

## Beiträge zur Methodik des Experimentes.

### 1. Über die Verwendung der flüssigen Kohlensäure.

Von

Prof. Dr. B. Schwalbe in Berlin.

Schon seit einer längeren Reihe von Jahren bin ich beschäftigt gewesen, die comprimierten Gase für den Unterricht an niederen und höheren Schulen verwertbar zu machen. Diese Gase sind jetzt so leicht zugänglich, so preiswürdig, so instruktiv verwendbar, dass ich im Laufe der Jahre noch eine ganze Reihe von Experimenten den früher veröffentlichten hinzugefügt und in den Unterricht des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums eingeführt habe. Da die frühere Abhandlung<sup>1)</sup> schwer zugänglich geworden ist, und vielfach das Ersuchen an mich gestellt wurde, jene Versuche noch einmal bekannt zu machen, so ist das Wichtigste davon zum Teil in sehr gekürzter Form hier wieder aufgenommen worden unter Hinzufügung der Erweiterungen, welche die Sache bis jetzt erfahren hat. Seit ungefähr zehn Jahren sind die Kohlensäureexperimente regelmässig im Unterrichte durchgeführt, so dass an der Hand langer Erfahrung vor allem diejenigen hervorgehoben werden können, welche nie versagen und ohne Schwierigkeit vorzubereiten und auszuführen sind; solche, die nur in umständlicher Weise angestellt werden können, sollen beiläufig erwähnt werden, ebenso diejenigen, die nur als weitere Beispiele für bestimmte Gruppen dienen.

Seit jener Zeit ist auch der comprimierte Sauerstoff billig und leicht zugänglich geworden und bietet ebenso wie die Kohlensäure Gelegenheit, eine grosse Menge einfacher Versuche, von denen ein Teil sich selbstverständlich auch mit comprimierter Luft erhalten lässt, anzustellen. Von den übrigen, billig im Handel zu erhaltenden comprimierten Gasen giebt ein Teil, wie Schwefeldioxyd neben manchen Unannehmlichkeiten bei der Anwendung nur Veranlassung zu einigen wenigen besonderen Versuchen, andere, wie Stickstoffoxydul haben überhaupt für den Unterricht keine Bedeutung, und auch Wasserstoff, der zu den bekannten Gebläseversuchen Verwendung finden kann, und Chlor\*), wo die Experimente noch nicht durchgeführt sind, haben für vorliegende Zwecke untergeordnetere Wichtigkeit.

Vielfach sind auch in Zeitschriften Unterrichtsversuche veröffentlicht, die ich zum Teil schon vorher angestellt und in engerem Kreise gezeigt hatte<sup>2)</sup>, ohne sie zu publicieren; die in dieser Beziehung mir bekannt gewordene Litteratur werde ich an

<sup>1)</sup> Sie erschien in der Zeitschrift zur Förderung des physikalischen Unterrichts (Lisser und Benecke), 3. Jahrg. 1886, S. 24–37, unter dem Titel: „Über die Anwendung der flüssigen und festen Kohlensäure für den Unterricht“.

\*) Anmerkung: Jetzt sind auch Flaschen (Stahlcylinder mit flüssigem Acetylen (1 kg 14,50 M.) und mit flüssigem Chlor (Cylinder zu 5 kg, 1 kg 1,50 M.) bei Elkan, Sauerstoffabrik, Berlin N., zu bekommen.

<sup>2)</sup> Einzelne Versuche wurden in zusammenhängendem Vortrage in dem naturwissenschaftlichen Ferienkursus Ostern 1895 vorgeführt. Naturwissensch. Wochenschr. 1895, X, S. 289.

geeigneter Stelle hinzufügen. Überhaupt ist die Zahl der Arbeiten über comprimierte Gase in den letzten Jahren ausserordentlich gross gewesen, so dass es nicht möglich ist, dieselben hier vollständig anzuführen; namentlich hat man jetzt auch das Verhalten der Körper bei sehr niederen Temperaturen studieren können; einige der erlangten Thatsachen eignen sich auch für Schulversuche und sind deshalb mit aufgenommen, im übrigen muss auf die „Fortschritte der Physik“ und auf die „Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie“ verwiesen werden.

Nicht bloss wissenschaftliche Ziele waren es, welche zu den Arbeiten mit comprimierten Gasen führten, die praktische Verwertung der niedrigen Temperaturen zu verschiedenen Zwecken ist der Wissenschaft mit zu gute gekommen<sup>3)</sup>. Wie schon wiederholt betont, hat auch die Schule die Pflicht, an das Leben anzuknüpfen und die Industrie zu berücksichtigen, wenn auch die Zumutung entschieden zurückgewiesen werden muss, dass der Unterricht die Auswahl in Stoff und Methoden nach industriellen Gesichtspunkten treffen soll; so werde ich auch im folgenden einiges Technische kurz andeuten, das vielleicht beim Unterricht Verwertung finden kann.

Bei der folgenden Zusammenstellung sind methodische Prinzipien leitend gewesen, wenn auch des Umfanges wegen nicht der ganze Stoff methodisch zur Darstellung kommen konnte; doch dürfte es nicht schwer sein, denselben in richtiger Weise zu verwerten. Selbstverständlich gilt von den mitgeteilten Versuchen, dass nicht alle zur Ausführung zu gelangen brauchen, sondern nur diejenigen, die der einzelne Lehrer als die zweckmässigsten, für seine Mittel geeignetsten und für die Schüler am leichtesten verständlichen ansieht.

In der oben erwähnten Arbeit des Verfassers wurde zunächst ein kurzer historischer Überblick über die Condensation der Gase und namentlich der Kohlensäure gegeben (THILORIER, FARADAY, Versuche von NATTERER) bis zu den epochemachenden Arbeiten von PICTET und CAILLETET (24. Dec. 1877). Die seitdem gewonnenen Resultate und damit der heutige Standpunkt des Wissens sind am besten aus folgender Tabelle ersichtlich, die nach den Arbeiten von OLSZEWSKI u. a. zusammengestellt ist.

Verflüssigung schwer coërcibler Gase.

	Name	Kritische Temperatur	Krit. Druck. Atm.	Siedepunkt	Gefrierpunkt	Dichte des Gases	Dichte der Flüssigkeit beim Siedepunkt	Farbe der Flüssigkeit
$H_2$	Wasserstoff	— 233 ° C.	20,0	— 243° C.	?	1,0	?	farblos
$N_2$	Stickstoff	— 146	35	— 194,4	— 214	14,0	0,885	farblos
$CO$	Kohlenoxyd	— 139,5	35,5	— 190	— 207	14	?	farblos
$A_1$	Argon	— 121,0	50,6	— 187,0	— 189,6	19,9	ungef. 1,5	ebenf.
$O_2$	Sauerstoff	— 118,8	50,8	— 181,4	?	16,0	1,124	bläulich
$O_3$	Ozon			— 106				dunkelblau, leicht explod.

<sup>3)</sup> Ein Überblick über das in dieser Richtung Geleistete ist gegeben von Adolf Welter: „Die tiefen Temperaturen, ihre künstliche Erzeugung, ihre Einwirkung auf Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen, chemische Prozesse, physikalische Vorgänge etc., sowie ihre Anwendung in der Industrie. — Nach den neuesten Untersuchungen bearbeitet für Chemiker, Physiker, Mediziner, Bakteriologen, Lehrer der Naturwissenschaften, sowie für sämtliche Interessenten der Kälteindustrie.“ (Crefeld 1895 bei J. Greven, S. 1—84.)

<sup>4)</sup> Philos. Mag. (5) 39, 188; Z. f. phys. Chem. XVI, 380; Nature 51, 355; Chem. News 71, 59; Proc. R. Soc. 57, 290.



	Name	Kritische Temperatur	Krit. Druck. Atm.	Siedepunkt	Gefrierpunkt	Dichte des Gases	Dichte der Flüssigkeit beim Siedepunkt	Farbe der Flüssigkeit
	Luft	- 140	39	- 191,4				fast farblos
NO	Stickoxyd	- 93,5	71,2	- 153,6	- 167	15,0	?	farblos
CH <sub>4</sub>	Methan	- 81,8	54,9	- 164	- 185,8	8,0	0,415	farblos
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Äthylen	+ 10	51,7	- 102,5	- 169	14	0,414	ebenso
Cl <sub>2</sub>	Chlor	+ 146 (+ 141)	93,5 (83,9)	- 33,6 (b. 1 Atm.)	- 102	35,5	1,33	orangegeb

Auf die Arbeiten von DEWAR über Verflüssigung der Luft und über Verwendung des flüssigen Sauerstoffs und der flüssigen Luft zur Erzeugung von niedrigen Temperaturen<sup>5)</sup> hier einzugehen, scheint nicht erforderlich, da dieselben voraussichtlich zunächst im Schulunterricht keine Verwendung finden werden.

Ich knüpfe hier noch einige allgemeine Hinweise über das Material und die Benutzung desselben an.

Seitdem die Benutzung der flüssigen Kohlensäure in der Technik einen ungeahnten Aufschwung genommen hat und ihre Verwendung in der Kälteindustrie, im Schankgewerbe und vor allem bei der Herstellung der künstlichen Mineralwässer wohl eine andauernde Fabrikation bedingt, wird auch für die Unterrichtsanstalten der Bezug gesichert sein. Während vor 25 Jahren mühsam kleinere Mengen flüssiger Kohlensäure mit Hilfe des Nattererschen Apparats hergestellt wurden und die feste Kohlensäure nur in kleinen Mengen, die höchstens für den einen oder anderen Versuch und zum Vorzeigen gewonnen werden konnte, ausreichen, ist heutzutage der Natterersche Apparat nur noch von historischem Interesse und die feste Kohlensäure leicht in solchen Mengen und so billig herzustellen, dass jede Lehranstalt dieselbe beschaffen kann und selbst der Elementarunterricht dieselbe benutzen wird. Es giebt eine ganze Reihe von Bezugsquellen, von denen hier nur einige genannt sein mögen: Aktiengesellschaft für Kohlensäureindustrie (Burgbrohl) Berlin, Schiffbauerdamm 21; die Gesellschaft für flüssige Gase Pictet, Usedomstrasse, Berlin, für Österreich die Firma Hasenörl in Nussdorf bei Wien. Die flüssige Kohlensäure kommt in schmiedeeisernen oder in den leichteren Stahlbomben in den Handel mit 8 kg, 4 kg, 2 kg Füllung. Die Bomben zu 4 kg (das kg 0,75 M.) reichen für die im folgenden zu beschreibenden Versuche aus, will man für mehrere Klassenstufen die Gruppen von Versuchen zeigen, so ist es zweckmässiger, die Bombe zu 8 kg zu wählen. Die Flaschen sind auf 250 Atmosphären geprüft, der Druck in denselben dürfte kaum auf 70 Atmosphären und zwar niemals plötzlich (bei 20° 58,5 Atmosph., bei 30° ca. 74 Atm.) steigen, so dass die Experimente völlig gefahrlos sind. Die Flaschen werden von den Firmen verliehen (in der Regel 1 M. Miethe monatlich); bei definitiver Einführung des Unterrichtsmittels ist es zweckmässig, sich eine Mittelbombe (4 kg) zu 25 M. zu beschaffen und dieselbe zur Füllung nach dem Verbrauch der Kohlensäure der Fabrik zurückzusenden. Da die Firmen bereitwilligst Prospekte auch an Lehranstalten schicken, so mögen diese Andeutungen genügen. Als Hilfsapparate sind erforderlich ein Nippel, (Schlauchansatz) ein Schlüssel, ein Tuchbeutel mit Holzring. Ausserdem muss stets zur Hand sein ein Hornlöffel zum Entleeren der Tuchbeutel und eine grössere Porzellanschale zur Aufnahme der festen Kohlensäure. Ein besonderes Gestell zu beschaffen, welches gestattet, der eingeschraubten Bombe die verschiedensten Lagen zu

<sup>5)</sup> Chem News 71, 192.

geben (25 M.), scheint mir nicht erforderlich. Für manche Zwecke ist es bequem, für andere, wie für die Gewinnung der festen Kohlensäure aber eher hinderlich. Gerade für diesen Zweck sowie für die meisten anderen Versuche reicht es aus, die Flasche in eine solche Lage zu bringen, dass das mit dem Ventil versehene Ende ungefähr 2 Dezimeter tiefer liegt als der Boden der Flasche. Man kann dies durch einen Aufbau von Klötzen leicht erreichen oder bequemer durch ein Gestell (Fig. 1),

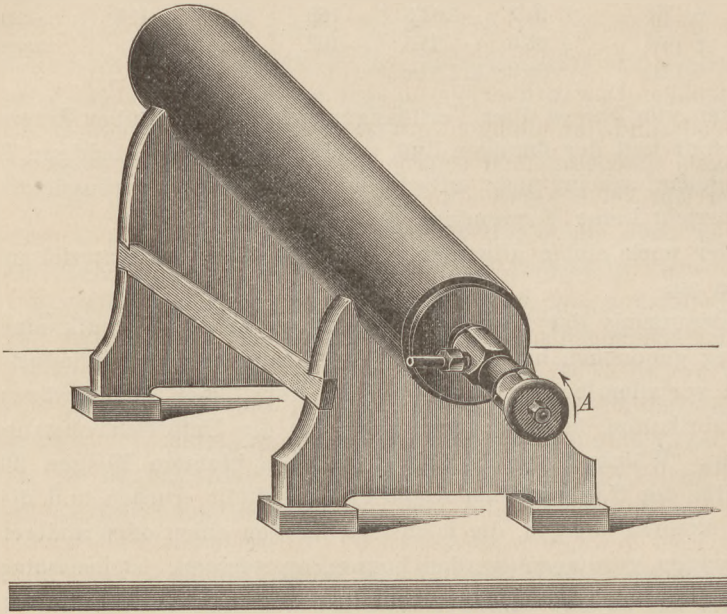


Fig. 1.

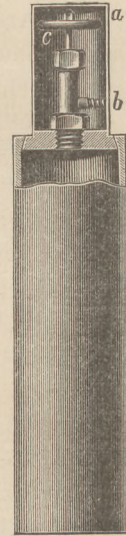


Fig. 2.

das ein jeder Tischler für wenige Mark anzufertigen vermag. Es wird nun (Fig. 2) die Schutzkappe *a* und dann die Verschlussmutter bei *b* entfernt. Bei *b* schraubt man den Nippel fest an und umschnürt denselben mit dem Tuchbeutel, der Holzring wird schräg nach oben gehalten, so dass der Kohlensäurestrom den Tuchbeutel trifft. Nun öffnet man das Ventil mit dem Radgriff *c* allmählich, bis die Kohlensäure mit lebhaftem Zischen ausströmt; sie verbreitet in der Luft einen konischen Nebelstrom, in dem Beutel sammelt sich feste Kohlensäure; hat man eine genügende Menge erhalten, was man aus der aus dem Beutel herausringenden weissen Masse und beim Zusammendrücken des Beutels leicht beurteilen kann, so schliesst man das Ventil und bringt die feste Kohlensäure unter Zerdrücken im Tuche mit dem Hornlöffel in die Porzellschale. Man kann den Tuchbeutel auch umgekehrt anwenden, ohne eine geringere Ausbeute zu erhalten. Zweckmässig ist es, wenn ein Gehülfe die Holzfassung gegen den Nippel andrückt, andernfalls klemme man den zusammengezogenen Schnurlauf in ein Eisenstativ, dessen Fuss mit Gewichten beschwert ist, und operiere so allein. Die Regulierung des Ventils sowie die Lage des Tuchbeutels kann der Experimentierende leicht selbst übernehmen. Ein Schraubenansatz am Tuchbeutel, um diesen an den Nippel anschrauben zu können, hat sich für Schulzwecke als überflüssig erwiesen. Die Metallkapseln zum Auffangen der bei Vergasung der flüssigen Kohlensäure entstehenden festen Kohlensäure werden wohl nirgends mehr angewandt; andere Zeuge als starkes schwarzes Tuch (dünneres hat sich nicht bewährt), welche noch Verwendung finden, sind Sackleinen und Sammt (vgl. auch Hausknecht, Ber. d. chem. Ges. 1890. XXIV, 1032).



### Versuche.

1. Vorversuche, um die Identität der festen Kohlensäure mit der gasförmigen und die Eigenschaften der festen Kohlensäure nachzuweisen.

Es erscheint zweckmässig, dem Schüler zuerst darzulegen, dass der feste weisse Schnee identisch ist mit der gewöhnlichen aus Marmor und Salzsäure hergestellten Kohlensäure. Zu diesem Zwecke wird eine gewöhnliche Kohlensäureentwicklungsflasche (resp. ein Kippischer Apparat) genommen, und es werden in der pneumatischen Wanne mehrere Cylinder mit Kohlensäure gefüllt; gleichzeitig bringt man in einen Stehkolben mit Gasentbindungsrohr eine kleine Menge der festen Kohlensäure: sofort entwickelt sich eine reichliche Gasmenge, die in Cylindern in gewöhnlicher Weise aufgefangen wird. Die feste Kohlensäure verschwindet vollständig (nur einige Tuchfäserchen bleiben zurück) und der Schüler gewinnt zugleich ein Urteil über die bedeutende Volumvermehrung, die beim Übergang in den Gaszustand eintritt, da er die kleinen Mengen fester Kohlensäure, die jetzt mehrere Cylinder anfüllt, wahrgenommen hat (Aufgaben<sup>6)</sup>). Will man diese Kohlensäure nicht mit besonderem Gasentbindungsapparat und pneumatischer Wanne auffangen, so genügt für viele Versuche die Ausbreitung des Kohlensäureschnees auf dem Boden eines Becherglases oder Cylinders, oder man bringt die feste Kohlensäure in Papier gewickelt unter den mit Wasser gefüllten Cylinder und zwar am besten im zusammengepressten Zustande. Diesen erhält man, indem man mit einem Stempel den lockeren Schnee in einem Stahlmörser oder in einem hohlen dickwandigen Holzcyliner (Figur 3) zusammenpresst<sup>7)</sup>. Für manche Versuche (akustische) reicht die Zusammendrückung durch Hammerschläge nicht aus (Bleekrodes Versuche). Diese kreideähnlichen Stücke, in die man zugleich Münzabdrücke pressen kann, lassen sich gut herumgeben und vergasen nur langsam.

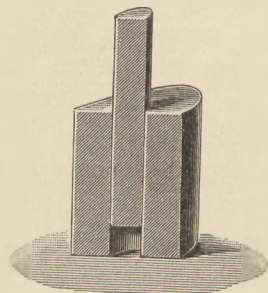


Fig. 3.

Das Aussehen der aus Marmor und Salzsäure erhaltenen und der aus dem Kohlensäureschnee entstandenen Kohlensäure ist identisch, in beiden Cylindern erlischt ein glimmendes Hölzchen, ebenso eine brennende Kerze, deren Flamme man abstreifen kann. — Nun können alle Versuche nach Auswahl wiederholt werden, welche der Schüler in der Chemie oder bei früheren Abschnitten der Physik kennen gelernt hat, wenn die Hauptbetrachtung der flüssigen Kohlensäure in der Calorik an die Conden-

<sup>6)</sup> Aufgaben (spec. Gew. d. gasf. Kohlensäure 1,523. Luft = 1; der flüssigen 0,9, der festen 1,2 in Beziehung auf Wasser):

1. Wie viel Kohlensäuregas erhält man durch die Vergasung von 10 g fester Kohlensäure und welchen Raum würde diese Menge in flüssigem Zustande einnehmen? (Auf vorgerückterer Stufe können Druck und Volum berücksichtigt werden.) — 2. Wie viel Marmor (resp. Magnesit) und 15%ige Salzsäure sind erforderlich, um die Menge Kohlensäure zu erhalten, welche zum Füllen einer 4 kg flüssige Kohlensäure haltenden Bombe notwendig wäre? (Ebenso lassen sich die Methoden der Kohlensäurearstellung, welche für die Praxis in Betracht kommen, verwerthen. Spateisenstein und Schwefelsäure; Natriumbicarbonat und Phosphorsäure, Überleiten von aus Kohle erzeugtem Kohlenoxyd über Kupferoxyd.) — Die Umkehrung der Aufgabe ergibt sich von selbst, ebenso die Erweiterung nach chemischer und physikalischer Seite hin. — 3. Welchen Raum nimmt 1 kg Kohlensäure im festen, flüssigen, gasförmigen Zustande ein? (Einfluss von Temperatur und Druck nicht berücksichtigt.)

<sup>7)</sup> Landolt, Ber. d. chem. Ges. 1884, 17, 309—311.

sation der Gase angeschlossen wird. Das hohe spezifische Gewicht ist durch folgende Versuche nachweisbar: Ausgießen der Kohlensäure aus den Cylindern auf ein neben die Öffnung gestelltes brennendes Licht, welches erlischt; das Schwimmen eines mit Luft gefüllten Collodiumballons lässt sich zeigen, indem man auf den Boden einer umgestülpten Glasglocke Kohlensäureschnee bringt und darauf den Collodiumballon, der voll aufgeblasen sein muss und nicht zu schwer sein darf, über die Mündung bringt. Auch zeigt man das hohe spec. Gew., indem man auf den Boden eines weiten Becherglases Kohlensäureschnee bringt und eine kleine Treppe (durch Biegung eines Glasstabs erhalten) mit brennenden Kerzen hineinstellt, die unterste erlischt zuerst u. s. f., ebenso in dem Falle, dass man die im Gasentbindungsapparat entstandene Kohlensäure durch eine rechtwinklig gebogene Röhre auf den Boden des Becherglases leitet. Auch der direkte Versuch mit der Wage ist sehr instruktiv; auf der einen Wagschale steht ein mit Luft gefülltes Becherglas, sowie man die Kohlensäure hineinleitet, senkt sich die Schale; man weist die Kohlensäure durch das Erlöschen der brennenden Kerze nach, unterbricht den Zutritt und allmählich stellt sich das Gleichgewicht wieder her (Wiederholung mit fester Kohlensäure); die Diffusion ist gleichzeitig nachgewiesen. Zum Nachweis derselben können auch die Versuche in Bechergläsern und Cylindern in bekannter Form dienen (Wiederanzünden des Lichtes, Tiefereintauchen der Kerze). Es ist klar, dass sich diese Versuche induktiv sehr gut verwerten lassen, die Schlüsse, die die Schüler aus den Beobachtungen zogen, waren fast immer richtig. Die feuerlöschende Kraft der festen Kohlensäure kann man sehr schön zeigen, indem man in einer grossen flachen Schale Petroleum anzündet und wenn die Flamme in voller Ausbreitung ist, einen kleinen Löffel voll Kohlensäureschnee hineinwirft: in wenigen Augenblicken ist das Petroleum erloschen (Bomben zum Feuerlöschen gefüllt mit Picquetscher Flüssigkeit  $2\text{ SO}_2 + \text{CO}_2$  oder mit flüssigem  $\text{SO}_2$ ).

Auf die rein chemischen Versuche, Zerlegung mit Kalium, Trübung von Kalkwasser, Entleuchten der Gas- und anderer Flammen, welche sich in der mannigfachsten Weise vorführen lassen, Absorption durch Ammoniakwasser u. s. w. mag nur hingedeutet werden.

Durch besonderen Versuch kann man die geringe Aktionsfähigkeit des Kohlensäureschnees nachweisen, indem man denselben mit concentrirter Ammoniaklösung oder mit Lösungen von Chlorbaryum etc., die mit Ammoniak versetzt sind, zusammenbringt.

Hier oder früher würden sich die Betrachtungen anreihen, welche sich auf das äussere Aussehen und die äusseren Eigenschaften der festen Kohlensäure beziehen.

Es geht voran die Beschreibung derselben seitens des Schülers. Das geringe Kältegefühl auf der Hand<sup>8)</sup> wird aus dem Leidenfrost'schen Phänomen erklärt und zugleich gezeigt, dass auf einer glühenden Metallplatte kein Schmelzen der festen Kohlensäure stattfindet, ihr Siedepunkt ( $-78,2^\circ$ ) also tiefer liegt als der Gefrierpunkt ( $-58^\circ$ ); beim Anpressen gegen die Hand tritt das scharfe Kältegefühl hervor. Um zu zeigen, wie locker der Kohlensäureschnee ist und wie er sich in compakterem Zustande sehr gut hält, wenn man die Kohlensäure stark zusammenpresst, cf. oben. Landolt fand, dass ein Cylinder der compacten festen Kohlensäure im Gewicht von 15,63 g erst nach 1 St. 4 Min. verflüchtigt war. Die feste Kohlensäure wird auf Wasser geworfen, sie schwimmt, auch die compacte geht in kleineren Stücken nicht unter, da die sich

<sup>8)</sup> Das Aufbringen der festen Kohlensäure auf die Zunge ist ohne jede Gefahr.



entwickelnden Gasblasen adhären; Unlöslichkeit der festen Kohlensäure in Wasser. Die feste Kohlensäure bewirkt Nebel an der Luft (Condensation des Wasserdampfes). Ansetzen von Schnee an der festen Kohlensäure selbst und dem grossen Porzellangefäss.

## 2. Experimente zur Demonstration der Spannungsverhältnisse bei der comprimierten Kohlensäure.

Um die Spannung des aus der festen Kohlensäure entwickelten Gases zu zeigen, wird feste Kohlensäure in einen gewöhnlichen Stehkolben gebracht; dieser wird durch ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr und Kautschukschlauch mit einem kleinen Stehkölbchen, geschlossen mit doppelt durchbohrtem Gummipfropf, in Verbindung gesetzt, auf dessen Boden sich Quecksilber befindet; durch die eine Durchbohrung geht ein kurzes, rechtwinkliges Rohr zum Kohlensäurekolben, durch die andre ragt ein langes oben offenes Glasrohr bis in das Quecksilber. Sowie die Verbindung hergestellt ist, steigt das Quecksilber bedeutend; Gefahr ist bei dem Experiment nicht, da der Gummipfropf herausgepresst wird, ehe das Maximum der Spannung erreicht ist. Hierbei wird der Schüler auf die verhältnismässig geringe Spannung (Maximum 5,3 Atm.) hingewiesen, die stattfindet, da die feste Kohlensäure ihre niedrige Temperatur während der Vergasung beibehält. Man kann den Kohlensäurekolben sogar erwärmen und so die Spannung schnell vermehren, indem man dann den Verbindungsschlauch etwas länger wählt, um den Kolben bequem im Sandbade erhitzen zu können. Die Spannung lässt sich nun manometrisch in der verschiedensten Weise zeigen. Zweckmässig ist es, zugleich darzuthun, dass sie sich der Dampfspannung einer Flüssigkeit leicht hinzuaddiert. Man füllt einen Stehkolben (1 l Inhalt) halb mit Wasser und schliesst denselben durch einen Gummipfropf, durch dessen Durchbohrung eine ca. 1 m lange, zur Spitze ausgezogene Glasröhre bis in das Wasser hinabragt. Wirft man ein kleines Stückchen Kohlensäure hinein und schliesst schnell, so wird das Wasser schnell hochgetrieben und man erhält einen starken Springbrunnen; auch dies Experiment lässt sich mannigfach umformen. Bemerken möchte ich hierbei, dass sich dasselbe Experiment mit Äther anstellen lässt. Durch Verbindung des Kolbens mit fester Kohlensäure mit einer Spritzflasche kann man leicht eine Kohlensäurespritze erhalten. Man schaltet zweckmässig einen Quetschhahn ein, um die Spannung im Kölbchen vergrössern und plötzlich wirken lassen zu können. Gefahr ist auch bei allen diesen Versuchen nicht vorhanden, da man dieselben stets durch nicht zu festes Aufsetzen der Korke regulieren kann. Viele Schulen werden auch Dampfmaschinenmodelle besitzen, die so eingerichtet sind (es braucht der Kessel vom Dampfrohr nur abschraubbar zu sein), dass sie sich durch das Gemisch der Dämpfe flüssiger Kohlensäure mit Luft treiben lassen.

Die Explosion durch Kohlensäure bei zu grosser Spannung lässt sich gefahrlos zeigen, wenn man feste Kohlensäure in ein gewöhnliches Reagenzglas bringt und dieses fest verkorkt; die Explosion erfolgt oft schon bei gewöhnlicher Temperatur, sehr schnell, wenn man das Gläschen unter einem Abdampfraum (oder in einer kleinen Schutzkiste) erwärmt (Anwendung comprimierter Gase zum Fortschleudern von Geschossen).

Um die Verflüssigung der festen Kohlensäure und die obwaltenden Spannungsverhältnisse zu zeigen, hat Herr K. PRYTZ<sup>10)</sup> ein ziemlich einfaches Experiment aus-

<sup>9)</sup> Vgl. diese Zeitschr. I, 115. Fortschritte der Physik 1888, 44 (2), S. 335.

<sup>10)</sup> Philosoph. Mag. Bd. 39, 308, März 1895.

geführt, das ich in der betreffenden oder anderer Form noch nicht habe wiederholen können. Kompakte Kohlensäure wird in kleine Stücke geschnitten und in ein starkes reagenzglasähnliches Rohr gebracht; dieses wird mit einem Manometer verbunden, dessen Zuleitungsrohr ein seitliches Ansatzrohr mit Hahnverschluss besitzt. Beim Schliessen des Hahns steigt der Druck auf ungefähr 5 Atmosphären. Die feste Kohlensäure fängt an zu schmelzen, verflüssigt sich und der Druck erreicht 10 Atmosphären; man öffnet den Hahn der seitlichen zur Manometerverbindung führenden Röhre, der Druck sinkt auf 5 Atmosphären und die Kohlensäure wird wieder fest.

Versuche mit den im Handel vorkommenden Röhren mit flüssiger Kohlensäure habe ich für den Unterricht nicht angestellt; einmal ist dabei nicht jede Gefahr ausgeschlossen, dann aber liegen die Erscheinungen, die damit demonstriert werden können, zum grössten Teil ausserhalb des Unterrichtsgebietes der höheren Schulen; haben die Erscheinungen doch noch in neuester Zeit 1893, 1894 zu Diskussionen und weiteren Untersuchungen Veranlassung gegeben<sup>11)</sup>. Es sind zu haben Röhren, die 1. so wenig Kohlensäure enthalten, dass sie bei gewöhnlicher Temperatur leer erscheinen, 2. dass sie bei gewöhnlicher Temperatur 2—5 cm Flüssigkeit enthalten und durch die Erwärmung in der Hand wieder leer erscheinen; 3. zur Hälfte Kohlensäure enthaltend (zur Demonstration der überaus grossen Beweglichkeit der flüssigen Kohlensäure); 4. mit soviel Kohlensäure gefüllt, dass beim Erwärmen der Röhre bis auf 25° C. die flüssige Kohlensäure sich soweit ausdehnt, dass sie die ganze Röhre erfüllt (Röhre à 20 M.).

Hier schliessen sich wohl auch am besten die Versuche über Löslichkeit an. Schütteln von fester Kohlensäure mit Wasser. Herstellung künstlicher Mineralwässer. Eine Sodawasserflasche mit Patentverschluss wird zu  $\frac{3}{4}$  mit Wasser gefüllt; man bringt soviel feste Kohlensäure hinein, dass das Wasser ungefähr bei 2—3 Atm. Druck sich sättigen kann; schliesst und schüttelt; man erhält mussierendes Wasser (kurze Erörterung der Mineralwasserdarstellung).

Mit Hülfe der Kohlensäurebomben kann man auch direkt eine Reihe von Versuchen ausführen, die auf der mechanischen Wirkung comprimierter, unter starkem Druck ausströmender Gase beruhen. Wenn man die Bomben vertikal, den Kopf nach oben aufstellt, so erhält man beim Öffnen des Ventils einen starken Strom gasförmiger Kohlensäure, mit dem man einen Teil der Versuche, die mit comprimiertem Sauerstoff oder comprimierter Luft angestellt und im Teil B erwähnt sind, durchführen kann (ein Teil Ansaugeversuche, Treiben von Rädern, von Maschinen, Spritzen, Springbrunnen). Die Verbindung mit den betreffenden Apparaten lässt sich, wo sie erforderlich ist, am besten durch starken Kautschukschlauch herstellen, der weit über Röhre und die Ausströmungsmündung geschoben wird, so dass womöglich das Ende der Zuleitungsrohre zum Apparat die Ausströmungsmündung unmittelbar berührt. Die Regulierung des Gasstromes lässt sich bei den Schraubventilen der Bomben, die mir zur Verfügung standen, leicht mit der Hand bewerkstelligen; bei keinem der Versuche wurden Regulierventile angewendet, die natürlich erforderlich sind, wenn die Bomben längere Zeit andauernd für technische oder experimentelle Zwecke benutzt werden sollen.

### 3. Elektrische Versuche.

Die Kohlensäurebomben können in derselben Lage, in welche sie zur Herstellung der festen Kohlensäure gebracht werden, gewissermassen als Hydroelektrisiermaschinen

<sup>11)</sup> Wesendonck, Naturw. Rdsch. IX, 209. Galitzine, Wied. Ann. 50, 521, 1894, vgl. auch Stoletow, Pellat, Amagat, Zambiasi, Fortschritte der Phys. 1893, 1894, Beibl. zu Wied. Ann. 1893, 1894.



benutzt werden (vgl. S. 4); sie dienen dann vor allem dazu, zu zeigen, wie bei Reibung oder Stoss von Flüssigkeitsteilchen (resp. festen Kohlensäureteilchen) Elektrizität entsteht, während die Reibung eines vollkommenen Gases (Versuch mit comprimiertem Sauerstoff, siehe Teil B) keine Spur von Elektrizität hervorbringt. Beim Ausströmen der flüssigen Kohlensäure findet Reibung gegen die Wand der Ausströmungsöffnung, bei Anwendung des Tuchbeutels Reibung der festen Kohlensäure gegen Holz und Tuch statt. Dadurch wird der ganze Gasstrom gewissermassen elektrisiert und wirkt auf weite Entfernung hin. Will man die Elektrizität der eisernen Bombe untersuchen resp. benutzen, so muss die ganze Vorrichtung auf Glasklötze oder Ebonitplatten gestellt werden; da aber diese Versuche nichts Charakteristisches darbieten, mögen sie nicht weiter berücksichtigt werden. Schon bei der Herstellung der festen Kohlensäure bemerkt man oft Funkenentladung und man kann diese grosse Menge von Elektrizität leicht benutzen, wenn man an einen isolierten cylindrischen Conduktor einen Metallring A (Figur 4) befestigt, durch den der Beutel hindurchgeführt wird; beim Ausströmen wird der Conduktor stark geladen und man kann mit demselben die gewöhnlichen elektrischen Versuche, Funkenentladung, Influenz u. s. w., anstellen. Die Elektrizität ist in diesem Falle negativ.

