren verhält es sich wie letzteres Metall und die Politur ist sehr widerstandsfähig. Magnaliumflächen „fressen“ sich nicht aufeinander. Das Magnalium läßt sich in langen Spanlocken drehen, wie gutes Messing, und zeigt dadurch eine außerordentliche Zähigkeit an. Ist auch das Magnalium-Gussverfahren im wesentlichen zu einem guten Abschluß gelangt, so kann man jetzt doch noch nicht übersehen, welche Festigkeiten man noch dabei erzielen wird. Auch gute und praktisch brauchbare Bleche hat man insbesondere aus Legierungen von 5—8% Magnesiumgehalt hergestellt, doch hat man bis jetzt die Walzversuche nur in recht kleinem Maßstabe aus-

geführt und noch nicht gröfsere Mengen Blech in verschiedenen Dicken gewalzt. Gedrückte Rohre lassen sich auferordentlich leicht herstellen. Die Lötbarkeit des Magnaliums ist eine noch offene Frage. Der Preis des Kilogramms Magnaliumgufs stellt sich bei gröfseren Stücken auf etwa 8—10 M. und bei kleineren auf 15—20 M. Die Kosten gleicher Raummengen Rotgufs und Magnalium verhalten sich bei grofsen Stücken etwa wie 2,2:3,5 und bei ganz kleinen wie 2,5:5. H.-M.

**Zur Theorie des Auerlichtes.** W. NERNST und E. BOSE. *Phys. Ztschr.* 1, 289; 1900. Will man, um Licht zu erzeugen, einen Stoff in freier Flamme möglichst stark erwärmen, so mufs man ihn sehr fein verteilen, damit die Flammengase ihm ihre Wärme möglichst schnell zuführen, und zugleich die Wärmestrahlung verkleinern. Noch so fein verteilte Kohlenstoffteilchen nehmen die Temperatur der Flammengase nur unvollkommen an, da sie das normale Spektrum des schwarzen Körpers liefern und daher vorwiegend Wärme und verhältnismäfsig wenig Licht aussenden. Stoffe hingegen, die wenig ultrarote Strahlen, sonst aber annähernd das normale Spektrum liefern, nehmen die hohe Temperatur der Flammengase verhältnismäfsig vollkommen an und senden daher auch viel Licht aus. Die ausgesprochen rötliche Färbung der gewöhnlichen Kerzen-, Petroleum- oder Leuchtgasflammen zeigt schon, dafs die darin glühenden Kohlentelchen nicht entfernt die sehr viel höhere Temperatur der Flammen annehmen. Die blendend weifse oder schwach bläuliche Färbung der Magnesiumflamme, die höchst wahrscheinlich eine tiefere Temperatur hat, legt hingegen die Vermutung nahe, dafs die Magnesiasteilchen eine selektive Emission haben. Vor allem aber dürfte sich so die günstige Wirkung des Auerlichts am einfachsten deuten lassen. Zur näheren Prüfung dieser Anschauung verglichen NERNST und BOSE die Strahlung des Auerlichtes mit der eines schwarzen Körpers. Als solchen wählten sie den Faden einer Glühlampe, dem sie sehr verschiedene Temperaturen durch verschiedene Belastung erteilten. Die Ergebnisse stellten sie nach dem Vorgange von Fr. E. Köttgen, *Wied. Ann.* 53, 793; 1894, durch Kurven dar, deren Abscissen die Wellenlängen und deren Ordinaten die relativen Lichtstärken waren, wobei sie alle Lichtstärken für Natriumlicht gleich eins setzten. Sie verglichen verschieden stark belastete Glühlampen mit einer schwach belasteten und daher während aller Messungen constanten Glühlampe, deren Helligkeit sie im ganzen Spektralgebiet gleich eins setzten und erhielten so eine Kurvenschar, welche die Veränderung der Strahlung schwarzer Körper mit der Temperatur gut veranschaulichte. Eine Lichtquelle hat nun normale oder selektive Emission, je nachdem sich ihre Kurve in diese Schar einreicht oder nicht. Die Vergleichung der Lichtemission geschah stets bei den Wellenlängen 688, 589, 518, 477 und 447. Die Untersuchung des Auerlichtes ergab, dafs seine Kurve sich vollkommen vom gelben bis zum violetten Gebiete in die Kurven der Glühlampe einordnet, dafs sie aber im ersten Teile davon abweicht, da entsprechend dem deutlich grünlichen Farbenton des Auerlichtes dort die Emission viel schwächer als bei der normalen Strahlung ist. Man darf also mit Sicherheit extrapolieren, dafs auch im ultraroten Gebiete die Wärmestrahlung viel kleiner ist als die eines Stoffes, der die gleiche Temperatur hat und sich normal verhält. NERNST und BOSE stellten dann noch fest, dafs die Flammengase keinen spezifischen Einflufs auf die Lichtstrahlung des Auerlichtes ausüben, dafs wir es vielmehr bei der Strahlung seltener Erden in der Bunsenflamme mit einer reinen Wärmestrahlung zu thun haben, und dafs die Annahme einer katalytischen Wirkung des Auerstrumpfes weder erforderlich noch wahrscheinlich ist. Sie erklären die günstige Lichtwirkung des Auerstrumpfes auf Grund ihrer Betrachtungen und Beobachtungen folgendermassen: Der Auerstrumpf vermag die Temperatur der Flammengase wegen seiner verhältnismäfsig geringen Wärmestrahlung weit vollkommener als Kohlentelchen oder ähnliche „schwarze“ Stoffe anzunehmen; lediglich die so erzielte starke Erhitzung befähigt ihn zu einer starken Emission sichtbarer gelber bis violetter Strahlen und bedingt die höhere Ökonomie des Auerbrenners. H.-M.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Geschichte der anorganischen Naturwissenschaften im neunzehnten Jahrhundert.** Von Dr. Siegmund Günther, o. Professor a. d. K. techn. Hochschule in München. 1.—3. Tausend. Berlin, Georg Bondi, 1901. XIX und 984 S. M 10.—

In dem verdienstlichen Unternehmen der Verlagsbuchhandlung, den gesamten wissenschaftlichen Ertrag des 19. Jahrhunderts in Deutschland durch eine Reihe von Einzelbearbeitungen darzustellen, bildet dieses an tausend Seiten umfassende Werk den fünften Band. Es ist gewiss ein Wagnis, die in stetem Fluß befindliche Entwicklung eines so umfangreichen Wissensgebietes bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt zu verfolgen, doch ist dem Verfasser zu statten gekommen, daß ihm auf vier Sondergebieten von R. Wolf (Astronomie), F. Rosenberger (Physik), E. v. Meyer (Chemie) und K. A. v. Zittel (Geologie und Paläontologie) bis an die Gegenwart heran vorgearbeitet worden ist. Es bedürfte einer Aufzählung der 24 Kapitel, um eine Vorstellung von der geschickten Anordnung des Materials, durch die sich das Werk auszeichnet, zu geben. Der Physik fallen davon 6 Kapitel, der Chemie 3, der Mineralogie und Geologie 4, der Mathematik, Astronomie und Astrophysik 4, der Erdmessung, Erdphysik und wissenschaftlichen Erdkunde zusammen 3 Kapitel zu; besondere Kapitel sind der Naturphilosophie und Alexander von Humboldt gewidmet, den Schluß bildet ein Rück- und Ausblick, der an die neuesten Veröffentlichungen von Wiener, van 't Hoff, Ostwald und Boltzmann anknüpft.

