

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

IX. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1896.

Beiträge zur Methodik des Experimentes.

2. Versuche mit comprimiertem Sauerstoff und comprimierter Luft.

Von

Prof. Dr. B. Schwalbe in Berlin.

Ausser flüssiger Kohlensäure kommen jetzt noch von comprimierten Gasen im Handel vor: Sauerstoff, Wasserstoff und Chlor; durch besonderes Entgegenkommen wurde für die folgenden Versuche auch comprimierte Luft zur Verfügung gestellt. Das flüssige Chlor habe ich noch nicht für den Unterricht verwenden können, dahin gehende Versuche bleiben vorbehalten¹⁾.

Den comprimierten Wasserstoff²⁾ für den Unterricht zu benutzen, habe ich nicht versucht, zunächst aus einem äusseren Grunde: die Bomben können nicht fortwährend beaufsichtigt werden, nach dem Gebrauche müssten sie auf das sorgfältigste verschlossen werden, sodass Unberufene keinen Schaden anrichten können. Dies ist bei einem grossen Unterrichtsbetrieb nicht immer zu erreichen, und so schien mir denn nicht jede Gefahr bei der Benutzung absolut ausgeschlossen. Dazu kommt noch, dass man Wasserstoff durch einen grösseren Kippschen Apparat leicht zur Verfügung haben kann und für Versuche mit brennbaren Gasen Wasserstoff vielfach durch Leuchtgas ersetzbar ist.

Der comprimierte Sauerstoff, der jetzt zu Beleuchtungszwecken und Herstellung hoher Temperaturen benutzt wird, kommt in Stahlcylindern, die amtlich auf 250 Atm. Überdruck geprüft sind, in den Handel (Bezugsquelle ist die unten genannte Firma Elkan). Die Füllungen sind aus 1000 l Sauerstoff (10 M.) resp. 500 l erhalten, sodass innen ungefähr ein Druck von 100 bis 110 Atmosphären herrscht. Die Bomben sind so hergerichtet, dass das Fussende etwas ausgeschweift ist und die Bombe an und für sich einen sicheren Stand hat. Der Kopf, der ähnlich wie bei den Kohlensäurebomben beschaffen ist, wird mit Nippel (Schlauchansatzstück) versehen (Schlüssel und Nippel 4 M.); ein Druckreducierventil wurde für die Versuche nicht benutzt, sondern die Regulierung durch allmähliches Öffnen des Schraubenventils mit der Hand erzielt. Selbst wenn der Experimentierende keine weitere Hilfe hat, lassen sich doch alle Versuche leicht anstellen. Andere Formen der Bomben, die keinen Fuss haben, sondern gerundet sind, sind für das Experimentieren unzumutbar. Will man die Versuche regelmässig einführen, so wird man gut thun, eine Bombe käuflich zu erwerben (35 M. für die Bomben von 500 l, die zu allen Versuchen ausreichen), während sonst der Mietspreis wie bei den Kohlensäurebomben 1 M. für den Monat beträgt.

¹⁾ Das Chlor wird von der Fabrik Rhenania in Aachen in grossen Bomben mit 60 kg Inhalt hergestellt. Nur wenn von seiten der mit dem Verkauf beauftragten Fabrik von Kahlbaum kleinere Bomben geliefert werden, wäre an eine Benutzung zu denken, das kg würde sich immerhin auf 4 M. stellen.

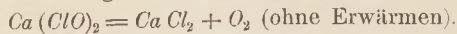
²⁾ Comprimierter Wasserstoff wird zum Preise von 5 M. für 1000 Liter in Stahlcylindern von Elkan, Berlin N., Tegelerstrasse 15, in den Handel gebracht.

Ehe ich zu der Beschreibung der Versuche mit comprimiertem Sauerstoff komme, scheint es zweckmässig, einiges über die technische Darstellung und industrielle Verwendung mitzuteilen. Für die Herstellung des comprimierten Sauerstoffs wird (bei Elkan) Baryumsuperoxyd benutzt. Schon BOUSSINGAULT hatte gezeigt, dass das Baryumoxyd bei 500—600° C. Sauerstoff aus der Luft absorbiert und zu BaO_2 wird, bei 800° aber wieder Sauerstoff abgibt und wieder in BaO übergeht. Dies Baryumoxyd kann dann wieder zu demselben Prozesse benutzt werden. Es zeigte sich jedoch, dass das Baryumoxyd bei häufiger Wiederholung des Prozesses weniger und weniger Sauerstoff aufnahm und schliesslich ganz inaktiv wurde, sodass der Prozess keine technische Verwertung erfuhr. Nun zeigten 1884 Gebr. BRIN, dass die Inaktivität dadurch hervorgerufen wurde, dass die Nebenbestandteile der Luft, Kohlensäure, Wasserdampf, Staub u. s. w. das Baryumoxyd beeinflussen. Es entstehen Baryumhydroxyd und Baryumcarbonat, die das Baryumoxyd inaktiv machen. Man muss also gereinigte Luft anwenden. Die Reinigung der Luft geschieht mit Ätznatron, das Wasserdampf, Kohlensäure und Staubeile zurückhält. (Man vgl. auch d. Zeitschr. III 56). Eine Beschreibung der Maschinen, Öfen, Retorten und Compressoren der Elkanschen Sauerstofffabrik ist in einer Abhandlung von Dr. O. WITT³⁾ gegeben worden. In dieser finden sich auch Angaben über die Fabrikation der nahtlosen Stahlflaschen und die Verwendung des Sauerstoffs für Kalklichtbrenner (Drummond), Zirkonbrenner (Linnemann), Knallgasbrenner (Wolz). Die Zirkonbrenner sind versuchsweise auch für Beleuchtung grosser Räume anstatt des elektrischen Lichtes angewendet worden, so auf den Gaggenauer Eisenwerken. Auch andere Anwendungen sind in derselben Abhandlung beschrieben. Die Anwendung zum Löten und namentlich zum Zusammenschmelzen von Glas (autogene Lötung des Glases), durch die es möglich gewesen ist, grosse Glaströge (von 1,75 cbm Inhalt) herzustellen, die durch Blasen wohl nicht herstellbar sein würden.

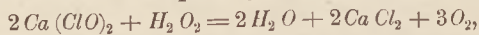
Von den weniger bekannten Methoden der Sauerstoffdarstellung mögen noch folgende erwähnt werden:

1. Aus Luft unter Benutzung entweder der grössern Löslichkeit des Sauerstoffs in Wasser (Anreichern der Luft an Sauerstoff durch wiederholtes Lösen und Wiederaustreiben), oder der grössern Diffusionsfähigkeit des Stickstoffs durch Gipsplatten. Beide Verfahren können nie reinen Sauerstoff liefern und sind technisch anderen gegenüber nicht verwertbar.

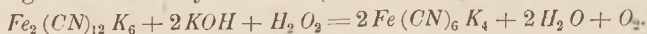
2. Darstellung aus Chlorkalklösung in Berührung mit CuO , MnO_2 , Co_2O_3 , Ni_2O_3 oder einigen Tropfen einer Lösung der betreffenden Metallnitrate (katalytische Wirkung):



3. Chlorkalk und Wasserstoffsuperoxyd im Kippschen Apparat nach Volhard



oder auch Zerlegung von Wasserstoffsuperoxyd mit Kaliumpermanganat oder mit alkalischer Lösung eines Ferricyansalzes (nach Kattner, vgl. d. Zeitschr. IV 46):



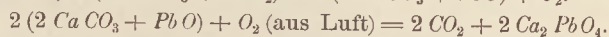
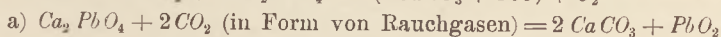
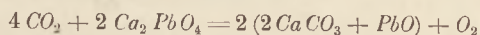
Man kann auch grob pulverisiertes Ferricyankalium mit Baryumsuperoxyd vermengen und damit eine so schnelle Sauerstoffentwicklung erhalten, dass man die Eigenschaften gleich unmittelbar im Kolben zeigen kann:



³⁾ „Die Fabrikation des Sauerstoffs“ mit 6 Abbildungen, S.-A. aus No. 150 und 151 des Prometheus (Illustrierte Wochenschrift über die Fortschritte im Gewerbe, Industrie und Wissenschaft, herausgegeben von Witt, Verlag von Mückenberger, Berlin, Dessauerstr. 13).

Alle diese Methoden, wie auch die Darstellung aus Hypochloriten und feinzertheiltem Platin (-mohr oder -schwamm), aus Zinksulfat durch Glühen, aus Schwefelsäure, die in Dampfform über Contactflächen geht, durch Einwirkung von Chlor auf Wasserdampf u. s. w. kommen für den Unterricht den gewöhnlichen Methoden gegenüber (Elektrolyse, MnO_2 in verschiedener Weise, $KClO_3$, KNO_3 , $K_2Cr_2O_7$) nicht in Betracht, da sie theils mit Körpern zu thun haben, die den Schülern wenig bekannt sind, theils zu complizierte Zersetzungsprozesse darbieten. Man wird für den Anfang überhaupt nur wenige Prozesse der Darstellung vornehmen und die andern eventuell erst im Laufe der späteren Betrachtungen vorführen.

Für die technische Darstellung des Sauerstoffs mag nur noch ein Vorschlag erwähnt werden, die Benutzung des Calciumorthoplumbates, Ca_2PbO_4 (Kassner, Dingl. J. Bd. 274, vgl. d. Zeitschr. III 256). Entweder soll der Sauerstoff hier durch reine Kohlensäure ausgetrieben oder durch einen zweistufigen Prozess erhalten werden. Verdünnte Kohlensäure in feuchtem Zustande verwandelt die Verbindung in Bleisuperoxyd und Calciumcarbonat; dieses Gemenge giebt beim Glühen Sauerstoff. die Rückstände können durch Überleiten von Luft wieder in Ca_2PbO_4 übergeführt werden. Auf weitere Modifikationen dieses Verfahrens einzugehen, würde hier zu weit führen. Die



Von technischen Anwendungen des Sauerstoffs mögen noch erwähnt werden: die Anwendungen bei der Platinschmelze, zum Inhalieren (bei Luftballonfahrten) und zu medicinischen Zwecken überhaupt, die sich noch vermehren dürften, wenn es gelingt, die Fabrikation zu verbilligen. —

Es ist selbstverständlich, dass sich bei Vorführung der Sauerstoffflaschen im Unterricht Übungsaufgaben in ähnlicher Weise anschliessen lassen wie bei der comprimierten Kohlensäure; es sind diese Aufgaben sogar deshalb noch vorzuziehen, weil man für vorliegende Zwecke annehmen kann, dass innerhalb der in Betracht kommenden Drucke von 100 Atmosphären bei gewöhnlicher Temperatur der Sauerstoff dem Mariotteschen Gesetze vollständig folgt. Die Aufgaben lassen sich einmal rein physikalisch gestalten, ganz ähnlich den Aufgaben über Compression der Luft oder über Spannung des im Rezipienten zurückbleibenden Gases, wenn beim Öffnen des Ventils eine bestimmte Menge Gas entweicht (Windbüchsenaufgaben), dann aber geben sie Veranlassung, die chemischen Darstellungsmethoden einzüben, indem man die Verhältnisse einer Sauerstoffbombe zu Grunde legt. Auch an die technische Darstellung aus BaO_2 knüpfen sich leicht Aufgaben, indem man die Luftmenge für eine bestimmte Menge BaO bestimmen lässt (mit und ohne Rücksicht auf Nebenbestandteile und Druckverhältnisse), sodass eine Fülle von Übungsstoff, der in jedem Jahre geändert werden kann, vorliegt. Meiner Erfahrung nach empfiehlt es sich sehr, wenn man bei den rechnerischen Übungen die Aufgaben an concrete Beispiele anschliesst.

Was nun die Versuche mit comprimiertem Sauerstoff selbst anbetrifft, so kann es sich hier nur um die gewöhnlichen, bekannten Thatsachen handeln, von denen einige, z. T. in anderer Form, den Schülern wieder vorgeführt werden. Zunächst lässt sich die Bombe benutzen zur Füllung von Cylindern, Kolben, Gasometern u. s. w., und zwar in gewöhnlicher Weise mit Hilfe der pneumatischen Wanne; man

braucht an den Schlauchansatz nur einen Kautschukschlauch mit Glasrohr anzubringen, welcher unter das mit Wasser gefüllte Gefäß geführt wird; man kann das Ventil so öffnen, dass der Sauerstoff blasenweise darunter tritt. Es ist klar, dass es für viele Fälle angenehm ist, stets Sauerstoff zu Versuchen bereit zu haben; sind doch hier auch die Versuche so einfach, dass man sie für die Schülerübungen verwerten kann, während man bei den Versuchen mit comprimierter Kohlensäure nur einzelne Versuche durch geübtere Schüler wird ausführen lassen können.

Für die direkte Verwendung des Sauerstoffs zu Versuchen bedarf es nur sehr einfacher Vorrichtungen. Ein Gestell von der Höhe, dass man Gegenstände unmittelbar vor die Mündung des Schlauchansatzes in verschiedener Entfernung bringen kann, die gewöhnlichen Gasbrenner, einen Daniellschnitt- oder Gebläsebrenner und die gewöhnlichen Utensilien und Körper, die sich in jedem Kabinet vorfinden oder leicht zu beschaffen sind. Da die Versuche ausserordentlich leicht auszuführen und sonst allgemein bekannt sind, so genügt eine kurze Beschreibung oder auch nur eine Hindeutung.

1. Verbrennungs- und Schmelzversuche. Man nimmt einen gewöhnlichen Gebläsehahn, speist ihn mit Leuchtgas und lässt aus der Flasche Sauerstoff hineinblasen, den man für gewisse Versuche im Überschuss zuzuführt; bei den Verbrennungsversuchen genügt auch der Bunsensche Brenner zum Anwärmen; man kann die Verbrennung durch den Sauerstoffstrom allein weiter führen, und so dem Schüler die Bedingungen der Verbrennung in jeder Richtung klarlegen. Es empfiehlt sich, folgende Versuche vorzuführen, die alle auch in grossem Massstabe angestellt werden können.

Ein grosses Stück Holzkohle wird an einer kleinen Stelle zum Glühen erhitzt, und der Sauerstoffstrom darauf geleitet; es erfolgt die starke Verbrennung, die man nach beliebigen Punkten hinleiten kann. Mit der Stichtlamme kann in einem Holzbrett mit Hilfe des Durchbrennens eine kreisförmige Öffnung hergestellt werden. Verbrennen eines Stanniolstreifens; Verbrennen eines starken Eisendrahtes; Verbrennen von Zinkdraht oder Zinkblech; Verbrennung von Körpern unter Wasser; Umkehrung der Verbrennung; Verbrennen von Sauerstoff in Leuchtgas. Entzündung zerstäubter pulverförmiger Körper (Semen *Lycopodii*, Mehl, Bricketstaub), zur Erläuterung der Explosionen in Mühlen, Bricketfabriken u. s. w.

Schmelzungen: Durchschmelzen eines starken Messing- oder Kupferdrahts (und teilweises Verbrennen desselben); Abschmelzen einer Silbermünze (Thalerstück) am Rande oder bei einem Markstück Durchschmelzen desselben. (Es genügt, die Münzstücke mit einer eisernen Greifzange in die Stichtlamme zu bringen und nach Vorwärmung den Sauerstoffstrom darauf zu leiten); Schmelzen von Platin; Schmelzen von Bimstein zu einer glasartigen Masse; Schmelzen scharfer Kanten an Granit und anderen Gesteinen; Zusammenschweissen von Glas (Glaslötung); Herstellung von Glathänen.

2. Versuche zur Erzeugung intensiven Lichtes. Abgesehen von den direkten Glühversuchen (Drummondsches Kalklicht u. s. w.) lässt sich der Sauerstoff auch benutzen, um die Lichtquelle gewöhnlicher Beleuchtungsvorrichtungen, wie sie bei der *Laterna magica*, bei dem Scioptikum und ähnlichen Apparaten vorhanden sind, zu verstärken.

Selbstverständlich wird jede durch Verbrennung bedingte Lichtquelle durch zugeführten Sauerstoff intensiver. Man kann dies mit den verschiedensten Brennern

darthun und so die Bomben sehr gut für gleiche Zwecke gebrauchen. Es genügt vielfach, den Sauerstoff zu den Brenneröffnungen in langsamem Strome zuzuleiten, während man in anderen Fällen die Verbrennung in Räumen (grossen Gläsern) vor sich gehen lässt, deren Sauerstoffgehalt man aus der Bombe sich erneuern lässt.

Es läge hier nahe, auf den methodischen und pädagogischen Werth der Projektion einzugehen. Dieselbe wird vielfach jetzt in den Vordergrund geschoben, während sie immer nur da eintreten sollte, wo eine direkte Anschauung nicht durchführbar ist oder Anschauungsbilder nicht das zu leisten vermögen, was die Projektionsbilder geben.

Auch die verschiedene Brechung des Lichts in verschiedenen Gasschichten lässt sich mit comprimierten Gasen leicht zeigen.

3. Ansaugephänomene. Viele der Ansaugephänomene, so die Grundversuche, lassen sich auch billiger mit comprimierter Luft herstellen. Da der Gasstrom ausserordentlich kräftig ist, wird auch die Ansaugung eine ausserordentlich starke; das Einziehen der Flamme, Hineinreissen von leichten Körpern, Pendeln u. s. w. lassen sich an verschiedenen Stellen des konischen unsichtbaren Strahles leicht darthun. Auch die Versuche mit Ansatzröhren (bis 3 dm lang) gelingen leicht; man kann so die Zerstäubung von Flüssigkeiten und auch von fein zerteilten festen Körpern zeigen.

Ein wie stark und intensiv brennbares Gemisch ein solcher Sauerstoffstrom, der einen brennbaren Körper ansaugt, ist, thut man durch folgenden Versuch dar. Man lässt die Ansaugeröhre, ca. $1\frac{1}{2}$ dm lang, in ein Gefäss mit wenig Terpentinöl tauchen, man erhält den bekannten Tröpfchenkonus, den man nun entflammen kann. Es entsteht eine sehr helle, äusserst heisse, rauchlose Flamme von ca. 1 m Länge. Wenn keine brennbaren Gegenstände in der Nähe sind, ist der Versuch ohne Gefahr; sollte die Hitze zu gross werden, so hat man das Erlöschen der Flamme durch Schliessen des Ventils sofort herbeizuführen. Sehr leicht entzündbare Flüssigkeiten sind bei diesem Versuche auszuschliessen.

4. Mechanische Wirkungen eines ausströmenden Gases unter hohem Druck. Diese Versuche schliessen sich unmittelbar den Ansaugerversuchen an, die eigentlich in diese Kategorie gehören und nur wegen der Combination mit andern Erscheinungen in den vorigen Abschnitt gestellt sind. Dieselben werden zweckmässiger mit comprimierter Luft angestellt, die billiger ist, und lassen sich auch zum grössten Teil mit Hilfe einer Handcompressionspumpe mit Ansatzrohr resp. mit der Luftpumpe mit Grassmannschem Hahn, bei der der Kanal einen Schraubenansatz trägt, an welchen man einen Rezipienten, Röhren oder sonstige Apparate (Spritzen, Rohrpostmodell etc.) befestigen kann, anstellen. Die Bombe mit comprimierter Luft würde sich also besonders eignen, um einmal methodisch alle die betreffenden Erscheinungen vorzuführen: die Einrichtung eines Springbrunnens; die Einrichtung einer Spritze; das Aufblähen eines Kautschukschlauchs durch die Luft; das Fortschleudern eines Stückes Glasstab; das Aufblähen und Zersprengen einer Blase (Entstehung des Knalles); das Rohrpostmodell; das Treiben von Motoren, einer Mühle u. dgl.

5. Sonstige physikalische Versuche. Um die Abkühlung des Gasstroms durch die Ausdehnung zu zeigen, bringt man in den Strom zwei Demonstrationsthermometer in verschiedener Entfernung und beobachtet das Sinken derselben.

Der Strom des reinen Gases übt auf ein hineingebrachtes Elektroskop keinen Einfluss. Wird der Strom mit Flüssigkeitströpfchen angefüllt, so zeigt sich ein Ausschlag.

Die Gestalt des Gasstroms wird bei den Ansaugephänomenen (No. 3) sichtbar gemacht, lässt sich aber auch einfach durch Kerzenflamme, Papierstreifen u. s. w. zeigen. Die Geschwindigkeitsabnahme mit Vergrößerung des kreisförmigen Querschnittes ist in derselben Weise nachzuweisen.

Dem vorstehend Mitgeteilten werden sich leicht noch andere Versuche anschliessen lassen. Noch in letzter Zeit habe ich selbst weitere Reihen von Versuchen zusammengestellt, die ich aber, um nicht zu viel Einzelheiten zu geben, für jetzt nicht mitteilen möchte. Auch über die Versuche mit comprimierter Luft behalte ich mir weitere Mitteilungen für spätere Gelegenheit vor.

Zum Schluss will ich nur noch auf eine Verwendung dieser Versuche hinweisen. In kleineren Städten ist der naturwissenschaftliche Fachlehrer gewissermaassen mit berufen, die neueren Thatsachen der naturwissenschaftlichen Forschung auch weiteren Kreisen zu übermitteln. Meiner Erfahrung nach erregen die Vorträge, welche das Experiment benutzen, immer ein sehr grosses Interesse, und gerade die Versuche mit comprimierten Gasen geben Gelegenheit, neuere Errungenschaften der Technik, neue wissenschaftliche Thatsachen vorzuführen mit Hilfsmitteln, die auch in kleineren Städten zu beschaffen sind. Ausserdem zeigt kaum ein Gegenstand so den durch die Entdeckung bestimmter Thatsachen bedingten Fortschritt, wie die Entdeckung des kritischen Punktes, der sich auch elementar leicht auseinanderzusetzen lässt. Auch in dieser Absicht sind die vorstehenden Versuche, die, wie ich bei den Vorträgen in den naturwissenschaftlichen Feriencursen erfuhr, in der gewählten Darstellung nicht überall bekannt waren, mitgeteilt worden; mögen dieselben einen kleinen Beitrag zur methodischen Verwertung des Experiments bilden.

Ein Wurfapparat.¹⁾

Von

Professor Dr. **Alois Höfler** in Wien.

Zur Konstruktion des nachstehend beschriebenen Wurfapparates hat mich der Anblick der Fig. No. 177 in der Preisliste No. 11 über physikalische Apparate von Ferdinand Ernecke angeregt, welche Figur einen „Apparat zur Demonstration des parabolischen Falles geworfener Körper nach HAGENBACH“ darstellt (unter Verweisung auf Carls Repertorium III S. 441). Nach der Figur besteht der Apparat aus einem Stativ, an dessen oberem Ende ein Stab die Horizontale darstellt und ein anderer unter verschiedenen Winkeln gegen den Horizont einzustellen ist. An letzterem sind in gleichen Abständen Pendel angebracht, deren Längen sich verhalten wie 1:4:9 . . und so bei verschiedenen Neigungswinkeln verschieden gestaltete Parabeln formieren.

Zunächst nun schien es mir wünschenswert, die Abstände der Pendel verändern zu können. Dies ist dadurch erreicht, das statt des zu neigenden Stabes eine Röhre mit Schlitz verwendet wird; in dieser befindet sich eine Spiralfeder, an deren Win-

¹⁾ Nähere Beschreibung des in der Vierteljahrschr. d. Wiener Vereins z. Förd. d. physikal. u. chem. Unterr. I. Jhg. 1. Heft, S. 45 kurz angezeigten Apparates. — Preis 44 Fl. bzw. 39 Fl. mit bzw. ohne Mariottesche Flasche und Leitstange für diese (laut Katalog der Mastersammlung von W. J. Rohrbecks Nachfolger, Wien; vgl. die angeführte Vierteljahrschr. S. 26).

dungen in gleichen Abständen die Pendel befestigt sind. Je nachdem die Spiralfeder mehr oder weniger ausgezogen wird, entsprechen die Parabeln grösseren und kleineren Anfangsgeschwindigkeiten des geworfenen Körpers.

Insoweit ersetzt also der Apparat nur die geometrische Operation des Construierens der Bahnen geworfener Körper. Es gilt aber zu zeigen, dass die wirklichen Körper sozusagen an diese Konstruktion sich auch thatsächlich, d. h. physikalisch, halten (vom Luftwiderstande hier und im folgenden abgesehen). Das war zu erreichen, indem dasselbe Metallstück, in welches die Röhre mit den Pendeln eingesetzt ist, unmittelbar vor dieser Röhre noch eine zweite aufwärts gekrümmte „Anlaufröhre“ aufnimmt, in welcher man Kugeln (mittels eines verschiebbaren Auslösehebels) aus verschiedenen Höhen herablaufen und so jene variierbaren Anfangsgeschwindigkeiten erwerben lässt (Fig. 1). Ist die richtige Fallhöhe getroffen, so fliegt die Kugel längs der durch die Pendelkugeln vorgezeichneten Bahn. (Über die Anwendung von Wasserstrahlen statt der Kugel vgl. unten (4.).)

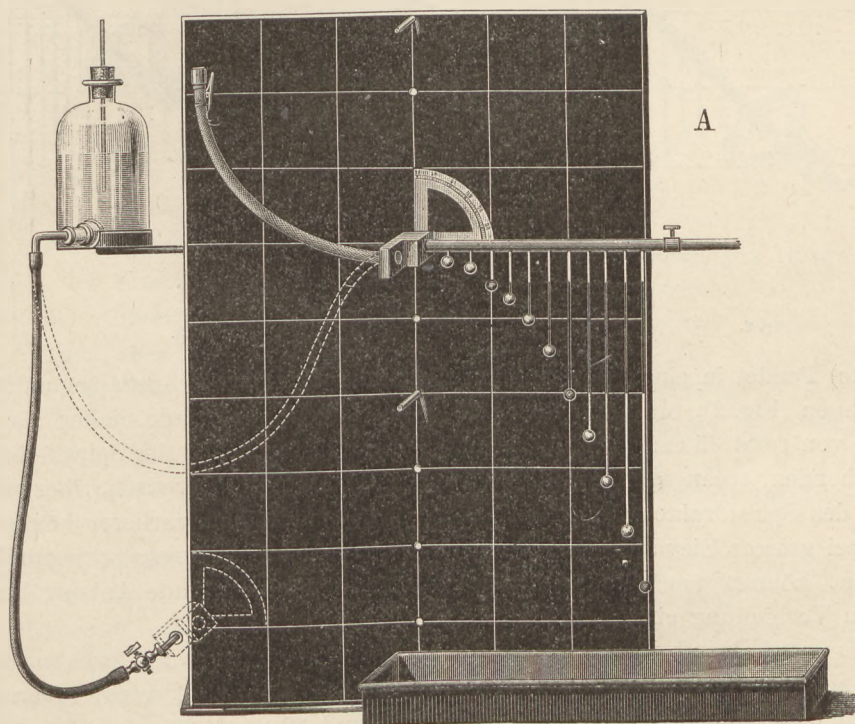


Fig. 1.

Es galt, für den Apparat speciell die Länge der Röhre (entsprechend der grössten Anfangsgeschwindigkeit) und die Länge des längsten Pendels in zweckmässigen Dimensionen zu wählen. Indem als Fallraum der ersten Sekunde der abgerundete Wert von 5 m (statt 490 cm) angenommen wurde, empfahl es sich, das längste Pendel 45 cm lang zu machen. Wird nämlich dann die Spirale auf 30 cm ausgedehnt (d. h. so, dass die Befestigungsstelle jenes längsten Pendels vom Anfange der Spiralfeder, der sich im Drehpunkt der Röhre befindet, 30 cm beträgt), so wird zur vertikalen Bewegung um 45 cm 0,3 Sek., also auch zum Zurücklegen der 30 cm 0,3 Sek. gebraucht. Somit beträgt die Anfangsgeschwindigkeit für diesen Fall gerade 1 m per Sek. Um der Kugel diese Anfangsgeschwindigkeit zu erteilen, muss sie aus einer Höhe von theoretisch (nur!) 5 cm oberhalb des Nullpunktes losgelassen worden sein. Natürlich

wird durch Reibung in der Anlaufröhre eine stärkere Niveaudifferenz nötig. Entsprechend Fallzeiten von 0,1, 0,2 Sek. sind noch zwei Pendel von 5 cm und 20 cm vor dem mit 45 cm angebracht, und zwar diese drei aus etwas dickeren Metallröhrchen, zwischen welche Pendel noch je drei dünnere interpoliert sind. Alle sind entsprechend den Fallräumen der einzelnen Sekunden (5, 15, 25 cm) abwechselnd weiss und rot angestrichen.

Die bisherigen Grössenangaben gelten, wie für den horizontalen Wurf (für den sie auch der Anfänger leicht durch Kopfrechnen gewinnt) ebenso auch für den beliebigen schiefen Wurf (Fig. 2). Um für den Elevationswinkel 45° ebenfalls das letzte

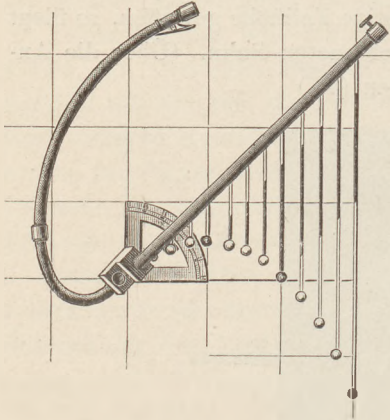


Fig. 2.

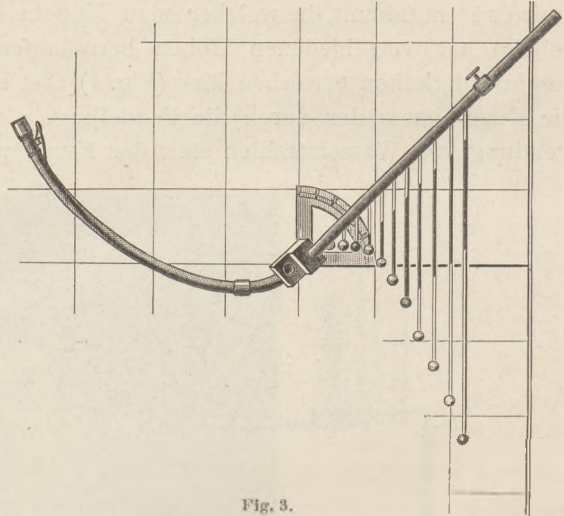


Fig. 3.

(längste) Pendel in einen horizontalen Abstand $= 30$ cm vom Ausgangspunkt bringen zu können (Fig. 3), muss die Röhre $30\sqrt{2}$ cm haben; es wurde daher für sie eine Länge von rund 45 cm gewählt, so dass die durch Ausziehen der Spiralfeder zu versinnlichenden Anfangsgeschwindigkeiten zwischen 0 (— theoretisch, aber wegen der Dicke des Spiraldrahtes thatsächlich etwa 8 cm) und 150 cm variieren können. — Um auch bei grossen Elevationswinkeln noch entsprechende Anfangsgeschwindigkeiten zu erzielen, können nach Bedarf zwei krumme und eine gerade Anlaufröhre einzeln oder in Verbindung eingesetzt werden.

Erst auf Grund der so gewählten Grössen liessen sich die zweckmässigen Dimensionen der Tafel feststellen, vor der es sich die Röhre anzubringen empfahl. Die Tafel ist nämlich 2×30 cm $= 6$ dm breit und 30 cm $+ 60$ cm $= 9$ dm hoch. Die schwarze Leinwand der Tafel ist durch weisse Linien in Abständen von je 1 dm vertikal und horizontal eingeteilt. Das Metallstück mit den Röhren ist an der Rückseite mittels einer Flügelschraube für die verschiedenen Elevationswinkel festzuklemmen.

Nachdem der Apparat für die bisherigen Zwecke eingerichtet war, lag es nahe, ihn auch noch zur Vorzeigung einiger weiterer einschlägiger Erscheinungen geeignet zu machen. Es genüge, die bekannten Gesetze namhaft zu machen und darnach die Nebenapparate nur anzudeuten.

1. Ein mit beliebiger Anfangsgeschwindigkeit horizontal geworfener Körper senkt sich in bestimmter Zeit so viel als ein während dieser Zeit frei fallender Körper. — Durch ein (vom Mechaniker sehr ingeniös erdachtes) einfaches Apparatchen wird im Augenblick, da die Kugel das Anlaufrohr verlässt, eine ebensolche Kugel

zum freien Fall losgelassen. Beide Kugeln schlagen im selben Zeitpunkt auf eine horizontale Unterlage (z. B. einen langen Experimentiertisch) auf, auch wenn die Anfangsgeschwindigkeit des horizontal geworfenen Körpers sehr beträchtlich gewesen, z. B. statt durch das Anlaufrohr durch die unter 5. zu besprechende „Kanone“ erzielt worden war. Wer den Versuch mit einem der verschiedenen hierfür eigens konstruierten Apparate vorgeführt hat, weiss, wie sehr er den Anfänger frappiert; der Grösse der Verwunderung entspricht die Wichtigkeit des ihm zugrunde liegenden theoretischen „Unabhängigkeitsprinzips“.

2. Sehnenfall. An der schwarzen Tafel werden Halbkreise mit vertikalem Durchmesser vorgezeichnet, dessen oberes Ende im Mittelpunkt des drehbaren Metallstückes liegt. Hier setzt man eine schief abwärts gerichtete Röhre als Sehne ein und lässt durch eine einfache Auslösevorrichtung wieder eine Kugel in dieser Röhre, wo sie ein optisches Signal in Bewegung setzt, eine andere im freien Fall sich bewegen.