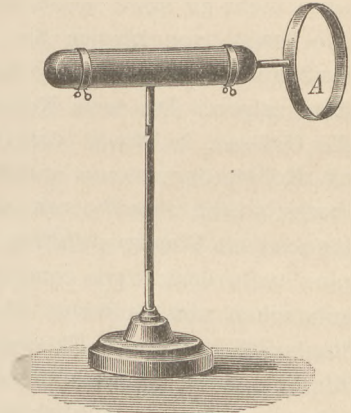


Fig. 4.

Ausserdem lassen sich leicht noch folgende Versuche anstellen. Elektroskope in die Nähe des Kohlensäurestroms oder gar in denselben gebracht, geben sehr starken Ausschlag; selbst auf weite Entfernung (2—3 m) hin zeigt sich noch die elektrische Wirkung des Stromes; ein Conduktor wird direkt geladen. Die feste Kohlensäure ist sehr stark negativ elektrisch; eine kleine Menge Kohlensäureschnee auf eine auf das gewöhnliche Elektroskop geschraubte Platte gebracht verursacht starken Ausschlag, der anhält, bis alle Kohlensäure verflüchtigt ist.

Die Art der Elektrizität ist nicht immer dieselbe; fast immer ist die feste Kohlensäure negativ, doch hat auch noch der Körper, mit dem dieselbe in Berührung kommt oder gerieben wird, einen Einfluss; der Nebelstrom selbst ladet das Elektroskop negativ, das Tuch des Beutels zeigt Erscheinungen, die auf positive Ladung schliessen lassen.


Diese Versuche wurden schon seit einer Reihe von Jahren im Unterricht angestellt und in verschiedenen Vorlesungen und Vorträgen gezeigt. BLEEKRODE<sup>12)</sup> hat ähnliche und zum Teil dieselben Versuche angestellt und veröffentlicht und ausführlicher dargestellt; ein Teil derselben eignet sich auch zu Unterrichtsversuchen. Die Bemerkung von HAUSKNECHT<sup>13)</sup>, dass sich die Kohlensäure aus Brohl nicht für die Versuche eigne, habe ich nicht bestätigt gefunden.

Übrigens lässt sich die Zahl der elektrischen Versuche leicht vermehren; auch würde wohl eine systematische Untersuchung dieser ganzen Erscheinungen wissenschaftlich von Interesse sein, namentlich um die Elektrizität festzustellen, welche beim Hineinbringen verschiedener Körper in den Strom erhalten wird, Versuche, deren Resultate später mitgeteilt werden sollen.

<sup>12)</sup> Philos. Mag. 1894 (5) Bd. 38, S. 81.

<sup>13)</sup> Ber. d. chem. Ges. XXIV, 1, S. 1031—1032.

## 4. Calorische Versuche.

Bei diesen Experimenten sind als Apparate nur erforderlich kleine Bechergläschen, Reagenzgläschen, Glasstäbe und Porzellanschalen. Als Thermometer kann man tiefgehende Alkoholthermometer (bis  $-90^{\circ}$ ) benutzen; auch Alkoholdemonstrations-thermometer ohne bestimmte Graduierung sind brauchbar. Um die niedrige Temperatur der ausströmenden Kohlensäure zu zeigen, befestige man unmittelbar an der Ausströmungsöffnung ein mit starkem Schlauch flach  gebogenes Rohr, dessen unterer Teil in einen kleinen mit Wasser gefüllten Trog taucht; man lasse die Kohlensäure nicht zu stark ausströmen, an dem eingetauchten Teile der Röhre bildet sich eine Kruste von klarem Eis, an dem freien Röhrende Schnee. Die Bedingungen der Schnee- und Eisbildung lassen sich überhaupt leicht mit Hilfe der festen Kohlensäure zeigen. Die feste Kohlensäure bedeckt sich mit einem Schneeüberzug, ebenso alle Gefässe, in denen sich die feste Kohlensäure befindet; stellt man dagegen ein mit Kohlensäureschnee gefülltes Reagenzgläschen in eine kleine Wassermenge, so überzieht sich dasselbe mit kompaktem, durchsichtigem Eis. Umhüllt man ein enges dünnes, mit Wasser gefülltes Reagenzgläschen mit Kohlensäureschnee, so erhält man ganz undurchsichtiges kompaktes Eis, da die Luftblasen nicht entweichen können. Anhauchen von Gefässen oder Platten, die mit fester Kohlensäure abgekühlt sind. (Rauhreifbildungen). Überhaupt lassen sich die Gefrierversuche mit Wasser, die im Winter mit der niederen Temperatur der Luft oder sonst auch durch Kältemischungen sich zeigen lassen, in kleinem Massstabe (mit Reagenzgläschen und gekühltem Wasser) leicht mit fester Kohlensäure vorführen.

Gefrieren von Quecksilber. Bei diesen wie bei manchen anderen Versuchen lassen sich gleichzeitig mehrere Wirkungen der niedrigen Temperatur zeigen. Überhaupt wird man gut thun, eine Reihe von Versuchen, z. B. die sämtlichen Gefrierversuche so vorzubereiten, dass man nur die feste Kohlensäure in die bereitstehenden Becher- und Reagenzgläser zu bringen braucht; man kann dann die Menge der bei einer Öffnungsperiode der Bombe erhaltenen Kohlensäure zweckmässig ausnutzen. Für die gesamten calorischen Versuche reicht man mit der durch zweimalige Füllung des Tuchbeutels erhaltenen Menge fester Kohlensäure vollkommen aus. — Ein Alkoholthermometer wird in ein Schälchen oder Bechergläschen mit fester Kohlensäure getaucht, das auf einem mit Wasser bespritzten Klötzchen steht gleichzeitig taucht man eine Thermometerkugel mit Quecksilber in die feste Kohlensäure. Das Glas ist in kurzem angefroren, das Quecksilber in der Kugel ist erstarrt, das Alkoholthermometer zeigt ca.  $-50^{\circ}$ . — Um festes Quecksilber in grösserer Menge und in bequemer Form herzustellen, füllt man am besten enge dünnwandige Reagenzgläser bis zu 3—4 cm Höhe oder auch an einem Ende zugeschmolzene Glasröhren 6—8 cm hoch mit Quecksilber und bettet sie in feste Kohlensäure ein<sup>14</sup>). Wenn die Erstarrung eingetreten ist, zerschlägt man das Glas mit dem Hammer und kann die Stäbchen aushämmern. Das schnelle Tauen derselben giebt den Hinweis auf die geringe latente Schmelzwärme des Quecksilbers (2,82) (spec. Gewicht des festen Quecksilbers 14,192, es sinkt im flüssigen zu Boden). Um das Überfrieren des Quecksilbers zu zeigen, bedeckt man in einer Porzellan- oder Platinschale das Quecksilber mit fester Kohlensäure, indem man einen Glasstab oder eine Thermometerkugel einsenkt. In kurzem hat sich eine Kruste von festem Quecksilber gebildet, man kann die Schale an dem eingefro-

<sup>14</sup>) Man kann mit Hilfe von Glasbehältern verschieden gestaltetes festes Quecksilber erhalten: Kugeln, Stäbe, gebogene Formen u. s. w. Beim Eintauchen in Wasser schmelzen dieselben dann sofort unter Bildung einer Eishülle.



renen Stäbe hochheben und flüssiges Quecksilber unter der Erstarrungskruste ablaufen lassen. Ist das Quecksilber vollständig erstarrt, so kann man die ganze Masse an dem Stäbchen herausheben und dieselbe hämmern. Hierbei möchte ich an den Tyndallschen Versuch erinnern (*die Wärme* u. s. w. S. 196), das abschmelzende Quecksilber durch kaltes Wasser tropfen zu lassen; die Quecksilberfäden bilden dann kleine Eiströhren, durch welche das Quecksilber herabrieselt. Diese Gefrierversuche werden noch beschleunigt, wenn man eine Kältemischung von fester Kohlensäure und Äther nimmt, die eine breiartige Masse bildet. (Vgl. die späteren Versuche über das Verhalten der Körper bei niedrigen Temperaturen.)

Um das Gefrieren des Quecksilbers über der Flamme (Faradayscher Versuch) im kleinen zu zeigen, nimmt man eine Platinschale und legt ein Drahtdreieck direkt auf dieselbe; der Platintiegel wird zu einem Viertel mit Quecksilber gefüllt und so eingesetzt, dass der Boden desselben nicht die Schale berührt. Man hat vorher die Schale mit fester Kohlensäure gefüllt und träufelt während des starken Erwärmens bis zum Glühen etwas Äther auf die Kohlensäure, die zugleich schnell nachgefüllt werden muss. Das Quecksilber im Tiegel ist bald erstarrt und kann mit einem eingefrorenen Stäbchen herausgehoben werden.

Gefrieren von anderen Flüssigkeiten. Man bringt Salzlösungen verschiedener Concentration in Reagenzgläsern, ebenso Äther, Alkohol und eine alkoholische Flüssigkeit, Bier oder Wein. Alkohol und Äther gefrieren nicht (die niedrige Temperatur derselben wird durch Eintauchen von Gläsern mit Wasser demonstriert). Von den Salzlösungen empfiehlt sich gesättigte Kupfervitriollösung, Kaliumbichromatlösung, Kochsalzlösung. Die Kupfervitriollösung erstarrt weiss, ein Zeichen, dass eine Vereinigung mit Krystallwasser nicht stattfindet (Repetition des Verhaltens von Salzlösungen verschiedener Concentration bei niedriger Temperatur, Bestimmung einzelner Erstarrungspunkte); die Lösung von Kaliumbichromat erstarrt hellgelb, Kochsalzlösung weiss<sup>15)</sup>.

Das Leidenfrostsche Phänomen lässt sich mit fester Kohlensäure leicht demonstrieren; beim Aufwerfen der Kohlensäure auf Wasser oder eine stark erwärmte Kupferplatte kann man deutlich die schützende Gasschicht erkennen.

Wärmeleitungsversuche. Auf verschiedene Platten aus Holz, Glas, Kupfer, Messing, Blei, auf die etwas Wasser gebracht ist, werden kleine Bechergläser gestellt, so dass zwischen dem Boden und der Unterlage sich eine Schicht Wasser befindet; in die Gläsern wird feste Kohlensäure gebracht, so dass der Boden damit bedeckt ist; beim Holz findet fast momentanes Anfrieren statt, während beim Kupfer überhaupt kein Anfrieren eintritt. Es lässt sich in dieser Weise bei beliebigen Körpern leicht die relative Wärmeleitung zeigen. Taucht man verschiedene Metallstäbe so in feste Kohlensäure, dass die Enden frei herausragen, so kann man an dem angesetzten Schnee ebenfalls die verschiedene Wärmeleitung erkennen. An einem Metallstabe oder starken Drahte aus Kupfer, der an dem einen Ende in Wasser taucht, am andern in feste Kohlensäure, bilden sich Eiskrystalle. — Auch hier lassen sich die Versuche in mannigfacher Weise umändern.

Sonstige calorische Versuche. Dieselben werden zum Teil bequemer mit der Kältemischung von Äther und fester Kohlensäure angestellt (Destillation bei niederen Temperaturen, man vergl. diesen Abschnitt und unten); zum Teil ergeben

<sup>15)</sup> Das Gefrieren conc. Lösungen von Salzen mit Krystallwasser bei niedrigen Temperaturen bietet auch wissenschaftliche Ausbeute. Es sind in dieser Richtung viele Versuche mit verschiedenen Salzen von Kobalt, Kupfer, Eisen angestellt, doch gehören diese nicht zu den Schulversuchen.

sich dieselben aus der einfachen Betrachtung, dass die Versuche, welche auf dem Verhalten der Körper bei Temperaturerhöhung beruhen, bei Temperaturerniedrigung in umgekehrtem Sinn verlaufen müssen.

Die Destillation bei niedrigen Temperaturen lässt sich leicht mit Äther ausführen. Zwei kleine Reagenzgläschen (*A* und *B*) werden mit durchbohrten Korken, durch welche eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre hindurchgeht, versehen. Der Kork beim Gläschen *B* hat eine enge Abzugsöffnung. Man taucht das Gläschen *B* in den Kohlensäureschnee, indem man die Röhre *A* in der Hand hält oder in Wasser von gewöhnlicher Temperatur setzt. Eine starke Destillation erfolgt, die man dadurch noch deutlicher wahrnehmbar macht, dass ein Blättchen Jod in *B* gebracht wird, das sich dann auflöst. Für diesen Versuch reicht auch eine Kältemischung von Schnee und Kochsalz aus. Auch die Rückdestillation lässt sich bewerkstelligen. Diese Versuche lassen sich leicht auf andere Körper ausdehnen.

Die akustischen Versuche, welche BLEEKRODE in der schon citierten Abhandlung mitteilt (man vergleiche auch den Auszug in der naturwissenschaftlichen Rundschau 1894 No. 43), nach denen Metalle mit stark comprimierter Kohlensäure zusammengebracht laute Töne geben, führten bei der verfügbaren Compression nicht zum Ziele. BLEEKRODE erklärt den Ton aus der Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle, welche die schnelle Verdampfung der festen Kohlensäure an den Stellen, wo die Berührung am innigsten ist, beschleunigt; die Unterschiede in der Leichtigkeit, mit der das sich entwickelnde Gas entweichen kann, erzeugen ein abwechselndes Comprimieren und Ausdehnen und somit ein Schwingen in dem Gasstrom. (Betreff der Einzelheiten der Versuche, der Herstellung von Quecksilberkrystallen und der Verhinderung des Wärmezutritts durch ein Vakuum, so wie der Wärmeleitung der Gase muss das Original nachgesehen werden; in Bezug auf Demonstration der Wärmeleitung der Gase mag auf die Unterrichtsversuche von Schwalbe und Lüpke in dieser Zeitschrift III 265 verwiesen werden, die dasselbe in einfacherer Form zeigen.) Die akustischen Versuche lassen sich mit stärkeren Compressionen, wie aus Universitätsvorlesungen bekannt ist, anstellen.

##### 5. Das Verhalten der Körper in niederen Temperaturen.

Herstellung von Kältebädern. Die Möglichkeit, niedrige Temperaturen zu erzeugen und in bequemer Weise das Verhalten der Körper bei denselben zeigen zu können, ist durch die feste Kohlensäure gegeben, so dass auch im elementaren Unterricht einige dieser grundlegenden Versuche gezeigt werden können. Das beste Kältebad erhält man durch eine Mischung von Äther und fester Kohlensäure. Die Temperatur sank nach dem mir zur Verfügung stehenden Alkoholthermometer auf  $-86^{\circ}$ , nach anderen Angaben erreicht man  $-97^{\circ}$ ! Zur Herstellung der Mischung verfährt man am besten folgendermassen: man übergiesst den festen Kohlensäureschnee mit reinem Äther, so dass die ganze Masse durchfeuchtet ist, und fügt unter Umrühren so viel Äther hinzu, dass das Ganze einen dicklichen Brei bildet, den man als Kältebad benutzt; je nach den anzustellenden Versuchen kann man auch so verfahren, dass man den zu prüfenden Körper (in Reagenzgläschen etc.) mit fester Kohlensäure umgiebt und diese dann mit Äther befeuchtet, oder dass man feste Kohlensäure in den Äther einträgt und so ein Flüssigkeitsbad erhält, das man unmittelbar benutzen kann. Es bietet keinen Vorteil, mit diesen Mischungen erst Alkohol sehr stark abzukühlen und diesen dann als Bad zu benutzen. Als Hilfsapparate sind für alle diese Versuche nur Bechergläser (Höhe 5—8 cm), Porzellanschalen,



Metallgefäße oder Platten, Reagenzgläser (am besten kurze, dünnwandige), Glasstäbe erforderlich; auch hier können die Versuche, namentlich die calorischen, ausserordentlich mannigfaltig abgeändert werden.

Die Ätherkältebäder halten sich ziemlich lange, so dass man die Körper, wie es für das Gelingen einiger Versuche notwendig ist, leicht längere Zeit der niederen Temperatur aussetzen kann.

Die Ursache der starken Temperaturerniedrigung wird in der schnellen Auflösung der festen Kohlensäure im flüssigen Äther gesucht. Trägt man feste Kohlensäure in Äther ein, so erfolgt zuerst ein Aufzischen, der Grund ist derselbe wie beim Eintauchen eines heissen Metallstabes in Wasser; durch den wärmeren Äther wird eine plötzliche starke Vergasung an der Oberfläche der festen Kohlensäure stattfinden. Ausser mit Äther sind entsprechende Versuche mit verschiedenen Flüssigkeiten angestellt<sup>16)</sup>).

In der Hoffnung, vielleicht eine noch bequemere und kräftigere Kältemischung zu erhalten, habe ich eine ganze Reihe leicht flüchtiger Flüssigkeiten mit fester Kohlensäure behandelt: Methylalkohol, Schwefelkohlenstoff, Petroleumäther, Ligroin, Chloroform, Chlormethyl, absoluten Alkohol, keine bot einen wesentlichen Vorteil dar. — Dass vielfach die Temperaturen nicht übereinstimmen, wenn die einzelnen Mischungen geprüft werden, liegt, abgesehen davon, dass man kaum quantitativ genau mit denselben Gemischen zu thun hat, auch in der Verschiedenheit der thermometrischen Messungen (thermoelektrische u. s. w.) — Es mag noch bemerkt werden, dass man den Kältebädern mit Äther eine Flamme ohne Gefahr nähern kann; der Äther brennt, selbst wenn man die Flamme darüber hält, nur mit mattblauer unregelmässiger Flamme.

Calorische Versuche. Mit der Ätherkältemischung lässt sich nun ein Teil der oben beschriebenen calorischen Versuche in noch viel auffallenderer Weise wiederholen. Bringt man ein Gläschen mit Kältemischung, das sich sehr schnell mit festem Schnee an der Luft beschlägt, in Wasser, so bildet sich ein kompakter Eisbecher, bisweilen springt das Gläschen dabei. Körper von gewöhnlicher Temperatur verursachen im Gemisch ein Aufzischen. Ganz besonders auffallend kann man das Gefrieren des Quecksilbers vorführen, indem man aus einem Löffel Quecksilber in das Gemisch giesst: unter lebhaftem Zischen erstarrt das Quecksilber zu ganz ähnlichen Formen, wie man sie beim Eingiessen von geschmolzenem Blei in Wasser erhält; nimmt man etwas grössere Mengen, so gehört dies Experiment zu den auffallendsten des physikalischen Unterrichts. Man kann die baumartigen Gebilde mit einem Glashaken herausnehmen, sie halten sich kurze Zeit an der Luft; auch kann man Queck-

<sup>16)</sup> L. Cailletet et E. Colardeau, *Étude des mélanges réfrigérants obtenus avec l'acide carbonique solide*, C. r. CVI, 1631—1633. Die feste Kohlensäure hatte eine Temperatur von  $-60^{\circ}$ , mit Äther gemischt  $-77^{\circ}$  (beim Eintragen von fester Kohlensäure in Äther), diese Temperatur sank im Vacuum auf  $-103^{\circ}$ . Die Temperaturerniedrigung mit Äther wird aus der Löslichkeit der festen Kohlensäure in Äther erklärt. Das Maximum der Abkühlung wird erreicht, wenn die Flüssigkeit mit Kohlensäure gesättigt ist. Auch andere Flüssigkeiten verhalten sich ähnlich wie Äther. Chlormethyl giebt mit fester Kohlensäure  $-82^{\circ}$ , schweflige Säure  $-82^{\circ}$ , Essigsäure-Amyläther  $-78^{\circ}$ , Phosphor-trichlorid  $-76^{\circ}$ , Alkohol  $-72^{\circ}$ , Äthylchlorid  $-60^{\circ}$ . Im Vacuum sinken diese Temperaturen noch bedeutend und einige der Gemische werden dann fest, wie die Gemische von Chlormethyl und Schwefeldioxyd. Eine Mischung von Chloroform und fester Kohlensäure erstarrt bei gewöhnlichem Druck bei  $-77^{\circ}$ .

<sup>17)</sup> In einer mir kürzlich zugegangenen Arbeit von Villard und Jarry C. R. Bd. CXX 1413 (1895) wird behauptet, dass beim Mischen von Äther und fester Kohlensäure keine tiefere Temperatur als  $-79^{\circ}$  erzielt werden könne, was anderen Beobachtungen widerspricht und auch von mir nicht gefunden wurde.

silber in dieser Weise leicht granulieren, oder in einem Platintiegel zum Gefrieren bringen und die innere nicht erstarrte Masse ausgiessen; auch der Faradaysche Versuch gelingt mit diesem Gemisch leicht und sicher. Weitere calorische Versuche hier anzuführen, scheint nicht erforderlich, nur bemerke ich, dass man fast sämtliche Gefrierversuche, die man mit Kältemischungen anzustellen pflegt, im kleinen Massstabe wiederholen kann, von denen natürlich abgesehen, die nur bei mässig niedrigen Temperaturen eintreten (Unterkühlungsversuche u. s. w.).

Optische Versuche. Schon lange war bekannt, dass viele Körper in ihrer Färbung abhängig sind von der Temperatur, auf die sie erwärmt sind. Schwefel ist bei  $-50^{\circ}$  fast weiss, die gefärbten Quecksilberverbindungen (Quecksilberoxyd, Zinnober, die Doppelverbindungen des Quecksilberjodids u. a.), sowie die meisten gefärbten Bleiverbindungen (Bleioxyd, Mennige) zeigen diese Erscheinung in ausserordentlich hohem Grade; auch die Färbung des Stickstofftrioxyds und Stickstoffdioxyds oder -tetroxyds (rauchende Salpetersäure) ändert sich mit der Temperatur, wobei die Dissociation eine wesentliche Rolle spielt. Die Versuche werden am besten so angestellt, dass man je zwei Reagenzgläschen (resp. drei, wenn man das Dunklerwerden der Substanz in höherer Temperatur zeigen will) mit derselben Substanz 3–4 cm hoch anfüllt und nun das eine Gläschen in die Kältemischung taucht. Das Verblassen des Zinnobers, der Mennige, des Quecksilberoxyds, des Kupferjodür-Quecksilberjodids tritt deutlich hervor; wenn man die Gläschen von gewöhnlicher Temperatur daneben hält, ist die Erscheinung selbst bei Gaslicht deutlich wahrnehmbar. Hat man ein Reagenzgläschen mit Kupferjodür-Quecksilberjodid-Papier unklebt und bringt die Kältemischung hinein, so wird der untere Teil gelblich. In ein ähnliches Gläschen giesst man heisses Wasser, der untere Teil wird braunschwarz.

Versuche von DEWAR, 1895 mit flüssiger Luft angestellt (vgl. oben S. 3), zeigen, dass die Farbenintensität immer mehr abnimmt, je tiefer die Temperatur sinkt. Freilich lässt sich dies nicht bei allen gefärbten Körpern beobachten, von denen viele auch die umgekehrte Erscheinung intensivere, resp. dunklere Färbung in höherer Temperatur nicht zeigen. Bei rauchender Salpetersäure tritt die Erscheinung, Verblassen der Dämpfe, die sich in niedriger Temperatur nicht mehr entwickeln, und der Flüssigkeit sehr deutlich hervor.

Eine systematische eingehende Untersuchung dieser Änderung der Körperfarben mit der Temperatur würde manches Neue finden lassen. Andere optische Versuche, das Aufhören des Leuchtens des Phosphors im Dunkeln, der Einfluss der niedrigen Temperatur auf die Fluorescenz, lassen sich auch leicht zeigen (vgl. die Arbeiten von PICTET).

Das chemische Verhalten der Körper bei niedrigen Temperaturen.

Dass die chemischen Verbindungen in höherer Temperatur gelöst werden, ist den Schülern aus vielen Versuchen bekannt. Sie können leicht zu der Erkenntnis geführt werden, dass für die Entstehung einer chemischen Verbindung eine bestimmte Temperatur erforderlich, und ihr Bestehen aufwärts an eine bestimmte Temperaturgrenze gebunden ist. Der Schluss liegt nahe, dass viele chemische Vorgänge, die bei gewöhnlicher Temperatur eintreten, nicht vor sich gehen werden, wenn die Temperatur unterhalb der Aktionstemperatur der Stoffe sinkt, dass also die chemischen Wirkungen, die wir bei gewöhnlicher Temperatur wahrnehmen, bei sehr niedriger Temperatur nicht vor sich gehen, dass für jeden Körper eine solche Temperaturgrenze der Entstehung gegeben ist und dass bei sehr niedrigen Temperaturen die Körper überhaupt nicht aufeinander reagieren. Für das Gelingen der Versuche ist notwen-



dig, dass die Substanzen und die Gläser auf die betreffende niedrige Temperatur abgekühlt sind; bei der Äther-Kohlensäuremischung reichen für die folgenden Versuche wenige Minuten aus. Man wird anstatt der hier vorgeschlagenen drei Versuche, die wiederholt durchgeführt sind und von denen der erste selbst beim schnellen Experimentieren nie misslungen ist, auch noch andere nach den unten anzuführenden Pictetschen Arbeiten herausfinden. PICTET arbeitete mit einem geräumigen Refrigerator, in dem bequem hantiert werden konnte, und Temperaturen von ca.  $-120^{\circ}$  (mit festem Stickstoffoxydul) erreichbar waren.

Man füllt ein Reagenzglaschen mit ziemlich concentrirter Salzsäure ca. 3 cm hoch an und stellt es in die Kältemischung; in ein anderes Glaschen hat man Marmor in Stücken von 0,5 bis 1,5 cm Grösse gebracht und dasselbe schon früher in einen anderen Kältebehälter gesetzt. Auf die vollständige Abkühlung des Marmors ist besonders zu achten, da sonst der Versuch misslingt. Man giesst dann die Salzsäure zu dem Marmor, dessen Glaschen man beim Eingiessen noch in der Kältemischung lässt. Es zeigt sich nun beim Herausnehmen nicht die geringste Kohlensäure-Entwicklung, nach einiger Zeit treten Bläschen am Marmor auf und bald wird, während man die Klasse das Glas ruhig beobachten lässt, die Wirkung stürmischer; will man die Einwirkung beschleunigen und die Temperatur schnell heben, so taucht man das Glaschen in Wasser, die Entwicklung beginnt dann sofort; anstatt Salzsäure kann man auch Schwefelsäure nehmen.

Der zweite Versuch zeigt, dass die Einwirkung von Natrium auf Alkohol bei der Wasserstoffentwicklung bei niedriger Temperatur nicht stattfindet. Man kühlt abs. Alkohol im Glaschen stark ab und bringt Natrium, das frisch geschnitten wurde und in ähnlicher Weise abgekühlt war wie der Marmor, auf den Alkohol; es erfolgt keine Entwicklung von Wasserstoff, diese wird vielmehr erst beim allmählichen Wärmerwerden bemerkbar. Kohlensäure und Wasserstoff lassen sich wie gewöhnlich nachweisen. Beim Natrium empfiehlt sich als Ergänzungsversuch die Entwicklung des Wasserstoffs, wenn Natrium auf eine Eisplatte gebracht wird, die lebhaftere Entwicklung bei gewöhnlichem Wasser und die Demonstration der Entzündung des Wasserstoffs, wenn das Wasser auf etwa  $70^{\circ}$  erwärmt ist, während bei Eis von  $-60^{\circ}$ , das man in der Ätherkältemischung herstellt, keine Einwirkung des ebenso stark abgekühlten Natriums stattfindet. Das Natrium ist jedesmal sorgfältig vom Petroleum und der Umränderungskruste zu reinigen.

Drittens lässt sich zur Anknüpfung an die Verbrennungserscheinungen leicht zeigen, dass stark abgekühlte Körper sich nicht entzünden lassen, dass sie erst auf eine bestimmte Entzündungstemperatur gebracht werden müssen<sup>18)</sup>. (Versuche mit Al-

<sup>18)</sup> Aus der Pictetschen Arbeit „Versuch einer allgemeinen Methode chemischer Synthese“ (Compt. rend. 1892, CXV, p. 814) mögen einige Zahlenwerte mitgeteilt werden.

Bei  $-125^{\circ}$  wirken kaustische Soda und feste Schwefelsäure nicht aufeinander; Schwefelsäure und Kali causticum wirken unter  $-90^{\circ}$  nicht aufeinander, mit kaustischem Ammoniak erfolgt bei  $-80^{\circ}$  keine Reaktion. Schwefelsäure und kohlensaurer Kalk geben bei  $-80^{\circ}$  keine Reaktion, die ersten Kohlensäureblasen treten bei  $-52^{\circ}$  auf (bei  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  bei  $-56^{\circ}$ ); Salpetersäure auf  $-125^{\circ}$  giebt mit kaustischem Kali und Natron keine Reaktion; die Reaktion von Natrium auf Alkohol tritt erst bei  $-48^{\circ}$  ein; Chlorwasserstoffsäure und Silbernitrat in alkoholischer Lösung geben bei  $-125^{\circ}$  keine Reaktion, der Niederschlag fängt bei  $-90^{\circ}$  an; auch die Rötung von Lackmus durch Säuren hört bei sehr niedriger Temperatur auf. Es scheint, als ob diese schwachen Reaktionen zum Aufhören niedrigere Temperaturen erforderten als die stärkeren (Natrium auf Schwefelsäure).

Von den Pictetschen Arbeiten mögen noch angeführt werden: Essai d'une méthode générale de synthèse chimique (Arch. sc. phys. de Geneve, C. r. 1892, 1893), auch als besondere Broschüre (48 S.)

kohol, Phosphor in fein zerteiltem Zustande aus Schwefelkohlenstofflösung erhalten.) Die niedrigen Temperaturen sind von PICTET auch in technischer Beziehung verwendet worden (medizinisches Chloroform). Die Fabrik liefert auch für den Unterricht gut verwendbare Präparate (Chloräthyl, Äther chloratus, Hydrogeniumperoxyd); näheres darüber findet man in den Abhandlungen von PICTET und in dem oben (S. 2) erwähnten Buche von WELTER.

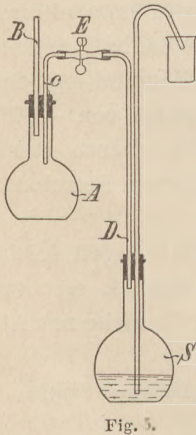
Schliesslich mag noch ein Versuch, den ich nirgends erwähnt gefunden habe, mitgeteilt werden. Bringt man stark blauen Jodstärkekleister in die Ätherkältemischung, so erhält man eine hellrote Eismasse, beim Tauen entsteht wieder die blaue Flüssigkeit; das Jod (hellrot) ist also bei der niedrigen Temperatur von dem gefrorenen Stärkekleister abgeschieden.

Dass auch die Molekularconstitution der Körper durch tiefe Temperaturen beeinflusst wird, lässt sich leicht an dem stark abgekühlten Natrium zeigen, das viel härter geworden ist, doch sind für diese Versuche zum grössten Teil nicht so sehr tiefe Temperaturen, zum Teil noch tiefere erforderlich. Bei photographischen Platten von sehr niedrigen Temperaturen soll auch die Lichtwirkung abnehmen und schliesslich ganz aufhören.

#### 6. Versuche und Bemerkungen über die technische Verwertung der comprimierten Kohlensäure.

Schon unter den bisher angeführten Versuchen mit flüssiger Kohlensäure ist eine ganze Anzahl enthalten, welche dazu dienen kann, die technische Verwertung vorzuführen. Hier mögen noch einige andere hinzugefügt werden.

Einen kleinen Bierhebeapparat, der das Princip darlegt, erhält man in folgender Weise (Fig. 5): In einen Stehkolben (ca. 800 ccm Inhalt) *A* mit doppelt durchbohrtem Kork wird feste Kohlensäure gebracht. Die eine Durchbohrung *B* bleibt zunächst offen; durch die andere Durchbohrung (*C*) führt ein Rohr mit Kautschukschlauch zu einem tiefer stehenden Stehkolben (*S*), welcher Bier enthält, dieser ist ebenfalls mit doppelt durchbohrtem Kork versehen und stellt das zu verzapfende Fass dar; das Glasrohr der einen Durchbohrung (*D*), welches unmittelbar unter dem Kork mündet, stellt die Verbindung mit dem Kohlensäuregefäss dar; durch die andere Durchbohrung geht ein Glasrohr, welches bis in das Bier herabragt und dessen anderes umgebogenes Ende sich über dem Experimentiertisch befindet. Wird mit einem Stückchen Glasstab mit Kautschukschlauch die Öffnung des Kohlensäurekolbens bei *B* geschlossen und der Quetschhahn *E* geöffnet, so dringt bald das Bier schäumend aus der freien Mündung der langen Röhre hervor. Das Moussierendmachen der Getränke mit fester Kohlensäure kann man auch mit einer gewöhnlichen Bierflasche mit Patentverschluss zeigen, die halb mit abgestandenem Bier angefüllt ist; stellt man dieselbe nach dem Hineinbringen der festen Kohlensäure auf den Kopf, so hat man



erschienen. Étude sur le rayonnement aux basses températures (Arch. sc. phys. nat., Sept., Nov., Dec. 1894), ebenfalls als Broschüre (52 S.) erschienen. Étude des phénomènes physiques et chimiques sous l'influence de très basses températures (C. r. 1892, CXIV, 1245). (Verhalten des Chloroforms.) Mitteilungen aus dem Institut Raoul Pictet in Berlin (Z. f. phys. Chem. XV, 3, 1894; 1, 1895), auch als Broschüre (16 S.).



in kürzester Zeit wieder ein erfrischendes Getränk. Man darf von der festen Kohlensäure ein nicht zu grosses Quantum für diesen Versuch verwenden.

Um das Heben von Gegenständen unter Wasser zu zeigen, verfuhr ich folgendermassen: Ein kleines Kölbchen von 200 cm Inhalt trug ca. 100 g; mit Wasser gefüllt sank es schnell zu Boden. Auf den Boden eines hohen, weiten mit Wasser gefüllten Cylinders wurde ein Trichter gebracht, dessen Rohr mit feinmaschigem Drahtnetz verstopft war, und unter ihn, nachdem er auf den Boden gesenkt war, ein kurzes Reagenzglaschen mit fester Kohlensäure; die Gasentwicklung begann sofort äusserst lebhaft und der versenkte, mit dem Gewichte versehene Glasballon, dessen Mündung über der Trichtermündung war, hob sich sofort und schwamm an der Oberfläche<sup>19)</sup>.