Die Darstellung zeugt von bewundernswerter Beherrschung des fast unübersehbaren Stoffes und von ebensoviel Geschmack wie Besonnenheit in der Behandlung der mannichfachen persönlichen und Prioritätsfragen, die in diesem Zusammenhang zur Erörterung kommen mußten. So ist das Urteil über Goethes Farbenlehre fein und gerecht abgewogen, das Verdienst Robert Mayers, des „vielleicht originellsten aller deutschen Denker“, wird ohne Einschränkung anerkannt, nicht minder zutreffend wird die Bedeutung Ohms und Krönigs, das Auftreten Gilberts gegen die Naturphilosophie, die Leistung Goldsteins in der Erforschung der Kathodenstrahlen gewürdigt. Daß bei solchem Riesenswerk auch einzelne Irrtümer unterlaufen, liegt in der Natur der Sache. Zu bedauern ist besonders, daß Wilhelm Zenker als Begründer der Theorie der Photochromie nicht die gebührende Berücksichtigung gefunden hat. Sein „Lehrbuch der Photochromie“ ist nicht die neueste Publikation auf diesem Gebiet (S. 743), sondern 1868 erschienen und 1900 neu herausgegeben. Auch die Urteile über physikalische Lehr- und Handbücher bedürften zum Teil einer Richtigstellung. Erwähnung verdient noch, daß dem Werk sechzehn Bildnisse beigegeben sind, von denen das Gustav Kirchhoffs besonders wohl gelungen ist. Für H. v. Helmholtz hätte wohl eine andere Vorlage als die Lenbachsche Skizze den Vorzug verdient.

P.

**Jahrbuch der Naturwissenschaften 1900—1901.** Sechzehnter Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Mit 43 Abbildungen und einem Kärtchen. Freiburg i. B., Herder, 1901. X und 532 S. M 6, geb. M 7.—

Das Jahrbuch ist wiederum mit Sorgfalt zusammengestellt und bietet auch den Lesern dieser Zeitschrift noch manches Interessante aus der Physik und Chemie; u. a. mögen die Fortschritte im Fernsprechwesen und die elektro-optischen Strahlungserscheinungen genannt sein. (Die bei der Wärmelehre angeführten Versuche von K. T. Fischer sind nicht zuerst in *La Nature*, sondern in dieser Zeitschrift *XIII 255*, erschienen.) Sehr ausführlich ist auch über Chemie und chemische Technologie (S. 83—122), über Technik im weiteren Sinne (S. 299—374), über Astronomie (S. 123—150), über Meteorologie (S. 151—190) berichtet. Zur Orientierung in den beschreibenden Naturwissenschaften, Länder- und Völkerkunde, Gesundheitspflege u. s. w. ist das Jahrbuch gleichfalls zu empfehlen.

P.

**Elementare Experimental-Physik für höhere Lehranstalten.** Von Dr. Johannes Rufsner, Prof. an der k. Gewerbe-Akademie zu Chemnitz. I. Teil: Mechanik fester Körper. Mit 164 Abbildungen 146 S. M. 3,60. — II. Teil: Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper, Wellenlehre. Mit 249 Abbildungen. 162 S. M. 4. — Hannover, Gebrüder Jänecke, 1900.

Das Werk ist in erster Reihe für technische Mittelschulen bestimmt. Durch seine Anlehnung an Weinholds Leitfaden und die Aufnahme zahlreicher Abbildungen von Apparaten der Firma Kohl trägt es überdies einen spezifisch Chemnitzer Lokalcharakter. Dies soll nicht einen Vorwurf bedeuten, denn wir sind der Meinung, daß gerade durch solche aus speziellsten Unterrichtsbedingungen herausgewachsene Lehrbücher der gesamte Unterrichtsbetrieb ganz wesentliche Förderung erfährt. Der Nachdruck liegt in den vorliegenden beiden Teilen auf den Anwendungen der physikalischen Gesetze und auf der Anleitung zum Behandeln rechnerischer Aufgaben. Die Einfügung zahlreicher durchgeführten Beispiele ist zweifellos ein gutes Mittel, den Schülern Sicherheit in dieser Richtung zu verschaffen. Auch sind die Aufgaben durchweg geschickt und mit Rücksicht auf die Technik ausge-

wählt. Andererseits läßt die Begründung der Gesetze und die begriffliche Klarheit an manchen Stellen zu wünschen übrig. Unter den Demonstrationsapparaten finden sich neben den meist mustergiltigen Weinholdschen auch einzelne gute Hartlsche Konstruktionen. Die Ausstattung ist abgesehen von manchen unscharfen und wenig gelungenen Abdrücken aus dem Kohlschen Preisverzeichnis recht gut, der Preis des ganzen, auf fünf Teile angelegten Werkes allerdings erheblich höher, als sonst bei Schulbüchern dieser Art. P.

**Ad. Wernickes Lehrbuch der Mechanik in elementarer Darstellung mit Anwendungen und Übungen aus den Gebieten der Physik und Technik.** In zwei Teilen. Erster Teil, Mechanik fester Körper, von Dr. Alex. Wernicke. Vierte Auflage. Erste Abteilung. Braunschweig, Vieweg und Sohn. 1900. XI u. 314 S. Zweiter Teil, Flüssigkeiten und Gase, von Rich. Vater. Dritte Auflage. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1900. VII u. 373 S.

Das seit mehr als vierzig Jahren bestehende und viel benutzte, aus den Bedürfnissen der alten Gewerbeschulen hervorgegangene Werk liegt hiermit in einer neuen Bearbeitung vor. Sie ist besonders bestimmt für die technischen Mittelschulen, für Studierende und Techniker, die eine elementare und zugleich die Praxis berücksichtigende Behandlung der Mechanik wünschen, und für die Candidaten des höheren Schulamtes und die Oberlehrer, die sich der angewandten Mechanik widmen wollen. Mathematische Kenntnisse werden daher nur soweit vorausgesetzt, wie sie die höheren Lateinschulen gewähren, wenn auch, wenigstens im ersten Teile, gelegentlich die Bezeichnungen der Infinitesimalrechnung eingeführt und vereinzelte Anwendungen von Differentialen und Integralen gemacht werden. Die Übungen der älteren Auflagen sind in ausführlich besprochene Anwendungen und kürzere Aufgaben und Beispiele zerlegt.

Die Bearbeitung des ersten Teiles rührt von dem Sohne des ursprünglichen Verfassers her. Die Einleitung ist der verschiedenen Behandlungsart und der Einteilung der Mechanik, der Erörterung der Grundbegriffe nach deren sachlicher und geschichtlicher Seite und der Einführung in die Vektorenrechnung gewidmet. Sie dient teils zur vorgängigen Orientierung, teils zum Rückblick nach vollendetem Studium des Werkes. Der Inhalt dieses selbst wird in die Phoronomie oder die reine Bewegungslehre und in die Dynamik oder die Lehre von den Kräften gegliedert. In der Phoronomie werden zuerst die Grundbegriffe, dann im Anschluß an den Beharrungssatz, der indess eigentlich nicht hierhergehört, die Richtungsgrößen und ihre Zusammensetzung, schliesslich die Lagenänderungen und die Zusammensetzung der Lagenänderungen starrer Körper und deren ebene, sphärische und Relativbewegungen behandelt. Die Dynamik wird eingeteilt in die Lehre vom materiellen Punkte, die Dynamik starrer, die Dynamik fester und die Dynamik flüssiger und gasförmiger Körper; wovon aber vorläufig erst die Behandlung des materiellen Punktes vorliegt, einschliesslich der dynamischen Grundgleichungen für materielle Körper, also auch des Massenmittelpunktes und des Trägheitsmomentes. Die Anwendungen sind zum grösseren Teile die üblichen: der freie Fall, der Wurf, das Pendel, die Centralbewegung, die harmonischen Schwingungen und die Wellenbewegung. Spezielle, für die Technik wichtige Anwendungen sind Cardanos geradlinige Führung einer ebenen Figur, Leonardos Bewegung einer ebenen Figur, der Schwungkugelregulator und die Radialturbine. Es ist ausdrücklich hervorzuheben, daß der Verf. in den allgemeinen Betrachtungen wie in den Anwendungen die peinlichste Strenge und Klarheit anstrebt, auch dann, wenn dadurch eine grössere Breite der Darstellung nötig wird, als sich in anderen, ähnlichen Büchern findet.