3. Galileis gehemmtes Pendel (MACH, *Lehrb. f. d. ob. Cl.* Fig. 11). In der Mitte des oberen Randes ist ein Stift einzusetzen, der das Pendel trägt; 1, 2, 3 . . . dm oberhalb des unteren Randes lässt sich ein Stift einsetzen, der das Pendel hemmt. An den horizontalen Linien der Tafel ist die Fallhöhe des freien mit der Steighöhe des gehemmten Pendels zu vergleichen.

4. Statt der geworfenen Kugel lässt sich auch ein Wasserstrahl verwenden. Zu diesem Zwecke ist, falls nicht direkt der von der Wasserleitung durch einen Schlauch zugeleitete Strahl verwendet werden kann oder soll, eine Mariotte'sche Flasche an einer hinter der Tafel angebrachten vertikalen Stange in beliebigen Höhen einzustellen; von der Flasche geht ein Schlauch zu einem Auslaufröhrchen mit Hahn, welches statt der Anlaufröhre in das drehbare Metallstück eingesetzt werden kann. Hierbei wird das Metallstück entweder an seiner gewöhnlichen Stelle oder in der linken unteren Ecke der Tafel angesetzt (womit sich im letzteren Falle die in PFAUNDLER 1. Bd. 1890 S. 152, Fig 129 dargestellte Anordnung ergibt). Eben dass bei einmal gewählter Stellung der Luftröhre die Wasserparabel ihre durch die Pendelkugeln vorgezeichnete Gestalt genau beibehält, beweist auch das Prinzip der Mariotte'schen Flasche.

5. Statt der Anlaufröhre lässt sich auch eine „Feder-Kanone“²⁾ einsetzen, d. i. eine 18 cm lange Röhre mit einer Spiralfeder, die durch einen Zug von je 100 g (terrestrisches Maass) um je 1 cm zusammengedrückt wird. Ausser zur Erzielung grösserer Geschwindigkeiten für obigen Versuch 1 dient sie auch, die Beziehungen zwischen Arbeit und Energie beim vertikalen Wurf annähernd quantitativ vorzuführen. Es ist zu diesem Zwecke die Kanone in das Metallstück eingesetzt und vertikal aufwärts gerichtet. War dann der Reihe nach das aus der Röhre herausragende untere Ende des Leitstabes (der aus Aluminium angefertigt ist, damit für seine Bewegung ein möglichst kleiner Teil der Energie verbraucht werde) durch „Kräfte“ von 100, 200, 300, 400, 500 g um „Wege“ von 1, 2, 3, 4, 5 cm herausgezogen worden (wobei die „Kräfte“ an der Tafel durch horizontale Strecken und die „Arbeiten“ durch Dreiecke von den Flächen 1 : 4 : 9 : 16 : 25 dargestellt werden können), so verhalten sich auch die entsprechenden Wurfhöhen wie 1 : 4 : 9 : 16 : 25. (Weil die Dreiecke etwas zu klein ausfallen, um von Fernersitzenden deutlich gesehen zu werden, sollen künftige Exemplare der Kanone in grösseren Dimensionen ausgeführt werden.)

²⁾ Bald nachdem ich eine solche Kanone bestellt hatte, vernahm ich zuerst privatim von Hartl's ähnlicher Vorrichtung; seitdem veröffentlicht in den „Periodischen Blättern für naturkundlichen u. mathem. Schulunterricht“.

Um ausser dem v auch m zu variieren, werden zwei oder drei Kugeln (Spitzgeschosse) hinter einander geladen, wobei dann die Wurfhöhen entsprechend kleiner werden.

Was den Hauptzweck des Apparates, die Vergleichung der wirklichen Wurfbewegung mit den geometrisch entwickelten Bahnformen betrifft, so hoffe ich, dass durch den Apparat ein Bedenken sich mildern werde, welches seitens eines sehr geehrten Herrn Kollegen mündlich gegen die Behandlung der Wurfbewegungen im Lehrbuche von Höfler und Maiss, speziell gegen die Fig. 121, erhoben worden ist. Es sind nämlich in dieser einen Figur die Bahnen für die nämliche Anfangsgeschwindigkeit von 30 Meter in der Sekunde (im Maassstabe 1:1000) bei Elevationswinkeln 0° , 30° , 45° , 60° , 87° , und 90° sozusagen synoptisch dargestellt. Für den Anblick der blossen Figur als solcher mag das dem ungeübten Auge des Schülers in der That etwas viel auf einmal scheinen. Wird aber am Wurfapparat bei ein- und derselben Anfangsgeschwindigkeit die Röhre der Reihe nach unter den genannten Elevationswinkeln eingestellt, wobei sich z. B. vor den Augen des Schülers die Wurfweite (nicht erst bei wirklicher Bewegung der Kugeln oder bei den Wasserstrahlen, sondern schon in der Reihe der Pendelkugeln, indem der Durchschnittspunkt dieser Reihe mit den Horizontalen und dem Blick verfolgt wird) anfangs vergrössert, von 45° an wieder verkleinert, so dürfte sich gerade jenes Vereinigen der verschiedenen Figuren als etwas sehr Natürliches, vom Schüler sozusagen Erwartetes, fühlbar machen. Manches Überraschende tritt hierbei noch in Erscheinung; so z. B. (ausser der Gleichheit der Wurfweiten für $45^\circ \pm \varepsilon$ u. dgl.) die unerwartet geringe Steighöhe beim Vertikalwurf trotz verhältnismässig grosser Anfangsgeschwindigkeit; was eben der unerwartet geringen Fallhöhe (5 cm) zum Erzielen der bei 1. als Beispiel angeführten Anfangsgeschwindigkeit (100 cm) entspricht. Es lassen sich hierbei die Fallhöhen, welche zum Erzielen bestimmter Anfangsgeschwindigkeiten und Steighöhen erforderlich sind (unabhängig von Neigung und Krümmung der Anlaufföhren), ganz ohne Rechnung an dem Apparate selbst dadurch ermitteln, dass man die Röhre mit den Pendeln möglichst vertikal richtet und sieht, bei welchem Teilstriche der Tafel die höchste Pendelkugel zu stehen kommt. Letzteres Beispiel dürfte selbst wieder ein ausreichender Hinweis sein, wie sich mit dem Apparat schon ziemlich weitgehende Einsichten selbst im sehr elementaren Unterricht, etwa der Bürgerschule, anregen lassen, wogegen sich im Unterricht der oberen Mittelschulklassen hinwieder ein beliebig mannigfach zu gestaltendes Übungsmaterial für die Grundformeln der Phoronomie und Dynamik in einfachen, fast überall durch Kopfrechnen zu bewältigenden Zahlen dem Apparate abgewinnen lässt. So ergibt sich z. B. für die Anfangsgeschwindigkeit $c = 1$ m/sec. der Krümmungshalbmesser im Scheitel $c^2/g = 0,1$ m.

Ein Nebenapparat zu Machs Wellenmaschine.¹⁾

Von

Professor Dr. Alois Höfler in Wien.

1. Zur Vorführung der fortschreitenden transversalen Wellen dient an MACHS Wellenmaschine eine Leiste, welche parallel zur Reihe der ruhenden Pendelkugeln in einem Abstände gleich der Amplitude der Pendel aufgestellt wird, um

¹⁾ Nähere Beschreibung des in der Vierteljahresschr. d. Wiener Vereins z. Förd. d. physikal. u. chem. Unterr. I. Jhg., 1. Heft, S. 47 kurz angezeigten Apparates. — Preis der Machschen Wellenmaschine 40 fl., mit Nebenapparat 45 fl. (laut Katalog der Mustersammlung von W. J. Rohrbachs Nachfolger, Wien 1, vgl. die angeführte Vierteljahresschr. S. 33).

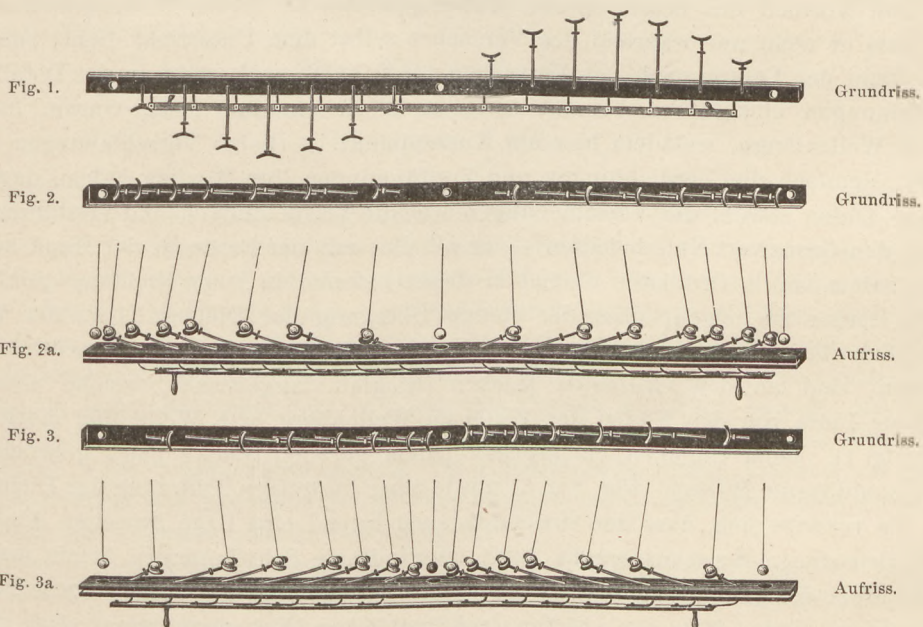
einem Lineal als Führung zu dienen, durch dessen Wegziehen in bekannter Weise jene transversalen Wellen hervorgebracht werden²⁾.

2. Dieselbe Leiste dient auch zum Hervorbringen der fortschreitenden longitudinalen Wellen, indem sie unter der Reihe der ruhenden Pendelkugeln aufgestellt wird und einem Klötzchen als Führung dient, das die Pendelkugeln aus ihrer Gleichgewichtslage schiebt.

3. Die stehenden transversalen Wellen werden mittels eines nach einer Sinuskurve gekrümmten Drahtes hervorgebracht, an welchen die Pendelkugeln angelegt werden und der dann durch rasches Wegdrehen die Kugeln ihre Schwingungen gleichzeitig beginnen lässt.

4. Die stehenden longitudinalen Wellen erfordern eine Leiste, in welcher Löcher oder Stifte angebracht sind, die wieder den Kugeln ihre Verschiebungen aus der Gleichgewichtslage anweisen; um die Schwingungen beginnen zu lassen, wird die Leiste rasch gesenkt.

Es sind also zur Darstellung der viererlei Wellentypen (abgesehen von der unten zu besprechenden Drehung der Schwingungsebene behufs Überganges von 1. in 2., von 3. in 4.) drei Nebenapparate erforderlich. Sie sind z. B. auch in PFAUNDLER, I. Bd. (1886) Fig. 634 mit der Mach'schen Wellenmaschine zusammen abgebildet. Vielleicht hat dies den Anstoss gegeben, dass mehrerlei Variationen der Mach'schen Maschine in den Handel gebracht wurden. Als ich gelegentlich der Lemberger Ausstellung³⁾ zwischen diesen zu wählen hatte, fiel mir ein, dass sich mit folgendem einen Nebenapparate die viererlei Wellentypen herstellen lassen.



²⁾ Nebenbei möchte ich bei dieser Gelegenheit auf eine hübsche Darstellung der Beziehung $c = \lambda/\tau$ aufmerksam machen: Läuft an den Kugeln die transversale Welle mit bestimmter „Fortpflanzungsgeschwindigkeit“ c hin (wobei λ je nach der kleineren oder grösseren Geschwindigkeit, mit der das Lineal herangezogen wurde, kleiner oder grösser ist), und hält man das Lineal so an die Pendelfäden, dass τ kleiner wird, so läuft sogleich die Welle auffallend rascher die Kugelreihe entlang.

³⁾ Vgl. über die in Lemberg (Sommer 1894) ausgestellte erste wirkliche „Mustersammlung physikal. Schulapparate“ die Vierteljahresschr. d. Wiener Vereins z. Förd. d. physikal. u. chem. Unterr. I. Jhg., 1. Heft (Oktober 1895), S. 44.

Entsprechend der von MACH selbst (Naturlehre f. d. ob. Cl., Fig. 120) hervorgehobenen Anschauung, dass man sich die Ordinaten einer transversalen Welle „umgelegt“ zu denken habe, um die longitudinale Welle zu erhalten, sind in eine Leiste (Fig. 1, 2, 3) die die Ordinaten darstellenden Drähte als Kurbeln eingesetzt, die mittels einer gemeinsamen Leitstange alle auf einmal, entweder normal zur Längsausdehnung der Leiste (Fig. 1) oder aber parallel zu dieser Längsausdehnung so gestellt werden können, dass in der halben Länge der Leiste die grösste Verdünnung (Fig. 2), bzw. Verdichtung (Fig. 3) auftritt. An den Enden der Drähte sind (nach aussen concave) Bleche zur Aufnahme der Kugeln angebracht. Die Leiste wird so unter die ruhende Pendelreihe gestellt, dass die Ordinaten in dem einen wie im andern Fall nicht wie in der Zeichnung vertikal, sondern wagrecht liegen. Da sie der Verschiebung der Pendelkörper zu entsprechen haben, so sind die Drähte nicht ganz gerade, sondern schwach nach oben concave Kreisbogen (in Fig. 2a und 3a etwas übertrieben stark gekrümmt dargestellt).

Behufs Darstellung der Wellen 3. und 4. werden die Kugeln in die gekrümmten Bleche gelegt und nun dadurch gleichzeitig freigelassen, dass sich die Leiste samt den Drähten rasch senkt; zu diesem Zwecke sind unter den Stützen der Leiste Federn angebracht, welche bei gleichzeitigem Ziehen an je einem Knöpfchen die Stützen vertikal abwärts schnellen machen.

Dieselbe Leiste ist auch für die Versuche 1. und 2. zu verwenden, zu welchem Zwecke sie auf einer der nicht durch die Kurbeln in Anspruch genommenen Seiten die als Führung des Lineals, bzw. des Klötzchens dienende Nuth besitzt.

Ein Vorthail des beschriebenen Nebenapparates zu MACHS Wellenmaschine ist der, dass er nicht nur während des Versuches selbst dem Unterricht dient, sondern dass, wenn der Lehrer nach den Versuchen die Schüler noch mehr in das Detail der Erscheinungen einzuführen bemüht ist — z. B. sie einsehen lässt, warum in der halben Wellenlänge, trotzdem hier ein Knotenpunkt ist (keine Verschiebungen stattfinden), dennoch die Verdichtungen und Verdünnungen ihre Maxima haben, dagegen an den Enden sowohl die Verschiebungen wie die Verdichtungen und Verdünnungen immer den Grenzwert Null behalten — er all dies mit der Leiste in der Hand zeigen kann, indem er die Ordinaten einmal in dieser, einmal in jener Richtung „umlegt“. — Um ferner zu zeigen, dass der stetige Übergang der Dichten längs der Welle wesentlich davon abhängt, dass die Ordinaten nicht nach einer geraden Linie wachsen, sind an den Ordinaten Marken (Ringlein) angebracht, welche eine gebrochene Linie von den Enden der Welle zu Wellenberg bzw. Wellenthal markieren (vgl. Fig. 1). Beim Umlegen entsprechen jedem geraden Stücke jener gebrochenen Linie äquidistante Marken (Fig. 2 u. 3) mit je einer unstetigen Änderung der Dichte. —

Es versteht sich, dass den Ordinaten auch irgend eine Lage zwischen den typischen Grenzlagen für transversale, bzw. longitudinale Schwingungen erteilt werden kann, wobei demgemäss auch die Schwingungsebenen der bifilar aufgehängten Pendel einzustellen sind. Mit den bisher gebräuchlichen Nebenapparaten sind derlei Zwischenformen nicht direkt darzustellen gewesen. MACH selbst empfiehlt (Lehrb. f. d. ob. Cl. § 142), die fortschreitenden longitudinalen aus den fortschreitenden transversalen Wellen einfach dadurch — ohne besondere Nebenapparate — abzuleiten, dass man die Schwingungsebenen um 90° dreht. Hierzu ist zu bemerken einerseits, dass dieses Drehen recht langsam zu geschehen hat, damit sich die Kugeln an die neue Schwingungsrichtung sozusagen „gewöhnen“ (physikalisch korrekt natürlich durch Berufung auf die Erhaltung der Rotationsenebene auszudrücken); andererseits, dass

ebenso wie hier 2. aus 1. so auch 4. aus 3. abzuleiten ist; und weiter, dass natürlich auch die oben erwähnten Zwischenlagen herzustellen sind, indem man eben nicht um volle 90° dreht. Insoweit wären also überhaupt nur die Leiste 1 und der Draht 3 nötig. —

Was mich hoffen lässt, dass der beschriebene Nebenapparat zur MACHSchen Wellenmaschine vielleicht nicht ganz unerwünscht sein möge, ist natürlich wieder nur die Bedeutung des Hauptapparates selbst — nämlich die Thatsache, dass wohl kaum mehr auch nur ein Lehrer darauf verzichten mag, sich beim Unterricht des so überraschend einfachen und schönen Veranschaulichungsmittels für die Grundvorstellungen der ganzen Wellenlehre zu bedienen. — Die Gesamtheit der Schulapparate lässt sich in zwei sehr ungleich grosse Gruppen einteilen: Die weitaus grössere Zahl von Apparaten dient, sozusagen, dem Hervorrufen physikalischer Erscheinungen selbst, der bei weitem kleinere Teil ihrer blossen Nachahmung durch Modelle (ein Beispiel für den Unterschied giebt der oben beschriebene Wurfapparat: die Kugeln der Pendel ahmen die Wurfparabel nur nach, die geworfenen Kugeln und die Wassertropfen des Strahles bewegen sich in den Parabeln). Indem MACHS Wellenmaschine, wiewohl nur Veranschaulichungsmittel, doch zu den verbreitetsten Schulapparaten gehört, mag sie dem Schüler ein typisches Beispiel sein für die Bedeutung jener MAXWELLSchen Methode der Symbolisierung der Vorgänge durch Modelle, in welcher BOLTZMANN⁴⁾ sogar eine Grundrichtung physikalischen Denkens überhaupt erkannt hat: „Die Wissenschaft spricht in Gleichnissen“.

Über Nitrocellulose.¹⁾

Von

Dr. W. Wolff in Berlin.

I. Geschichtliches, Darstellung und Eigenschaften der Nitrocellulose.

Als Vorläufer des in der heutigen Militärtechnik so wichtigen Körpers, der Schiesswolle, ist das von BRACONNOT im Jahre 1832 gefundene und von ihm so genannte Xyloidin zu bezeichnen. BRACONNOT²⁾ erhielt durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf Stärke, Holzfaser und ähnliche Substanzen einen farblosen gallertartigen Körper, aus welchem durch Wasser ein weisser körniger Niederschlag gefällt wurde, der ausgewaschen und getrocknet entzündet werden konnte und dann, ohne Rückstand zu hinterlassen, lebhaft verbrannte. Im Jahre 1838 stellte PELOUZE³⁾ fest, dass Xyloidin bei 180°C . verpuffe, aber auch durch Stoss oder Schlag zur Explosion gebracht werden könne, weshalb er den Körper zur Anwendung in der Feuerwerkerei empfahl. Da es jedoch nicht gelang, Produkte von genügender Haltbarkeit und gleichmässiger Wirkung herzustellen, so legte man diesen Versuchen in weiteren Kreisen keine grössere Bedeutung bei.

Sehr grosses Aufsehen erregte aber im Jahre 1846 die Entdeckung SCHÖNBEINS in Basel, dass Baumwolle, wenn man sie mit einem Gemisch von 2 Teilen concentrirter Schwefelsäure und 1 Teil concentrirter Salpetersäure behandelt, in wenigen Minuten in einen Körper verwandelt werde, der mit einem brennenden Körper berührt, augenblicklich mit lebhaftem Feuer abbrennt, ohne Raucherscheinung und ohne Rückstand zu hinterlassen, und der selbst durch einen starken Schlag entzündet werden kann.

⁴⁾ „Über die Methoden der theoretischen Physik“. (Katalog math. Modelle etc., München 1892.)

¹⁾ Vortrag, gehalten für den naturwissenschaftlichen Ferienkursus zu Berlin Ostern 1895.

²⁾ Ann. de chim. et de phys. 52, p. 290, 1833; Pogg. Ann. 29, p. 176, 1833.

³⁾ Compt. rend. 6, p. 713, 1838.

SCHÖNBEIN machte sogleich Versuche, den neuen Körper anstatt Schiesspulver in Gewehren mit Perkussionsschloss anzuwenden, fand, dass sein Produkt dieselbe Triebkraft hatte, wie die 3 bis 4mal so grosse Gewichtsmenge von dem besten Schiesspulver und nannte seinen Körper daher Schiessbaumwolle oder kurz Schiesswolle (PELOUZE⁴⁾ gab ihm die Benennung Pyroxylin). Er stellte damit öffentliche Schiessversuche in Basel an, und die Teilnehmer an den Versuchen waren nicht wenig überrascht, zu sehen, wie er das Gewehr mit einem nicht sehr grossen Baumwollenpfropfen lud und damit einen ebenso kräftig wirkenden Schuss hervorbrachte wie mit einer völligen Ladung Jagd-Schiesspulvers, wobei der Schuss keinen Rauch gab und das Gewehr sich vollkommen rein erhielt.

Die einfache Darstellung, sowie die starke Wirkung der Schiesswolle erregten bei ihm die Idee, seine Erfindung finanziell zu verwerten, weshalb er die Bereitungsmethode geheim hielt. Nicht lange nach seinen Veröffentlichungen fand auch Böttger in Frankfurt a. M. die Bereitungsmethode auf und bot gemeinschaftlich mit Schönbein den europäischen Regierungen die Anwendung des neuen Treibmittels für Kriegszwecke an.

Indessen schon im October 1846 fand Otto in Braunschweig, dass die Schiesswolle erhalten werde, „wenn man reine und trockene Baumwolle eine Minute lang in Salpetersäure liegen lässt, welche nicht mehr als 1 Atom Wasser enthält“⁵⁾ und machte dies in verschiedenen Zeitungen bekannt. Damit war auch der Zusatz von Schwefelsäure zu der Salpetersäure für den Fachmann ein fast selbstverständlicher weiterer Schritt, so dass dem Entdecker und seinem Teilhaber dadurch die Vorteile verloren gingen, welche sie sich für die Mittheilung der Bereitungsweise der Schiesswolle ausbedungen hatten, zumal in zahlreichen Orten von der Privatindustrie die Schiesswolle für Jagdgewehre zum Kauf ausgedungen wurde. In richtiger Würdigung dieser Sachlage setzte der Deutsche Bund den beiden Erfindern eine Belohnung aus für den Fall, dass sich die Schiesswolle nicht nur geeignet erweise, das Schiesspulver vollkommen zu ersetzen, sondern dass sie auch noch Vorzüge vor diesem besitze⁶⁾. Die Untersuchungen der zu dieser Prüfung eingesetzten Commission gaben zwar im ganzen zufriedenstellende Resultate, sie wurden indessen durch die Ereignisse von 1848 unterbrochen und nahmen dann wegen einiger verheerenden Explosionen, welche in der Privatindustrie des In- und Auslandes vorkamen, und welche zur Vorsicht mahnten, einen sehr langsamen Fortgang, bis sie allmählich ganz eingestellt wurden.

Den unermüdlichen Bestrebungen eines Commissionsmitgliedes, des österreichischen Artillerie-Hauptmanns Lenk, gelang es endlich, im Jahre 1853 in Hirtenberg bei Wien die erste rationell eingerichtete Schiesswollfabrik in Betrieb zu setzen, worauf an Schönbein 20 000 fl., an Böttger 10 000 fl. von der österreichischen Regierung ausgezahlt wurden⁷⁾.

Das Lenksche Verfahren wurde bis zum Jahre 1862 geheim gehalten, dann der französischen und englischen Regierung mitgeteilt und im Jahre 1864 in Amerika patentiert, wodurch es der Öffentlichkeit übergeben wurde. Eine anscheinend wörtliche Übersetzung des Patentes findet sich in *Dinglers Polytechnischem Journal* Bd. 178 S. 145 (1865). —

Die Darstellung der Schiesswolle im kleinen ist so einfach, dass man sie mit sicherer Aussicht auf Erfolg während des Vortrages vorführen kann.

In ein Gemisch von 2 G.-T. Schwefelsäure (spez. Gew. 1,84) und 1 G.-T. Salpetersäure (spez. Gew. 1,5) taucht man eine kleine Menge entfetteter Baumwolle (Verbandwatte oder dgl.), nimmt sie nach etwa 5–10 Minuten heraus und spült in sehr vielem Wasser zunächst die anhängende Säure ab, wobei die Wolle stark umgerührt werden muss, um die Erhitzung zu vermindern, welche durch die Mischung von Schwefelsäure und Wasser hervorgerufen wird. Dann wäscht man sorgfältig in mehrfach gewechseltem oder besser in fließendem Wasser und drückt das Wasser, so weit es möglich ist, aus. Nun kann man bei einer Temperatur von etwa 60°C. im Trockenofen entweder direkt trocknen, oder wenn man das

⁴⁾ L'Institut Nr. 672, p. 381.

⁵⁾ Berzelius, Jahres-Ber. 27, p. 412, 1848.

⁶⁾ Dingl. Journ. 102, p. 167, 1846.

⁷⁾ Dingl. Journ. 127, p. 235, 1853.

Trocknen beschleunigen will, vorher durch wiederholtes Auswaschen in zuletzt möglichst hochgradigem Alkohol das Wasser ausziehen. Beim Trocknen ist mit Vorsicht zu verfahren, und man muss dafür sorgen, dass die Schiesswolle nicht mit Körpern von höherer Temperatur als 60° C. in Berührung kommt. Trocknen bei Luftverdünnung oder bei strömender Luft ist vorzuziehen, weil es weniger Zeit in Anspruch nimmt und bei niedriger Temperatur vorgenommen werden kann.

Die Säuremischung bereitet man sich zweckmässig einige Tage vorher, damit Abkühlung erfolgt ist und eine gleichmässige Durchmischung erzielt wird. Die Temperatur der Säure während des Nitrierens sollte 20° C nicht überschreiten und nicht unter 10° herabsinken. Um sicher ein hochnitriertes Produkt zu erhalten, muss man mit beträchtlichem Säureüberschuss experimentieren, so dass etwa auf 10 g Baumwolle 1500 g Säuremischung kommen. Dieser grosse Überschuss ist wegen des grossen Volumens, welches Baumwolle einnimmt, notwendig, man kann indessen dieselbe Säure wiederholt benutzen.

Der Darstellung im kleinen entspricht vollständig die Fabrikation der Schiesswolle im grossen. Die in der Hirtenberger Fabrik ausgeübte Methode ist auch heute noch als typisch zu bezeichnen⁸⁾. Als der Betrieb in dieser Fabrik infolge der Explosion eines Magazins, deren Ursache nicht festgestellt werden konnte, im Jahre 1865 eingestellt wurde, ging die Schiesswollindustrie hauptsächlich auf England über, wo eine Reihe von Fabriken errichtet wurde, von denen zwei der ältesten, in Stowmarket und Waltham Abbey nach dem von Abel verbesserten Lenkschen Verfahren noch heute arbeiten.

Nach Guttmanns Mitteilungen⁹⁾ wird als Rohmaterial der Abfall von versponnenem Baumwollengarn angewendet, welches schon in den Spinnereien von allen rohen, der Baumwolle anhaftenden Unreinigkeiten befreit wurde. Indessen ist eine nochmalige Reinigung der Baumwolle von Nägeln, Eisenteilen und dergl. erforderlich, welche von Hand geschieht. Die Baumwolle wird in Reisswölfen aufgelockert und zerrissen und dann getrocknet.

Das Trocknen der Rohwolle geschieht in Stowmarket in mit Dampfmantel umgebenen Eiscylindern bei Luftverdünnung, in Waltham Abbey in besonderen Trockenmaschinen von folgender Einrichtung. In einem hohen Eisenkasten befindet sich um Walzen geschlungen eine Reihe von Tüchern ohne Ende übereinander, von welchen das untere immer um etwa 20 cm gegen das obere vorsteht, und welche abwechselnd in entgegengesetzter Richtung durch ausserhalb angebrachte Riemenscheiben bewegt werden, so dass die Baumwolle vom obersten Tuch auf das zweite, von diesem auf das dritte u. s. f. abfällt. Zwischen den Tüchern befinden sich eiserne Doppelböden, die durch Dampf geheizt werden können. Der Bewegungsrichtung der Tücher entgegen, wird während des Betriebes ein trockener warmer Luftstrom geführt. Die trockene Baumwolle wird in Blechgefässen gesammelt und abgekühlt.

Zum Nitrieren werden nur höchst concentrirte Säuren verwendet, die Salpetersäure vom spez. Gew. 1,516, die Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,84. Sie werden in der Regel schon gemischt von den chemischen Fabriken bezogen und in grossen, etwa 2 bis 3 cbm haltenden gusseisernen Ballons versendet, welche durch ihre Ventile direkt an die in den Schiesswollfabriken fest angelegten Säureleitungen angeschlossen werden können. Das Nitrieren geschieht in viereckigen gusseisernen Kästen, die durch fliessendes Wasser fortwährend gekühlt werden. Über den Kästen befindet sich die Säurezuleitung, während auch für eine Ableitung der verbrauchten Säuren gesorgt ist. Die unangenehmen Säuredämpfe werden durch kräftig wirkende Exhaustoren abgesogen.

Es wird stets mit grossem Säureüberschuss, etwa dem zwanzigfachen der zum Nitrieren nötigen Säure gearbeitet, so dass jede Beschickung aus etwa 150 Engl. Pfd. Säure besteht, welche 1 Pfd. Baumwolle enthält, die mit einer eisernen Gabel stark umgerührt, nach 10 Minuten herausgenommen und auf einem zu diesem Zweck an den Nitriergefässen angebrachten Rost ausgedrückt wird. Da der ausgedrückten Wolle immer noch etwa das 11fache

⁸⁾ Ladenburg, Handwörterbuch der Chemie Bd. 11, p. 95, 1893.

⁹⁾ Dingl. Journ. 249, p. 509, 1883.

ihres Gewichtes an Säure anhaftet, so muss die Säure im Nitrierkasten erst wieder auf ihr ursprüngliches Maass ergänzt werden, ehe eine frische Quantität Baumwolle hineingetaucht wird. Nachdem der Kasten 20mal frisch beschickt worden ist, wird die ganze Säure abgelassen und durch frische ersetzt. Zur Nitrierung von 20 Engl. Pfd. Baumwolle werden demnach etwa 370 Pfd. Mischsäure verbraucht.

Trotz dieses sehr bedeutenden Säureverbrauches bedarf es einer sehr sorgfältigen Einhaltung aller Vorschriften, um nicht teilweise niedriger oder gar nicht nitrierte Baumwolle zu erhalten. Um dem noch mehr vorzubeugen, thut man die nitrierte Baumwolle zusammen mit dem zehnfachen ihres Gewichtes an Mischsäure in Steinguttöpfe, welche in fließendem Wasser stehen, wo sie längere Zeit, 24 bis 48 Stunden, zum Nachnitrieren verbleibt. Eine Kühlung ist hier von besonderer Wichtigkeit, weil diese Töpfe, von denen immer eine grössere Anzahl im Betriebe ist, nicht so gut überwacht werden können. Es könnten daher ohne die Kühlung leicht unbemerkte Erhitzungen eintreten, die unter Umständen eine turbulente Zersetzung der Schiesswolle im Gefolge haben können.

Aus den Nitriertöpfen kommt die Schiesswolle zunächst in Centrifugen zum Ausschleudern der Säure und dann zum Auswaschen in grosse Bottiche, in welchen sich ein Schaufelrad dreht. Nachdem sie zum zweitenmale centrifugiert ist, wird sie in Waltham Abbey mit warmem Wasser, welchem Soda, Kalk oder Schlemmkreide zugesetzt ist, um noch freie Säure zu neutralisieren, in Stowmarket mit kochendem¹⁰⁾ Wasser ausgewaschen und kommt nunmehr in stark verfilztem Zustande in die aus der Papierfabrikation bekannten Mahlholländer, in welchen sie zerrissen, zermahlt und in einen feinen Brei verwandelt wird. Nach einer sehr gründlichen letzten Wäsche wird die fein verteilte Schiesswolle geschleudert und in feuchtem Zustande in Sammelgefässen aufbewahrt oder versandt.

Die Ausbeute an Schiesswolle bleibt bei richtig geleiteter Herstellung nicht weit hinter der theoretischen zurück. Aus 100 Teilen Baumwolle werden 160 bis 176 Teile Schiesswolle erhalten, während theoretisch etwa 185 Teile entstehen sollten. —

Die Schiesswolle ist kein chemisch einheitlicher Körper, sondern sie besteht aus einem Conglomerat mehrerer Salpetersäureäther der Cellulose. Eine allgemein anerkannte Scheidung der verschiedenen Nitrastufen ist bisher nicht gelungen.

