

### Mitteilungen über Schulversuche.

Von

Professor B. Schwalbe und Dr. R. Lüpke in Berlin.

In einem Vortrage im Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts wurde von uns eine Anzahl von Schulversuchen mitgeteilt, die z. t. eine neue Anordnung, z. t. Umänderung bekannter Vorrichtungen darbieten. Bei denselben ist von dem Gesichtspunkte ausgegangen, die Erscheinungen mit möglichst billigen, einfachen und leicht verständlichen Vorrichtungen vorzuführen. Auf die Erklärung der einzelnen Versuche soll nicht näher eingegangen werden, wohl aber werden nahe liegende bekannte Versuche und Erscheinungen angedeutet oder herangezogen werden. Fast alle mitgeteilten Experimente sind seit längerer Zeit im Unterrichte oder in den Vorlesungen, die am Dorotheenstädtischen Realgymnasium für Lehrer gehalten werden, in Anwendung. Was die methodische Behandlung und Verwertung anbetrifft, so kann nicht genug hervorgehoben werden, dass solche Reihen von Schulversuchen nicht den Anspruch erheben, dass sie vollständig in derselben Reihenfolge vorgeführt werden, wie dies in der Abhandlung über Versuche mit flüssiger Kohlensäure und mit der HOLTZ'schen Elektrisirmaschine<sup>1)</sup> schon bemerkt ist. Es ist aber wünschenswert, Reihen von Experimenten zur Auswahl zu haben, von denen die einen zur Ableitung des Gesetzes, andere zur Belegung, noch andere zur Repetition benutzt werden können.

#### 1. Versuche über tönende und tonempfindliche Flammen.

In der sechsten der Vorlesungen, welche TYNDALL an der Royal Institution über Akustik zu halten pflegte,<sup>2)</sup> finden sich Versuche über akustische Flammen zusammengestellt, denen Beobachtungen über unentzündete Gasstrahlen, Rauchstrahlen und akustische Wasserstrahlen angeschlossen sind. Ein grosser Teil der dort beschriebenen Versuche lässt sich nun in leichtester Weise, ohne besondere Brenner und ohne besondere Druckapparate für das Leuchtgas, in der Schule vorführen; ich will der Vollständigkeit wegen auch die erwähnen, die schon lange im Unterrichte eingebürgert sind.

Man kann die Flammen in akustischer Beziehung in vier Gruppen bringen:

1. Tonerregende Flammen (singende Flammen, chemische Harmonika).
2. Tönende freie Flammen.
3. Tonempfindliche Flammen, a) mit aktiver, b) mit passiver Resonanz.

Bei den ersten beiden Gruppen ist das Reibungsgeräusch einer der Hauptfaktoren dasselbe entsteht dadurch, dass die Reibung nicht ununterbrochen, sondern stets ruck- oder stossweise stattfindet. Die Reibungsgeräusche können in musikalische Töne übergehen: die durch die Flamme in einer Röhre oder einem geschlossenen Raum erzeugte Welle setzt die Flamme in regelmässige intermittierende Bewegungen und ein bestimmter Ton wird unterhalten.

<sup>1)</sup> Zeitschrift zur Förderung des phys. Unterrichts, 1886.

<sup>2)</sup> Unter dem Titel „der Schall“ deutsch herausgegeben von H. Helmholtz und G. Wiedemann.

Die für diese und alle folgenden Versuche benutzten Ausströmungsmündungen werden angefertigt, indem eine 5–10 mm weite Glasröhre capillar ausgezogen wird. Durch Abschneiden der Spitze erhält man, so lange die Öffnung sehr eng bleibt, Mündungen, die für die tonerregenden Flammen benutzbar sind; schneidet man weiter ab, so erhält man Flammen, die für (3) brauchbar sind ( $1\frac{1}{2}$ – $2\frac{1}{2}$  mm weite Öffnungen) und auch für (2) benutzt werden können, während mit noch weiteren Öffnungen sich leicht selbst tönende und zwitschernde Flammen entweder durch Einwirkung zweier Flammenstrahlen aufeinander oder auch durch einen einzigen erzeugen lassen.

Bei den Versuchen über tonerregende Flammen benutzt man zum Hinüberhalten über die  $\frac{1}{2}$ – $1\frac{1}{2}$  cm hohe Flamme Glasröhren von 2–3 cm Weite, die nicht zu dickwandig sein dürfen, oder Kolben (1 l. und  $\frac{1}{2}$  l.), die sehr tiefe Töne erzeugen und die Auf- und Abbewegung der Flamme besser erkennen lassen als die Röhren. Der Einfluss der Länge, der Weite der Röhren, der Grösse der Flammen und ihrer Stellung in der Röhre lässt sich mit Leichtigkeit nachweisen, wenn man mehrere Ausströmungsröhren, die rechtwinklig umgebogen sind, in einzelnen Stativen neben einander befestigt. Der vertikal gerichtete Arm besitzt eine solche Länge, dass er weit in die darüber gehaltenen Röhren hineingeschoben werden kann. Ein Zuschmelzen der dünnen Glasrohrmündung findet fast nie statt, und sollte dies dennoch eintreten, so ist durch einfaches Abschneiden die Röhre sofort wieder brauchbar herzustellen.

Da diese Versuche und ihre Anordnung allgemein bekannt sein dürften, soll nicht näher auf die Einzelausführung eingegangen werden. Es mag nur noch bemerkt werden, dass die Rijke'sche Röhre, in der die Luft durch periodisches Ausdehnen und Zusammenziehen zum Tönen gebracht wird, sich leicht und sicher darstellen lässt, wenn man ein dünnwandiges 2 cm weites, ca. 5–6 dm langes Glasrohr verwendet. In die Mitte der unteren Hälfte wird ein Stück feinmaschiges Messingdrahtnetz in folgender Weise hineingebracht: Man schneidet ein Quadrat von der Grösse, dass die Seiten desselben die Wände der Röhre einschliessen. Die Ecken werden eingekerbt und umgebogen, das Drahtnetz wird mit einem Glasstab an die betreffende Stelle geschoben und dort erwärmt, indem man die Röhre über den senkrechten Arm einer der oben erwähnten Flammenröhren schiebt. Beim Abheben der Röhre beginnt der kräftige Ton, der mit dem Abkühlen des Drahtnetzes schwindet.

Die freien selbsttönenden Flammen werden gewöhnlich mit Stativbrennern und besonderen Gasdruck-Apparaten dargestellt, auch Schnittbrenner und Fledermausbrenner eignen sich dazu. Sehr leicht lassen sich aber verschiedene Arten dieser Flammen mit den Ausströmungsröhren von Glas und dem gewöhnlichen Gasdruck darstellen. Man kann dieselben in zwei Gruppen theilen: 1. Selbsttönende Flammen durch Wirkung zweier Flammen gegeneinander. 2. Selbsttönende Flammen, hervorgebracht durch besondere Gestaltung des Ausströmungsrohres.

Im ersten Falle wendet man zwei der oben beschriebenen Glasröhren an. Die 1–2 mm weiten Mündungen der ausgezogenen und in Haltern befestigten Röhren werden zunächst so gegeneinander gerichtet, dass sie eine fischschwanzartige Flamme geben, die durch einfache Kreuzung der beiden Flammen entsteht. Die Röhren sind dabei  $60$ – $90^\circ$  gegeneinander geneigt. Nähert man die Mündungen auf ungefähr 3–5 mm (oberer Abstand der Mündungen), so erhält man zunächst eine vertikale rauschende und flatternde Flammensäule, die Durchkreuzung ist ver-

schwunden, und ändert man den Gasfluss durch teilweises Schliessen des Hahnes, so erhält man eine tönende Flamme. Das unruhige Flattern hört auf, oberhalb der Ausströmungs-Öffnungen ist eine kurze bauchige Erweiterung, dann folgt eine Einschnürung und dann der Hauptkörper der Flamme. Der untere

Teil der Flamme ist mattblau und auch im oberen das Leuchten bedeutend eingeschränkt.

Fig. 1 zeigt die sich kreuzenden  
Flammen vor dem Tönen, Fig. 2 die  
rauschende Flamme und Fig. 3 die tönenden  
Flammen, die sich zu einer vereinigt  
haben. Die Figuren sind unmittelbar bei  
den Experimenten entworfen. Aus 3 ist  
auch die Anordnung ersichtlich. Diese



Fig. 2.

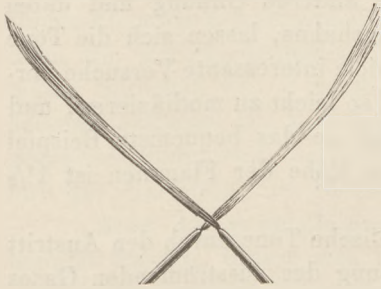


Fig. 1.

ist bei Fig. 4 derartig getroffen, dass die beiden Röhren nicht in einer Ebene liegen, sondern in Ebenen, welche einen rechten oder grösseren spitzen Winkel bilden. Als Halter können gewöhnliche Retortenhalter benutzt werden. Es mag dabei bemerkt werden, dass der obere Teil der Flamme sehr im Aussehen variieren kann: oft zeigt derselbe mehrere Zacken und Arme, so dass er geschlitzt erscheint, oft auch seitlich austretende Flammenstrahlen, die dann nicht tönend sind.

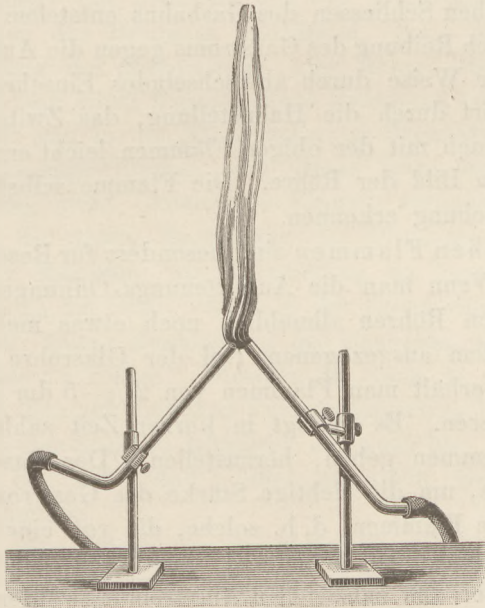


Fig 3.

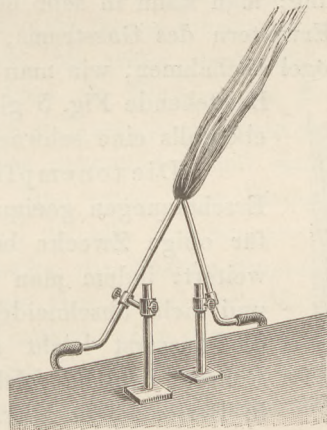


Fig. 4.

Am leichtesten gelingt der Versuch, wenn die Flammen vorher tonempfindlich (3) waren, und wenn die Röhren ungefähr unter einem rechten Winkel geneigt sind, so dass der Strom der einen Röhre unmittelbar in senkrechter Richtung den Strom der andern Röhre zurückzudrängen sucht. Dabei ist es gleichgültig, ob die beiden Ausströmungsröhren in einer Ebene, also um  $180^\circ$  abstehend, oder in Ebenen, die sich unter kleineren Winkeln schneiden, befinden, nur dürfen die beiden Ebenen nicht einen zu kleinen Winkel mit einander bilden. Wenn der Neigungswinkel der beiden Röhren zu einander kleiner als  $45^\circ$  wird, gelingt der Versuch nur schwierig, ebenso wenn der Winkel weit über  $90^\circ$  ansteigt. Die durch die beiden Flammen

hervorgebrachten Töne können in der mannigfaltigsten Art geändert werden. Durch grösseren oder geringeren Schluss des Gashahnes gelingt es, die Tonleiter ziemlich vollständig zu erzeugen, auch kann man durch abwechselndes schnelles weiteres Öffnen oder grösseres Schliessen zwitschernde Töne erzeugen. Durch verschiedene Neigung der Flammen, Erweiterung der einen oder anderen Öffnung und dabei jedesmal grösseres oder geringeres Schliessen des Gashahns, lassen sich die Töne in ausserordentlicher Mannigfaltigkeit abändern und viele interessante Versuche vorführen. Die durch die Flammen erzeugten Töne sind so leicht zu modifizieren, und so leicht zu erhalten, dabei so rein musikalisch, dass sie das bequemste Beispiel für Reibungstöne und Reibungsgeräusche bieten. Die Höhe der Flammen ist  $1\frac{1}{2}$  bis 2 dm.

Aber noch in anderer Weise lassen sich musikalische Töne durch den Austritt eines Gasstroms hervorbringen, nämlich durch Reibung des ausströmenden Gases in und an der Ausströmungsmündung selbst, wobei selbstverständlich nur eine Ausströmungsröhre erforderlich ist. Eine Glasröhre (von derselben Weite wie die vorigen) wird vor der Ausströmungsmündung ein wenig bauchig aufgeblasen und tordiert; die Ausströmungsöffnung wird unmittelbar oberhalb dieses bauchigen Teiles angebracht. Beim vollen Öffnen des Gashahns entsteht zunächst ein starkes Brausen oder Rauschen der Flamme, wie es auch sonst in verschiedenster Weise mit gewöhnlichen Gasflammen oder stark ziehenden Röhren oder Schornsteinen hervorgerufen werden kann. Beim allmählichen Schliessen des Gashahns entstehen dann musikalische Töne, hervorgebracht durch Reibung des Gasstroms gegen die Ausflussmündung; man kann in sehr hübscher Weise durch abwechselndes Einschränken oder Erweitern des Gasstroms, regulirt durch die Hahnstellung, das Zwitschern der Vögel nachahmen, wie man das auch mit den obigen Flammen leicht erreicht. Beistehende Fig. 5 giebt ein Bild der Röhre. Die Flamme selbst lässt ebenfalls eine schwache Drehung erkennen.