Der zweite Teil des Werkes, der von Rich. Vater bearbeitet ist, enthält den letzten Abschnitt der Dynamik, die Lehre von den Flüssigkeiten und den Gasen. Er ist nicht weniger klar, aber elementarer als der erste gehalten. Es folgen der Reihe nach die allgemeinen Gesetze über das Gleichgewicht und den Druck der Flüssigkeiten und der Gase, das Gleichgewicht der Flüssigkeiten mit eingetauchten Körpern, der Ausfluß der Flüssigkeiten, der Gase und der Dämpfe aus Gefässen und Röhren und die Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen. Teilweise schliessen schon diese Themen selbst besondere praktische Fälle ein, doch auch im übrigen bringen sie es mit sich, daß die als Anwendungen bezeichneten Abschnitte mehr speziell Technisches darbieten und daher reichhaltiger sind als im ersten Teile des Werkes. Dabei wird die Maschinentechnik bis in die neueste Zeit berücksichtigt, wie die Artikel über die Petroleum- und die Benzinmotoren, über den Dieselmotor und über die Turbinen erkennen lassen. Nur hätten nicht unter die Anwendungen die Isothermen der Dämpfe und die kritische Temperatur eingereiht werden dürfen, indem davon ausgegangen wird, daß beim Mariotteschen Gesetze bemerkt sei, es gelte bloß für Gase und überhitzte Dämpfe; wie auch die alte Unterscheidung der Gase als der bei gewöhnlicher Temperatur und atmosphärischem Drucke luftförmigen Körper von den Dämpfen als durch Erwärmung von Flüssigkeiten entstanden zu unbestimmt ist.

*Paul Gerber, Stargard.*

**Vorlesungen über technische Mechanik.** Von Prof. Dr. Aug. Föppl. Zweiter Band: Graphische Statik, mit 166 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. IV u. 452 S.

Mit dem Erscheinen des vorliegenden Bandes der Föpplschen Vorlesungen ist das vierbändige Werk des Verf. nunmehr vollendet. Es behandelt die Grundlagen derjenigen für den Techniker wichtigen statischen Probleme, die auf zeichnerischem Wege zu lösen sind. Schon früher hat der Verf. eine besondere Schrift über das Fachwerk im Raume veröffentlicht. Hier werden die Zusammensetzung und die Zerlegung der Kräfte an materiellen Punkte, das Seilpolygon, die Kräfte im Raume, das ebene und das räumliche Fachwerk, die elastischen Formänderungen des Fachwerks, das statisch unbestimmte Fachwerk und die Theorie der Gewölbe und der durchlaufenden Träger besprochen, nachdem einleitungsweise erörtert ist, wie schon in Galileis mechanischem Hauptwerke Keime der graphischen Methode enthalten sind und letztere durch Culmann zur Anerkennung und Einführung gelangt ist. Neben der Zeichnung kommt auch die Rechnung, wenn sie den Vorzug verdient, zu ihrem Rechte. Am Schlusse folgt eine Zusammenstellung der wichtigsten Formeln. Die Präzision und die Eleganz der Darstellung, durch die sich die früheren Bände auszeichnen, sind hier in gleichem Maße zu rühmen. Die Übungsaufgaben sind sehr instruktiv ausgewählt und mit ausführlichen Lösungen versehen.

Von dem ersten und dem dritten Bande des Werkes, die die Einführung in die Mechanik und die Festigkeitslehre enthalten, ist inzwischen die zweite, wo es nötig schien, berichtigte und mit Zusätzen versehene Auflage erschienen.

*Paul Gerber, Stargard.*

**Dynamik der Kurbelgetriebe.** Mit besonderer Berücksichtigung der Schiffsmaschinen. Von H. Lorenz. Leipzig, B. G. Teubner. 1901. IV u. 156 S.

Die Kurbelgetriebe haben in den Lehrbüchern der technischen Mechanik und der Maschinenlehre bisher keine eingehende Berücksichtigung gefunden. Der Verf., der auf dem fraglichen Gebiete schon durch mehrere Veröffentlichungen bekannt ist, hat es daher unternommen, diese Lücke durch die vorliegende kleine, aber inhaltreiche Schrift, die in erster Linie für Ingenieure und Studierende der Maschinentechnik bestimmt ist, auszufüllen. Er bringt die von Poncelet und Redtenbacher angebahnte dynamische Behandlung des Kurbelmechanismus, die durch den Einfluß der Kinematik zurückgedrängt wurde, voll zur Geltung. Weil besonders die Schiffsmaschinen zu einer solchen Wendung veranlassen, treten sie auch in den mitgeteilten Untersuchungen am meisten hervor. Das d'Alembertsche Prinzip und das Energiegesetz bilden die Grundlage der Ableitungen. Mit Hilfe der periodischen Reihen gelangt der Verf. zu einer Anzahl neuer Ergebnisse, die nicht bloß theoretisch von Interesse sind, sondern auch unmittelbar die Praxis angehen. Die Zahlenbeispiele, die er an passenden Stellen einfügt, tragen viel zur Erleichterung des Verständnisses bei. Er hofft, daß die Betrachtungsweise, durch die er einen Einblick in die periodischen Schwankungen des Drehmomentes der Kurbelwelle und ihrer Torsionsschwingungen während der Rotation darbietet, auch für das Studium anderer Vorgänge sich nützlich erweisen werde. Die kleine Schrift kann in der That hierdurch über ihr eng umgrenztes Thema hinaus anregend wirken und daher auch Leser, denen es um dieses Thema an sich nicht zu thun ist, befriedigen.

*Paul Gerber, Stargard.*

### Die neuen Lehrpläne und Lehraufgaben

für die höheren Schulen in Preussen.

Aus den soeben erschienenen preussischen Lehrplänen und Lehraufgaben (Halle a. S., Buchhandlung des Waisenhauses 1901) bringen wir nachstehend den die Naturwissenschaften betreffenden Abschnitt zum Abdruck und behalten uns eine eingehende Besprechung für das nächste Heft vor. Insbesondere werden angesichts gewisser Schwierigkeiten, die sich bei dem Pensum der O III und U II des Gymnasiums wie des Realgymnasiums herausstellen, die möglichen anderweitigen Verteilungen des Lehrstoffs, die durch die „methodischen Bemerkungen“ (besonders unter No. 5a) zugelassen sind, näher ins Auge zu fassen sein.

#### A. Gymnasium.

a) Allgemeines Lehrziel. Botanik: Kenntnis der wichtigeren Familien des natürlichen Systems und der Lebenserscheinungen ihrer Vertreter, auch der häufigsten Pflanzenkrankheiten und ihrer Erreger. Das Nötigste aus der Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. — Zoologie: Kenntnis der wichtigsten Ordnungen aus den Klassen der Wirbeltiere sowie einzelner Vertreter aus den übrigen Klassen des Tierreichs. Kenntnis vom Bau des menschlichen Körpers und von den wichtigsten Lehren der Gesundheitspflege. — Mineralogie: Kenntnis der einfachsten Kristallformen und einzelner besonders wichtiger Mineralien. — Physik: Kenntnis der wichtigsten Erscheinungen

und Gesetze aus den verschiedenen Gebieten der Physik und der Grundlehren der mathematischen Erd- und Himmelskunde. — Chemie: Kenntnis der einfachsten chemischen Erscheinungen.

b) Lehraufgaben. VI. 2 St. w. Beschreibung vorliegender Blütenpflanzen und Besprechung der Formen und Teile der Wurzeln, Stengel, Blätter, Blüten, leicht erkennbaren Blütenstände und Früchte. — Beschreibung wichtiger Säugetiere und Vögel in Bezug auf äussere Merkmale und auf charakteristische Einzelheiten des Knochenbaues (nach vorhandenen Exemplaren und Abbildungen) nebst Mitteilungen über ihre Lebensweise, ihren Nutzen und Schaden. — Übungen im einfachen schematischen Zeichnen des Beobachteten, wie in den folgenden Klassen.