Da vielfach die technischen Journale den Schulen nicht zugänglich sind und der einzelne oft nicht in der Lage ist, sich mit den technischen Beziehungen der betreffenden Körper bekannt zu machen, so mögen noch einige Zusätze nach dieser Richtung hin gegeben werden. Physikbücher, in denen gerade diese Seite der Physik berücksichtigt wäre, fehlen fast gänzlich, entweder muss man zu fachwissenschaftlichen Werken der einzelnen Teile der Physik (calorische Maschinen, elektrische Beleuchtung, mechanische Technologie u. s. w.) oder zu Journalen seine Zuflucht nehmen; eine physikalische Technologie, in ähnlicher Weise für den Unterricht zusammengestellt, wie z. B. die chemische Technologie von Ost, Wagner und anderen, würde dem Schulunterricht sehr zu statten kommen.

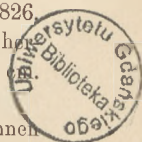
Über die früheren Verwendungen der flüssigen Kohlensäure findet man Ausführlicheres in einem Aufsatz von Dr. RAYDT<sup>20)</sup>. Ohne die historische Reihenfolge der Anwendungen einzuhalten, gebe ich kurz folgende als die hauptsächlichsten an. In den Kruppschen Fabriken<sup>21)</sup> wird die flüssige resp. die aus derselben erhaltene feste Kohlensäure angewandt, die Mantelstücke der Kanonen von den abgenutzten „Seelen“ zu lösen, indem das innere Rohr stark abgekühlt wird. Eine andere Anwendung in derselben Fabrik besteht darin, dass die Spannung des aus der flüssigen Kohlensäure sich entwickelnden Gases (75 Atmosphären) zum Pressen geschmolzener Metalle benutzt wird, indem das Gas in die mit flüssigem Metall gefüllte und geschlossene Form hineingeführt wird; die Güsse werden dichter und der verlorene Kopf wird vermindert. Dort wird auch die flüssige Kohlensäure zur Eisfabrikation verwendet, was anderwärts, da billigere Verfahren zur Disposition stehen, meist nicht durchgeführt wird. Auch zum Heben von Gegenständen unter Wasser ist die flüssige Kohlensäure benutzt worden: man befestigt an den zu hebenden Gegenstand Ballons, die mit Behältern mit flüssiger Kohlensäure in Verbindung stehen, diese blähen sich nach dem Öffnen des Ventils auf und heben den betreffenden Gegenstand, nachdem flüssige Kohlensäure in die den Ballon durchsetzende Röhre geschleudert war. Auch ist vorgeschlagen, die flüssige Kohlensäure zur Schiffsrettung bei Zusammenstössen u. dgl. zu verwenden<sup>22)</sup>. Wenn nun auch ein Ballon von 3 m Radius ungefähr 113 000 kg im

<sup>19)</sup> Auch hier lassen sich Rechenaufgaben anschliessen: Wie viel feste Kohlensäure braucht man, um einen Körper im Wasser zu heben? u. dgl. mehr.

<sup>20)</sup> Über flüssige und feste Kohlensäure; Vortrag, gehalten im Verein zur Beförderung des Gewerbelebens zu Berlin am 6. Juli 1885. Berlin (Simion) 1885. Über die Verwendung zum Bierauschank und zur Fabrikation kohlensäurehaltiger Getränke (System Raydt) in D. R. P. 15 039 u. 16 826.

<sup>21)</sup> In der Kruppschen Fabrik sind birnförmige Flaschen für 340 kg flüssiger Kohlensäure hergestellt; sie haben eine Länge von 2,75 m, Durchmesser von 75 cm und Wandstärke von 6,4 cm. Das Material ist Schmiedeeisen oder Gussstahl.

<sup>22)</sup> „Unter der Schiffswand liegen unter leicht zu öffnenden Deckeln in Kisten, die nach innen



Wasser tragen kann, so haben doch beide Anwendungen sowohl die zur Schiffshebung als zur Schiffsrettung angestellten Versuche noch keinen befriedigenden Abschluss erhalten. Auch die Verwendung zu Feuerlöschzwecken dürfte zunächst noch eine beschränkte bleiben. Entweder wendet man den Druck, welchen die Dämpfe der flüssigen Kohlensäure ausüben, direkt an und lässt ihn auf das Wasser der Spritze einwirken, oder man benutzt die flüssige Kohlensäure bei den Dampfspritzen, wenn dieselben schnell in Arbeit versetzt werden sollen, zum Betrieb der Maschine. Allerdings wird, wie auch bei dem System des verstorbenen Branddirektors WITTE zu Berlin, dabei nur eine geringe Zeitersparnis von 4 bis 5 Minuten gewonnen. Die comprimierte Kohlensäure strömt direkt in den Dampfraum ein, während gleichzeitig schon bei der Abfahrt der Spritze der Kessel geheizt wird. Anfänglich liefert die Kohlensäure die Hauptkraft, dann wirken Kohlensäure und Wasserdampf zusammen, und wenn die Spannung des Dampfes hoch genug geworden ist, wird die Kohlensäure abgestellt. Der Verbrauch ist ungefähr 8 kg, doch sind zwei solche 8 Kilo-Flaschen erforderlich, da die Hälfte der Kohlensäure gefriert und jede Flasche nur 4 kg zum Gebrauch liefert.

Die Hauptanwendung hat jedoch die flüssige Kohlensäure zur Herstellung künstlicher Mineralwässer und zum Bierausschank gefunden. Der Bierausschankapparat ist zugleich ein Bierhebeapparat; die Kohlensäure wird zunächst in einen Kessel geleitet und in diesem der Druck bis fast 2 Atmosphären gesteigert, dann wird die Verbindung der Flasche durch Schluss eines Ventils und Hahns wieder aufgehoben, der Kessel aber mit dem Bierfass, aus dem gezapft werden soll, in Verbindung gebracht; hier wird das Bier bis zur Schankstätte gehoben und bleibt während der ganzen Zeit frisch und kohlenensäurereich. Die Vorteile dieses Ausschankes sind so bedeutend, dass derselbe sich mehr und mehr Eingang verschaffen wird, zumal da der ganze Apparat ausserordentlich leicht zu handhaben ist.

Während die Bierdruckapparate in grossen Restaurationen, wo das Bier schnell frisch vom Fass konsumiert wird, nicht eingebürgert sind, hat die Verwendung der flüssigen Kohlensäure in der Mineralwasserfabrikation fast die Herrschaft erlangt. Man kann mit einer Kohlensäureflasche zu 8 kg durchschnittlich 500 Liter Wasser (eine Füllung von 1500  $\frac{1}{3}$  Literflaschen) bei einem Drucke von 4–5 Atmosphären imprägnieren. Man hat ferner die flüssige Kohlensäure angewendet zur Bierklärung, dann bei der Dynamitfabrikation anstatt der comprimierten Luft, und es wird sich voraussichtlich ihre Verwendung noch erweitern. Hervorzuheben ist, dass bei allen Verwendungen noch nie ein Unglücksfall vorgekommen, und durch die Aufbewahrungsweise die grösste Sicherheit gewährleistet ist<sup>23)</sup>.

Um von der Wichtigkeit der Industrie eine Vorstellung zu geben, mag hervorgehoben werden, dass die Aktiengesellschaft für Kohlensäureindustrie in Berlin und (um unter den vielen Fabriken nur eine anzuführen) Burgbrohl ca. 2000000 kg flüssiger

geschlossen sind, die schlaffen Rettungssäcke, jeder mit dem dazu gehörigen Kohlensäurebehälter versehen. Im Fall des Zusammenstosses mit einem anderen Schiff oder wenn auf eine andere Weise ein Leck entsteht, werden die Klappen und Flaschenventile geöffnet, die Ballons blähen sich in wenigen Minuten auf und halten das gefährdete Schiff über Wasser. Es ist dies allerdings nur Zukunftsmusik, doch hege ich die feste Überzeugung, dass auf die angedeutete Art viele schwere Schiffsunfälle und grosse Verluste an Menschenleben verhütet werden könnten, da nach dem Entstehen des Lecks in fast allen Fällen das Schiff sich noch erheblich längere Zeit über Wasser hält, als erforderlich sein würde, die Rettungssäcke aufzublähen und ihre Tragkraft zur Wirkung zu bringen.<sup>4</sup>

<sup>23)</sup> Es ist auch die Verwendung einer Verbindung  $2SO_2 + CO_2$  zur Desinfektion und zum Feuerlöschen vorgeschlagen. Bei 18° C. besitzen die Dämpfe nur 2 Atm. Spannung. (Pictetsche Flüssigkeit.)



Kohlensäure (entsprechend 1000 Millionen Liter Gas) produciert. Die Zahl der Leihflaschen ist auf 70000 gestiegen, während im Jahre 1885 täglich 80 Flaschen zu 8 kg, also 640 kg oder 320000 l verbraucht wurden. Wie sehr sich die Kohlensäure-Industrie weiter entwickelt hat, geht auch daraus hervor, dass in diesem Jahre eine besondere Zeitschrift entstanden ist<sup>24</sup>).

Die grossartigen Anwendungen, welche die Kühlanlagen zur Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, Conservierung von Fleisch, zum Ausfrieren des Bodens bei Tunnelbauten u. s. w. gefunden haben, werden sich der Einreihung jener Verwendungen, die in dem Titel der Zeitschrift angedeutet sind, anschliessen.

Ausser den Verwendungen, die schon in der Arbeit erwähnt sind, mögen noch genannt werden: Anwendung zu Kohlensäure-Eis und Kühlmaschinen, Anwendung der Kohlensäure als Conservierungsmittel, Anwendung zur Bereitung von Schaumwein, Brauselimonaden u. s. w., Anwendung zum Ausschank von Wein, Anwendung zum Treiben von Motoren, Anwendung für medizinische Zwecke, (niedrige Temperaturen); aber so wenig wie auf diese Verwendungen kann auf die sonstigen Mittel, tiefe Temperaturen zu erzeugen, eingegangen werden. Was die Darstellung der flüssigen Kohlensäure selbst anbetrifft, so benutzt man zum Teil die Exhalationen (Moffetten) resp. einige Säuerlinge (Brohl). Diese Kohlensäure ist sehr rein, enthält aber leicht Luft gelöst, die übrigen Methoden, die Gewinnung der Kohlensäure aus Spateisenstein und Schwefelsäure, Magnesit, Marmor, Kreide und Salzsäure resp. Schwefelsäure, Natriumbikarbonat und Phosphorsäure durch Überleiten von Kohlenoxyd (aus Kohle erhalten über Kupferoxyd) mögen nur erwähnt werden.

### Schlussbemerkungen zum ersten Teil.

Schliesslich mag als Vorzug dieser Experimente, die man natürlich in verschiedener Auswahl je nach der zur Verfügung stehenden Zeit und der Vorbildung der Schüler verwerten wird, nochmals hervorgehoben werden, dass die erforderlichen Hilfsmittel auch für kleinere Anstalten zugänglich und leicht beschaffbar sind, und sie sich ohne jede Gefahr und grosse Vorübung durchführen lassen. Die Anschauung eines in den festen Zustand übergeführten Gases, die Rückverwandlung in den gasförmigen Zustand, die Verflüssigung durch schnelle Verdunstung, das Verhalten der Körper in niedrigen Temperaturen, die experimentelle Schnee- und Eisaufbildung, sind so wichtige Erscheinungen, dass sie jedem Schüler zugänglich gemacht werden sollten. Dazu bietet das Verhalten der flüssigen und festen Kohlensäure (der Siedepunkt liegt tiefer als der Erstarrungspunkt) so viele Anknüpfungspunkte (kritische Temperatur) zur Darlegung, dass unterrichtlich die Versuche in hohem Grade verwertbar sind. Die methodische Seite ist im Vorhergehenden nur angedeutet, leicht aber auch für den jüngeren Lehrer aus der Darstellung zu entnehmen.

Zum Schluss mag noch die Zusammenstellung einiger physikalischer Daten über feste und flüssige Kohlensäure folgen.

Die flüssige Kohlensäure ist eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit. Ihr spezifisches Gewicht bei  $-20^{\circ}$  0,80,  $-30^{\circ}$  0,63,  $0^{\circ}$  0,83 (0,74). Hieraus folgt eine sehr starke Ausdehnung, 0,006. Siedepunkt  $-78,2^{\circ}$  (Spannung 1 Atm.). Sie ist nicht mischbar mit Wasser, bricht das Licht ebenso stark, ist in Alkohol und Äther löslich.

<sup>24</sup>) Zeitschrift für die gesamte Kohlensäure-Industrie. — Centralorgan für Kohlensäure-, Mineralwasser-, Brauselimonaden-, Sodawasser-, Schaumwein-, Eis- und Fruchtsäfte-Fabrikanten, sowie für Apotheker, Chemiker, Bierbrauer, Gastwirte, Kühlanlagen-Besitzer etc. (redigiert von Wender, Verlag Brandt, Calvinstrasse 13a).

## Tension der Dämpfe der flüssigen Kohlensäure.

Faraday.		Regnault.				Cailletet.	
— 79,4 <sup>0</sup>	1,14 Atm.	— 25 <sup>0</sup>	17,12 Atm.	5	40,47	— 80 <sup>0</sup>	1,00 Atm.
— 59,4	4,6	— 20	19,93	10	46,05	— 74	1,55
— 45,5	8,88	— 15	23,14	15	52,7	— 64	3,1
— 30,6	15,45	— 10	26,76	20	58,84	— 60	3,9
— 17,8	22,84	— 5	30,84	25	66,07	— 54	5,46
— 5,0	33,15	0	35,4	30	73,84	— 44	8,72
0	38,5			35	82,17	— 34	12,70
				40	91,03		
				45	100,41		

Kritische Temperatur 30,9°, Druck 77 Atm. Spezifische Wärme der flüssigen Kohlensäure bei const. Druck 0,2164. Die feste Kohlensäure schmilzt bei — 57°, die Tension ihres Dampfes beträgt dann höchstens 5,3 Atm., bei — 63,9° 3,6 Atm. Spec. Gewicht nach Landolt 1,19. Feste Kohlensäure in Äther geben an der Luft — 77° bis — 97°, unter der Luftpumpe — 110°. Verdampfungswärme der festen Kohlensäure 138,7<sup>0 25</sup>), für die flüssige Kohlensäure bei 6,6° 50,75 Cal. Dieselbe nimmt ab, je mehr sich die Temperatur dem kritischen Punkte nähert.

Ein handlicher Lichtbrechungs-Apparat.<sup>1)</sup>

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

In dieser Zeitschrift sind wiederholt Apparate beschrieben und abgebildet worden, welche sich vorzüglich zur Demonstration der Brechung des Lichtes eignen, so z. B. von SZYMANSKY (Zeitschr. II 62; vergl. VII 108), ROSENBERG (II 190), HÖFLER (III 127) u. A. — Das den beiden ersten Apparaten zugrundeliegende Princip: den Gang der Lichtstrahlen dadurch sichtbar zu machen, dass man paralleles Licht durch einen Spalt so auf eine helle Fläche fallen lässt, dass der Strahl sie streift, ist längst bekannt (vergl. II 189), aber — wenigstens in den meisten Lehrbüchern der Physik — nicht genügend gewürdigt.

Zur Konstruktion des im folgenden beschriebenen Apparates bin ich durch den Wunsch geführt worden, die Vorzüge des Rosenbergschen Apparates mit denen des Szymańskyschen zu vereinigen und zugleich das Sinus-Gesetz möglichst anschaulich vorzuführen. Durch Anwendung zweier Diaphragmen, deren eines dicht an der Scheibe sich befindet, wurde eine besonders scharfe Lichtlinie von variabler Breite erhalten.

Eine Vorderansicht des Apparates zeigt Fig. 1. Die Spiegelglasscheibe ( $G$ ) dreht sich leicht in drei Rollen ( $r_1, r_2, r_3$ ), die an einem geschwärtzten Messingarm ( $m$ ) befestigt sind. Dieser Arm hat einen quadratischen Querschnitt und federt etwas, sodass die Scheibe eine sichere Führung hat (die Maasse sind am Schluss angegeben).

<sup>25)</sup> Die spec. Gewichte, bestimmt von Cailletet und Mathias, weichen nicht unbedeutend von den Zahlen von Andréeff ab. Man vergleiche auch die Daten in den Landolt-Börnsteinschen Tafeln, 2. Aufl. — Neuere Untersuchungen über die Dampfspannung der Kohlensäure finden sich u. a. in d. Lincei. Rendic. 1893 H. 12: Blaserna, Sulla tensione massima dei vapori dell' anidride carbonico liquido.

<sup>1)</sup> Demonstrirt in der physikal. Sektion des pädagog. Museums in St. Petersburg. Dez. 1893.



Die Vorderseite der Glasscheibe ist matt geschliffen und mit zwei senkrechten Linien versehen, deren Schnittpunkt genau mit dem Mittelpunkt der Scheibe zusammenfällt. Ein Kreis aus quadriertem Millimeterpapier (No. 106, von Schleicher & Schüll in Düren, Rheinpr.), vom Halbmesser = 100 mm, ist so auf die matte Glasfläche geklebt, dass die beiden senkrechten Durchmesser genau mit den markierten Linien zur Deckung kommen. Darauf werden die in Fig. 1 angedeuteten Radien und Sinus-Linien mit roter und grüner Wasserfarbe aufgetragen (s. w. u.). Zuletzt klebt man den Glaskörper auf, dessen untere Fläche matt geschliffen ist. Als Klebstoff kann Syndetikon dienen.

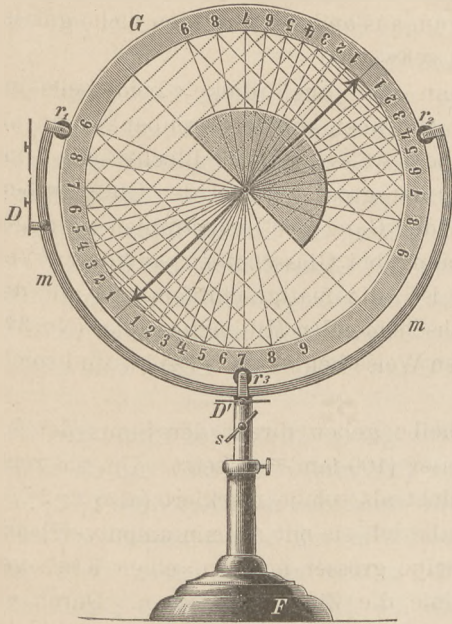


Fig. 1.  
( $\frac{1}{5}$  nat. Grösse)

Bei Anwendung von Sonnenlicht braucht das Zimmer gar nicht verdunkelt zu werden; bei künstlicher Beleuchtung<sup>2)</sup> ist es nötig, die Glasscheibe zu beschat-

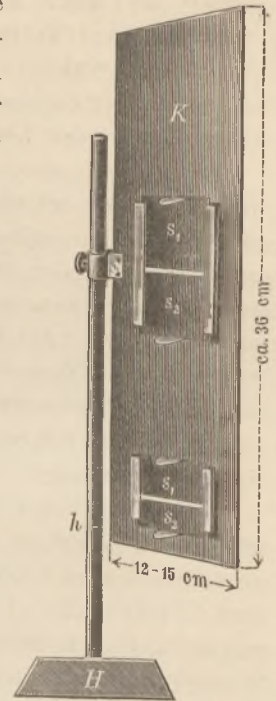


Fig. 2.  
( $\frac{1}{5}$  nat. Grösse)

ten (was auch bei Sonnenlicht vorteilhaft ist). Hierzu dient ein Schirm aus schwarzem Karton (Fig. 2), der ein höher oder tiefer stellbares Diaphragma mit 2 Schiebern ( $s_1, s_2$ ) hat, durch welches das Licht auf ein anderes Diaphragma ( $D$  Fig. 1; vergl. Fig. 3) fällt, welches an dem Messingarm durch eine Klemmschraube befestigt ist. Die Entfernung des Schirmes vom Diaphragma ( $D$ ) beträgt, je nach der Art der Lichtquelle, 5 bis 40 cm. Ein zweites Diaphragma des Schirmes (unten) dient dazu, das Licht auf einen kleinen drehbaren Spiegel ( $S$  Fig. 1;  $II$  Fig. 4) fallen zu lassen, wenn man — nach V. L. ROSENBERG (vergl. Zeitschr. II 190) — den Strahl vertikal aufwärts auf die Scheibe richten will, wobei man imstande ist, mit Hülfe eines nur zur Hälfte gefüllten hohlen Halbcylinders, dessen ebene Fläche abwärts gekehrt ist, die Wirkung eines Prismas mit veränderlichem brechenden Winkel zu demon-

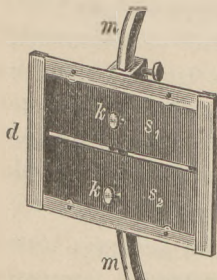


Fig. 3.  
( $\frac{1}{4}$  nat. Grösse)

strieren. Der Spiegel ist mit einem Scharnier ( $c$  bei  $II$  Fig. 4) an dem Stift ( $a$ ) befestigt und mit diesem drehbar, sodass man den Strahl immer durch den Spalt ( $D'$  Fig. 1; vergl.  $I$  Fig. 4) auf die Mitte der Scheibe richten kann.

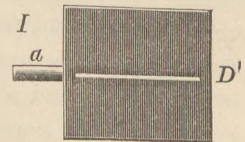


Fig. 4.  
( $\frac{1}{2}$  nat. Grösse)

<sup>2)</sup> In neuester Zeit ist von dem Ingenieur C. Schinz in St. Petersburg eine gefahrlose Benzinquelle auf den Markt gebracht worden, welche die Anwendung des Auerschen Glühnetzes gestattet und sich vortrefflich für manche optische Versuche eignet. Die Lichtstärke beträgt ca. 50 Kerzen.

Das seitliche Diaphragma (*D* Fig. 1; Fig. 3) hat die doppelte Breite, damit man die Lichtquelle auch von der andern Seite (d. h. von rechts, statt von links) auffallen lassen kann. Man dreht einfach den ganzen Apparat um  $180^\circ$  und wendet die Glasscheibe um; auch kann man die den Zuschauern abgewandte Fläche benutzen. Dieses hat den Vorteil, dass die Verzerrungen (durch die Dicke des Glaskörpers) nicht störend wirken, dagegen sind die betreffenden Halbcylinder oder Prismen u. s. w. den Augen der Zuschauer entzogen, was wiederum aus anderen Gründen nicht gut ist. Ausserdem ist das Lichtbild auf der Rückseite schwächer.

Statt der teuren Spiegelglasscheiben kann man auch dicke, beiderseits mit weissem Papier beklebte Pappscheiben nehmen, die aber auf der Drehbank rund abgedreht werden müssen. Praktischer sind schon weiss lackierte Blechscheiben mit verstärktem Rande; in beiden Fällen geht aber der grosse Vorteil der Glasscheiben: dass der Experimentator von der Rückseite aus den Gang der Lichtstrahlen verfolgen kann, verloren. Am schönsten ist die Erscheinung bei Glasscheiben, auf deren Vorderfläche eine dünne Milchglasplatte gekittet ist, die mattgeschliffen und mit den erwähnten Linien versehen, oder mit dem durchscheinenden Millimeterpapier (No. 320, von Schleicher & Schüll) in der angegebenen Weise beklebt ist. Leider sind solche Scheiben sehr teuer.

Die Ziffern am freien Rande der Glasscheibe geben direkt den Sinus der betreffenden Winkel an, wenn man den Halbmesser (100 mm) = 1 setzt. Um sie recht gross schreiben zu können, sind die Zehntel nicht als solche markiert (also 1; 2; ... statt 0,1; 0,2; 0,3 ...). Bei meinem Apparat habe ich sie mit Aluminiumpulver<sup>3)</sup> aufgetragen, doch könnte man auch die Papierscheibe grösser machen, einen Kreis von 100 mm Radius ziehen und ausserhalb der Linie die Ziffern schreiben. Durch ein hinter die Scheibe gehaltenes weisses Papier werden auch die Aluminiumziffern recht gut sichtbar.

Eine Gradteilung anzubringen halte ich für ganz überflüssig, da die Sinus der Winkel direkt abgelesen werden. Ich bin zwar der Ansicht, dass nur quantitative Versuche, d. h. Messungen, eine genaue Vorstellung von der Beziehung physikalischer Grössen geben können, halte sie aber in Mittelschulen nur dann für zulässig, wenn sie keine besonderen Rechnungen erfordern. Durch die Anwendung des in Millimeter geteilten Papierkreises ist dieser Lichtbrechungsapparat gewissermassen graduiert! Die radialen Linien und die ihre Endpunkte verbindenden Sinus-Linien sind für zusammengehörige Strahlen rot, sonst grün. So ist z. B. bei der Scheibe mit dem massiven Halbcylinder aus Crownglas der Radius rot: auf der Luftseite bei 0, 3, 6, 9, und auf der Glasseite bei 0, 2, 4, 6. Bei Sonnenlicht sieht man die rote Farbe deutlich hervorschimmern, und die Konstanz des Bruches  $\sin \alpha / \sin \beta$  ist in die Augen springend, wenn man den Strahl nach einander auf die betreffenden Linien einstellt.

Um das Reflexionsgesetz an diesem Apparat zu demonstrieren, befestigt man einen kleinen Spiegel an der ebenen Fläche des Halbcylinders (ROSENBERG). Bequem ist hierzu ein versilbertes mikroskopisches Deckglas ( $20 \times 20$  mm), welches mit weichem

<sup>3)</sup> Die Ziffern können in folgender Weise aufgetragen werden: Ein sehr feiner Pinsel wird in Bernsteinlack und dann in Aluminiumpulver getaucht und darauf auf einer Glasscherbe abgewischt. Nun schreibt man die Ziffern auf und betupft sie vermittlems eines stumpfen Pinsels mit Aluminiumpulver. Mit einem feuchten Wattebäuschchen wird das überschüssige Pulver vorsichtig abgewischt. Solange die Schrift frisch ist, kann man sie mit einem Lämpchen, das mit Terpentinöl befeuchtet ist, abwischen, oder zu dick geratene Stellen durch Abschaben korrigieren. (Silberpulver bleibt nicht blank; ebenso Goldbronze.) — Dieses Verfahren kann man auch benutzen, um auf Metall- oder polierten Holzflächen, an denen Papier-Vignetten schlecht haften, Aufschriften, Nummern u. dgl. anzubringen.



Wachs auf ein dünnes Blech geklebt ist, das etwas länger als die ebene Fläche des Halbcylinders ist. Die vorstehenden Enden (ca. 5 mm) werden so umgebogen, dass sich der Blechstreifen bequem auf den Glaskörper schieben lässt.

Bei der Demonstration der Brechung des Lichtes im Prisma ist es zweckmässig, das Prisma so zu befestigen, dass die (scharfe) brechende Kante genau im Mittelpunkt der Scheibe sich befindet und der einfallende Strahl teilweise an der Kante vorbeigeht. Sehr anschaulich ist die Doppelbrechung des Lichtes bei einem Kalkspatkrystall; ebenso die Demonstration der totalen Reflexion, deren Grenzwinkel sich gut bestimmen lässt.

Für die Demonstration des Brechungsgesetzes sind wenigstens zwei Glasscheiben (mit massivem Crownglas-Halbcylinder und Flintglasprisma) erforderlich, doch ist die Anschaffung von noch 3 Scheiben (mit dem hohlen Halbcylinder für Flüssigkeiten, Kalkspatkrystall und massivem Glaswürfel) lohnend.

Kürzlich liess ich zu meinem Apparat eine Extra-Glasscheibe anfertigen, welche einen der ebenen Kante des Halbcylinders (Fig. 1) parallelen Messingbügel von ca. 4 mm Breite trägt, welcher durch Spiralfedern an die Glasfläche gedrückt wird. Dieser Bügel ist an der unteren Fläche beledert und hat oben einen Knopf zum Anfassern. Hebt man ihn darat auf, so kann man die Glaskörper (Halbcylinder, Prisma, Würfel) bequem einstellen. Sie werden sicher gehalten und können leicht gewechselt werden, so dass man nur eine einzige Glasscheibe nötig hat, wodurch der Preis des vollständigen Apparates um etwa  $\frac{1}{3}$  ermässigt wird. — Falls nur eine Scheibe benutzt wird, ist es zweckmässig, die Linien auf beiden Seiten bei 0, 3, 6, 9 von roter Farbe zu wählen.

In Bezug auf die Höhe (Dicke) der zu verwendenden Glaskörper scheinen die Ansichten stark auseinander zu gehen. Einige geben 10 mm, Andere 40 mm an. Für Sonnenlicht genügt eine Dicke von 10 mm vollkommen, dagegen ist für einen Petroleumrundbrenner 40 mm nicht zu viel, da der einfallende Strahl keinen zu spitzen Winkel mit der Papierfläche bilden darf, wenn die Lichtlinie hell genug sein soll. Ich würde eine Höhe von 20 mm vorziehen, um in der Wahl der Lichtquelle nicht gar zu beschränkt zu sein. Für eine solche Grösse des Glaskörpers ist auch die Spaltlänge angegeben.

Der Fuss des Apparates (F Fig. 1) ist mit Blei ausgegossen und an der unteren Seite mit Tuch beklebt, um die Politur des Experimentiertisches nicht zu beschädigen. Eine solche Fussplatte stellt sich billiger als ein eiserner Dreifuss.

Die Dimensionen sind bei meinem Apparate folgende:

Durchmesser der Glasscheiben	= 240 mm <sup>4)</sup>	Grösse des Spiegels S (Fig. 4, II)	= 30 × 30 mm
Dicke der Glasscheiben	= 5–6 "	Grösse des Reflexionsspiegels	= 20 × 20 "
Halbmesser der Papierscheibe	= 100 "	Halbmesser des Halbcylinders	= 40 "
Querschnitt des Messingarmes (m)	= 5 "	Höhe " "	= 20 "
Durchmesser der Rollen ( $r_1 r_2 r_3$ )	= 13 "	(beim hohlen innen gemessen)	
" " Fussplatte (F)	= 150 "	Kantenlänge des Flintglasprismas	= 20–30 "
Länge d. Spaltes a. Diaphragma (Fig. 3)	= 65 "	Höhe " "	= 20 "
(Höhe von 0–8 mm verstellbar)		Glaswürfel, Kantenlänge	= 20 "
Länge der Spalten am Schirm	= 40 "	Länge des Messingbügels zum Befestigen der Glaskörper	= 85 "
(Höhe stellbar)		Breite	= 4 "
Länge d. Spalts bei D' (s. Fig. 4, I)	= 30 "	Höhe	= 12 "
Breite des Spalts bei D'	= 2 "		

<sup>4)</sup> Diese Grösse dürfte für Mittelschulen genügen, Für grössere Auditorien wäre ein Durchmesser von 360 mm wünschenswert; dann müsste der Halbmesser des Papierkreises 150 mm betragen. Die Dimensionen der Glaskörper sind ausreichend.

Der beschriebene Lichtbrechungsapparat ist von dem Optiker Urlaub in St. Petersburg sehr genau ausgeführt. Ausserdem wird er geliefert von den Mechanikern O. Richter in St. Petersburg, Ferd. Ernecke in Berlin, Max Kohl in Chemnitz, G. Lorenz in Chemnitz und E. Leybolds Nachfolger in Köln, von dem auch der hohle Halbcylinder (M. 12) bezogen ist. Der Preis stellt sich für 1 Scheibe mit 2 einstellbaren Glaskörpern (Halbcylinder und Prisma) auf M. 105.

## Spannungs- und Beschleunigungsmesser.

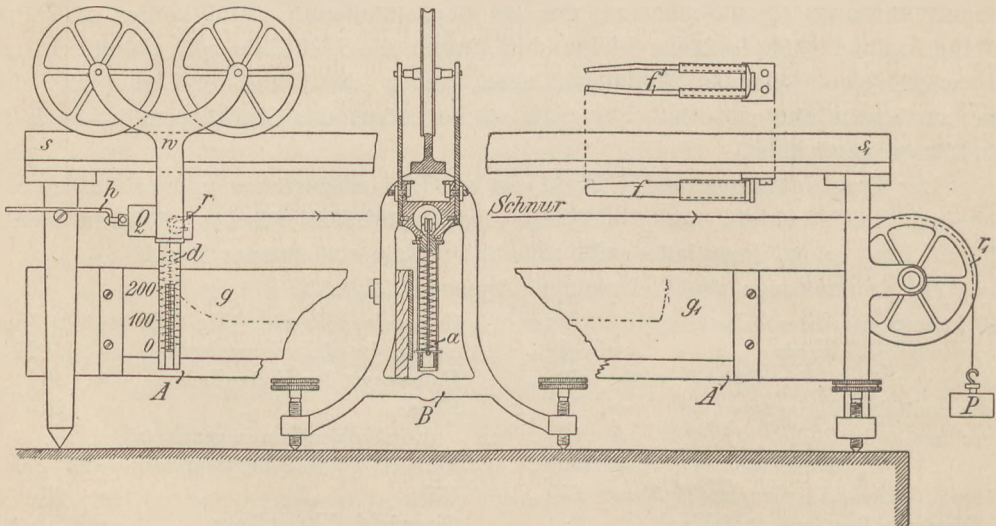
Von

K. Hrabowski, Direktor d. städt. Gewerbesaales in Berlin.

Vor einigen Jahren machte Herr Prof. Dr. Bertram in Berlin darauf aufmerksam, dass es wichtig wäre, für den Unterricht in der Mechanik einen Apparat zu construieren, mit welchem man die Spannungsänderung, die bei der beschleunigten Bewegung eintritt, zeigen könne, und zwar für die im praktischen Leben wichtigste Bewegung auf horizontaler Bahn.

Es war hierdurch die Aufgabe gestellt worden, einen Apparat zu construieren, bei welchem ein Wagen durch ein Gewicht an einer Schnur gezogen wird, und an welchem in irgend einer Weise ein Dynamometer anzubringen ist, das die Grösse der Spannung in der Schnur während der Bewegung zeigt.

Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht so leicht, als sie scheint, da noch die Praxis die Bedingung dazu stellt, dass ein solcher Apparat nur sehr wenig kosten darf, wenn der sehr beschränkte Etat der meisten Schulen seine Anschaffung gestatten soll. Erst nach verschiedenen Versuchen ist die folgende verhältnismässig sehr einfache und



billige Lösung des Spannungsmessers geglückt, die in der beistehenden Figur im Längsschnitt (A) und in der Querprojektion (B) dargestellt ist. Derselbe Apparat mit geringfügigen Ersatzteilen ist ausserdem noch geeignet, die Fallgesetze und die Gesetze verschiedener Bewegungen nachzuweisen und hat vor der gewöhnlichen Fallmaschine neben dem Vorteile grösserer Einfachheit auch noch den der graphischen Bestimmung voraus.



Der Apparat besteht aus einem Wagen  $w$ , der auf einer Schiene  $ss_1$  von 80 cm Länge sich leicht bewegen lässt und das Gewicht  $Q$  und das Dynamometer  $d$  trägt. Eine Schnur, mittels welcher der Wagen von dem Gewichte  $P$  gezogen wird, läuft über die Rollen  $rr_1$  und ist mit einem Ende der Dynamometerfeder verbunden. An demselben Ende der Dynamometerfeder befindet sich ein Schreibstift  $a$ , welcher während der Fahrt des Wagens auf einer berussten Milchglastafel  $gg_1$  eine Curve beschreibt. Der Haken  $h$  dient zum Festhalten des Wagens und die gabelförmige Feder  $f$  zum Auffangen desselben.

Wenn der Wagen festgehalten wird, so zeigt das Dynamometer die Grösse des Gewichtes  $P$  an; die Spannung in der Schnur ist also  $= P$ . Wird der Wagen losgelassen und von dem Gewicht  $P$  fortbewegt, so beschreibt der Stift  $a$  auf der Tafel eine Curve (auf der Figur strichpunktirt gezeichnet), durch deren Höhe bewiesen wird, dass die Spannung während der beschleunigten Bewegung weniger als  $P$  und zwar  $= \frac{P \cdot Q}{P + Q}$  gewesen ist.

Um die Gesetze der beschleunigten Bewegung graphisch nachzuweisen, schiebt man eine besondere Schreibfeder ein, durch welche der Schreibstift des Dynamometers ausser Wirkung gesetzt wird, und befestigt am unteren Ende des Dynamometers eine Pendellinse. Der Wagen wird durch letztere in ein „Fahrendes Pendel“ umgewandelt, welches um die Kante der Schiene  $ss_1$  in der Richtung senkrecht zur Schreibtischplatte schwingen kann. Der Auslösehaken  $h$  hat vorn an seiner Schneide eine Einkerbung; wird der Wagen aus dieser ausgelöst (in schräger Pendellage), so erfolgen während der Fahrt die Pendelschwingungen. Die Schreibfeder giebt je nach der verschiedenen Bewegung des Wagens in verschiedenen Abständen Striche auf der Glastafel an, durch deren Mitten die Bewegung des Wagens bestimmt worden ist.

Die verschiedenen Bewegungen giebt man dem Wagen auf folgende Weise:

1. Die beschleunigte Bewegung (bei der Demonstration der Fallgesetze). Durch schräge Stellung der Fahrschiene, ohne Anwendung des Zuggewichtes  $P$ . Man schiebt unter den linken Fuss der Fahrschiene einen Keil, sodass der Wagen infolge seines Eigengewichtes „fällt“ resp. herunter fährt.

2. Die beschleunigte Bewegung auf horizontaler Bahn. Man lässt ein kleines Gewicht  $P$  am Ende der Schnur wirken.

3. Die gleichmässige Bewegung und Endgeschwindigkeit. Man setzt auf horizontaler Bahn den Wagen durch ein kleines Gewicht in Bewegung und lässt nach kurzer Zeit das letztere auf einen untergelegten Gegenstand (Fussbank, Bücher) aufschlagen.

4. Die verzögerte Bewegung wird erhalten, indem man durch schräge Stellung der Fahrschiene den Wagen schwach aufwärts fahren lässt, nachdem man ihm durch kurze Wirkung eines Gewichtes  $P$  eine Anfangsgeschwindigkeit gegeben hat.

Der Spannungs- und Beschleunigungsmesser ist gesetzlich geschützt, seine Herstellung hat die Firma für Präcisionsinstrumente von Sommer & Runge in Berlin übernommen, der Preis beträgt 80 M.

# Herleitung des 1. und 3. Keplerschen Gesetzes aus dem Newtonschen Gravitationsgesetze.

Von

Prof. Dr. H. Püning in Münster i. W.

In keinem elementaren Lehrbuche der Physik findet sich meines Wissens eine Herleitung des 1. KEPLERSCHEN Gesetzes aus dem NEWTONSCHEN, sowie eine Begründung des 3. Gesetzes bei Annahme elliptischer Bahnen. Es hat dies seinen Grund wohl darin, dass die bisher bekannten Ableitungen für den Schüler noch zu schwierig und weitläufig waren. Unter diesen Umständen möchte die folgende Herleitung von Interesse sein.

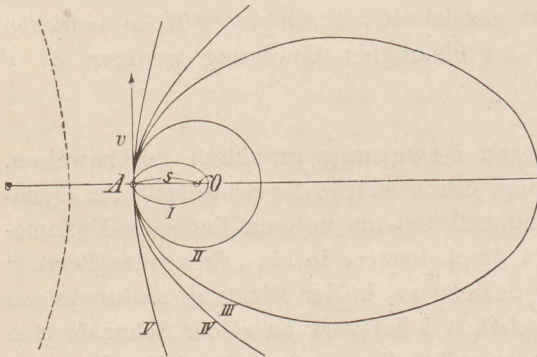


Fig. 1.

Es fragt sich zunächst, woran erkennt man eine Ellipse? Verbindet man (Fig. 1) einen Punkt A der Ellipse mit beiden Brennpunkten und errichtet auf der durch A gezogenen Tangente die Senkrechte, so halbiert diese den von den Brennstrahlen gebildeten Winkel. Nach dem Cosinussatze ist nun:

$$\begin{aligned} (2e)^2 &= r^2 + r_1^2 - 2rr_1 \cos 2\varphi = \\ &= (r + r_1)^2 - 4rr_1 (1 + \cos 2\varphi); \\ 4e^2 &= (r + r_1)^2 - 4rr_1 \cos^2 \varphi; \\ 4e^2 &= 4a^2 - 4rr_1 \cos^2 \varphi; \\ rr_1 \cos^2 \varphi &= b^2; \quad r(2a - r) \cos^2 \varphi = b^2; \\ r^2 - 2ar &= -\frac{b^2}{\cos^2 \varphi} \dots \dots (1) \end{aligned}$$

Diese Beziehung zwischen  $r$  und  $\varphi$  ist charakteristisch für die Ellipse<sup>1)</sup>.

Ein Planet besitze nun im Punkte A (Fig. 2) die Geschwindigkeit  $v$ , deren Richtung mit der Verbindungslinie  $s$  zum Sonnenmittelpunkte  $O$  den Winkel  $\varphi$  bilde. Der Planet möge sich der Sonne zunächst nähern und in  $D$  die Geschwindigkeit  $v_1$  besitzen, deren

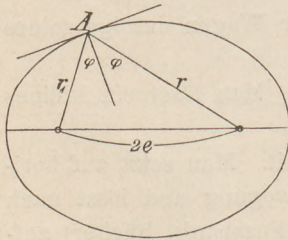


Fig. 2.

Normale mit dem Radiusvektor  $r$  den Winkel  $\varphi$  bilde. Wir denken uns jetzt den Raum um die Sonne durch zahlreiche Kugelflächen, deren Centrum im Sonnenmittelpunkte liegt, in Schichten von sehr geringer, aber gleicher Dicke  $h$  geteilt. Alle diese Kugelflächen sind Niveauflächen in bezug auf die Anziehungskraft der Sonne. Bewegt der Planet sich über einer solchen Fläche, so bleibt seine Geschwindigkeit unverändert. Nähert er sich aber, wie angenommen, der Sonne, so durchquert er die Schichten; dabei wächst seine Geschwindigkeit in jeder Schicht nach demselben Gesetze, wie die Geschwindigkeit eines geworfenen

Körpers wächst, der im absteigenden Aste seiner Bahn eine bestimmte Horizontalschicht durchkreuzt. In diesem Falle gilt, wenn ein Körper mit der Geschwindigkeit  $v$  in eine Schicht von der Höhe  $h$  eintritt, mit der Geschwindigkeit  $v_1$  austritt, bekanntlich die Gleichung

$$v_1^2 - v^2 = 2gh.$$

Durchkreuzt der Planet demnach eine Schicht zwischen zwei benachbarten Niveauflächen, so erfährt das Quadrat seiner Geschwindigkeit den Zuwachs  $2g_1 h$ , wenn  $h$  die Dicke

<sup>1)</sup> Bei negativem  $b^2$ , gilt, wie sich ähnlich nachweisen lässt, dieselbe Gleichung für einen Hyperbelzweig. Für  $a = \infty$ ,  $b^2 = \infty$  ist die Gleichung zunächst bedeutungslos; dividiert man aber durch  $a$  und setzt  $b^2/a = p$ , so erhält man für  $a = \infty$  die für die Parabel charakteristische Beziehung  $2r = p/\cos^2 \varphi$ . Übrigens wird der Lehrer beim Unterrichte vielleicht gut thun, die dargelegten Verhältnisse etwas näher zu beleuchten.



der Schicht und  $g_1$  die dort wirksame Centripetalbeschleunigung ist. Auf dem längeren Wege von  $A$  bis  $D$  beträgt für den Planeten der Zuwachs des Quadrates der Geschwindigkeit demnach

$$v_n^2 - v^2 = 2hg_1 + 2hg_2 + 2hg_3 \dots = 2h(g_1 + g_2 + g_3 + \dots).$$

Ist die von der Sonne auf den Planeten ausgeübte Beschleunigung im Abstände 1 gleich  $\gamma$ , so ist sie im Abstände  $s$  gleich  $\gamma/s^2$ , im Abstände  $s-h$  gleich  $\gamma/(s-h)^2$ . Die Beschleunigung innerhalb der ersten Schicht können wir nun gleich dem geometrischen Mittel aus den an den Grenzflächen geltenden Beschleunigungen setzen, mithin gleich  $\gamma/s(s-h)$ . Ebenso würde die Beschleunigung in der zweiten Schicht  $\gamma/(s-h)(s-2h)$  sein u. s. w. In der vorletzten Schicht vor  $D$  wäre die Beschleunigung  $\gamma/(r+2h)(r+h)$ , in der letzten  $\gamma/(r+h)r$ . Setzen wir diese Werte in die obige Gleichung ein, so ergibt sich<sup>2)</sup>

$$\begin{aligned} v_n^2 - v^2 &= 2h\gamma \left( \frac{1}{s(s-h)} + \frac{1}{(s-h)(s-2h)} + \dots + \frac{1}{(r+2h)(r+h)} + \frac{1}{(r+h)r} \right) \\ &= 2h\gamma \cdot \frac{1}{h} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \right) \\ &= 2\gamma \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \right). \end{aligned}$$

Führt man an Stelle von  $\gamma$  die im Punkte  $A$  geltende Beschleunigung, welche  $G$  sei, ein, wobei dann  $\gamma = s^2 G$  ist, so nimmt die Gleichung die Form an

$$v_n^2 - v^2 = 2G s^2 \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Das 2. KEPPLERSCHE GESETZ (der Flächensatz) liefert uns die weitere Gleichung:  $v s \sin \varphi = v_n r \cos \varphi$ , oder

$$v_n = \frac{v s \sin \varphi}{r \cos \varphi} \dots \dots \dots (3)$$

Durch Einsetzen dieses Wertes in (2) erhält man

$$\frac{v^2 s^2 \sin^2 \varphi}{r^2 \cos^2 \varphi} - v^2 = 2G s^2 \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \right)$$

oder nach einiger Umformung

$$r^2 - \frac{2G s^2 \cdot r}{2G s - v^2} = - \frac{v^2 s^2 \sin^2 \varphi}{(2G s - v^2) \cos^2 \varphi} \dots \dots \dots (4)$$

Der Vergleich von (4) mit (1) ergibt, dass die Bahn des Planeten eine Ellipse ist, deren Halbachsen sind

$$a = \frac{G s^2}{2G s - v^2} \text{ und } b = \frac{v s \sin \varphi}{\sqrt{2G s - v^2}}.$$

Folgerungen: 1. Je nachdem  $v^2 \begin{cases} < \\ > \end{cases} 2G s$  ist, wird die grosse Achse positiv, unendlich oder negativ, die kleine Achse endlich, unendlich oder imaginär, d. h. die Bahn des Körpers ist eine wirkliche Ellipse, oder eine Parabel oder Hyperbel.

<sup>2)</sup> Die Richtigkeit der in der zweitfolgenden Zeile vorgenommenen Reduktion möge an einem Zahlenbeispiel erläutert werden. Die Nenner der folgenden Bruchreihe bilden eine arithmetische Progression; das 2. Mal sind alle Brüche um eine Stelle verschoben; es wird gliedweise subtrahiert, wobei das Ergebnis natürlich Null ist.

$$\begin{array}{cccccc} & \frac{1}{5} & + & \frac{1}{8} & + & \frac{1}{11} & + & \frac{1}{14} & + & \frac{1}{17} \\ \frac{1}{5} & + & \frac{1}{8} & + & \frac{1}{11} & + & \frac{1}{14} & + & \frac{1}{17} & \\ \hline -\frac{1}{5} & + & \frac{3}{5 \cdot 8} & + & \frac{3}{8 \cdot 11} & + & \frac{3}{11 \cdot 14} & + & \frac{3}{14 \cdot 17} & + & \frac{1}{17} & = & 0 \\ \hline & \frac{1}{5 \cdot 8} & + & \frac{1}{8 \cdot 11} & + & \frac{1}{11 \cdot 14} & + & \frac{1}{14 \cdot 17} & = & \frac{1}{3} \left( \frac{1}{5} - \frac{1}{17} \right). \end{array}$$

Letztere für jede ähnliche Reihe geltende Beziehung kann selbstverständlich auch unter Benutzung allgemeiner Zahlen bewiesen werden.

2. Die Länge der grossen Achse ist in jedem Falle unabhängig von Winkel  $\vartheta$ , also von der Richtung der Anfangsgeschwindigkeit.
3. Die kleine Achse variiert dagegen proportional  $\sin \vartheta$ .
4. Entsteht eine Ellipse, so ist ihr Inhalt

$$J = ab \pi = \frac{G v s^3 \sin \vartheta \cdot \pi}{\sqrt{(2Gs - v^2)^3}}$$

5. Da bei beginnender Bewegung in der ersten Zeiteinheit (der 1. Sek.) der Radiusvektor die Fläche  $\frac{1}{2} s v \sin \vartheta$  beschreibt, und dies auch für alle folgenden Sekunden gilt, so erhalten wir die Zahl der Sekunden des Umlaufes oder kurz die Umlaufszeit  $t$  nach der Formel

$$t = J : \frac{1}{2} s v \sin \vartheta = \frac{2 G s^2 \pi}{\sqrt{(2Gs - v^2)^3}},$$

also

$$t^2 = \frac{4 G^2 s^4 \pi^2}{(2Gs - v^2)^3} = \left( \frac{Gs^2}{2Gs - v^2} \right)^3 \cdot \frac{4 \pi^2}{Gs^2} = a^3 \cdot \frac{4 \pi^2}{Gs^2} = a^3 \cdot \frac{4 \pi^2}{\gamma},$$

wenn  $\gamma$  wieder die Centripetalbeschleunigung im Abstände 1 bedeutet. Die letzterhaltene Gleichung ist der genaue Ausdruck des 3. KEPLERSCHEN Gesetzes.

6. Da die Umlaufszeit mithin lediglich von der grossen Achse der Ellipse abhängt, so ist sie, ebenso wie diese, unabhängig vom Winkel  $\vartheta$ , d. h. von der Anfangsrichtung des um die Sonne kreisenden Körpers.

7. Erfährt ein um die Sonne kreisender Planet in einem Punkte seiner Bahn eine Richtungsveränderung ohne gleichzeitige Änderung seiner Geschwindigkeit, so bleibt die Länge der grossen Achse sowie die Umlaufszeit dieselbe.

8. Die denkbar gestreckteste Ellipse, die ein Planet durch Richtungsänderung annehmen kann, nähert sich einer geraden Linie, die vom Sonnenmittelpunkte ausgehend die Länge  $2a$  hat. Daraus folgt:

9. Ein Planet besitzt in jedem Punkte seiner Bahn eine Geschwindigkeit, die, wenn sie in eine von der Sonne abgekehrte verwandelt würde, den Planeten bis in eine Entfernung von der Sonne triebe, die der grossen Achse gleich ist.

Oder: Beschreibt man mit der grossen Achse einer Planetenbahn einen Kreis um die Sonne und lässt von diesem Kreise Körper auf die Sonne stürzen, so durchkreuzen alle die Planetenbahn mit einer Geschwindigkeit, die der Geschwindigkeit des Planeten an den betreffenden Kreuzungspunkten gleich ist. Dabei ist die Fallzeit der Körper gleich der halben Umlaufszeit des Planeten.

Zum Schluss füge ich hinzu, dass es für den Schüler von Interesse sein wird, die bei gegebener Anfangsgeschwindigkeit  $v$  entstehenden Bahnen zu zeichnen. Zu diesem Zwecke wählt man am besten den Fall, dass die Anfangsrichtung senkrecht zu  $AO$  steht. Bei einer gewissen Geschwindigkeit  $c$  wird sich dann ein Kreis ergeben, wenn nämlich  $G = c^2/s$ . Durch Einführung von  $c$  gewinnt man für die grosse Achse den Ausdruck

$$AB = \frac{s}{1 - \frac{1}{2} \left( \frac{v}{c} \right)^2}.$$

Setzt man der Reihe nach  $v = \frac{1}{2}c$ ,  $v = c$ ,  $v = 1,3c$ ,  $v = c\sqrt{2}$ ,  $v = 2c$ , so wird  $AB = 1\frac{1}{7}s$ ,  $AB = 2c$ ,  $AB = 6,45s$ ,  $AB = \infty$ ,  $AB = -s$ . Die Fig. 3 gibt uns ein Bild der betreffenden fünf Kegelschnitte.

Übrigens lässt sich auch für beliebige Anfangsrichtungen die Curve leicht construieren. Man erhält nämlich den 2. Brennpunkt, indem man (Fig. 2) von  $O$  aus über  $OA$  eine Strecke gleich der grossen Achse abträgt und von ihrem Endpunkte auf die Anfangsrichtung die Senkrechte fällt, die man dann um sich selbst verlängert.

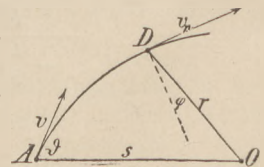


Fig. 3.



## Physikalische Aufgaben.

### Denkaufgaben.

1. Eine verschlossene Kochflasche samt einer am Boden derselben sitzenden Fliege ist auf der Wage äquilibrirt. Die Fliege erhebt sich und erhält sich in der Mitte der Kochflasche schwebend. Wie verhält sich hierbei die Wage?

2. Könnte an dem Verhalten der Wage eine Änderung eintreten, wenn die Kochflasche offen wäre?

3. Die Fliege werde durch ein Stückchen Eisen ersetzt und die Flasche sei von einer cylindrischen Drahtspule mit vertikaler Axe umgeben, welche die Beweglichkeit der Wage und Flasche nicht hindert. Bei Durchleitung eines galvanischen Stromes durch die Spule erhebt sich das Eisen und bleibt etwas unter der Mitte der Spule schweben. Wie verhält sich nun die Wage? Worin besteht der Unterschied der Fälle 3 und 1? Durch welche geringe Modifikation lässt sich 3 auf 1 zurückführen?

4. R. MAYER (*Mechanik der Wärme 1867, S. 122 u. ff.*) sagt: „Die Anstrengung darf nicht verwechselt werden mit der Leistung. Zu einer Leistung ist durchaus erforderlich, dass die eigene oder fremde Last wirklich in die Höhe gehoben oder fortbewegt werde. . . . Um ein Gewicht freischwebend zu erhalten, dazu ist weder der Tierorganismus noch die Dampfmaschine das geeignete Instrument; die besten Dienste leistet hier ein hänfener Strick. Suum cuique.“

MAYER hat Unrecht, die gestreifte Frage durch einen Witz zu umgehen. Es giebt Fälle, in welchen die Untersuchung des Arbeitsaufwandes, mit welchem ein Gewicht schwebend erhalten wird, unvermeidlich ist. Man denke sich als einfachen Fall ein Gewicht  $P$  an einem gleichmässig mit der Geschwindigkeit  $v$  vertikal aufwärts bewegten Drahtseil. Der Reibungswiderstand sei proportional der Relativgeschwindigkeit zwischen Gewicht und Seil, und die Bewegung erfolge so, dass  $P$  an Ort und Stelle bleibt, dass also  $P = kv$ . In welcher Weise hängt hier die Arbeit in der Zeiteinheit von  $k, v$  ab? Was wird aus dieser Arbeit?

Ein analoger Fall ist der eines schwebenden Vogels oder jener einer durch einen abwärts eingeleiteten gleichmässigen Luftstrom schwebenden Luftschraube.

Mit welcher Arbeit wird ein Eisenkern in einer durchströmten Spule schwebend erhalten? Wovon hängt der Wert dieser Arbeit ab?

Man denke sich einen Vogel vom Gewicht  $P$  durch die Zeit  $\tau$  fallend und hierauf mit dem Aufwande der Kraft  $2P$  durch dieselbe Zeit  $\tau$  wieder steigend. Wie hängt bei Fortsetzung dieses periodischen Prozesses die mittlere Arbeit in der Zeiteinheit von dem Intervall  $\tau$  ab?

E. Mach.

5. *Mechanisches Paradoxon.* Bekanntlich kann ein System durch innere Kräfte die Geschwindigkeit seines Schwerpunktes nicht ändern. Scheinbar in Widerspruch hiermit steht folgender Fall.

Zwei vollkommen elastische Massenpunkte, die einander in der Richtung der Verbindungslinie anziehen, sind gezwungen (ohne Reibung) auf einer Parabel sich zu bewegen. Sie werden oscillierend gegen einander und wieder aus einander fallen. Durch Zerlegung der Kräfte in je eine Normalcomponente und eine Tangentialcomponente findet man aber, dass immer derjenige Punkt in der Richtung der Bahn die grössere Kraft erleidet, welcher auf einem krummeren Teil der Bahn liegt. Daraus folgt, dass das Zweipunktsystem, wenn es auf einem Parabelarm sitzt, mit beschleunigter Geschwindigkeit dem Pol der Parabel zueilen wird, obgleich man keine äussere beschleunigende Kraft sieht. Seiner Trägheit zufolge geht es dann auf den zweiten Ast über und oscillirt so um den Pol, obgleich dort keine Kraft sitzt.

Sobald man den Widerstand der Bahn in Rechnung zieht, findet man die äussere Kraft; die Untersuchung ist aber ziemlich subtil.

K. Fuchs, Pancsova.



6. Wie ist es zu erklären, dass die Schrotkörner nach dem Schusse in der Regel deformiert erscheinen?

Gewöhnlich wird dies dadurch erklärt, dass die Körner in der Luft einander treffen; die hinteren Körner fahren in die vorderen, die durch den Luftwiderstand an Geschwindigkeit verloren haben. Diese Theorie ist ganz unhaltbar. Die Ursache der Deformationen ist wohl folgende: Sobald das Pulver entzündet ist, erhalten die schweren Körner in überaus kurzer Zeit eine überaus grosse Geschwindigkeit. Daraus folgt, dass jedes Korn durch die hinter ihm liegenden Körner in dieser kurzen Zeit einen sehr grossen Druck erleidet, daher die Deformationen. — Diese Deformationen lassen sich als Beispiel für das Gesetz  $mv = pt$  im Unterrichte anführen.

K. Fuchs, Pancsova.

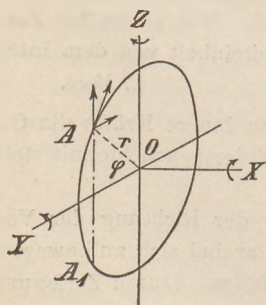
7. Beim Abwickeln älterer Induktionsrollen findet man den feinen Draht sehr brüchig; was mag die Ursache sein?

Antwort: Da die Seidenhülle meist noch sehr zähe ist, so ist die Brüchigkeit des Drahtes hauptsächlich eine Folge des Durchganges hochgespannter Wechselströme. W. Weiler.

8. Auf stark betauten Wiesen beobachtet man in klaren Morgen- und Abendstunden, dass der Kopfschatten des Beobachters von einem lichten Glorienschein umgeben ist, dessen Glanz mit der Entfernung vom Kopfschatten allmählich abnimmt. Von mehreren Personen, die nicht absichtlich die Köpfe zusammenhalten, erblickt jeder nur den Glorienschein um den Schatten des eigenen Kopfes. Die Beobachtung gelingt am besten bei möglichst dichtem und gleichmässigem Graswuchs, wie auch bei andersartigem dichten und niederen Pflanzenwuchs, ja die Wirkung wird fast zum Silberglanz gesteigert, wenn die Blätter der Pflanzen wollig oder filzig behaart sind. (Man vergleiche auch *Goethes Benvenuto Cellini*, Anhang, Kap. 12.)

Für diese Erscheinung giebt E. Lommel folgende Erklärung: Jeder Tautropfen erzeugt auf dem Blatte, über welchem er, weiss von zarten Härchen getragen, abgerundet schwebt, ein unvollkommenes Sonnenbildchen; dieses sendet seine Strahlen als zerstreutes Licht gegen den Tropfen zurück und durch ihn hindurch in das Auge des Beobachters. Dabei wird aber die wirksamste und kräftigste Reflexion in der Richtung erfolgen, aus der die Sonnenstrahlen kommen, also ungefähr auf den Kopf des Beobachters zu. Worin liegt die Bestätigung für diese Erklärung? —

9. Es ist das Drehmoment, welches ein Kreisel beim Verdrehen seiner Achse um eine zu letzterer senkrechte Achse hervorruft, in elementarer Weise zu berechnen.



Die Winkelgeschwindigkeit des Kreisels sei  $w$ . Ein Massenteilchen  $m$ , das bei der Rotation einen Kreis mit dem Radius  $r$  beschreibt, befindet sich momentan im Punkte  $A$ . Von seiner Geschwindigkeit  $rw$  wird durch eine Verdrehung des Kreisels um die  $z$ -Achse nur die zu letzterer senkrechte Komponente  $= rw \sin \varphi$  ihrer Richtung nach abgeändert. Ist  $d\alpha$  der kleine Winkel, um welchen in der Zeit  $dt$  die Kreiselachse verdreht wird, so liefert die ursprüngliche Geschwindigkeit  $rw \sin \varphi$  die Komponente  $rw \sin \varphi \cdot \cos(d\alpha)$  in die neue Rotationsebene und die Komponente  $rw \sin \varphi \cdot d\alpha$  senkrecht zur Kreiselebene. Ebenso ergeben sich symmetrisch unter der  $xy$ -Ebene in  $A_1$  zwei Komponenten.

Mit der in der neuen Lage der Kreiselebene gelegenen Komponente rotiert das Massenteilchen weiter. Die zur Rotationsebene senkrechten Geschwindigkeiten in  $A$  und  $A_1$  welche gleich gross, aber entgegengesetzt gerichtet sind, rufen ein Kräftepaar hervor, dessen Achse die negative  $Y$ -Richtung und dessen Moment

ist.

$$m \cdot \frac{rw \sin \varphi d\alpha}{dt} \cdot A A_1 = 2 m r^2 \sin^2 \varphi w \frac{d\alpha}{dt}$$

Summiert man über einen gleichmässig mit Masse besetzten Ring vom Radius  $r$ , so hat man für  $m$  einzusetzen  $\mu r d\varphi$ , wo  $\mu$  die Masse der Längeneinheit ist, und für  $\varphi$  von  $\theta$  bis  $\pi$



zu integrieren. Man erhält

$$2 \mu r^3 w \frac{d\alpha}{dt} \int_0^{\pi} \sin^2 \varphi d\varphi = \frac{1}{2} \cdot 2 r \mu \pi \cdot r^2 \cdot w \cdot \frac{d\alpha}{dt}$$

oder da  $\frac{1}{2} Mr^2$  das Trägheitsmoment  $T$  des Ringes bezüglich seines Durchmessers ist, mit  $M$  die Masse des ganzen Ringes bezeichnet,

$$T \cdot w \cdot \frac{d\alpha}{dt}.$$

Die Integration über eine gleichmässig mit Masse belegte Scheibe (Kreisfläche) ergibt bei der Flächendichte  $\mu$

$$\mu \pi w \frac{d\alpha}{dt} \int_0^R r^3 dr = R^2 \pi \mu \cdot \frac{R^2}{4} \cdot w \cdot \frac{d\alpha}{dt} = T \cdot w \cdot \frac{d\alpha}{dt},$$

da  $R^2 \pi \mu \cdot \frac{R^2}{4}$  das Trägheitsmoment  $T$  der Scheibe bezüglich eines Durchmessers ist.

Insofern der Kreisel immer eine Rotationsfigur ist, gilt daher der Ausdruck  $T \cdot w \cdot \frac{d\alpha}{dt}$ , wo  $T$  das Trägheitsmoment bezüglich einer durch die Kreiselachse gelegten Ebene ist, allgemein.

J. Wanka, Fiume.

## Kleine Mitteilungen.

### Über Nebenapparate zum Standfestigkeitsapparate.

Von Professor Dr. K. Haas in Wien.

Um die Bedingungen für die Standfestigkeit gesondert und unabhängig von einander demonstrieren zu können, habe ich zu den gebräuchlichen Standfestigkeitsapparaten (Frick, Physikalische Technik, 4. Aufl., S. 91; Frick-Lehmann, Physikalische Technik, 6. Aufl., S. 164; Weinhold, Physikalische Demonstrationen, S. 82) folgende Nebenvorrichtungen construieren lassen:

1. Ein Holzprisma (Fig. 1), dessen Querschnitt ein rechtwinkliges, gleichschenkliges Dreieck ist. Senkrecht zu diesem Querschnitt und symmetrisch zur Hypotenusenhöhe sind in dasselbe zwei kreisrunde Löcher gebohrt, welche durch einen Cylinder aus Messing oder Blei ausgefüllt werden können. Zum Umkanten wird die Kante verwendet, die im Scheitel des rechten Winkels auf dem erwähnten Querschnitt normal steht. Es leuchtet sofort ein, dass, falls der Cylinder einmal in das eine, dann in das andere Loch gesteckt wird, in beiden Fällen sowohl die Masse des umzuwerfenden Körpers, als auch der Abstand des Schwerpunktes vor der Umdrehungskante dieselben bleiben, während hingegen der Abstand des Schwerpunktes von der Unterstützungsfläche geändert wird.

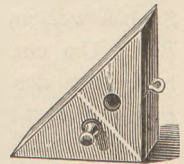


Fig. 1.

2. Ein Prisma von oblongem Querschnitt (Fig. 2) mit symmetrisch zur Vertikalsymmetrie-Ebene gebohrten Löchern, in welche wieder ein Metallcylinder passt. Falls dieser einmal in das eine, dann in das andere Loch gesteckt wird, so bleibt in beiden Fällen die Masse des Körpers, sowie der Abstand des Schwerpunktes von der Unterstützungsfläche ungeändert, wohl aber ist der Abstand des Schwerpunktes von der Umdrehungskante in den beiden Fällen verschieden.

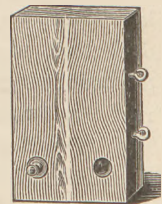


Fig. 2.

3. Ein Holzrahmen von oblongem Querschnitt (Fig. 3), in welchen ein Bleiprisma eingepasst werden kann. Wird der Rahmen einmal mit der Füllung, das anderemal ohne dieselbe genommen, so ist die Masse in beiden Fällen verschieden, die Lage des Schwerpunktes hingegen bleibt in beiden Fällen dieselbe.

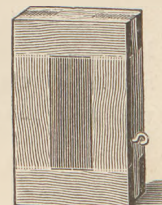


Fig. 3.

Angefertigt wurden die Apparate bei der Firma Alois Pichlers Witwe & Sohn. Wien.

**Für die Praxis.**

**Volumänderung des Wassers.** Von **F. Harbordt** in Strassburg i. E. Um die Volumänderung des Wassers zu zeigen, habe ich von dem hiesigen Glastechniker Meschenmoser ein Aräometer anfertigen lassen mit einer flachen Glasspindel, in der eine Papierscala befestigt ist. Die letztere zeigt auf der einen Seite die Grösse des eingetauchten Volumens in Bruchtheilen des bei  $0^{\circ}$  C. in destilliertem Wasser eingetauchten Volumens; die Teilstriche auf der anderen Seite ergeben die Temperatur des destillierten Wassers, in dem das Aräometer bis zu der betreffenden Stelle einsinkt. Die Volumeinteilung habe ich durch Anhängen kleiner Gewichte bei niedriger Temperatur leicht finden können; die Temperaturscala macht mehr Mühe, da das Wasser jedesmal wieder sorgfältig auf einheitliche Temperatur gebracht werden muss. Ebenso wie das Wasser in einem Dilatometer im Widerspruch mit manchen Lehrbüchern nicht bei  $4^{\circ}$  C., sondern bei  $6^{\circ}$  C. den tiefsten Stand hat, weil von  $4$  bis  $6^{\circ}$  C. die Ausdehnung des Glases die des Wassers überwiegt, zeigt natürlich auch das Aräometer den höchsten Stand bei  $6^{\circ}$  C.; die Stellung bei  $0^{\circ}$  wird erst bei  $12^{\circ}$  wieder erreicht. Stellt man das durch das Dilatometer oder Aräometer angegebene scheinbare Volumen graphisch dar und ebenso die entsprechenden Glasvolumina, indem man von einem gleichen Volum etwa bei  $0^{\circ}$  ausgeht und die Temperaturen als Abscissen abträgt, so ergibt die Addition der Ordinaten leicht die Kurve für die wahre Volumänderung des Wassers mit der Temperatur. Bringt man das schwimmende Aräometer an einem Frosttage, nachdem es vor dem Fenster die Temperatur von  $0^{\circ}$  angenommen hat, in das geheizte Auditorium, so steigt es zunächst um fast 3 cm, um nachher oberhalb  $6^{\circ}$  immer stärker zu sinken. Eine ringförmige rote Marke am Körper des Aräometers, die einem um das Wassergefäss gebundenen Faden entspricht, macht die Bewegungen des Schwimmers weithin bequem sichtbar.