Fig. 5.

Die tonempfindlichen Flammen sind besonders für Resonanz-Erscheinungen geeignet. Wenn man die Ausströmungs-Öffnungen der für obige Zwecke benutzten Röhren allmählich noch etwas mehr erweitert, indem man von dem ausgezogenen Teil der Glasröhre mehr und mehr abschneidet, so erhält man Flammen von  $2\frac{1}{2}$ —5 dm Höhe, die äusserst leicht resonieren. Es gelingt in kurzer Zeit zahlreiche Röhren, welche solche Flammen geben, herzustellen. (Der Gasdruck in Berlin reicht überall aus, um die richtige Stärke des Gasstroms zu liefern). Aktiv resonierende Flammen, d. h. solche, die von einem bestimmten Ton getroffen, denselben bedeutend verstärken, sind nur schwierig zu erhalten. Unter den zahlreichen Ausströmungsröhren, die hergestellt worden, fand sich nur eine einzige, welche eine einigermaassen brauchbare Flamme lieferte. Die Annäherung der schwingenden Zinken einer Stimmgabel an die äussere Grenze dieser Flamme hatte zur Folge, dass die Flamme den Ton der Gabel bedeutend kräftiger machte. Um so leichter gelingt es, die gewöhnlichen tonempfindlichen Flammen in schönster Form zu erhalten. Die meisten dieser Flammen reagiren sehr lebhaft auf die Vokallaute in a e i, während sie bei o und u sich vollständig ruhig verhalten. Die Resonanz äussert sich durch Kürzung der Flamme, oder auch durch Abspaltung einzelner Teile, oder Abplattung oder Verbreitung der Flamme, oder Biegung und Einschnürung, kurz, es zeigen sich die verschiedenartigsten Gestaltungen; Geräusche wie das

Klirren von Schlüsseln, Klopfen im Nebenzimmer, Scharren auf dem Fussboden, Händeklatschen wirken ausserordentlich stark und aus grossen Entfernungen. Bei diesen Flammen muss die höchste Tonempfindlichkeit aufgesucht werden durch Verstellung des Gashahns, der die Zuströmung reguliert. Leicht kann man 4—6 solche Flammen mit verschiedenen Stativen neben einander gruppieren, und es treten dann die Verschiedenheiten der Gestaltung bei demselben Tongewirr z. B. beim lauten Sprechen von a deutlich hervor. Die Anordnung des Versuches ist eine äusserst einfache, die knieförmig gebogene, an dem einen Ende in eine Spitze ausgezogene Röhre wird, nachdem sie in einem beliebigen Halter befestigt ist, direkt mit der Gasleitung in Verbindung gesetzt, wie auch in allen früheren Fällen.

Auch der gewöhnliche Bunsensche Brenner kann zu dem gleichen Zwecke benutzt werden, indem man in den Cylinder desselben (Schornstein) ein zu einer Spitze ausgezogenes Glasrohr so hineinsteckt, dass das Gas direkt aus dieser Mündung ausströmen muss. Selbst ohne jede Glasröhre lässt sich ein gewöhnlicher Bunsen'scher Brenner benutzen, um äusserst tonempfindliche Flammen zu erzeugen. Dieser Versuch ist schon früher angegeben worden, und es mag hier die Methode, solche Brenner zu erhalten, genauer beschrieben werden, da mir von verschiedenen Seiten mitgeteilt wurde, dass es nicht gelungen sei, dieselben herzustellen. Es kommt für das Gelingen des Versuchs darauf an, dass die Flamme das Innere des Brenners von der Ausströmungsmündung an, wie es beim Durchschlagen des Brenners stattfindet, ganz erfüllt, an einer Seite aber von der Wandung des Schornsteins (der Röhre) abgedrängt ist. Es gelingt dies leicht, indem man etwas feinmaschiges Drahtnetz (ein 3—3½ cm langes Stück) zusammenwickelt und in den Schornstein des Brenners schiebt, bis grade oberhalb der Gasausströmungs-Öffnung. An dieser Seite berührt dann die Flamme die Brennerwandung nicht. Anstatt die Flamme zurückschlagen zu lassen ist es zweckmässiger durch die untere Zugöffnung des Brenners das Gas anzuzünden und dann auch an der Mündung die Entzündung zu bewirken. Man erhält eine Flamme von ca. 1—1,3 dm Höhe (oberhalb der Brennermündung), die aus dem Brenner hinausbrennt. Durch Regulierung des Gashahns ist es leicht, die richtige Stimmung der Flamme zu treffen. Dieselbe ist dann in so hohem Grade tonempfindlich, dass sie bei dem gewöhnlichen Vorlesungsvortrag lebhaft reagiert, wenn der entsprechende Ton in der Sprache enthalten ist, auch hier reagieren die Flammen am leichtesten auf a e i, auf o und u aber gar nicht. Geräusche bringen die Flamme ebenfalls zum Zucken.

So gelingt es in einfachster Weise die TYNDALL'schen Versuche ohne grossen Zeitverlust herzurichten. Schwieriger sind die Versuche mit tonempfindlichen Wasserstrahlen und nicht entzündeten, mit Rauch beladenen Gasstrahlen. Bei ersteren ist eine befriedigende Regelung des Druckes oder Verengung des Strahles in ganz einfacher Weise an der Wasserleitung des Experimentierzimmers nicht erreichbar gewesen, während in anderer Weise mit besonderem Ausströmungszufluss sie sich nicht allzuschwierig herstellen liessen. Bei nicht brennenden Dampf- und Gasstrahlen, die durch Salmiaknebel sichtbar gemacht werden sollen, wirken die Condensation des Nebel und die Erhöhung der Temperatur des Gasstroms störend. Ich hoffe nach dieser Richtung bald einige Mitteilungen machen zu können. Uebrigens leiten die Versuche mit den freitönenden und den tonempfindlichen Flammen zu dem Gedanken, dass das Studium der Reibungsgeräusche noch manche interessante Erscheinung an das Licht fördern werde; schon eine Zu-

sammenstellung der bisher bekannten Thatsachen über Reibungsgeräusche wäre wünschenswert.

B. Schwalbe.

## 2. Versuche zur Davy'schen Sicherheitslampe.

Die Wirkungsweise der Davy'schen Sicherheitslampe lässt sich durch verschiedene Versuche erläutern, die in HEUMANN'S *Anleitung zum Experimentiren*, S. 404, ff., dargestellt sind. Sehr instruktiv aber sind auch die folgenden beiden Versuche, welche SCHWALBE in seinen Vorlesungen zu machen pflegt.

Man fertige sich einen beiderseits offenen, 10 cm langen, 3 cm dicken hohlen Cylinder von Messingdrahtgewebe und setze ihn aufrecht in eine Schale, in die man etwas Alkohol giesst. Wirft man nun ein brennendes Streichholz in den Cylinder, so entzündet sich der Alkohol innerhalb desselben, und bald schlägt aus der oberen Öffnung eine Flamme heraus, die an der durch die Anwesenheit des Kupfers bedingten grünen Färbung wohl zu erkennen ist. Der Alkohol ausserhalb des Cylinders brennt dagegen anfangs nicht, er entzündet sich erst in einigen Minuten, nachdem das Drahtnetz eine gewisse Temperatur angenommen hat. Andererseits kann man den Alkohol ausserhalb des Cylinders entzünden, und erst nach einiger Zeit wird die Verbrennung auch auf den Alkohol innerhalb des Cylinders übertragen.

Dass sich ferner die Verbrennung von Leucht- resp. Grubengas in einen mit einem explosiblen Gasmisch erfülltten, aber durch ein Drahtnetz abgesperren Raum nicht fortpflanzt, veranschaulicht SCHWALBE durch eine einfache Abänderung des in HEUMANN'S *Anleitung zum Experimentiren* p. 42, 2b angegebenen Versuchs. Er führt in der Vorlesung diesen Versuch zunächst so aus, wie er hier beschrieben ist: die Flamme senkt sich langsam in der durch den mittleren Tubus der Woulf'schen Flasche gesteckten Röhre hinab und bringt das in der Flasche vorhandene Gemisch von Leuchtgas und Luft zur Explosion. Hierauf schiebt er in das untere Ende jener Röhre einen aus Messingdrahtgewebe znsammengewickelten 2 cm langen Pfropfen ein und wiederholt den Versuch: die Flamme senkt sich jetzt nur bis zu diesem Pfropfen herab und erlischt dann.

Schliesslich sei erwähnt, dass die Firma FRIEMANN und WOLF in Zwickau Sicherheitslampen zum Preise von 12 Mk. anfertigt, die auf Grund wesentlicher Verbesserungen vielfach in Gebrauch gekommen sind. Der Verschluss dieser Lampen ist nämlich so eingerichtet, dass sich dieselben nur mit Hilfe eines kräftigen Magneten öffnen lassen. Ausserdem ist innen eine Zündvorrichtung angebracht, die es vermittelt eines aussen befindlichen Ringes, durch dessen Drehung kleine Patronen aus chloresurem Kalium und Schwefel (sogenannte Knallbriefe) zur Explosion gelangen, ermöglicht, die mit Benzol gespeiste Lampe beliebig oft anzuzünden, ohne dass sie aufgeschraubt zu werden braucht.

Mit dieser Lampe lässt sich folgender Explosionsversuch gefahrlos ausführen. Man senke die brennende Lampe in ein cylindrisches, 8—10 l fassendes Batterieglas, bedecke dasselbe mit einem Holzdeckel und leite durch letzteren auf den Boden des Glases Leuchtgas in langsamem Strom ein. Sobald sich die Flamme der Lampe, die ihre Leuchtkraft verliert, soweit ausgebreitet hat, dass sie den Drahtnetzcyliner erfüllt, unterbreche man die Zufuhr des Leuchtgases. Nach einiger Zeit ist das Drahtgewebe so stark erhitzt, dass das Gasmisch im Batterieglase explodiert, infolge dessen der Holzdeckel abgeworfen wird.

R. Lüpke.

### 3. Versuch über die dunkle Verbrennung.

Die Erscheinung der sogenannten dunklen Verbrennung, die durch die oxydierende Kraft des Platins bewirkt wird, welches in einem Strom eines brennbaren Gases erglüht, demonstriert man gewöhnlich mittelst der Davy'schen Glühlampe (HEUMANN, *Anleitung zum Experimentieren 1876*, p. 643, 2a) oder dadurch, dass man ein Platinblech oder eine Platinschale mit einem Bunsen'schen Brenner zum Glühen erhitzt und nach dem Auslöschen der Flammen das noch heisse Platin in dem Leuchtgasstrom wieder zum Glühen kommen lässt, wobei sich das Gas nicht wieder entzündet.

Aber einerseits entzündet sich an der Platinspirale der Davy'schen Glühlampe schon nach kurzer Zeit des Glühens der Ätherdampf, so dass die dunkle Verbrennung nicht mehr zu beobachten ist, andererseits ist diese Erscheinung am Platinblech nicht deutlich genug, um einem grösseren Auditorium sichtbar zu werden.

Besser wird sie erläutert durch den in Figur 6 in  $\frac{2}{3}$  der natürlichen Grösse dargestellten Apparat. *F* ist ein zweimal rechtwinklig gebogener Eisendraht. Seine freien Enden sind durch einen starken Platindraht *PP* verbunden, der durch eine eng gewundene cylindrische Spirale aus feinem Platindraht gesteckt ist. Zwei Drittel (*M*) der letzteren sind mit Platinschwamm in der Weise belegt, dass man mittelst einer Federfahne den aus concentrirten Lösungen von Platinchlorid und Salmiak entstehenden gelben Platinsalmiakniederschlag in breiiger Consistenz aufträgt, ihn in der Flamme eines Bunsen'schen Brenners zu Platinschwamm verglüht und dies so oft wiederholt, bis die Windungen der Spirale verdeckt sind. Befestigt man nun den Bügel *F* in einer Klemme unter einem Winkel von  $45^\circ$ , schiebt den unteren Teil *M* der Spirale in die Flamme eines Bunsen'schen Brenners und löscht letztere durch momentanes Zusammendrücken des Gaszuführungsschlauches aus, so gerät der Platinschwamm im Leuchtgasstrom in helles, weithin erkennbares Glühen und verharrt in diesem Zustand, ohne dass eine Entzündung des Leuchtgases eintritt. Verrückt man aber den Brenner allmählich, so dass der Gasstrom die frei liegenden Windungen *S* der Spirale trifft, so erglühen diese und nehmen nach einiger Zeit eine so hohe Temperatur an, dass sich das Leuchtgas entflammt.

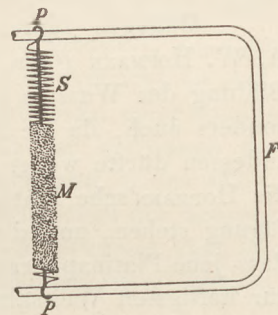


Fig. 6.