V. 2 St. w. Eingehende Durchnahme der äusseren Organe der Blütenpflanzen im Anschluss an die Beschreibung vorliegender Exemplare und an die Vergleichung verwandter Formen. — Beschreibung wichtiger Wirbeltiere (nach vorhandenen Exemplaren und Abbildungen) nebst Mitteilungen über ihre Lebensweise, ihren Nutzen und Schaden. Grundzüge des Knochenbaues beim Menschen.

IV. 2 St. w. Beschreibung und Vergleichung von Pflanzen mit schwieriger erkennbarem Blütenbau. Übersicht über das natürliche System der Blütenpflanzen. — Gliedertiere unter besonderer Berücksichtigung der Insekten.

U III. 2 St. w. Beschreibung und Vergleichung einiger Nadelhölzer und Sporenpflanzen, Besprechung der wichtigeren ausländischen Nutzpflanzen. Im Anschluss hieran: Übersicht über das gesamte natürliche System, das Nötigste aus der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, sowie einiges über Pflanzenkrankheiten und ihre Erreger. — Niedere Tiere und Überblick über das Tierreich.

O III. 2 St. w. Lehre vom Bau des menschlichen Körpers. Unterweisungen über die Gesundheitspflege. — Vorbereitender physikalischer Lehrgang I: Einfachste Erscheinungen aus der Mechanik fester, flüssiger und gasförmiger Körper sowie aus der Wärmelehre in experimenteller Behandlung.

U II. 2 St. w. Vorbereitender physikalischer Lehrgang II: Anfangsgründe der Chemie nebst Besprechung einzelner wichtiger Mineralien. Einfachste Erscheinungen aus der Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität in experimenteller Behandlung. — An solchen Anstalten, welche Ersatzunterricht für das Griechische eingerichtet haben oder bei denen in der Regel ein starker Abgang am Schluss der U II stattfindet, ist der Lehrstoff (für die erstgenannten Anstalten im Ersatzunterrichte) durch Behandlung einfacher Erscheinungen aus der Akustik und Optik zu ergänzen.

O II. 2 St. w. Wärmelehre nebst Anwendungen auf Meteorologie. Magnetismus und Elektrizität, insbesondere Galvanismus.

U und O I. Je 2 St. w. Mechanik mit Anwendungen auf Wärmelehre (mechanisches Wärmeäquivalent), mathematische Erd- und Himmelskunde. Wellenlehre, Akustik und Optik. Wiederholungen und Ergänzungen aus dem ganzen Gebiete.

#### B. Realgymnasium und Oberrealschule.

a) Allgemeines Lehrziel. Botanik: Kenntnis des natürlichen Systems, insbesondere der wichtigsten Familien der einheimischen Blütenpflanzen, einiger Sporenpflanzen und der wichtigsten ausländischen Nutzpflanzen; Bekanntschaft mit deren geographischer Verbreitung, Kenntnis der Lebenserscheinungen der behandelten Pflanzen, auch der häufigsten Pflanzenkrankheiten und ihrer Erreger. Das Nötigste aus der Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. — Zoologie: Kenntnis des Systems der Wirbeltiere und der wirbellosen Tiere; Bekanntschaft mit der Lebensweise und der geographischen Verbreitung der hervorragendsten Tiere, Kenntnis vom Bau des menschlichen Körpers und von den wichtigsten Lehren der Gesundheitspflege. — Mineralogie: Kenntnis der wichtigeren Kristallformen sowie der physikalischen Eigenschaften, der chemischen Zusammensetzung und der geologischen und technischen Bedeutung der wichtigsten Mineralien. — Physik: Sichere Kenntnis der wichtigsten Erscheinungen und Gesetze aus den verschiedenen Gebieten der Physik, sowie Bekanntschaft mit der mathematischen Darstellung der Hauptgesetze, Kenntnis der wichtigsten Lehren der mathematischen Erd- und Himmelskunde. — Chemie: Kenntnis der wichtigsten Elemente und ihrer hauptsächlichsten, besonders anorganischen Verbindungen sowie der Grundgesetze der Chemie. Bei der Oberrealschule ausserdem eine erweiterte Behandlung der organischen Chemie.

b) Lehraufgaben. VI. 2 St. w. Wie im Gymnasium.

V. 2 St. w. Wie im Gymnasium.

IV. 2 St. w. Vergleichende Beschreibung verwandter Arten und Gattungen von Blütenpflanzen nach vorhandenen Exemplaren. Hinweis auf das Linnésche System. Erste Übungen im Bestimmen. — Wiederholungen und Erweiterungen des zoologischen Lehrstoffes der früheren Klassen mit Rücksicht auf das System der Wirbeltiere.

U III. 2 St. w. Beschreibung und Vergleichung von Pflanzen mit verwickelterem Blütenbau und von einigen Sporenpflanzen. Im Anschluss hieran Erweiterung und Vertiefung der morpho-

logischen und biologischen Begriffe. Die wichtigsten Familien der Blütenpflanzen. Übersicht über das natürliche System. Übungen im Bestimmen. — Gliedertiere mit besonderer Berücksichtigung der Insekten und ihrer Ordnungen.

O III. 2 bzw. 4 St. w. Zusammenfassende Wiederholungen des bisherigen Lehrstoffes der Naturbeschreibung. Niedere Tiere. Überblick über das Tierreich. — Vorbereitender physikalischer Lehrgang I: Die einfachsten Erscheinungen aus der Mechanik fester, flüssiger und gasförmiger Körper sowie aus der Wärmelehre in experimenteller Behandlung. — In der Oberrealschule treten hinzu: Erweiterungen und Ergänzungen des botanischen und zoologischen Lehrstoffes in Rücksicht auf Formenlehre, Biologie und Systematik sowie auf die geographische Verbreitung von Pflanzen (namentlich inländischen und ausländischen Nutzpflanzen) und Tieren. Fortgesetzte Übungen im Bestimmen von Pflanzen.

U II. 4 bzw. 6 St. w. Das Nötigste aus der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Einiges über Pflanzenkrankheiten und ihre Erreger. — Anatomie und Physiologie des Menschen. Unterweisungen über die Gesundheitspflege. — Vorbereitender physikalischer Lehrgang II: Die einfachsten Erscheinungen aus der Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität, der Akustik und Optik in experimenteller Behandlung. — Vorbereitender Lehrgang der Chemie und Mineralogie, am Realgymnasium im Anschluss an die Naturbeschreibung oder an die Physik, an der Oberrealschule in gesonderten Lehrstunden.

O II. 5 bzw. 6 St. w. Physik: Wärmelehre (mit Ausschluss der Wärmestrahlung), Magnetismus und Elektrizität, besonders Galvanismus. — Chemie: Methodische Einführung in die Chemie. Grundzüge der Atomenlehre. Chemische Zeichensprache.