**Das gewöhnliche Mikroskop als Sonnenmikroskop.** Von **Dr. Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H. Jedes Mikroskop kann in einem verdunkelten und mit Uhrheliostaten ausgerüsteten Zimmer ohne weiteres als Sonnenmikroskop verwendet werden. Es ist nur noch eine Sammellinse erforderlich, um das Bündel Sonnenstrahlen direkt oder mit dem Beleuchtungsspiegel auf das Objekt zu concentriren. Man kann nun entweder unter Fortlassung des Oculars das vom Objektiv allein erzeugte umgekehrte Bild auf einen Schirm werfen, oder das mit dem Ocular wieder aufrecht gemachte, weit stärker vergrösserte Bild. Um ein grösseres Gesichtsfeld zu erhalten, wählt man kein starkes Objektiv. Ich bevorzuge das mittlere Objektiv und das schwächste Ocular unseres Mikroskops, welche bei gewöhnlichem Gebrauch eine 90fache Vergrösserung geben. Dann ist mit Ocular in 1 m Schirmabstand das Bild 400mal vergrössert, ohne Ocular 90mal. Die Bilder sind fast ebenso scharf, wie diejenigen beim gewöhnlichen Beobachten.

Wenn es bei Demonstrationen auf die Beobachtung feiner Einzelheiten nicht ankommt, ist es das bequemste, das Bild bei aufrechter Stellung des Mikroskopes unter die Zimmerdecke zu werfen. Im entgegengesetzten Falle befestigt man das Mikroskop mit einer Schraubzwinge in wagerechter Lage auf einem Tischchen und kann dann das Bild hervorgerufen, wo man will, z. B. mitten zwischen den Schülern.

Die Einschaltung eines Glaskastens mit Alaunlösung zur Milderung der Wärmewirkung ist nicht erforderlich, wenn man den Focus nicht genau auf das Objekt, sondern etwas davor oder hinter bringt. Ausserdem schützt der Objektträger durch Wärmeableitung das Präparat vor dem Verbrennen.

**Löten von Blei.** Von **W. Weiler**. Blei lässt sich mit dem LötKolben oder der Lötlanpe verbinden, wenn man zwischen die blank geschabten Enden eine dünne Schichte Bleiamalgam bringt; das Quecksilber verflüchtigt sich unter dem Kolben oder durch die Flamme und man hat eine reine Bleiverbindung.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Schematische dynamoelektrische Maschinen.** H. HAMMERL (*Progr. d. k. k. Oberrealschule in Innsbruck 1895*) hat die schematische dynamoelektrische Maschine, welche L. Pfaundler aus Pappe hergestellt und 1883 auf der elektrischen Ausstellung zu Wien vorgezeigt hat, so abgeändert, dass man den Verlauf der Ströme im Grammeschen Ringe, nicht nur wenn Gleichstrom, sondern auch wenn mittels Schleifringe einphasige, zwei- oder dreiphasige Wechselströme entnommen werden, anschaulich sichtbar machen kann.

Der eine Apparat<sup>1)</sup> besteht aus einem lotrecht stehenden Brett mit einem kreisförmigen Ausschnitt von 40 cm Durchmesser, in welchem eine 5 mm dicke Glasscheibe eingesetzt ist. Diese feststehende Scheibe trägt in der Mitte eine Achse, auf der eine gleich grosse Glasscheibe sitzt, welche mit der Hand in langsame Drehung versetzt werden kann. Neben der beweglichen Scheibe befinden sich rechts und links die aus Holz oder Pappe gefertigten Polschuhe eines Hufeisenmagneten, von denen der eine blau und der andere rot bemalt ist. Ferner sind auf der Vorderseite des Brettes noch Drähte mit Bürsten angebracht, um die verschiedenen Arten der Stromabnahme andeuten zu können. Auf der beweglichen Scheibe wird eine Cartonscheibe mit der Zeichnung des Grammeschen Ringes befestigt. Die Windungen, die Leitungen und die Kollektoren sind herausgeschnitten und der ganze Carton auf der Rückseite mit Seidenpapier beklebt, so dass die Ausschnitte, wenn sie von rückwärts beleuchtet werden, deutlich sichtbar sind. Auf die Rückseite der feststehenden Scheibe werden zweckmässig ausgeschnittene schwarze Cartonscheiben aufgesetzt, welche die durchsichtigen Teile des beweglichen Cartons zum Teil verdecken und so von einander getrennte Lichtpunkte erzeugen, welche bei der Drehung der beweglichen Scheibe sich verschieben und den Verlauf der Ströme weithin sichtbar machen. Damit gleichzeitig die vordere Ansicht der beweglichen Scheibe zu sehen ist, muss die Beleuchtung derartig eingerichtet werden,

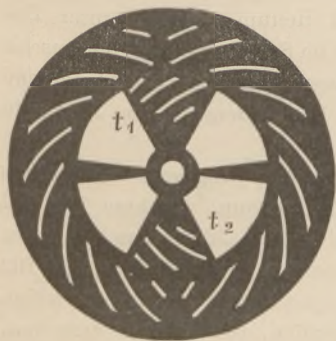


Fig. 1.

dass die hinter dem Apparat befindliche Lichtquelle bedeutend stärker ist als die, welche den Apparat von vorne beleuchtet. Indem man auf den Glasscheiben geeignete Cartonscheiben befestigt, kann man den Verlauf der Ströme im Grammeschen Ring bei Gleichstrom (Fig. 1 u. 2) und bei ein-, zwei- und dreiphasigem Wechselstrom zeigen.

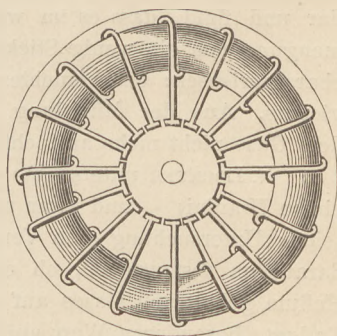


Fig. 2.

Zur Erklärung des Gleichstrom- und Wechselstrommotors dient ein anderer Apparat: Auf einem Brett ist eine lotrechte Metallplatte befestigt, welche einen Metallbogen mit einer Nut trägt, in die eine 5 mm dicke Glasscheibe von 40 cm Durchmesser eingeschoben wird. Diese feststehende Scheibe trägt in der Mitte eine Drehvorrichtung für zwei bewegliche Glasscheiben, die gestattet, jede Scheibe für sich um eine wagerechte Achse zu drehen. Auf der festen Scheibe werden schwarze Cartonscheiben mit geeigneten Ausschnitten befestigt, um die Lichtpunkte herzustellen. An vier Stellen dieser Scheibe können Hülsen aufgesteckt werden, die zur Aufnahme von beweglichen Drähten mit Bürsten dienen, um damit die Art der Stromabnahme andeuten zu können. Auf die vordere durchsichtige bewegliche Glasscheibe werden Cartonscheiben mit Zeichnungen des Grammeschen Ringes befestigt, bei denen wiederum die Windungen u. s. w. durchsichtig gemacht sind. In die hintere beweg-

<sup>1)</sup> Die Vervielfältigung hat die Firma Lenoir & Forster, Wien N., Waaggasse 5, übernommen.  
u. IX.

liche Glasscheibe ist ein farbiger Ring eingebrannt. Die eine Hälfte ist rot, die andere blau; die Farben sind in den Mitten der Halbringe möglichst gesättigt und tönen sich gegen die Trennungslinien fast bis zur Farblosigkeit ab. Diese Scheibe hat den Zweck, den magnetischen Zustand des Ringes anzugeben. In zwei Schlitzte des Fussbrettes können zwei Brettchen, ein blaues und ein rotes, eingeschoben werden, welche die Polschuhe des Magneten darstellen. Indem man auf die Glasscheiben geeignete Cartonscheiben befestigt, kann man das Wesen des Gleichstrommotors und des Drehstrommotors bei zwei- und dreiphasigen Wechselströmen anschaulich erklären.

H.-M.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die Untersuchungen über das terrestrische Helium.** Von W. RAMSAY, N. LOCKYER, DESLANDRES, C. RUNGE und F. PASCHEN u. A. Bereits Ende März 1895 teilte W. RAMSAY der Royal Society das Resultat einer Untersuchung mit, die er an dem Mineral Cleveit — einer Varietät des Uraninits — angestellt hatte. Das genannte Mineral enthält etwa 2,5 % eines Gases, das bisher, zufolge einer älteren Angabe Hillebrands, für Stickstoff gehalten wurde. RAMSAY isolierte dies Gas durch Erhitzen des Minerals im Vakuum und unterwarf es einer spektroskopischen Untersuchung in der Erwartung, Argon zu finden. Das Ergebnis schien ein ganz überraschendes: Es sollte in dem einen Mineral nicht nur Argon, sondern auch das auf der Erde bisher vergeblich gesuchte Element Helium mit der charakteristischen gelben Linie  $D_3$  vorhanden sein.

Das Vorhandensein der Argonlinien wurde indessen von N. LOCKYER in Abrede gestellt (*Nature* 1895, 18. April); ebenso theilte CLEVE in Upsala mit, dass bei einer Untersuchung seines Minerals im Laboratorium Argonlinien nicht gefunden werden konnten (ebenda). Bald darauf machten sowohl RAMSAY als LOCKYER an die Royal Society weitere Mitteilungen (*Nature* 1895, 16. Mai). RAMSAY stellte aus einem cleveithaltigen Feldspat von neuem das Gas dar und fand, dass es im wesentlichen aus Wasserstoff und Helium bestehe, unter Beimengung von ein wenig Stickstoff; er bezeichnete vier Linien im Spektrum des Heliums als charakteristisch: eine leuchtend rote, die gelbe  $D_3$ , eine pfauengrüne und eine leuchtend violette. Aus der Mitteilung ging hervor, dass RAMSAY das Vorhandensein von Argon in dem Gase nicht mehr aufrecht erhielt.

N. LOCKYER untersuchte das Gasgemenge, welches er aus dem Bröggerit — ebenfalls einem Uraninit — und zwar nach etwas abweichender Methode gewann. Es kam ihm bei seiner Untersuchung und Vergleichung der gefundenen Linien mit siderischen Spektren darauf an festzustellen, ob das Spektrum des von den Beimengungen befreiten und für Helium gehaltenen Gases auf einen einfachen oder zusammengesetzten Ursprung hinweise. Er legte besonderen Wert auf das Resultat, dass in den Mineralien, die er untersucht hat, niemals die von Crookes und Thalén im Blau vermerkten Linien zu beobachten waren. Er zog daraus den bemerkenswerten Schluss: Da das Spektrum des aus dem Cleveit erhaltenen Gases einen zusammengesetzteren Charakter zeigt als das aus dem Bröggerit, so kann das Gas selbst unmöglich einfacher sein. Des weiteren sprach LOCKYER seine Ansicht dahin aus, dass die einfache Natur der von Ramsay, Cleve und ihm selbst erhaltenen Gase überhaupt aufgegeben werden müsse. Inzwischen wurden die Untersuchungen über das rätselhafte Gas auch auf dem Continent aufgenommen; eine Vergleichung der Spektren des Cleveitgases und der Sonnenatmosphäre durch DESLANDRES (*Compt. r.* 1895, CXX 112) ergab, dass das Gas ausser der Linie  $D_3$  noch mehrere andere starke Linien der Chromosphäre ausstrahle, so besonders die Linie 4471,8, welche ebenso wie  $D_3$  eine „permanente“ ist. Bezüglich dieser Benennung sei daran erinnert, dass nach der Youngschen Tafel der Chromosphärenlinien diejenigen permanent heissen, welche bei 100 maliger Beobachtung 100 mal gesehen werden; solcher kennt man im leuchtenden Spektrum nur 11, davon gehören 5 dem  $H$  an, 2 dem  $Ca$ , während nach der Zugehörigkeit der übrigen 4 bisher vergeblich gesucht wurde. Es ist nun ein bemerkenswertes Nebenergebnis dieser ganzen Untersuchungen, dass



die Kenntnis eben dieser Linien Schritt für Schritt vervollständigt wurde.  $D_3$  (5875,8) wurde von RAMSAY gefunden, die obengenannte 4471,8 von DESLANDRES, die permanente im roten Teil des Spektrums von N. LOCKYER, so dass nur noch die Coronalinie 5316,79 übrig blieb; aber auch diese wurde von demselben Forscher bei seinen Untersuchungen am Bröggerit und Euxenit beobachtet.

Die Frage, welcher Teil des Gases als das Element Helium anzusprechen sei, war jedoch damit nicht erledigt; es haben auch die verschiedenen Bestimmungen des spez. Gewichts bis zur Stunde nur zweifelhaften Wert. Von RAMSAY wurde die Dichte ursprünglich zu 3,89 angegeben; von LANGLET in Upsala zu 2,02 (*Compt. r. CXX 1212*). Dies passt ungefähr zu der späteren Angabe von RAMSAY (*Nature 1895, 1343*), wonach die Dichte 2,181 ist. RAMSAY stellte von neuem fest, dass das Heliumgas gleich dem Argon einatomig sei (vgl. d. Zeitschr. VIII 220), oder, falls es ein Gemisch ist, ein Gemisch einatomiger Gase sein müsse. Die Löslichkeit in Wasser ist beiläufig nur sehr gering. — LOCKYER hatte, wie erwähnt, die zusammengesetzte Natur des Heliumgases betont, doch konnte er sich nicht entscheiden, welche Linien dem Helium allein zuzurechnen seien. Auf diesen Punkt erstrecken sich die Untersuchungen von C. RUNGE und F. PASCHEN (*Sitzungsber. d. Berl. Ak. 1895, S. 640* und *Nature, 26. Sept. 1895, S. 520*), welche auf Grund der Bestimmung von Serien — d. h. Systemen von Linien, deren Intensität zugleich mit der Wellenlänge abnimmt und deren Schwingungszahl nach einer bestimmten Formel ziemlich genau berechnet werden kann — zu festeren Schlüssen gelangen. Bezüglich solcher Serien sei bemerkt, dass dieselben in vielen Spektren beobachtet wurden. Die ersten wurden nachgewiesen von Huggins im ultravioletten Spektrum einer Anzahl Sterne; sie erwiesen sich als eine Fortsetzung der 4 starken H-Linien aus dem sichtbaren Teile der Spektrums. Johnston Stoney verfolgte die Serien rechnerisch weiter. Den Wasserstoffserien analoge wurden ferner von Liveing und Dewar aufgefunden; sie haben dieselben harmonische Serien genannt und mit der Reihe der Overtöne eines tönenden Körpers verglichen. Sie wurden ferner eingehend studiert von Rydberg (man vgl. den Bericht über die Lübecker Vers. in diesem Heft S. 49), sowie von Kayser und Runge. RUNGE und PASCHEN gelangten nun zu dem Resultat, dass das Spektrum des Cleveïtgases sehr regelmässig sei und aus 6 Serien bestehe, welche zwei gesonderten Spektren angehören; jedes der letzteren zeigt eine Analogie zu den Spektren der Alkalien. Sie schliessen daraus, dass das Cleveïtgas nur aus zwei Constituenten bestehe; nur den einen davon wollen sie Helium genannt wissen und zwar denjenigen, zu dem die leuchtende Doppellinie  $D_3$  (deren Doppelnatur zuerst von RUNGE erkannt wurde, vgl. *Chemical News 1895, 71 S. 283*) gehört; für den anderen Bestandteil müsste ein neuer Name gewählt werden. Die Linien beider Constituenten sind in einer beträchtlichen Anzahl von Sternen beobachtet worden, so in  $\beta, \delta, \epsilon, \zeta, \gamma$  Orionis,  $\alpha$  Virginis,  $\beta$  Persci,  $\beta$  Tauri,  $\eta$  Ursae majoris,  $\beta$  Lyrae, Nova Aurigae (1892). LOCKYER kommt in einer neuerlichen Mitteilung (*Nature, 3. Okt. 1895, S. 548*) zu ganz ähnlichen Resultaten; auch er spricht nur von Helium und dem Gase X und weist darauf hin, dass gerade diese beiden Gase zusammen mit dem Wasserstoff vollzählig vertreten seien in den heissesten Sternen und in den heissesten Stellen unserer Sonne, so dass hierdurch seine bereits im Jahre 1868 geäusserten Ansichten über den engen Zusammenhang zwischen Helium und Wasserstoff bestätigt würden.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass man Helium in gewissen Quellgasen aufgefunden hat. H. KAYSER untersuchte das Gas, welches den Quellen von Wildbad entströmt und welches nach einer älteren Analyse von Fehling 96% Stickstoff enthält; nach Entfernung des wirklichen Stickstoffs fand sich ein Rückstand von 9 cm, welcher im Spektrum sowohl die Linien des Argons als die des Heliums zeigte. Kayser hält danach die Anwesenheit von Helium in der Bonner Luft für zweifellos (*Deutsche med. Wochenschr., 22. Aug. 1895*). Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangten L. TROOST und L. OUVARD hinsichtlich der Mineralquellen von Raillère und du Bois in den Pyrenäen (*Compt. r. 1895. CXXI 394*).

O. Ohmann.

### 3. Geschichte.

**Ein Beitrag zur Galileiforschung.** In dem Jahrbuch der Hamburgischen wissenschaftlichen Anstalten XII (1895) hat EMIL WOHLWILL eine Abhandlung über „Galilei betreffende Handschriften der Hamburger Stadtbibliothek“ veröffentlicht. Es handelt sich um den Briefwechsel des Strassburger Professors Matthias Bernegger, desselben, der den berühmten galileischen Dialog über die beiden Hauptweltsysteme 1635 in lateinischer Übersetzung herausgab. Man hat es bisher für eine feststehende Thatsache gehalten, dass Galilei selbst, unmittelbar nachdem er die in dem Werke vorgetragene Ansicht als ketzerisch widerrufen hatte, die lateinische Übersetzung veranlasst habe. Namentlich hat K. v. Gebler in seiner Schrift „Galileo Galilei und die römische Kurie“ dieser Auffassung scharfen Ausdruck gegeben mit den Worten: „Galilei scheute sich nicht, noch Ende 1633 seinem feierlich geleisteten Eide, genau genommen, zuwiderzuhandeln, indem er im Geheimen ein Exemplar seiner von den geistlichen Oberen verbotenen und verdamnten Dialoge an Diodati nach Paris übersandte, damit sie ins Lateinische übertragen würden und so eine noch weitere Verbreitung erhielten.“ WOHLWILL weist auf die innere Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme hin, die ebensowenig mit Galileis Charakter im Einklange steht, wie sie der Lage Rechnung trägt, in der er sich nach der Verurteilung befand. Unter den Briefen, die W. mitteilt, sind besonders diejenigen von Bernegger an Diodati von Bedeutung. Diese Briefe scheinen zunächst für die erwähnte Annahme zu sprechen, da Bernegger ganz unzweideutig ausspricht, Diodati habe ihn auf Veranlassung Galileis aufgefordert, den in italienischer Sprache geschriebenen Dialog über die beiden Weltsysteme ins Lateinische zu übersetzen. Durch eine feinfühlig und zugleich scharfsinnige Kritik weiss der Verfasser dem hierin scheinbar enthaltenen Argument die Spitze abzubringen. Er macht geltend, dass die betreffenden Stellen in den Briefen Berneggers nicht mehr beweisen können, als dass dieser subjektiv überzeugt gewesen sei, im Namen Galileis zu der Arbeit aufgefordert worden zu sein. Da der Brief Diodatis an Bernegger nicht erhalten ist, so lässt sich nicht mehr feststellen, welcher Wortlaut zu einer solchen Überzeugung Anlass gegeben hat; es bleibt der Möglichkeit Raum, dass Diodati absichtslos durch nicht unzweideutige Wendungen Bernegger veranlasst hat, als gewiss zu betrachten, was ihm in hohem Maasse ehrenvoll erschien, oder sogar, dass eine absichtliche Täuschung von seiten des ebenso klugen wie hingebenden Vermittlers vorliegt. Aber selbst wenn die Anregung zu der lateinischen Übersetzung von Galilei selber herrührte, so ist doch keineswegs erwiesen, dass diese Anregung erst nach dem Widerruf vom 22. Juni 1633 erfolgt sein müsste. Der in betracht kommende Brief Berneggers an Diodati ist vom 11. August (gregor. Kal.) datiert, d. h. 50 Tage nach der Abschwörung, 48 Tage nach der Entlassung Galileis aus dem Inquisitionsgefängnis. In dieser Zeit hätte Galilei an Diodati und dieser an Bernegger schreiben müssen. WOHLWILL weist nach, dass unter Annahme der günstigsten Umstände allerdings während dieser Zeit die Correspondenz geführt werden konnte, er erklärt es aber für ebenso möglich, dass ein mehrere Monate vor dem 24. Juni abgesandtes Schreiben Galileis Diodati so spät erreichte, dass dieser erst im Juni oder Juli die bestimmte Veranlassung hatte, sich mit Bernegger in Verbindung zu setzen. Nun ist der letzte erhaltene Brief von Galilei an Diodati vom 15. Januar 1633 datiert. In diesem Briefe schrieb Galilei: „Das heilige Officium hat meinen Dialog suspendiert, und aus guter Quelle erfahre ich, dass die Jesuiten an höchster Stelle die Vorstellung hervorgerufen haben, dass dies mein Buch verdammenswerter und gefährlicher für die heilige Kirche ist, als die Schriften von Luther und Calvin.“ Es bedurfte, wie WOHLWILL hierzu bemerkt, keiner weiteren Worte, um Diodati darüber aufzuklären, dass ein Werk, bestimmt die Welt zu erleuchten und zu befreien, mit Vernichtung bedroht war; es bedurfte nicht der ausdrücklichen Aufforderung, dass hier eine Pflicht zu erfüllen war. So wandte sich Diodati an Bernegger, der schon 1612 die Schrift Galileis über den Proportionalzirkel veröffentlicht hatte. Auf Grund des vorgelegten Briefmaterials darf WOHLWILL die Behauptung aussprechen: die heute bekannten Thatsachen sind insgesamt mit der Annahme im Einklange, dass der entscheidende Brief Galileis nicht erheblich späteren Datums gewesen ist, als der letzte thatsächlich aus dem Jahre 1633 er-



haltene an Diodati. — Der abgedruckte Briefwechsel selbst umfasst 101 Nummern, von denen man namentlich den Dankbrief Galileis an Bernegger vom 17. August 1634 nicht ohne Rührung lesen wird.

P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Der propädeutische Unterricht in der Physik.** Von MARTIN SWITALSKI. *Progr. Abh. des K. Gymnasiums zu Braunsberg, Pr. 1895, No. 3.* Der Verfasser hält an dem von den Lehrplänen gesteckten Ziel fest, wonach der physikalische Unterricht in U II sowohl eine abgerundete physikalische Bildung als auch eine zweckmässige Vorbereitung für die Oberstufe zu Wege bringen soll. Aber er will dabei doch als das Wesentlichste die geistbildende Kraft dieses Unterrichts zur Wirkung gebracht sehen und weist dem Gewinn an positiven Kenntnissen erst den zweiten, untergeordneten Platz zu. Er erkennt demgemäss an, dass eine massvolle Auswahl unerlässlich sei und wendet sich gegen das Übermass an Stoff, das die meisten neueren Lehrbücher für die Unterstufe darbieten. Den missverständlichen Ausdruck „wichtigste Lehren“, den die Lehrpläne — leider — enthalten, legt er in Übereinstimmung mit den in dieser Zeitschrift (V 169) gegebenen Ausführungen dahin aus, „dass nur die allerelementarsten und einfachsten Dinge, die grundlegenden Thatsachen und die fundamentalsten Gesetze ohne jede etwa daran anzuknüpfende mathematische Entwicklung in den Anfangsunterricht hineingehören.“ Damit schliesst sich auch ein völlig auf dem Boden der neuen Lehrpläne stehender Beurteiler der Interpretation der Lehrpläne an, die wir bald nach dem Erscheinen der letzteren für unabweisbar erklärt haben.

Der Verfasser hat sich durch Veröffentlichung der am Braunsberger Gymnasium für den propädeutischen Kursus in O III und U II getroffenen Stoffauswahl ein nicht gering anzuschlagendes Verdienst erworben; wir glauben nur seinen Absichten zu entsprechen und zu einer weiteren Klärung der Frage beizutragen, wenn wir diese Ratschläge einer eingehenderen Betrachtung unterziehen.

I. Allgemeine Eigenschaften der Körper. Dieser wohl als veraltet zu bezeichnende Abschnitt erörtert vielmehr allgemeine Begriffe als allgemeine Eigenschaften. Von den 10 Nummern, die er umfasst, sind nur Ausdehnung (1), Undurchdringlichkeit (2), Teilbarkeit (4) und Schwere (9) als allgemeine Eigenschaften festzuhalten, davon die ersten beiden als dem Körperbegriff wesentliche, die letzten beiden als accidentelle (thatsächliche) Eigenschaften. Die Porosität (3) wäre nur zur Undurchdringlichkeit als scheinbare Ausnahme zu erwähnen, die Hautporen müssten als Beispiele fortfallen; auch die Diffusion (8) wäre in diesem Zusammenhange zu erledigen und passt jedenfalls nicht unter die allgemeine Überschrift. Von der Cohäsion (5), sowie auch von Festigkeit und Elasticität (6) wäre anlässlich der Einteilung der Körper in feste, flüssige, gasförmige zu reden. Die sogenannte Elasticität beim Gebrauch der Körperteile beruht wohl auf anderen Umständen und ist hier nicht als Beispiel aufzuführen. Das Beharrungsvermögen (10) gehört in die Mechanik (1. Ruhe und Bewegung) und wird auch dort nur mit einem vorläufigen Hinweise erledigt werden müssen, da es nicht angeht, einen so wichtigen Begriff übers Knie zu brechen. Die Erhaltung der Drehungsebene und die Parallelität der Lage der Erdachse sind ebenfalls unter (10) gestellt. Sie sollten aus dem Unterkursus wegbleiben, gehörten aber event. in die Mechanik (7). — **Mechanik fester Körper:** 1. Ruhe und Bewegung. 2. Schwerpunkt. 3. Freier Fall. Dieser soll als gleichförmig beschleunigte Bewegung entwickelt werden. Wichtiger als dieser schwierige, der Oberstufe zuzuweisende Begriff wäre die Thatsache, dass beim Wegfall des Luftwiderstandes alle Körper gleich schnell fallen (bekannte Erläuterungsversuche auch ohne Fallröhre). Statt der Grösse der Beschleunigung wäre die Fallstrecke in der ersten Sekunde mitzuteilen, sowie das Gesetz der ungeraden Zahlen und der Quadratzahlen. 4. Bewegung senkrecht geworfener Körper: wäre nicht als gleichförmig verzögerte Bewegung zu behandeln, sondern auf die Zusammensetzung der Bewegungen zurückzuführen, woran sich dann 5. das Parallelogramm der Bewegungen anschliesse. Es folgt (6) wagerechter und schiefer

Wurf (doch nur als Beispiel zu 6. beiläufig zu behandeln), dann (7) Centralbewegung, bei der es wohl beim Vorführen einiger Erscheinungen sein Bewenden haben muss. Beim Pendel (8) soll die Abhängigkeit der Schwingungszeit von der Pendellänge behandelt werden, den Schluss bilden (9) die einfachen Maschinen. — Mechanik flüssiger Körper: 1. Die freie Oberfläche ruhender Flüssigkeiten. 2. Communicierende Röhren. 3. Verbreitung des äusseren Druckes in einer eingeschlossenen Flüssigkeit (hydraulische Presse). 4. Druck der Flüssigkeiten infolge der eigenen Schwere. 5. Gewichtsverlust in eine Flüssigkeit eingetauchter Körper. — Mechanik luftförmiger Körper: 1. Elasticität und Ausdehnbarkeit der Luft. 2. Luftdruck (erst Torricellis Versuch, dann Luftpumpe). 3. Gewicht der Luft (hier dürfte einer der leicht anzustellenden Versuche nicht fehlen). 4. Gewichtsverlust der Körper in der Luft.

II. Wärmelehre. 1. Hauptwirkungen der Wärme; a) Ausdehnung (Thermometer, unregelmässige Ausdehnung des Wassers, Strömungen in Wasser und Luft); b) Veränderung des Aggregatzustandes (Schmelzen und Erstarren, Schmelzwärme, Lösungswärme, Kältemischungen; Verdunstung, Verdampfung, Siedepunkt, Verdampfungswärme, Spannkraft der Dämpfe, Dampfmaschinen, Meteorologisches). 2. Fortpflanzung der Wärme (Leitung und Strahlung). 3. Quellen der Wärme (Sonne, mechanische Arbeit, Erdwärme).

III. Magnetismus und IV. Reibungselectricität umfassen die Grunderscheinungen in üblicher Weise. V. Der Galvanismus setzt mit der Beschreibung des galvanischen Elements ein, dann folgen die hauptsächlichsten Wirkungen des Stromes (bei den chemischen Wirkungen wäre statt der Zersetzung des „Wassers“ die Elektrolyse einer Salzlösung vorzuziehen). Die inducierten Ströme bleiben besser fort.

VI. In der Akustik beschränkt sich die Auswahl auf Schallerregung, Schwingungszahlen der Töne, Fortpflanzung und Reflexion des Schalles. Die ebenfalls erwähnte Abhängigkeit der Tonhöhe von Länge, Dicke, Masse (?) und Spannung der Saiten verbliebe besser der Oberstufe, dagegen verdient ein Versuch mit der schreibenden Stimmgabel eingefügt zu werden.

VII. In der Optik erscheint das Ziel viel zu weit gesteckt. Sphärische Spiegel, Mikroskop, Fernrohr, Farbenzerstreuung, Erklärung des Regenbogens (!) gehören nicht in den Unterkursus.

VIII. Die Chemie enthält nur die nöthigsten Grunderscheinungen; das aus der Mineralogie aufgenommene ist kaum nennenswert. Dennoch wird dieser Abschnitt bei richtiger Durcharbeitung nicht in kürzerer Zeit als etwa einem Sommersemester bewältigt werden können.

Aus dem Mitgetheilten wird ersichtlich sein, dass der Verfasser, bei aller massvollen Absicht, sich doch auch durch das Phantom der „abgerundeten Bildung“ hat verleiten lassen, an mehreren Stellen den Umfang des Stoffes zu weit auszudehnen. Im Einklang mit der Beschränkung, die auch neuerdings die Hannoversche Direktoren-Conferenz anempfohlen hat (worüber demnächst berichtet werden soll), wird man hoffentlich immer allgemeiner zu der Einsicht kommen, dass die Ziele des physikalischen Unterkursus auf Gymnasien, bei der ihm gewährten Stundenzahl, sich nicht mit denen desselben Unterrichts an sechsklassigen Anstalten decken können.

P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

Die elektrische Anlage im physikalischen Cabinet der k. k. Oberrealschule in Innsbruck. Seit dem Beginn des Schuljahres 1890/91 sind an dieser Anstalt für den physikalischen Unterricht vier Räume vorhanden, der physikalische Hörsaal, das Apparatenzimmer, das Arbeits- und das Chemikalien-Cabinet. Durch die Bemühungen des Prof. H. HAMMERL, dem höchst einsichtige Behörden, der Gemeinderat der Stadt Innsbruck und das k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht, die Summe von 2400 fl. zur Verfügung stellten, ist an dieser Anstalt im vergangenen Jahre eine kleine elektrische Anlage eingerichtet worden, die in dem Programm 1894/95 eingehend beschrieben ist und das grösste Interesse der Fach-



genossen verdient. Sie besteht aus einer Turbine nebst Wasserzuffluss- und Abflussleitung, einer Universaldynamo, einer kleinen Accumulatoren-batterie und einem Schaltbrett nebst Messinstrumenten.

Die Wasserleitung zur Turbine ist von der Innsbrucker Hochdruckwasserleitung abgezweigt. Der hydrodynamische Druck der Wasserleitung kann an einem eingeschalteten Stahlrohrfedermanometer abgelesen werden. An die Zufussleitung ist ein Wasserstrahlgebläse angeschlossen, das ausser zu Versuchen auch benutzt wird, um die Gase, welche beim Laden der Accumulatoren auftreten, mittels des Luftstroms besser zu entfernen. Zur Dämpfung des Geräusches sind die ganzen Leitungen im Gebäude mit doppeltem Filz, geteerten Strohzöpfen und mit starker Leinwand umwickelt. Das Zuleitungsrohr verengt sich bei der Einmündung in die Turbine zu einem rechteckigen Mundstück, dessen Querschnitt zur Regelung der Wasserzufuhr und der Tourenzahl der Turbine mittels eines Zungenschiebers verändert werden kann. Der Zufuss des Wassers erfolgt von aussen in radialer und der Wasseraustritt in achsialer Richtung. Die Leistung der Turbine, einer Löffelrad-Turbine von der Firma Rüsck in Dornbirn, sollte bei einem hydrodynamischen Drucke von 10 Atmosphären, also für ein Gefälle von 10 m und bei 3 Liter Wasser in der Secunde 3 PS betragen. Versuche mit dem Pronyschen Zaume ergaben jedoch nur eine mittlere Leistung von 2,6 PS. Die Welle der Turbine ist direkt mit der Welle einer universal-dynamo-elektrischen Maschine von der Firma Gebr. Fraas in Wunsiedel verkuppelt. Durch Entfernung einer Gummischeibe und eines eisernen Stellrings lässt sich die Verkuppelung lösen und die Turbine zum Antriebe einer Transmission, welche sich an der Decke befindet, und durch diese zum Betrieb physikalischer Apparate z. B. der Influenzmaschine und anderer Drehungsapparate benutzen. Die Dynamo, eine Flachringmaschine, kann als Serien- oder Shuntmaschine geschaltet und auch als Gleichstrommotor benutzt werden. Sie liefert: 1. Gleichstrom, 2. Gleichstrom und gleichzeitig Wechselstrom und 3. Gleichstrom und gleichzeitig dreiphasigen Drehstrom. Die Dynamo leistet bei 1280 Umdrehungen in der Minute 65 V und 25 A, also 1625 Watt, und ist imstande, 33 Glühlampen zu 16 NK. zu speisen. Die Accumulatoren-batterie besteht aus 10 Elementen der Type SK Nr. 1 der Frankfurter Accumulatorenwerke C. Pollack & Co. Jedes Element hat eine Capacität von 40 A-Stunden. Es besteht aus 2 positiven und 3 negativen Platten in einem Glasgefäss ( $120 \times 210 \times 300 \text{ mm}^3$ ) und hat ohne Säure eine Masse von 11 kg; die Menge der Säure beträgt für jedes Element 4 l. Das Schaltbrett enthält die erforderlichen Aus- und Umschalter zur Verbindung der Nutzleitungen mit den Leitungen, welche von der Dynamo und der Accumulatoren-batterie herkommen, ausserdem Volt- und Ampèremeter, Voltmeterumschalter, Stromrichtungsanzeiger, Stromregulator und Bleisicherungen. Das Leitungsnetz ist recht umsichtig und zweckentsprechend verzweigt, so dass allen Bedürfnissen, welche bei den Versuchen und der Beleuchtung vorhanden sind, in bequemer Weise genügt werden kann. Nach dem chemischen Hörsaal, der mit dem darüber gelegenen physikalischen durch eine Telephonanlage verbunden ist, führt eine Leitung, um dort elektrolytische Versuche vornehmen zu können. Auch das Arbeits- und das Chemikalien-Cabinet haben elektrischen Anschluss.