Die Temperatur, bis zu welcher der Platinschwamm *M* erhitzt werden muss, um die Erscheinung der dunklen Verbrennung zu zeigen, dürfte noch unter  $60^\circ$  liegen, denn es genügt, denselben nur eine Sekunde lang der Flamme auszusetzen. Es sei im Anschluss hieran darauf hingewiesen, dass man eine Paste von Platinmohr herstellen kann, welche bei gewöhnlicher Temperatur im Leuchtgasstrom erglüht, und dass man versucht hat, dieselbe zur Entzündung der Argandbrenner praktisch zu verwerten. In einem Strom arsenfreien Wasserstoffs kommt der Platinschwamm, wie zu erwarten ist, schon ohne vorhergehendes Erhitzen in so lebhaftes Glühen, dass das Gas entzündet wird; doch muss er, wenn der Apparat längere Zeit ausser Gebrauch war, vor diesem Versuch ausgeglüht werden.

R. Lüpke.

### 4. Versuch über die Synthese des Wassers.

Dass das unter gewöhnlichen Verhältnissen flüssige Wasser eine chemische Verbindung zweier farbloser Gase ist, des Wasserstoffs und des Sauerstoffs, die

im verflüssigten Zustand einmal zu sehen wohl nur wenigen vergönnt ist, ist eine Thatsache, mit der sich der Anfänger nicht leicht vertraut machen kann, wenn sie ihm nicht durch passende Versuche veranschaulicht wird. Die Analyse des Wassers mittelst des galvanischen Stromes und die Kennzeichnung der gesondert aufgefangenen Gase als Wasserstoff und Sauerstoff beweisen nun durchaus noch nicht, dass diese Elemente die einzigen Bestandteile des Wassers sind. Es sind daher auch synthetische Versuche dringend nötig.

In der Litteratur ist eine ganze Reihe solcher Versuche bekannt gemacht. Sie sind in ARENDT's *Experimentalchemie* 81, p. 40—43 zusammengestellt.

WÖHLER (*Chem. Centr.-Bl.* 1871, p. 145) empfiehlt über einen in der Luft brennenden Wasserstoffflamme einen Trichter verkehrt aufzuhängen und denselben mit einem U-Rohr, einem Rückflusskühler und einem Aspirator zu verbinden. Aber abgesehen davon, dass dieser Versuch infolge der grösseren Zahl von Apparaten zu compliciert wird, ist der Umstand hinderlich, dass der Wasserstoff in Luft, und nicht in reinem Sauerstoff verbrennt, und dass daher das im U-Rohr condensierte Wasser wegen eines Gehalts an salpetriger Säure und Salpetersäure sauer reagiert.

Dagegen führen die von J. PICCARD (*Chem. Centr.-Bl.* 1877, p. 242) und A. W. HOFMANN (*Chem. Centr.-Bl.* 1879, p. 496) beschriebenen Versuche über die Bildung des Wassers aus den Elementen zu recht befriedigenden Resultaten, besonders auch, da sie in nur wenigen Minuten reichliche Wassermengen ergeben. Indessen dürfte weder das PICCARD'sche Y-förmige Platinrohr (Preis 80 Mk.), noch die HOFMANN'sche Platinretorte (Preis 150 Mk.) einem Schullaboratorium zur Verfügung stehen, und die Kosten beider Versuche werden dadurch noch gesteigert, dass jene Platinapparate, die sich beim Verbrennen des Wasserstoffs im Sauerstoff zur heftigsten Weissglut erhitzen, sehr stark angegriffen werden und daher nicht oft in Gebrauch kommen können.

Bei den Versuchen von F. C. G. MÜLLER (*Ber. Chem. Ges.* 1876, p. 1629) und von MIXTER (*Chem. Centr.-Bl.* 1881, p. 259) wird mittelst eines Daniell'schen Hahnes Wasserstoff in Sauerstoff verbrannt, und das Verbrennungsprodukt in Kühlvorrichtungen condensiert. Es ergeben sich hierbei zwar weit geringere Mengen von Wasser als mit Hilfe jener Platinapparate, aber die Arrangements genügen zu Schulzwecken. Nur setzen sie eine ganz besondere Geschicklichkeit des Experimentators voraus, und obwohl ich die Versuche mit grösster Sorgfalt häufig wiederholt habe, misglückten sie stets, da selbst bei noch so kleiner Flamme die Temperatur an den der Flamme gegenüberliegenden Stellen der Glasapparate so schnell zunahm, dass im MÜLLER'schen Apparat der dem U-Rohr aufgesetzte Vorstoss, und im MIXTER'schen Apparat der Literkolben sehr bald zersprangen.

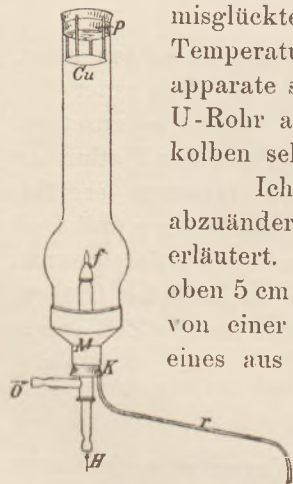


Fig. 7.

Ich empfehle daher den MIXTER'schen Versuch in der Weise abzuändern, wie es die beistehende Figur 7 ( $\frac{1}{3}$  natürlicher Grösse) erläutert. Der leicht zu beschaffende Lampencylinder ist unten  $6\frac{1}{2}$  cm, oben 5 cm und in dem bauchigen Teile 8 cm weit. Unten wird derselbe von einer trichterförmigen Messingfassung M umgeben, die mittelst eines aus Bleiglätte und Glycerin hergestellten Kittes befestigt ist.

Der  $2\frac{1}{2}$  cm weite Hals derselben wird von einem doppelt durchbohrten Gummiprofen K geschlossen, dessen eine Durchbohrung den Daniell'schen Hahn trägt, während in die andere bis zur oberen Fläche des Pfropfens ein zwei-



fach gebogenes Glasrohr eingeschoben wird. Auf der oberen Öffnung des Cylinders sitzt ein Kork *P*, unterhalb dessen in einer Entfernung von 2 cm eine Scheibe *Cu* von dünnem Kupferblech mittelst vier von derselben ausgehender Blechstreifen befestigt ist.

Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so leitet man durch den mittleren Kanal des Daniellschen Hahnes einen Strom trocknen Wasserstoffs von solcher Stärke, dass beim Entzünden desselben an der Düsenöffnung, die kaum 1 mm weit sein darf, die Flamme etwa 3 cm lang ist. Hierauf lässt man durch den seitlichen Ansatz jenes Hahnes trocknen Sauerstoff eintreten, reducirt die Flamme *f* durch Verringerung der Wasserstoffzufuhr auf etwa 1 cm und setzt sodann auf den Pfropfen *K* den Cylinder, den man an dem Hals der Messingfassung *M* mittelst eines eisernen Stativs befestigt.

Anfangs beschlägt die ganze innere Wandung des Cylinders mit Wasser, aber nach kurzer Zeit findet die Condensation nur noch unterhalb des Flammenniveaus statt, und bald treten aus der Röhre *r* Wassertropfen heraus, die in einem Bechergläschen aufgefangen werden können. Hält man den Druck in dem Wasserstoff- und Sauerstoffgasometer durch Nachfüllen von Wasser nahezu constant, so kann die Knallgasflamme beliebig lange brennen, ohne dass sonst der Apparat die Aufmerksamkeit des Experimentators in Anspruch nimmt. Nach etwa einer Stunde haben sich 12 cem Wasser im Becherglas angesammelt, und der Verbrauch der dazu erforderlichen Gasmengen ergibt sich aus dem Wasserstand in den Gasometern. Eine besondere Kühlvorrichtung ist, wenn der horizontale Teil des Rohres *r* wenigstens 15 cm lang ist, überflüssig, die Messingfassung *M* erwärmt sich nur wenig, und auch die Temperatur am oberen Ende des Cylinders ist so niedrig, dass der Kork *P* keine Spur von Verkohlung zeigt.

Statt der Messingfassung *M* kann man sich auch eines doppelt durchbohrten grösseren Gummipfropfens bedienen, nur hat derselbe, abgesehen von den grösseren Unkosten, den Nachteil, dass aus dem Rohr *r* erst dann Wassertropfen entweichen, nachdem die obere Fläche des Pfropfens von Wasser gänzlich benetzt ist.

(Schluss folgt.)

R. Lüpke.

## Versuche mit trockenen Adhäsionsplatten.

Von

Dr. L. Heinze in Königsberg i. Pr.

Zu den nachstehenden Untersuchungen bin ich durch folgende Stelle in Weinhold's *Demonstrationen I. Aufl., S. 107* veranlasst worden: „Das Aneinanderhaften der gewöhnlich im Unterrichte vorgezeigten, trocken auf einander gedrückten Adhäsionsplatten aus Glas oder Metall ist ja erwiesenermassen viel mehr eine Wirkung des Luftdrucks als der eigentlichen Adhäsion — Platten, welche so dicht auf einander geschliffen sind, dass wirklich die Adhäsion erheblich zur Geltung kommt, sind viel zu schwer ohne Verletzung wieder zu trennen, und viel zu kostbar, als dass man sie im Unterrichte brauchen könnte.“

Zur Vereinfachung der Bezeichnung und zur Präcisierung des Problems schicke ich folgendes voraus: Denken wir uns zwei ebene Platten *P* und *p*, von denen die kleinere *p* das Gewicht *G* und die Berührungsoberfläche *O* hat, zur Adhäsion gebracht, so kommen drei Arten von Kräften in Betracht:

1. Die Schwere von *p*, messbar durch das Gewicht *G* in gr.

2. Der Druck  $D$  der äusseren Luft auf  $p$ , messbar durch  $O \cdot 76 \cdot 13,59$  gr, wenn  $O$  in qcm ausgedrückt und ein mittlerer Luftdruck angenommen wird.
3. Die Summe der zwischen den Trennungsflächen von  $P$  und  $p$  wirkenden Kräfte, welche, wenn sie sich in anziehendem Sinne äussert,  $A$  genannt werden mag.

Dann werden  $A$  und  $D$  in demselben Sinne,  $G$  wird in einem diesem entgegengesetzten Sinne wirken, und im Falle des Abreissens von  $p$  wird

$$A + D = G \text{ oder } A = G - D$$

sein. Die Existenz von  $A$  in dem oben angegebenen Sinne und somit, dass die Platten auch ohne den Luftdruck allein durch anziehende Kräfte an einander haften, ist dann bewiesen, wenn man durch Anordnung des Experimentes  $D$  kleiner machen kann als  $G$  oder  $G$  grösser als  $D$ , ohne dass ein Abreissen von  $p$  eintritt. Das ist nun auf dreierlei Art zu erreichen, erstens wenn man  $p$  einem so verminderten Luftdruck aussetzt, dass der auf  $p$  lastende Luftdruck kleiner ist als das Gewicht von  $p$ , oder zweitens wenn man  $p$  durch Gewichte so belastet, dass das Gewicht von  $p$  mit Belastung zusammen grösser ist als der  $p$  belastende Luftdruck, oder drittens wenn man gleichzeitig  $p$  belastet und den Luftdruck vermindert bis die Differenz grösser als Null ist.

Wohl die ersten Versuche<sup>1)</sup> sind von BOYLE (1659) und HUYGENS (1672) angestellt und zwar nach der dritten Art. BOYLE benutzte zwei Platten von schwarzem Marmor von denen  $p$  quadratisch  $2\frac{1}{3}$  Zoll lang und  $\frac{1}{4}$  Zoll dick war und mit einem Gewicht von 4 Unzen belastet wurde. Ueber den Grad der Druckverminderung im Recipienten wird keine nähere Angabe gemacht. Unter der Annahme eines spezifischen Gewichts von 2,8 für Marmor würde er, um die Existenz von  $A$  sicher zu stellen, eine Druckverminderung bis auf weniger als etwa  $\frac{1}{190}$  des ursprünglichen Druckes haben vornehmen müssen. HUYGENS benutzte (nach einem Auszuge aus einem Briefe) Spiegelglasplatten, deren untere  $p$  eine Oberfläche von einem Quadratzoll hatte und mit drei Pfund belastet wurde. Die Verdünnung der Luft unter dem Recipienten wurde soweit getrieben, dass ihr Druck nicht mehr ganz einen Zoll Wasser zu tragen vermochte. Dieser Versuch stellt die Existenz von  $A$ , selbst wenn wir einen Druck von Wasserdämpfen als vorhanden betrachten, ganz ausser Zweifel; bei der grossen Belastung von  $p$  wäre nur eine Druckverminderung bis auf etwas unter  $\frac{1}{6}$  des ursprünglichen Drucks nötig gewesen, eine sehr geringe Anforderung an die Leistungsfähigkeit der Luftpumpe.

Bei diesen Versuchen wird über die Entfernung der Trennungsflächen der beiden Platten nichts näheres gesagt, aus der verhältnismässig grossen Belastung der Platten können wir aber schliessen, dass die Annäherung eine ausserordentlich grosse gewesen ist. Bei einer solchen dürfte allerdings die Trennung ohne Verletzung der Oberflächen schwer zu bewerkstelligen sein, und einen solchen Fall mag wohl Herr WEINHOLD bei seinem oben citierten Ausspruche im Auge gehabt haben. Zur Vermeidung dieses Übelstandes beim Schulversuch kann der Umstand benutzt werden, dass, wie auch schon HUYGENS bemerkt hat, die Platten in einem messbaren Abstände eine gewisse Anziehung auf einander ausüben. HUYGENS (*Gehlers phys. Wörterbuch*, II. 133) legte zwischen die Trennungsflächen einen Coconfaden und beobachtete trotzdem Adhäsion, EMMETT giebt a. a. O. ausserdem an, dass Platten auch im Vacuum aneinander haften, wenn sie durch einen Coconfaden von einander getrennt sind.