U und O I. Je 5 bzw. 6 St. w. Physik: Mechanik mit Anwendung auf die Wärmelehre (mechanisches Wärmeäquivalent) und auf die mathematische Erd- und Himmelskunde. Wellenlehre, Akustik und Optik. Strahlungserscheinungen der Wärme und der Elektrizität. Wiederholungen und Ergänzungen aus dem ganzen Gebiete der Physik. — Chemie: Systematische Behandlung der wichtigsten Grundstoffe und der bemerkenswertesten Verbindungen, darunter auch einiger organischer. Erweiterung der theoretischen Teile. Stöchiometrische Rechnungen. Elemente der Mineralogie und Kristallographie. Einfache Arbeiten im Laboratorium. — An der Oberrealschule außerdem einige zusammenhängende Abschnitte aus der organischen Chemie.

### C. Realschule.

a) Allgemeines Lehrziel. Naturbeschreibung: Fähigkeit zur Beobachtung und Beschreibung einzelner Pflanzen; Kenntnis der wichtigeren Pflanzenfamilien und Erscheinungen aus dem Leben der Pflanze. — Fähigkeit zur Beobachtung und Beschreibung von Vertretern der einzelnen Klassen der Tierwelt; Kenntnis der wichtigeren Ordnungen der Wirbeltiere und Insekten. — Bekanntschaft mit dem Bau des menschlichen Körpers und den wichtigsten Lehren der Gesundheitspflege. — Kenntnis der einfachsten Kristallformen sowie einzelner besonders wichtiger Mineralien. — Naturlehre: Eine durch Versuche vermittelte Kenntnis der Grundlehren des Gleichgewichts und der Bewegung, der Wärme, des Magnetismus und der Elektrizität sowie der einfachsten optischen und akustischen Gesetze. Kenntnis der wichtigsten chemischen Elemente und ihrer hauptsächlichsten Verbindungen.

b) Lehraufgaben. Wie in VI bis U II der Oberrealschule.

### Methodische Bemerkungen für die Naturwissenschaften.

1. Bei dem Unterrichte in den Naturwissenschaften ist die Aneignung einer Summe einzelner, im Leben verwendbarer Kenntnisse, so schätzbar an sich sie ist, doch nicht das Endziel, sondern nur ein Mittel zur Förderung der allgemeinen Bildung. Der Schüler soll lernen, seine Sinne richtig zu gebrauchen und das Beobachtete richtig zu beschreiben; er soll einen Einblick gewinnen in den gesetzmäßigen Zusammenhang der Naturerscheinungen und in die Bedeutung der Naturgesetze für das Leben; er soll auch, soweit dies auf der Schule möglich ist, die Wege verstehen lernen, auf denen man zur Erkenntnis dieser Gesetze gelangt ist und gelangen kann. Anschauung und Versuch haben im Unterrichte einen größeren Raum einzunehmen.

2. Der Unterricht in der Botanik und Zoologie hat, von der Anleitung zur Beobachtung und Beschreibung einzelner Pflanzen und Tiere ausgehend, die Schüler durch Vergleichung verwandter Formen allmählich zur Aneignung der wichtigsten Begriffe der Morphologie und zur Kenntnis des Systems hinzuführen und zugleich mit den wichtigsten Erscheinungen und Gesetzen des Tier- und Pflanzenlebens bekannt zu machen. Das Hauptgewicht ist überall nicht so sehr auf einen großen Umfang des Lehrstoffes, als auf dessen unterrichtliche Durcharbeitung zu legen. Zu behandeln sind

vorzugsweise die Vertreter der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt, wie sie die Umgebung und die Sammlungen der Schule bieten, daneben aber auch einige charakteristische Formen fremder Erdteile und wichtige ausländische Nutzpflanzen. Von der untersten Stufe des Unterrichts an ist die Aufmerksamkeit der Schüler auf Lebenserscheinungen und Lebensbeziehungen zu richten, wozu auch Mitteilungen über die geographische Verbreitung der Tiere und Pflanzen gehören. Dabei werden die eigenen Beobachtungen der Schüler vorzugsweise zu berücksichtigen sein, während andererseits alles zu vermeiden ist, was über das Verständnis der betreffenden Klassenstufe hinausgeht. Übungen im Bestimmen einheimischer Pflanzen sind wünschenswert und können auch an der Hand des Linnéschen Systems vorgenommen werden. Es ist zulässig, auf allen Stufen einfache Erscheinungen aus anderen Zweigen der Naturwissenschaft, soweit sie zum Verständnis der lebenden Natur dienen können und über das Fassungsvermögen der Schüler nicht hinausgehen, in den Bereich der Betrachtung zu ziehen. Auf allen Stufen sind die Schüler im einfachen schematischen Zeichnen des Beobachteten zu üben. Naturwissenschaftliche Exkursionen werden die Möglichkeit gewähren, die Lebenserscheinungen der Tier- und Pflanzenwelt, die gegenseitige Abhängigkeit und die Lebensgemeinschaften beider der Anschauung und dem Verständnis der Schüler nahe zu führen, wie sie auch Veranlassung bieten zu weiteren sehr empfehlenswerten Übungen im Bestimmen einheimischer Pflanzen.

3. Im allgemeinen werden die Sommermonate des Schuljahres für die Bewältigung der botanischen, der Winter für die der zoologischen Lehraufgabe verwendet werden. Doch können einzelne Teile der Zoologie, z. B. die Lehre von den Insekten, auch im Sommer behandelt werden. Ebenso bleibt es dem Lehrer unbenommen, bei sehrzeitigem Beginn des Sommerhalbjahres, wenn die Beschaffung geeigneter Pflanzen für den botanischen Unterricht sich nicht ermöglichen läßt, die ersten Wochen auf Ergänzung und Wiederholung der zoologischen Lehraufgabe des Winterhalbjahres, dagegen die erste Zeit des Winterhalbjahres auf die Ergänzung des botanischen Lehrstoffes (z. B. Früchte) zu verwenden.

4. Der Unterricht in der Anthropologie am Gymnasium wird im Verlaufe eines Vierteljahres erledigt werden können, wenn er sich wesentlich auf die anatomische Seite beschränkt, das Physiologische aber dem physikalisch-chemischen Unterrichte überläßt. Zu diesem Behufe ist es erforderlich, in einer der Oberklassen (am zweckmäßigsten in I) einen Teil der dem Physikunterricht zugewiesenen Stunden für einen physiologischen Kursus zu verwenden.

5. Der Unterrichtsstoff in Physik und Chemie nebst Mineralogie ist auf zwei Kurse verteilt.

a) In dem ersten dieser Kurse, welcher im allgemeinen die O III und U II umfaßt, sind nur die einfachsten, dem Verständnis und dem Interesse der Schüler dieser Stufe am nächsten liegenden Lehren zu behandeln. In ihm hat durchweg das Experiment, aber in der möglichst einfachen Form, als Grundlage zu dienen; auch ist, wo irgend möglich, die eigene Erfahrung des Schülers als Ausgangspunkt zu benutzen. Die Auswahl ist auf die in den Lehraufgaben bezeichneten Abschnitte zu beschränken. Auf den Realanstalten sind in diesem Kursus ähnlich wie am Gymnasium die Elemente der Chemie nur propädeutisch zu behandeln, da in dem zweiten, mit der O II beginnenden Kursus für den chemisch-mineralogischen Unterricht besondere Stunden festgesetzt sind. Die Verteilung der vier Stunden in der U II des Realgymnasiums auf Naturbeschreibung und Naturlehre ist den einzelnen Anstalten überlassen. Auch ist unter besonderen Umständen, namentlich an Nichtvollanstalten, eine andere Verteilung des naturwissenschaftlichen Lehrstoffes auf die beiden Klassen O III und U II statthaft, vorausgesetzt, daß dadurch die Lehraufgaben der genannten Klassen im ganzen keine Kürzung erfahren. In der Oberrealschule findet von vornherein eine Trennung des physikalischen Unterrichts von dem chemisch-mineralogischen statt.