Zur objektiven Darstellung kann ein Projektionsapparat benutzt werden, welcher aus Camera mit Beleuchtungslinsen, aus einer Nebenschlussbogenlampe mit Vorschaltewiderstand, einem Stativ für die Bogenlampe und Camera, aus einer optischen Bank mit Objektiv für Photogramme und Tischchen für Objekte, aus einer Vorrichtung für Projektion mikroskopischer Präparate und aus einem Megaskop besteht, und entweder in einer Nische hinter der Tafel oder in der Nähe des Experimentiertisches oder rückwärts hinter den Bänken aufgestellt werden kann. Das Skioptikon nebst Zubehör hat Stöhrer & Sohn in Leipzig und die Bogenlampe Körting & Mathiesen in Leutzsch-Leipzig geliefert.

Die Turbine und die Dynamo sind auf einem Consol in dem physikalischen Hörsaal aufgestellt. Damit dürften doch manche Missstände verbunden sein. Läuft z. B. die Maschine, um im chemischen Hörsaal für elektrolytische Versuche Strom zu liefern, oder um den physikalischen Hörsaal zu beleuchten, so werden die unvermeidlichen Erschütterungen und das

starke magnetische Feld der Dynamo am letztgenannten Orte alle Versuche erheblich stören, bei denen bewegliche Teile, vor allem Magnete, eine wesentliche Rolle spielen. Auch steht, wenigstens nach der Zeichnung, der Collector der Dynamo zu nahe an der Wand, wo das Schaltbrett angebracht ist, so dass, zumal bei Betriebsstörungen, dieser Teil nicht in dem erwünschten Maasse zugänglich ist. (Hat man elektrischen Anschluss an eine Centrale, so stellt man, wenn die örtlichen Verhältnisse es zulassen, Elektromotor und Dynamo am besten auf einen niedrigen Wagen, auf dem sie, wenn sie gebraucht werden sollen, aus dem Apparaten- in das Lehrzimmer gefahren werden können.) Auch die Unterbringung der Accumulatoren in einem Kasten, welcher in einer Fensternische des Hörsaals aufgestellt ist, dürfte zu manchen Unzuträglichkeiten führen. Ich spreche diese Bedenken offen aus, weil die Innsbrucker Anlage für höhere Schulen in Städten mit Wasserleitung aber ohne elektrische Centralen als Muster dienen kann. Vor allem ist die Innsbrucker Oberrealschule um die Vollständigkeit ihrer elektrischen Anlage zu beneiden. Es giebt sehr grosse Städte, wo man physikalische Cabinetes höherer Lehranstalten an die bestehenden Centralen angeschlossen hat und ihnen dabei vor allem einen Elektrizitätszähler, daneben noch ein Volt- und Ampèremeter, einen Ausschalter und zwei Polklemmen anbrachte, sonst aber den alten Apparatenbestand nicht vermehrte und nicht einmal für die unentbehrlichsten Widerstandseinrichtungen Sorge trug. Was würde man heute dazu sagen, wenn man die Gaseinrichtung eines Physikzimmers herstellen würde, indem man einfach ein Gasrohr verlegte und dieses an dem offenen Ende mit einem Stopfen verschlosse, die Sorge der Regulierung und Verteilung des Gasstromes aber dem Lehrer überliesse. Diese Gasanlage wäre ebenso unvollkommen, wie die geschilderten elektrischen Anschlüsse. Wo einer Lehranstalt elektrischer Strom geliefert wird, ist auch für eine zweckmässige und ausreichende Anlage der Leitung im Physikzimmer und eine bequeme Stromregulierung zu sorgen, sind ein Elektromotor, eine Dynamo, Accumulatoren und Projektionseinrichtungen zu beschaffen, damit die alten Apparate, welche für Batteriebetrieb gebaut sind, vollständig und ohne Schaden ausgenutzt werden können, und alle die grossen Vorteile, welche die neue Anlage bietet, in ihrem ganzen Umfange den Schülern und den Lehrern zu gute kommen. *Hahn-Machenheimer.*

#### Über die Füllung des Chromsäureelementes bei Verwendung von roher Chromsäure.

H. HAMMERL in Innsbruck hat mit einem Chromsäureelement, welches aus einer Kohlen- und Zinkplatte bestand, eine ausführliche Versuchsreihe mit verschiedenen Mischungen von Wasser, Schwefelsäure und Chromsäure ausgeführt, um das günstigste Mischungsverhältnis bei geringstem Zinkverbrauch und grösster, auftretender, elektrischer Energie festzustellen. Er teilt über seine Versuche in der *E. T. Z.* (XII 469, 1895) folgendes mit: Es wurde zuerst der Zinkverbrauch und die elektrische Energie für eine längere Versuchsdauer aus Stromstärke und Spannung bei einem nach Bunsens Recept mit doppelt-chromsaurem Kalium gefüllten Element festgestellt und dann das Verhältnis von Wasser, Chromsäure und Schwefelsäure so lange geändert, bis man dieselben Werte erhielt. Die Untersuchung ergab folgendes bestes Mischungsverhältnis: 1200 g Wasser, 300 g Schwefelsäure und 65 g rohe Chromsäure. Die rohe Chromsäure war vor zwei Jahren von Gebr. Kunert in Türnitz bei Aussig bezogen worden. *H.-M.*

**Beseitigung des Rostes auf Instrumenten.** SÄNGER empfiehlt in der *Pharm. Centralhalle* folgendes Verfahren: Man lege die Instrumente 12 Stunden lang in eine gesättigte Lösung von Zinnchlorür, spüle sie mit Wasser ab und bringe sie dann in eine heisse Soda-Seifenlösung. Nach dem Abtrocknen reinige man sie noch mit absolutem Alkohol und Putzcreide. Stählerne Instrumente kann man durch Einfetten mit Paraffinöl vor Rost schützen; noch besser ist es, die in erwärmter Luft getrockneten Instrumente in eine Lösung von 1 Teil Paraffinöl in 200 Teilen Benzin zu legen und sie dann in einen trockenen Raum zu bringen, wo das Benzin verdunstet. (*Centralzeitung f. Optik u. Mechanik XV 237, 1894.*)



## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus.** Vortrag von W. Ostwald, Professor der Chemie an der Universität Leipzig. Leipzig, Veit & Co. 1895, 36 S., M. 1,—.

Die Überschrift dieses auf der Versammlung der Naturforscher und Ärzte in Lübeck gehaltenen Vortrages ist durchaus unzutreffend, da es sich lediglich um die heut herrschende Form der Mechanik, nicht um die mechanistische oder materialistische Weltanschauung als solche handelt. Über den Inhalt des Vortrages findet man Genaueres an einer anderen Stelle (S. 50) dieser Zeitschrift. Die Behauptung des Verfassers, dass die neuere Mechanik mit der atomistischen Theorie stehe und falle, ist gänzlich unberechtigt, wie jeder weiss, der auch nur die Anfänge der theoretischen Physik begriffen und etwa die klassische Mechanik Kirchhoffs studiert hat. Und wer die Einleitung von Hertz zu den Prinzipien der Mechanik kennt, der weiss auch, wie misslich es mit dem Neubau der Mechanik auf Grund des Energiebegriffs bestellt ist. Dass der Massenbegriff dadurch zu eliminieren sei, dass man ihn als „Capacität für Bewegungsenergie“ definiert, ist ebenso unlogisch, wie wenn man die Realität der Masse leugnen wollte, weil sie in den Bewegungsgleichungen nur als ein constanter Faktor auftritt. Es ist nur zu bedauern, dass durch derartige haltlose Angriffe bei dem nicht urteilsfähigen grossen Publikum Verwirrung hervorgerufen und der Wert der wissenschaftlichen Forschung überhaupt herabgesetzt wird.

P.

**Mathematische Theorie des Lichtes.** Vorlesungen, gehalten von H. Poincaré, Professor und Mitglied der Akademie. Redigiert von J. Blondin, Privatdocent an der Universität zu Paris. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. E. Gumlich und Dr. W. Jäger. Mit 35 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, J. Springer, 1894. M. 10,—.

Das Buch enthält die Vorlesungen, welche Poincaré im Jahre 1887/88 an der Sorbonne über die Undulationstheorie des Lichtes unter Berücksichtigung der Arbeiten von Fresnel, Cauchy, Lamé, Briot, Sarrau, Neumann und Mac Cullagh gehalten hat. Poincaré setzt die Thatsachen der experimentellen Optik als bekannt voraus und giebt nur die Entwicklungen der mathematischen Theorien. Er beginnt mit der Lehre von den kleinen Bewegungen in einem elastischen Mittel, um sodann die allgemeinen Gesetze der Schwingungen und der Fortpflanzung ebener Wellen aufzustellen. Dann behandelt er die Lehre von der Beugung, die verschiedenen Theorien der Dispersion und der Doppelbrechung, ferner die Spiegelung und Brechung an der Oberfläche der durchsichtigen isotropen Mittel, der krystallinischen Körper und der Metalle. Hieran schliesst er endlich die Untersuchung der Aberration und der Fortpflanzung des Lichtes in bewegten Mitteln an.

Unter der Einwirkung des Sieges der elektromagnetischen Lichttheorie geht man jetzt in der abfälligen Beurteilung der Undulationstheorie, die in unseren Tagen „ohne Sang und Klang zu Grabe getragen“ worden sei, doch manchmal zu weit. „Sociert man den Leichnam, so tritt die Todesursache deutlich zu Tage, auch sie ist an ihren mechanischen Bestandteilen zu Grunde gegangen.“ (Ostwald.) Solch übertriebenen Äusserungen gegenüber sind die nüchtern abwägenden Ausführungen Poincarés zu dieser Sache sehr beachtenswert: „Der Undulationstheorie liegt eine Molekulartheorie zu Grunde; für die einen, welche da glauben, hinter dem Gesetz die Ursache zu entdecken, ist dies ein Vorteil, für die anderen dagegen ein Grund zum Misstrauen. Aber dieses Misstrauen erscheint mir ebensowenig gerechtfertigt als die Illusion der ersteren. Diese Hypothesen spielen nämlich nur eine untergeordnete Rolle; ich hätte sie ebenso gut unberücksichtigt lassen können, ich habe es aber nicht gethan, weil die Ausführung dadurch an Klarheit verloren hätte. Dies ist aber auch der einzige Grund, der mich davon abgehalten hat. Thatsächlich entlehne ich den Molekularhypothesen nur zweierlei, nämlich das Prinzip von der Erhaltung der Energie und die Darstellung der allgemeinen Gesetze der kleinen Bewegungen durch lineare Gleichungen. Darin findet auch die Thatsache ihre Erklärung, dass die meisten Folgerungen Fresnels unverändert bestehen bleiben, wenn man die elektromagnetische Lichttheorie annimmt.“ Trotz der Verwerfung des mechanischen Bildes von Newton hat die geometrische Optik innerhalb weiter Grenzen bis heute ihren grossen Wert behalten, und so werden auch trotz der Niederlage der Undulationstheorie die meisten ihrer Begriffe und Gesetze als höchst zweckmässige Annäherungen einen dauernden Bestandteil der theoretischen Optik bilden.

Methodisch recht wertvoll sind auch die Schlussfolgerungen am Ende des Werkes, wo Poincaré mathematisch begründet, dass notwendig alle Erscheinungen des Lichtes durch die Fresnelsche und Neumannsche Theorie gleich gut erklärt werden können.

Es ist völlig überflüssig, auf die allgemein bekannte Meisterschaft Poincarés in der mathematischen Behandlung physikalischer Theorien hier noch einmal hinzuweisen. Das trefflich übersetzte Buch kann als eine höchst wertvolle Ergänzung der zahlreichen ausgezeichneten deutschen Werke über theoretische Optik auf das wärmste empfohlen werden.

Hahn-Machenheimer.

**Physik des Äthers** auf elektromagnetischer Grundlage von Dr. Paul Drude, Universitätsprofessor in Göttingen. Mit 66 Abbildungen. Stuttgart, F. Enke, 1894. XVI u. 592 S.

Das Werk, welches die Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes darstellt und zur Erklärung der optischen Erscheinungen heranzieht, unterscheidet sich grundsätzlich von den Vorlesungen Boltzmanns dadurch, dass es die Formeln, welche zur mathematischen Darstellung der beobachtbaren Erscheinungen notwendig sind, auf Grund gewisser Hauptversuche ableitet, hingegen die Herleitung der Gleichungen des elektromagnetischen Feldes aus den Prinzipien der Mechanik vermeidet; es verfolgt vielmehr zum Teil ähnliche Ziele wie H. Poincaré in seiner Elektrizität und Optik, jedoch weichen Darstellung und Ergebnisse in vielen Punkten von denen Poincarés ab. Die Kernpunkte des vorliegenden Werkes liegen in der Zurückführung aller Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes auf Nahwirkungen und in der Betonung der Einheit der Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes, derzufolge die Wirkungen der sogenannten Verschiebungsströme, welche in Isolatoren stattfinden, mit Notwendigkeit aus den beobachtbaren Wirkungen der Leitungsströme in Metallen gefolgert werden können. — Da für das magnetische Feld die Ersetzung des Potentialbegriffs durch das geometrische Bild des Kraftlinienverlaufs die Übersicht und das Verständnis der Erscheinungen ausserordentlich gefördert hat, wurden die Eigenschaften des magnetischen Feldes an das Verhalten der Kraftlinien angeknüpft, und da die Lehre von den magnetischen Kraftlinien besser als die der elektrischen Kraftlinien der Anschauung zugänglich ist, wurden die Eigenschaften des magnetischen Feldes vor denen des elektrischen Feldes behandelt und demgemäss die Elektrostatik hinter die Elektrokinetik gestellt. — Der Verfasser hat überall mit den Versuchen Fühlung behalten, um ihr theoretisches Verständnis zu fördern. Er ist deshalb überall auf die wichtigsten Versuche kurz eingegangen; nur die Kapitel über elektrische Schwingungen und absorbierende Körper, welche für die elektromagnetische Theorie von besonderer Bedeutung sind, enthalten eine ausführliche, zusammenhängende Darstellung der Erscheinungen und der Versuche, durch welche sie festgestellt wurden. Das mit Klarheit und vollster Sachkenntnis geschriebene Buch dürfte besonders solchen Amtsgenossen, welche ihre theoretischen Studien in der Neumann-Kirchhoffschen Schule gemacht haben, den Übergang von der Fernwirkungs- zur Nahwirkungslehre sehr erleichtern. *Hahn-Machenheimer.*

**Newton** by Sir David Brewster. Im Auszuge und mit Anmerkungen zum Schulgebrauch herausgegeben von E. Schenck und L. Bahlsen. Mit einem Bildnis Newtons und erläuternden Illustrationen. (Schulbibliothek franz. und engl. Prosaschriften, Abt. II, 5. Bändchen.) Berlin, Hermann Heyfelder, 1895. 126 S., geb. M. 1,20.

Die Brewstersche Biographie Newtons verdient in vollem Masse das Lob, das ihr die Herausgeber im Vorworte zollen, sie ist verständlich und doch nicht oberflächlich geschrieben, dabei anmutig und fesselnd, während Biographien dieser Art sonst leicht in ihrer lehrhaften Eintönigkeit auf die nicht speciell wissenschaftlich interessierten Leser ermüdend wirken. Die Herausgeber haben mit geschickter Hand das für den vorliegenden Zweck Geeignete ausgewählt und in fünf Kapitel zusammengestellt, die der Reihe nach Newtons Jugend, seine optischen Entdeckungen, die astronomischen Entdeckungen vor der Zeit Newtons, dessen Entdeckung des Anziehungsgesetzes, und das fernere Leben Newtons behandeln. Die 21 Seiten umfassenden Anmerkungen der Herausgeber enthalten zum grössten Teil physikalische Erläuterungen und sind von musterhafter Klarheit und Correctheit. Auch der Physiklehrer wird das Buch reiferen Schülern zur Lektüre empfehlen können. *P.*

**Katechismus der Physik.** Von Dr. Julius Kollert. Fünfte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 273 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1895. 485 S. M. 4,50.

In dieser neuen Auflage ist die Frage- und Antwortform in Wegfall gekommen, das Buch stellt sich nunmehr als ein recht handliches Compendium dar, das an vielen Stellen eine Umarbeitung im Sinne noch grösserer Exaktheit und auch Vervollständigungen auf Grund der neuesten Forschungen erfahren hat. Der Umfang ist dadurch nicht unbeträchtlich vermehrt. Einige Mängel, die bei der vorigen Auflage (*d. Zeitschr. II 148*) bemerkt wurden, sind abgestellt worden. Mit unverkennbarer Absicht ist das Wort Potential durchweg vermieden, es kommt im Register nicht vor und ist auch nur an einer Stelle beiläufig genannt. Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, dass das Wort Spannung auch im Unterricht mehr und mehr durch die präciser definierte Bezeichnung Potential ersetzt wird. *P.*

**Leitfaden der Physik** mit Einschluss der einfachsten Lehren der mathematischen Geographie nach der Lehr- und Prüfungsordnung von 1893 für Gymnasien. Von Dr. William Abendroth. I. Band: Kursus der Unter- und Obersekunda. 2. Auflage. Mit 155 Holzschnitten. Leipzig, S. Hirzel, 1895. IX u. 222 S. M. 3,60.

Dieser I. Teil umfasst gemäss den sächsischen Lehrvorschriften neben den allgemeinen Eigenschaften den Magnetismus, die Reibungselektrizität, den Galvanismus und die Wärmelehre. Die Be-



handlung ist nicht methodisch, sondern wesentlich systematisch, das überall hervortretende Streben nach Exaktheit fordert Anerkennung, während andererseits öfter eine gewisse Abstraktheit der Fassung dem Verständnis Schwierigkeiten bereiten dürfte; so bei der Kräftermessung (übrigens erlaubt nicht bloss das „statische“ Kräffemaass die graphische Darstellung). Auch nimmt die Darstellung häufig einen zu dogmatischen Charakter an, wie beim Luftdruck (§ 13), beim Trägheitsgesetz (§ 15), beim Ohmschen Gesetz. — Eine erfreuliche Gründlichkeit, die man in älteren Lehrbüchern nicht immer antrifft, bekundet sich u. a. in der Behandlung der Thermometrie; doch hätte auch eine Kalorie exakter als diejenige Wärmemenge definiert werden sollen, die die Temperatur von 1 kg Wasser von 0 bis 1° (statt um 1°) erhöht. — Es ist ferner durchaus gerechtfertigt, dass auf der Unterstufe schon der Begriff der Energie in den vorkommenden Einzelfällen erläutert wird; der Verfasser giebt namentlich beim Elektrophor und bei den Influenzmaschinen zutreffende Auseinandersetzungen. Das Potential wird durch die Arbeit in bekannter Weise definiert und zugleich als Maass des elektrischen Zustandes bezeichnet. Leider ermangeln aber die daran geknüpften Darlegungen mehrfach der Klarheit. Wenn als Spannung oder Spannkraft der Elektrizität der Druck gegen die umgebenden isolierenden Luftschichten angegeben wird, so ist dies zu unbestimmt; nach dem herrschenden Gebrauch muss darunter der Druck verstanden werden, der auf die elektrische Ladung des betreffenden Flächenelementes ausgeübt wird, wenn man ihn auf die Einheit der Fläche bezieht ( $2\pi d^2$ ). Der Verfasser fügt dann hinzu: „Die Kraft, welche die Arbeit leistet, ist die Spannung, und die der zu leistenden Arbeit äquivalente Leistungsfähigkeit oder Energie ist das Potential“. Das erstere würde aber nur richtig sein, wenn man unter Spannung den Druck auf die Einheit der Elektrizitätsmenge ( $2\pi d$ ) verstände. Weiterhin wird aus der Kraft  $e/r^2$ , die eine Elektrizitätsmenge  $e$  auf die Menge 1 im Abstand  $e$  ausübt, unmittelbar gefolgert, dass das Potential als Arbeit, Kraft als Weg durch  $e/r^2 \cdot r = e/r$  dargestellt werde. Auch dies ist unzulässig, oder wenn damit nur die Dimension bezeichnet sein sollte, nicht verständlich. — Der Begriff der Potentialdifferenz wird dann beim Galvanismus wieder aufgenommen und zweckmässig verwendet, aber doch nicht in solchem Umfange ausgenutzt, wie es nach den neueren methodischen Fortschritten auch auf der Unterstufe möglich ist. Hier hätte auch mit der veralteten Tradition, den Voltaschen Fundamentalversuch an die Spitze zu stellen und die Voltasche Spannungsreihe breit zu behandeln, gebrochen werden müssen. Im übrigen ist gerade das Kapitel des Galvanismus reich an geschickten und für den Unterricht geeigneten Darlegungen; erwähnt sei die Erhaltung des Stromeffekts bei der Transformation und die Kraftübertragung. — Zur Wärmelehre ist zu bemerken, dass die Identität von Licht- und Wärmestrahlen im sichtbaren Spektrum deutlicher ausgesprochen werden müsste, als es jetzt der Fall ist. — Als Ganzes betrachtet enthält das Buch mehr, als sich nach unseren Erfahrungen auf der Stufe, für die es bestimmt ist, bewältigen lässt; der Verfasser rechtfertigt dies damit, dass je nach dem Standpunkt der Klasse und nach örtlichen Verhältnissen eine verschiedene Abgrenzung möglich ist und dass ein Lehrbuch hierfür den nötigen Spielraum gewähren müsse.

P.

### Wiederholungs- und Übungsbuch zum Studium der allgemeinen Physik und elementaren

**Mechanik.** Eine Sammlung von 3000 Prüfungsfragen und -Aufgaben nebst Antworten und Lösungen. Für Lehrer und Studierende der mittleren und höheren Unterrichtsanstalten von Richard Klimpert. Mit 244 Figuren im Text. Dresden, 1894, G. Kühmann. 336 S. M. 8,—, geb. M. 9,—.

Die vorliegende Sammlung, welche vier Kapitel (S. 1 bis 48) über allgemeine Physik und zehn über elementare Mechanik enthält, können wir Lehrern und Studierenden der Physik empfehlen. Sie enthält viele instruktive zum Teil wenig bekannte Aufgaben, welche mit elementaren mathematischen Hilfsmitteln gelöst sind, und hat vor manchen andern den Vorzug, dass sie auch die einfachsten alltäglichen physikalischen Vorgänge sowie das Gebiet der praktischen Anwendungen der Physik eingehend berücksichtigt. Im allgemeinen entspricht die Sammlung dem Standpunkte des Realgymnasiums; jedoch in einzelnen Abschnitten, z. B. denjenigen über Biegeelasticität, Reibung und Seilsteifigkeit, Kontraktion des Wasserstrahls, Bewegung des Wassers in Röhren, Kanälen und Flüssen, geht sie weit über das Pensum dieser Anstalten hinaus.

Der Umstand, dass das Werk „allmählich“ durch Aufschreiben der vom Verfasser gestellten Extemporalfragen entstanden ist, erklärt wohl das Vorkommen mehrerer irrthümlicher Auffassungen und Angaben, die in den besseren Lehrbüchern längst berichtigt sind. Die Torsionselasticität (S. 169) soll herrühren von der Spannung der Längsfasern, welche bei der Drehung sich ausdehnen und an einander gedrückt werden. Da diese (sehr geringen) Änderungen dem Torsionswinkel nicht proportional sind, so könnte auch keine Proportionalität zwischen diesem Winkel und der Torsionskraft bestehen. Auf S. 23 wird behauptet, dass, wenn ein Körper auf einen zweiten einwirkt, die Arbeits-

fähigkeit des letzteren um den Energieverlust des ersteren zunehme. In Wirklichkeit findet eine beständige Zunahme des Teils der Energie statt, welcher sich nicht in Arbeit umsetzen lässt; die Behauptung widerstreitet also dem zweiten Hauptsatz der Wärmelehre. Auch die auf S. 188 angeführte, früher als richtig angenommene Regel, dass die Reibung verschiedener Körper kleiner sei als die gleicher, hat sich nur unvollkommen bestätigt. Die beiden Gase Stickoxyd und Sumpfgas (S. 35) sind nicht permanent in dem dort angegebenen Sinne. — Auch sonstige Ungenauigkeiten, wie die, dass an vier Stellen des Buches die Winkelgeschwindigkeit in Metern ausgedrückt ist, ferner dass (S. 60) der Schwerpunkt als ein Punkt „im Innern“ des Körpers definiert wird, oder dass (S. 11) die Masse von 150 kg gleich 15,3 Masseneinheiten von 1 kg gefunden wird, hätten wohl vermieden werden können. — Der Nachweis der Reibungsgesetze mit einem Ziegelstein (S. 187) dürfte schwerlich gelingen.

F. Niemöller, Osnabrück.

**Physik für Lehrerbildungsanstalten** von A. Genau, Seminarlehrer in Büren. Gotha, E. F. Thienemann, 1895, 207 S. geb. M. 2,50.

Im Vorworte ist gesagt, dass „das Bestreben, die Unterrichtsmethode auch in den für die Hand der Schüler bestimmten Büchern hervortreten zu lassen, durchaus nicht zu billigen“ wäre. Mit dieser Behauptung setzt sich der Verfasser in Widerspruch zu der Ansicht der zahlreichen Fachgenossen, die den methodischen Ausbau der Lehrbücher als eine wesentliche Seite der methodischen Arbeiten überhaupt ansehen. Bei der Beurteilung des Buches kann demnach auch nur ein für ein „Lern- und Wiederholungsbuch“ berechneter Maassstab angelegt werden. Von diesem Standpunkte aus haben wir zunächst die Einwendung zu machen, dass die Beschränkung in der Stoffauswahl zu weit getrieben ist; wir halten für verschiedene wichtige Gebiete der Akustik (z. B. Schwingungszustände tönender Luftsäulen, Obertöne), der Optik (Spektralanalyse), Kalorik (spezifische Wärme, Erstarrungsverzug, meteorologische Erscheinungen) und Elektrizität (chemische Wirkungen des galvanischen Stromes, Ampèresche Gesetze) eine eingehendere Behandlung im Physikunterrichte des Seminars für unerlässlich. Die eigenartige Stellung, die in diesem die Akustik einnimmt, ist durchaus nicht berücksichtigt, es ist z. B. nicht einmal erklärt, was man unter Klangfarbe versteht, ebenso vermisst man jede Andeutung über Analyse der Vokallänge u. dgl. Dagegen hat manches ausführlichere Erwähnung gefunden, was überhaupt nicht zum Gebiete der Physik gehört oder doch sehr nebensächlich ist; die Verhaltensmassregeln für das Atmen z. B. beanspruchen mehr Raum als die Erläuterungen des Mariotteschen Gesetzes, die Erklärung des Wortes „Rossbreiten“, die wohl kaum jemand vermissen würde, ist ausführlicher gegeben als die der Entstehung des Föhns, die ausserdem der neueren Theorie nicht entspricht. Von sonstigen sachlichen Unrichtigkeiten sind zu erwähnen: die magnetische Deklination für Berlin wird „gegenwärtig“ zu „etwa  $11\frac{1}{2}^{\circ}$ “ angegeben, die Geschwindigkeit des galvanischen Stromes zu „mehr als 400000 km“, die durch 1 A entwickelte Knallgasmenge zu 10,26 cem; auch die Definition des „Ohm“, sowie die Abbildung des el. Bogenlichtes ist zu beanstanden (letztere zeigt die auch in dieser Zeitschrift schon hervorgehobene falsche Darstellung des Bogens, die durch Beibehaltung desselben bei senkrechter Stellung der Kohlenspitzen entstanden ist). Die Abbildungen sind meistens schematisch gehalten, einzelne in ziemlich willkürlicher Auffassung (z. B. die des Morsetelegraphen auf S. 186); ihre Anzahl ist wesentlich geringer, als man es bei in ähnlichem Umfange gehaltenen Büchern gewohnt ist. Referent bezweifelt, dass dies dem Buche zum Vorteil gereicht. Im allgemeinen aber ist an demselben die Einfachheit und Klarheit der Darstellung und insbesondere auch die sprachliche Correkteit anzuerkennen; auch die einigen Abschnitten angefügten Aufgaben und Fragen sind zweckmässig gewählt. Ein Register fehlt.

An ein speciell für Lehrerbildungsanstalten geschriebenes Buch würden wir vor allen anderen auch die Anforderung stellen, dass es in der Auswahl und Darstellung der Versuche auf die in Verbindung mit einer Art von Handfertigkeitsunterricht zu betreibenden praktischen Übungen Bezug nähme, deren Wichtigkeit nicht genug betont werden kann; nach der ganzen Anlage und nach dem ausgesprochenen Zwecke des vorliegenden Buches musste diese wichtige Seite des Physikunterrichts in demselben unberücksichtigt bleiben.

A. Pabst.

**Methodischer Leitfaden** für den einheitlichen Unterricht in Mineralogie und Chemie an höheren Schulen. Von W. Zopf, Prof. am Realg. z. Heil. G. in Breslau. Breslau 1894, J. U. Kern. Erste Stufe, VIII u. 100 S. M. 1,20. — Zweite Stufe, IV u. 153 S. M. 1,60.

Die Absicht des Verfassers zielt darauf ab, „einen Leitfaden für den gesamten chemischen und mineralogischen Unterricht an 9klassigen Real-Lehranstalten“ zu schaffen, so dass den beiden ersten Teilen als dritte Stufe eine „systematisch-unorganische Chemie“ und als vierte, nur für Oberrealschulen bestimmte, eine „organische Chemie“ eventuell noch nachfolgen würden.

Die I. Stufe soll für die Disciplinen Chemie, Krystallographie und Mineralogie methodisch



fortschreitende Lehrgänge darbieten. In chemischer Hinsicht werden zunächst, abgesehen von einer Einleitung geologischen Charakters, die Metalle in ähnlicher Weise wie bei Arendt aufgeführt und zwar der Zahl nach 23; sie werden bereits auf S. 9 und 10 unter sehr spezieller Berücksichtigung ihrer physikalischen Eigenschaften tabellarisch zusammengestellt. Ihnen werden als nichtmetallische Elemente C, S, P, As, Sb angeschlossen. In Kap. 2 „Mischung und chemische Verbindung der Stoffe“ werden diese Begriffe erst an festen Körpern (durch Schwefelsynthese), dann mit Hilfe von Flüssigkeiten (Salzsäure auf Soda), ferner mit Hilfe eines Gases (Chlor) erläutert. Es folgt weiter die Zusammensetzung der Luft, eine Übersicht über die Oxyde, Verbrennung, Flamme, chemische Übersicht über die Sulfide nebst Verwandlung von Sulfiden und Oxyden ineinander, schliesslich eine systematisch geordnete Zusammenstellung der Ergebnisse. Die Behandlung des mineralogischen Stoffes ist derartig, dass die Mineralien an geeigneten Stellen dem chemischen Gange einfach angeschlossen werden; so folgen Steinsalz und Flussspat hinter den Chlorverbindungen, die Schwefelerze hinter den Versuchen über Oxyde und Sulfide. Die Krystallographie ist mit den Mineralien im Zusammenhange behandelt, beispielsweise das reguläre System beim Diamanten, und es wird die Naumannsche Bezeichnungsweise angewendet.

Die II. Stufe, welche als „Einführung in die streng wissenschaftliche Chemie und weiterer Ausbau der Mineralogie“ bezeichnet wird, giebt nach Behandlung des Wasserstoffs und der Haloide (Kap. 1 und 2) eine Ableitung des Gesetzes der constanten und der vielfachen Verhältnisse, darauf die Atomenlehre und die Wertigkeit, woran die „Richtigstellung der Formeln und Formelgleichungen“ des ersten Teiles geknüpft wird. Die folgenden Kapitel behandeln die Umwandlung binärer Verbindungen in einander, die Hydrate (worunter wie bei Arendt hauptsächlich die Metallhydroxyde verstanden werden), die Säurehydrate, sowie die Hydrate unter den Mineralien. Die letzten Kapitel beschäftigen sich mit den Salzen.

Dass wir es in beiden Leitfäden mit einer gründlichen Arbeit zu thun haben, sei vorweg bemerkt, obgleich Ref. in wichtigen methodischen Punkten die Ansichten des Verfassers nicht teilen kann. Besonders wertvoll erscheinen die mannigfaltigen culturhistorischen Bemerkungen, z. B. über das Vorfinden der Metalle seitens der Urvölker, wodurch dem Schüler der Stoff in anziehender Weise nahegelegt wird. Was den chemischen Gang im allgemeinen betrifft, so bekennt der Verfasser ganz offen, dass seine Lehrgänge „in ihrem chemischen Teile im wesentlichen auf Arendtscher Grundlage beruhen, ja stellenweise wörtlich den Arendtschen Büchern entnommen sind“. Bei dem Wert, den die Bücher des genannten Autors besitzen, ist diese Folgeleistung nichts Ungewöhnliches, auch bietet der Verfasser daneben noch genügend viel Eigenes. So verfolgt er in I, Kap. 2 am meisten eigene Bahnen; die Berücksichtigung des Aggregatzustandes der aufeinander wirkenden Körper ist ein wichtiger Punkt der Methodik des grundlegenden chemischen Unterrichts, worüber nur wenig Vorarbeiten vorliegen. Freilich wird die dortige Verwendung von Stoffen, deren chemische Zusammensetzung an dieser Stelle ganz dunkel bleibt, nicht allgemeinen Beifall finden; auch ist der Verfasser in der Wahl einiger Versuche nicht glücklich. Es ist weiter hervorzuheben, dass das Wasser und der Wasserstoff im I. Teil übergangen und erst im II. behandelt werden. Dies hat u. a. den Vorteil, dass auch der II. Stufe noch einige interessante Körper vorbehalten bleiben. Andererseits erscheint die Frage berechtigt, ob es zweckentsprechend ist, die von der Unterstufe (aus U II) abgehenden Schüler ganz ohne Kenntnis der Zusammensetzung des Wassers zu lassen. Eine ähnliche Frage erhebt sich gegenüber dem Umstande, dass im I. Teile nur Qualitatives geboten wird und die grosse Klärung, welche in die chemischen Erscheinungen durch Betrachtung der quantitativen Seite gebracht wird, erst der II. Stufe vorbehalten ist. Für die I. Stufe erwächst daraus auch der Nachteil, dass erst vorläufige Formeln — in deren Aufstellung der Verfasser allerdings geschickter als Arendt verfährt — gegeben werden, z. B.  $\text{CaSO}$  für Gyps,  $\text{CO}$  für Kohlensäure, der Schüler später also unlernen muss.