Viel einfacher wird der Versuch, wenn man die Erfahrungen benutzt, welche Herr W. VOIGT in *Wiedemann's Annalen N. F.*, B. 19, S. 39 ff. veröffentlicht hat. Es wurde zu einem anderen Zweck als dem unsrigen an zwei senkrechten Glaszylindern mit ebenen, parallelen und polierten Grundflächen beobachtet, welche nach sorgfältiger Reini-

<sup>1)</sup> In GEHLERS *phys. Wörterbuch*, Bd. I, 1825, pag. 173 wird citiert HUYGENS, *Philos. Transactions*, VII, N. 86, pag. 5029, NEWTON, *Optice*, XXXI, pag. 316, redd. CLARKE, EMMETT, *Annals of Philos. N. S.* III, pag. 426, 1822. Diesen ist noch hinzuzufügen, worauf mich Herr Dr. POSKE aufmerksam zu machen die Freundlichkeit hatte, R. BOYLE, *Opera varia*. S. 88, f.

gung zur Adhäsion gebracht wurden. Homogene NEWTON'sche Farben an den Trennungsflächen bewiesen, dass die Cylinder von einander einen überall gleichen, messbaren Abstand hatten. Nachdem die Glascylinder während des Adhärenens unter den Recipienten gebracht waren, wurde der Luftdruck bis auf  $\frac{1}{100}$  Atmosphären vermindert, ohne dass eine Veränderung der Farben und damit der Entfernung der beiden Trennungsflächen von einander während des Pumpens zu beobachten war. Berechnet wird, dass zum Tragen des unteren Cylinders eine Anziehung von 26,5 mg pro qmm nötig sei, was natürlich nur gilt, wenn man vom äusseren Luftdruck absieht. Allerdings würde, um die Existenz von  $A$  zu beweisen, eine Druckverminderung bis auf  $\frac{1}{100}$  At. nicht genügen, wie man leicht aus den gemachten Angaben schliessen kann. Es war  $G = 3$  gr,  $r = 0,6$  cm, also  $D = 0,36 \cdot 3,14 \cdot 76 \cdot 13,59$  gr = 1064,2 gr, und es muss also zur Sicherstellung der Existenz von  $A$  eine Druckverminderung vorgenommen werden, welche einem Druck entspricht, der geringer als  $\frac{1}{355}$  des ursprünglichen ist. Man könnte versucht sein anzunehmen, dass die zwischen den Trennungsflächen befindliche Gasschicht durch ihre Expansionskraft den Druck der äusseren Luft aufhebe, und dass bei der Verminderung des Luftdruckes unter dem Recipienten auch die Gasschicht in demselben Maasse an Druckkraft verliere, und darum jedes weitere Beobachten des Luftdruckes überflüssig wäre. Dann aber bliebe die Unveränderlichkeit des Abstandes der Platten bei der Druckverminderung unter dem Recipienten unerklärt. Sehr viel Wahrscheinlichkeit hat vielmehr die von Herrn VOIGT a. a. O. ausgesprochene Hypothese, „dass die der Platte nächste Schicht sich vielleicht gar in einem Zustand befindet, welcher dem der sogenannten festen Körper einigermaassen analog ist.“

Die nachfolgenden Beobachtungen werden zeigen, dass man für verschiedene Abstände der Cylinder ohne Gefahr für die Oberflächen derselben beim Trennen die Existenz von  $A$  in einer für die Schule geeigneten Form demonstrieren kann. Der Versuch hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem bekannten MUSSCHENBROEKschen, da auch hier nicht unmittelbare Berührung stattfindet, sondern die Anziehung durch die zwischen den Platten befindliche Gasschicht vermittelt wird, und er sagt über die Grösse der anziehenden Kräfte und über die Art derselben nichts Direktes aus.

Was nun die Grösse der zwischen den Cylindern wirkenden Kräfte anlangt, so sind nach dieser Richtung hin von PRECHTL (*Pogg. Annalen*, Bd. 15, 1829) Untersuchungen angestellt, in welchen die Grösse der wirkenden Anziehungskräfte durch Abreissgewichte für Platten aus verschiedenen Metallen bestimmt wird. Diese Methode verwirft Herr STEFAN (*Sitzber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien*, Bd. 69, II. Abt., 1874). Er fasst das Problem als ein dynamisches auf (zu vergl. *Robison, Syst. of mechan. Philos.*, Bd. 1, S. 242) und zeigt, dass, wenn Platten in einem durch Drähte bestimmbar abstände in Flüssigkeiten oder in Luft auf einander gelegt werden, jedes Übergewicht genügt, die Platten, falls sie unelektrisch sind, in einer bestimmten Zeit zu trennen. Aber die dabei gemachte Voraussetzung, dass ein jedes Übergewicht die Platten ein wenn auch noch so kleines Stück von einander zu entfernen vermag, dürfte nicht mehr gelten, wenn die Platten mit der zwischen ihnen befindlichen Gasschicht ein starres System bilden. Einen solchen Fall hat Herr STEFAN selbst beobachtet (a. a. O. S. 15), wenn er eine Platte elektrisch machte. Es gab dann ein Übergewicht, welches nicht mehr die Platten zu trennen vermochte. Ganz ebenso verhält sich das bei den nachfolgenden Beobachtungen, die Cylinder hafteten länger als sie nach einer Berechnung gemäss den von Herrn STEFAN aufgestellten Gesetzen hätten haften dürfen, und es hat daher die Annahme einige Wahrscheinlichkeit, dass wir es hier mit einem starren System zu thun haben. Eine Bestimmung von  $A$  würde dann möglich sein, wenn es möglich ist, das Gewicht zu beobachten, bei welchem die eine Platte abzureissen beginnt.

Welcher Art die zwischen den Cylindern wirksamen Kräfte  $A$  sind, ist noch nicht zweifellos festgestellt. ROBISON, der die HUYGENS'schen Versuche wiederholt hat, macht a. a. O. S. 241 auf elektrische Zustände der Platten aufmerksam. Um dieselben zu



eingelackt. Die letzte Öffnung *C* des T Stückes wird mit der Luftpumpe nach *O* etwa durch ein eingelacktes Bleirohr in Verbindung gesetzt. Durch diese von Herrn Dr. WIECHERT vorgeschlagene Verwendung von Glascapillaren wird dem Recipienten eine gewisse Bewegbarkeit vorbehalten, er kann bequem abgehoben werden, ohne dass es nötig ist die Verbindung bei *A* und *C* zu unterbrechen. Ferner wird dadurch auch dem Manometer *E* für sich eine gewisse Freiheit der Bewegung zu teil, man kann durch Hin- und Herneigen die Adhäsion des Quecksilbers in den Röhren überwinden. Die Capillare *G* kann bei *J* durch eine runde Drahtzange leicht abgekniffen werden, so dass, ohne die anderen Verbindungen zu unterbrechen, auf diesem Wege Luft in den evacuierten Recipienten hineingelassen werden kann. Der Recipient *R* steht auf einer Spiegelglasplatte *LL* (die Berührungsstelle wird mit Talg gedichtet), und diese ist auf einem mit Stellschrauben versehenen Tischchen mit Wachs festgekittet. Die zur Beobachtung verwendeten senkrechten Glascylinder *P* und *p* waren von der optischen Anstalt von REINFELDER und HERTEL in München aus Crown Glas (spec. Gew. 2,54) mit ebenen, polierten, parallelen Kreisflächen geliefert<sup>2)</sup>. *P* war zwischen zwei kreisförmigen, in der Mitte zweckentsprechend durchbohrten Messingplatten *MM* und *mm* durch zwei Schrauben *ss* leicht eingespannt und durch Lager von einfachem Fliesspapier vor Beschädigung geschützt. *MM* war grösser als *mm* und wurde auf ein aus Draht hergestelltes, dreibeiniges Tischchen gestellt. Mittelst einer auf *MM* gelegten Dosenlibelle und der Stellschrauben des Tischchens *N* konnte *P* horizontal gestellt werden. *p* hatte einen Durchmesser von 1,2 cm, eine Höhe von 1 cm und ein Gewicht von 2,8 gr.

Das Manometer *E* besteht aus einem U förmig gebogenen und — um Capillarwirkungen zu vermeiden — recht weiten Glasrohr *r*, dessen offenes Ende *a* zu einer schmalen Röhre ausgezogen ist, damit die Glascapillare *F* bequem eingelackt werden kann. Das Glasrohr ist mit Draht an fünf Stellen auf einer Messingplatte festgebunden, und diese wird in einer um eine horizontale Axe drehbare Klemme am oberen Ende festgeklemmt. Durch Neigung des Manometers nach links und rechts können etwaige Capillarwirkungen zwischen Quecksilber und Glas aufgehoben werden. Auf der Messingplatte ist eine Millimeterteilung zwischen Rohr und Platte festgeklebt, welche nicht lang zu sein braucht, da es sich nur um die Beobachtung kleiner Differenzen der Standhöhen des Quecksilbers handelt. Die Füllung des Manometers geschieht wohl am einfachsten mittelst eines capillaren Hebers, die Luft wurde aus dem Quecksilber durch mehrmaliges Auspumpen des geneigten Manometers fortgeschafft.

Da es sich beim Schulversuche nicht um zahlreiche Beobachtungen handelt und auch nicht um grosse Genauigkeit, wird man manches einfacher gestalten können. Man wird z. B. die Fassung ganz entbehren, den Cylinder *P* direkt auf einen Dreifuss setzen können, nachdem man den oberen Rand desselben mit Papier oder einem Faden<sup>3)</sup> umwickelt hat, um ein Zerkratzen von *P* zu verhindern. Auch auf die horizontale Stellung kommt es, wie wir später sehen werden, nicht so sehr an.

<sup>2)</sup> Bei REINFELDER und HERTEL kosten laut Preisverzeichnis Planparallelgläser bis zu 2,7 cm Durchmesser und 0,6 cm Dicke das Stück 6 M. Zum Schulversuch könnte man also für *P* 2,7 cm, für *p* 1 cm Durchmesser und für beide 6 mm Dicke wählen. Dann würde *P* und *p* zusammen 12 M. kosten. Es scheint mir aber doch vorteilhaft für *p* eine Dicke von 1 cm zu wählen, weil sonst der Cylinder *p* unbequem anzufassen ist. Allerdings würde sich dann der Preis von *p* ungefähr auf 12 M. stellen. Eine Preisverminderung dürfte dadurch zu erzielen sein, dass man an *P* und *p* nur je eine Grundfläche eben verlangt, aber dann müsste wohl auch auf die instruktive und interessante Demonstration der Farben verzichtet werden. Die bei meinen Versuchen gebrauchten Cylinder kosteten 25 M.

<sup>3)</sup> Im Allgemeinen vermeide man es, hygroskopische Substanzen unter den Recipienten zu bringen. Der beim Pumpen sich aus denselben entwickelnde Wasserdampf wird zwar beim Arbeiten mit einer Quecksilberluftpumpe durch die Schwefelsäure derselben absorbiert, aber erst nach längerer Zeit.

## Behandlung der Cylinder.

$P$  und  $p$  wurden in einem mit Hahn versehenen Glastrichter nach der üblichen Methode durch Waschen mit Salpetersäure, Wasser und Alkohol und durch Reiben mit einem Leder gereinigt, Stäubchen durch vorsichtiges Hin- und Herschieben ohne Druck (man muss sich hüten die Flächen zu zerkratzen) über den Rand von  $p$  hinausgeschoben. Erst nach einiger Zeit nach dem Waschen tritt Adhäsion ein, eine Erscheinung, die vielleicht aus der Verdampfung des Alkohols zu erklären ist oder dadurch, dass beim Reinigen die Platten gleichnamig elektrisch gemacht werden. Da die Trennungsflächen sich nicht berühren, sondern einen wenn auch sehr kleinen Abstand von einander haben, werden an der oberen Fläche von  $p$  NEWTON'sche Farben sichtbar, welche bestimmt werden durch Beobachtung der Reflexion von senkrecht einfallenden und der durchgehenden Lichtstrahlen (Quincke, Pogg. Annalen, Bd. 129, S. 180 ff.) Durch vorsichtiges Drücken, Ziehen und Schieben wurden mehrere homogene Färbungen der Fläche von  $p$  erzielt, z. B. Eisengrau, Lavendelgrau, Braungelb, ein ziemlich homogenes Indigo und gelbliches Grün, und die Farbenbestimmung wurde durch die Beobachtung der Farben des durchgehenden Lichtes kontrolliert. Bei allen erwähnten Färbungen fand Adhäsion statt, aber selbst bei einer Farbe erster Ordnung, dem Eisengrau, konnten die Cylinder durch leichten Zug mit der Hand von einander entfernt werden. Einmal wurden durch ausserordentlich starken Druck  $P$  und  $p$  an einem Teile des Randes von  $p$  bis zum Schwarz der ersten Ordnung genähert, da waren die Cylinder selbst durch Rütteln nicht von einander zu trennen, sie gingen aber sofort auseinander, als sie in Alkohol gesteckt wurden. Ob dieses Mittel im Stiche lässt, im Falle die ganze Fläche ein homogenes Schwarz zeigt, und ob dann die von Herrn WEINHOLD beobachtete Verletzung bei der Trennung eintritt, weiss ich nicht. Aber man braucht ja garnicht die Annäherung bis auf Schwarz zu treiben, da schon bei Farben der zweiten Ordnung Adhäsion eintritt. Nur darf man sich dann nicht verhehlen, dass man ein in gewisser Beziehung ähnliches Experiment hat wie bei den Musschenbroek'schen Platten, dass die Gasschicht dem Talg entspricht. Ist erst Adhäsion eingetreten, so braucht man die Cylinder garnicht mehr subtil zu behandeln. Man kann sie, ohne die Adhäsion dadurch aufzuheben, um  $90^\circ$  und um  $180^\circ$  drehen, also so umkehren, dass  $p$  auf  $P$  zu liegen kommt.