b) In dem zweiten Kursus, welcher sich auf den ersten aufbaut, ist das dort gewonnene Wissen zu vertiefen und zu erweitern. Auch auf dieser Stufe ist das Experiment ein wesentlicher Bestandteil des Unterrichts; aber im Gegensatz zur Unterstufe, wo es mehr qualitativen Charakter hatte, wird es, besonders an den Realanstalten, hier mehr in quantitativer Richtung zu behandeln sein. Hierzu tritt die mathematische Behandlung der Hauptgesetze. Der Unterricht in der theoretischen Optik hat sich (besonders in der Lehre von der Polarisation und Doppelbrechung) auf die wichtigsten Erscheinungen zu beschränken. Aus der mathematischen Erd- und Himmelskunde sind die grundlegenden Abschnitte in den mathematischen Stunden der I zu erledigen, so daß dem physikalischen Unterrichte nur die Ergänzung der dort gewonnenen Kenntnisse obliegt. Auch innerhalb dieses Kursus dürfen, wo besondere Verhältnisse es empfehlen, die Lehraufgaben von einer Klassenstufe auf eine andere verschoben werden, sofern nur das Gesamtziel sicher erreicht wird.

c) Der Unterricht in der Mineralogie wird am naturgemäßeften mit dem chemischen Unterrichte verbunden. Das schließt nicht aus, daß unter besonderen Umständen, z. B. an Anstalten, die in einer mineralreichen, bergbautreibenden Gegend liegen, dem mineralogischen Unterrichte eine

besondere Berücksichtigung zu teil wird. Zu behandeln sind die wichtigsten Kristallformen und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der hauptsächlichsten Mineralien, an den Realanstalten auch die Elemente der Geognosie und Geologie. — In der Chemie ist darauf Bedacht zu nehmen, daß die Schüler nicht etwa durch gleichmäßige Behandlung aller Elemente und ihrer Verbindungen mit Lehrstoff überladen und zu überwiegend gedächtnismäßiger Aneignung genötigt werden. Soweit möglich, soll im Unterrichte die technische Verwendung chemischer wie auch physikalischer Wissenschaft berücksichtigt werden. Ferner empfiehlt es sich, sowohl wichtige hygienische Gesichtspunkte, z. B. bei der Besprechung von Wasser, Luft, Nahrungsmitteln, als auch die Beziehungen zur Biologie in Betracht zu nehmen. In den praktischen Übungen sollen die Schüler die wichtigsten Reaktionen der Metalloide und Metalle durchmachen, einfache qualitative Analysen ausführen und leichte Präparate herstellen. Derartige Übungen, die bei richtiger Leitung einen nicht zu unterschätzenden erziehlichen Wert haben, sind unter Umständen auch für das Gebiet des physikalischen Unterrichts zulässig.

6. Bei der gewaltigen Fülle des Stoffes auf allen Gebieten und der besonders an Gymnasien verhältnismäßig geringen Anzahl der dafür verfügbaren Lehrstunden ist auf eine angemessene Auswahl die größte Sorgfalt zu verwenden. Das Bestreben des Lehrers wird vor allem dahin zu richten sein, daß die Schüler zu eigenem Beobachten und selbständigem Denken angeleitet werden, jede Überlastung mit gedächtnismäßig anzueignendem Lehrstoff aber vermieden wird. Größere häusliche Ausarbeitungen sind nur in den oberen Klassen der Realanstalten höchstens alle vier Wochen zu fordern.

## Versammlungen und Vereine.

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

*Sitzung am 12. November 1900.* Herr KOPPE sprach über das Schmelzen fester Kohlensäure. Er setzte auseinander, wie sich der Oerstedsche Apparat zum Zusammendrücken des Wassers auch zur Verflüssigung fester Kohlensäure verwenden läßt. — Derselbe teilte eine leicht zu merkende Beziehung zwischen der Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes und der in Celsiusgraden gemessenen Temperatur mit. — Herr POSKE zeigte die durch eine Stimmgabel in einer Glasröhre hervorgebrachten Kundtschen Staubfiguren, vermittelt deren sich Schwingungen nachweisen lassen, die weit jenseits der Grenze der Hörbarkeit liegen, und zeigte hierauf bezügliche Photographieen nach Versuchen von R. König in Paris vor. Er besprach ferner die Vorgänge bei Reflexion der Schallwellen in Röhren. — Derselbe zeigte den Taucher von Rebenstorf und legte neue Unterrichtstafeln zur Elektrizitätslehre vor. — Herr RIENS demonstrierte einen Brenner, welcher die erwärmte Substanz auf constanter Temperatur erhält. Er zeigte ferner eine Schubleere, welche 0,01 mm mißt, und beschrieb eine ähnliche für 0,001 mm.

*Sitzung am 26. November 1900.* Herr KOPPE sprach über Zeiss' Relieffernrohr und Feldstecher. Er entwickelte die Bedingungen des stereoskopischen Sehens. Er beschrieb das Telestereoskop von Helmholtz, bei dem durch Anwendung von Spiegeln die Sehlinien der Augen auseinandergerückt werden, und legte dar, warum durch einen Operngucker die Gegenstände zu flach erscheinen. Das Zeiss'sche Relieffernrohr combinire das Helmholtz'sche Telestereoskop mit dem Operngucker, enthalte aber statt der Spiegel total reflektierende Prismen. Der Vortragende zeigte, daß auch hier der Maßstab der Vergrößerung für die Tiefe nicht der gleiche ist wie für die Front. Er zeigte endlich verschiedene stereoskopische Aufnahmen, darunter solche mit eingesetzter Skala zur stereoskopischen Messung von Entfernungen.

*Sitzung am 10. Dezember 1900.* Herr SPIES demonstrierte einen Versuch, durch den das Auftreten elektrischer Schwingungen bei der Entladung einer Leydener Flasche nachgewiesen wird, und gab eine Anordnung an für den Nachweis einer bei dieser Entladung auftretenden Resonanz der Schwingungen. — Derselbe sprach über die Behandlung des Jouleschen Gesetzes im Unterricht. Er zeigte, daß sich das in der Jouleschen Formel auftretende Wärmeäquivalent der Stromarbeit kalorimetrisch sehr rasch mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen läßt. Er wies auf den didaktischen Wert der verschiedenen Formen des Jouleschen Satzes hin und führte hierauf bezügliche Versuche aus. Er zeigte endlich, wie man durch die Joulesche Wärme im Unterricht das mechanische Wärmeäquivalent ermitteln kann.

*Sitzung am 14. Januar 1901.* Herr JOHANNESON demonstrierte eine Ansatzröhre zur Kohlensäureflasche. — Derselbe beschrieb die Bedingungen, unter denen eine Platte oder Kugel sich auf einer anderen Kugel in stabilem Gleichgewicht befinden. Bei der Platte müsse die Höhe des Schwerpunkts über der unteren Fläche kleiner sein als der Radius der Kugel; das Gleichgewicht einer

Kugel auf einer anderen sei nur vorhanden bei exzentrischem Schwerpunkt der oberen Kugel. Diese Folgerungen wurden durch Versuche bestätigt. — Derselbe demonstrierte die mehrfachen Bilder in einem Spiegelglasstreifen, sowie die seitliche Verschiebung der Lichtstrahlen durch eine planparallele Platte. Er besprach ausführlicher den Vorgang der scheinbaren Hebung eines Gegenstandes nach Übergießen mit Wasser und bestimmte aus der GröÙe der Hebung den Brechungsexponenten. Er zeigte ferner eine einfache Anordnung zur Bestimmung des Brechungsexponenten aus dem Grenzwinkel der totalen Reflexion und gab Erläuterungen über die Einstellung eines Spaltbildes.