Im allgemeinen kommt man praktisch damit aus, die Schiesswolle als Gemisch von Cellulose-Trinitrat und Dinitrat aufzufassen. Ob vorwiegend die eine oder die andere Stufe entsteht, hängt hauptsächlich von der Concentration der Säuren und von der Temperatur während des Nitrierens ab.

Eine Nitrocellulose mit geringem Stickstoffgehalt ist die Collodiumwolle, welche zuerst von Gaudin¹¹⁾ durch Behandlung der Baumwolle mit einem Gemisch von Schwefelsäure und Salpeter hergestellt wurde. Sie entsteht immer bei Anwendung nicht concentrirter Säuren und bei höherer Temperatur.

Der Grund, warum die Schiesswolle verhältnismässig lange Zeit gebrauchte, um zu allgemeiner Einführung zu gelangen, bestand darin, dass man es im Anfange noch nicht in der Hand hatte, genügend beständige Produkte zu erzeugen. Dies lag wohl hauptsächlich daran, dass man nicht genügend reine Rohmaterialien verwendete, und dass die Methoden des Auswaschens noch nicht so vollkommen waren, wie es heute der Fall ist. Zwar wusch Lenk seine Schiesswolle ununterbrochen mehrere Wochen lang in fließendem Wasser aus, indessen ersetzte selbst diese lange Zeit nicht die Erfahrungen, welche es heute gestatten, in kurzer Zeit brauchbare Produkte zu erhalten. Ähnlichen Umständen sind wohl auch die zahlreichen Schiesswollexplosionen in den vierziger und fünfziger Jahren zuzuschreiben.

Man sucht sich heute ausser durch peinliche Sorgfalt bei der Fabrikation gegen spontane Zersetzungen durch sogenannte Beständigkeitsproben zu sichern, welche sowohl bei frisch gefertigter Schiesswolle als auch von Zeit zu Zeit bei lagernden Beständen vorgenommen werden.

¹⁰⁾ Ladenburg, l. c., p. 96.

¹¹⁾ Compt. rend. 28, p. 269, 1849.

Mangelhafte Beständigkeit macht sich zunächst durch Abspaltung von Oxyden des Stickstoffs (salpetrige Säure, Untersalpetersäure u. s. w.) bemerkbar. Bei dauernder Erwärmung auf etwa 80° C. werden mit der Zeit von jeder Nitrocellulose solche nitrosen Dämpfe entwickelt, je nach der Beständigkeit des Fabrikats aber nach kürzerer oder längerer Zeit. Durch ein empfindliches Reagens auf diese Dämpfe kann man demnach den Grad der Neigung zur freiwilligen Zersetzung feststellen. Ein solches Reagens ist Jodzinkstärke oder Jodkaliumstärke, welche bekanntlich durch nitrose Dämpfe gefärbt werden. Der Versuch wird in folgender Weise ausgeführt.

In ein Wasserbad, welches constant auf der Temperatur 80° C. gehalten wird, wird ein Reagensglas mit etwa 1 g der zu prüfenden Substanz gehängt. Durch den das Reagensglas lose verschliessenden Pfropfen ist ein Platindraht geführt, an welchem ein schmaler, mit 40% glycerinhaltigem Wasser befeuchteter Streifen Jodzinkstärkepapiers befestigt ist. Es wird nun die Zeit beobachtet¹²⁾, nach welcher am Rande der feuchten Stelle des Papiers eine Färbung auftritt. Bei mangelhafter Nitrocellulose geschieht dies sehr bald (nach wenigen Sekunden, nach einigen Minuten etc.); als genügend beständig kann ein Produkt angesehen werden, wenn nach 25 Minuten noch kein Reaktionsstreifen aufgetreten ist¹³⁾. Diese Bedingung nicht erfüllende Schiesswolle kann in der Regel durch nochmalige gründliche Waschungen beständiger gemacht werden.

Eine zweite Probe besteht in der Bestimmung der Verpuffungstemperatur. Sie geschieht in der Weise, dass ein bestimmtes Quantum Nitrocellulose (0,1 g) in einem Reagensglas durch ein mit Rührer versehenes Ölbad erhitzt wird, bis Verpuffung eintritt. Das Reagensglas wird in das Ölbad eingesetzt bei einer Temperatur von 100° C. Die Erwärmung wird so geregelt, dass die Temperatur des Öles in einer Minute um 5° steigt. Die Verpuffung darf dann nicht unterhalb einer vorgeschriebenen Temperatur z. B. 180° C. eintreten.

Um mit dieser Methode vergleichbare Resultate zu erhalten, müssen die Versuchsbedingungen sehr genau eingehalten werden. Die Versuchsprobe muss stets das gleiche Gewicht und die gleiche äussere Beschaffenheit (z. B. staubförmige, kurz- oder langfaserige etc.) haben, die benutzten Reagensgläser müssen gleich weit, aus gleich starkem Glase sein, gleich weit in das Öl eintauchen u. s. w. Wird mit Sorgfalt verfahren, so erhält man auch zuverlässige Vergleichswerte.

Die nitrierte Baumwolle ist von der rohen äusserlich nur wenig unterschieden, sie zeigt vielleicht eine etwas gelblichere Färbung und fühlt sich härter an. Das spezifische Gewicht ist grösser. Durch Reiben wird sie stark elektrisch und sie ist für Elektrizität ein bedeutend besserer Isolator als die gewöhnliche Baumwolle.

Sehr deutlich unterscheidet sich die Nitrocellulose von der Baumwolle durch ihr optisches Verhalten im polarisierten Lichte. Der Unterschied ist so augenfällig, dass man ihn objektiv auf dem Projektionsschirm selbst im Hörsaal sichtbar machen kann, wenn eine starke Lichtquelle (Elektrische Bogenlampe von 15–20 Amp. oder Sonnenlicht) zur Verfügung steht. Der Linnemannsche Brenner gestattet nur den in der Nähe Sitzenden, die Unterschiede deutlich zu erkennen¹⁴⁾. Während bei gekreuzten Nicols die Baumwollfasern sehr glänzend aussehen und ein schönes Farbenspiel zeigen, ist die Schiesswolle sehr wenig leuchtend, so dass man mit dem Polarisationsmikroskop leicht die nicht nitrierten Teile erkennen kann. Die Collodiumwolle sieht heller wie die Schiesswolle aus, ist der Rohwolle ähnlich, zeigt aber kein

¹²⁾ Damit man das Auftreten des Reaktionsstreifens scharf beobachten kann, benutzt man als Wasserbad ein Becherglas und erhitzt das Wasser darin erst bis zum Sieden, damit die Luft aus dem Wasser und namentlich von den Wandungen des Becherglases entfernt wird, welche die Beobachtung sehr erschwert. Hat sich das Wasser wieder bis auf 80° abgekühlt, so wird das Reagensglas hineingehängt und die Temperatur constant auf 80° C. erhalten.

¹³⁾ Ladenburg, l. c., p. 120.

¹⁴⁾ Für Projektionen mit dem Polarisationsmikroskop empfiehlt es sich, den Analysator unmittelbar hinter der Objektivlinse anzubringen, um möglichste Helligkeit zu erzielen. Die übliche Anbringung am Ende des Mikroskoptubus ist hierfür unvorteilhaft.

Farbenspiel, sondern eine gleichmässige schwach bläuliche Färbung, während die hochnitrierte Cellulose gelblich aussieht. Morton Liebschütz¹⁵⁾ hat auf diese Beobachtung ein Verfahren gründen wollen, die Geeignetheit eines Nitrocellulosefabrikats zum Gelatinieren mit Nitroglycerin zu erkennen. Indessen ist das Verfahren in die Praxis nicht eingedrungen. Es handelt sich dabei um die Entscheidung, in welchem Grade die blauen Teile vor den gelben vorherrschen, diese Entscheidung bedingt Anforderungen an das Beobachtungsvermögen, welche im Grossbetriebe nicht erfüllbar sind.

Die Nitrocellulose kommt durch Stoss und Schlag zur Detonation und zwar ist die hochnitrierte detonationsfähiger als die niedrignitrierte Baumwolle. Die dadurch herbeigeführte Detonation pflanzt sich indessen nicht auf die ganze Masse fort, sondern erfolgt nur an der durch den Stoss getroffenen Stelle, während die übrigen Teile fortgeschleudert werden. In nassem Zustande detoniert Schiesswolle nur bei Anwendung einer scharfen Initialzündung, die Detonation ist dann aber um so heftiger.

Durch Erhitzen verpufft Schiesswolle an der freien Luft, was man leicht auf dem Platinblech oder schöner im Reagensglas zeigen kann. Zündet man Schiesswolle an der freien Luft an, so verbrennt sie sehr schnell, aber ohne Explosion. Im Vacuum brennt sie langsam und unvollständig etwa wie gewöhnliche Baumwolle ab.

Durch folgenden Versuch kann man die Verbrennung im Vacuum gefahrlos zeigen: Ein Rundkolben von etwa 1,5 Liter Inhalt wird durch einen Korkstopfen verschlossen und mit Siegelack vollständig luftdicht verkittet. Durch den Korkstopfen führen zwei Kupferdrähte, die innerhalb des Kolbens durch einen dünnen Platindraht verbunden sind, an welchem etwa 0,1 bis 0,2 g Schiesswolle befestigt werden. Ein durch den Kork geführtes mit Hahn versehenes Glasrohr gestattet, den Kolben zu evacuieren. Ist dieses geschehen und der Glashahn geschlossen oder besser der Kolben mit einem offenen Quecksilbermanometer von genügender Länge verbunden, wird die Schiesswolle durch galvanisches Glühen des Platindrahtes entzündet. An dem Manometer kann man die Gasentwicklung beobachten.

Über die Geschwindigkeit, mit welcher die Verbrennung der Schiesswolle an freier Luft vor sich geht, giebt folgender Versuch ein Bild: Schüttet man Schwarzpulver auf eine Unterlage und streut quer darüber hinweg eine schmale Bahn gut getrockneter Schiesswolle, so kann man diese an einen Ende durch einen glühenden Platindraht oder mit einem Streichholz¹⁶⁾ anzünden. Die Schiesswollbahn verbrennt dann über dem Pulver, ohne dieses zu entzünden; die Erklärung giebt die grosse Verbrennungsgeschwindigkeit der Schiesswolle.

Man kann sogar auf Schwarzpulver liegende Nitrocellulose zur Verpuffung bringen, ohne dadurch jenes zu entzünden. Auf ein Blatt Papier wird eine nicht zu dicke Schicht Schwarzpulver gestreut und darauf eine kleine Menge Schiesswolle gebracht. Das Papier wird auf einen über einer brennenden Kerze stehenden Dreifuss gelegt. Der Abstand der Kerzenflamme von dem Papier kann je nach ihrer Grösse und Hitze 10–30 cm betragen. Nach einiger Zeit verpufft die durch das Pulver hindurch erhitzte Schiesswolle, ohne das Pulver zu entzünden. Das ist nur darum möglich, weil die Verpuffungstemperatur des Pulvers über derjenigen der Schiesswolle liegt und weil die Verpuffungsdauer der Schiesswolle so gering ist, dass selbst die hohe Explosionstemperatur (etwa 2600° C.) auf das Pulver nicht genügend lange einwirken kann, um es zu entzünden. Das Papier wird durch die Erwärmung von der Kerze aus nur schwach gelb gefärbt¹⁷⁾.

Dem elektrischen Funken gegenüber verhält sich die Schiesswolle ähnlich wie das Schwarzpulver. Während selbst sehr kräftige Funken der Influenzmaschine beim direkten Durchschlagen von Schiesswolle keine Entzündung herbeiführen, sondern die Schiesswolle

¹⁵⁾ Moniteur scientifique 1891, (4), 5, 119; Chem. Centr.-Bl. 1891, I, p. 517.

¹⁶⁾ Bei der Ausführung des Versuches ist darauf zu achten, dass nicht gleichzeitig auch Schwarzpulver mit der Streichholzflamme in Berührung kommt, da dann der Versuch misslingt. Auch darf nicht zu viel Schiesswolle angewendet werden.

¹⁷⁾ Bei Wiederholung des Versuches muss jedesmal frisches Papier genommen werden, da bereits gebräuntes Papier Veranlassung geben kann, dass das Schwarzpulver mit verpufft.

umherschleudern, tritt die Entzündung sogleich ein, wenn ein grosser Widerstand (feuchter Bindfaden) eingeschaltet wird. Der Versuch gelingt mit Schiesswolle wesentlich leichter als mit Schwarzpulver und ist deshalb zur Demonstration der Verzögerung und Erhitzung des elektrischen Funkens durch Einschalten grosser Widerstände zu empfehlen — für den Fall, dass die Influenzmaschine nicht versagt!

Die Eigenschaft, welcher die Nitrocellulose ihre Stellung in der heutigen Industrie verdankt, besteht in der Fähigkeit, mit einer grossen Zahl von Körpern Gelatinen zu bilden. Dieser Eigenschaft dankt nicht nur die Photographie grosse Erfolge, auf sie ist auch die weit verzweigte Celluloïdindustrie basiert, und sie bildet die Grundlage der Verwendbarkeit der Schiesswolle als Geschosstreibmittel.

Die bedeutende Sprengwirkung der Schiesswolle und die Eigentümlichkeit, ohne Rauch und ohne Rückstand zu verbrennen, haben seit der Entdeckung dieses interessanten Körpers Anregung zu Versuchen gegeben, denselben als Schiesspräparat zu verwenden. Die nachteiligen Wirkungen, welche die überaus heftige Verbrennung unter hohem Druck auf die Läufe der Waffen ausübt, hat man auf verschiedenen Wegen zu paralysieren versucht. Durchschlagenden Erfolg hat man erst erzielt durch die Ausnutzung der Gelatinierungsfähigkeit der Nitrocellulose.

Zu den Körpern, mit welchen Nitrocellulose Gelatinen bildet, gehören Ätheralkohol, Methylalkohol, Aceton, Kampher, Nitroglycerin, Essigsäure, Essigäther und zahlreiche andere Ester u. s. w. Es eignet sich indessen nicht jede Nitrocellulose zur Gelatinebildung mit allen diesen Körpern. Ätheralkohol und Methylalkohol gehen nur mit den niederen Nitrastufen Gelatinen ein und lösen die höheren nur in Gegenwart der niederen bis zu einem gewissen Grade.

Essigäther und Aceton bilden mit allen Nitrastufen der Cellulose gute Gelatinen. Mit Kampher gelatinierte Nitrocellulose ist das bekannte Celluloïd. Ätheralkohol, Methylalkohol, Essigäther, Aceton und Nitroglycerin sind die hauptsächlichsten Gelatinierungsmittel für die Fabrikation der modernen Kriegspulver.

Die Herstellung dieser Pulver ist im Prinzip immer die gleiche, obwohl die Fabrikation im einzelnen in den verschiedenen staatlichen und privaten Betrieben von einander abweicht. Sie geschieht in der Weise¹⁸⁾, dass die gemahlene und getrocknete Nitrocellulose mit dem Gelatinierungsmittel innig vermengt wird, so dass sich eine homogene plastische Masse bildet, welche durch verschiedene besondere Maschinen in die gewünschte Form gebracht wird.

Für den Anschauungsunterricht kann man sich in einfacher Weise selbst ein Produkt darstellen, welches im äusseren Ansehen und in den vorführbaren Eigenschaften den in Grossbetrieben gewonnenen Fabrikaten ziemlich gleicht.

Man stellt sich zunächst die betreffende gelatinöse Lösung her, die etwa eine syrupartige Consistenz haben muss und keine wesentlichen Mengen an ungelatinierter Substanz enthalten darf. Diese giesst man dann in hinreichend dicker Lage auf eine gereinigte Glasplatte und lässt die Schicht soweit austrocknen, dass man sie leicht von der Glasplatte ablösen kann. Mit einer Schere oder einem Messer kann man die abgelöste Masse dann in Streifen, Plättchen oder Würfel schneiden. Wenn dieses Verfahren auch nicht der wirklichen Fabrikationsweise entspricht, so erhält man doch, wenigstens für die einfacher gestalteten Pulversorten, damit auch gleichzeitig eine Anschauung von den Zwischenprodukten. Bei der Fabrikation wird nur gerade so viel Gelatinierungsflüssigkeit verwendet, wie zur Gelatinierung nötig ist. Die gut durchgeknetete Masse wird dann in Platten ausgewalzt und darauf zerschnitten. —

Man kann unter den modernen Schiesspräparaten, welche Nitrocellulose als Basis haben, drei Gruppen unterscheiden¹⁹⁾.

¹⁸⁾ Ladenburg, l. c., p. 84.

¹⁹⁾ Macnab und Ristori, Proc. Roy. Soc. 56, p. 8, 1894.

1. Die Mischpulver bestehen aus Nitrocellulose, welche, um sie körnen zu können oder um die Verbrennung zu verlangsamen, gemengt oder getränkt ist mit Nitraten, Farbstoffen, Klebmitteln oder dergl., die aber nicht gelatinirt ist. Hierzu gehören namentlich Jagdpulver meist älterer Konstruktion wie das Schultze-Pulver und das E. C.-Pulver (Explosive Company Powder), aber auch das neue Troisdorfer Jagdpulver.

2. Die reinen Schiesswollpulver bestehen aus Nitrocellulose, welche durch irgend ein Mittel gelatinirt ist, das nachträglich bis zu einem gewissen Grade wieder entfernt ist, also keinen wesentlichen Bestandteil des Pulvers bildet. Hierzu gehören die meisten Kriegspulver, so das französische B. N.-Pulver, das deutsche Blättchenpulver, das englische Rifleit, das Troisdorfer Kriegspulver u. s. w.

3. Bei der dritten Gruppe bildet das Gelatinierungsmittel einen wesentlichen Bestandteil des Pulvers. Hierher gehören die Nitroglycerinpulver, von welchen Cordit und Ballistit typische Repräsentanten sind. Diese unterscheiden sich dadurch, dass Ballistit oder Noblepulver niedrignitrierte, Cordit hochnitrierte Cellulose enthält.

Von diesen drei Gruppen stehen z. Zt. die zweite und dritte im Vordergrund der Beachtung. Letztere ist dadurch noch besonders interessant, dass die beiden Componenten, aus welchen diese Pulversorten gebildet werden, für sich als äusserst brisante Sprengstoffe bekannt sind, während sie vereinigt ein relativ harmloses und sehr brauchbares Geschosstreibmittel ergeben.

II. Die Umsetzung der Energie bei der Explosion.

Die Überlegenheit der modernen Pulver über das Schwarzpulver macht sich natürlich in erster Linie beim Schiessen geltend. Man erreicht mit geringeren Ladungen bessere Resultate als mit dem alten Pulver. Es muss also durch die Explosion beim Schuss mit dem neuen Pulver eine grössere Energiemenge verfügbar werden, als mit der gleichen Gewichtsmenge Schwarzpulver, oder die Ausnutzung der verfügbaren Energie muss eine günstigere sein.

Die bei der Explosion frei werdende Energie kann man bekanntlich nach thermochemischen Grundsätzen berechnen, wenn man genau die chemische Zusammensetzung des Stoffes und seiner Explosionsprodukte kennt. Dieses ist in den seltensten Fällen verwirklicht und man kann daher die freie Energie nur unter ganz bestimmten Annahmen berechnen. Ein eigentümlicher Zufall will nun, dass man bei den beiden erwähnten Gruppen von Pulvern diese Annahmen in weiten Grenzen variieren kann, ohne einen erheblichen Unterschied in der berechneten Energie zu erhalten.

Nimmt man der Einfachheit wegen an, man habe ein Pulver aus reiner Trinitrocellulose zu untersuchen und berechnet die potentielle Energie zunächst unter der willkürlichen Voraussetzung, dass aller Wasserstoff, der im Pulver vorhanden ist, zu Wasser verbrenne, und der restierende Sauerstoff zur Oxydation des Kohlenstoffes verbraucht werde, so entspricht dieser Annahme das Zersetzungsschema:



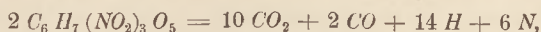
Die Bildungswärme eines Grammoleküles beträgt für $H_2 O$ 69 Cal, CO_2 94 Cal, CO 25 Cal, $C_6 H_7 (NO_3)_3 O_5$ 195 Cal. (C als Diamant aufgefasst.)

Bezeichnet man mit Q die potentielle Energie eines Moleküles in Wärmemaass ausgedrückt, so ist dem obigen Schema entsprechend:

$$\begin{aligned} 2 (Q + 195) &= 7.69 + 3.94 + 9.25 \\ 2 Q + 390 &= 483 + 282 + 225 = 990 \\ Q &= 300 \text{ Cal.} \end{aligned}$$

Der zu Grunde gelegten Formel entsprechend, ist das Molekulargewicht der Trinitrocellulose = 297. Bei der Explosion von 297 g der Substanz werden also 300 Cal frei, bei der von 1 kg also 1010 Cal und von 1 g demnach 1010 cal, welche Grösse mit Q_r bezeichnet werden soll.

Nehmen wir als zweites Beispiel an, dass der Kohlenstoff möglichst vollkommen verbrenne, so lautet das Zersetzungsschema:



also ist

$$2 Q + 390 = 940 + 50 = 990,$$

woraus sich ergibt

$$Q_r = 1010 \text{ cal.}$$

Als resultierende Wärmemenge ergibt sich immer 1010 cal, sofern man annimmt, dass sich andere Verbindungen, als Oxydationsprodukte des Kohlenstoffs und Wasserstoffs bei den hohen Temperaturen nicht bilden.

Der Zufall, welchem diese auffallende Erscheinung zuzuschreiben ist, besteht nun darin, dass die Bildungswärme des Wassers ebenso gross ist wie die Oxydationswärme von Kohlenoxyd. In welchem gegenseitigen Verhältnis sich diese Produkte aus demselben Explosivstoff bilden, ist also für den Wert der potentiellen Energie ganz gleichgültig, so lange keine anderen Verbindungen entstehen.

Die Versuche zeigen, dass die wirklichen Verhältnisse von den theoretisch gedachten nicht erheblich abweichen. Es bilden sich in der That ausser Wasser, Kohlensäure und Kohlenoxyd andere Verbindungen nur in unwesentlichen Mengen bei der Explosion von Schiesswolle und ähnlichen Stoffen unter hohen Drucken. Noble und Abel haben die unter diesen Bedingungen sich bei der Explosion von 1 g Schiesswolle mit hohem Stickstoffgehalt bildenden Produkte gefunden, als bestehend aus:

424 mg	CO ₂
280	CO
11	H
145	N
3	CH ₄
137	H ₂ O
1000 mg	

Dieses Ergebnis lässt sich etwa durch folgendes Zersetzungsschema darstellen:



daher

$$10 Q + 1950 = 5007$$

$$Q = 305,7 \text{ cal}$$

$$Q_r = 1035 \text{ cal.}$$

Experimentell fanden sie für 1 g 1051 cal.

Auch andere Autoren fanden die Explosionswärme für hochnitrierte Schiesswolle in ähnlicher Höhe. So z. B. VIEILLE und SARRAU zu 1071 cal. Die Unterschiede sind dadurch vollständig erklärt, dass die zur Analyse benutzten Explosionsprodukte unter hohem Drucke gewonnen wurden, während die Wärmemessungen bei verhältnismässig niederen Drucken ausgeführt sind, so dass der in der Bombe vorhandene Sauerstoff der Luft sich noch geltend macht, was bei grösseren Ladungen nicht mehr der Fall ist.

Ausser den im voraus zu erwartenden Produkten bildet sich, wie die Analyse zeigt, bei der Explosion von Nitrocellulose unter hohem Druck noch Grubengas in geringen Mengen. Diese Verbindung entsteht in der Regel und bei manchen Pulversorten in noch geringeren Mengen auch NH₃.

Die grössere oder geringere Menge dieser Produkte bestimmt die Grösse der Abweichung der wirklich vorhandenen freien Energie von der theoretisch berechneten.

Es ist daher in allen Fällen sicherer, die potentielle Energie experimentell zu bestimmen. Der erste, welcher Versuche in dieser Richtung anstellte, war der Erfinder des ballistischen Pendels, ROBINS (1742). Er glaubte sich aus seinen Versuchen berechtigt, „die Expansivkraft des in der Explosion von Schiesspulver erzeugten flüssigen Stoffes 1000mal so gross, als den mittleren Druck der Atmosphäre“ anzunehmen. Nach DANIEL BERNOULLI (1750) sollte diese Kraft wenigstens 10000mal so gross sein, und RUMFORD (1797) berechnet aus seinen Versuchen, „dass die Pulverkraft wenigstens 50 000mal grösser als der mittlere Luftdruck“ sei²⁰⁾.

²⁰⁾ Gilberts Annalen Bd. 4, 1800.

Die ersten zuverlässigen Messungen sind i. J. 1857 von BUNSEN und SCHISCHKOFF²¹⁾ ausgeführt worden. Sie bestimmten die Wärmemenge, welche bei der Explosion von Jagdpulver frei wurde, zu 620 cal für 1 g²²⁾. Die Explosion wurde in zugeschmolzenen Glasröhren, also bei sehr niederen Drucken vorgenommen. Ihre Methode ist indessen sehr zuverlässig und wurde bei allen späteren Versuchen anderer Autoren ebenfalls angewendet. Sie erfuhr insofern eine Abänderung, als statt der gläsernen Gefässe eiserne benutzt wurden, welche wenigstens Drucke bis zu 200 Atm. zuließen, so von SARRAU, ROUX, VIEILLE, NOBLE und ABEL u. A.

Den verschiedenen Grad der Wärmeentwicklung bei der Explosion von verschiedenen Pulversorten kann man leicht vorführen. Als passende Proben sind zu empfehlen: Schwarzpulver, Troisdorfer Pulver und Cordit oder Ballistit. Werden gleiche Mengen von diesen Substanzen in einem kalorimetrischen Gefässe von genügender Widerstandsfähigkeit verbrannt, so steigt das in das Kalorimeterwasser getauchte Thermometer um eine Anzahl Skalenteile, die sich für die angeführten Pulversorten der Reihe nach verhalten etwa wie 7 zu 9 zu 13.

Will man diesen Versuch objektiv vorführen, durch Projektion des Thermometers auf einen Schirm, so empfiehlt es sich, ein nicht zu träges Thermometer zu benutzen, da es sich sonst ereignen kann, dass man beim Schwarzpulver gar keine Temperaturerhöhung wahrnimmt und den Versuch für misslungen hält. Da sich alle kalorimetrischen Versuche für die Zuhörer interessanter gestalten, wenn die Temperaturveränderungen gleichzeitig von allen Plätzen aus verfolgt werden können, so sei darauf hingewiesen, dass sich solche Projektionen schon in einem nur mässig verdunkelten Zimmer mit Hilfe einer einzigen Linse und einem Argandbrenner vorführen lassen. Zweckmässig ist es, ein gebogenes Thermometer zu verwenden, damit der Quecksilberfaden sich horizontal verschiebt, während bei vertikal stehendem Quecksilberfaden die Quecksilberkuppe von oben in das Gesichtsfeld tritt, eine Abweichung von der subjektiven Ablesung, über welche sich nur mit Projektionen bereits vertraute Zuhörer ohne weiteres hinwegsetzen können. Der Quecksilberfaden muss für Projektionszwecke möglichst flach und wenigstens 1 mm breit sein, die Skala muss auf durchsichtigem Glas in passender Weise angebracht sein. Setzt man das Kalorimeter, in welchem sich das Thermometer befindet, auf einen Schlitten*), so kann man durch Verschiebung desselben den Quecksilberfaden über die ganze Skala hinweg verfolgen, wie das Auge der Quecksilberkuppe bei subjektiver Ablesung folgt. Eine wohlfeile vollständige Einrichtung für derartige Zwecke liefert die Firma Carl Kramer zu Freiburg i. Br., Friedrichstr.

Die in Bezug auf Wärmeverlust durch Strahlung u. s. w. corrigierte Temperaturerhöhung multipliziert mit dem Gesamtwasserwert des Kalorimetersystems ergibt die resultierende Wärmemenge. Sie ist für 1 g grobkörniges Schwarzpulver nach NOBLE und ABEL 718 cal, für Troisdorfer Pulver nach MACNAB und RISTORI 943 cal, für Cordit nach Noble 1284 cal. Aus diesen Zahlen kann man die Explosionstemperatur berechnen, wenn die Zusammensetzung der Explosionsprodukte bekannt ist; man hat sie nur durch die mittlere spezifische Wärme dieser Produkte bei constantem Volumen zu dividieren.

Nach den REGNAULTSchen Versuchen wurde die spezifische Wärme der Gase als unabhängig von der Temperatur angesehen. Es ergaben sich infolgedessen Explosionstemperaturen, deren Höhe berechtigtes Erstaunen hervorrief. So gab BUNSEN die Temperatur des explodierenden Schwarzpulvers zu 3340° C. an, nach NOBLE und ABEL sollte die Explosionstemperatur der Schiesswolle über 4000° C. betragen, nach andern Autoren gar 6000° C. und die des Nitroglycerins 7000–8000° C. erreichen.

Durch die Versuche von WIEDEMANN wurde festgestellt, dass die spezifische Wärme der Kohlensäure mit der Temperatur merklich steige und zwar in dem Temperaturintervall

²¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 102, 1857.

²²⁾ Für Armeepulver fanden Noble und Abel 720 cal, für Sprengpulver 510 cal.

*) Professor Warburg führt seit Jahren alle kalorimetrischen Versuche in seiner Vorlesung in der beschriebenen Weise vor.

von 0–200° um 22,28%. Für die permanenten Gase wurde innerhalb dieses Temperaturintervalles eine Zunahme der spezifischen Wärme nicht constatirt.

MALLARD und Le CHATELIER²³⁾ haben die spezifische Wärme der Gase und Dämpfe bis zu den höchsten erreichbaren Temperaturen untersucht, ein Anwachsen derselben mit der Temperatur festgestellt und im Jahre 1888 das Gesetz der Zunahme der spezifischen Wärme veröffentlicht.

Danach ist die spezifische Molekularwärme für alle vollkommenen Gase gleich gross und hat auch den gleichen Temperaturcoefficienten. Für Dämpfe gilt dieses Gesetz nicht. Nach ihren Angaben ist die spez. Molekularwärme bei constantem Volumen

für vollkommene Gase	4,84 + 0,0012 t
für Kohlensäure	6,5 + 0,0038 t
für Wasserdampf	6,2 + 0,003 t

Man hat die vorstehenden Zahlen also nur durch das Molekulargewicht zu dividieren, um die bei uns üblichen Zahlen zu erhalten.

Es findet sich die spezifische Wärme bei constantem Volumen für

Wasserstoff (Molekulargew. = 2)	2,42 + 0,0006 t
Grubengas „ (= 16)	0,3025 + 0,00075 t
Stickstoff „ (= 28)	0,1729 + 0,0000429 t
Kohlenoxyd „ (= 28)	0,1729 + 0,0000429 t
Kohlensäure „ (= 44)	0,1477 + 0,0000864 t
Wasserdampf „ (= 18)	0,3444 + 0,0001667 t

Nach NOBLE²⁴⁾ wird bei der Explosion von 1 g Cordit, welches besteht aus 37% Nitrocellulose, 58% Nitroglycerin und 5% Vaseline, eine Wärmemenge von 1284 cal. frei, wobei sich die in der ersten Spalte folgender Tabelle verzeichneten Zersetzungsprodukte bilden:

<i>m</i>	<i>m · c_v</i>
0,359 g CO ₂	0,05304 + 0,0000310 t
0,3106 g CO	0,05369 + 0,0000133
0,1563 g H ₂ O	0,05382 + 0,0000261
0,0226 g CH ₄	0,00684 + 0,0000017
0,0162 g H	0,03920 + 0,0000097
0,1228 g N	0,02123 + 0,0000053
0,0125 g Asche ²⁵⁾	0,0025
1,0000 g <i>c_m</i>	<i>c_m</i> = 0,23032 + 0,0000871 t

Multipliziert man diese Zahlen mit den zugehörigen spezifischen Wärmen, so ergibt ihre Summe die mittlere spezifische Wärme der Explosionsprodukte. Dieses ist in der zweiten Spalte der Tabelle geschehen.

Bezeichnet man die mittlere spezifische Wärme mit *c_m*, die Explosionswärme mit *Q_r*, die Explosionstemperatur in Celsiusgraden mit *t*, so ist

$$Q_r = c_m \cdot t,$$

da nun *c_m* = 0,2303 + 0,0000871 *t* und *Q_r* = 1284 ist, so erhält man die quadratische Gleichung

$$1284 = 0,2303 + 0,0000871 t^2,$$

welche für *t* den Wert 2738° C. ergibt.

Würde man die REGNAULTSchen Werte der spez. Wärme zu Grunde legen und ihre Unabhängigkeit von der Temperatur für zutreffend halten, wie es bis vor kurzer Zeit noch geschah, so erhielte man eine Temperatur von 5576° C., also mehr als das doppelte des heute für richtig gehaltenen Wertes.

Fängt man die bei der Explosion entstandenen Gase über Wasser oder einer anderen Sperrflüssigkeit auf, so zeigt sich ein erheblicher Unterschied bei den verschiedenen Stoffen.

²³⁾ Bull. de la Soc. de Phys. 1888.

²⁴⁾ Proc. Roy. Soc. 56 p. 212. 1894.

²⁵⁾ Hauptsächlich Kalksalze. Die spez. Wärme wurde zu 0,2 angenommen.