## Beobachtungen bei vermindertem Luftdruck.

Aus den allgemeinen Erörterungen folgte, dass dann die Existenz von neben dem Luftdruck wirkenden Anziehungskräften nachgewiesen ist, wenn  $D < G$  gemacht werden kann, ohne dass der Cylinder  $p$  abreißt.  $G$  war gleich  $2,8 g$ ,  $D = r^2 \pi \cdot 76 \cdot 13,59 g = 0,36 \cdot 3,14 \cdot 76 \cdot 13,59 g = 1064,2 g$ .

Wählt man also einen Luftdruck der kleiner ist als  $2,8/1064,2$  At., so ist  $D < G$ .  $2,8/1064,2$  At. =  $1/380$  At. entsprechen aber einer Manometerdifferenz von  $760/380$  mm gleich 2 mm.

Werden also die Cylinder mit dem Tischchen unter den Recipienten gestellt, und wird dann am Manometer bei Verminderung des Luftdrucks durch Pumpen eine Differenz der Steighöhen der Quecksilberkuppen, die kleiner ist als 2 mm, beobachtet, ohne dass  $p$  abfällt, so ist die Unabhängigkeit der Adhäsion vom Luftdruck dargethan. Und das geschah. Bei den verschiedensten schon oben erwähnten Farben blieben die Cylinder tagelang unter einem Druck von weniger als 1 mm an einander hängen, und es war, wie weit man auch pumpte, keine Farbenveränderung zu bemerken.

Beobachtung bei vermindertem Luftdruck und vermehrter Belastung von  $p$ .

Bei einem homogenen Lavendelgrau wurde  $p$  belastet dadurch, dass eine Messingplatte von 5,4 gr mit Wachs an die untere Fläche von  $p$  angeklebt wurde. Mit seiner Belastung zusammen wog jetzt  $p$  8,2 gr, und es brauchte also die Druckverminderung nur bis unter  $8,2/1064,2$  At. =  $1/130$  At. vorgenommen zu werden, was einer Manometerdifferenz von etwa 5,8 mm entspricht. Auch hier wurde der Druck bis unter 1 mm ver-

mindert, ohne dass ein Abreissen eintrat. Daraus folgt, dass derjenige Lehrer, dem nur eine gewöhnliche Hahnluftpumpe zur Verfügung steht, auf die Vorführung dieses Versuches nicht zu verzichten braucht. Durch eine derartige Belastung von  $p$  wird allerdings die Beobachtung des durchgehenden Lichtes unmöglich gemacht oder wenigstens sehr erschwert.

Es ist klar, dass diese Methode der Druckverminderung und Mehrbelastung, wie ich sie kurz nennen will, dazu geeignet ist, Beobachtungen der Grösse von  $A$  für die verschiedenen Farben zu ermöglichen, wenn man ein Mittel hat, den Augenblick genau zu erkennen, in welchem die untere Platte sich zum Abreissen in Bewegung setzt. Eine Übereinstimmung der Resultate der einzelnen Beobachtungen wäre aber auch erst dann zu erzielen, wenn elektrische Zustände absolut ausgeschlossen werden können. In diesem Falle würden die Beobachtungen uns darüber Aufklärung verschaffen, ob bei der Adhäsion ausser elektrischen Kräften noch andere Kräfte wirksam sind, und eventuell einen Überblick über deren Grösse gestatten.

## Die Beobachtung von Meteoren.

Von

J. Plassmann in Warendorf.

„Am 25. d. Mts., Abends gegen 9 Uhr, wurde ein Meteor gesehen, das in süd-östlicher Richtung über unsere Stadt hinzog und etwa drei Kilometer weiter in der Heide niederfiel. Das Meteor hatte die Grösse eines Kegelballes oder nach anderer Angabe die eines Kindskopfes; es hinterliess einen funkensprühenden Schweif.“

Einer ähnlich lautenden Notiz werden unsere Leser hundertmal im provinziellen Teile ihrer gewöhnlichen Tagesblätter begegnet sein. Mit so vagen Angaben ist dem Sensationsbedürfnis und dem Lokalpatriotismus mehr gedient als der Wissenschaft. Und das ist zu beklagen. Zuweilen kann man, besonders wenn eine auffallend schöne Feuerkugel von vielen Personen an verschiedenen Orten beobachtet ist, durch geschicktes Ausforschen der intelligenteren Beobachter die richtigen, brauchbaren Daten an den Tag bringen und sogar eine Bahnbestimmung unternehmen. Das ist aber, auch bei studierten Beobachtern, der seltenere Fall. Häufig haben wir die Erfahrung gemacht, dass Schullehrer von guter seminaristischer Bildung im Punkte des gewissenhaften Beobachtens und Aufzeichnens von Naturerscheinungen leichter zu erziehen sind, als studierte Personen.

Und doch ist jedes gut beobachtete, helle oder schwache Meteor geeignet, unsere Kenntnis über die rätselhaften Körper, welche die eigentliche Bevölkerung des Weltalls zu bilden scheinen, ein wenig zu steigern; und gerade die höheren Schulen sollten in diesem Punkte wie in so manchen anderen den Zögling zu aufmerksamer Betrachtung anleiten. Es genüge ein Beispiel aus anderem Gebiete. Mondhöfe, Sonnenhöfe und Nebensonnen, säulenförmige Lichtbildungen über Sonne und Mond gehören in unseren Gegenden nicht zu den seltenen, sondern zu den gewöhnlichsten, fast alltäglichen Phänomenen; und doch — wer kennt dieselben, namentlich bei der Sonne? Es ist nicht einmal allgemein bekannt, dass man zur Beobachtung von Sonnenhöfen und Nebensonnen leicht gelangen kann, wenn man sich vor dem Anblick der Sonne durch Aufstellung hinter einem Gebäude schützt; dass kleinere Halo-Bildungen, sogenannte Sonnengallen, sehr häufig und bequem sichtbar sind, wenn man die Sonne in einem ruhigen Wasserspiegel betrachtet. Wieviel könnte unsere Kenntnis der Lufterscheinungen gewinnen, wenn jeder auf solche Vorgänge achten wollte! Wie genau wären namentlich die eigentümlichen Lichterscheinungen registriert worden, die vom Ende des Jahres 1883 ab eine geraume Zeit hindurch sich zeigten, wenn nur eine hinreichende Zahl von Personen an den Halo-Erscheinungen sich die nötige Übung erworben hätte!

Die Beobachtung von Meteoren — das hässliche deutsche Wort „Sternschnuppen“ ersetzt auch ein warmer Freund der Sprachreinheit gern durch das wohlklingende Fremd-

wort — also die Beobachtung von Meteoren geschieht entweder planmässig oder zufällig. In beiden Fällen muss eine Reihe von Einzelheiten notiert werden, doch ist die Art und Weise der Gewinnung dieser Einzelheiten etwas verschieden. Die nachstehenden Vorschriften sind auf langjährige Erfahrung gestützt; sie beruhen zum grössten Teil auf den Prinzipien der verstorbenen Astronomen Heis in Münster und Schmidt in Athen, bekanntlich der fleissigsten Meteor-Beobachter; zum geringeren Teil sind sie Eigentum des Verfassers.

1. Was am leichtesten notiert werden kann, ist der Beobachtungsort. Man gebe ihn genau an, namentlich bei glänzenderen Meteoren. „Zu N., ein Kilometer vor dem Ostthore, beobachtet“, ist besser angegeben, als „in der Nähe von N. beobachtet.“ Dass es zuweilen auf noch genauere Angaben ankommt, wird sich unten zeigen. Bei Beobachtungen, die während der Fahrt mit Pferden oder der Eisenbahn gemacht sind, wird es nicht schwer halten, den Ort aus der Zeit zu ermitteln, wenn eine andere Feststellung desselben nicht möglich ist.

2. Die exakte Angabe der mittleren Zeit ist wichtig und nicht besonders schwer; und doch wird gerade in diesem Punkte viel gesündigt. Der richtige Philister schwört auf seine Uhr, die „in Jahren keine Minute abweicht“. Einer traurigen Berühmtheit erfreuen sich die Uhren an Kirchen und Rathäusern kleinerer Städte. Ein gebildeter Mann reguliere seine Uhr nach der nächsten zuverlässigen Post- oder Bahnhofsuhr, am besten morgens, nachdem die letztere neu gestellt ist, jedenfalls aber baldigst nach dem Beobachten einer merkwürdigen Naturerscheinung, etwa eines Meteors. Die sichere Angabe der Minute genügt im allgemeinen; nur bei systematischen Beobachtungen ist womöglich Angabe der Sekunde zu erstreben. Jedenfalls aber notiere man die Uhrzeit sofort und verlasse sich in diesem Punkte so wenig wie in den unten zu erörternden auf das trügerische menschliche Gedächtnis. Sehr wunderlich ist es, dass das Datum am häufigsten vergessen wird. Man glaubt eben eine so einfache Sache unbedingt behalten zu müssen und vergisst sie darum mit desto grösserer Sicherheit. — Man gewöhne sich an die astronomische Stundenanzählung: 4<sup>h</sup> heisst bürgerlich 4 Uhr nachmittags; Dez. 7 16<sup>h</sup> heisst bürgerlich: 4 Uhr morgens am 8. Dezember. Man hüte sich namentlich morgens vor fehlerhafter Datierung.

3. Die scheinbare Bahn des Meteors ist das wichtigste Beobachtungsobjekt. Sie belehrt uns über den sphärischen Ausgangs- oder Radiationspunkt des Meteoriten und damit vielleicht über den Kometen, in dessen Bahn er sich bewegt hat, ehe er in die Atmosphäre unserer Erdkugel geriet; die genaue Eintragung der scheinbaren Bahn an mehreren Orten der Erde ergiebt die Elemente zur vollständigen Bestimmung der wahren Bahn. Bei systematischen Beobachtungen wendet man entweder die Meteoroskope an, auf deren Konstruktion hier nicht eingegangen werden soll, oder man notiert, wie es nach unserer Überzeugung besser ist, den scheinbaren Lauf nach einer guten Sternkarte. In neuerer Zeit sind in Deutschland wie im Auslande mehrere gute und billige Himmelsatlanten erschienen, die für diesen Zweck sehr geeignet sind. Auch billige Verbrauchskarten, in die man die scheinbaren Bahnen unmittelbar einzeichnet, werden von mehreren Seiten geliefert. Die Bahn kann auf der Karte meistens als gerade Linie gezeichnet werden; nur bei ganz langen Bahnen macht der Umstand sich geltend, dass auf den Karten von gewöhnlicher Projektionsart nicht alle grössten Kreise sich als gerade Linien abbilden. Abweichungen der scheinbaren Meteorbahn vom grössten Kreise sind selten, aber gegebenen Falls genau zu vermerken. Die eingezeichnete Linie erhält eine die Laufrichtung angegebende Pfeilspitze; neben dieselbe setzt man eine Nummer; neben derselben Nummer werden im Beobachtungsverzeichnis alle anderen Daten notiert. Den Endpunkt der Bahn kann man nicht immer mit aller Schärfe auffassen, den Anfangspunkt noch weniger; das wichtigste ist aber die Richtung des Laufes, und um diese gut zu merken, achtet man am besten darauf, wie gewisse bekannte und charakteristische Figuren am Himmel, z. B. das Viereck des grossen Bären oder des Pegasus, das W der Cassiopeia



oder die Hauptgruppe des Orion, von der Meteorbahn geschnitten werden. Mit Recht macht Heis hierfür geltend, dass einem an die Betrachtung geometrischer Figuren überhaupt gewöhnten Beobachter dieses Verfahren nicht schwer fallen wird. Noch besser ist es natürlich, wenn ausserdem die Endpunkte der Bahn genau festliegen. — Es kommt vor, dass einer der benachbarten Sterne sich nicht nach der Karte identifizieren lässt. Es ist dann gewöhnlich ein Planet; seinen Ort an der Sphäre kann man aber, auch ohne Astronom zu sein, leicht ermitteln, da seit längerer Zeit alle illustrierten Blätter Notizen über den Planetenlauf geben. — Wegen der Präcession hat man anzugeben, für welche Epoche das Gradnetz der Karte gilt. Im Zweifel gebe man Titel und Erscheinungsjahr der Einzelkarte oder des Atlas an. — Dann bestimmen vier Zahlen, nämlich die Rektascensionen und Deklinationen des Anfangs- und Endpunktes, die scheinbare Bahn; weicht diese vom grössten Kreise merklich ab, so gebe man noch einen mittleren Punkt an. Die Terminalpunkte sind zuweilen das Ergebnis einiger Willkür, wie aus dem vorhin Gesagten erhellt.