Von Einzelheiten seien bemerkt: In der Einleitung, in der es unternommen wird, auf 2 Seiten die wichtigsten Begriffe der dynamischen Geologie zu entwickeln, wird von der Hypothese, dass der „Erdkern glühend-flüssig“ sei, behauptet, dass sie „allgemein als richtig anerkannt wird“. Es ist darauf hinzuweisen, dass nach den neueren Anschauungen diese zu Humboldts Zeiten allgemein verbreitete Annahme mehr als unwahrscheinlich ist. Jedenfalls aber ist es unzulässig, den ganz hypothetischen „flüssigen Erdkern“ sogleich als „Vorbild“ für den flüssigen Aggregatzustand hinzustellen (I, S. 1). Wenn nach der Aufzählung der Metalle „Einige nichtmetallische feste Bestandteile der Erdrinde“ (I, 11) gegeben werden, so erscheint es nicht gerechtfertigt, hier den Phosphor einzufügen, der nur in Verbindungen vorkommt. Der „meiste“ Gussstahl wird nicht dadurch aus dem Roheisen gewonnen, dass man „einen Teil des C entfernt“ (I, S. 60), sondern dass man möglichst den ganzen

entfernt und kohlenstoffreiches Eisen in bestimmtem Prozentsatz zuführt. Dass das Fluor das Chlor „aus dessen Verbindungen austreibt“, (I, 23) ist an dieser Stelle eine verfrühte Begriffsaufstellung. Das methodische Bestreben, „die chemische Verbindung von Stoffen unter Mitwirkung eines sichtbaren Gases“ zu zeigen, führt zu dem Nachteil, dass das Chlor ganz unvermittelt durch einen an der Stelle unverständlichen Versuch gewonnen wird (I, 21). Den „Strich“ der Mineralien gelegentlich der Braunkohle zu erläutern, ist wenig glücklich. Es erscheint auch verfehlt, den Begriff der „Dimorphie“ (I, 13) vor der ersten Einführung in die mathematische Natur einer Krystallgestalt zu erläutern, denn dieser Begriff kann füglich nur verstanden werden, wenn erkannt ist, was ein Krystallsystem bedeutet. Die Aufstellung besonderer „Erläuterungen“ sowie die „Zusammenstellung erläuterter Grundbegriffe“ muss übrigens als eine Anlehnung an die Vogelsche Methodik bezeichnet werden. Die Bemerkung, dass der H sich „mit den Metallen z. B. gar nicht“ verbinde (II, 6), ist nicht zutreffend. Bei der Leichtigkeit, mit der sich Ammoniumamalgam herstellen lässt, wäre es zweckmässig gewesen, den Versuch zu beschreiben oder wenigstens zu demselben aufzufordern (II, 76). Die Erscheinung, dass sich ein Atom (eines mehrwertigen Elementes) mit 2 oder mehr Atomen eines anderen Elementes verbinden könne, durch den Hinweis auf „Mono-, Bi- und Polygamie“ zu verdeutlichen (II, 25), erscheint für den Schulunterricht etwas gewagt. Schliesslich kann Ref. nicht verschweigen, dass die Auseinandersetzungen in der Stylistik häufig etwas Schleppendes haben, wozu einmal die reichliche Verwendung von pleonastisch gehäuften Partikeln beiträgt, ferner aber der Umstand, dass der Verfasser vielfach die ihn bei Einzelheiten leitenden Gedanken noch eigens ausdrückt, anstatt die Sache für sich sprechen zu lassen.

Im allgemeinen möchte Ref. dem II. Teil einen grösseren Wert zusprechen als dem I., der schon durch das im Anfang gegebene zu viele und bunte Detail den Anforderungen einer strengeren, wirklich einfach aufbauenden Methodik nicht immer genügt. Es soll aber wiederholt werden, dass beide Leitfäden eine gründliche und wertvolle Arbeit darstellen, welche der Beachtung der Fachgenossen, insbesondere derjenigen, welche Freunde Arendtscher Methodik sind, durchaus zu empfehlen ist.

O. Ohmann.

### Programm-Abhandlungen.

**Die Theorie der Trägheits- und Centrifugal-Momente ebener Figuren in elementarer Darstellung.**  
Von Friedrich Kosch. Kgl. Oberrealschule zu Breslau. Ostern 1895. Pr. No. 225.

Die Theorie der Momente zweiten Grades der ebenen Figuren, welche für zahlreiche Aufgaben der Mechanik von nicht geringer Bedeutung ist und vielfache schöne Anwendungen der Lehre von den Curven zweiter Ordnung gestattet, ist möglichst elementar behandelt. Die Beziehungen der Theorie zu der graphischen Statik sind hervorgehoben, und die schöne Theorie von Reye über den Ersatz eines ebenen Massensystems durch drei Massenpunkte ist möglichst einfach entwickelt. Die Arbeit, deren Rechnungen durch zahlreiche gute Figuren erläutert werden, ist sicher geeignet, bei Primanern einer Oberrealschule das Interesse an der angewandten Mathematik zu beleben. Der Verfasser wollte durch seine Abhandlung auch jüngere Berufsgenossen anregen, sich weiter mit diesem interessanten Gegenstand theoretisch zu beschäftigen. Wünschenswerter jedoch ist es, dass in erster Reihe die auf Versuchen begründete Behandlung der Trägheitsmomente in der Schule weiter gefördert wird.

Hahn-Machenheimer.

**Messungen des normalen Potentialgefälles der atmosphärischen Elektrizität in absolutem Maasse.**  
Von E. Kischer. Herzogl. Realgymnasium zu Saalfeld. 1895. Pr. No. 734.

Durch die bekannten Arbeiten von Elster und Geitel wurde der Verfasser veranlasst, sich an den Untersuchungen über die Schönwetter-Elektrizität zu beteiligen und vom Juli 1893 bis Ende August 1894 eine fortlaufende Reihe von Messungen des normalen Potentialgefälles in Meiningen vorzunehmen. Er beschreibt in dem ersten Teile seiner Arbeit genau Ort und Verfahren der Beobachtungen und stellt die Ergebnisse seiner Messungen in Tabellen und Diagrammen übersichtlich dar. In dem anderen Teile discutiert er sein Beobachtungsmaterial, indem er zunächst sorgfältig die erkannten Störungen bespricht und dann eingehend die jährliche und die tägliche Änderung des Potentialgefälles untersucht, wobei er von den vielen Theorien der Luftpotelektrizität nur die von Exner, Arrhenius und Sohneke berücksichtigt. Die sehr mühselige und fleissige Arbeit wird von Allen, die sich mit dem so schwierigen Gebiet der Luftpotelektrizität beschäftigen, mit Dank und Anerkennung aufgenommen werden. Der Verfasser hat, um die häufige Anwendung von Fussnoten zu vermeiden, der Arbeit ein alphabetisches Verzeichnis der Werke und Abhandlungen beigegeben, die in Beziehung zu vorliegendem Programm stehen. Dieses Verfahren ist nicht zu billigen, denn es erschwert dem Leser die Auswertung der Arbeit.

Hahn-Machenheimer.



## Versammlungen und Vereine.

### 67. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Lübeck.

16. bis 21. September 1895.

Verhandlungen der physikalischen (und chemischen) Abteilung:

1. Herr SVANTE ARRHENIUS (Stockholm) sprach über elektrische Spitzenwirkung. Aus der durch Torsion gemessenen Reaktion eines elektrischen Flugrades wurde dieselbe bestimmt, während die Elektrizitätsmenge, der Druck und die Natur des Gases variiert wurden. Die Reaktion war für negative Elektrizität kleiner als für positive und zeigte sich proportional dem Gasdruck und der Quadratwurzel aus dem Molekulargewicht.

2. Herr PAULSEN (Kopenhagen) entwickelte seine (auch in den Schriften der Königl. dän. Akademie der Wissenschaften 1894 und 95 dargelegten) Ansichten über das Polarlicht. Dasselbe ist hiernach ein durch Absorption von Strahlen hervorgebrachtes Fluoreszenzlicht. In Übereinstimmung damit befindet sich die Beobachtung, dass ruhende Polarlichter keine Wirkung auf die Magnetnadel ausüben, ferner, dass Kathodenstrahlen nicht auf die Stellung eines freihängenden Magneten wirken (Hertz), dass die durch Kathodenstrahlen fluoreszierende Luft für Elektrizität gut leitend ist (Lenard). Demnach sind die elektrischen Ströme nicht Ursache, sondern Folge der Polarlichter. Die wolkenförmigen Polarlichter sind wirklich Wolken, vom Polarlicht gebildet, denn bei der Absorption der Kathodenstrahlen entsteht Ozon, das die Nebelbildung veranlasst. Als erste Ursache der Erscheinung wird die Sonnenstrahlung angesehen.

3. Eine gemeinsame Sitzung vereinigte die mathematische, physikalische und chemische Abteilung zur Debatte über Energetik. Die Vorbereitung und Einleitung derselben hatte Herr HELM (Dresden) übernommen und ein Auszug dieser Einleitung „Überblick über den derzeitigen Zustand der Energetik“ war vorher als Beilage zu Wiedemanns Annalen veröffentlicht. Die dort gegebene Form des Energieprinzips wurde stark angefochten, besonders von Boltzmann (Wien) wegen der Art, wie daraus die Grundgleichungen der Mechanik hergeleitet wurden. Überhaupt erhob derselbe entschiedenen Widerspruch gegen die von Ostwald später in der 3. allgemeinen Sitzung vorgebrachten Ansichten. Eine Einigung wurde auch bei der Fortsetzung der Debatte, in der die energetische Anschauung nur von Ostwald (Leipzig), von Öttingen (Leipzig) und Helm (Dresden) verteidigt wurde, nicht erzielt.

4. Herr SCHÜTZ (Göttingen) sprach über eine verwandte Gruppe thermodynamischer, elektrodynamischer und astrophysikalischer Thatsachen. Den Ausgangspunkt der Betrachtungen bildete die Annahme, dass der auf eine Fläche wirkende Druck als die Summe des Gewichtes der senkrecht darüber befindlichen Luft plus dem Druck eines wägbaren Gases, das den Raum erfüllt, angesehen wird.

5. Herr SOMMERFELDT (Göttingen) führte aus, dass eine exakte Behandlung von Diffraktionsproblemen durch Integration in Riemannschen Räumen oder auf Riemannschen Flächen möglich sei. (Vergl. Math. Ann. B. 47.)

6. Herr ESCHENHAGEN (Potsdam) schlägt vor, zur Aufsuchung der störenden Kräfte, welche die Variationen des Erdmagnetismus bewirken, monatlich zweimal an vielen Stationen Terminstunden innezuhalten, an welchen von 5 zu 5 Sekunden am Bifilarmagnetometer beobachtet werden soll. Aus derartigen synchronen Beobachtungen werde sich die kosmische oder lokale Natur der Störungen ergeben.

7. Herr KNIPPING (Hamburg) verbreitet sich über die Entwicklungsgeschichte der Cyclone in subtropischen Breiten nach Beobachtungen auf den Liukiu-Inseln. Die Taifune entstehen durch langsame Druckabnahme über einem grossen Gebiet, doch verhindert die Reibung, welche die Luft am Lande erfährt, das Anwachsen der Luftgeschwindigkeit. Daraus wird erklärt, dass die Cyclone nur südlich von Japan vorkommen.

8. Herr WEBER (Kiel) gab eine neue Methode zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes an. Ein mit Quecksilber gefüllter Kupfercylinder wird durch ein entgegengewirkendes Drehungsmoment gehindert, an der Rotation eines rotierenden magnetischen Feldes, eines Drehstromfeldes, teilzunehmen, in welches derselbe gebracht ist, er erwärmt sich deshalb. Die Temperaturzunahme, das Drehungsmoment und die Zahl der Umdrehungen werden gemessen.

9. Herr v. BEBBER (Hamburg) machte Vorschläge zur Verbesserung des Sturmwarnungswesens an der deutschen Küste. Zur Förderung der Wetterprognose wurde eine weitere Ausdehnung des Nachrichtendienstes auf den atlantischen Ocean bis nach Südgrönland und den Azoren und Einführung telemeteorographischer Apparate mit Anschluss nach der Centralstelle gefor-

dert. Für die Allgemeinheit nutzbar sollen die Prognosen werden durch Beschleunigung der Nachrichten von der Centralstelle an alle Stationen nach dem amerikanischen (circuit-) System, wonach eine Depesche alle hinter einander geschalteten Stationen auf einmal durchläuft. Ferner soll durch Herausgabe eines Wetteratlas, der die Haupttypen der Witterungslage in numerierten Karten enthält, die Möglichkeit geschaffen werden, durch (telegraphische) Angabe der Nummer der Karte die Witterungslage kurz zu kennzeichnen.

10. Herr SVANTE ARRHENIUS (Stockholm) sprach über die Erklärung von Klimaschwankungen in geologischen Epochen (Eiszeit, Eocänzeit) durch gleichzeitige Veränderung des Gehaltes der Luft an Kohlensäure. Aus der Betrachtung der Absorptionscoefficienten des Wasserdampfes und der Kohlensäure für verschiedene Wärmestrahlen wurde gefolgert, dass die Temperatur der Erdoberfläche mit dem Kohlensäuregehalte der Luft zu- oder abnehmen müsse. In tabellarischer Darstellung wurde als Resultat der Rechnung gezeigt, dass zur Hervorbringung einer Eiszeit (Durchschnittstemperatur 4—5° C.) der Kohlensäuregehalt der Luft auf 0,6 des jetzigen Betrages sinken müsste.

11. Herr NEUMAYER (Hamburg) entwickelte den deutschen Plan für die wissenschaftliche Erforschung der Süd-Polarregion vor den Teilnehmern der physikalischen, geographischen, botanischen und zoologischen Abteilung.

12. Herr J. R. RYDBERG (Lund) bezeichnete als ein neues Forschungsgebiet der physikalisch-chemischen Wissenschaft eine planmässig unter Teilnahme möglichst vieler Physiker und Chemiker durchzuführende Bestimmung aller der Eigenschaften sämtlicher Grundstoffe, welche sich als Funktionen des Atomgewichtes darstellen lassen, z. B. Dichte, Härte, Schmelzpunkt, Elasticität, Ausdehnungscoefficient, Atomwärme. Auf Grund einer solchen vollständig durchgeführten Untersuchung werde es möglich werden, die Atomkräfte zu berechnen, welche die Periodicität jener als Funktionen des Atomgewichtes darstellbaren Grössen veranlassen.

13. Herr V. MEYER (Heidelberg) berichtet über die andauernde Einwirkung schwacher Erhitzung auf Knallgas. Dadurch, dass in Gefässen eingeschmolzenes Knallgas durch tagelange Erhitzung über 300° (in Dampfe von Quecksilber, Phosphorpentachlorid, Schwefel und anderen geeigneten Flüssigkeiten) bis zu 50 % in Wasser übergeführt wurde, scheint der Beweis geliefert, dass auch bei niedrigeren Temperaturen in langen Zeiten Wasser sich aus seinen Elementen zu bilden vermöge.

14. Herr J. TRAUBE (Berlin) sprach über die Atomvolumina der Elemente: Atom- und Molekularverbindungen.

15. Herr KÜSTER (Marburg) trug über den Verlauf einer umkehrbaren Reaktion erster Ordnung in homogenem System vor.

16. Herr E. WIEDEMANN (Erlangen) sprach über Luminescenz.

17. Herr WIEN (Würzburg) sprach über die Magnetisierung durch Wechselstrom und über die Polarisation durch Wechselstrom.

18. Herr AHLBORN (Hamburg) zeigte einen Apparat zur Bestimmung des Luftwiderstandes gegen verschieden gestaltete schräge Flächen vor. Eine beliebig schräg zu stellende, um eine Seite drehbare (rechteckige) Platte wurde mittelst eines grossen Rotationsapparates verschiedenen Windgeschwindigkeiten ausgesetzt. Dann wurde an der anderen Seite ein Contact eines Registrierapparates geschlossen, sobald der Luftstrom eine gewisse Geschwindigkeit hatte. — Derselbe gab eine Erklärung des Segelfluges der Vögel, bei welchem das Tier ohne Flügelschläge Kreise oder Kurven beschreibt. Eine solche Kreisbahn wurde als aus einem convex gegen den Wind gewendeten „Luvbogen“ und einem concaven „Leebogen“ bestehend betrachtet. Der erstere Bogen muss durch die Lage der Flügel zum Winde den Antrieb geben, damit der Vogel im Leebogen dem Winde vorausseilend umkehren kann. Dabei wird die Gefahr des Rückenwindes durch ansteigenden Flug vermieden.

19. Fräulein MALTBY (Boston) erörterte die theoretische Grundlage der von ihr angewandten Methode zur Bestimmung der Länge elektrischer Wellen. — 20. Herr NERNST (Göttingen) sprach über dielektrische Messungen. Beide Vortragenden verwenden einen Condensator, welcher zwischen zwei Verzweigungspunkten der Brücke eingeschaltet wird, und Wechselströme sehr hoher Frequenz.

21. Herr EBERT (Kiel) teilte mit, dass es ihm gelungen ist, auch für elektrische Wellen den Nachweis des Satzes zu führen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen von der Amplitude unabhängig ist. Da man es hier mit längeren Wellen als bei den Lichtwellen zu thun hat, so konnten zwar die Längen nicht so sehr, wohl aber die Intensitäten in weiten Grenzen durch



Anderung der primären Funkenstrecken variiert werden. — 22. Derselbe besprach dann seine Versuche zur elektromagnetischen Theorie der Polarlichterscheinungen und der Sonnenkorona. Wenn Metallkugeln oder Cylinder, von sehr verdünnten Gasen umgeben, den Wirkungen eines starken magnetischen Feldes ausgesetzt werden, so leuchtet ihre Umgebung und zeigt strahlige Lichtbüschel. An den Polen drängen sehr dichte Kraftlinien die Lichtstrahlen beiseite. Daraus wird gefolgert, dass die Sonne die Erde mit elektromagnetischen Wellen bestrahlt, denn die Strahlen der Korona folgen in der That den magnetischen Kraftlinien. Die gleiche Annahme erklärt auch die Korona der Sonne. — 23. Zur objektiven Darstellung der Hertz'schen Versuche gab derselbe Redner an, dass eine Entladungsröhre mit langen Aluminiumelektroden in einen Hertz'schen Resonator statt der Funkenstrecke eingeschaltet werden kann. Dieselbe leuchtet auf, wenn der Resonator auf elektrische Wellen anspricht. Ferner reichte der Vortragende Spiegelglasstreifen mit einem sehr feinen durch eine Nadelspitze erzeugten Ritz in der Mitte (Rhigische Resonatoren) umher, welche den Beobachtern, welche mit elektrischen Strahlen bestrahlt werden, in die Hand zu geben sind. Sie zeigen durch Funken an, dass sie der Schwingungsrichtung parallel gehalten werden.

24. Herr RYDBERG (Lund) skizzierte kurz den theoretischen Ausgangspunkt seiner Untersuchungen über das System der Spektralserien.

25. Herr SCHERING legte Skalen-Photographien vor. Der Vortragende hat die Aufgabe gelöst, zu einem Magnetometer eine photographische Registrierung herzustellen, bei welcher alle 10 Sekunden das Bild der Skala mit Nonius und Faden und dabei die Zeit photographiert wird. Die wenig über 1 qmm grossen Einzelbilder werden durch ein Mikroskop mit gerader Durchsicht betrachtet.

26. Herr W. KÖNIG (Frankfurt a. M.) legte Photographien vor, welche Interferenzerscheinungen bei Glasplatten, die transversale Schwingungen machen, darstellen. Je nachdem die Doppelbrechungserscheinungen in den Knoten oder den Bäuchen beobachtet wurden, zeigten sich andere Streifen. — 27. Derselbe erläuterte einen elektromagnetischen Rotationsapparat, bei dem die Wirkung des Stromes auf einen Pol sicher ausgeschlossen ist.

In der zweiten allgemeinen Sitzung sprach Herr VICTOR MEYER (Heidelberg) über „Probleme der Atomistik.“

Ohne weiter auf den Streit um die Materie einzugehen, entwickelte der Vortragende ein Zukunftsbild, wie man die jetzigen Atome weiter zu zergliedern versuchen könnte, indem man sie mit den Verbindungen der organischen Chemie vergleicht.

Nachdem die ältesten Versuche, die Atome als verdichteten Wasserstoff aufzufassen, dadurch widerlegt waren, dass einzelne Atomgewichte (*Ag, Cl*) gewiss keine Multipla des Wasserstoffes darstellen, ergaben sich neuerdings Thatsachen, die zu weiterer Untersuchung anregten. Einmal hat man Triaden von Metallen (zuerst *Li, Na, K* und *S, Se, Te*) aufgefunden, deren Atomgewichte sich um einen constanten Wert unterscheiden (z. B.  $7 + 16 + 16$ ), so dass sich z. B.  $Na = Li + x$  auffassen lässt. Gestützt wird diese Hypothese durch die Betrachtung der homologen organischen Säuren, z. B. unterscheiden sich die Ameisen-, Essig- und Propionsäure (46, 60, 74) durch die  $CH_2$ , entsprechende Constante 14. Ähnliche, freilich diese Triaden oft anders ordnende Schlüsse ergeben sich aus dem Mendeleeff- und Meyerschen periodischen System. Endlich hat das spektralchemische Ergebnis, dass ein Spektrum von *Na, Li, Tl* ein Dreilinienspektrum giebt, welches einem aus mehreren Linien bestehenden Spektrum eines Elementes ähnlich ist, dazu geführt, dass Rydberg nachweisen konnte, dass die Spektrallinien eines Elementes gesetzmässig, wie die optischen Obertöne eines Grundtones gelagert sind.

Die Untersuchungen über eine weitere Zerlegbarkeit der Atome haben nun analytisch und synthetisch zu geschehen.

Analytisch wurde zuerst versucht, die Dämpfe der flüchtigen Elemente durch Erhitzung zu zerlegen. Obgleich H. St. Claire-Deville bei Jod ein negatives Resultat erhalten hatte, hat der Vortragende nach eigener Methode, die Erhitzung bis zu  $1700^\circ$  gestattete, die Dampfdichte von Jod bei  $1400^\circ$  auf die Hälfte gebracht, also das Jodmolekül in die freien Jodatome getrennt. Ähnliches liess sich dann mit *Cl* und *B* erreichen, dagegen wurden *O, N, S, Hg, Zn* unverändert gefunden. Zu der beabsichtigten Fortsetzung dieser Untersuchungen gilt es, Gefässe zu beschaffen, die über  $1700^\circ$  noch feuerbeständig und gasdicht bleiben. Schon ist es dem Vortragenden gelungen, einen Ofen herzustellen, der nur *Ca* und *Ir* ungeschmolzen lässt, und es ist zu erwarten, dass die Versuche, genügend grosse Gefässe aus Platiniridium oder aus Graphit gasdicht herzustellen, ebenfalls erfolgreich sein werden. Dann sollen die Elemente *Hg, Cd, Zn, J*, welche nur ein Atom im Molekül haben, der Probe unterworfen werden, ob wir schon bei den letzten Elementen angelangt sind.

Bei den synthetischen Arbeiten auf diesem Gebiete ist von den Körpern auszugehen, welche den Charakter von Elementen besitzen. Als solcher bietet sich durch seinen Anschluss an die Alkalimetalle zuerst Ammonium dar, des weiteren Phosphonium, Sulphonium. Wenn man das Wesen der alkalischen Metalle im gegensätzlichen Verhalten ihrer kohlensauren Salze und Oxyde zu dem Verhalten der entsprechenden Verbindungen der Schwermetalle sieht, so vereinigt das Thallium die Eigenschaften der Schwermetalle mit der Alkalität. Ferner wird sich in diesen Untersuchungen die Aufmerksamkeit besonders auf die neu entdeckten Jodoniumbasen (aus Jod, Phenyl und Hydroxyl) wenden müssen.

Eine so geleitete Prüfung der Hypothese von der Zusammensetzung der Elemente verspricht auch Licht über die Begriffe der Valenz und der Affinität zu verbreiten.

In der dritten allgemeinen Sitzung sprach Herr W. OSTWALD (Leipzig) über die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus<sup>1)</sup>.

Der Vortrag zeigte durch die Zergliederung der mechanistischen Anschauung, als welche der wissenschaftliche Materialismus bezeichnet wurde, und durch die synthetische Begründung der demselben entgegengestellten energetischen Lehre, in welcher Richtung sich zur Zeit die physikalische Wissenschaft in bezug auf die grundlegendsten Hypothesen bewegt. Das Wesentliche bei der Aufstellung der Naturgesetze sei, dass wir eine Invariante aufstellen, die bestehen bleibt, wenn sich die beobachteten Grössen in gegebenen Grenzen ändern. Eine solche Invariante war der Begriff der Masse, den man zunächst auf die astronomischen Gesetze mit Erfolg angewandt und dann auch auf die Chemie übertragen hat. Dadurch ergaben sich aus der Masse die Begriffe des Volumens, des Gewichtes und der chemischen Reaktionsfähigkeit, endlich das Gesetz der Erhaltung der Masse oder der Materie — der Materialismus. Aber gerade die chemischen Vorgänge zeigen, welche hypothetischen Momente dadurch in die Theorie gebracht sind. Auch bei ihnen soll die Materie erhalten bleiben, Wasser soll noch *H* und *O* sein, und doch hat das Wasser ganz andere Eigenschaften, als die constituierenden Materien. Der Verfolg dieser Erscheinungen zeige, dass es unmöglich sei, die Unveränderlichkeit der Materie gegenüber der Veränderlichkeit der Welt zu halten.

Als zweite Invariante wurde schon von Galilei der Kraftbegriff eingeführt. Durch die Begriffe der Masse und der Kraft stellte er die Fallgesetze, nach ihm Newton verallgemeinernd die wichtigsten astronomischen Probleme dar. Durch diesen Erfolg wurde die Ausdehnung derselben Prinzipien auf die Welt im Kleinen, die Entstehung der mechanistischen Anschauung hervorgerufen, die schliesslich in der Laplaceschen Idee der allgemeinen Weltformel gipfelte. Während man nun, die hypothetische Natur der Prinzipien mehr und mehr vergessend, die mechanischen Bilder der Erscheinungen immer weiter ausarbeitete, stiess man immer wieder auf Fälle, in denen sich das Bild mit der Thatsache nicht deckte. Besonders lehrreich sei in dieser Hinsicht die Entwicklung der Optik von Newton bis zur Äthertheorie und von da bis zur elektromagnetischen Theorie geworden. Daraus, dass die mechanischen Gleichungen die Eigenschaft haben, richtig zu bleiben, gleichgültig, ob man der Zeitgrösse das + oder — Zeichen giebt, dass es also in dieser Darstellung der Erscheinungen nicht, wie in der Wirklichkeit ein Früher oder Später giebt, zog der Vortragende den Schluss, dass die physische Welt nicht durch die Mechanik der Atome zu erklären sei.

Wenn wir nach einem Ersatz für die unbaltbar gewordene ältere Theorie suchen, so bietet er sich in der keineswegs neuen energetischen Anschauung dar. Als Ursprung derselben ist die Entdeckung der Äquivalenz der Energieformen durch J. R. Mayer anzusehen. Freilich kam die Erkenntnis nicht rein, manches, was seine Nachfolger von den vorhandenen Ansichten hineintrugen, musste erst abgestreift werden. Wollen wir einen Vorgang beobachten, so ist notwendig, dass ein Energieübergang von der Aussenwelt auf eines unserer Sinnesorgane geschehe. Von der Welt erfahren wir also nur etwas durch Unterschiede in den Energiezuständen. Nun habe man bisher stets die Materie als notwendigen Träger der Energie vorausgesetzt, stets gemeint, die Materie sei wirklich und die Energie gedacht, und doch sei es gerade umgekehrt: von der Materie erfahren wir nichts, wir beobachten nur Umformung der Energie. Auch die Form der Körper erfahren wir nur durch die Energie, diese bleibe also jetzt als einzige Invariante übrig. Der Vorteil dieser Anschauung, von weiteren Hypothesen frei zu sein, zeige sich auch darin, dass nun keine Atome mehr anzunehmen seien, sondern nur Grössen, die für uns messbar sind, und dass alle Gleichungen, welche die Gebiete der Physik verbinden, nur Gleichungen zwischen mehreren Energiegrössen werden.

Zum Schlusse wies der Vortragende darauf hin, dass, wenn auch die energetische Anschauung

<sup>1)</sup> *Ann. d. Red.* Man vergl. hierzu die Diskussion in der physikalisch-chemischen Abteilung No. 3, sowie die Anzeiger von Ostwalds Rede und von Poincarés Optik in diesem Heft S. 41.



nötig und brauchbar sei, es doch schon jetzt auf einigen Gebieten zweifelhaft bleibe, ob sie zur Erklärung der Erscheinungen zureichend sei. Dann aber dürfe behauptet werden, dass das Energieprinzip vielleicht als besonderer Fall eines noch unbekannteren allgemeineren Prinzips bestehen bleiben werde.

K. Freund, Lübeck.

### Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

*Sitzung vom 30. November 1894.* Herr E. Aschkinass sprach über den Einfluss elektrischer Wellen auf den galvanischen Widerstand metallischer Leiter. Ein Leiter, der in eine Wheatstonesche Combination eingeschaltet war, wurde einer elektrischen Strahlung ausgesetzt. Ein Stanniogitter von 30 Ohm Widerstand erfuhr hierbei eine bleibende Widerstandsänderung, die im Maximum etwa 2% betrug und durch Erwärmen oder leichte mechanische Erschütterung wieder aufgehoben wurde. Die Wirkung trat selbst ein, wenn Schutzvorrichtungen gegen die Strahlung vor den Leiter gestellt wurden, daher war die Erscheinung dadurch bedingt, dass die Zuleitungsdrähte die Wellen auffingen und zu dem Widerstande hinleiteten, was durch weitere Versuche bestätigt wurde. Die beobachtete Widerstandsänderung erwies sich als ein überaus empfindliches Reagenz für elektrische Schwingungen. Sie trat auch bei Eisen-, Platin- und Silberdrähten im Betrage von 1 bis 3% hervor. Der Vortragende bringt die Erscheinung mit den schon länger bekannten Widerstandsänderungen von Selen und Tellur durch das Licht in Zusammenhang, sowie mit den Widerstandsänderungen durch Magnetisierung. Bei den Versuchen diene als Wellenerreger eine nach Angabe von A. Kundt modifizierte Form des Righischen Primärapparates. — Herr Th. Gross machte Mitteilungen über die Elektrolyse des Silbersulfates.

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

*Sitzung am 25. Februar 1895.* Herr K. Geissler führte mittels einer Reihe von neuen Apparaten Versuche über die Zusammensetzung von Schwingungen und über Schwebungen vor. Vgl. d. Zeitschr. VIII 304.

*Sitzung am 11. März 1895.* Herr Archenhold zeigte ein Modell, mit dem man die Entstehung von Ebbe und Flut veranschaulichen kann. Hieran schloss sich eine Besprechung über die zweckmässigste Art, Ebbe und Flut im Unterricht zu behandeln.

*Sitzung am 6. Mai 1895.* Herr K. Geissler hielt einen Vortrag über die Verwertung der Einbildungskraft im physikalischen Unterricht. Er bestimmte dabei eingehend die Grenzen, innerhalb deren die Einbildungskraft in Anspruch genommen werden darf, und erläuterte seine Ausführungen an einer Reihe von Beispielen aus seiner Unterrichtserfahrung. Hieran schloss sich eine längere allgemeine Besprechung an.

*Sitzung am 20. Mai 1895.* Herr P. Spies zeigte eine sehr einfach gebaute Luftpumpe, welche auf einer Verbindung einer Kolbenluftpumpe mit einer Quecksilberluftpumpe beruht. Vgl. d. Zeitschrift VIII 363. Derselbe zeigte eine aus Franklinschen Tafeln aufgebaute Leydener Batterie von grosser Capacität.

*Sitzung am 10. Juni 1895.* Herr M. Koppe hielt einen Vortrag über die Anwendung der darstellenden Geometrie auf die Astronomie. — Herr F. Körber zeigte farbige Stereoskopbilder und demonstrierte den schwarzen Strich, der in der Rotationsachse eines sich rasch drehenden weissen Ringes zu sehen ist.

*Sitzung am 24. Juni 1895.* Herr R. Lüpke hielt einen Vortrag mit zahlreichen Versuchen über Darstellung und Eigenschaften des Acetyläns und über die neuesten Fortschritte in der Gasbeleuchtung.

*Sitzung am 19. August 1895.* Herr Gleichen sprach über neue Fernrohrkonstruktionen und zeigte mehrere von ihm und Biese erfundene Doppelfernrohre mit veränderlicher Vergrößerung vor.

*Sitzung am 9. September 1895.* Herr Scholz demonstrierte ein objektives Spiegelgalvanometer, das er nach dem Vorbild des Instrumentes von du Bois-Reymond für Schulzwecke hat anfertigen lassen. Ersetzt man die Rollen des Instrumentes durch einen Magneten, so kann es als objektives Magnetometer benutzt werden. Es zeigt die Schwankungen der Deklination und Intensität in zehnfacher Vergrößerung.

### Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

*Sitzung am 4. Mai 1895.* Herr Univers.-Professor V. v. Lang führte Versuche mit einem Quadrantenlektrometer vor. U. a. wurde unter Benutzung einer Probekugel die Verschiedenheit der elektrischen Dichte an der Oberfläche einer mit einem Kegel verbundenen Kugel demonstriert. Das Cou-

lombsche Gesetz wurde mit einem wenig bekannten Apparat von Maxwell nachgewiesen: der Apparat hat die Form einer Tiegelzange aus isolierendem Stoffe, die an den Enden mit Metallscheibchen versehen ist; man bringt die geschlossene Zange an die zu prüfende Stelle des elektrischen Feldes, öffnet sie dort und bringt sie dann an die Leitung des Elektrometers; die durch Influenz geladenen Scheibchen bewirken am Elektrometer Ausschläge im Verhältnis 9:4:1, je nachdem die untersuchte Stelle des Feldes um  $a$  oder  $2a$  oder  $3a$  cm von einer geladenen Kugel absteht. Weitere Versuche betrafen die Entladung durch eine Flamme, das Potential einer Zinkplatinbatterie und dessen Anwachsen bei wachsender Zahl von Elementen, die experimentelle Begründung des Ohmschen Gesetzes und die Bestimmung von Dielektricitätsconstanten.

*Sitzung am 25. Mai 1895.* Herr M. Glöser zeigte den Weinholdschen Versuch zum Nachweis der Zusammenziehung gedehnten Kautschuks beim Erwärmen durch die Dämpfe siedenden Wassers; als empfehlenswerter, weil einwandfreier, bezeichnete er den Vorschlag von Ditscheiner, den gedehnten Schlauch in einer Drahtspirale aufzuhängen, durch die ein kräftiger elektrischer Strom geleitet wird. Derselbe führte das Peltiersche Phänomen mit Hilfe eines Atherthermoskops vor. Ferner wurde der experimentelle Nachweis (nach Poggendorff) dafür, dass bei dem Leidenfrostschens Phänomen keine Berührung zwischen Flüssigkeitstropfen und Metallfläche stattfindet, an einem Spiegelgalvanometer vorgeführt. Farbige Schatten wurden durch die gleichzeitige Beleuchtung mit einer Bogenlampe und einer Gasflamme hervorgerufen.

Das soeben erschienene 1. Heft der Vierteljahresberichte des Vereins enthält ausser Mitteilungen über Gründung, Satzungen und erste Vereinskongresse den Katalog einer Mustersammlung physikalischer Apparate (S. 26—43), aufgestellt von J. W. Rohrbecks Nachfolger in Wien unter Mitwirkung von A. Höfler und E. Maiss. Ferner bringt das Heft Notizen über zwei Apparate von Höfler, deren ausführliche Beschreibung im nächsten Heft unserer Zeitschrift erfolgen wird, sowie einige Besprechungen neuer litterarischer Erscheinungen.

### Correspondenz.

*E., Chemnitz i. S.* — Auf Ihre Anregung fügen wir zu der Mitteilung von Fr. C. G. Müller über die Anwendung des Morsetasters zu Versuchen über die galvanische Polarisation (d. Zeitschr. VIII 166) hinzu, dass die gleiche Anordnung bereits von A. Weinhold in seinen Physikalischen Demonstrationen, 1. Aufl. (1881) beschrieben worden ist.

Zu meiner Besprechung des Aufsatzes von A. Schülke „Zur Behandlung des Potentials beim physikalischen Unterricht“ (d. Jahrg. Heft V, S. 224—26) füge ich auf Wunsch des Verfassers berichtend hinzu, dass es sich bei den a. a. O. (S. 225 Z. 3 ff.) angegebenen Grundversuchen in der Hauptsache nicht um einen „Ausgleich zwischen grösserer und kleinerer Elektrizitätsmenge“ (wie a. a. O. Z. 32 gesagt ist) handelt. Es findet dabei vielmehr ein Ausgleich zwischen den Ladungen von Körpern verschiedener Ausdehnung statt, aber diese Versuche nötigen eher zur Einführung des Capacitäts- als des Potentialbegriffes; auch muss aufrecht erhalten werden, dass die Bedeutung der Versuche eben deswegen nicht klar hervortritt, weil die Einflüsse von Capacität und Elektrizitätsmenge ungeschieden bleiben. Ich constatire auch gern, im Hinblick auf die Bemerkung S. 226 Z. 9 v. u., dass der Verfasser die Definition der Einheit der Elektrizitätsmenge in der Machschen Form angegeben hat.

P.

### Anleitung zum Gebrauch der astronomischen Tafel für 1896.

Eine graphische Darstellung des scheinbaren Laufes der Planeten ist für einen auf Anschauung begründeten Unterricht in der Astronomie von grossem Nutzen, teils um die Aufmerksamkeit der Beobachtenden im voraus auf die zu erwartenden Erscheinungen hinzulenken, teils um das vereinzelt Gesehene in einem Gesamtbilde noch einmal überschauen zu lassen. Trüge man die Bahnen aller beweglichen Gestirne für einen sehr langen Zeitraum in einen Sternglobus ein, so würden sie sich vielfach um die Kugel herumwickeln und eine gewisse Zone derselben fast vollständig erfüllen. Die Mittellinie dieser Zone ist die Ekliptik, d. h. Finsternis-Linie\*), auf welcher sich alle die Punkte der Himmelskugel befinden, wo der Mond jemals stand, wenn er selbst verfinstert wurde oder wenn

\*) *ἔκλειρις* (Ausbleiben, Verschwinden) und *ἔλλειρις* (Mangel, Zurückbleiben unter der rechten Mitte, wovon der Name der Ellipse herkommt) sind verschiedene Wörter mit verschiedener Bedeutung; jenes kommt von *ἐκ-λείπω*, dieses von *ἐν-λείπω*.



eine Sonnenfinsternis stattfand. Die Erklärung der Finsternisse ergibt, dass jene Linie genau die jährliche Bahn der strahlenden Sonne darstellt, die demnach auf ähnliche Weise festgestellt worden ist wie die tägliche Bahn mittelst der Schattenspur.

Die Karte I stellt die Sterne erster bis vierter Grösse nördlich und südlich von der Ekliptik bis zu  $30^\circ$  Breite dar. Jeder Stern ist zunächst, indem man seinen bogenförmigen Abstand von der Ekliptik in eine gerade Tangente der Kugel verwandelte, auf einen Cylinder versetzt worden, der die Kugel längs der Ekliptik berührt, der Mantel desselben ist dann aufgeschnitten und ausgebreitet worden. Je ein Grad des Kugelumfanges, nach Länge oder Breite, ist durch eine Strecke von 1 mm dargestellt. Nur die Örter der Sonne sind in die Sternkarte selbst eingezeichnet, der Monatstag ist unmittelbar hinzugefügt, der Name des Monats findet sich am unteren Rande der Karte. Die Bahnen der Planeten mussten in besondere Wiederholungen der mittleren Zone des Hauptnetzes (Karte III bis VII) gezeichnet werden, da sie sich sonst wie Wagengeleise auf derselben Strasse verwirren würden. Es wird leicht sein, jeden Planeten-Ort senkrecht aufwärts in den identischen Ort der Sternkarte zu verschieben. Das Zeit-Intervall der auf den Bahnen hervorgehobenen Punkte beträgt 8 Tage für die Sonne, Merkur und Venus, 16 Tage für Mars, 32 Tage für Jupiter und Saturn. Bei den äussersten Planeten Uranus und Neptun sind nur die Stillstandspunkte hervorgehoben.

Die Karte I lässt erkennen, welches die sechs Sternbilder des Tierkreises sind, die bald nach Sonnenuntergang sichtbar werden, diese stehen links von dem Orte der Sonne. Rechts von ihr stehen die Sternbilder derjenigen Hälfte des Tierkreises, die kurz vor Sonnenaufgang über dem Horizont steht. Aus derselben Karte lassen sich auch die Deklinationen der in ihr enthaltenen Fixsterne oder der in sie hineinverlegten Planeten-Orte bestimmen, indem man von ihnen eine Normale zu dem Aquator zieht und sie nach mm ausmisst; so findet man als Deklination von  $\iota$  im grossen Bären  $48\frac{1}{2}^\circ$ , von  $\alpha$  im Perseus  $49\frac{1}{2}^\circ$ .

Die Merkursbahn zeigt in grossem Massstabe alle Eigentümlichkeiten der Planetenbahnen, eine von der Ekliptik nach Norden gewandte Schleife und zwei Zickzack-Linien. Jene entsteht, weil die heliocentrische Breite zur Zeit der rückläufigen Bewegung positiv ist, diese entstehen, weil während dieser Zeit zugleich der Durchgang durch einen Knoten stattfindet. Die Zeit zwischen zwei gleichartigen Durchgängen durch den Knoten ist immer gleich 88 Tagen. Venus ist während des ganzen Jahres rechtläufig, Mars wird im November und December rückläufig. Während Merkur und Venus in einem Jahr etwa den ganzen Umfang des Tierkreises durchlaufen, legt ihn Mars nur zur Hälfte zurück, die Wege der entfernteren Planeten werden immer kleiner, die Breite der Schleifen wird so gering, dass Hin- und Rückgang fast auf derselben Linie zu erfolgen scheint. Ihre Bahnen kehren von Jahr zu Jahr in fast unveränderter Gestalt wieder, indem sie sich nur weiter nach links verschieben. Denkt man sich die vorjährige Neptunbahn und die des folgenden Jahres hinzugefügt, so ersieht man das merkwürdige Resultat, dass benachbarte Schleifen übereinander greifen, so dass Neptun denselben Fixstern nicht ein- oder dreimal, wie die andern Planeten, sondern drei- oder fünfmal passiert. Die auf die Ekliptik projicierte räumliche geocentrische Bahn, einer Epicykloide ähnlich, lässt diese Verschlingung der Schleifen noch deutlicher erkennen.

Die Conjunctionen der Planeten mit einander, mit der Sonne und während jedes Monats mit dem Monde sind leicht aufzufinden, indem man zwei übereinander stehende gleiche Daten auf den beiden verglichenen Bahnen aufsucht. Um die Zeit der Opposition eines Planeten zur Sonne zu finden, lässt man auf den die Ekliptik darstellenden Mittellinien der Hauptkarte I und der betreffenden Nebenkarte die Endpunkte einer unveränderlichen Strecke gleiten, die immer zwei um  $180^\circ$  Länge verschiedene Punkte verbindet. Die Opposition eines oberen, die untere Conjunction eines unteren Planeten liegt immer mitten in der rückläufigen Bewegung.

Die Karte VII stellt den elliptischen Mondlauf für einen siderischen Monat aus der Mitte des Jahres (4. Juni bis 2. Juli) von Tag zu Tag dar. Sie kann angenähert für das ganze Jahr benutzt werden; der Mond kann aber in ungünstigen Fällen in seiner Bahn um  $4^\circ$  von dem für die Stunde angegebenen Punkte entfernt stehen. Soll z. B. der Ort für den 20. Mai  $0^h$  bestimmt werden, so sind seit dem Beginne des siderischen Monats am 8. Mai  $0^h$ , der in der Karte angegeben ist, 12 Tage verflossen. Der Mond steht also in dem Punkte (12), nahe dem Sterne Regulus in einer Länge von  $150^\circ$ , zugleich hat die Sonne nach Karte I eine Länge von  $60^\circ$ , die Sonne steht also  $90^\circ$  rechts vom Monde, es sind daher von der uns zugewandten Mondhalbkugel  $90^\circ$  auf der rechten Seite beleuchtet, oder es ist das erste Viertel, d. h. zum ersten Male Geviertschein.

Mit der Sonne steht der Mond am 13. Februar und am 8. August in der Nähe der Knoten in Conjunction. Von den hiermit verbundenen Sonnenfinsternissen ist die zweite in Berlin sicht-

bar. Ferner finden je einen halben Monat später in der Nähe der Knoten am 28. Februar und 22. August Oppositionen und zugleich Mondfinsternisse statt, von denen die erste in Berlin sichtbar ist.

Der Verlauf der Mondbahn zeigt auch, welche Sterne im Laufe des Jahres bedeckt werden. Diese müssen einer Zone angehören, deren Mittellinie die Mondbahn ist, und deren halbe Breite gleich der Summe von Radius und Parallaxe des Mondes  $= 1\frac{1}{4}^\circ$  ist. Dabei ist zu beachten, dass wegen des Rückgangs der Knoten um  $9^\circ$  in einem Halbjahr die Spur der Mondbahn zu Anfang und zu Ende des Jahres ein wenig über oder unter der gezeichneten liegen kann, diese Breitenänderung beträgt höchstens  $\frac{3}{4}^\circ$ . Die von Berlin aus sichtbaren Bedeckungen, bei denen die Sterne südlich von der Mondbahn liegen müssen, sind nach dem Berliner astronomischen Jahrbuch die folgenden: Die Plejaden-Taygeta 19. März  $9^h 2^m$  bis  $9^h 27^m$  MEZ [Alter des Mondes  $5^d$ ], Elektra Taygeta Maja 26. September,  $8^h 57^m$  bis  $10^h 17^m$  [19<sup>d</sup>] und 17. Dezember  $3^h 52^m$  bis  $5^h 24^m$  [13<sup>d</sup>]. Ferner  $\tau$  im Skorpion 20. Juli  $8^h 29^m$  bis  $9^h 37^m$  [10<sup>d</sup>].

Die Karte II dient dazu, den inneren Teil des Tierkreisgürtels, in welchem die Planeten und der Mond sich bewegen, auf den Äquator zu beziehen und so die auf die tägliche Drehung bezüglichen Fragen für die Polhöhe von Berlin zu beantworten. Die am unteren Rande der Karte mit  $1^h, 2^h \dots 24^h$  bezeichneten fast geraden Linien geben eine bestimmte Rektascension  $\alpha$  an oder auch, nach Sternzeit, den Zeitpunkt der Culmination der Gestirne, sie stehen auf dem Äquator senkrecht. Zu ihnen gehören auch die oben erwähnten Lote von  $\iota$  im grossen Bären und  $\alpha$  im Perseus, man findet für sie  $\alpha = 8^h 50^m$  und  $\alpha = 3^h 15^m$ . Die Parallelkreise zum Äquator erscheinen, wie dieser selbst, als wellenförmige Linien und sind nicht für gleiche Stufen der Declination, sondern so gezogen, dass für die Polhöhe oder geographische Breite von Berlin ( $52\frac{1}{2}^\circ$ ) der halbe Tagesbogen ( $\frac{1}{2} T$ ) der in ihnen stehenden Sterne um je  $\frac{1}{2}^h$  variiert.

Um z. B. die Aufgangszeit ( $A$ ), Culminationszeit ( $C$ ) und Untergangszeit ( $U$ ) von Antares oder  $\alpha$  im Skorpion für den 8. Mai zu finden, bestimmt man sie zunächst nach Sternzeit für jeden Tag. Überträgt man den Ort des Sternes aus Karte (I) in (II), so findet man  $\alpha = 16^h 22^m$ ,  $\frac{1}{2} T = 3^h 16^m$ , folglich nach Sternzeit  $A = \alpha - \frac{1}{2} T = 13^h 6^m$ ,  $C = \alpha = 16^h 22^m$ ,  $U = \alpha + \frac{1}{2} T = 19^h 38^m$ .

Zugleich ist für den Ort der Sonne am 8. Mai  $\alpha' = 3^h 6^m$ , d. h. die Sternzeit geht am 8. Mai gegen wahre Sonnenzeit um  $3^h 6^m$  vor, ferner  $\frac{1}{2} T' = 7^h 37^m$ . Es ist also nach wahrer Sonnenzeit Sonnenaufgang um  $24^h - 7^h 37^m = 16^h 23^m$ , Sonnenuntergang um  $7^h 37^m$ .

Um für den Antares die oben angegebenen Sternzeiten in wahre Sonnenzeit zu verwandeln, hat man  $\alpha'$  zu subtrahieren, und erhält so nach wahrer Sonnenzeit  $A = \alpha - \frac{1}{2} T - \alpha' = 10^h 0^m$ ,  $C = \alpha - \alpha' = 13^h 16^m$ ,  $U = \alpha + \frac{1}{2} T - \alpha' = 16^h 32^m$ .

Die Karte I enthält noch eine Kurve, deren Ordinaten ( $z$ ) die Zeitgleichung für die Sonnenlänge als Abscisse darstellen. Dabei ist  $1^m$  als  $1^{\text{min}}$  zu rechnen. So ist am 10. Februar die Zeitgleichung  $= 15^{\text{min}}$ , am 8. Mai  $= -4^{\text{min}}$ . Sie ist der Angabe eines Zeitpunktes nach wahrer Sonnenzeit hinzuzufügen, um ihn in mittlerer Sonnenzeit zu erhalten. Da seit dem 1. April 1893 die Uhren in Berlin um  $6^{\text{min}} 25^{\text{sec}}$  vorgehen, so ist noch die Differenz der MEZ  $= 6^{\text{min}} = d$  zu den Zeitangaben zu addieren, um sie mit den ortsüblichen Uhren vergleichen zu können. Im ganzen sind daher die obigen Angaben für den Antares um  $z + d = -4^{\text{min}} + 6^{\text{min}} = 2^{\text{min}}$  zu vermehren, um nach MEZ zu erhalten:  $A = 10^h 2^m$ ,  $C = 13^h 18^m$ ,  $U = 16^h 34^m$ .

Aus der folgenden Tabelle ist zu dem halben Tagesbogen ( $\frac{1}{2} T$ ) eines Gestirns für die Polhöhe von Berlin zu entnehmen: die Deklination  $= \delta$ , die Morgen- oder Abendweite  $= w$  (nördlich +, südlich -), die Verfrühung des Aufgangs oder Verspätung des Untergangs durch die Refraktion  $= \rho$ , endlich  $A(\frac{1}{2} T)$  und  $\Delta w$ , d. h. die Änderungen, die  $\frac{1}{2} T$  und  $w$  erleiden, wenn die geographische Breite des Beobachtungsortes um  $1^\circ$  wächst. Wo + und - zur Wahl steht, bezieht sich das obere Zeichen auf die in der oberen Reihe stehenden Werte von  $\frac{1}{2} T$ .

$\frac{1}{2} T$		$9^h 30^m$	$9^h 0^m$	$8^h 30^m$	$8^h 0^m$	$7^h 30^m$	$7^h 0^m$	$6^h 30^m$	$6^h 0^m$
		$2^h 30^m$	$3^h 0^m$	$3^h 30^m$	$4^h 0^m$	$4^h 30^m$	$5^h 0^m$	$5^h 30^m$	
$\delta$	$\pm$	$31^\circ$	$28^\circ$	$25^\circ$	$21^\circ$	$16^\circ$	$11^\circ$	$6^\circ$	$0^\circ$
$w$	$\pm$	$59^\circ$	$52^\circ$	$44^\circ$	$36^\circ$	$28^\circ$	$19^\circ$	$9^\circ$	$0^\circ$
$\rho$		$7^m$	$6^m$	$5^m$	$5^m$	$4^m$	$4^m$	$4^m$	$4^m$
$A(\frac{1}{2} T)$	$\pm$	$11^m$	$8^m$	$6^m$	$5^m$	$3^m$	$2^m$	$1^m$	$0^m$
$\Delta w$	$\pm$	$2^\circ$	$2^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$



Berücksichtigt man hiernach die Refraktion  $\varrho = 5^{\text{min}}$ , so wird definitiv für den Antares am 8. Mai:

$$\left. \begin{aligned} A &= \alpha - (\frac{1}{2}T + \varrho) - \alpha' + (z + d) = 9^{\text{h}} 57^{\text{m}} \\ C &= \alpha - \alpha' + z + d = 13^{\text{h}} 18^{\text{m}} \\ U &= \alpha + (\frac{1}{2}T + \varrho) - \alpha' + (z + d) = 16^{\text{h}} 39^{\text{m}} \end{aligned} \right\} (MEZ)$$

Der Stern geht auf im Abstände  $w = -48^\circ$ , d. h.  $48^\circ$  vom Ostpunkt nach Süden entfernt, er hat die Deklination  $\delta = -26\frac{1}{2}^\circ$ , er culminiert in der Höhe  $H = 90^\circ - \varphi + \delta = 37\frac{1}{2}^\circ - 26\frac{1}{2}^\circ = 11^\circ$ .

Ähnlich erhält man für die Sonne am 8. Mai mit Rücksicht auf die Verlängerung des Tages durch die Refraktion,  $\varrho = 4^{\text{min}}$ ,

$$\left. \begin{aligned} A' &= 24^{\text{h}} - (\frac{1}{2}T' + \varrho) + (z + d) = 16^{\text{h}} 21^{\text{m}} \\ C' &= 0^{\text{h}} + (z + d) = 0^{\text{h}} 2^{\text{m}} \\ U' &= (\frac{1}{2}T' + \varrho) + (z + d) = 7^{\text{h}} 43^{\text{m}} \end{aligned} \right\} (MEZ)$$

die Morgenweite  $w = +30^\circ$ , die Deklination  $\delta = 17^\circ$ , die Culminationshöhe  $H = 37\frac{1}{2}^\circ + \delta = 55^\circ$ .

Für den Merkur am 8. Mai ist  $\alpha = 4^{\text{h}} 23^{\text{m}}$ ,  $\frac{1}{2}T = 8^{\text{h}} 15^{\text{m}}$ ,  $\varrho = 5^{\text{m}}$ , ferner wie oben  $\alpha' = 3^{\text{h}} 6^{\text{m}}$ ,  $z + d = 2^{\text{m}}$ , daher  $U = \alpha + (\frac{1}{2}T + \varrho) - \alpha' + (z + d) = 9^{\text{h}} 39^{\text{m}}$  (MEZ). Der Merkur ist also noch fast  $2^{\text{h}}$  nach Sonnenuntergang über dem Horizont.

Für den Jupiter wird an demselben Tage  $\alpha = 8^{\text{h}} 17^{\text{m}}$ ,  $\frac{1}{2}T = 7^{\text{h}} 52^{\text{m}}$ ,  $\varrho = 5^{\text{m}}$ , und  $\alpha' = 3^{\text{h}} 6^{\text{m}}$ ,  $z + d = 2^{\text{m}}$ , daher:  $A = 21^{\text{h}} 16^{\text{m}}$ ,  $C = 5^{\text{h}} 13^{\text{m}}$ ,  $U = 13^{\text{h}} 10^{\text{m}}$  (MEZ), ferner  $w = +34^\circ$ ,  $\delta = 20^\circ$ ,  $H = 18^\circ$ .

Die Curven ( $\frac{1}{2}T$ ) und ( $\alpha$ ) in Karte II bilden ein Netz, das aus kleinen Rechtecken besteht. Durchläuft man aneinander stossende Diagonalen dieser Rechtecke immer in der Richtung von rechts unten nach links oben, was an einigen Stellen der Karte durch die gestrichelten Linien ( $A$ ) angedeutet ist, so nimmt längs jeder Diagonale  $\alpha$  und  $\frac{1}{2}T$  um  $30^{\text{m}}$  zu, daher bleibt die Anfangszeit  $A = \alpha - \frac{1}{2}T$  für die durchlaufene Linie constant, diese giebt also, in Karte I übertragen, am Fixstern-Himmel solche Punkte an, die zugleich aufgehen, d. h. sie giebt für die Sternzeit ( $\alpha - \frac{1}{2}T$ ) die Spur des östlichen Horizonts am Himmel an. Die Karte II ermöglicht daher, die Stellung der gerade aufgehenden Sternbilder gegen den Horizont zu bestimmen, z. B. zeigt sie, dass die Verbindungslinie von Castor und Pollux beim Aufgang der Zwillinge fast vertikal steht. Zieht man dagegen Trajektorien durch das Netz, welche überall die Richtung der von links unten nach rechts oben gehenden Diagonalen haben, wie es durch die gestrichelten Linien ( $U$ ) angedeutet ist, so bleibt längs derselben die Untergangszeit  $U = \alpha + \frac{1}{2}T$  ungeändert, sie deuten also die Lage des Horizonts zu den gerade untergehenden Sternbildern an. Man erkennt so, dass beim Untergang der Zwillinge die Linie von  $\alpha$  nach  $\beta$  abwärts, zugleich aber nach links gerichtet ist.

Zieht man durch den Standort der Sonne für den 8. Mai die Trajektorien ( $A$ ) und ( $U$ ), so geben diese am Himmel die Sterne an, deren wahrer kosmischer Aufgang, bez. Untergang, auf den 8. Mai fällt. Legt man auch durch den Gegenpunkt der Sonne, der  $180^\circ$  auf der Ekliptik von ihr entfernt ist, eine Trajektorie ( $A_1$ ), so giebt sie die Sterne an, die mit dem Gegenpunkt der Sonne zugleich aufgehen, oder die aufgehen, wenn die Sonne selbst untergeht. Das sind die Sterne, deren wahrer akronychischer Aufgang am 8. Mai stattfindet. Ebenso giebt die Trajektorie ( $U_1$ ) durch den Gegenpunkt der Sonne die Sterne an, welche am 8. Mai ihren wahren akronychischen Untergang haben.

Die Sterne, welche an einem bestimmten Tag über dem Aufgangshorizont ( $A$ ) der Sonne liegen, sind Morgensterne, vor Sonnenaufgang sichtbar, diejenigen, welche über dem zugehörigen Untergangshorizont ( $U$ ) liegen, sind Abendsterne. Die Spuren von ( $A$ ) und ( $U$ ) am Fixsternhimmel bilden vier Winkelräume, der linke enthält die Abendsterne, der rechte die Morgensterne, der obere solche Gestirne, die am Morgen und am Abend zu sehen sind, der untere solche, die im Laufe einer Nacht aufgehen und untergehen.

Die Karte VIII zeigt in doppeltem Massstabe, wie die unteren Planeten um die Sonne wie Trabanten hin- und herlaufen. Die uns näheren Teile der Bahn, auf denen die untere Conjunction stattfindet und die relative Geschwindigkeit der Planeten sehr gross ist, sind stark angezogen. Merkur wird am besten vom 8. bis 24. Mai als Abendstern zu sehen sein bei  $22^\circ$  Elongation von der Sonne, da dann die Ekliptik mit dem Untergangshorizont der Sonne einen grossen Winkel bildet, im September ist die Elongation noch grösser, aber die Lage der Ekliptik zu flach.

M. Koppe.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1896.

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

Monatstag	Januar							Februar						
	0	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
Helio- centrische Längen.	301°	317	336	358	24	54	85	116	143	167	187	204	220	♀
	162	171	179	187	195	203	211	219	227	235	243	251	259	♀
	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	♂
	237	240	243	245	248	251	253	256	259	262	265	267	270	♂
	122	123	123	123	124	124	125	125	125	126	126	127	127	♂
	222	222	222	222	223	223	223	223	223	223	224	224	224	♂
Aufst. Knoten.	336°	336	336	336	335	335	335	335	334	334	334	334	333	☉
Mittl. Länge.	99	165	231	297	3	69	135	200	266	332	38	104	170	☉
Geo- centrische Rekt- ascensionen.	95°	197	232	304	0	59	134	201	273	336	29	97	170	☉
	288	296	305	313	320	326	328	325	320	315	312	313	316	♀
	234	240	246	252	258	264	271	277	284	290	297	303	310	♀
	280	286	291	297	302	307	313	318	323	328	332	337	342	☉
	252	256	260	264	268	272	276	280	284	288	292	296	300	♂
	130	129	129	128	127	127	126	125	125	124	123	123	122	♂
	225	225	225	226	226	226	227	227	227	227	227	227	227	♂
Geo- centrische Dekli- nationen.	+28°	+5	-24	-23	+3	+26	+19	-13	-28	-10	+17	+28	+3	☉
	-25	-23	-22	-19	-16	-13	-11	-11	-12	-14	-15	-16	-16	♀
	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-22	-22	-22	-21	-21	-20	-19	♀
	-23	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-16	-15	-13	-11	-10	-8	☉
	-23	-23	-23	-24	-24	-24	-24	-24	-23	-23	-23	-22	-21	♂
	+19	+19	+19	+20	+20	+20	+20	+20	+20	+21	+21	+21	+21	♂
	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	♂
Aufgang.	20 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	20.12	20.10	20.6	20.0	19.54	19.47	19.38	19.29	19.19	19.9	18.59	18.48	☉
	2 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>	10.21	17.34	21.9	22.0	23.41	4.52	12.28	18.26	19.51	20.44	24.41	6.56	☉
Untergang.	3 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	3.59	4.5	4.13	4.21	4.30	4.40	4.49	4.58	5.8	5.18	5.27	5.36	☉
	21 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	22.42	24.16	4.37	10.45	17.2	20.22	21.28	25.4	6.10	12.9	17.33	19.7	☉
Zeitglg.	+3m10 <sup>s</sup>	+5.29	+7.38	+9.33	+11.11	+12.30	+13.29	+14.7	+14.25	+14.24	+14.5	+13.28	+12.36	☉

**Mondbewegung.** Januar: 0 9<sup>h</sup> 30,7 Vollmond; 3 17<sup>h</sup> Erdnähe; 7 4<sup>h</sup> 24,9 Letztes Viertel; 14 11<sup>h</sup> 19,4 Neumond; 19 18<sup>h</sup> Erdferne; 22 15<sup>h</sup> 42,3 Erstes Viertel; 29 31<sup>h</sup> 55,3 Vollmond; 31 15<sup>h</sup> Erdnähe. — Februar: 5 13<sup>h</sup> 38,1 Letztes Viertel; 13 5<sup>h</sup> 12,6 Neumond; 16 9<sup>h</sup> Erdferne; 21 10<sup>h</sup> 14,5 Erstes Viertel; 28 8<sup>h</sup> 51,4 Vollmond; 29 0<sup>h</sup> Erdnähe.

**Constellationen.** Januar: 1 8<sup>h</sup> ☉ in Erdnähe; 2 6<sup>h</sup> ♃ ☉; 23 20<sup>h</sup> ♁ in grösster östlicher Ausweichung; 24 2<sup>h</sup> ♃ ☉; 28 13<sup>h</sup> ♀ in Sonnennähe; 29 10<sup>h</sup> ♃ ☉. — Februar: 5 21<sup>h</sup> ♂ ☉; 7 14<sup>h</sup> ♂ ☉; 8 7<sup>h</sup> ♁ untere ♃ ☉, wird Morgenstern; 9 9<sup>h</sup> ☉ ♂, ♀ 1° 38' nördlicher; 9 20<sup>h</sup> ♃ ☉; 9 21<sup>h</sup> ♀ ☉; 12 7<sup>h</sup> ♀ ☉; 13 ringförmige Sonnenfinsternis, Sichtbarkeit auf Teile der südlichen Halbkugel beschränkt; 25 16<sup>h</sup> ♃ ☉; 28 Mondfinsternis: Anfang 7<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>, 9 M.E.Z., Mitte 8<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>, 7, Ende 10<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>, 7; die Verfinsternung beträgt 0,874 des Monddurchmessers.

**Auf- und Untergang der Planeten** (gültig für Ortszeit und den Parallel von Berlin):

Januar 16:	A. ♀	20 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> ,	♀ 17.1,	♂ 18.13,	♂ 4.55,	♂ 14.39
	U.	5 38,	1.19,	1.47,	20.45,	0.5
Februar 15:	A.	18 28,	17.45,	17.46,	2.35,	12.48
	U.	4 6,	1.49,	1.26,	18.37,	22.10

**Jupitermonde.** I. Jan. 1<sup>d</sup> 9<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> E; 8<sup>d</sup> 11<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> E; 15<sup>d</sup> 12<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> E; 17<sup>d</sup> 7<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> E; 24<sup>d</sup> 11<sup>h</sup> 32<sup>m</sup> A; Febr. 2<sup>d</sup> 7<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> A; 9<sup>d</sup> 9<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> A; 16<sup>d</sup> 11<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> A; 23<sup>d</sup> 13<sup>h</sup> 39<sup>m</sup> A; 25<sup>d</sup> 8<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> A. — II. Jan. 5<sup>d</sup> 6<sup>h</sup> 18<sup>m</sup> E; 12<sup>d</sup> 8<sup>h</sup> 53<sup>m</sup> E; 19<sup>d</sup> 11<sup>h</sup> 29<sup>m</sup> E; 30<sup>d</sup> 6<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> A; Febr. 6<sup>d</sup> 8<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> A; 13<sup>d</sup> 11<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> A. — III. Jan. 29<sup>d</sup> 6<sup>h</sup> 58<sup>m</sup>; Febr. 5<sup>d</sup> 10<sup>h</sup> 57<sup>m</sup>. — IV. Febr. 6<sup>d</sup> 11<sup>h</sup> 1<sup>m</sup>. Beim I. und II. Monde bedeutet E den Eintritt, A den Austritt; bei III. und IV. ist die Mitte der Verfinsternung angesetzt worden.

**Veränderliche Sterne.** Minima von  $\lambda$  Tauri Jan. 2 10<sup>h</sup>, 6 9<sup>h</sup>, 10 8<sup>h</sup>, 14 6<sup>h</sup>; von Algol Jan. 15 12<sup>h</sup>, 18 9<sup>h</sup>, 21 6<sup>h</sup>; Febr. 10 7<sup>h</sup>. — *Mira Ceti* nähert sich dem Maximum. —  $\beta$  und *R Lyrae* Anfang Januar gleich nach Eintritt der Dunkelheit, ausserdem morgens zu beobachten; ähnlich  $\delta$ ,  $\alpha$  Cephei,  $\alpha$  Cassiopeiae; von  $\eta$  Aquilae in den ersten Januartagen noch Abendbeobachtungen möglich, dann nach zehnwöchiger Unterbrechung Morgenbeobachtungen;  $\eta$  und  $\zeta$  Geminorum,  $\epsilon$  Aurigae,  $\rho$  Persei,  $\alpha$  und  $\delta$  Orionis beobachte man abends.

**Meteore.** Die schwachen Maxima Jan. 2 und Febr. 22 leiden durch das Mondlicht.

**Das Zodiakallicht** ist an den mondfreien Abenden Jan. 3–16, Febr. 1–15 zu beobachten.

Anmerkung: Bei den angegebenen Auf- und Untergängen ist Ortszeit zu verstehen, sonst M.E.Z.

J. Plassmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.



# Die scheinbaren Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1896. bezogen auf das Koordinatensystem der Ekliptik.