Besonders sichtbar treten die Unterschiede hervor, wenn man die Gase der drei erwähnten Pulvertypen in drei gleichen etwa 3 bis 4 cm weiten Glasröhren sammelt. Man erhält bei der Verbrennung von 1 g Schwarzpulver etwa 200 ccm Gas, bei Troisdorfer Pulver etwa 800 ccm und bei Cordit etwa 550 ccm auf 760 mm Druck und 0° reduziert. Das Wasser kann man auf diese Weise nicht sichtbar machen; wäre es möglich, dasselbe bei 0° als Gas vorzuführen, so würden zu den Gasen des Schiesswollpulvers noch 150 ccm des Cordits noch 250 ccm hinzukommen, während Schwarzpulver bekanntlich nur wenig Wasserdampf entwickelt.

Man kann aus den aufgefangenen Gasmengen auf eine Überlegenheit der modernen Pulver über das Schwarzpulver schliessen. Die Verhältnisse verschieben sich allerdings insofern noch, als die Gase bei der Explosion verschiedene Temperaturen haben, so dass die höhere Explosionstemperatur des Cordites das geringere Gasvolumen gegenüber dem reinen Schiesswollpulver aufwiegt. Beim Schwarzpulver findet ein teilweiser Ausgleich insofern statt, als ein verhältnismässig grosses Volumen an festen und flüssigen Substanzen gebildet wird, so dass man den Grad der Überlegenheit aus den Gasvolumina allein nicht erkennen kann.

Eine richtige Darstellung von der grösseren Kraft eines Explosivstoffes gegenüber einem andern ergibt die Anwendung der Clausiusschen Zustandsgleichung für Gemische von Gasen und Dämpfen auf die Explosionsprodukte von Sprengstoffen.

Dieselbe lautet bekanntlich:

$$p = \frac{RT}{V - \alpha} - \frac{\alpha \varepsilon^{-T}}{(V - \beta)^2}.$$

p bedeutet den Druck, welchen ein Gemisch von Gasen und Dämpfen bei der absoluten Temperatur T in dem Volumen V ausübt. R , α und β sind spezifische Constanten der Mischung. Die Constante α trägt den Namen des Covolumens; in der VAN DER WAALSSchen Theorie hat sie eine besondere physikalische Bedeutung: sie stellt ein Vielfaches des von den Molekülen des Körpers eingenommenen Volumens dar. Durch Versuche ist das Verhältnis des Covolumens zum spezifischen Volumen für zahlreiche Gase und Dämpfe als nahezu gleich gross festgestellt worden und man kann, wie MALLARD und LE CHATELIER vorgeschlagen haben, setzen $\alpha = u \cdot v_0$ wo u 0,001 beträgt. Die Constante R ist die gleiche, welche in der Zustandsgleichung für vollkommene Gase ($p v = RT$) vorkommt, d. h. $R = p_0 v_0 / 273$, wo v_0 das Volumen bedeutet, welches die Gewichtseinheit der Mischung bei 0° und 760 mm einnehmen würde, wenn die Mischung unter dieser Bedingung dem M. G. Gesetz noch genüge. Die Bedeutung der Constante β braucht nicht weiter erörtert zu werden, da für die hohen Werte von T , welche bei Explosionen in Betracht kommen, das zweite Glied der Clausiusschen Gleichung gegenüber dem ersten vernachlässigt werden kann, so dass man den Druck der Explosionsprodukte eines Explosivstoffes, der in einem geschlossenen für Wärme undurchlässigen Gefässe auftritt, darstellen kann durch die Formel

$$p = \frac{RT}{V - \alpha}.$$

Zunächst ist aus dieser Formel zu ersehen, dass man in der Druckmessung ein sehr einfaches Mittel für die Bestimmung der Explosionstemperatur besitzt. Die Übereinstimmung der so gewonnenen Resultate mit den aus den kalorimetrischen Messungen berechneten Temperaturen ist eine Bestätigung der Angaben MALLARD und LE CHATELIERS über die spezifischen Wärmen. Die Explosionstemperatur ist

für	aus Q berechnet	aus dem Druck berechnet
Schwarzpulver	1800	1750
Schiesswolle	2630	2610
Collodiumwolle	2450	2350
Cordit	2740	2690

Geht man in der CLAUDIUSschen Gleichung, welche für die Gewichtseinheit einer Gas-mischung gilt, zu einem beliebigen Gewicht w des die Gasmischung erzeugenden Explosivstoffes über und bezeichnet den Faktor RT mit f , so ist der bei der Explosion in geschlossenem Gefässe auftretende Maximaldruck

$$P = \frac{fw}{V - \alpha w}.$$

Bezeichnet man mit Δ das Verhältniss des Gewichtes der Explosionsprodukte zu dem Volumen des Verbrennungsraumes, also $\Delta = \frac{w}{V}$ und setzt Δ in die vorstehende Gleichung ein, so erhält man die Clausiussche Gleichung in der ihr zuerst von Abel gegebenen Form

$$P = \frac{f \Delta}{1 - \alpha \Delta}.$$

In dieser Form findet sich die CLAUSIUSsche Gleichung meist in ballistischen Abhandlungen als Ausgangspunkt für weitere Berechnungen.

Δ wird die Ladedichte genannt; f und α heissen die ABELschen Constanten, was insofern eine Berechtigung hat, als ABEL die für die Explosionsprodukte gültigen Constanten zuerst als charakteristische Merkmale für die Sprengstoffe selbst einführt.

Die Constante f bedeutet den Druck, welchen die Gewichtseinheit der Explosionsprodukte in einer für Wärme undurchlässigen, unausdehnbaren Hülle bei der Explosionstemperatur ausüben würde, wenn den Explosionsprodukten die Einheit des Volumens zur Verfügung stände. Sie stellt also eigentlich das dar, was man etwa mit Pulverkraft bezeichnen könnte.

Wie aus der Formel zu ersehen ist, kann man f und α aus Druckmessungen bestimmen, wenn man den Explosivstoff bei zwei verschiedenen Ladedichten verbrennen lässt.

Für die Messung so hoher Drucke, wie sie bei Explosivstoffen in Frage kommen, giebt es eine Reihe verschiedener Apparate, von denen hier nur zwei erwähnt werden sollen.

Die verbreitetste Methode ist von dem englischen Ballistiker NOBLE erfunden. Sein Apparat, der Stauchapparat, besteht im wesentlichen in einem sehr genau in eine cylindrische Bohrung passenden Stahlstempel von bekanntem Querschnitt, welcher einen Kupfercylinder gegen einen Stahllambos drückt und ihn staucht. Aus der Grösse der Stauchung wird der diese hervorrufoende Druck berechnet. Um gleichmässige Resultate zu erhalten, werden die Kupfercylinder einer überaus sorgfältigen Bearbeitung unterworfen und wird nur möglichst gleichmässiges Material verwendet. An Probeeylindern wird mit Hülfe von Hebelpressen oder ähnlichen Maschinen nach verschiedenen Methoden eine Aichung vorgenommen, die dann auch auf die zu den Gasdruckmessungen benutzten Staucheylinder übertragen wird.

Eine andere auch vielfach angewendete Methode ist die des Amerikaners RODMAN. Hier wird durch den Gasdruck ein keilartiges Messer in eine untergelegte Kupferplatte gedrückt. Je höher der Gasdruck ist, desto tiefer wird das Messer in die Rodmanplatte hineingedrückt, und desto länger wird der Schnitt. Die Schnittlänge ist das Maass für den Druck. Auf der Rückseite der Platte wird ein Schnitt mit bekanntem Druck hervorgerufen, dessen Länge als Vergleichsmaass dient.

Die Prüfung der Anwendbarkeit der Clausiusschen Gleichung auf die Sprengstoffe ist von vielen Seiten durch umfangreiche Versuche durchgeführt und hat überall ein zufriedenstellendes Resultat ergeben, so dass für die Explosion eines Sprengstoffes in geschlossenem Gefäss eine den Anforderungen entsprechende analytische Darstellung des Druckes in der Clausiusschen Gleichung gegeben ist. Namentlich haben die Versuche mit Nitrocellulose und ihren Pulvern eine sehr gute Übereinstimmung mit der Theorie ergeben, was darin seinen Grund hat, dass sehr wenig feste Bestandtheile (Asche) bei der Explosion dieser Explosivkörper entstehen. Bei Schwarzpulver, wo etwa das gleiche Volumen nicht gasförmiger Produkte entsteht, welches die ursprüngliche Ladung einnahm, ist diesem Umstande natürlich Rechnung zu tragen.

Indessen erreichen die Druckbestimmungen nicht annähernd die Genauigkeit der kalorimetrischen Messungen, sodass, um gleichgewichtige Resultate zu erhalten, sehr viel mehr Einzeldruckmessungen ausgeführt werden müssen als Wärmemessungen. Für die Bestimmung der Constante f ist daher unbedingt der kalorimetrischen Methode der Vorzug zu geben.

Diese Grösse ist für Schwarzpulver 3000, Schiesswolle 8400, Collodiumwolle 8070, Troisdorfer Pulver 7800, Cordit 9200.

Aus der Definition der Pulverkraft

$$f = RT = \frac{1,033}{273} v_0 T$$

geht hervor, dass sie abhängt vom Volumen der entwickelten Gase und der Explosionstemperatur, also eine Funktion der Explosionswärme ist. Liess schon die Grösse der potentiellen Energie die Überlegenheit der neuen Pulver über das Schwarzpulver hervortreten, so zeigt diese Überlegenheit die Grösse der Pulverkraft in noch deutlicherer Weise.

Für die Umsetzung der potentiellen Energie des Pulvers in bewegende Kraft ist die Art und Weise der Verbrennung von hervorragender Bedeutung. Man war bisher der Meinung, dass die von Piobert aufgestellte Hypothese, dass das Pulver auch unter hohen Drucken in concentrischen Schichten oder nach parallelen Flächen verbrenne, wie an der freien Luft, allgemein gültig sei. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verbrennung wurde als abhängig vom Drucke erkannt, indessen ist das Abhängigkeitsverhältnis von verschiedenen Autoren in weiten Grenzen verschieden angegeben.

Es ist das Verdienst VIEILLES²⁶⁾, einige Aufklärung in diese Fragen gebracht zu haben. Er untersuchte zunächst die Verbrennungsweise der verschiedenen Braun- und Schwarzpulversorten. Seine Methode besteht darin, dass er mit einem registrierenden Gasdruckmesser (Stauchapparat) den Verlauf des Druckes der Zersetzungsgase einer in geschlossenem Gefässe explodierenden Pulvermenge auf einer berussten rotierenden Trommel, deren Umlaufgeschwindigkeit als bekannt angenommen wird, aufzeichnet. Der Methode liegt die Voraussetzung zu Grunde, dass das Gesetz der Stauchung des Kupfercylinders auch das Gesetz der Druckentwicklung darstellt, was er durch eine sorgfältige Voruntersuchung festgestellt hat.

Das Kriterium für die Verbrennungsweise nach parallelen Flächen ist die Abhängigkeit der Verbrennungsdauer von der Körnerdicke. Jene muss dieser proportional sein. Vieille hat nun die wichtige Thatsache festgestellt, dass diese Bedingung für keine der gebräuchlichen Braun- oder Schwarzpulversorten auch nur annähernd erfüllt ist, womit die bisher als unumstössliches Axiom betrachtete PROBERTSche Hypothese für diese Pulversorten hinfällig geworden ist.

Da er das PROBERTSche Gesetz nicht bestätigt fand, versuchte er die Verbrennungsweise in der Weise aufzuklären, dass er sich von den untersuchten Pulverproben feinsten Staub herstellte und diesen Compressionen von verschiedener Stärke unterwarf. Er erhielt so Pulverkörner von verschiedener Dichtigkeit und stellte fest, dass die Compression einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Verbrennungsdauer und die Verbrennungsweise dieser Pulversorten ausübt.

Er unterscheidet vier Perioden der Comprimirung. In der ersten Periode, welche Compressionsdrücken bis zu 6- bis 900 kg per qcm entspricht, ist die Verbrennungsdauer unabhängig von der Körnergrösse und gleich derjenigen des feinsten Pulverstaubes.

In der zweiten Periode (Compressionsdrucke 1000 bis 1200 kg), welche den Compressionsdrücken entspricht, die bei der Herstellung der gebräuchlichen Schwarz- und Braunpulversorten angewendet werden, steigt die Verbrennungsdauer mit den Drucken allmählich an bis zum 4 bis 5fachen Betrage des Wertes für Pulverstaub, ist aber gleichfalls völlig unabhängig von der Körnergrösse.

Die dritte Periode der Compression (1400 bis 1800 kg) ist ausgezeichnet durch eine ausserordentlich rapide Änderung der Verbrennungsdauer mit der Verdichtung des Pulvers. Gleichzeitig beginnt sich der Einfluss der Körnergrösse bemerkbar zu machen.

Die vierte Periode der Compression (bis 3600 kg) führt eine so grosse Verdichtung herbei, dass das Pulver eine vollständig homogene kompakte Masse wird. Die Verbrennungsdauer ist der Dicke der Körner proportional und steigt langsam mit der Dichtigkeit an. Nur in diesem Zustande findet also Verbrennung nach parallelen Flächen statt, während die Verbrennung in allen andern Fällen in der Weise vor sich zu gehen scheint, als ob bei der Zündung die grösseren Körner in Elementarkörner zerfielen, von deren Dicke die Verbrennung geregelt wird.

Die modernen colloidalen Pulversorten dagegen folgen dem PROBERTSchen Gesetze vollkommen, dies war auch schon nachweisbar ohne die VIEILLESchen Versuche. Hat man aus

²⁶⁾ Mémorial des poudres et salpêtres 6, 256—391. 1893.

einem Geschütz mit würfelförmigem Pulver geschossen und bleibt etwas unverbranntes Pulver zurück, so haben sämtliche Körner die Würfelform mit vollständig scharfen Kanten und Ecken beibehalten, so dass man nur aus der Verkleinerung der Würfel sehen kann, dass sie thatsächlich gebrannt haben. Den direkten einwandfreien Beweis hat indessen erst Vieille gegeben, indem er feststellte, dass die Verbrennungsdauer der Körnerdicke proportional ist.

Während die Verbrennungsweise des Schwarzpulvers weitere Betrachtungen kaum zulässt, so können aus derjenigen der modernen Pulver noch verschiedene Schlüsse gezogen werden.

Die Menge der bei der Verbrennung in einem gewissen sehr kleinen Zeitabschnitt entwickelten Gase ist abhängig von der Emissionsoberfläche d. h. der gerade in Verbrennung befindlichen Oberfläche, diese ist abhängig von der geometrischen Gestalt des einzelnen Pulverkornes und sie verändert sich mit dieser. Je nach der Form, welche man dem Pulver giebt hat man es demnach in sehr weiten Grenzen in der Hand, eine schnellere oder langsamere Veränderung der Emissionsoberfläche herbeizuführen.

Bei dünnen Blättchen ändert sich die Emissionsoberfläche während der Hauptperiode der Verbrennung nur wenig. Nehmen wir an, dass ein quadratisches Blättchen von 10 mm Seitenlänge und 0,5 mm Dicke gleichzeitig auf der ganzen Oberfläche zu brennen beginnt, was der Wirklichkeit bei weitaus dem grössten Teile der Ladung sehr nahe entspricht, so ist in dem Augenblick, wo das Blättchen noch eine Dicke von 0,001 mm hat, noch eine Seitenlänge von 9,501 mm vorhanden, da das Pulver der PROBERTSchen Hypothese entspricht. Die Emissionsoberfläche hat sich während der Verbrennung von 220 qmm auf 180 qmm verringert und springt nun auf 0 über. Würde man von demselben Pulver das gleiche Gewicht in Würfelform von der Kantenlänge 0,5 mm anwenden, so würden einem Blättchen von 10 mm Seitenlänge 400 Würfel entsprechen. Diese besitzen eine Oberfläche von 600 qmm. Kurz vor dem Erlöschen mögen die Würfel dem obigen Beispiel entsprechend noch eine Kantenlänge von 0,001 mm haben. Das entspricht einer Emissionsoberfläche von 0,024 qmm. Da die Körnerdicke und die Ladedichte gleich gross ist, so ist auch die Verbrennungsdauer dieselbe. Bei den supponierten Würfeln nimmt also die Oberfläche von 600 qmm auf 0,0024 qmm ab, während bei den Blättchen diese Abnahme in der gleichen Zeit nur $220 - 180 = 40$ qmm beträgt. Man erkennt also die grosse Modifikationsfähigkeit der colloidalen Pulversorten in Bezug auf die Art und Weise der Gasentwicklung, und man sieht, von welcher Wichtigkeit die geometrische Gestalt der einzelnen Pulverkörner für die ballistische Verwertung dieser Substanzen ist.

Wenn man unter Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verbrennung den Weg versteht, welchen die Verbrennung normal zur Oberfläche in der Zeiteinheit zurücklegt, so lässt sich unter der Annahme der Richtigkeit des PROBERTSchen Gesetzes aus der CLAUSIUSschen Gleichung durch Differentiation nach der Zeit der Wert für diese Grösse ableiten.

Man erhält einen Ausdruck, nach welchem diese Geschwindigkeit sich darstellt als Funktion des Druckes, seines ersten Differentialquotienten nach der Zeit und der in dem Augenblick, für welchen der Wert gilt, vorhandenen Emissionsoberfläche.

Da der Druck und sein Differentialquotient nach der Zeit aus den von Vieille erhaltenen Kurven entnommen werden kann, lassen sich auch die Zahlenwerte für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verbrennung angeben. Sie schwanken je nach dem Druck, der Ladedichte und der geometrischen Gestalt der Pulverkörner nach Vieille bei den colloidalen Pulvern in Grenzen zwischen 3 bis 40 cm in der Sekunde.

Es ist also neben der höheren potentiellen Energie und der grösseren Pulverkraft die günstigere Verbrennungsweise und die damit verknüpfte leichte Modifikationsfähigkeit, welche den modernen Pulversorten in ballistischer Beziehung die Überlegenheit über das Schwarzpulver sichert.

Festgestellt ist das natürlich in erster Linie durch Schiessversuche, denen die Aufklärung durch die geschilderten Laboratoriumsversuche folgte. Diese haben aber jetzt den Vorteil, den Weg weisen zu können, auf welchem man zu weiteren Verbesserungen gelangt.

Die ballistische Überlegenheit der modernen Pulver über das Schwarzpulver geht aus folgenden Thatsachen hervor. Nach Mieg gaben im deutschen Infanterie-Gewehr M/71 5 g Schwarzpulver einem 25 g schweren Geschoss eine Anfangsgeschwindigkeit von 425 m. Der Ladungsquotient ist hierbei 1:5 d. h. auf 1 g Pulver kommen 5 g Blei, welchem die Anfangsgeschwindigkeit erteilt wird. Nach Ladenburg ist die Anfangsgeschwindigkeit des 14,5 g schweren Geschosses des deutschen Mausergewehres M,88 bei einer Ladung von 2,5 g Blättchenpulver 620 m. Der Ladequotient beträgt 5,8. Es erteilt also 1 g Pulver 5,8 g Geschoss-gewicht eine Geschwindigkeit von 620 m.

Kleine Mitteilungen.

Das elektrische Flugrad.

Von Dr. H. J. Oosting in den Helder (Holland).

In allen mir bekannten physikalischen Lehrbüchern der Neuzeit wird dieselbe Form des elektrischen Flugrades beschrieben, nämlich ein Rad, das sich in einer horizontalen Ebene auf einer Stahlspitze dreht. Riess hat in seiner Lehre von der Reibungselektricität (II. Teil) eine andere Form angegeben, wobei das Rad auf einer Achse angebracht ist und an einer schiefen Ebene, welche aus zwei Metalldrähten besteht, hinauf-rollt. (Auch in Daguin, *Traité élém. de Phys.* 1861.) Zweifels-ohne ist diese Form viel instruktiver als die gewöhnliche Form. In Fig. 1 habe ich eine derartige Vorrichtung abgebildet, welche man sich leicht selbst anfertigen kann. Die schiefe Ebene wird von zwei Messingstäben gebildet, welche mit zwei Querstäben ein Rechteck bilden. Das Rechteck ruht auf Glasfüssen, welche aus S-förmig gebogenen Glasröhrchen bestehen, deren zwei mit Siegellack in einen Holzfuss festgesetzt worden sind. Ich habe diese Anordnung gewählt statt eines gemeinschaftlichen Fussbrettes, um die Neigung der schiefen Ebene leicht ab-ändern zu können. Der eine Querstab wird leitend mit der Elektrisiermaschine verbunden

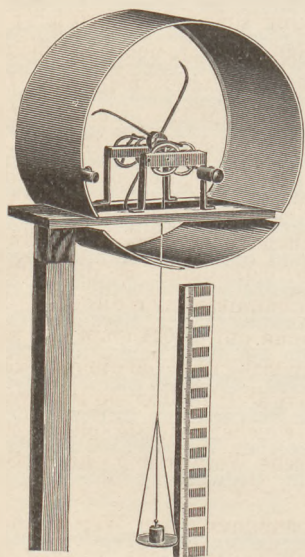


Fig. 1.

Das Rad fertigt man sich in folgender Weise an. Als Achse nimmt man ein Stück einer Stricknadel. Wie Riess habe ich an den Enden der Achse Knöpfe von Siegellack an-

gebracht. Auf derselben wird in der Mitte ein kleiner Cylinder von Hartgummi oder Holz befestigt. Vier an den Enden umgebogene und zugespitzte Messingdrähte werden in Bohrungen in den cylindrischen Körper hineingeschoben bis zur Achse. Man kann diese Vorrichtung in grosse Entfernung von der Elektrisiermaschine setzen, indem man einen mit Kautschuk isolierten Zuleitungsdraht verwendet oder den Draht an einigen Seidenfäden aufhängt. In dieser Form bildet der Versuch ein Beispiel der elektrischen Energie-Übertragung. Ich habe aber das Experiment noch in anderer Weise angeordnet, wodurch es meiner Ansicht nach noch instruktiver wird. Dasselbe Rad ruht mit der Achse auf Friktionsrädern, welche auf einer Hartgummiplatte festgeschraubt sind. Ein dünner Seidenfaden wird an dem Hartgummi- oder Holzcyylinder festgemacht und mit einigen Windungen um die Achse gelegt, in der Art, dass der Faden weiter aufgewunden wird, wenn das Rad rotiert in der Richtung, welche derjenigen der Spitzen entgegengesetzt ist. Der Faden trägt am unteren Ende eine Schale aus Papier. Die Vorrichtung wird wieder in grosser Entfernung mit der Elektrisiermaschine leitend verbunden, und es gelingt, einige Gramme in der Schale zu heben. Wenn die Masse in der Schale so gross genommen wird, dass gerade Gleichgewicht besteht, fängt das Rad zu drehen an und hebt die Masse, wenn man die Hand über das Rad hält. Ich habe darum einen Blechcylinder anfertigen lassen, welcher mittels zweier Ein-

schnitte auf die Hartgummiplatte geschoben werden kann und ausserdem noch einen Einschnitt hat, um den vertikalen Faden durchzulassen. In dieser Form ist der Apparat abgebildet in Fig. 2. Verwendet man eine Holtz- oder Wimshurst-Elektreisiermaschine, so kann das Flugrad mit dem einen Conductor der Maschine leitend verbunden werden, indem der Blechcylinder und der andere Conductor nach der Erde abgeleitet oder zusammen verbunden

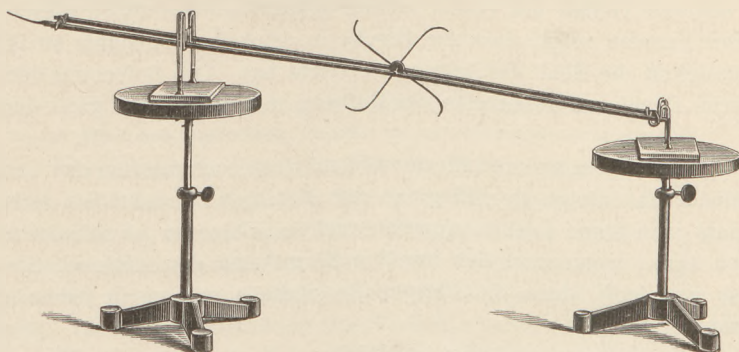


Fig. 2.

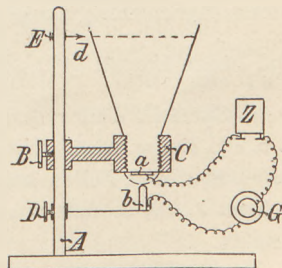
werden. Man kann auch den Blechcylinder mit dem einen Conductor verbinden und das Rad und den andern Conductor nach der Erde ableiten. Ist das Rad positiv, so ist im Dunkeln der entstehende Lichtkreis sehr schön. Neben der Schale habe ich eine vertikale Teilung aufgestellt, und ich habe die Zeit gemessen, in welcher eine bestimmte Masse über eine bestimmte Höhe gehoben wird. Werden z. B. 15 g in 25 Sekunden über eine Höhe von 50 cm gehoben, so ist der Apparat ein elektrischer Motor, welcher $\frac{15 \times 50 \times 981}{25} = 29430$ erg pro Sekunde ergibt, oder eine Maschine von $\frac{1}{250\,000}$ P. S.

Bei meiner Vorrichtung ist die Länge der Speichen des Flugrades 8 cm, der Durchmesser des Blechcylinders 24 cm. Ich habe ein altes System von Friktionsrädern verwendet, aber alle scharfen Kanten sind abgefeilt worden. Bichat und Blondlot (*Ann. de Chim. et de Phys. T. 12, S. 66, 1887, diese Ztschr. I 218*) haben für Messungen ein Flugrad angefertigt, wobei statt Spitzen dünne Metalldrähte mit metallischem Hintergrund verwendet worden sind. Für den vorliegenden demonstrativen Zweck hat sich diese Abänderung nicht bewährt.

Ein Apparat für das Gesetz des Bodendrucks.

Von Prof. Stanko Plivelić in Semlin (Croatien).

Der von mir provisorisch für meinen Schulgebrauch zusammengestellte Apparat hat folgende Teile: A ist ein schweres, massives Stativ; je massiver dieses Stativ ist, desto sicherer sind die Resultate. B ist ein am Stativ befestigter Halter, welcher auch massiv aus Metall hergestellt ist. Am Ende desselben befestigt man den Ring C, der in seinem oberen Teile eine Bohrung zur Aufnahme verschieden geformter Gefässe hat. Der untere Teil des Ringes ist mit einer dünnen Membrane aus Kautschuk belegt. Dies ist einer animalischen Substanz vorzuziehen, da solche ziemlich schnell ihre Elasticität ändert. Auf die äussere Seite dieser Membrane klebt man bei a eine kleine kreisförmige Scheibe von Stanniol an. Von a geht eine dünne Drahtleitung nach der elektrischen Glocke Z. Unter dem Halter B befindet sich der Halter D, an dessen Ende ein kleiner, oben abgerundeter Messingcylinder angelötet ist. Bei c ist eine Klemme, von der ein Draht über das galvanische Element zur zweiten Klemme der elektrischen Glocke führt. Bei E ist ein dritter Halter mit dem Zeiger d, der zur Bezeichnung des Flüssigkeitsniveaus dient.



Schrauben wir in den Ring C eines der Gefässe (gerader, oben erweiterter und oben verjüngter Cylinder) und füllen dasselbe mit einer Flüssigkeit (Wasser) bis zur Höhe des Zeigers d , so biegt sich die Membrane nach unten aus und die Stanniolscheibe a kommt bei entsprechender Aufstellung der Halter in Contact mit b , so dass die Glocke Z zu läuten beginnt. Nun entfernen wir die Flüssigkeit aus dem Gefässe mit Hilfe eines Hebers, vertauschen das benutzte Gefäss mit einem anders gestalteten und füllen dieses ebenfalls mit Flüssigkeit. Der Versuch zeigt, dass die Glocke in demselben Momente zu läuten beginnt, in dem die Flüssigkeit die Höhe des Zeigers d erreicht hat. Das liefert uns den Beweis, dass der hydrostatische Druck auf den Boden des Gefässes in diesem Falle ganz derselbe ist, wie im ersten.

Dieser Apparat hat vor anderen für denselben Zweck construierten den Vorzug, dass mit ihm 1. der Bodendruck infolge der Biegung der Membrane unmittelbar sichtbar gemacht wird, und 2. dass man einen solchen Apparat auch in kleineren physikalischen Kabinetten zusammenstellen kann, wenn man sich nur den Ring C und dementsprechende verschiedenförmige Gefässe verschafft, denn die übrigen Bestandteile müssen in jedem physikalischen Kabinette vorhanden sein¹⁾.

In präziser Ausführung wird der beschriebene Apparat von der Firma Max Kohl in Chemnitz i. S. geliefert.

Ableitung der Formel für die Ausflussgeschwindigkeit der Gase.

Von Dr. J. Jacob in Leitmeritz.

Im vierten Jahrgang dieser Zeitschrift (S. 196) hat Herr A. Voss in einfacher Weise die Formel für die Ausflussgeschwindigkeit der Flüssigkeiten abgeleitet. Es soll gezeigt werden, dass dieselben Schlüsse zur Ableitung der analogen Formel für Gase verwendet werden können.

An einer beliebigen Stelle eines allseitig verschlossenen, mit einem Gase von der Dichte d gefüllten Gefässes befindet sich eine Öffnung von 1 cm^2 Querschnitt; die Gasmasse jener Schichte, deren Basis diese Öffnung und deren sehr kleine Höhe $h \text{ cm}$ ist, ist also gleich $h d/g$, wo g die Fallbeschleunigung bedeutet. Auf diese Masse wirkt von innen die Expansivkraft des Gases e , von aussen der Luftdruck $b s$, wo b den Barometerstand der äusseren Luft (in cm) und s das specifische Gewicht des Quecksilbers bedeutet, im ganzen also die Kraft $e - b s$; obige Masse erhält durch dieselbe die Beschleunigung $\gamma = g(e - b s)/h d$, und somit ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Masse aus dem Gefäss heraustritt, d. h. jene Geschwindigkeit, welche sie nach Zurücklegung von $h \text{ cm}$ erlangt, $v = \sqrt{2 \gamma h} = \sqrt{2 g(e - b s)/d}$.

Bedenkt man nun, dass d die Dichte des Gases unter dem Drucke e und bei der Temperatur t bedeutet, so ist nach dem vereinigten Gesetze von Mariotte und Gay-Lussac $d = a e/76 s(1 + \alpha t)$, wo a die Dichte des betreffenden Gases bei 0° und 76 cm Barometerstand

ausdrückt, und mithin $v = \sqrt{\frac{2 \cdot 76 g s (e - b s) (1 + \alpha t)}{a e}}$ Wird die Expansivkraft durch ein

offenes Manometer gemessen, in dem das Quecksilber $H \text{ cm}$ hoch stehen mag, so ist $e = b s + H s$

und obige Formel geht somit über in $v = \sqrt{\frac{2 \cdot 76 \cdot g \cdot s \cdot H (1 + \alpha t)}{a (H + b)}}$

Specielle Fälle: 1. Ist die Expansivkraft kleiner oder gleich dem äusseren Luftdrucke, d. h. $e \leq b s$, so wird v imaginär resp. 0, d. h. infolge der Expansivkraft und des Luftdruckes findet in diesen Fällen keine Ausströmung statt. 2. Strömt das Gas in einen luftleeren Raum, d. h. ist $b = 0$, so fällt aus der Formel für v die Grösse e heraus, d. h. die Ausflussgeschwindigkeit

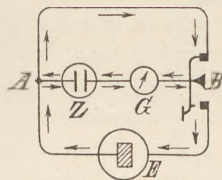
¹⁾ *Ann. der Redaktion:* Der Apparat unterscheidet sich von den bereits früher von Krebs und von Pellat (d. Zeitschr. I 265) beschriebenen hauptsächlich durch die Zufügung der elektrischen Contactvorrichtung. Seine Zusammenstellung empfiehlt sich vielleicht als geeignete Aufgabe für Schülerübungen.

keit eines Gases in den luftleeren Raum ist vom Innendrucke unabhängig. 3. Ist überdies das Gas Luft von 0° Temperatur, also $a = 0,001293$ und $t = 0$, so ist $v = \sqrt{2 \cdot 76136 g / 0,001293}$, mithin ungefähr 396 m. 4. Hat man zwei verschiedene Gasarten von derselben Temperatur und demselben Drucke, so ist $v : v_1 = \sqrt{1/a} : \sqrt{1/a_1} = \sqrt{a_1} : \sqrt{a}$, d. h. die Ausflussgeschwindigkeiten zweier Gase von derselben Temperatur und demselben Drucke verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus ihren Dichten.

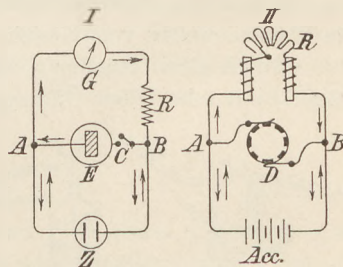
Versuche über galvanische Polarisation.

Von Dr. Richard Sellentin, Professor an der Ober-Realschule in Elberfeld.