Es giebt nun aber Beobachtungen, und häufig sehr schöne und wichtige, bei denen eine direkte Beziehung der scheinbaren Bahn auf die Fixsterne nicht angängig ist. Das ist der Fall, wenn die Beobachtung von ganz Unkundigen gemacht ist, oder wenn das Meteor an einem ganz oder teilweise bezogenen Himmel erschien, bei Vollmondschein, in der Dämmerung oder am hellen Tage. Merkwürdiger Weise handelt es sich in allen diesen Fällen, wie der Leser leicht ersieht, fast immer um besonders glänzende Meteore, deren genaue Notierung doppelt wünschenswert ist. Es sind eben die Meteore, welche den Stolz der Lokalblätter ausmachen. Die Bahn lässt sich nun in solchen Fällen nachträglich mit einiger Genauigkeit festlegen. Wir denken uns, dass wir auf einem abendlichen Spaziergange, noch vor dem Sichtbarwerden der hellsten Gestirne, plötzlich eine Feuerkugel erblicken. Stehen bleiben und den Lauf eingehend verfolgen ist das Erste. Dann wird schnell die Zeit nach der Taschenuhr aufgeschrieben, ohne Rücksicht darauf, ob diese vor- oder nachgeht; das lässt sich später corrigieren. Nun schreiben wir auf, welchen Weg das Meteor nahm in Bezug auf irdische Gegenstände, wie sie fast immer in der Nähe sind; etwa so: „Die Feuerkugel erschien über der hohen Pappel, vielleicht  $2\frac{1}{2}$  mal so hoch wie diese, bewegte sich dann nach rechts abwärts, vielleicht  $30^\circ$  Neigung gegen den Horizont einhaltend, und erlosch rechts vom Dorfkirchturm an einem Punkte, der mit der Turmspitze und der Signallaterne der Eisenbahn ein gleichseitiges Dreieck bildet.“ Dann wird der Beobachtungsort genau notiert.

Nachdem wir nun mit Hilfe der Bahnhofsuhr die Zeit corrigiert haben, verwandeln wir sie nach bekannter Methode in Sternzeit; dieselbe heisse  $t_1$ . Zu einer beliebigen anderen Sternzeit  $t_2$ , jedoch bei klarem, sternreichem und mondfreiem Himmel, gehen wir mit unseren Notizen und der Sternkarte an den Beobachtungsort zurück und fragen uns: Wenn das Meteor jetzt erschiene und in Bezug auf die irdischen Gegenstände denselben Lauf nähme wie damals, — wie würde es sich dann scheinbar zwischen den Sternen bewegen? Mit Hilfe der Karte findet man für dies gedachte Meteor leicht die Rektascensionen  $\alpha$  und  $\alpha'$  sowie die Deklinationen  $\delta$  und  $\delta'$  für Anfangs- und Endpunkt. Aus dem Charakter der scheinbaren Himmelsbewegung geht nun sofort hervor, dass das wahre Meteor dieselben Deklinationen  $\delta$  und  $\delta'$  für Anfangs- und Endpunkt hatte, dagegen die Rektascensionen  $\alpha + t_1 - t_2$  und  $\alpha' + t_1 - t_2$ .<sup>1)</sup> So hat man, theoretisch wenigstens, die scheinbare Bahn so genau festgelegt, wie es durch unmittelbares Eintragen in die Sternkarte möglich ist. Offenbar kann man auch die Beobachtungen Unkundiger auf diese Weise noch wohl verwerten, weil die Orientierung nach irdischen Objekten, wie sie sich fast immer, mindestens am Horizont, finden, dem unmittelbaren Eindrücke entspricht; während die sonst beliebte Angabe nach Himmelsgegenden stets das Ergebnis

1) Nötigenfalls addiert oder subtrahiert man  $360^\circ$ .

nachhinkender Reflexion ist. Auf eine möglichst frühzeitige Notierung ist auch hier wieder Gewicht zu legen.

4. Die Helligkeit eines Meteors pflegt man nach Sterngrößen anzugeben. Die erste Größe geht etwa von  $\alpha$  Cygni bis zur Helligkeit des Sirius hinauf; bei noch helleren Meteoren gibt man durch die Buchstaben  $J$  und  $V$  an, dass das Meteor die durchschnittliche Helligkeit des Jupiter oder gar der Venus erreichte; noch hellere Erscheinungen werden durch  $F$  als Feuerkugeln bezeichnet.

5. Ob ein Schweif zurückblieb, muss notiert werden, desgleichen ob das Meteor oder der Schweif auffallend lange sichtbar blieb oder ob das Meteor sich auffallend schnell bewegte. Im ersteren Fall wird ein geübter Beobachter sofort unverwandten Auges die Sekunden langsam zu zählen beginnen, was von Unkundigen bekanntlich viel zu hastig geschieht. Man muss daher gerade in diesem Punkte die Angaben der Zeitungen mit Vorsicht aufnehmen. Nebelartiges oder perlchnurartiges Aussehen der Schweife verdient besonders notiert zu werden.

6. Die scheinbare Größe wird, hauptsächlich infolge der Irradiation, häufig übertrieben. Trotzdem gewöhne man sich, dieselbe mit der scheinbaren Mondgröße zu vergleichen. Angaben nach irdischen Gegenständen sind natürlich an sich unbrauchbar, da ihnen ein unbewusstes und unberechtigtes Urteil über die Entfernung zugrunde liegt. In unserem Verzeichnisse von Beobachtungen, die von Laien angestellt sind, spielt bei den Größenangaben die „Kegelkugel“ stets eine bedeutende Rolle.

7. Farbe und namentlich Farbenwechsel müssen endlich noch angeführt werden, auch alles sonst noch Merkwürdige, namentlich ein etwaiges Geräusch oder gar ein Meteoritenfall. Bei gemeinsamen Beobachtungen, z. B. der Perseiden, ist es gut, wenn der Name des Beobachters bei jedem einzelnen Meteor erwähnt wird.

Man teile seine Beobachtungen einer Zeitschrift mit, die Fachleuten in die Hände kommt; man fordere gleichzeitig in öffentlichen Blättern zur Mitteilung anderweitiger Beobachtungen auf.

## Über die Wirkung der verschiedenen Massenteilchen eines physischen Pendels.

Von

Dr. W. Glaser in Homburg v. d. Höhe.

In vielen elementaren Lehrbüchern der Physik wird die Beantwortung der Frage nach der reduzierten Pendellänge mit einer Betrachtung eingeleitet, deren Sinn folgender ist:

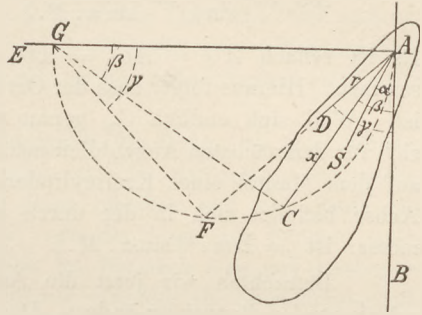
„Das physische Pendel ist aus unzählig vielen mathematischen Pendeln zusammengesetzt. Die kurzen mathematischen Pendel wollen schnell, die langen dagegen langsam gehen. Die ersteren werden deshalb beschleunigend auf die letzteren einwirken. Es muss also ein mathematisches Pendel von mittlerer Länge geben, das weder beschleunigend wirkt, noch beschleunigt wird u. s. w.“

Dagegen lässt sich Verschiedenes einwenden. Ich beschränke mich auf die folgende kurze Bemerkung: Nach dem Angeführten soll die Wirkung der kurzen Pendel auf die langen, sobald eine solche stattfindet, stets eine beschleunigende sein. Damit wird aber den ersteren offenbar die Eigenschaft zuerkannt, fortwährend Arbeit leisten zu können, ohne jemals eines Ersatzes für den Verlust an lebendiger Kraft zu bedürfen. Im Anschluss hieran gehe ich zu folgender Aufgabe über:

Von einem physischen Pendel sind die Lage und der Bewegungszustand gegeben. Welche seiner Massenteilchen suchen die Bewegung zu beschleunigen, welche sie zu verzögern, welche endlich verhalten sich ganz neutral?

Die Ebene der Zeichnung bedeute diejenige Vertikalebene, in welcher der Schwerpunkt  $S$  sich bewegt;  $A$  sei die Vertikalprojektion der Drehungsachse; in  $AB$  werde die

Zeichenebene von der durch jene Achse gelegten Vertikalebene, in  $AE$  von der bezüglichen Horizontalebene geschnitten. Die Vertikalebene  $AB$  zerlegt das Pendel für jeden Augenblick seiner Bewegung in zwei Stücke; in dem einen sinken die Massenteilchen, in dem anderen steigen sie. Um einen bestimmten Fall ins Auge zu fassen, möge angenommen werden, dass gegenwärtig dasjenige Stück sinke, in welchem der Schwerpunkt liegt. Bei dieser Voraussetzung ist die Drehungsgeschwindigkeit aller Massenteilchen im Zunehmen begriffen. Unter diesen Teilchen wird es nun auch solche geben, deren Bewegung während des nächsten Augenblicks unverändert bliebe, wenn plötzlich ihr Zusammenhang mit den übrigen aufgehoben würde. Sie verhielten sich alsdann wie freie mathematische Pendel und müssten auch in diesem Zustande mit beschleunigter Geschwindigkeit weitergehen. Dies wird nur möglich sein, wenn sie ebenfalls sinken, d. h. in demselben Stücke liegen, in dem auch der Schwerpunkt sich befindet. Die Lage eines solchen Teilchens sei durch  $C$  bezeichnet, während  $D$  einen beliebigen Punkt mit der Masse  $m$  bedeutet. Es werde hierbei noch angenommen, dass  $C$  und  $D$  der Ebene der Zeichnung angehören. Ferner sei gesetzt:



$$\angle BAS = \alpha, \angle BAC = \beta, \angle BAD = \gamma, AS = l, AC = x, AD = r.$$

Der Voraussetzung zufolge hat  $C$  die Beschleunigung eines mathematischen Pendels, also  $g \sin \beta$ . Wegen des festen Zusammenhangs zwischen den einzelnen Massenteilchen sind die Beschleunigungen und Geschwindigkeiten proportional den Entfernungen von der Achse. Die Beschleunigung von  $D$  ist mithin  $g \sin \beta \cdot r/x$ . Ihr entspricht die beschleunigende, tangential wirkende Kraft  $K = m g \sin \beta \cdot r/x$ . Bedeutet überhaupt  $D_p$  einen beliebigen Punkt der Zeichenebene,  $D_{pq}$  die Lage eines Massenteilchens auf der durch  $D_p$  zur Achse gelegten Parallelen, so ist ganz allgemein:

$$K_{pq} = m_{pq} g \cdot \frac{r_p}{x} \sin \beta.$$

Sind also die einzelnen Massenpunkte zu dem physischen Pendel vereinigt, so tritt an  $m_{pq}$  die tangential wirkende Kraft  $m_{pq} g \cdot r_p/x \cdot \sin \beta$  auf, ist dagegen  $m_{pq}$  frei, so wird es von  $m_{pq} g \sin \gamma_p$ , der entsprechenden Componente der Schwerkraft, angetrieben. Da nun ausser der Schwere keine bewegende Ursache vorhanden ist, so müssen die Kräfte, deren Repräsentant  $m_{pq} g \cdot r_p/x \cdot \sin \beta$  ist, aus den Kräften  $m_{pq} g \sin \gamma_p$  hervorgegangen sein. Die feste Verbindung zwischen den Massenteilchen hat also eine Zerlegung der Schwerkraft zur Folge. Wie aber auch eine derartige Zerlegung ausgeführt werden möge, so muss doch stets die algebraische Summe der statischen Momente der neuen Kräfte bezüglich der Drehungsachse gleich der algebraischen Summe der Momente der ursprünglichen Kräfte sein. Es besteht mithin die Gleichung:

$$\sum m_{pq} g \frac{r_p}{x} \sin \beta \cdot r_p = \sum m_{pq} g \sin \gamma_p \cdot r_p.$$

Da die Grössen  $g$ ,  $\beta$  und  $x$  constante Werte für alle Glieder der beiden Summen haben, so ist:

$$\frac{\sin \beta}{x} \sum m_{pq} \cdot r_p^2 = \sum m_{pq} \cdot r_p \cdot \sin \gamma_p.$$

Insofern weiter  $\sum m_{pq} \cdot r_p \cdot \sin \gamma_p = M l \sin \alpha$ , wo  $M$  die Gesamtmasse des Pendels bedeutet, so ergibt sich:

$$x = \frac{\sin \beta \sum m_{pq} \cdot r_p^2}{\sin \alpha \cdot M \cdot l}, \quad \text{oder kürzer:} \quad x = \frac{\sin \beta \sum m r^2}{\sin \alpha \cdot M \cdot l}.$$

Weil  $\beta$  ein beliebiger Winkel ist, und man für jedes  $\beta$  einen reellen Wert für  $x$  findet,

so gibt es unendlich viele Lagen für  $C$ . Wird in  $C$  auf  $AC$  ein Perpendikel errichtet, welches  $AE$  in  $G$  schneidet, so ist  $\angle AGC = \beta$ , also:

$$AG = \frac{x}{\sin \beta} = \frac{\sum m r^2}{\sin \alpha \cdot M \cdot l} \quad \text{und ebenso:} \quad AG_p = \frac{x_p}{\sin \beta_p} = \frac{\sum m r^2}{\sin \alpha \cdot M \cdot l}.$$

Es ist sonach  $AG = AG_1 = AG_2 = \dots$ , d. h. die Punkte  $G, G_1, G_2 \dots$  fallen zusammen. Hieraus folgt, dass der Ort für  $C$  ein Kreis mit dem Durchmesser  $\sum m r^2 / \sin \alpha \cdot M \cdot l$  ist. Weil sich endlich  $C_{pq}$  genau wie  $C_p$  bewegt, so liegen die Massenteilchen, welche sich für den nächsten Augenblick neutral erhalten, d. h. wie mathematische Pendel schwingen, auf dem Mantel eines Kreiscylinders. Diese Fläche geht durch die Drehungsachse; ihre Achse befindet sich in der durch letztere Linie gehenden Horizontalebene; ihr Durchmesser ist  $= \sum m r^2 / \sin \alpha \cdot M \cdot l$ .