*Sitzung am 31. Januar 1901.* Herr REICHEL zeigte, wie man die Formel  $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$  mit Hilfe einer frei fallenden Stimmgabel bestätigen kann. Die Stimmgabel wird im Moment des Fallenlassens in Schwingungen versetzt, die Schwingungskurve während des Fallens auf einer senkrecht stehenden beruhten Glasplatte aufgezeichnet und dann mikroskopisch gemessen. Der Vortragende projizierte verschiedene dieser Kurven und führte die Rechnung mit Berücksichtigung der Fehler durch. — Herr HEITCHEN projizierte eine Anzahl selbstgemachter Aufnahmen, unter anderen solche von der Exkursion des letzten Ferienkurses nach dem Brocken.

*Sitzung am 18. Februar 1901.* Herr HEYNE sprach über die Behandlung der Schallstärke im Unterricht. In der Diskussion wurde die Verstärkung des Schalles durch Resonanz und ihr Verhältnis zu der Unveränderlichkeit der Energie weiter erörtert. — Herr HEITCHEN demonstrierte eine Reihe von Präzisions-Meßinstrumenten von H. Hommel Idarwerk, Oberstein a. Nahe.

*Sitzung am 4. März 1901.* Herr SCHWALBE demonstrierte eine Reihe von Versuchen mit flüssiger Luft. Gezeigt wurde u. a. das Festwerden von Quecksilber, Alkohol und Äther, der sphäroidale Zustand der flüssigen Luft, das Zerbröckeln von eingetauchten Blumen, die glasharte Constitution des auf  $-50^\circ$  abgekühlten Kautschuks, die Verbrennung von Sprengkohle, das Schwimmen der flüssigen Luft auf Wasser, ohne daß dieses gefriert, das Verhalten des Schwefeldioxyds. — Herr POSKE sprach über „Das Hebelgesetz in historischer und didaktischer Beziehung“. Er skizzierte die Begründung des Hebelgesetzes durch Archimedes, kritisierte die Darstellung Varignons und wies nach, wie Galilei durch Einführung des Begriffs der mechanischen Arbeit der Lehre vom Hebel die heute geltende Grundlage gab. Er erörterte darauf die didaktische Behandlung des Gegenstandes und sprach sich dafür aus, dass schon auf der Unterstufe der Arbeitsbegriff benutzt werde. — Herr KOPPE entwickelte das Hebelgesetz unter der Annahme, daß der Hebel ein sehr schmales Dreieck sei. — Herr POSKE zeigte endlich einen Apparat zur Veranschaulichung der Präcession der Nachtgleichen.

*Sitzung am 18. März 1901.* Herr POSKE legte Kadeschs Wandtafeln zur Lehre von den elektrischen Strommaschinen vor. — Herr HEITCHEN demonstrierte verschiedene Meßwerkzeuge, u. a. einen Federtaster zur Dickenmessung, und zeigte einen Zirkel, der den Abstand der Spitzen sofort erkennen läßt. Er entwickelte die mechanischen Bedingungen einer genauen Ebene und zeigte eine Vorrichtung, um eine Vertikalerhebung über einer solchen Ebene genau zu messen. — Derselbe zeigte den Nobel-Lamanskischen Apparat zur Bestimmung der Viskosität der Flüssigkeiten und hob dessen Vorzüge vor dem entsprechenden Englerschen Apparat hervor. — Derselbe machte einige Angaben über eine einfache Konstruktion des Wehneltschen Unterbrechers. —k.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

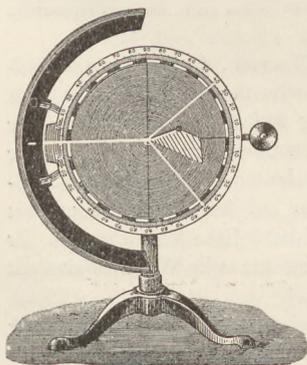


Fig. 1.

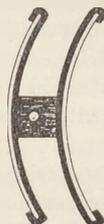


Fig. 2.

**Hartls Optische Scheibe**, die in dieser Zeitschrift (Band IX und X) beschrieben wurde, ist von Julius Antusch, Mechaniker in Reichenberg (Deutschböhmen), nach Angaben des Erfinders mannichfach vervollkommenet worden. Das frühere Holzgestell ist durch einen eisernen dreifüßigen Ständer ersetzt, den Sammellinsen ist eine zweckmäßiger Form gegeben worden, und an Stelle der sphärischen Spiegel aus Neusilber sind Glaspiegel in Metallfassung (Fig. 1) getreten, welche lichtstärker wirken als das allmählich doch an Glanz verlierende Neusilberblech. In Fig. 2 ist ein neuer Versuch mit der optischen Scheibe, betreffend die Theorie des Reflexionsgoniometers, dargestellt. Der gegen eine Kante der trapezförmigen Glasplatte gerichtete Lichtstrahl wird durch Reflexion an den beiden, in jener Kante zusammen-

stossenden Flächen in zwei Strahlen geteilt, deren Winkel genau doppelt so groß ist, wie der von den reflektierenden Flächen eingeschlossene Winkel. Der Versuch kann mit allen vier Winkeln der trapezförmigen Platte ausgeführt werden, indem man die Platte (mit einer oder mit zwei Knopfschrauben) so an der Scheibe befestigt, daß der Reihe nach jede der vier Kanten in den Mittelpunkt der Scheibe zu liegen kommt. Der von den reflektierten Strahlen gebildete Winkel ist dann unmittelbar an der Scheibe abzunehmen.

### Correspondenz.

*Zu Newtons Ansicht von der Fernwirkung.* Von Herrn Dr. A. Szarvassi in Wien wird uns mitgeteilt, daß die in Jahrg. XIII S. 347 berichtete Auffassung der hierauf bezüglichen Stelle in Newtons Prinzipien bereits von Friedrich Zöllner in seinen Wissenschaftl. Abhandlungen Bd. I S. 20—23 ausgesprochen worden sei.

— G., Meldorf. Die in Jahrg. XI S. 33 beschriebene Wärmemühle von A. Bennett wird von dem Mechaniker A. Herbst, Berlin O, Krautstraße 26A, angefertigt.

— S., Königsberg i. N. Die Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel durch Schreibenlassen auf einer angefetteten, mit Lycopodium bestäubten und auf die Schwungmaschine gesetzten Glasscheibe ist nicht neu; sie ist u. a. in K. Noacks Leitfaden für Schülerübungen (Berlin, J. Springer 1892) aufgeführt, ebenda ist auch angegeben, wie man durch Drehung der Maschine nach dem Takt des Sekundenpendels eine angenähert gleichförmige Umdrehung hervorbringt.

### Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1900. 56. Jahrgang. I. Abteil.: Physik der Materie, redig. von **K. Scheel**, 357 S. M. 15; III. Abteil.: Kosmische Physik, redig. von **R. Assmann**, 472 S. M. 18. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1901. — **Ernst Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-kritisch dargestellt. 4. verm. Aufl. Leipzig, Brockhaus, 1901. 550 S. M. 8. — **R. Börnstein**, Leitfaden der Wetterkunde. Mit 22 Abbild. u. 17 Taf. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1901. 181 S. M. 5. — **J. Rufsner**, Elementare Experimental-Physik. Bd. IV: Wärme und Reibungselektricität. Hannover, Gebr. Jänecke, 1901. 148 S. M. 3,20. — **Leo Graetz**, Das Licht und die Farben. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. 148 S. M. 1. — **G. Mahler**, Physikalische Formelsammlung. Mit 67 Fig. Leipzig, G. J. Göschen, 1901. 202 S. M. 0,80. — **Nikolaus Bödige**, Das Archimedische Prinzip als Grundlage physikalisch-praktischer Übungen. Osnabrück, Meinders & Elstermann, 1901. 52 S. — **K. Meyer**, Naturlehre für höhere Mädchenschulen u. s. w. Mit 286 Abb. Leipzig, G. Freytag, 1901. 220 S. M. 2,20. — **A. Classen**, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. I. Bd. Mit 78 Abb. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1901. 940 S. M. 20. — **Edgar Wedekind**, Die heterocyclischen Verbindungen der organischen Chemie. Leipzig, Veit & Co., 1901. 488 S. M. 12. — **W. Ostwald**, Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Mit 2 Fig. Leipzig, W. Engelmann, 1901. 221 S. M. 7. — **J. J. van Laar**, Lehrbuch der mathematischen Chemie. Mit 28 Fig. Leipzig, J. A. Barth, 1901. 224 S. M. 7. — **Max Rudolphi**, Die Molekularrefraktion fester Körper. Ravensberg, O. Maier, 1901. 57 S. M. 1,20. — **A. Buchendahl**, Lehrbuch für den Unterricht in der anorganischen Chemie. Gotha, F. A. Perthes, 1901. 218 S. M. 2,40. — **Heinrich Hirzel**, Katechismus der Chemie. 8. Aufl. Mit 32 Abb. Leipzig, J. J. Weber, 1901. 453 S. M. 5. — **Konrad Kraus** und **H. Böttger**, Grundriss der Chemie für Lehrerseminarien u. s. w. Mit 62 Abb. Leipzig, A. Pichlers Witwe, 1901. 196 S. M. 1,70. — **Th. Nees**, Anregung zur Ausführung neuer Untersuchungen in Physik und Chemie. Mit 50 Fig. Hamburg, A. Hirsch, 50 S. M. 1,50. — **E. Vogel**, Photographie-Lehrbuch für Fachmänner und Liebhaber. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. 211 S. M. 2,50. — **L. Weber**, Zum Gedächtnisse Gustav Karstens. Kiel, Univ.-Buchhdlg., 1900. 24 S.

**Sonderabdrücke:** R. Malagoli, Ricerche sulla influenza della ricottura nella trasparenza dei metalli dai raggi Roentgen. Mem. dell. Acc. di Modena, (3) vol. III. — L. Weber, Über einen die Mistpoeffers betr. Versuch. S.-A. Schr. d. Naturw. V. f. Schlesw.-Holstein. XI, 2. — Derselbe, Gustav Karsten, ebend. XII, 1. — Derselbe, Über Blitzphotographien, S.-A. Camera Obscura, 1901, H. 19.

Himmelserscheinungen im August und September 1901.

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

		August						September					
		3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27
♄	AR	7 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	7.58	8.33	9.12	9.52	10.30	11. 5	11.38	12. 8	12.37	13. 4	13.31
	D	+ 20 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 18 <sup>o</sup>	+ 15 <sup>o</sup>	+ 11 <sup>o</sup>	+ 7 <sup>o</sup>	+ 4 <sup>o</sup>	0 <sup>o</sup>	- 4 <sup>o</sup>	- 8 <sup>o</sup>	- 11 <sup>o</sup>
♃	AR	10 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	10.55	11.17	11.39	12. 1	12.23	12.45	13. 7	13.29	13.51	14.14	14.37
	D	+ 11	+ 8	+ 6	+ 3	+ 1	- 2	- 4	- 7	- 9	- 12	- 14	- 16
☉	AR	8 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	9.11	9.30	9.48	10. 7	10.25	10.43	11. 2	11.20	11.38	11.55	12.13
	D	+ 18	+ 16	+ 15	+ 13	+ 12	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	0	- 1
♂	AR	12 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	12.56	13. 7	13.19	13.31	13.43	13.55	14. 8	14.21	14.34	14.48	15. 1
	D	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 11	- 12	- 13	- 15	- 16	- 17	- 18
♃	AR	18 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>		18.16		18.14		18.14		18.15		18.18	
	D	- 23		- 23		- 23		- 24		- 24		- 24	
♄	AR	18 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>						18.42					
	D	- 23						- 23					
☉	Aufg.	4 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	4.31	4.39	4.48	4.56	5. 4	5.13	5.21	5.29	5.38	5.46	5.55
	Unterg.	19 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	19.38	19.29	19.19	19. 8	18.57	18.46	18.34	18.22	18.10	17.58	17.47
☾	Aufg.	20 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	23.23	3.42	9.33	14.42	17.53	20. 5	—	5. 2	10.33	14.47	19. 8
	Unterg.	8 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	14.41	18.33	20.23	23. 3	3.18	9.56	15.24	17.45	19.44	23.46	4.46
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	9. 5. 3	9.24.46	9.44.28	10. 4.11	10.23.54	10.43.37	11. 3.19	11.23. 2	11.42.45	12. 2.28	12.22.10
Zeitgl.		+ 6 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup>	+ 5.31	+ 4.47	+ 3.49	+ 2.39	+ 1.17	- 0.15	- 1.53	- 3.35	- 5.21	- 7. 6	- 8.50

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M. E. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		August 14, 9 <sup>h</sup> Sept. 12, 22 <sup>h</sup>	August 22, 9 <sup>h</sup> Sept. 23, 3 <sup>h</sup>	August 29, 21 <sup>h</sup> Sept. 28, 7 <sup>h</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	Anfangs morgens etwa 1/2 Stunde sichtbar	Abends 1/2 Stunde sichtbar	Abends nur noch kurze Zeit sichtbar	Abends bis Mitternacht sichtbar	Abds. zuletzt noch 4 St. sichtbar
im Sept.	unsichtbar	Abends 1/2 Stunde sichtbar	Abends etwa 1/4 St. sichtbar	Abds. zuletzt nur noch 2 3/4 St. sichtb.	Abds. zuletzt noch 3 1/4 St. sichtbar

Phänomene der Jupitermonde:	Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
		Aug. 1,	0 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,	I A.	Sept. 1,	21 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,
	9,	21 10 34	I A.	2,	22 35 10	III E.
	9,	22 12 58	IV A.	15,	21 43 17	II A.
	14,	21 52 43	II A.	17,	19 42 59	II A.
	26,	21 38 30	III A.	24,	21 38 2	I A.

Veränderliche Sterne:

Datum	M. E. Z.		Datum	M. E. Z.		Datum	M. E. Z.	
Aug. 3	0 <sup>h</sup>	β Lyrae-Max.	Aug. 17	22 <sup>h</sup>	η Aquil.-Min.	Sept. 1	20 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	Algol-Min.
5	20 <sup>h</sup>	η Aquil.-Max.	20	20	R Lyrae-Max.	10	18 <sup>h</sup>	β Lyrae-Max.
8	22 <sup>h</sup>	W Sagit.-Min.	20	23 <sup>h</sup>	δ Cephei-Min.	13		R Lyrae-Min.
9	22 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup>	Algol-Min.	25	18 <sup>h</sup>	β Lyrae-Min.	17	21 <sup>h</sup>	η Aquil.-Max.
11	22 <sup>h</sup>	W Sagit.-Max.	27	22 <sup>h</sup>	δ Cephei-Max.	21	22 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	Algol-Min.
12	20 <sup>h</sup>	β Lyrae-Min.	28	20 <sup>h</sup>	β Lyrae-Max.	24	19 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup>	Algol-Min.
13	0 <sup>h</sup>	η Aquil.-Max.	29	23 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	Algol-Min.	29	23 <sup>h</sup>	η Aquil.-Min.
15	22 <sup>h</sup>	β Lyrae-Max.						

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.