1. Versuch. Die galvanische Polarisation kann unter Anwendung eines Morsetasters und eines einzigen Galvanometers in folgender Weise nachgewiesen werden*). E bedeute die Stromquelle (wir wenden an unserer Anstalt 1—2 Akkumulatoren an), Z ein Knallgasvoltameter mit grossen Platinplatten, G ein Vertikalgalvanometer einfacher Art und B den Morsetaster; in A ist eine Holtzsche Fussklemme aufgestellt. In der Arbeitsstellung des Tasters wird ein Strom — etwa 1 Minute lang — durch Z und G geschickt; dadurch wird ein kräftiger Ausschlag der Galvanometernadel bewirkt. Unterbricht man den Strom durch Nachlassen des Druckes auf den Knopf des Tasters, ohne jedoch den Ruhekontakt des Tasters sogleich wieder herzustellen, so kehrt die Nadel in die Anfangsstellung zurück. Stellt man sodann den Ruhekontakt am Taster her, so bemerkt man einen kräftigen Ausschlag der Galvanometernadel nach der entgegengesetzten Seite. Diese Versuchsanordnung hat den Vorzug grösster Einfachheit und ermöglicht dabei den direkten Nachweis, dass der Polarisationsstrom dem Hauptstrom entgegengesetzt gerichtet ist.



2. Versuch. Eine andere Anordnung wird an unserer Anstalt gewählt, um Einsicht in den Verlauf des Polarisationsstromes beim Laden einer Akkumulatorenbatterie mittels einer Nebenschlussdynamo zu gewähren. In Fig. I bezeichnet E die Stromquelle (1—2 Akkumulatoren), Z ein Knallgasvoltameter, G das Galvanometer (hier wird ein Demonstrationsgalvanometer von Hartmann und Braun angewandt); bei A und B befinden sich Holtzsche Fussklemmen und bei C ein einfacher Stromunterbrecher. Um einen kleinen Teil des Stromes durch das sehr empfindliche Galvanometer zu leiten, ist bei R ein Stöpselrheostat von 1000 Ohm Widerstand eingeschaltet.



Wird der Strom bei C geschlossen, so geht derselbe in der Richtung AZB durch Z , während gleichzeitig ein Stromzweig in der Richtung AGB durch G geht und einen kräftigen Ausschlag am Galvanometer bewirkt. Dieser Stromzweig kann durch einen an dem Rheostat befindlichen Federkontakt (ev. lässt sich hier der Arbeitskontakt eines Morsetasters verwenden) beliebig geschlossen und geöffnet werden. Wird nun der Hauptstrom bei C unterbrochen, so geht der Polarisationsstrom in entgegengesetzter Richtung BZA durch den Stromzweig, also in derselben Richtung AGB wie früher durch das Galvanometer. Man kann den Ausschlag am Galvanometer jetzt leicht verstärken, wenn man den Widerstand R ausschaltet, was durch Stöpselung ohne weiteres möglich ist.

Fig. II zeigt zum Vergleich die bekannte Anordnung einer Nebenschlussdynamo, wobei an die Stelle des Elementes E der Grammesche Ring D tritt, an die Stelle der Zersetzungs- zelle Z die zu ladende Akkumulatorenbatterie und an die Stelle des Galvanometers nebst Rheostat der Elektromagnet mit seinem Nebenschlussregulator. Tritt eine Störung in der Maschine ein, so dass der aus den Akkumulatoren kommende Polarisationsstrom den Maschi-

*) Vergl. diese Ztschr. VIII 166 u. IX 52. — Ann. d. Red.

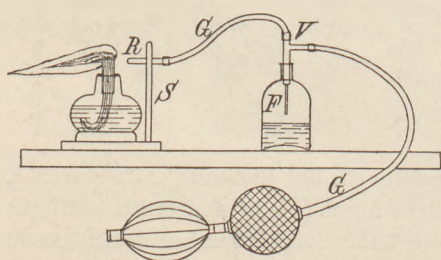
nenstrom überwindet, so kann der erstere, gerade weil er dem Hauptstrom entgegengesetzt gerichtet ist, nur in der ursprünglichen Richtung um die Magnetschenkel gehen. Eine Um-magnetisierung der letzteren ist daher ausgeschlossen.

Für die Praxis.

Die elektromotorische Gegenkraft bei Elektromotoren. Von Dr. C. Rohrbach in Gotha. Bezugnehmend auf die Mitteilung Herrn Friedrich C. G. Müllers in dieser Zeitschrift (*VIII 166*) möchte ich noch darauf hinweisen, dass man zweckmässig die gleiche Versuchsanordnung für den Nachweis der elektromotorischen Gegenwirkung wie bei der Elektrolyse (Polarisation) und bei Thermosäulen (Peltiers Phänomen) so auch bei Elektromotoren verwendet. Es genügen die allerkleinsten, als Spielzeug verwendeten Modelle magnetelektrischer oder dynamoelektrischer Maschinen. Diese werden mittels eines Morsetasters in den Stromkreis eingeschaltet, bis sie in genügend schnelle Rotation geraten sind, dann legt man den Taster um und erhält am Galvanometer einen starken Ausschlag durch den Gegenstrom. Die drei Versuche unterscheiden sich nur durch die verschiedene Grösse des vorzuschaltenden Widerstandes. Wo der Experimentiertisch mit Weinholds Leitungsschienen versehen ist und diese stets in derselben Weise mit dem Spiegelgalvanometer verbunden werden (verschiedenfarbige Leitungen), so dass die Schüler aus der Ausschlagsrichtung des Lichtzeigers unmittelbar die Richtung des Stromes zwischen den Schienen zu erkennen gewöhnt sind, verbindet man zweckmässiger das Galvanometer mit dem Ruhekontakt, die Stromquelle mit dem Arbeitskontakt (umgekehrt wie bei Lechner und C. G. Müller). Es lässt sich dann insbesondere die schnelle Abnahme der elektromotorischen Gegenkraft (wobei das Galvanometer natürlich möglichst stark zu dämpfen ist) sehr schön nachweisen.

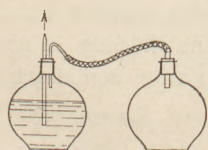
Ein Lötrohr. Von W. Weiler in Esslingen. Das gewöhnliche Lötrohr erfordert, wenn man eine andauernde Flamme erhalten will, viele Übung; das Blasen wirkt ermüdend und erzeugt leicht Kopfweh. Durch die im folgenden beschriebene Vorrichtung erreicht man einen kontinuierlichen Luftstrom und eine heisse Flamme, man hat die Hände frei und die Flamme weiter vom Gesicht.

Durch einen Ständer *S* wird in richtiger fester oder veränderlicher Höhe eine Metallröhre *R* mit sehr feiner Öffnung gegen die Weingeistlampe hin geführt — eine messingene



Federhalterröhre, in die man eine feine Öffnung bohrt, genügt. Diese Röhre ist durch einen Gummischlauch *G* mit einem Verbindungsstück *V* verbunden; *V* ist aus Metallröhren oder Hartgummi oder Glas gefertigt; der senkrechte Teil dieses Verbindungsstückes ist mittels Kork oder Gummipfropfens in die Flasche *F* gesteckt, in welcher sich etwas Benzin befindet; der quer eingelötete Teil von *V* ist durch einen Gummischlauch mit

einem Gummigebläse verbunden. Wird dieses regelmässig getrieben, so erhält man einen gleichmässig andauernden Luft- und Gasstrom, mittels dessen die Weingeistflamme eine Kupfermünze auf Kohle zum Schmelzen bringt, weil die Benzindämpfe die Flamme bedeutend verstärken, während man durch Blasen mit dem Munde nur einen mit Kohlensäure und Wasserdampf angefüllten Luftstrom zuführt. Zu kaufen sind nur das Gebläse und die Gummiröhren, alles übrige kann man leicht selber zusammenstellen. Die Schläuche bleiben geschmeidig, wenn man sie in einen Lappen legt, der mit Glycerin angefeuchtet ist.

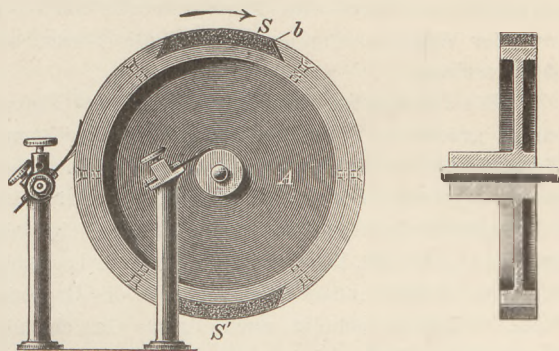


Versuch über die Expansion des Ätherdampfes. Von Siegm. Kraus in Wien. Das Einblaserohr eines Heronsballes wird durch einen Schlauch mit einer Kochflasche verbunden (s. Fig.). Giebt man in die Kochflasche einige Tropfen Schwefeläther und schliesst dieselbe schnell, so beginnt der Heronsball ziemlich hoch zu spritzen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einfacher Unterbrecher für grosse Induktionsapparate. In der *Zeitschr. f. Instrumentenkunde* (XV 248, 1895) beschreibt F. L. O. WADSWORTH eine neue Art von Unterbrecher, der sich unter anderem durch Einfachheit und Billigkeit auszeichnet. Auf die Achse eines kleinen elektrischen Motors ($\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ Pferdestärke bei 1200 Umdrehungen in der Minute) ist eine Messingscheibe *A* aufgesetzt, an deren Umfang je zwei nichtleitende und zwei leitende Segmente symmetrisch angeordnet sind (vgl. d. Fig.). Der Strom wird durch zwei Kupferbürsten zugeführt, von denen die eine auf der Nabe, die andere auf dem Scheibenrande schleift. Der Strom in der primären Wickelung wird jedesmal unterbrochen, sobald eines der nichtleitenden Segmente *SS'* unter der äusseren Bürste vorübergleitet. Diese Segmente, Schieferstücke von etwa 50° Bogenlänge, sind auf den Rand der Messingscheibe aufgeschraubt und an beiden Enden abgeschrägt. Zwei Messing- oder Kupfersegmente, deren Bogenlänge 130° beträgt und die an den Enden umgekehrt wie die gleich dicken nichtleitenden Stücke abgeschrägt sind, werden auf den Rand der Messingscheibe aufgeschraubt. Zwischen Schiefer- und Metallsegment ist an dem Ende, wo die Funkenbildung stattfindet, je ein nach der Peripherie zu verjüngtes Platinblech *O* eingefügt. Die so zusammengesetzte Unterbrecherscheibe ist alsdann auf der Drehbank mittels eines Schmirgelrades genau laufend abgeschliffen. Die Bürsten bestehen aus federndem Kupfer und drücken unter einem kleinen Winkel gegen die Scheibe. Bei einer mittleren Stromstärke von 5 bis 6 A. hielt eine Bürste 4 bis 5, manchmal sogar 10 Stunden. Während dieser Zeit bedurfte der Apparat ausser dem Ölen der Motorlager keiner Wartung. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt nahezu 600 m/s; die Unterbrechung vollzieht sich daher ausserordentlich schnell und gleichförmig.



H.-M.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Widerstandsmessungen für Wechselströme hoher Frequenz. Von TUMA. (*Wiener Berichte*, 14. Juni 1895). Bekanntlich hat Hertz den experimentellen Nachweis geliefert, dass ein Strom von hoher Wechselzahl sich nicht wie der Gleichstrom über den ganzen Querschnitt des Leiters verbreitet, sondern dass er vorzugsweise an der Oberfläche des Leiters verläuft. Bjerknes bestimmte die Tiefe, bis zu der solche Wechselströme in den Leiter eindringen (d. *Zeitschr.* VI 259). Ein Leiter zeigt daher gegen Wechselstrom einen grösseren Widerstand als gegen Gleichstrom.

Tuma versucht nun, den Widerstand verschiedener Drähte bei dem Durchgang der Teslaschen Ströme dadurch zu bestimmen, dass er die im Leiter durch den Wechselstrom und durch Gleichstrom erzeugten Wärmemengen durch calorimetrische Messung vergleicht. Der zu prüfende Draht und ein Vergleichswiderstand, dessen Querschnitt so klein war, dass die Wechselströme sich über den ganzen Querschnitt ausbreiteten, wurden in je ein Bunsensches Eiscalorimeter eingesetzt und dann durch die beiden hintereinander geschalteten Widerstände zuerst Gleichstrom und sodann Wechselstrom eine bestimmte Zeit lang hindurchgeleitet. Da der Vergleichswiderstand für Gleichstrom und Wechselstrom dieselbe Grösse hatte, so konnte man aus der Verschiebung des Meniscus in den Messcapillaren der Calorimeter das Verhältnis zwischen dem Widerstande des zu untersuchenden Drahtes gegen Gleichstrom und seinem Widerstande gegen Wechselstrom bestimmen.

Der Vergleichswiderstand, der für Wechselstrom und für Gleichstrom denselben Wert besitzen musste, bestand aus einer versilberten Glasröhre, auf die eine dünne Kupferhaut galvanoplastisch niedergeschlagen war. Wurden drei solche Widerstände, deren Metallschichten 0,001 mm, 0,004 mm und 0,01 mm dick waren, in der oben angegebenen Weise mit einander verglichen, so ergab sie bei Gleichstrom und bei Wechselstrom dasselbe Widerstandsverhältnis, ihr Querschnitt wird also vom Wechselstrom ebenso erfüllt wie vom Gleichstrom. Zur Erzeugung des Wechselstromes wurde ein primärer Strom von 100 Volt auf 10000 Volt transformirt und die sekundäre Wickelung des Transformators durch einen aus sechs Franklinschen Tafeln von je 0,011 Mikrofarad gebildeten Condensator und durch die beiden in Kalorimeter eingelegten Widerstände geschlossen. Dicht hinter den Transformator клемmen war der Sekundärkreis durch eine Funkenstrecke mit elektromagnetischem Gebläse überbrückt. Je nach der Wahl der Condensatorcapacität liessen sich die Wechselzahlen 232900, 124800 und 84400 erzielen.

Die für Kupfer, Neusilber, Nickel und Eisen durchgeführten Messungen ergaben einen um so grösseren Widerstand gegen Wechselstrom je dicker der Draht und je grösser die Wechselzahl des Stroms war. Zur Ableitung eines Gesetzes waren die Beobachtungen nicht zahlreich genug. Ferner zeigte sich, dass der Widerstand eines Leiters gegen Wechselstrom sich umsomehr seinem Widerstande gegen Gleichstrom nähert, je grösser der spezifische Widerstand des Leiters ist. Die Unschädlichkeit der Teslaschen Ströme wird gewöhnlich dadurch erklärt, dass diese Ströme nur an der Oberfläche des Organismus verlaufen und nicht in ihn eindringen. Diese Erklärung scheint nach Tumas Ansicht nicht zuzutreffen; denn wenn die von ihm verwendeten Wechselströme, die auf den Organismus ebenfalls nicht wirken, obgleich sie eine 100voltige Glühlampe speisen können, einen 2 mm dicken Neusilberdraht fast im ganzen Querschnitt gleichförmig durchfliessen, so sei wohl anzunehmen, dass auch Ströme von viel höherer Wechselzahl in eine Substanz von so hohem spezifischen Widerstand wie der tierische Organismus, noch ziemlich tief eindringen können.

H. R.

Die Geschwindigkeit der elektrischen Wellen. Von TROWBRIDGE und DUANE (*Phil. Mag.* (5) 40, 211; 1895). Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen in Drähten lässt sich dadurch finden, dass man in einem auf den Erreger möglichst genau abgestimmten Sekundärkreise ein stehendes Wellensystem erzeugt und die Wellenlänge aus der Lage der Knotenpunkte, die Schwingungsdauer durch Auflösen des primären oder des sekundären Funkens mit Hilfe des rotierenden Spiegels bestimmt.

Die Knotenpunkte werden nach der Methode von Rubens (*Wied. Ann.* 41, 154; 1890) mit Hilfe des Dynamo-Bolometers aufgefunden, wenn man längs der sekundären Doppelleitung zwei aus isoliertem Kupferdraht gebogene kleine Ringe verschiebt, die mit dem einen der beiden in einer Wheatstoneschen Brücke abgeglichenen Bolometerwiderstände verbunden sind. Durch die in den Ringen erzeugten Induktionsströme wird der eine Brückenweig erwärmt, also das Gleichgewicht der Brücke gestört. Die Lagen der Ringe, denen die kleinste Ablenkung der Galvanometernadel entspricht, sind die Knotenpunkte des Wellensystems. Zur Auflösung des Funkens diente ein durch einen Elektromotor in Rotation versetzter Concavspiegel mit versilberter Vorderfläche, der das Funkenbild auf eine 3 m weit entfernte Bromsilber-Gelatineplatte warf. Um die Umdrehungszahl des Spiegels, die etwa 70 in der Sekunde betrug, möglichst constant zu erhalten, war auf die Spiegelachse ein Schwungrad aufgesetzt. Der genaue Wert der Umdrehungszahl wurde mit Hilfe eines elektrischen Chronographen auf 2‰ bestimmt.

Ein Bild des primären Funkens war mit dieser Vorrichtung sehr leicht zu erhalten, dagegen bot die Herstellung eines Sekundärfunkens von genügender Helligkeit grosse Schwierigkeiten. Die Verwendung des Sekundärfunkens zur Bestimmung der Schwingungsdauer der Wellen bietet jedoch besondere Vorteile. Die Messung wird von der Genauigkeit der Resonanz zwischen Primär- und Sekundärkreis unabhängig; die Sekundärfunken liefern bessere Bilder, da sie zwischen Spitzen überspringen können, während zur Erregung wirksamer Primärfunken stets Kugielektroden erforderlich sind, die schlechte Funkenbilder

geben; endlich enthält wegen der weit geringeren Dämpfung des Sekundärkreises der Sekundärfunke eine viel grössere Anzahl Schwingungen als der primäre. Durch passende Wahl der Dimensionen für den Erreger- und den Resonatorkreis liessen sich brauchbare Sekundärfunken erzeugen.

Der Condensator des Erregers bestand aus zwei vertikalen Metallplatten von 30 cm im Quadrat, zwischen die eine 2 cm dicke Spiegelglasplatte geschoben war. Von diesen Platten liefen in horizontaler Richtung im Abstände von 40 cm von einander zwei parallele Kupferdrähte von 0,34 cm Durchmesser aus; in der Entfernung von etwa 85 cm von den Condensatorplatten waren die Paralleldrähte durch eine verschiebbare Brücke mit einander verbunden, die in ihrer Mitte eine zwischen Messingkugeln von 2,5 cm Durchmesser gebildete 1 bis 3 mm lange Funkenstrecke enthielt. Den Erregerstrom lieferte ein grosses Rühmkorff-Induktorium, das von fünf hinter einander geschalteten Akkumulatoren gespeist wurde. Von den primären Condensatorplatten waren die 26 m hohen und breiten sekundären Platten durch zwei 1,8 cm dicke Hartgummischeiben getrennt. Der von diesen Platten ausgehende Drahtkreis bestand aus zwei parallelen Kupferdrähten von 0,215 cm Durchmesser und 2930 cm Länge, die an ihrem Ende eine Funkenstrecke mit Cadmiumspitzen enthielten. Die Untersuchung der Sekundärleitung mit dem Dynamo-Bolometer ergab eine sehr regelmässige Wellenform; ein Knotenpunkt lag in der sekundären Funkenstrecke, ein anderer in der Entfernung von 40 cm von den sekundären Condensatorplatten. Die Wellenlänge betrug 5680 cm.

Die mit dem rotierenden Spiegel erhaltenen Funkenbilder zeigten einige bemerkenswerte Eigenschaften. Die auf einander folgenden dunklen Stellen des Bildes, deren Entfernung einer Oscillation entspricht, waren nur dann gleich dunkel und scharf, wenn der Funke zwischen Cadmiumspitzen übersprang. Bei Elektroden aus anderen Metallen wechselten in dem Bilde dunkle Flecken mit helleren ab, oder die dunklen Flecken blieben an einzelnen Stellen aus. Ferner waren selbst bei möglichst guter Resonanz und vollkommen regelmässiger Wellenform die Abstände der ersten drei oder vier dunklen Flecken grösser als die der folgenden. Die Ursache hiervon ist in der Dämpfung der primären Wellen zu suchen. Die Capacität der sekundären Condensatorplatten wird nach dem Verschwinden des primären Funkens etwas kleiner, die sekundäre Welle gebraucht daher weniger Zeit, um längs des ganzen Kreises hin und zurück zu laufen. Es kommen meist nur fünf oder sechs gute vollständige Schwingungen zu stande, die durch scharf begrenzte Flecken in dem Funkenbilde dargestellt werden; dann werden die Flecken schwächer und gehen allmählich in einander über. Die ersten Schwingungen haben einen überwiegenden Einfluss auf die bolometrische Messung der Wellenlänge.

Die mittlere Entfernung der dunklen Flecken in einem Funkenbilde betrug etwa 0,5 mm, es ergab sich daraus die Schwingungsdauer von $1,9 \cdot 10^{-7}$ Sekunden und als Mittelwert für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen $3,003 \cdot 10^{10}$ cm/sec, ein Wert, der von der Lichtgeschwindigkeit nur um 0,2% abweicht.

H. R.

Die Absorption der Kathodenstrahlen. HERTZ hat bereits im Jahre 1892 (*Wied. Ann.* 45, 28; *d. Zeitschr.* VII 210) gezeigt, dass dünne Metallschichten für Kathodenstrahlen transparent sind, während durchsichtige Körper, wie Glimmer, Glas, die Strahlen vollständig absorbieren. Er hatte der Kathode eines Entladungsrohres eine Uranglasplatte gegenübergestellt, die auf ihrer der Kathode zugekehrten Fläche zum Teil mit einer dünnen Metallschicht (Blattgold, Silber, Aluminium, Kupfer) bedeckt und mit einigen Glimmerstückchen beklebt war. Entstanden bei sehr niedrigem Gasdruck die dunklen Kathodenstrahlen, so phosphorescierte das Uranglas unter der Metallschicht so hell wie an dem unbedeckten Teile, während die mit Glimmer belegten Stellen vollkommen dunkel blieben.

LENARD benutzte die Transparenz dünner Metallschichten, um den Kathodenstrahlen, die von der dicken Glaswand des Entladungsrohres stark absorbiert werden, den Austritt in den umgebenden Luftraum zu ermöglichen (*Wied. Ann.* 51, 227; 1894). Die Kathode, eine Aluminiumscheibe von 12 mm Durchmesser, war in die Achse des langen cylindrischen Entladungsrohres eingesetzt; ihr langer Zuleitungsdraht war in ein dickwandiges Capillarrohr

eingeschmolzen. Dieses Schutzrohr wurde von der cylindrischen Anode umgeben, deren Oberfläche möglichst gross gewählt war. Auf das der Kathode gegenüberliegende Ende des Entladungsrohres war eine Metallkappe aufgekittet, die in ihrer Mitte mit einer engen Öffnung versehen war. Diese Öffnung, durch die die Kathodenstrahlen austreten sollten, war durch ein Aluminiumblatt von 0,003 mm Dicke verschlossen, das sich als stark genug erwies, um beim Evacuieren des Rohres den äusseren Luftdruck auszuhalten. Statt des Aluminiumblattes konnte auch eine sehr dünne Glasplatte verwendet werden. Das Entladungsrohr war mit einem Metallgehäuse umgeben, das nur das Aluminiumfenster frei liess. Die Kathode wurde mit dem negativen Pol eines Induktoriums, die Anode und das Schutzgehäuse mit dem positiven Pol und mit der Erde verbunden. Das Rohr wurde mit Hilfe einer Quecksilber-Luftpumpe soweit evacuirt, dass die zum Durchgang der Entladung erforderliche Potentialdifferenz der Elektroden einer 3 cm langen Funkenstrecke in Luft entsprach. Um das Verhalten der Kathodenstrahlen in verschiedenen Gasen bei beliebigem Gasdruck untersuchen zu können, setzte LENARD gegen das Fenster des Entladungsrohres ein Glasrohr luftdicht an, das mit einer Pumpe in Verbindung stand. Die durch das Aluminiumfenster in die freie Luft oder in ein Gas austretenden Kathodenstrahlen breiten sich diffus nach allen Richtungen aus; die Umgebung des Fensters fluoresciert mit schwach bläulichem Licht. In der Luft tritt ein starker Ozongeruch auf. Fluorescierende Körper leuchten in der Nähe des Fensters mit derselben Farbe und Intensität, die sie in Geisslerschen Röhren zeigen. Photographisches Papier wird durch die Kathodenstrahlen so schnell geschwärzt wie im hellen Tageslicht. Elektrisch geladene Platten verlieren unter dem Einfluss der Kathodenstrahlen ihre Ladung.

Die Gase verhalten sich gegen die Kathodenstrahlen wie trübe Medien gegen die Lichtstrahlen; es gelingt nicht, mit Hilfe von Blenden auf eine grössere Entfernung hin ein scharfes Bild der Blendenöffnung zu erhalten.

Je nach dem Gasdruck im Entladungsrohre werden in ihm Kathodenstrahlen erzeugt, die eine verschieden grosse Absorption in Gasen erfahren; die bei höherem Gasdruck entstehenden Strahlen werden stärker absorbiert als die bei niedrigem Druck erzeugten. Ebenso verhalten sich die verschiedenen Arten der Kathodenstrahlen gegen den Magneten; die bei niedrigem Druck im Entladungsrohr erzeugten Strahlen werden weniger stark vom Magneten abgelenkt als die bei höherem Druck auftretenden Strahlen. Eine bestimmte Strahlengattung erfährt jedoch bei derselben magnetischen Feldstärke in allen Gasen und unter allen Drucken dieselbe Ablenkung.

Die Stärke der Absorption, die die Kathodenstrahlen in Gasen erfahren, ist nur von der Dichtigkeit des Gases abhängig. Wasserstoff zeigt die geringste Absorption; Leuchtgas geringere als Luft, diese wieder geringere als Kohlensäure. Mit zunehmender Verdünnung des Gases nimmt die Absorption ab, bis zuletzt in dem fast leeren Raume, der keine elektrische Entladung mehr hindurchlässt, in dem daher keine Kathodenstrahlen mehr erzeugt werden können, die durch das Fenster eintretenden Kathodenstrahlen sich vollkommen ungehindert geradlinig fortpflanzen. Es beweist dies, dass die Kathodenstrahlen nicht als Vorgänge in der Materie, sondern als Vorgänge im Äther aufgefasst werden müssen.

Alle festen Körper, Papier, Metalle, Glas, Glimmer, Quarz, Collodiumhäute zeigen sich für Kathodenstrahlen transparent, wenn sie genügend dünne Schichten bilden. Wird eine photographische Platte in eine lichtdichte Blechbüchse eingelegt, die vorn durch ein dünnes Aluminiumblatt verschlossen ist, und werden auf die Platte zwei rechteckige Streifen aus Quarz und Aluminiumblech gelegt, die sich gegenseitig teilweise überdecken, so entsteht durch die Kathodenstrahlen, die in die lichtdicht geschlossene Büchse eindringen, ein Bild, in dem die frei gebliebene Stelle der Platte am tiefsten geschwärzt ist, die unter dem Aluminiumblech liegende Stelle weniger dunkel, der vom Quarz bedeckte Teil heller und der von beiden zugleich bedeckte Teil der Platte am hellsten erscheint.

In seiner neuesten Arbeit (*Wied. Ann.* 56, 255; 1895) hat LENARD den Nachweis geführt, dass für dieselbe Art von Kathodenstrahlen das Verhältnis des Absorptions-

vermögens eines Mediums zu seiner Dichtigkeit nahezu constant ist. Um dieses Gesetz für Gase nachzuweisen, wurde ein fluorescierender Schirm soweit von dem Aluminiumfenster, aus dem die Kathodenstrahlen austraten, entfernt, dass das Fluorescenzlicht noch eben erkennbar war. Aus den Entfernungen, die man diesem Schirme geben musste, wenn der Beobachtungsraum mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt, oder wenn er möglichst weit evacuirt war, liess sich der Absorptionscoefficient des Gases berechnen. Der fluorescierende Schirm bestand aus einem Stück Seidenpapier, das mit Pentadecylparatolyketon getränkt und vorn mit einem Aluminiumblatt und einem für Kathodenstrahlen undurchlässigen Stege bedeckt war. Bei der Untersuchung fester Körper wurden diese vor den Schirm gehalten und die Entfernungen vom Aluminiumfenster bestimmt, die dem Schirm gegeben werden konnten, einmal, wenn die Kathodenstrahlen frei auf den Schirm fielen, das andere Mal, wenn sie den Körper durchsetzen mussten.

Der Absorptionscoefficient der Luft wurde auch noch in der Weise bestimmt, dass durch Zwischenschalten eines durchlöchernten Bleeschirmes die Intensität der auf den fluorescierenden Schirm fallenden Strahlen in einem bekannten Verhältnis abgeschwächt wurde. Aus den beiden Grenzentfernungen des fluorescierenden Schirmes mit und ohne Zwischenschaltung des durchlöchernten Schirmes liess sich das Absorptionsvermögen der Luft berechnen.

Zur Vergleichung der Absorption fester Körper verwendete LENARD noch folgende Methode: es wurden auf einem fluorescierenden Schirm oder auf einer photographischen Platte durch Übereinanderlegen von einzelnen Metallblättern einmal Streifen gleicher Dicke, das andere Mal Streifen gleicher Masse aus vier verschiedenen Metallen, Aluminium, Kupfer, Silber, Gold hergestellt. Die Streifen der zweiten Gruppe lieferten genau gleich helle Bilder, während die Streifen der ersten Gruppe die Kathodenstrahlen der Dichtigkeit der Metalle entsprechend absorbierten. Um diese Methode auch zur genauen Messung zu verwenden, bedeckte LENARD die beiden Hälften eines fluorescierenden Schirmes allmählich mit einer solchen Anzahl übereinandergelegter Blätter der beiden zu vergleichenden Stoffe, bis er zwei vollkommen gleich durchlässige Schichten erhielt. Aus der Dicke der Schichten ergab sich das Verhältnis der Absorptionsvermögen.

Die nachstehende Tabelle enthält für einige der untersuchten Substanzen die gefundenen Werte des Absorptionsvermögens, der Dichte und des Verhältnisses beider (A/D):

Substanz	Absorptions- vermögen cm - 1	Dichte g/cm ⁻³	A/D g ⁻¹ /cm ²
Atm. Luft von 0,78 mm Druck . .	0,00416	0,00000125	3330
Atm. Luft von 760 mm Druck . .	3,42	0,00123	2780
Schwefl. Säure von 760 mm Druck	8,51	0,00271	3110
Papier	3310	1,30	2070
Glas	2690	2,47	3160
Aluminium	7810	2,70	2650
Glimmer	7150	2,80	2590
Silber	32200	10,5	3070
Gold	55600	19,3	2880

In Anbetracht der ungemein beträchtlichen Unterschiede in den Zahlen der ersten beiden Vertikalreihen weichen die der letzten so wenig von dem Mittelwert ab, dass das oben angeführte Gesetz als wohlbestätigt betrachtet werden muss. „Wie die Trägheit und die Schwere, erscheint somit die Absorption der Kathoden-Strahlen als eine Äusserung der Masse der Materie; stoffliche Beschaffenheit und innerer Bau derselben, dem Lichte gegenüber so einflussreich, kommen hier, wenn überhaupt, so doch erst in zweiter Annäherung in Betracht.“

H. R.

Die Röntgenschen Strahlen. In einer vorläufigen Mitteilung (*Sitz.-Ber. der Würzburger Phys.-med. Gesellsch.* 1895) hat W. C. RÖNTGEN über eine von ihm entdeckte neue Art von

Strahlen berichtet. Die Strahlen gehen von der Glaswand einer Hittorfschen Röhre und zwar von der Stelle aus, wo die Wand von den Kathodenstrahlen getroffen und zur Fluorescenz erregt wird. Die Strahlen treten divergent aus, sind für das Auge un wahrnehmbar, können aber durch ihre Fluorescenzwirkung auf einen mit Baryumplatineyanür bestrichenen Schirm oder auf andere fluorescierende Körper sichtbar gemacht werden. Sie gehen durch alle Körper, auch durch solche, die für Licht und für Kathodenstrahlen undurchdringlich sind, hindurch, sie werden beim Durchgang durch die Körper geschwächt, doch gilt nicht wie bei den Lenardschen Untersuchungen über Kathodenstrahlen, dass gleiche Durchlässigkeit vorhanden ist, wenn das Produkt aus Dicke und Dichte gleich ist; die Durchlässigkeit nimmt in viel stärkerem Maasse zu, als dieses Produkt abnimmt. Unter anderem hält die Luft von den hindurchgehenden Röntgenschen Strahlen einen viel kleineren Bruchteil zurück als von den Kathodenstrahlen, es konnte daher die Abnahme der Intensität der Strahlen mit dem Quadrat der Entfernung durch photometrische Vergleichung des auf dem Fluorescenzschirm in verschiedenen Entfernungen erregten Lichtes nachgewiesen werden. Eine Brechung der Strahlen war weder in Wasser und Schwefelkohlenstoff, noch in Prismen aus Hartgummi oder Aluminium mit Sicherheit zu erkennen; auch eine Glaslinse und eine Hartgummlinse erwiesen sich als völlig wirkungslos. Es hat hiernach den Anschein, als ob die Strahlen sich in allen Körpern mit gleicher Geschwindigkeit bewegen und zwar in einem Medium, das überall vorhanden ist und in welchem die Körperteilchen eingebettet liegen. Eine merklich regelmässige Reflexion der Strahlen scheint ebenfalls nicht stattzufinden, sondern nur eine diffuse Zerstreuung, ähnlich der des Lichtes in trüben Medien. Im Gegensatz zu den namentlich von Lenard untersuchten Kathodenstrahlen sind diese Strahlen selbst durch kräftige Magnete nicht ablenkbar. Lenkt man die Kathodenstrahlen innerhalb der Hittorfschen Röhre durch einen Magnet ab, so sieht man, dass auch die Röntgenschen Strahlen von einer anderen Stelle der Glaswand, d. h. wieder von dem Endpunkte der Kathodenstrahlen ausgehen; sie können also auch nicht etwa mit diesen vermischt gewesen sein, sondern müssen aus ihnen in der Glaswand des Entladungsapparates entstehen.