Betrachten wir jetzt die Art und Weise, wie sich der Cylinder während der schwingenden Bewegung ändert. Der kleinste hat den Durchmesser  $\sum m r^2 / Ml$ . Das Pendel liegt alsdann horizontal, d. h. sein Schwerpunkt ist in gleicher Höhe mit der Drehungsachse ( $\alpha = 90^\circ$ ). Sinkt nun das Pendel, so wächst der Cylinder; ist der Schwerpunkt in der tiefsten Lage angekommen ( $\alpha = 0$ ), so ist der Durchmesser unendlich gross, d. h. der Cylindermantel ist in die Vertikalebene  $AB$  übergegangen. Fängt jetzt der Schwerpunkt an zu steigen, so wird der Durchmesser negativ (weil  $\alpha$  negativ), d. h. der Cylinder liegt auf der anderen Seite von  $AB$ . In ganz derselben Weise, in welcher er vorhin beim Abschwingen zunahm, wird er beim Aufschwingen wieder abnehmen.

Nachdem nunmehr der Ort der neutralen Massenpunkte gefunden ist, wird der Einfluss der übrigen leicht festzustellen sein. Einem beliebigen Teilchen kommt wegen seiner Schwere eigentlich die bewegende Kraft  $mg \sin \gamma$  zu; dieselbe wird jedoch hier ersetzt durch  $mg \sin \beta \cdot r/x$ . Ist nun  $mg \sin \beta \cdot r/x < mg \sin \gamma$ , so giebt das Teilchen offenbar Kraft ab, es hilft also anderen und wirkt deshalb antreibend. Aus der angegebenen Ungleichung folgt:

$$r < \frac{x}{\sin \beta} \cdot \sin \gamma, \quad \text{oder} \quad r < AG \cdot \sin \gamma, \quad \text{oder} \quad r < AF.$$

Bei abschwingendem Pendel üben mithin die Massenpunkte, welche innerhalb des Cylinders liegen, einen beschleunigenden Einfluss aus. Bezüglich der ausserhalb liegenden ist das Gegenteil der Fall. — Behält man die Lage des Pendels bei, ersetzt jedoch die sinkende Bewegung des Schwerpunktes durch eine steigende, so bleibt offenbar die Lage der neutralen Punkte unverändert. Unter  $mg \sin \beta \cdot r/x$  und  $mg \sin \gamma$  sind aber jetzt verzögernde Kräfte zu verstehen. Ist nun  $mg \sin \beta \cdot r/x < mg \sin \gamma$ , d. h.  $r < AF$ , so hat das betreffende Teilchen bei seinem Aufsteigen einen geringeren Widerstand zu überwinden, als derjenige ist, den sein Gewicht verursacht. Es giebt gewissermassen Widerstand ab, belastet also andere und wirkt deshalb hemmend. Bei aufschwingendem Pendel üben sonach die innerhalb des Cylinders liegenden Teilchen einen zurückhaltenden, die ausserhalb liegenden mithin einen antreibenden Einfluss aus. — Die gefundenen Ergebnisse lassen sich in folgendem Satze zusammenfassen: Die Cylinderfläche zerlegt den unendlichen Raum in zwei Teile. In dem bei der Schwingung wachsenden Teile befinden sich die beschleunigenden, in dem abnehmenden die verzögernden Massenpunkte.

Sieht man von der streng mathematischen Entwicklung ab, so wird der Vorgang, um den es sich hier handelt, in folgender Weise zu schildern sein: Beim Sinken des Pendels üben diejenigen Teilchen, welche der Achse relativ nahe liegen, einen vorwärtstreibenden Einfluss auf die entfernteren aus. Diese Einwirkung wird zur Folge haben, dass die ersteren während des Sinkens nicht die ganze Geschwindigkeit erlangen, welche sie frei schwingend erlangen würden. Diese Einbusse an Geschwindigkeit muss es ihnen aber, wenn sie ohne Unterstützung bleiben, unmöglich machen, auf die Höhe, von der

sie soeben herabgekommen sind, wieder emporzusteigen. Bei den entfernteren Teilchen wird das Umgekehrte stattfinden. Sie kommen im tiefsten Punkte ihrer Bahn mit einem Überschuss an Geschwindigkeit an, müssten also, wenn sie jetzt als mathematische Pendel weiter schwingen könnten, höher steigen, als sie vorhin gefallen sind. Da aber der feste Zusammenhang aller Teilchen ein Höhersteigen einerseits und ein Zurückbleiben andererseits unmöglich macht, so müssen beim Steigen des Pendels die entfernteren Massenpunkte vorwärts drückend auf die näheren einwirken. Was die ersteren also vorhin empfangen, das geben sie jetzt unvermindert wieder zurück. —

An das Vorhergehende knüpft sich mit Notwendigkeit die Frage, ob auch Punkte am Pendel vorkommen, die sich überall neutral verhalten, welche also genau wie mathematische Pendel schwingen. Ein derartiger Punkt liegt offenbar auf  $AS$ , denn die Voraussetzung  $\beta = \alpha$  ergibt für  $x$  einen constanten, von der Lage des Pendels unabhängigen Wert ( $\Sigma m r^2 / Ml$ ). Der Ort sämtlicher Punkte ist demnach eine zur Drehungsachse parallele Gerade, welche  $AS$  schneidet, Man könnte dieselbe als Schwingungslinie bezeichnen. Ihr Abstand von der Achse (die reduzierte Pendellänge) ist  $= \Sigma m r^2 / Ml$ , mithin gleich dem Durchmesser desjenigen der früher besprochenen Cylinder, welcher sich für die Lage  $\alpha = 90^\circ$  ergibt.

## Das Ohm'sche Gesetz in der Schule.<sup>1)</sup>

Von

Dr. Bruno Fest in Northeim.

Die Wichtigkeit des Ohm'schen Gesetzes macht eine experimentelle Bestätigung desselben auch in der Schule wünschenswert, um so mehr, da hier von einer theoretischen Ableitung des Gesetzes abgesehen zu werden pflegt. Mein Bestreben ging deshalb dahin, einen Weg zu finden, der mit möglichst einfachen Hilfsmitteln, sowie sie fast jeder Anstalt zu Gebote stehen oder doch mit geringen Kosten zu beschaffen sind, eine Bestätigung jenes Gesetzes gestattet. Ich brauche dazu, alles in allem, drei Unterrichtsstunden. Die erste ist dem Leitungswiderstand der Drähte, die zweite dem Leitungswiderstande der Flüssigkeiten gewidmet, und in der dritten Stunde endlich führe ich, mit Benutzung der gewonnenen Resultate, an der Hand des Experiments den Schüler selbst auf das Ohm'sche Gesetz. Das Verfahren, welches in diesem letzten Abschnitte zur Anwendung kommt, unterscheidet sich von dem im MÜLLER-POUILLET (8. Auflage, Band III, Seite 295—298) angegebenen hauptsächlich dadurch, dass die inconstanten Elemente durch constante ersetzt sind, wodurch man der Unbequemlichkeit enthoben ist, Schwankungen der elektromotorischen Kraft durch wiederholt angestellte Versuche zu eliminieren.

### 1. Leitungswiderstand der Drähte.

Man schalte in den Schliessungsbogen eines constanten Elementes (DANIELL) ein Vertikalgalvanometer und einen kurzen Metalldraht ein, welcher letztere zwischen zwei metallenen Fussklemmen (Fig. 1) eingespannt ist. Die Einstellung der Galvanometernadel wird beobachtet. Sodann wird der kurze Draht durch einen recht langen Draht von demselben Querschnitt und derselben Substanz ersetzt, der, um die Stative nicht zu weit auseinander stellen zu müssen, spiralförmig aufgewickelt ist. Die Nadel geht auffällig zurück, somit erfährt der galvanische Strom beim Durchgang durch Drähte einen Widerstand, er wird geschwächt.

Um jetzt genauer zu untersuchen, wie dieser Widerstand sich mit der Länge und dem Querschnitt eines Drahtes bei gleich bleibender

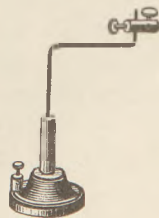


Fig. 1.

<sup>1)</sup> Nach der Abhandlung zum Programm des Real-Progymnasiums zu Northeim, Ostern 1890 (No. 333) umgearbeitet vom Verfasser. — Wir veröffentlichen den Aufsatz in der Absicht, dadurch zu einer Verständigung über die beste Darstellungsart des Gegenstandes im Unterricht anzuregen.

Substanz ändert, benutze man mehrere Neusilberspiralen von genau gleicher Länge und gleichem Querschnitt, die, in einen Holzrahmen gespannt, durch Stöpselvorrichtung nach Belieben hinter- und nebeneinander verbunden und durch am Rahmen befindliche Polklemmen bequem in einen Stromkreis eingeschaltet werden können. Die Zeichnung (Fig. 2), die den von mir benutzten Apparat von oben gesehen — ohne Stöpsel — darstellt,

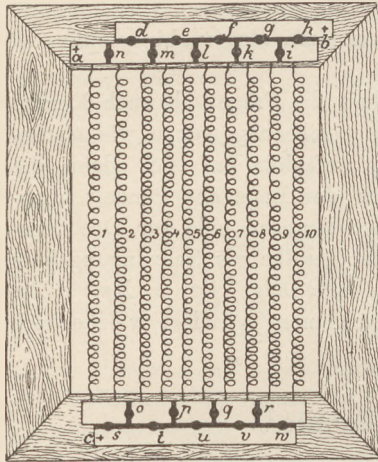


Fig. 2.

zeigt zehn solcher Drahtspiralen, die einzeln einen Widerstand von 5 S. E. bieten.<sup>1)</sup> Die Drahtspiralen endigen beiderseits einzeln oder zu zweien in schmalen Messingplatten, die durch Stöpsel in metallische Verbindung gesetzt werden können. Längs dieser Messingplatten, von ihnen nur durch einen schmalen Zwischenraum getrennt, läuft jederseits eine längere Messingplatte, die durch Stöpsel mit jenen verbunden werden kann. Endlich sind drei Zuleitungsklemmen vorhanden, von denen *a* auf der einen, *b* und *c* auf der anderen Seite liegen. Die schwach konischen Ausschnitte, in welche die Stöpsel eingesetzt werden können, sind in der Figur der Reihe nach mit den Buchstaben *d*, *e*, *f* u. s. w. bis *w* bezeichnet.

Um 1 bis 10 Spiralen nacheinander zu schalten, bedarf man bei dieser Vorrichtung wie leicht ersichtlich, nur eines Stöpsels, der abwechselnd auf dieser und jener Seite des Rahmens einzusetzen ist — alle übrigen Stöpsel sind herausgenommen; von den beiden Zuleitungsklemmen *b* u. *c* wird dabei je nach Erfordernis die eine oder die andere benutzt. Dagegen um die Spiralen nebeneinander zu schalten, also die Querschnitte 1 bis 10 hervorzurufen, beginnt man zwar auch mit einem Stöpsel (nämlich in *s*), setzt aber jedes Mal einen Stöpsel mehr ein, so dass für den 10 fachen Querschnitt auch 10 Stöpsel erforderlich sind. Als Zuleitungsklemmen dienen in diesem Falle stets *a* u. *c*.

Ehe zu den Versuchen mit den Neusilberspiralen geschritten wird, gebe man die Definition der Widerstandseinheit. Es genügt zu sagen, dass der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0° C. als Widerstandseinheit (= 1 S. E.) angenommen wird, und dass die Widerstände aller übrigen Körper hiermit verglichen werden. Der Schüler wird ohne weiteres zugeben, dass eine 2, 3, 4 u. s. w. m lange Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt den 2, 3, 4 u. s. w. fachen Widerstand bietet. Er wird ferner sich recht gut vorstellen können, dass eine gewisse Länge eines Drahtes, vielleicht desselben Neusilberdrahtes, aus dem die Spiralen gefertigt sind, einen ebensolchen Widerstand bietet, als jene 1 m lange Quecksilbersäule und folgert dann von selbst, dass die 2, 3, 4 u. s. w. fache Länge dieses selben Drahtes den 2, 3, 4 u. s. w. fachen Widerstand bietet. Damit ist das Gesetz der Proportionalität des Leitungswiderstandes mit der Länge (bei unverändertem Querschnitt) ja schon ausgesprochen, und es handelt sich im folgenden nicht um einen eigentlichen Beweis, sondern um eine blosse Klarstellung des Gesetzes durch eine Reihe von Versuchen. Erforderlich ist hierbei ein Stöpsel-Rheostat, mit dessen innerer Einrichtung der Schüler zunächst bekannt zu machen ist. Er mag sich vorstellen, dass die angegebenen Widerstände 0,5, 1, 1,5 u. s. w. S. E. durch Anwendung verschiedener Längen eines und desselben Drahtes (irgend welchen Materials) hergestellt sind.