Allgemeines Aufsehen haben die photographischen Wirkungen der neuen Strahlen gemacht. Sie wirken auf Gelatinetrockenplatten ebenso wie gewöhnliche Lichtstrahlen; die Platten können dabei mit Holz oder Papier bedeckt bleiben, da diese Stoffe für die Strahlen fast vollkommen durchlässig sind. Weniger durchlässig sind Metalle, am wenigsten Blei, das bei 1,5 mm Dicke die Strahlen völlig vernichtet. Da die Strahlen von den in ihren Weg gestellten und für sie undurchlässigen Körpern scharfe Schatten auf der photographischen Platte erzeugen, so erhält man u. a. deutliche Bilder eines in ein Holzkästchen eingeschlossenen Gewichtssatzes, einer in eine dünne Metallkapsel eingeschlossenen Busssole, eines auf einer Holzspule aufgewickelten Drahtes, man erkennt auf diese Weise die Inhomogenität eines Metallstückes u. s. f. Knochen sind für die Strahlen fast undurchlässig, während die Weichteile des Körpers wenig absorbierend wirken. Röntgen erhielt deshalb, als er eine menschliche Hand in den Weg der Strahlen brachte, ein scharfes Bild der Handknochen, während die Weichteile nur als schwacher Hauch erschienen. Von den anderwärts nach Röntgens Vorgang angestellten Versuchen dieser Art sei nur die Wiedergabe ganzer Tier skelette, die Untersuchung erkrankter oder verletzter Knochen, der Nachweis von Gallen- und Blasensteinen und von Fremdkörpern erwähnt.

In Bezug auf die Natur dieser Strahlen hat Röntgen selbst die Vermutung ausgesprochen, dass es sich um longitudinale Ätherschwingungen handelt. L. BOLTZMANN hat sich (*Wiener Neue freie Presse vom 12. Januar 1896*) dieser Ansicht angeschlossen und darauf hingewiesen, dass der hypothetische Lichtäther in seinen Eigenschaften grosse Analogie mit den festen elastischen, besonders den gelatinösen Körpern zeigt, die sowohl longitudinaler als transversaler Schwingungen fähig sind. In allen elastischen Körpern, besonders der Gelatine, sei die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Wellen weit grösser als die der transversalen. Es könnten daher sehr wohl die Röntgenschen Strahlen trotz sehr kleiner Schwingungs-

dauer noch mässig grosse Wellenlängen haben; ersteres würde die Fluoreszenzwirkungen erklären, letzteres die Durchdringbarkeit der meisten Körper für diese Strahlen. Die Kathodenstrahlen dagegen könnten nach BOLTZMANN longitudinale Wellen mit äusserst kurzer Wellenlänge sein, in ersterer Beziehung den Röntgenschen, in letzterer (auch hinsichtlich ihrer Absorbierbarkeit) dem ultravioletten Lichte nahestehend. Boltzmann macht auch darauf aufmerksam, wie der Begriff des Lichtes nach und nach immer mehr erweitert worden sei, zuerst auf die ultravioletten und ultraroten Strahlen, dann auf die Hertzschen Wellen, endlich auf die Kathodenstrahlen und die Röntgenschen Strahlen. —

Zur Vorgeschichte der Röntgenschen Entdeckung wird von der k. Sternwarte in Berlin mitgeteilt, dass E. GOLDSTEIN (von dem die Benennung Kathodenstrahlen herrührt) bereits vor zehn Jahren in den Sitzgsber. d. Berl. Ak. d. W. gezeigt habe, dass das Kathodenlicht keine einheitliche Strahlung sei, sondern dass den magnetisch ablenkbaren Kathodenstrahlen noch eine neue Strahlenart beigemischt sei, welche durch die stärksten magnetischen Kräfte nicht ablenkbar sei. [Diese Strahlen würden demnach nicht wie die Röntgenschen, aus den Kathodenstrahlen an der Glaswand entstehen, sondern gemeinsam mit letzteren von der Kathode ausgehen müssen und durch den Magneten von ihnen zu trennen sein; sie sind, wenn auch vielleicht mit den Röntgenschen identisch, so doch anderen Ursprungs als diese.]

Bei den ersten Wiederholungen der Röntgenschen Versuche wurden Funkeninduktoren von sehr grosser Funkenweite (vgl. Elektrotechn. Zeitschrift 1896, H. 5) benutzt; unsere Leser finden an anderer Stelle dieses Heftes (S. 111) Mitteilungen darüber, dass sich die Versuche auch mit den Hilfsmitteln der Schulsammlung anstellen lassen (vergl. auch S. 104 u.).

Auch Versuche, mit den Kathodenstrahlen selbst, die nach Lenards Vorschrift durch ein Aluminiumfenster hindurchgelassen wurden, zu photographieren, sind von Erfolg gewesen, selbst wenn die Platte nebst dem Objekt etwa 10 cm von dem Fensterchen entfernt war (SLABY, Elektrotechn. Ztschr. 1896, H. 5).

Diesem Hefte sind einige Proben von Photographieen mit Röntgenschen Strahlen auf einer besonderen Tafel beigegeben.

P.

3. Geschichte.

Christian Huygens.¹⁾ Weniger als andere Forscher ersten Ranges, denen er an Bedeutung nicht nachsteht, ist Huygens bisher biographisch gewürdigt worden. Um so dankenswerter ist die neueste Schrift, die auf das Ausserordentliche seiner Persönlichkeit und seines Schaffens hinweist, und bei diesem Anlass eine Reihe wertvoller Mitteilungen aus den bisher erschienenen sechs Quartbänden der neuen Gesamtausgabe seiner Werke macht. Indem wir in betreff der Persönlichkeit auf die anziehenden Schilderungen der unten genannten Schrift verweisen, heben wir aus den Bemerkungen, die sich auf die Geschichte der Physik beziehen, folgendes hervor: In der Entdeckung der Gesetze des Stosses hat Huygens vor Wren und Wallis die Priorität, da er schon ein Jahr vor diesen seine Bewegungsgesetze in der Pariser Akademie vorgetragen hatte. Unter den Theoremen, die er 1669 an die Royal Society sandte, befinden sich neben den wichtigen Sätzen über Pendel und Centralbewegung auch einige aus der Optik, von denen einer, obwohl er durch seine Allgemeinheit alle Eigenschaften centrierter Linsensysteme umfasst, doch bisher nicht genügend beachtet ist. „Wenn Auge und Gegenstand ihren Ort tauschen, während die dazwischen befindlichen Linsen, gleichgültig wie viele, unverändert bleiben, wird das Objekt unter demselben Winkel und in derselben Stellung wie zuvor gesehen werden.“ (Der Satz ist auch in der posthum erschienenen Dioptrica als Prop. XL enthalten.) Interessant sind die Enthüllungen, die sich in den Leidener Handschriften in Bezug auf die Schiesspulvermaschine von Huygens befinden: sie bestand aus einem Cylinder mit beweglichem Kolben und trug an zwei Stellen der Wand grade unter dem höchsten Stand

¹⁾ Christian Huygens. Rede am 200. Gedächtnistage seines Lebensendes, gehalten von J. Bosscha. A. d. Holländischen übersetzt von Th. W. Engelmann. Leipzig, W. Engelmann 1895. 77. S.

des Kolbens Seitenröhren mit Ansatzstücken von feuchtem Leder. Ward nun etwas Pulver auf dem Boden des Cylinders angezündet, dann warf die Explosion den Kolben nach oben bis über die Öffnungen der Seitenröhren, aus denen die Gase entweichen konnten. Der Druck der atmosphärischen Luft schloss darauf die ledernen Röhren und presste den Kolben herab mit einer Kraft, die grosse Lasten zu heben vermochte. Der Apparat war somit die Grundform der 200 Jahre später erfundenen Gasmaschine, doch scheiterte die praktische Verwertung an der Unvollkommenheit der damaligen Technik. Bemerkenswert ist, dass Huygens auf die Idee der Maschine unzweifelhaft durch seine Versuche mit der einstiefeligen Luftpumpe geführt wurde und dass andererseits Papin, der sein Schüler und Assistent war, an die Idee dieser Maschine anknüpfte, als er später den Versuch machte, das erforderliche Vacuum statt durch Schiesspulver durch Wasserdampf herzustellen, was auch Huygens schon vorgeschlagen hatte. Huygens hat hiernach Anspruch auf den Anteil an der Erfindung der Dampfmaschine, den man bisher Papin zugeschrieben hat. —

Ausführlich geht die Schrift auf das Verhältnis zwischen Huygens und Newton namentlich hinsichtlich der Optik und der allgemeinen Anziehung ein. Der Einwurf von Stokes, dass es nach Huygens' Erklärung der gradlinigen Fortpflanzung des Lichtes ebenso gut Klangstrahlen wie Lichtstrahlen geben müsse, ist bereits von Newton ausgesprochen und von Huygens in seiner Abhandlung über die Ursache der Schwere widerlegt worden, und Newton selbst hat in einem Briefe an Leibnitz die Möglichkeit zugegeben, dass auch der Schall sich gradlinig fortpflanze. Was Newtons Attraktionslehre betrifft, so wäre ohne die Huygenssche Formel für die Centripetalbeschleunigung eines der wichtigsten Glieder in der Newtonschen Schlusskette, die Berechnung des Falles des Mondes gegen die Erde, unmöglich gewesen. Mit einer Anziehung der Körper in die Ferne jedoch konnte sich Huygens nicht befrieden, sie erschien ihm ungereimt und er stellte sich vielmehr vor, dass der Weltraum von feinen Stoffen erfüllt sei, die wieder von anderen, stufenweise immer feineren durchsetzt seien. Er erscheint als der Vorläufer Faradays, wenn er in seinem *Traité de l'ainant* die folgende Betrachtung anstellt: „Aus dem Versuch mit Eisenfeile, die auf einem Kartenblatt über einem Magnet ausgestreut wird, geht hervor, dass irgend ein Stoff durch und aussen um den Magnetstein strömt, denn die Anordnung der Eisenfeile zeigt den Weg dieser Bewegung an; die Eisenfeile wird dadurch beeinflusst, was nicht anders möglich ist, als durch die Wirkung irgend eines in Bewegung begriffenen Körpers.“ Huygens geht von diesen Kraftströmen aus, um die Bewegung zweier, auf einander wirkender Magnete nach Richtung und Grösse zu bestimmen und dadurch eine anschauliche Erklärung für die scheinbare Fernwirkung zu geben. Heute wird man die Huygenssche Annahme, dass der Weltraum mit einem Stoffe erfüllt sei, nicht mehr als eine hypothesis ineptissima bezeichnen dürfen, wie es Cotes in der Vorrede zur 2. Auflage von Newtons Prinzipien that.

P.

4. Unterricht und Methode.

Der naturwissenschaftliche Schulunterricht im fünften und sechsten Schuljahr. Verhandlungen der 7. Direktoren-Versammlung der Provinz Hannover 1895 (*Verh. d. Dir.-Vers. Bd. 45*). Bezüglich des anthropologischen Unterrichts in O III spricht sich der Bericht erstatter (Dir. Suur-Emden) dafür aus, dass diesem Gegenstand nur $\frac{1}{4}$ Jahr gewidmet werden sollte, ausser wenn Akustik und Optik damit verbunden werden. In der Frage der Gestaltung des propädeutischen physikalischen Unterrichts an Gymnasien sind im wesentlichen die in dieser Zeitschrift (V 169) ausgesprochenen Ansichten und Vorschläge vertreten. Engste Begrenzung des Stoffes, aber gründliche und methodische Durcharbeitung ist der sowohl von dem Berichterstatter, als auch von der Mehrzahl der Anstalten der Provinz ausgesprochene Grundsatz. Die von Börner auf der rheinischen Direktoren-Conferenz angegebene Stoffauswahl wird als weit über das erreichbare Ziel hinausgehend bezeichnet. Dagegen wird die in dieser Zeitschrift a. a. O. vorgeschlagene in allen Hauptpunkten gebilligt, namentlich auch darin, dass es nicht möglich sei, alle Gebiete gleichmässig zu berücksichtigen. Im einzelnen wird bei den allgemeinen Eigenschaften noch die Aufnahme des Beharrungs-

vermögens für wünschenswert erklärt; in der Mechanik wird ebenfalls von den Gesetzen des freien Falls und von der Dynamik Abstand genommen, dagegen auf Mechanik der flüssigen und luftförmigen Körper besonders Gewicht gelegt; in der Wärmelehre wird die Einrichtung der Dampfmaschine an fast allen Anstalten der Provinz den Schülern erklärt. In der Elektrizitätslehre wird der Reibungselektricität der Vorzug gegeben, im Galvanismus beschränkt man sich zumeist auf die Hauptwirkungen des Stroms, besonders wird auch der elektrische Telegraph als in das Pensum gehörig bezeichnet, da er das höchste Interesse der Schüler erzeuge und leicht zu verstehen sei; dagegen können das Ohmsche Gesetz, die Induktion, das Telephon und Mikrophon von dieser Stufe ausgeschlossen bleiben. In der Akustik und Optik wird der Umfang auf das in dieser Zeitschrift angegebene beschränkt; optische Instrumente und dergl. bleiben ausser Betracht. Für sehr wichtig wird es erklärt, dass der Chemie ein volles Semester zugewiesen werde; die dafür angegebenen Gründe dürften allgemeine Zustimmung verdienen, obwohl die Konferenz eine dahin gehende These des Berichterstatters ablehnte, ohne übrigens der eine kürzere Zeit festsetzenden These des Gegenberichterstatters (Dir. Buchholz-Münden) zuzustimmen. Auch ein ausführlicheres Beispiel eines Lehrganges der Chemie, das als Anhalt für das ungefähre Maass des durchzunehmenden Stoffes mitgeteilt ist, verdient Beachtung. — In dem Abschnitte über die Methode des Unterrichts wird namentlich die gute Vorbereitung der auszuführenden Versuche und die Einfachheit der Apparate betont und die Notwendigkeit eines guten Leitfadens hervorgehoben; empfohlen werden für den propädeutischen Unterricht die Anfangsgründe von Sumpf, genannt wird auch die Neubearbeitung von Koppes Lehrbuch. Von einem brauchbaren Leitfaden wird verlangt, dass er den ersten Teil eines für die Vollanstalt ausreichenden Lehrbuchs bilden, aber einzeln käuflich sein müsse, und dass er auch Chemie und Mineralogie enthalten müsse.

Für Realgymnasien hat es sich als angemessen erwiesen, unter Ergänzung der an dieser Stelle lückenhaften Lehrpläne von 1891 auch die Mechanik und Wärmelehre in das Pensum aufzunehmen, um eine den Gymnasien entsprechende Gestaltung dieses propädeutischen Unterrichts zu erreichen. Mehrfach sind von den verfügbaren 5 Stunden 2 der Chemie (statt Naturgeschichte) und 3 der Physik zugewiesen, wodurch der letzteren eine erhebliche Förderung erwächst. An einem Gymnasium der Provinz werden sogar auch die beiden Naturgeschichtsstunden des Winters in O III für Physik verwendet. Doch gehen die Lehrpläne an den einzelnen Anstalten im allgemeinen noch sehr auseinander und es müssen weitere Erfahrungen abgewartet werden.

Für Realschulen ist namentlich die These bemerkenswert, dass die von den Lehrplänen verlangte Aufklärung über Gegenstand und Aufgabe der Physik nicht am Anfange des physikalischen Unterrichtes im 5. Schuljahre, sondern bei Beginn des chemischen Unterrichtes im 6. Schuljahre zu geben sei.

Der Gegenberichterstatter hat die Notwendigkeit äusserster Beschränkung gleichfalls anerkannt, dennoch aber den Wunsch ausgesprochen, auch die einfachsten Abschnitte der Dynamik behandelt zu sehen. Er ist auch gegen die Einbeziehung der Akustik und Optik in den anthropologischen Unterricht, verweist diese vielmehr als die beiden schwierigsten Abschnitte nach U II. Für die Anthropologie in O III hält auch er unter diesen Umständen $\frac{1}{4}$ Jahr für ausreichend, um mehr Zeit für die Physik zu gewinnen. In der Lehrbuchfrage werden die Vorzüge des Machschen Grundrisses nachdrücklich hervorgehoben: „Ich bin der Ansicht, dass der künftig beliebteste Leitfaden der Physik für die Unterstufe des Gymnasiums, mag der Verfasser sein, wer er wolle, die Züge naher Verwandtschaft mit dem Machschen Grundriss tragen wird.“

P.

Didaktik und Methodik des Unterrichts in der Physik.¹⁾ Von Dr. J. KISSLING, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Bei der Raumverteilung des sehr

¹⁾ Band IV, Abt. 1 von Dr. A. Baumeisters Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen (München, C. H. Beck, 1895), auch separat unter dem Titel: Simon und Kiessling, Didaktik und Methodik des Unterrichts in Rechnen, Mathematik und Physik, 15 Bogen, Preis M. 4,50.

umfangreich angelegten didaktischen Handbuches von Bauneister, dem diese Abhandlung angehört, ist die Physik weitaus zu kärglich bedacht worden. Auf dem beschränkten Raum von 71 Seiten eine erschöpfende Didaktik und Methodik des physikalischen Unterrichts zu geben, dürfte eine unlösbare Aufgabe sein. Umsomehr ist es anzuerkennen, dass der Verfasser die meisten wichtigeren neuerdings zur Erörterung gekommenen Fragen in den Kreis seiner Darstellung gezogen und ein im ganzen zutreffendes Bild von dem augenblicklichen Stande des physikalischen Unterrichts und der auf seine Förderung gerichteten Bemühungen gegeben hat. Die Abhandlung will im übrigen nicht Vorschriften aufstellen und das Verfahren des Unterrichts im einzelnen festlegen, sie will nur zeigen, „wie es gemacht werden kann, und in einzelnen Fällen, wie es trotz langjähriger Tradition nicht gemacht werden darf“. Wir dürfen wohl voraussetzen, dass die Schrift keinem Fachgenossen unbekannt bleiben wird, und beschränken uns daher vorwiegend darauf, solche Punkte hervorzuheben, in denen wir von dem Verfasser abweichender Meinung sind.

In Kapitel I (S. 4–7) wird Stellung, Zweck und Ziel des ph. U. erörtert. Hier herrscht im wesentlichen volle Übereinstimmung unter den Vertretern des Faches. Es wird auch allgemein Zustimmung finden, dass der Verfasser die Behandlungsweise des ph. Unterrichtsstoffes auf humanistischen Gymnasien wie auf realistischen Anstalten als im grossen und ganzen durchaus gleichartig bezeichnet, und sich das Urteil einer Direktorenkonferenz aneignet, dass jetzt bei gut geleitetem Unterricht „der Gymnasiast mit gleichem Erfolge wie der Realschüler sich denjenigen höheren Studien zuwenden kann, welche gründliche physikalische Vorkenntnisse fordern“. [Dies ist indessen keineswegs gleichbedeutend damit, dass auf unseren Gymnasien heute schon eine volle Auswertung des in der Physik enthaltenen Bildungsgehaltes möglich wäre.] Auf die Äusserungen von Helmholtz in der Dezemberkonferenz von 1891 wird mit Recht Bezug genommen. Aber wenn auch der viel besprochenen Bemerkung über den Vorzug der Gymnasiasten vor den Realschülern ein Platz eingeräumt wurde, so hätte eine Darlegung der nur relativen Berechtigung dieses Ausspruchs nicht fehlen dürfen. Wenig Beifall wird der Verfasser auch dafür finden, dass er eine Stelle aus einer Programmabhandlung von 1880 abdruckt, in der gesagt wird: „Für die eigentliche Verstandesschulung kann die Physik nicht in dem Grade wie ... die alten Sprachen ... ein wirksames Mittel abgeben, jedenfalls nicht in ihrer jetzigen Ausbildung“. Heut ist eine solche Selbstbescheidung nicht mehr am Platze, nachdem ein Mann, dem man nicht Befangenheit in Fachvorurteilen vorwerfen kann, für den Vorzug der Physik als Schulgegenstand die klassische Form gefunden hat, dass der Schüler hier „an dem denkbar einfachsten Stoff die denkbar exaktesten Methoden geübt sieht“ (d. Zeitschr. II 8). Es hätte der Abhandlung wie den dadurch zu fördernden Zielen auch nicht zum Nachteil gereicht, wenn einigen der schönen Gedanken, die Höfler an der eben angezogenen Stelle (sowie VIII 123) veröffentlicht hat, eine Stelle in dieser einleitenden Betrachtung gegönnt worden wäre. —

In Kapitel II (S. 8–31) werden die Bedingungen für den Erfolg des Unterrichts behandelt. Hier findet man treffliche Darlegungen über den Lehrapparat, über die praktische Vorbereitung auf den Unterricht und über die litterarischen Hilfsmittel (deren Zusammenstellung freilich von einer gewissen Willkürlichkeit nicht freigesprochen werden kann). An die Spitze der Erörterungen über die Auswahl des Stoffes stellt der Verfasser die goldenen Worte aus der preussischen Unterrichtsordnung von 1859, in denen es u. a. heisst: „nur in der Beschränkung ist Vertiefung und gründliche Aneignung möglich, und auch die Pädagogik macht immer von neuem die Erfahrung, dass bei zu dichter Saat der Ertrag des Ackers gering ausfällt“. Diese Worte treffen vor allem die preussischen Lehrpläne von 1892, sie treffen noch schärfer die von dem Verfasser mit besonderer Auszeichnung behandelte Börnersche Stoffauswahl für Realgymnasien (mitgeteilt auf der 42. Dir.-Vers.); es ist zu bedauern, dass der Verfasser grade diese Vorschläge so nachdrücklich hervorhebt, da sie doch den von ihm selbst als widerspruchsvoll bezeichneten Forderungen der neuen Lehrpläne am vollkommensten gerecht werden, daher auch am meisten von dem gegen den Grundgedanken der Lehrpläne gerichteten Tadel getroffen werden. Indem der Verfasser

die genannte Stoffauswahl nicht bloss mitteilt, sondern auch die näheren Angaben über die in Elberfeld damit gemachten Erfahrungen ohne weitere Kritik aufnimmt, erweckt er den wohl nicht beabsichtigten*) Schein der Zustimmung zu diesen Vorschlägen. Am wenigsten ist diese Stoffauswahl für Gymnasien brauchbar, wo für O. III 50 Lehrstunden (?) auf das Semester gerechnet werden, ohne dass für zusammenhängende Repetitionen und schriftliche Arbeiten Zeit übrig bleibt, während in Sekunda der Chemie und Mineralogie insgesamt 20 Stunden zugewiesen sind! Wie soll es hierbei möglich sein die schönen Anleitungen zu befolgen, die der Verfasser späterhin giebt, so wenn er (§ 14) empfiehlt, bei Repetitionen unter Umständen denselben Stoff noch anschaulicher zu wiederholen, die Schüler ruhig ausreden zu lassen und die Irrtümer, die ihren Antworten zu Grunde liegen, sorgfältig zu prüfen; oder wenn er (§ 17) nach Kramer eine Musterlektion beschreibt, bei der eine ganze Stunde auf die Behandlung der Brückenwage verwendet wird, und in der nächsten Stunde die Wiederholung der Beschreibung an der Figur und Experimentieren eines Schülers (oder mehrerer) am Apparate selbst unter Begleitung eines Vortrages desselben Schülers verlangt. Zum Glück mehren sich die Anzeichen, dass sich der besonnene Sinn einer grossen Anzahl von Fachgenossen gegen eine derartige Häufung des Stoffes, wie die Elberfelder Vorschläge sie verlangen, erklärt; wir sehen daher der weiteren Klärung der Sache mit Vertrauen entgegen, freilich auch mit dem Bedauern, dass zu einer solchen Klärung über diesen wichtigen Punkt die vorliegende Didaktik im positiven Sinne nichts beigetragen hat.

Der Verfasser erachtet es ferner als selbstverständlich, dass da, wo nicht wie in Preussen die Verteilung des Unterrichtsstoffes durch die Abschlussprüfung in U. II festgelegt ist, der Abschluss der Unterstufe „naturgemäss“ nach O. II zu verlegen sei. Er unterlässt hier anzuführen, dass auch abgesehen von der äusserlichen Begründung der preussischen Lehrpläne innere Gründe von nicht zu unterschätzendem Gewicht dafür sprechen, den Unterkursus auf O. III und U. II (zusammen 4 Semester) zu beschränken und den Oberkursus auf die drei Jahrgänge der O. II und I zu verteilen. Diese Auffassung ist von Pietzker (d. Ztschr. IV 217) verfochten und an mehreren preussischen Gymnasien (man vgl. V 171) mit Zustimmung der Behörde verwirklicht worden.

Für einen zweistufigen, je zwei Jahre umfassenden Unterricht wird eine von Eichler (auf der 41. Dir.-Vers.) angegebene Stoffauswahl mitgeteilt. Es wäre aber wohl angebracht gewesen, wenn der Verfasser mindestens hinzugefügt hätte, wodurch der andere von ihm genannte und als wohldurchdacht bezeichnete Lehrgang von Noack (d. Zeitschr. IV 161) sich von diesem unterscheidet. Namentlich freier Fall, Wurf, Pendel, Schwingkraft, Kapillarität, Endosmose, optische Instrumente fehlen bei Noack, dagegen ist die Meteorologie reichlicher bedacht, und wohl auch die Chemie, da in betreff dieser auf Wilbrands Grundzüge verwiesen wird.

Für die Abgrenzung des Lehrstoffes der Unterstufe stellt der Verfasser selbst Grundsätze auf, unter denen als der massgebendste der folgende erscheint: „man beschränke sich zunächst auf die Fundamentalerscheinungen, d. h. solche Erscheinungen, aus denen als Mittelpunkt ganze Gruppen anderer Erscheinungen abgeleitet werden können; ... wenn also eine Stoffeinschränkung aus Rücksicht auf die zur Verfügung stehende Zeit notwendig erscheint, so scheide man vor allem solche Erscheinungen aus, durch welche dem Schüler nicht neue Grundanschauungen zugeführt werden“. Dies Kriterium würde bei consequenter Durchführung (der der Stoff zum Glück widerstrebt) zu einem Nebeneinander von Eindrücken führen und völlig mit der Tendenz jener auch vom Verfasser verurteilten Lehrbücher zusammenstimmen, die „eine möglichst ausgiebige Fülle von Einzelheiten in den Schüler hineinstopfen“. Wir halten demgegenüber an dem gesunden Grundgedanken der Lehrpläne von 1859 fest und erkennen, wie schon in dieser Zeitschr. V 174 ausgeführt, in der „gründ-

*) Einer brieflichen Mitteilung des Verfassers entnehme ich, dass die in § 11 der Schrift gemachten Angaben und Anweisungen, obwohl sie nicht in Anführungsstrichen stehen, doch wörtlich dem Protokoll der 42. Direktoren-Conferenz entnommen sind.

lichen und methodischen Durcharbeitung eng begrenzter Gebiete“ das einzige, was dem Unterricht auf der Unterstufe auch unter den heutigen Verhältnissen noch Wert verleihen kann.

Aus den Abschnitten über den Lehrvorgang selbst ist bereits im vorstehenden einzelnes erwähnt worden. Die Frage der Induktion und Deduktion wird kurz gestreift und dahin entschieden, dass auf jeder Stufe des Unterrichts induktive und deduktive Schlussreihen einander ablösen müssen. An dieser Stelle vermissen wir eine genauere Darlegung über das Wesen des induktiven Verfahrens; trotz der „unglaublichen“ Zahl von Aufsätzen über Methodik fehlt es doch in der Litteratur so gut wie ganz an einer den philosophischen Kern der Sache klarlegenden Darstellung.

Zu der Vorbereitung des Unterrichtsstoffes rechnet der Verfasser auch die genaue Abgrenzung dessen, was in der Stunde neu gelernt werden soll. Dies ist hoffentlich nicht so zu verstehen, dass im voraus festgelegt werden soll, wieviel in der Stunde zu erledigen ist. Eine solche Festlegung (die bei der oben besprochenen Börnerschen Stoffzusammenstellung freilich unumgänglich ist) widerspräche durchaus dem Wesen des physikalischen und überhaupt jedes gesunden Unterrichts, der nicht nur von dem Stoff, sondern auch von der Art, wie die Schüler sich zu dem Stoff verhalten, abhängig ist.

Mit Recht wendet sich der Verfasser gegen eine namentlich durch die systematischen Lehrbücher begünstigte dogmatische Darstellung. Er beruft sich hierbei besonders auf einen Aufsatz Höflers in der Ztschr. f. d. österr. Gymn. (1887), über den in d. Ztschr. I 223 berichtet ist. Einzelne der wiedergegebenen Wendungen, namentlich die von dem „Unfug, der mit dem Energieprinzip getrieben wird“, gehören jedoch nicht dem Verfasser jenes Aufsatzes, sondern dem Berichterstatter an. Auch ist in der Bemerkung, dass es fehlerhaft sei, die Keplerschen Gesetze nur als Ableitungen aus den Gesetzen der Centralbewegung vorzuführen, der Nachdruck auf das „nur“ zu legen. Es widerspricht einer gesunden Didaktik nicht, wenn man nach Darlegung der historischen Entwicklung die Keplerschen Gesetze, insbesondere die elliptische Gestalt der Planetenbahnen, aus dem Newtonschen Attraktionsgesetz ableitet; ja es kann sogar, mit dem angegebenen Vorbehalt, dieser Ableitung in didaktischer Beziehung der Vorzug vor der umgekehrten eingeräumt werden.

Es folgen noch Abschnitte über das Experiment, über praktische Schülerübungen und über das Verhältnis des physikalischen zum mathematischen Unterricht. Hier wird namentlich den Anregungen Höflers folgend dargelegt, dass eine Reihe wichtiger mathematischer Begriffe, deren die Physik bedarf, nicht in den physikalischen, sondern in den mathematischen Stunden zu behandeln seien. Auch wird auf Exaktheit in der Behandlung des Proportionalitätsfaktors gedrungen. —

Das III. Kapitel (S. 31–73) enthält Bemerkungen zu den einzelnen Erscheinungsgebieten. Hier werden vornehmlich solche Punkte erörtert, deren Verständnis bei den Schülern auf Schwierigkeiten zu stossen pflegt oder deren landläufige Behandlung sich als unzweckmässig erwiesen hat. In der Mechanik erfahren die „allgemeinen Eigenschaften“ dieselbe ablehnende Beurteilung, die ihnen in dieser Zeitschrift wiederholt zu teil geworden ist. Die Betrachtungen über die molekulare Struktur der Materie werden in die Lehre von der Wärme und von den Wellenbewegungen verwiesen und eine allmähliche Hinleitung zur Molekularhypothese im Laufe des Unterrichtes befürwortet. Für die mechanischen Grundbegriffe auf der Unterstufe werden die beiden Grundrisse von Mach-Osttrél und von Höfler-Maiss empfohlen. Gegenüber einer zu frühen Einführung mathematischer Formeln wird nachdrücklich betont, dass die mathematische Einkleidung an sich durchaus nicht zum wirklichen Verständnis eines Vorganges beiträgt. Die hierhin gehörigen Bemerkungen von Höfler (d. Ztschr. VIII 125) in bezug auf den Begriff der Geschwindigkeit werden zustimmend wiedergegeben. Wenn aber gleichzeitig auch die Definition von Hertz („die augenblickliche Bewegungsart eines Punktes heisst die Geschwindigkeit desselben“) als mustergültig bezeichnet wird, so bedarf dies einer Einschränkung, soweit die Brauchbarkeit für den Unterricht in Betracht kommt; denn diese Definition abstrahiert von Richtung, Weg und Zeit, sie

fasst nur den Wert des Differentialquotienten in einem bestimmten Zeitpunkt ins Auge und erfordert demnach ein so hohes Abstraktionsvermögen, wie es selbst den besseren unserer Schüler, in Ermangelung einer Einsicht in den Differentialbegriff, nicht zugemutet werden kann.

In den Abschnitten über das Kraftmaass wird gefordert, dass das C.G.S.-System von vornherein allen mechanischen Maassbestimmungen zu Grunde gelegt wird. Über den „Zusammenhang zwischen statischem und dynamischem Kraftmaass“ hätten wir mehr Deutlichkeit gewünscht. Die Gleichung $K = m\beta$ ist entweder eine Identität, in der die dynamische Definition der Kraft ausgesprochen wird; oder sie ist ein Erfahrungssatz, worin die Beziehung zwischen dem statischen und dynamischen Kraftmaass ihren Ausdruck findet. Man kann aber nicht sagen, die Erfahrung lehre, dass die dynamischen Wirkungen von Kräften, durch welche die Intensitäten derselben gemessen werden, sich verhalten . . . wie die Produkte aus den bewegten Massen und den erzeugten Beschleunigungen. Denn wollte man selbst, nach Machs Vorgang, von der Gleichheit der Produkte $m\beta$ bei der Centralbewegung ausgehen (ein für die Schule wohl nicht zu befolgendes Verfahren), so wäre es immer doch das statische Verhalten im Falle des Gleichgewichts, das zur Kräftermessung benutzt wird. — Für den Momentbegriff verlangt der Verfasser eine sorgfältige Behandlung auf der Oberstufe. Aber auch auf der Unterstufe braucht das statische Moment nicht bloss als „eine bequemere Form der Gleichgewichtsbedingung“ aufzutreten. Vielmehr ist es angezeigt, schon bei der ersten Betrachtung des Hebels die anschauliche Bedeutung des Moments (als der Kraft, die im Abstände l die gleiche Drehwirkung hervorbringt, wie die Kraft p im Abstände l) herauszuarbeiten. Für die Beziehung zwischen Arbeit und lebendiger Kraft wird empfohlen, von der Vorstellung auszugehen, dass die constante Kraft k ohne Unterbrechung auf die Masse m während der Zeit t in der Richtung der Bewegung längs der graden Wegstrecke s einwirkt, wodurch die Geschwindigkeit v_a in eine andere v_e übergeht. Dann lassen sich die drei Definitionsgleichungen für mittlere Geschwindigkeit, Beschleunigung und dynamisches Kraftmaass aufstellen, aus deren Combination sich die weiteren identischen Beziehungen ergeben. Neben der mathematischen Form soll fortwährend auch der physikalische Inhalt der Gleichungen zum Bewusstsein gebracht und durch Beispiele erläutert werden. Bei aller Anerkennung der Vorzüge dieses Verfahrens können wir es doch nicht für gleichwertig halten, ob im Unterricht eine mathematische Formel physikalisch gedeutet oder ein physikalischer Vorgang mathematisch formuliert wird. Dem letzteren Wege (wie auch der historischen Aufdeckung) seines Zusammenhanges entspricht es besser, wenn an die vom Verfasser verworfene Arbeit der Schwere angeknüpft und zunächst die Arbeit bei Hebung eines Gewichts in betracht gezogen wird, woran sich dann eine allnähliche Erweiterung der Begriffe in ähnlicher Weise zu knüpfen hätte, wie es in dieser Zeitschrift schon für andere Zwecke (z. B. IV 171) versucht worden ist.

Bei der Behandlung der Centralbewegung beruft sich der Verfasser auf das Urtheil des Referenten (Ztschr. I 271), dass dies einer der reformbedürftigsten Teile des Physikunterrichts sei. Die seitdem (1888) erschienenen Aufsätze von Voss und Höfler haben die Einsicht in das, was hier not thut, erheblich gefördert. Doch beschränkt sich der Verfasser im wesentlichen auf Wiedergabe der Ableitung von Voss (Ztschr. II 17), während er die übliche Berechnung der Centripetalbeschleunigung aus virtuellen Wegstrecken verwirft; aber damit ist das letzte Wort in dieser Frage nicht gesprochen, da auch nach Höflers eindringender Analyse (II 277) diese Berechnung als zulässig erscheint; sie hat trotz der in der Sache liegenden Schwierigkeit des Übergangs zur Grenze den Vorzug unmittelbarer Anschaulichkeit, während die anderen Ableitungen (Voss, Maxwell, Mach) schon ein geschulteres Operieren mit physikalischen Vorstellungen erfordern. In einer Didaktik dieses Gebietes musste auch die schon von Maiss geforderte möglichst scharfe Sonderung der phoronomischen von der dynamischen Seite des Vorganges Erwähnung finden, und bezüglich der sogenannten Centrifugalkraft durfte nicht versäumt werden darauf hinzuweisen, dass als deren Angriffsobjekt nicht der bewegte Körper, sondern die Drehungsachse bez. die widerstehende krummlinige

Bahn aufzufassen sei. Die von dem Verfasser vorgeschlagene „Denkaufgabe“ schafft eine Schwierigkeit, die bei richtiger Darstellung des Sachverhaltes gar nicht erst aufzutauchen braucht. Erwähnung verdiente in diesem Zusammenhange auch Fliedner, dessen Lehrbuch bis in die neueste Zeit hinein das einzige gewesen ist, worin man den Gegenstand korrekt dargestellt fand.

Für die schwingende Bewegung giebt der Verfasser der auch von Fr. C. G. Müller (Ztschr. II 115) empfohlenen Methode den Vorzug, die sich auf die Beziehung zwischen Arbeit und lebendiger Kraft bei veränderlicher Grösse der Kraft stützt. Daneben verdiente wohl auch die Projektion der gleichförmigen Kreisbewegung auf den Durchmesser angeführt zu werden, die nicht als ein blosser „Kunstgriff“ bezeichnet werden darf und auch für die graphische Behandlung der Wellenbewegung von Wert ist. Für die Diskussion der Gleichung $y = a \sin t/T \cdot 2\pi$ giebt der Verfasser beachtenswerte Winke; überflüssig ist es wohl, wenn an dieser Stelle schon die analytische Form für die Zusammensetzung zweier Wellenzüge berührt wird, da für die stehenden Wellen die graphische Darstellung, wie sie u. a. in Machs Lehrbuch vorgeschrieben ist, völlig ausreicht und vor der rechnerischen entschieden den Vorzug verdient; die letztere gewinnt erst in der Optik Bedeutung.

In der Wärmelehre schliesst sich der Verfasser hinsichtlich der klaren Unterscheidung von Wärmeintensität und -Quantität an Mach (d. Zeitschr. I 1) an und fordert auch bei der Erörterung der Temperaturskala grössere Strenge, als gewöhnlich darauf verwendet wird; doch wird man sich nicht damit begnügen dürfen, die Proportionalität der Volumenänderung der Gase mit der Temperaturänderung als eine durch das Gay-Lussac-Gesetz gerechtfertigte Annahme hinzustellen; es wird mindestens der Hinweis auf die Möglichkeit einer absoluten Temperaturskala nicht fehlen dürfen. Für die Behandlung des Lehrstoffes im einzelnen wird ebenfalls mit Recht auf die Machschen Lehrbücher verwiesen, für die meteorologischen Vorgänge wird statt einer gesonderten Behandlung eine Einfügung in den Kursus der Wärmelehre verlangt. Bei dem mechanischen Wärmeäquivalent wird der Beschreibung des von Hirn angewandten Verfahrens „unbedingt“ für den Unterricht der Vorzug gegeben. Ich muss dem ebenso unbedingt widersprechen; dieses Verfahren, auf der Compression des Bleies durch einen fallenden Pendelkörper beruhend, ist in Bezug auf die Ermittlung der Temperatur so wenig exakt, dass schon aus diesem Grunde die klassischen Versuche von Mayer oder Joule den Vorzug verdienen, von denen der erstere in Machs Lehrbuch, § 259 eine überaus einfache Darstellung gefunden hat.

In der Akustik spricht sich der Verfasser gegen die Verschmelzung der Wellenlehre mit der eigentlichen Akustik aus, wie sie von Voss und mir in der Zeitschr. z. F. d. phys. Unterr. (1885) befürwortet worden ist, und ich gestehe gern, dass ich auf Grund inzwischen gemachter Erfahrungen die vom Verfasser vorgebrachten Gründe anerkenne. Dagegen kann ich der Verurteilung, die er über die blossе Veranschaulichung der Wellenbewegung durch Wellenmaschinen von der Art der Mach'schen ausspricht, nicht beistimmen, da die Erfassung der phoronomischen Seite des Vorgangs an sich, abgesehen von den wirkenden Kräften, eine wichtige Unterrichtsaufgabe ist und am besten, wie auch in dem ähnlichen Fall der Centralbewegung, unabhängig von der dynamischen Behandlung erfolgt. Man vergleiche auch die hierauf bezüglichen Bemerkungen von A. Höfler in diesem Heft S. 69. Im einzelnen folgt der Verfasser in seinen Vorschlägen über die Anordnung des Stoffes zum Teil der vorher genannten methodischen Arbeit; er weicht u. a. darin ab, dass er die Schwingungen fester Körper erst nach den Schwingungen der Luftsäulen behandelt, was ich nicht zweckmässig finden kann.

In der Optik kann der Verfasser „nicht eindringlich genug“ die mit comprimiertem Sauerstoff betriebene Zirkonlampe, bei der er nicht Zirkonplatten, sondern Zirkonstäbchen von 6 mm Dicke verwendet, empfehlen, wobei aber doch nicht verschwiegen werden darf, dass nach anderweitigen Erfahrungen das störende Zischen sich nur schwer andauernd vermeiden lässt; das Ideal einer intensiven Lichtquelle in Fällen, wo Sonnenlicht und elektrisches Licht ausgeschlossen sind, scheint noch immer nicht gefunden. Bezüglich der Undulationstheorie betont der

Verfasser im Hinblick auf die neuesten Forschungen, dass aus den Interferenzerscheinungen nur ein Schluss auf den allgemeinen oscillatorischen Charakter der Lichtbewegung gezogen werden kann, und dass die Huygenssche Annahme von Ätherschwingungen nur eine Möglichkeit unter mehreren sei, und daher nicht den einzig möglichen Ausdruck für die Vorgänge enthalte. Von den Interferenzerscheinungen werden nur die subjektiven einer näheren Besprechung unterzogen; wichtiger und zugleich leichter verständlich dürften die objektiven sein, von denen sich auch in dieser Zeitschrift Beispiele (vergl. IV 37) finden. Auf die methodisch geordnete Stoffübersicht, die der Verfasser darbietet, kann hier nicht eingegangen werden, erwähnt sei nur, dass den Farbenercheinungen ein breiterer Raum gewährt wird, was durchaus gerechtfertigt ist, da diesen Erscheinungen wegen ihrer Beziehungen zur Physiologie und Psychologie ein besonders hoher didaktischer Wert beigemessen werden muss.

In der Elektrizitätslehre verkennt der Verfasser die in dieser Zeitschrift oft hervorgehobenen Schwierigkeiten nicht und will namentlich die Vorstellung zweier elektrischer Fluida von dem Unterricht ganz ferngehalten wissen; dagegen sollen die auf Grund direkt wahrnehmbarer Thatsachen definierbaren Begriffe, elektrischer Zustand, elektrische Ladungsmenge, Ladungsdichtigkeit, Ladungsgrad, schon auf der Unterstufe dem Unterricht zu Grunde gelegt werden. Der Verfasser schliesst sich hier im wesentlichen dem Gedankengange an, der von mir in dieser Zeitschrift angegeben und dann namentlich von Szymański, Noack und Kolbe experimentell weiter ausgestaltet worden ist. Er verwendet wie der letztgenannte ein mit einem Hohlkörper versehenes Elektroskop (Becher-Elektroskop). Einzelnes, namentlich die genauere Behandlung der Influenzerscheinungen im elektrischen Felde, würde ich indessen lieber auf die Oberstufe verweisen. Für diese behält auch der Verfasser die Beziehung des Ladungsgrades zum Arbeitsbegriff vor. Er erkennt auch die Notwendigkeit an, die Identität von Ladungsgrad und Potential nachzuweisen; in der Beurteilung der hierfür gemachten Vorschläge scheint er mir in mehrfacher Hinsicht nicht das richtige zu treffen. Er stellt den Vorschlag von Noack (VI, 233) in Gegensatz zu dem meinigen (III, 169, nicht 168), obwohl der erstere nur die experimentelle Ausführung des letzteren ist und beide das Gesetz der Superposition der Ladungen zur Unterlage haben. Über die Notwendigkeit einer gleichzeitigen rechnerischen Begründung der Potentialgesetze habe ich mich selbst schon a. a. O. reserviert ausgesprochen. Die gegen diese etwa zu erhebenden Einwände (die bei elementarer Behandlung schwer ganz zu vermeiden sein werden), berühren indessen den in Rede stehenden Nachweis nicht. Auch gegen Noacks Versuchsanordnung spricht der Verfasser ein Bedenken aus, das nur durch Missverständnis der Noackschen Darstellung erklärlich ist.

Bei der Behandlung des Galvanismus schliesst sich der Verfasser den zahlreichen Stimmen an, die sich für die gänzliche Ausscheidung der Voltaschen Fundamentalversuche ausgesprochen haben, er legt dagegen besonderen Nachdruck auf die Übereinstimmung der Wirkungen der Entladung bei der Elektrisiermaschine und beim galvanischen Element. Er empfiehlt die für diesen Zweck in dem Höfler-Maass'schen Lehrbuche angegebene Darstellung, (in der auch eine Batterie aus zahlreichen kleinen Elementen Verwendung findet), als mustergültig, und bezeichnet bei diesem Anlass überhaupt die dort getroffene Auswahl als das höchste Maass dessen, was aus der Elektrizitätslehre auf der Unterstufe der preussischen Schulen nach den neuen Lehrplänen durchgenommen werden kann; nur die oben erwähnten Börnerschen Vorschläge gehen über diese Auswahl in mehreren Punkten noch erheblich hinaus.

Auf der Oberstufe ist neben der eingehenden Behandlung des Ohmschen Gesetzes namentlich der Begriff der magnetischen Kraftlinien von Wichtigkeit. Der Verfasser deutet meinen wiederholten Einspruch gegen die Einführung des Kraftlinienbegriffs richtig dahin, dass es sich hauptsächlich um die Abwehr hypothetischer Vorstellungen über die molekulare Polarisierung im Kraftfelde handelt; als Veranschaulichungsmittel für die Richtung und Verteilung haben die Kraftlinien ihren unanfechtbaren Wert, namentlich für die Erklärung der Vorgänge in den elektrischen Maschinen. Wo der Unterricht auf diese genauer eingehen

kann, wird daher auch die Verwendung der Kraftlinien zweckmässig sein. Immer aber bleibt zu beachten, dass die richtige Auffassung des Kraftlinienbegriffs eine Abstraktion erfordert, die es selbst Hörern technischer Hochschulen nicht leicht macht, die betreffenden Darlegungen völlig zu verstehen, was zum Glück die praktische Verwendung nicht hindert. Es wird daher nur bei gründlicher und einsichtiger Behandlung eine Einbeziehung solcher Darlegungen in den Unterricht von pädagogischem Werte sein können, wofür auf altklassischen Gymnasien im allgemeinen die Zeit fehlt. Den Schluss des speziellen Teiles bilden einige Bemerkungen über den Nutzen der Verwendung von Analogieen und über die Notwendigkeit einer abschliessenden Zusammenfassung des ganzen Unterrichtsgebiets unter dem Gesichtspunkte der Energieverwandlungen.

Ich kann den Bericht nicht schliessen, ohne noch die prinzipielle Frage über die Art des Citierens in solchen Abhandlungen zu berühren. Es ist recht ärgerlich, wenn man, oft mehrmals auf einer Seite, auf Sätze trifft, die in Anführungsstrichen stehen, ohne dass sich ein Vermerk über die Herkunft dabei findet. Wir sollten in solchen Dingen für die exakten Wissenschaften etwas von der Exaktheit unserer philologischen Collegen lernen.

In dem vorstehenden haben bei der Beschränktheit des Raumes die positiven Anleitungen dieser Didaktik nicht durchweg die gebührende Würdigung finden können. Eine gewisse Einseitigkeit tritt namentlich in den Bemerkungen zu den einzelnen Erscheinungsgebieten hervor. Es ist vielfach nur auf das Bezug genommen, was dem Verfasser für seinen Unterricht als das zweckmässigste erschienen ist. Hiernach bemisst sich die Wertschätzung der Arbeit, die als die Kundgebung des persönlichen Standpunktes eines erfahrenen und der Fachliteratur nicht unkundigen Fachmannes die allgemeinste Beachtung verdient und gewiss vielfach anregend wirken wird.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Eine Acetylen-Normallampe. Von J. VIOLLE. (*Comptes Rendus* 122. 79. 1895.) Wenn Acetylgas unter ziemlich starkem Druck aus einem Schlitzbrenner ausströmt, so brennt es mit einer vollkommen stabilen sehr hellen Flamme, die sich durch ihr weisses Licht und durch ihre über eine grosse Fläche hin gleichmässige Helligkeit auszeichnet. Violle empfiehlt die Verwendung einer solchen Acetylenflamme als Normallampe für photometrische Zwecke. Bei der durch Carpentier ausgeführten Normallampe tritt das Acetylen aus einer konischen Öffnung aus, reisst die erforderliche Luftmenge mit, dringt dann durch ein enges Loch in eine Röhre ein, in der die Mischung stattfindet, und entweicht aus ihr durch einen Schmetterlingsbrenner aus Steatit. Die Flamme ist von einem Gehäuse umgeben, dessen eine Fläche ein Iris-Diaphragma trägt, an dem die der Öffnung entsprechende Kerzenstärke der Flamme direkt abgelesen wird; eine andere Fläche dient zur Aufnahme von kalibrierten Öffnungen. Die ganze Flamme liefert bei einem Wasserdruck von 0,30 m und einem Acetylenverbrauch von 58 l in der Stunde 100 Kerzen. Spektrophotometrische Messungen ergaben, dass das Licht der Acetylenflamme sich nur sehr wenig von dem Licht des schmelzenden Platins, der absoluten Lichteinheit, unterscheidet.

H. R.

Aluminiumlöten. O. NICOLAI empfiehlt hierzu (D. R. P.) als Flussmittel Chlorcadmium und Jodcadmium. Beim Löten wird das verwendete Lot, Zink, Zinn oder eine der gebräuchlichen Legierungen, einfach mit dem gepulverten Salz (Chlor- oder Jodcadmium) überstreut, worauf mit der Flamme gelötet wird. (*Zeitschr. f. angew. Chemie* 1894, 22, S. 697.) Ebenso ist eine Mischung von Chlorzink und Chlornatrium, auf die Lötstelle gebracht, zu verwenden (*ebenda* 1895, 16, S. 481).

Glühlampen als Vakuumröhren für Röntgensche Strahlen. Von SIEMENS und HALSKE wird in der *Elektrotechn. Zeitschr.* 1896 Heft 7 mitgeteilt, dass sich zu den Röntgenschen Versuchen auch gewöhnliche Glühlampen verwenden lassen, bei denen der Kohlenfaden mit dem einen, eine ihm gegenüber aussen am Glase angebrachte Stanniolbelegung mit dem anderen Pol verbunden war.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Theorie der Wechselströme in analytischer und graphischer Darstellung. Von Dr. Frederick Bedell und Dr. A. C. Crehore. Autorisierte deutsche Übersetzung von Alfred H. Bucherer. Mit 112 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Springer — München, Oldenbourg 1895 (266 S.).

Das vorliegende Buch, dessen Inhalt vorwiegend mathematisch ist, kann als vorzügliches Mittel zum Studium von Specialabhandlungen über Wechselströme nur aufs freundlichste begrüßt werden. Bei dem raschen Fortschritt, den Theorie und Praxis des Wechselstromes seit der Erfindung der Transformatoren und insbesondere seit der Entdeckung magnetischer Drehfelder gemacht haben, und bei dem Umstande, dass die Erscheinungen bei Wechselströmen nur in seltenen Fällen eine auch nur halbwegs hinreichende Einsicht aufgrund elementar-mathematischer Betrachtungen gestatten, ist das Studium der neueren Arbeiten auf diesem Gebiete insofern mühsam und zeitraubend gewesen, als man in Zeitschriften und Werken rein mathematischen Inhalts, die namentlich dem Praktiker nicht immer leicht zur Hand sind, das zusammensuchen musste, was zum Verständnis der in solchen Arbeiten eingehaltenen analytischen und graphischen Methoden unumgänglich notwendig war. Diesem Übelstand ist nun durch das in Rede stehende Buch auf das trefflichste abgeholfen worden. Schon die zweifache Behandlung derselben Theorie in einem und demselben Buche muss als ein glücklicher Gedanke bezeichnet werden.

Dass die Verfasser nicht bei den einfachsten Aufgaben betreffs eines Wechselstromkreises stehen geblieben sind, sondern das Problem in seinem vollen Umfange eingehend behandelt haben, ist ein weiterer Vorzug des Buches.

Der Inhalt des Buches ist in zwei Teilen, dem analytischen und dem graphischen Teil abgehandelt. Der erste Teil ist in dreizehn Kapitel geteilt, von denen das erste und vierte physikalischen Inhalts sind und die „Einleitung“ zu der mathematischen Behandlung von Stromkreisen mit Widerstand und Selbstinduktion, bzw. mit Widerstand und Capacität bilden. Das zweite Kapitel ist der Ableitung der für die Wechselstromtheorie wichtigsten Eigenschaften der harmonischen Funktionen gewidmet. Zu voller Aufklärung wird der Leser der physikalischen Erörterungen kaum gelangen, wenn er nicht schon die nötigen Vorstudien gemacht hat: sie sind zu diesem Zwecke zu wenig vollständig, aber auch zu wenig anschaulich, ja wir können sogar sagen, hie und da nicht ganz treffend. So verdankt z. B. (S. 13) die $E.M.K. e = -L \frac{di}{dt}$ nicht der „Existenz“, sondern der Änderung des magnetischen Feldes ihren Ursprung; ein Leiter muss nicht erst „in ein magnetisches Feld“ bewegt werden, damit ein Induktionsstrom in ihm entstehe, sondern er braucht nur im Felde in der angegebenen Weise verschoben zu werden (S. 8). — Wer aber völlig physikalisch gerüstet an das vorliegende Buch herantritt, braucht wieder manche Weitläufigkeit in den physikalischen Einleitungen nicht. Auf die kleine Inconsequenz, dass es der Ampère, der Ohm, hingegen das Volt heisst, mag nebenbei hingewiesen werden. Selbstverständlich sollen diese Bemerkungen den Wert des Buches nicht herabsetzen; es soll vielmehr nur betont werden, dass der Leser für seine physikalische Orientierung anderweitig sorgen muss.

Die Resultate der Rechnungen des dritten und die des fünften Kapitels haben grosses physikalisches Interesse, indem die ersteren die Gesetze des zeitlichen Verlaufes eines durch den Extrastrom beim Schliessen und Öffnen des Stromkreises modifizierten constanten, sowie die des Verlaufes eines Wechselstromes bei Vorhandensein von Drahtspulen im Stromkreise, die letzteren die zeitlichen Änderungen der Condensatorladung bei Ladung und Entladung eines Condensators durch constante und Wechselströme angeben. Die in der Theorie und Praxis des Wechselstromes nötigen Begriffe des „scheinbaren“ Widerstandes, sowie dessen Betrag, der ausser vom sog. Ohmschen Widerstand einmal von der Selbstinduktion, einmal von der Capacität, einmal von beiden abhängt, können nur auf Grund der Lösung der Energiegleichungen entwickelt werden, wenn sie nicht wenigstens teilweise als willkürliche Festsetzungen erscheinen sollen; ebenso wird die Thatsache, dass ein einfacher Wechselstrom auch bei complicierten Stromkreisen von gleicher Art bleibt, wohl aber eine Phasenverschiebung gegen die ihn unterhaltende elektromotorische Kraft zeigt, am leichtesten eingesehen und als notwendige Folge der bestehenden Verhältnisse erkannt, wenn man sich mit der Lösung der genannten Gleichungen beschäftigt hat. Hauptsächlich deshalb wird niemandem, der sich ernstlich mit Wechselströmen beschäftigt, die Durchführung dieser Rechnungen erspart bleiben können, und die Vollständigkeit einerseits, die Eleganz anderseits, mit welcher dieselbe vorgenommen ist, empfiehlt gerade das vorliegende Buch aufs beste. —

Das sechste Kapitel statuiert und integriert allgemein die sog. Energiegleichung für Stromkreise mit Widerstand, Selbstinduktion und Capacität; in den folgenden fünf Kapiteln wird die allgemeine Lösung für die verschiedenen besonderen Annahmen über elektromotorische Kraft und über die ver-

hältnismässige Grösse der obengenannten Constanten des Stromkreises specialisiert und jedes der besonderen Resultate eingehend diskutiert. Auch diese Entwicklungen haben ein bedeutendes physikalisches Interesse: sie enthalten u. a. die Gesetze der oscillierenden Entladungen von Condensatoren und die Gesetze der sog. schnellsten, kritischen oder eben nicht oscillierenden Entladungen von Condensatoren, die erst in neuester Zeit (Sumpner und Lodge) Beachtung gefunden haben. — Das zwölfte und dreizehnte Kapitel ist den für die technische Praxis wichtigen Fällen gewidmet, in denen die Capacität des Stromkreises nicht von einem einzelnen Condensator herrührt, sondern davon, dass die Leitung in einen von Leitern umhüllten Isolator eingebettet ist (submarine Kabel u. dgl.); für Telegraphen-, Telephonanlagen, Wechselstrommaschinen kann nun unter Annahme einer periodisch veränderlichen elektromotorischen Kraft das Wichtigste über die wellenförmige Ausbreitung der Potential- und Stromänderungen längs der Leitung ermittelt werden.

Der zweite Teil des Buches zerfällt in sechs Kapitel. Nach einer Einleitung, die die graphische Darstellung einer einfach harmonischen elektromotorischen Kraft, die graphische Summierung solcher Kräfte und das fundamentale Kräfedreieck für einen Stromkreis mit Ohmschem Widerstand und Selbstinduktion behandelt, gelangt eine lange Reihe von Fundamentalaufgaben über elektromotorische Kräfte und Ströme in verzweigten Leitern und Leitungsnetzen zur Lösung, für welche complicierten Fälle die graphische Methode sich branchbar und geschickt erweist. Dieser Theil des Buches wird ganz besonders dem Techniker, der an graphische Methoden so sehr gewöhnt ist, und dem gerade complicierte Fälle zumeist entgegentreten, sehr willkommen sein.

Dr. Eduard Maiss, Wien.

Über die Reihenentwicklungen der Potentialtheorie. Von Maxime Bôcher. Mit einem Vorwort von Felix Klein. Mit 113 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1894.

Das Buch ist die Umarbeitung und Weiterführung einer Göttinger Preisarbeit und ein Erzeugnis der so rührigen Schule Kleins. Es ist nach der mathematischen Seite hin dadurch beachtungswert, dass die Reihenentwicklungen der Potentialtheorie von einem allgemeinen Gesichtspunkt aus behandelt und zugleich die verschiedenen dabei auftretenden Funktionen und Flächen anschaulich dargestellt werden, wobei ein neues Hilfsmittel der Analysis, die pentasphärischen Coordinaten von Darboux, mit Erfolg verwertet werden. Für die theoretische Physik ist es jedoch nur insoweit von Nutzen, als der gedankliche Inhalt der allgemeinen Verfahren vollständiger als bisher entwickelt und dabei eine Gelegenheit geboten wird, die allgemeinen Begriffsbildungen der neueren mathematischen Forschungen auf ihre physikalische Brauchbarkeit hin zu prüfen. Aus der Potentialtheorie wird nur die Randwertaufgabe eingehender behandelt, während die anderen Aufgaben, auf welche sich das gleiche Verfahren anwenden lässt, nur kurz besprochen werden. Die Randwertaufgabe wird für einen Körper so allgemeiner Art gelöst, dass alle seither behandelten Körper als seine Ausartungen angesehen werden können. Dieses Gebilde ist das Cyclidensechsfach, ein Körper, der von sechs confocalen Cycliden (Flächen vierter Ordnung, welche den Kugelkreis als Doppelcurve besitzen) begrenzt wird. *Hahn-Machenheimer.*

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1893. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. II. Jahrgang, 2. Abteilung (Physik d. Äthers), redigiert von Richard Börnstein. 900 S., M. 30. — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1893. Dritte Abteilung (Kosmische Physik), redigiert von Richard Assmann. 727 S., M. 25. — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1894. I. Jahrgang, 1. Abteilung (Physik der Materie), redigiert von R. Börnstein. 600 S., M. 22.50. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn.

Durch Umänderung des Geschäftsganges, die gemeinschaftliche Arbeit der Redakteure und Mitarbeiter und die grosse Leistungsfähigkeit und das bereitwillige Entgegenkommen der Verlagsfirma ist es gelungen, den ersten Teil des fünfzigsten Bandes der Fortschritte der Physik in demselben Jahre erscheinen zu lassen, in dem die Gesellschaft auf ein fünfzigjähriges Bestehen zurückblicken kann; gleichzeitig ist der 49. Band vollständig fertiggestellt und ausgegeben, und alle Vorsorge getroffen, dass die noch ausstehenden Bände in kürzester Zeit erscheinen werden. So ist das Weiterbestehen des für die Entwicklung der Wissenschaft so bedeutungsvollen Unternehmens gesichert. Vielleicht bietet sich, wenn die gesamten fünfzig Bände vollständig sind, Veranlassung, einen Blick auf die geschichtliche Entwicklung der Physik, die für die zweite Hälfte des Jahrhunderts fast vollständig darin enthalten ist, zu werfen. Die Einrichtung und Anordnung ist dieselbe geblieben, auch ist in den letzten Abteilungen des Werkes, die im neuen Verlage erschienen sind, die grösstmögliche Vollständigkeit angestrebt; das Fehlen der Parallelstellen misst man leicht, wenn man weiss, dass dadurch eine Erleichterung in dem schnelleren Fortschreiten der Bände geschafft ist. Bei der letzten Anzeige in *dieser Zeitschrift VIII 281* ist schon auf den Wert dieser Jahresberichte hingewiesen, die noch späteren Generationen gestatten werden, den historischen Zusammenhang zu erhalten. Beim Durchblättern eines Bandes findet der Lehrer eine Menge Notizen, die er verwerten kann und zwar nicht

nur für den physikalischen Unterricht, sondern auch für den chemischen und für die verschiedensten anderen Unterrichtsfächer (Geographie). Dadurch, dass die Physik mit so vielen Wissenschaften in nahem Connex steht, wird die Reichhaltigkeit und Benutzbarkeit der Fortschritte erhöht, und wenn auch die Physiologie und Technik namentlich auf dem Gebiete der Elektrizität haben zurücktreten müssen, da diese Gebiete sich allein umfangreich weiter entwickeln, so finden doch die Grundlagen für die Weiterentwicklung auf diesen Gebieten in den Fortschritten Aufnahme. Ein Auszug würde das Gesagte belegen, lässt sich hier aber nicht durchführen; als Beispiel möge der Abschnitt Photometrie (II. Abt. S. 73 ff.) dienen. In demselben Maasse wie die Lücken ausgefüllt werden, nehmen später auch die Kosten für die Beschaffung des Werkes ab; die Mittel, den laufenden Jahrgang zu beschaffen, stehen vielen Bibliotheken und Privaten zur Verfügung und so möge im Beginn der zweiten fünfzig Jahre dem Unternehmen auch die thätige Teilnahme der beteiligten Kreise helfend zur Seite stehen.

Schw.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Unter Mitwirkung von H. Beckurts, Benedikt, C. A. Bischoff, Dürre, Eder, Friedländer, Häussermann, Märcker, Nernst, Rotmann, Seubert, herausgegeben von Richard Meyer, IV. Jahrgang, 1894. Braunschweig, Vieweg u. Sohn 1895, 645 S., M. 15.

Seit dem Jahre 1891 erscheinen diese Jahrbücher, die über die wichtigsten neuen Entdeckungen den einzelnen Gebieten der Chemie in zusammenfassender Darstellung einen Überblick geben. Das Erscheinen ist so geregelt, dass stets im neu erscheinenden Bande das abgelaufene Jahr berücksichtigt ist. Über den Charakter und den Inhalt der früheren Bände ist in dieser Zeitschrift VI 45 und VIII 284 berichtet worden und hervorgehoben, dass diese Berichte sich ganz besonders zur Beschaffung für Lehrerbibliotheken eignen; denn da in den meisten Fällen chemische Journale nicht gehalten werden können und die Fachlehrer die Pflicht haben, sich mit den Fortschritten der Wissenschaft in Zusammenhang zu halten, so bilden diese Jahrbücher ein willkommenes Mittel dazu, zumal der grosse Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie von Fittica des Preises wegen nur von verhältnismässig wenig Anstalten beschafft werden wird. In dem vorliegenden Bande ist Plan und Charakter des Jahrbuchs fast ganz derselbe geblieben; anstatt des Herrn Krüss (†) ist Herr Seubert (für anorganische Chemie) eingetreten. Der Abschnitt I über physikalische Chemie ist zum Teil von Herrn Küster bearbeitet. Das Kapitel Technologie der Fette ist in diesem Jahrgange von R. Benedikt bearbeitet; die übrigen Veränderungen in der Mitarbeiterschaft sind unwesentlich.

Schw.

Jahrbuch der Erfindungen. Begründet von H. Gretschel und H. Hirzel. Herausgegeben von A. Berberich, Georg Bornemann und Otto Müller. 31. Jahrgang. Mit 18 Holzschnitten im Text. Leipzig, Quandt u. Händel. 1895. 379 S. M. 6.

Diese schon seit langer Zeit erscheinenden Jahrbücher bieten einen reichen Stoff dar, der sich für den Unterricht mannigfach verwerten lässt. Sie sind nicht für wissenschaftliche Forschung oder tieferes Studium bestimmt, sondern für Jedermann, der sich über die hauptsächlichsten neueren Entdeckungen auf den Gebieten der Physik, Chemie, chemischen Technologie, Astronomie und Meteorologie unterrichten will. Vorausgesetzt wird eine naturwissenschaftliche Bildung, wie sie eine höhere Schule bei gutem Unterricht erzielen kann. Das Buch ist daher auch für Schülerbibliotheken zu empfehlen, wird aber von Jedermann gern gelesen werden, der sich mit den Naturwissenschaften und ihren Fortschritten bekannt halten will. Die Thatfachen, welche berücksichtigt sind, sind sehr geschickt ausgewählt, die Darstellung ist so gehalten, dass das Buch als naturwissenschaftliche Lektüre verwendbar ist und die litterarischen Angaben der Originale zeigen zugleich auf den Weg für den, der das Eine oder das Andere weiter verfolgen will.

Schw.

Roscoe-Schorlemmers Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von H. E. Roscoe u. A. Classen. 3. Auflage, I. Bd. (2 Abteilungen, S. 529–940). Braunschweig, Vieweg u. Sohn 1895. M. 11.

Das vorliegende Heft schliesst den ersten Band des bekannten vorzüglichen Werkes und umfasst den Schluss der Stickstoffgruppe (P, As, Sb, Bi, Va, Ta, Ni), die Gruppe des Kohlenstoffs (C, Li, Ti, Zr, Th, B) und die Krystallographie. Letztere ist vollständig umgearbeitet. Es bedarf hier nur des Hinweises auf das Werk, das auch für den Lehrer eine vortreffliche nicht zu umfangreiche Darstellung des Stoffes unter Berücksichtigung der wichtigeren neueren Arbeiten giebt. Litteraturnotizen sind hinzugefügt.

Schw.

Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate. Von S. Levy. Dritte neu bearbeitete und erweiterte Auflage, herausgegeben von A. Bistrycki, mit 35 in den Text gedruckten Holzschnitten. Stuttgart, F. Enke. 1895. 210 S. M. 4.

Schon bei der ersten Auflage, welche in dieser Zeitschrift IV 265 kurz besprochen wurde, ist auf die Brauchbarkeit und Zweckmässigkeit dieser Anleitung hingewiesen. Inzwischen ist (Juli 1892)

S. Levy gestorben; der neue Bearbeiter hat die dritte Auflage sorgfältig durchgesehen. Bei den Derivaten der Fettsäurereihe ist die Genfer Nomenklatur in Cursivdruck hinzugefügt. Der Hauptteil umfasst die Anleitung zur Herstellung von 90 organischen Präparaten, für die Hilfspräparate sind in Anmerkungen Angaben über die zweckmässigste Darstellung hinzugefügt. Dass die Herstellung solcher Präparate für den Chemiker sehr bildend ja notwendig ist, muss um so mehr betont werden, als die Leichtigkeit, mit der viele Präparate käuflich beschafft werden können, viele verleitet, solche Darstellungen zu vernachlässigen, während gewiss ein Vorzug der älteren Schule darin bestand, dass sie zwang, mit den einfachsten Hilfsmitteln zu arbeiten und alle Präparate, die zu einer Untersuchung gebraucht wurden, selbst darzustellen.

Schw.

Laerebog i Fysik af H. O. G. Ellinger. Med en Samling af 100 fysiske Opgaver. 4. Udgave. 1895. Kjöbenhavn, Reitzelske Forlag. VIII. 284 S.

Das vorliegende Lehrbuch der Physik zeichnet sich vor allem durch zusammenhängende, überaus klare Darstellung und — bei geringem Umfange — ziemliche Reichhaltigkeit des Stoffes aus, die allerdings nicht allen Gebieten gleichmässig zukommt. Zwei Drittel des Werkes sind der Mechanik und Wärmelehre gewidmet, zu deren Gunsten die in dem letzten Drittel enthaltenen Kapitel über Magnetismus, Elektrizität und Licht etwas sehr verkürzt erscheinen. Der Verfasser hat wohl überhaupt die Gebiete der Physik, welche zugleich praktische Anwendung finden, vor denen, die mehr theoretisches Interesse haben, bevorzugt. Die verschiedenen Anwendungen der einfachen Maschinen, die Messungen des Luftdrucks, der Temperatur, des Ausdehnungscoefficienten, der spec. Wärme, Dampfdichte etc. sind besonders ausführlich besprochen; die Lehre vom Schall hätte dagegen wohl etwas mehr Raum verdient. Das ebenfalls sehr kurz gefasste Kapitel vom Magnetismus ist noch ganz nach den älteren Anschauungen behandelt; der Begriff der „Kraftlinie“ kann aber in einem modernen Lehrbuch doch nicht so einfach übergangen werden. Die Lehre vom Licht beschränkt sich fast ganz auf die geometrische Optik; die Farbenzerstreuung bildet nur einen kurzen Anhang, über das Wesen des Lichts erfahren wir nichts. — Sehr nachahmenswert ist es, dass der Verfasser — wie es scheint — in manchen seiner Darstellungen direkt auf die Originalquellen zurückgegangen ist: so liegen z. B. den Kapiteln über Gravitation und Optik wohl Newtons eigene Schriften zu Grunde. Infolge dessen ist auch das berühmte „experimentum crucis“ richtig dargestellt, was bei vielen deutschen Lehrbüchern ja leider nicht der Fall ist (vgl. diese Ztschr. V p. 296); nur hätten wir auch die Erwähnung jenes Namens für den Versuch gewünscht. — Die zahlreichen Figuren des Buches sind mit wenigen Ausnahmen schematisch, wodurch das Verständnis für den Anfänger entschieden erleichtert wird; die 100, durchaus elementaren Aufgaben werden zur Wiederholung gute Dienste leisten. Überraschend war uns die Thatsache, dass in Dänemark auch in wissenschaftlichen Werken das metrische Masssystem und die decimale Schreibweise noch nicht allgemein üblich sind. *E. Schenck, Berlin.*

Das Licht. Sechs Vorlesungen von John Tyndall. Autorisierte deutsche Ausgabe bearbeitet von Clara Wiedemann. Mit einem Vorwort von G. Wiedemann. 2. Auflage. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1895. XV u. 267 S. M. 6,—.

Die lebensvollen Darstellungen Tyndalls, die zumal in ihren experimentellen Teilen für den Unterricht von unmittelbar praktischer Bedeutung sind, bedürfen der Empfehlung nicht mehr. Bei dem bleibenden Wert, der ihnen innewohnt, wird es sich indessen empfehlen, gewisse Ergänzungen und Berichtigungen, wie sie das Fortschreiten der Wissenschaft bedingt, hinzuzufügen, und zwar in besonderen Anmerkungen, da nach dem ausdrücklichen und gewiss berechtigten Wunsche des dahingeschiedenen Verfassers am Inhalt selbst keine Änderungen vorgenommen werden sollen. Mit den Ausführungen im Vorwort zur deutschen Bearbeitung, welche in einer allzu einseitigen Wertschätzung der philologischen Schulbildung gipfeln, werden wohl die wenigsten Fachgenossen einverstanden sein. Sie stehen heut noch mehr als beim Erscheinen der ersten Auflage (1875) in direktem Widerspruch gegen Tyndalls hochherzige Bemühungen, der geistbildenden Kraft und dem Werte der naturwissenschaftlichen Bildung zur allgemeinen Anerkennung zu verhelfen.

O. Ohmann.

K. Sumpfs Anfangsgründe der Physik. 7. Auflage, bearbeitet von Dr. A. Pabst. Hildesheim, A. Lax, 1895. VII u. 14 S. M. 1,50.

In der vorliegenden neuen Auflage ist der Text einer gründlichen Revision bezüglich der Zerteilung des Lehrstoffes nach Unter- und Oberstufe unterzogen worden, wobei besonders die in dieser Zeitschrift wiederholt ausgesprochenen Prinzipien Berücksichtigung gefunden haben. Ferner sind zahlreiche Verbesserungen vorgenommen sowie ein kurzer geschichtlicher Überblick und ein Register hinzugefügt worden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die „Anfangsgründe“ durch die ihnen zu teil gewordene Neubearbeitung an Brauchbarkeit nur noch gewonnen haben.

O. Ohmann.

Programm-Abhandlungen.

Über eine besondere Gattung hydrodynamischer Probleme. II. Teil. Von Hermann Klang. Städt. Progymnasium zu Lötzen. 1895. Pr. No. 11.

Der I. Teil der vorliegenden Arbeit erschien als Beilage zum Jahresbericht für 1890 und ist in dieser Zeitschr. IV 50 bereits besprochen worden. Die Abhandlung beschäftigt sich mit den Bewegungen einer nicht zusammendrückbaren Flüssigkeit, die von einer festen Hülle umschlossen ist, wobei [die Reibung und die Masse der Hülle vernachlässigt wird. Im I. Teile war nach einer allgemeinen Betrachtung der Aufgabe der Fall der Kugel und des rechtwinkligen Parallelepipeds, letzteres jedoch nur bezüglich der äusseren Bewegung, behandelt worden. Der II. Teil führt zunächst diese Aufgabe durch Betrachtung der inneren relativen Bewegung zu Ende und behandelt dann den Fall des Kreiscylinders, soweit er sich durchführen lässt.

Hahn-Machenheimer.

Hydrodynamische Untersuchungen und deren Anwendungen auf die Bewegungen der Atmosphäre.

Von Dr. Otto Rausenberger. Adlerfluchtshule zu Frankfurt a. M. 1895. Pr.

Diese hervorragende Arbeit kommt zu folgenden Hauptergebnissen: 1. Die Endursache der atmosphärischen Bewegungen ist die ungleiche Erwärmung verschiedener Teile der Erdoberfläche durch die Sonne; die regelmässigeren Bewegungen erklären sich aus dieser Ursache unter Zuhilfenahme der Erddrehung. 2. Die einzelnen Minima und Maxima sind im allgemeinen nicht auf örtliche Luftauflockerungen infolge der Erwärmung oder Luftverdichtungen infolge der Abkühlung zurückzuführen, namentlich dann nicht, wenn diese Minima und Maxima fortschreiten. Die Wirbelstürme werden nicht durch die Minima und Maxima erzeugt. 3. Die meisten Wirbelbewegungen der Luft sind als notwendige Unstetigkeiten in der zumeist stetigen Luftbewegung aufzufassen; sie erzeugen bei cyklonaler Bewegung, die durch den Luftzustrom begünstigt wird, Minima, bei anticyklonaler in gewisser Hinsicht auch Maxima. 4. Fortschreitende Wirbelbewegungen können auch sekundäre Maxima und Minima nach sich ziehen.

Man sieht hieraus ohne weiteres, dass diese auch in mathematischer Hinsicht sehr beachtenswerte Abhandlung in bewusster Weise den herrschenden dynamisch-meteorologischen Anschauungen entgegentritt. Die Richtigkeit obiger Ergebnisse kann aber selbst durch die gründlichste und eleganteste theoretische Ableitung nicht ausreichend begründet, sondern nur durch eine umständliche und langwierige Prüfung der physikalischen Voraussetzungen und Endergebnisse an der Hand des umfangreichsten Beobachtungsmaterials endgültig dargethan werden. So lange diese Prüfung nicht in ausreichendem Maasse vorgenommen worden ist, erscheint eine abwartende Stellung geboten. In theoretischer Hinsicht aber wäre es wünschenswert, noch zu untersuchen, ob nicht vielleicht die alte und die neue Theorie die Bewegungen der Atmosphäre notwendig gleich gut erklären müssen.

Hahn-Machenheimer.

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 21. Oktober 1895. Herr Koppe hielt einen Vortrag über die säkularen Schwankungen der Magnetnadel, wobei er sich auf die Untersuchungen Weyers stützte. Stellt man den Betrag der Deklination durch die nach Westen oder Osten gerichtete Abscisse eines Punktes dar, so vollführt dieser genaue Sinusschwingungen um einen gewissen Mittelpunkt, deren Periode für Berlin, Paris, Kopenhagen, Stockholm 500, 480, 320, 240 Jahre beträgt. Der Vortragende erörterte die säkularen Schwankungen der Deklination für Berlin, Paris, New-York, Kopenhagen und Tobolsk und bestimmte aus der Angabe Schellbachs, dass die Friedrichstrasse zu Berlin die Richtung der Magnetnadel erhalten habe, die Zeit ihrer Anlage. Nachdem er die säkularen Schwankungen der Inklination untersucht, betrachtete er die Gesamtschwankung der Magnetnadel als Resultante der Deklinations- und Inklinationsschwankung und bestimmte für Paris den Kreiskegel, welchen dort die Magnetnadel bei ihren säkularen Schwankungen beschreibt. — Derselbe unterzog sodann die üblichen Erklärungen der Luftspiegelung einer kritischen Betrachtung.

Sitzung am 4. November 1895. Herr Bohn sprach ausführlich über physikalische Schülerübungen. Nachdem er kurz die Einrichtung des praktisch-physikalischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten geschildert und die dort getroffene Auswahl der Versuche mitgeteilt hatte, besprach er eingehend den Betrieb der physikalischen Schülerübungen am Dorotheenstädtischen Realgymnasium: die Einteilung der Schüler in Arbeitsgruppen, die Einrichtung der Notizbücher, die gestellten Aufgaben, welche in Geschicklichkeitsübungen und Messungen zerfallen, und die Beobachtungsverfahren. Eingehender beschrieb er die optischen Übungen in U II und gab den Gang der Übungen in O II und

I an, wobei er die Arbeitsweise genauer auseinandersetzte, einige Versuche ausführlicher erläuterte, die dabei gemachten Erfahrungen besprach und besonders eingehend über das Verhalten der Schüler in den Übungen berichtete. Zum Schlusse hob er den grossen Nutzen der physikalischen Schülerübungen hervor.

Sitzung am 18. November 1895. Herr Schwalbe hielt einen Vortrag über die Lehrbuchfrage, über alte und neue Lehrbücher. Er besprach zunächst die Bücher, welche für die Lehrer bestimmt sind: die Anleitungen zu Versuchen, die Sammlungen von Aufgaben, Denkaufgaben und Fragen, die Tabellenwerke, die besonderen Darstellungen einzelner Teile der Physik und die gemeinverständlich gehaltenen wissenschaftlichen Werke. Nach einer kurzen Besprechung der physikalischen Handbücher für Studierende gab er eine Übersicht über die ausländischen und deutschen Schullehrbücher, die er in rein-systematische, rein-methodische und systematisch-methodische einteilte. Der Vortragende war der Ansicht, man solle dem Unterricht ein systematisches Lehrbuch zu Grunde legen, die Methode aber dem Lehrer überlassen. Vgl. *Naturw. Rundschau XI 74, 1896.*

Sitzung am 2. Dezember 1895. Die Göttinger Versammlung hatte die Einsetzung einer neuen Kommission beschlossen, welche einen Entwurf einer Mustersammlung von Apparaten für den physikalischen Unterricht herstellen sollte. Herr Lange gab zunächst einen Einblick in die Einrichtung dieser Kommission und einen Überblick über die von anderen Seiten gemachten Vorarbeiten. Nach Erörterung der Gesichtspunkte, von denen aus er eine Apparatenzusammenstellung entworfen habe, verlas und erläuterte er das von ihm ausgearbeitete Normalverzeichnis. Der Vortrag rief eine lebhafte Diskussion hervor.

Sitzung am 15. Januar 1896. Herr O. Ohnesorge hielt einen Vortrag über Gülchers Thermosäule. Er mass deren Spannung und Stromstärke, zeigte ihre elektrochemischen und motorischen Leistungen und hob die Unveränderlichkeit ihrer Spannung hervor, wodurch sie sich besonders zu Messversuchen eigene. Diese Thermosäule ersetze das Bunsen-Element in jeder Richtung, ihr Hauptvorteil aber sei, dass man mit ihr, da ihre Spannung 4 Volt betrage, Akkumulatoren laden könne. — Derselbe machte einen Versuch zur Veranschaulichung der Transformation elektrischer Ströme auf hohe Spannung. — Herr Micke berichtete über seine günstigen Erfahrungen mit Gülchers Thermosäule, er halte es für vorteilhaft, beim Laden der Akkumulatoren einen Gasdruckregulator zu verwenden; er benutze ferner beim Laden seiner Akkumulatoren, die er dabei parallel schalte, einen von Herrn Szymański construierten Umschalter. Alsdann schilderte er eine Anlage in der Fabrik von J. Pintsch, bei der die Ladung der Akkumulatoren mittels Thermosäulen automatisch geregelt ist. — Herr J. Pintsch bemerkt, dass in seiner Fabrik eine ganze Reihe von Thermosäulen drei Jahre lang Tag und Nacht in Betrieb gewesen sind, ohne dass sich irgend eine Betriebsstörung gezeigt habe.

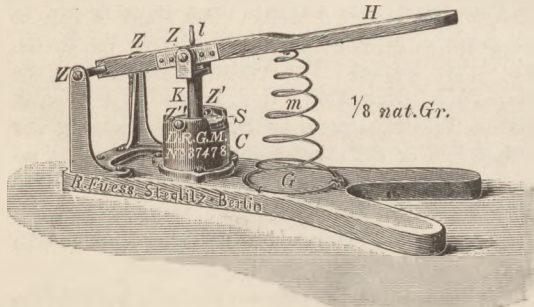
Mitteilungen aus Werkstätten.

Eine neue Druckluftpumpe für Fussbetrieb.

Aus der R. Fuessschen Werkstätte in Steglitz bei Berlin, von C. Leiss.

Die Pressluft findet in physikalisch-chemischen Laboratorien für die verschiedensten Zwecke Anwendung, und man bedient sich zur Erzeugung derselben je nach den Umständen und Verhältnissen des Wasserstrahlgebläses, des Blasebalges und dgl. Nebenstehende Figur zeigt eine neuere, patentamtlich geschützte Druckluftpumpe. Es ermöglicht dieselbe bequem die Füllung eines Luftbehälters von 25 Ltr. Inhalt auf 1 Atm. Druck in etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten. Der höchste, mit der in vorliegender Ausführungsform und Grösse gegebenen Druckluftpumpe zu erzeugende Druck beträgt 3 Atm.

Auf dem Grundbrett *G* ruht mit drei Holzschrauben befestigt der gusseiserne Cylinder *C*. Der Kolben wird durch eine Lederkappe gebildet, welche an der Scheibe *S* des Schaftes *K* mittels eines Metallringes und 4 Schrauben befestigt ist. In das untere Ende des durchbohrten Schaftes ist ein durch eine Lederscheibe verdichtetes Verschraubungsstück mit centraler Öffnung eingesetzt, auf welches letzterer mit leichtem Federdruck eine als Ventil wirkende Messinghalbkugel ruht. Mit dem oberen Teil des Schaftes steht die aus dem Tritthebel *H* herausragende Schlauchspitze in fester Verbindung. Die Gelenke des Tritthebels und des Kolbens werden von den vier Zapfenschrauben *Z* gebildet. Für



das sofortige Wiederanheben des Kolbens nach erfolgtem Niedertreten dient die Spiralfeder m ; dieselbe ist sowohl am Grundbrett als auch am Tritthebel befestigt. Die beiden Schrauben Z_1 im Cylinder C verhindern den Austritt des Kolbens aus dem Cylinder; eine Gummiseibe auf dem Boden des letzteren wirkt als Puffer beim Niedertreten des Kolbens. Infolge der kappenförmigen Gestalt des Kolbens ist die Funktion der Pumpe eine sehr zuverlässige und sichere; beim Niedertreten des Kolbens presst sich die Kappe immer fester gegen die Innenwandung des Cylinders und verhütet dadurch ein jegliches Entweichen von Druckluft an dieser Stelle.

Das Gewicht der Pumpe beträgt 3,800 kg, der Preis 20 Mark. Auf Wunsch werden der Pumpe auch Schläuche, welche einen Druck bis zu 3 Atm. aushalten, ferner Manometer (0,75 M.) und Schlauchspitzen etc. beigelegt.

Correspondenz.

Über Versuche mit Röntgenschen Strahlen wird uns mitgeteilt

1. Von Herrn Prof. Dr. BRESINA in Soest: Nach den ersten Berichten über die Photographie mit Röntgenschen Strahlen schien es, als ob dafür ein sehr grosser Funkeninduktor notwendig und für physikalische Kabinette mit geringeren Mitteln die Sache also unausführbar sein würde. Trotzdem unternahm ich es im Verein mit Herrn Dr. Dörrenberg die Sache zu versuchen. Der Induktor des Gymnasiums hat $3\frac{1}{2}$ cm Funkenlänge. Versuche mit Crookeschen Röhren, die in der Sammlung vorhanden waren, hatten negativen Erfolg, nur auf einer photographischen Platte zeigten sich Streifen, die den Holzstreifen des Deckels der Kassette entsprachen. Ich bestellte mir deshalb bei F. Müller in Bonn eine cylindrische Hittorfsche Röhre von 24 cm Länge und 4 cm Weite mit 2 plattenförmigen Elektroden, die eine am Ende, die andere von der Seite hineinragend. Diese wurde vertikal aufgestellt, die oben befindliche Platte zur Kathode gemacht und unter dem unteren Ende, das grün fluorescierte, eine Eisenplatte horizontal befestigt, die in der Mitte eine runde Öffnung von der Weite der Röhre hatte. Durch diese Öffnung fiel das Licht in 10 cm Entfernung auf die photographische Platte, welche zunächst in Fliesspapier, dann in dickes schwarzes Papier eingepackt war. Auf das schwarze Papier wurden zunächst einige Metallkörper gelegt und $\frac{1}{2}$ Stunde exponiert. Wir erhielten ein scharfes und deutliches, wenn auch noch etwas mattes Bild. Darauf wurde eine unserer Hände auf eine zweite Platte gelegt und eine ganze Stunde exponiert. Das Resultat war ein vorzüglich gelungenes Bild der Hand mit den darin scharf sichtbaren Knochen. Es ist damit der Beweis erbracht, dass auch mit kleinen Induktoren, wie die Gymnasien sie zu besitzen pflegen, die Röntgenschen Versuche wiederholt werden können.

2. Von Herrn Prof. M. KOPPE in Berlin: Die Röntgenschen Versuche habe ich mit der Holtzschen Maschine angestellt. Die Crookesche Röhre, die sich in der Sammlung befand, hatte als eine Elektrode ein rundes Aluminiumblech, das mit dem negativen Pol der Maschine verbunden wurde. Die Anode war ein blosser Platindrakt. Gegenüber der Kathode fluorescierte die Röhre grün. In etwa 5 cm Entfernung befand sich die photographische Platte mit Münzen und dergl. bedeckt und in ein Dunkeltuch gewickelt. Die Expositionsdauer war 15 Minuten. Steckte man den Kopf unter das Dunkeltuch und näherte unter diesem den Baryumplatincyansschirm der grünen Stelle der Crookeschen Röhre bis auf 5 cm, so sah man auch den Schirm fluorescieren. Um die Fluorescenz recht stark zu machen, war es nötig, eine Funkenstrecke an der Maschine einzuschalten.

Zu den Versuchen von E. Aschkinass über den Einfluss elektrischer Wellen auf den Widerstand elektrischer Leiter (d. Heft 1, S. 51) teilt uns Herr Dr. A. WITTING, Gymn.-Oberlehrer und Assistent an d. techn. Hochschule in Dresden, folgendes mit:

Ich habe vor genau zwei Jahren jene Erscheinung vermutet und die angestellten Experimente gelangen sofort. Die Vorrichtung war sehr geeignet, die Existenz elektrischer Wellen im Unterricht der Obersekunda kurz und bequem zu zeigen; sie versagte nie. Auch reagierte das Stanniogitter energisch, wenn in 10 cm Abstand eine Influenzmaschine in Thätigkeit kam.

Wir machen unsere Leser darauf aufmerksam, dass die dem 1. Heft beigegebene astronomische Tafel von M. Koppe nebst Text von der Verlagsbuchhandlung zu sehr niedrigem Preise abgegeben wird, damit sie in der Hand der Schüler sowohl zum Gebrauch beim Unterricht als auch zur Selbstbelehrung dienen kann. Näheres findet man auf dem Umschlag des Heftes.

Berichtigung: In der im vorigen Heft S. 26 ff. befindlichen Abhandlung von Prof. Dr. H. Pünig „Herleitung des 1. und 3. Keplerschen Gesetzes aus dem Newtonschen Gravitationsgesetze“ sind die drei Figuren irrthümlicherweise in falscher Reihenfolge eingefügt; Fig. 1, 2, 3 sind als Fig. 3, 1, 2 zu bezeichnen.

Himmelserscheinungen im März und April 1896.

☾ Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☊ Konjunktion, ☐ Quadratur, ☌ Opposition.

Monatstag	März						April						
	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
Heliocentrische Längen.	235°	249	263	277	291	307	325	345	8	36	66	98	♀
	267	275	283	290	298	306	314	322	330	338	346	354	♀
	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	♂
	273	276	279	282	285	288	291	294	297	300	303	306	♂
	127	128	128	129	129	129	130	130	131	131	131	132	♂
	224	224	224	224	225	225	225	225	225	225	225	226	♂
Auft. Knoten.	333°	333	333	332	332	332	332	331	331	331	330	330	☾
Mittl. Länge.	236	302	8	73	139	205	271	337	43	109	175	240	☾
Geocentrische Rektascensionen.	239°	310	5	64	136	204	280	341	35	103	171	243	☾
	321	326	333	339	347	354	2	11	20	29	39	49	♀
	316	322	328	334	340	346	351	357	3	8	14	20	♀
	347	351	356	0	5	9	14	19	23	28	32	37	☉
	304	308	312	316	319	323	327	331	334	338	342	345	♂
	122	122	122	121	121	121	122	122	122	122	123	123	♂
	227	227	227	227	227	226	226	226	226	225	225	225	♂
Geocentrische Deklinationen.	-26°	-21	+5	+27	+19	-15	-27	-7	+19	+27	+2	-26	☾
	-16	-15	-13	-11	-8	-5	-1	+3	+7	+12	+16	+20	♀
	-17	-16	-14	-12	-10	-8	-5	-3	-1	+2	+4	+7	♀
	-6	-4	-2	+0	+2	+4	+6	+8	+10	+11	+13	+15	☉
	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-13	-12	-11	-9	-8	♂
	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	♂
	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-14	♂
Aufgang.	18 ^h 36 ^m	18.25	18.13	18.1	17.49	17.38	17.26	17.14	17.3	16.52	16.42	16.32	☉
	14 ^h 29 ^m	17.38	18.27	20.12	1.11	9.0	15.1	16.18	17.16	21.23	3.15	10.59	☾
Untergang.	5 ^h 46 ^m	5.5	6.4	6.12	6.21	6.30	6.38	6.47	6.56	7.5	7.13	7.22	☉
	20 ^h 55 ^m	1.28	7.31	13.40	16.44	17.55	21.58	3.0	9.0	14.2	15.29	17.27	☾
Zeitglg.	+11 ^m 31s	+10.16	+8.53	+7.25	+5.53	+4.21	+2.51	+1.26	+0.7	-1.2	-2.2	-2.50	☉

Mondbewegung. März: 6 0^h 29^m 0^s Letztes Viertel; 13 23^h 47,7 Neumond; 14 14^h Mond in Erdferne; 22 0^h 56,7 Erstes Viertel; 28 13^h Mond in Erdnähe; 28 18^h 21,5 Vollmond; — April 4 13^h 24^m 2^s Letztes Viertel; 10 13^h Mond in Erdferne; 12 17^h 22,8 Neumond; 20 11^h 46,8 Erstes Viertel; 25 22^h Mond in Erdnähe; 27 2^h 47,2 Vollmond.

Constellationen. März: 4 4^h ♄ ☉; 5 7^h ♀ in grösster westlicher Ausweichung; 9 20^h ♂ ☉; 11 3^h ♀ ☉; 11 14^h ♀ ☉; 12 12^h ♀ in Sonnenferne; 19 15^h ☉ im Widder, Frühlings-Nachtgleiche; 24 0^h ♄ ☉; 31 12^h ♄ ☉. — April: 1 13^h ♀ in Sonnenferne; 7 23^h ♂ ☉ * Bedeckung; 10 17^h ♀ ☉; 12 9^h ♀ ☉; 17 18^h ♀ obere ☉, wird Abendstern; 19 6^h ♄ ☐ ☉; 20 9^h ♄ ☉; 25 12^h ♀ in Sonnennähe; 27 20^h ♄ ☉.

Aufgang der Planeten. März 16: ♀ 17^h 43^m, ♀ 17.27, ♂ 16.53, ♄ 0.23, ♄ 10.48
April 15: 17 3, 16.35, 15.40, 22.28, 8.41

Untergang der Planeten. März 16: 3 33, 3.11, 1.31, 16.33, 20.12
April 15: 6 35, 4.43, 1.44, 14.36, 18.11

Veränderliche Sterne. Günstig gelegene Algols-Minima treten nicht ein; bei λ Tauri wäre höchstens März 29 etwas von der Abnahme zu beobachten; das Minimum tritt 9^h 7^m M.E.Z. ein. — Mira, die sich im März der Sonne nähert, ist aufmerksam zu verfolgen. Ihr Licht ist in Abnahme begriffen. — β und γ Lyrae sind in den späteren Abendstunden, noch besser morgens zu beobachten; α , δ Orionis, ξ , η Geminorum, σ Monocerotis abends; η Aquilae α , γ , δ Herculis morgens; δ und μ Cephei, α Cassiopeiae sind circumpolar.

Jupitermonde. I. März 1^d 15^h 34^m A; 3^d 10^h 3^m A; 10^d 11^h 58^m A; 17^d 13^h 54^m A; 26^d 10^h 18^m A; April 2^d 12^h 13^m A; 11^d 8^h 37^m A; 18^d 10^h 33^m A; 25^d 12^h 28^m A. — II. März 9^d 8^h 28^m A; 16^d 11^h 3^m A; 23^d 13^h 38^m A; April 17^d 10^h 40^m A. — III. März 12^d 6^h 56^m A; 19^d 10^h 55^m A; 26^d 14^h 55^m. — IV. April 13^d 11^h 17^m. — Beim I. und II. Monde sind die Austritte aus dem Schatten angegeben, beim III. und IV. die Mitten der Verfinsterungen; alles in M.E.Z.

Meteore. Der April-Schwarm leidet durch das Mondlicht, ebenso das schwache Maximum der zweiten März-Hälfte.

Das Zodiakallicht ist an den mondfreien Abenden zu Anfang März gegen 8^h am Westhimmel zu beobachten. Im April gelingt die Auffindung nur dem Geübteren. J. Plassmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Aufnahmen mit Röntgenschen Strahlen.



Fig. 1.



Fig. 2.

Eine Maus. Aufgenommen von Dr. L. Arons und Dr. Kaufmann im physikalischen Institut der Berliner Universität.

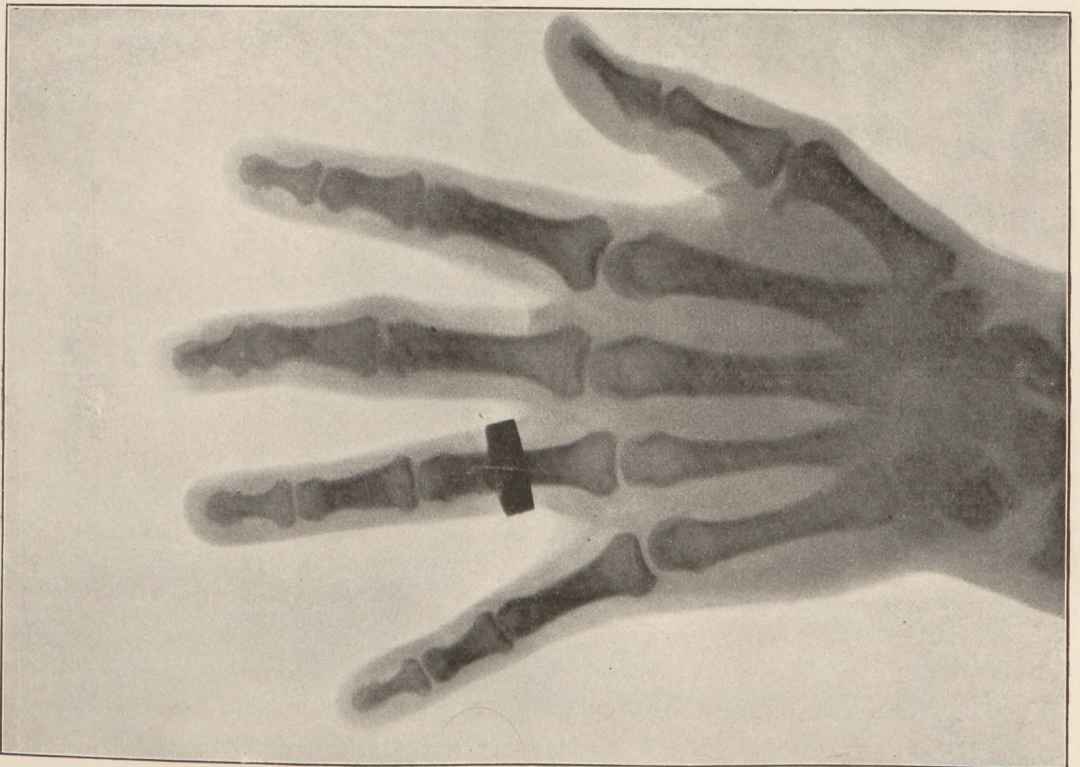


Fig. 3.

Weibliche Hand, mit einer Knochenwucherung zwischen dem letzten und vorletzten Gliede des Mittelfingers.
Aufgenommen von Dr. Wien u. a. in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg-Berlin.
(Aus dem Vereinsblatt d. Naturh. Freunde v. Berlin 1902, S. 100.)