Unter den verschiedenen Methoden, die bei Vergleichung von Drahtwiderständen im Gebrauch sind, halte ich für die Schule am passendsten die Substitutionsmethode

<sup>1)</sup> Obwohl jetzt ein Ohm die gebräuchliche Widerstands-Einheit ist, sah ich mich genötigt, den Widerstand nach S. E. zu bemessen, da der in der Sammlung vorhandene Stöpsel-Rheostat nach S. E. eingeteilt war.

welche auf dem einfachen Satze basiert: „Zwei Widerstände sind einander gleich, wenn sie, einzeln in denselben Stromkreis eingeschaltet, dieselbe Stromstärke geben, d. h. dieselbe Ablenkung der Galvanometernadel hervorrufen.“ Man verbinde also ein constantes Element (DANIELL), das Vertikalgalvanometer und den ersten der 10 Neusilberdrähte zu einem einfachen Stromkreise und beobachte die Einstellung der Nadel. (Um nicht zu lange darauf warten zu müssen, bis die Nadel zur Ruhe kommt, hemme man ihre Bewegung durch einen weichen Pinsel.) Sodann ersetze man, unter Beibehaltung aller übrigen Verbindungen, den Neusilberdraht durch den Rheostaten und schalte soviel Rheostaten-Widerstand ein, dass die Nadel wiederum genau dieselbe Stellung zeigt, wozu hier speziell 5 S. E. erforderlich sind. Damit ist der Widerstand des Drahtes = 5 S. E. festgestellt. Jetzt wird der Rheostat durch zwei hinter einander verbundene Neusilberspiralen ersetzt; die Einstellung der Nadel wird beobachtet. Dieselbe Einstellung wird bewirkt, dadurch, dass an Stelle der Drähte 10 S. E. eingeschaltet werden. Der gleiche Versuch mit 5 Spiralen ausgeführt lehrt, dass dieselben durch 25 S. E. des Rheostaten ersetzt werden können. Reiht man diesen drei Versuchen noch den mit 10 Spiralen an und zeigt, dass dieser 10 mal so lange Spiraldraht einen Widerstand von 50 S. E., also den 10fachen Widerstand der einfachen Spirale darbietet, so ist das Gesetz:

Der Leitungswiderstand eines Drahtes wächst in gleichem Verhältnis mit seiner Länge, wofern der Querschnitt und die Substanz desselben sich nicht ändern,

klar gelegt.

Schaltet man jetzt einen Neusilberdraht von doppeltem, 5 fachem und 10 fachem Querschnitt bei gleichbleibender Länge nach einander ein und sucht jedes Mal die ersetzenden Rheostaten-Widerstände, die dieselbe Nadeleinstellung bewirken, so findet man:  $\frac{5}{2}$ ,  $\frac{5}{5}$  und  $\frac{5}{10}$  S. E., womit das zweite Gesetz bewiesen ist:

Der Leitungswiderstand eines Drahtes steht im umgekehrten Verhältnis zu seinem Querschnitt, wofern die Länge und die Substanz desselben sich nicht ändern.

Um endlich ersichtlich zu machen, dass auch die Substanz des Drahtes auf den Widerstand Einfluss hat, spanne man zwischen den im Anfange dieses Abschnittes erwähnten Stativen der Reihe nach ebenfalls zu Spiralen aufgewickelte Drähte von gleicher Länge und gleichem Querschnitt, aber verschiedener Substanz aus, etwa Kupfer, Messing, Eisen und Neusilber und schalte sie in einen einfachen Stromkreis mit Galvanometer ein. (Noch vorteilhafter ist es, solche Drähte gleicher Dimensionen, aber verschiedener Substanz gemeinschaftlich auf ein Brett zu spannen, so dass sie einerseits mit ein und derselben, mit Klemmschraube versehenen, Messingplatte in Verbindung stehen, also einen gemeinschaftlichen Anschluss haben, während das jedesmalige andere Drahtende mit einer besonderen Klemmschraube verbunden ist.) Um merklich von einander abweichende Nadeleinstellungen zu erzielen, dürfen die Drähte nicht zu dick und zu kurz genommen werden; die Dicke mag etwa 0,5 mm betragen und die Länge mag so gewählt sein, dass der Eisendraht ungefähr 5 S. E. Widerstand bietet. Der Schüler wird so aus der Abweichung der Nadel deutlich erkennen, dass unter den genannten Metallen — gleiche Dimensionen der Metalldrähte vorausgesetzt — Kupfer den geringsten Widerstand bietet, darnach Messing, Eisen und zuletzt Neusilber, oder anders ausgedrückt, dass unter den vieren Kupfer den galvanischen Strom am besten, Neusilber am schlechtesten leitet. Hier wird die Bemerkung Platz finden, dass Silber der beste Elektrizitätsleiter ist.

Man schliesse diesen ersten Abschnitt damit, dass man die gewonnenen Resultate in die Formel

$$w = s \cdot \frac{l}{q} \text{ oder } w = \frac{1}{k} \cdot \frac{l}{q}$$

kleidet, wo  $l$  = Länge,  $q$  = Querschnitt,  $s$  der spezifische Leitungswiderstand und  $k = \frac{1}{s}$  das spezifische Leitungsvermögen ist.

## 2. Leitungswiderstand der Flüssigkeiten.

Das für die Untersuchung des Widerstandes der Drähte beschriebene Verfahren kann wegen der Polarisation nicht ohne weiteres für Flüssigkeiten in Anwendung kommen. Die verschiedenen Methoden, die zur Bestimmung des Leitungswiderstandes der Flüssigkeiten dienen, gehen alle darauf hinaus, den störenden Einfluss der Polarisation zu eliminieren. Ich halte für die Schule an dem freilich unvollkommeneren, älteren Verfahren von HORSFORD fest, das hier weniger zu einer wirklichen genauen Widerstandsbestimmung, als zu möglichst annähernder Richtigstellung der beiden Gesetze dienen soll, welche die Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und dem Querschnitt der Flüssigkeitssäule lehren. Die Versuche gelingen mit Hilfe eines kleinen Apparates (Fig. 3), den ich für diesen Zweck habe konstruieren lassen, mit hinreichender Genauigkeit:

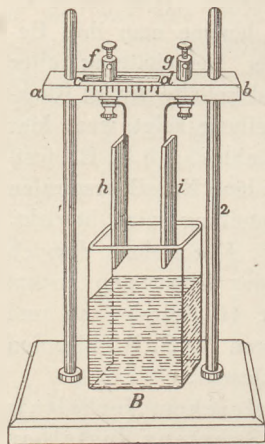


Fig. 3.

Zwischen zwei auf einem Brett *B* befestigten Säulen 1 und 2 aus Messing lässt sich ein horizontaler Balken *a b* aus Hartgummi mit gelinder Reibung auf und nieder schieben. Der Balken besitzt, wie aus der Fig. ersichtlich, einen längeren rechteckigen Ausschnitt *cd*. Die Klemmen *f* und *g*, welche als Zuleitungsklemmen nieden, tragen an ihren unteren Enden 2 vertikal herabhängende Kupferplatten *h* und *i* von genau gleicher Dimension, die in einen zwischen den Säulen stehenden Glastrog mehr oder weniger tief eingelassen werden können.

Fig. 4 zeigt einen Längsdurchschnitt der vollständigen Zuleitungsklemme *f*. Das cylindrische Mittelstück *l* der Schraube verjüngt sich plötzlich bei *k*, wo der Querschnitt rechteckig wird, so dass die Klemme mit diesem Teile *m* in den rechteckigen Ausschnitt *cd* (Fig. 3) passt, während die Ränder *k* des Cylinders *l* über den Rand des Ausschnittes greifen. In die cylindrische Fortsetzung von *m* ist ein Schraubengewinde eingeschnitten so dass eine Mutter *p* ein federndes metallisches Blättchen *n* leicht gegen den Hartgummibalken drücken kann. Hierdurch ist erreicht, dass die Klemme *f* mit leichter Reibung, den Ausschnitt *cd* entlang, verschoben werden kann. Eine zweite Mutter *q* presst den rechtwinklig gebogenen Kupferdraht *r*, an den die Kupferplatte *h* angelötet ist, gegen die festliegende Mutter *p*. Leicht kann bei dieser Ein-

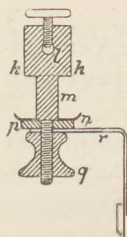


Fig. 4.

richtung die Kupferplatte auch durch eine andere Metallplatte gleicher Dimension, z. B. durch eine Zinkplatte, ersetzt werden. Die Klemme *g* ist ebenso eingerichtet wie *f*, hat jedoch an dem Balken *ab*, welchen sie durchbricht, eine unveränderliche Stellung. Die Platten sind durch Einkerbungen am vorderen Rande in eine Anzahl gleicher Abschnitte eingeteilt; der einzelne Flächenabschnitt sei nicht unter 6 qcm. Endlich ist noch zu erwähnen, dass die vordere Seite des Hartgummibalkens, dem Ausschnitt gegenüber, mit einer Einteilung versehen ist; es genügt, grössere Teilstriche von 5 zu 5 mm anzubringen und die jedesmalige Mitte solcher Strecke durch einen kleineren Teilstrich zu markieren. Die rechte vordere Ecke des Metallblättchens *n*, welches mit der vorderen unteren Kante des Balkens *ab* gerade abschneidet, kann als ein die Teilung entlang gleitender Index dienen.

Um nun den Einfluss der Länge der Flüssigkeitssäule bei unverändertem Querschnitt zu finden, schliesse man ein constantes Element (DANIELL), das Vertikalgalvanometer, den gestöpselten Rheostaten und den beschriebenen Apparat zu einem einfachen Stromkreise. Bei Benutzung der Kupferplatten ist der Trog mit Kupfervitriollösung zu füllen, bei (am besten amalgamierten) Zinkplatten mit Zinkvitriollösung. Die Platten tauchen zunächst nur bis zur ersten Randmarke, von unten an gerechnet, ein. Die bewegliche, die Kupferplatte *h* tragende, Klemme *f* wird soweit nach links verschoben, dass der Index (Ecke des Metallblättchens *n*) gerade auf den ersten Teilstrich am Balken *ab* zeigt. Eine Flüssigkeitssäule ist also von vorn herein in den Stromkreis eingeschaltet. Der Galvano-



meterausschlag wird, nachdem die Nadel zur Ruhe gekommen, abgelesen. Jetzt nähert man die Platte  $h$  der Platte  $i$  etwa um 1 cm, so wird die Nadel des Galvanometers etwas vorrücken. Diese Änderung in der Nadeleinstellung rührt lediglich von der ausgeschalteten Flüssigkeitssäule her, denn die wirkende elektromotorische Kraft, welche gleich der Differenz der elektromotorischen Kraft des Elements und der elektromotorischen Kraft der Polarisierung ist, bleibt, da weder die erstere noch die letztere bei Annäherung der Platten sich ändert, fortwährend dieselbe. Werden daher soviel Rheostatenwiderstände eingeschaltet, dass die Nadel wieder die ursprüngliche Stellung einnimmt, so geben diese den Widerstand der ausgeschalteten Flüssigkeitssäule an. Nunmehr werde durch weiteres Vorrücken der Platte  $h$  um noch 2 cm die doppelt so lange Flüssigkeitssäule ausgeschaltet, so ist auch, verglichen mit den vorigen Rheostatenwiderständen, die natürlich eingeschaltet bleiben, die doppelte Anzahl nötig, um die ursprüngliche Einstellung der Nadel zu erzielen; beim Vorrücken um noch 3 cm (wenn der Apparat ein solches gestattet) würde der 3 fache Rheostatenwiderstand erforderlich gewesen sein u. s. w. Aus einer grösseren Zahl von Versuchen, die bei verschiedener Konzentration der angewandten Flüssigkeiten (Kupfer- und Zinkvitriollösung) angestellt wurden, — auf Temperatur wurde keine Rücksicht genommen, da dieselbe bei der kurzen Dauer des Versuchs sich kaum ändert — seien einige herausgegriffen:

Flüssigkeit.	Galvanometer-Ausschlag.	Länge der ausgeschalteten Flüssigkeitssäule.	Eingeschaltete Rheostatenwiderstände.
Kupfervitriollösung, stark verdünnt.	14,3°	7,5 mm	7½ S. E.
		15 mm	14½ S. E.
Kupfervitriollösung, verdünnt.	15,2°	0,5 cm	4 S. E.
		1,0 cm	8 S. E.
		1,5 cm	12 S. E.
Zinkvitriollösung, verdünnt.	13,8°	0,5 cm	5 S. E.
		1,0 cm	10 S. E.
		1,5 cm	15 S. E.

Die Zahlen lassen deutlich das Gesetz erkennen:

Bei unverändertem Querschnitt wächst der Leitungswiderstand einer und derselben Flüssigkeit in gleichem Verhältnis mit der Länge der Flüssigkeitssäule.

Ehe zum Nachweis des zweiten Gesetzes geschritten wird, schicke man folgende Erörterungen voran:

Angenommen, die Kupfer- resp. Zinkplatten seien, vom unteren Rande aus gerechnet, in 4 gleiche Abschnitte geteilt und tauchen mit dem unteren ersten Viertel in die Flüssigkeit. Der Stromkreis sei derselbe wie vorhin. Der unbekannt Widerstand der Flüssigkeit, welchem eine bestimmte Einstellung der Galvanometernadel entspricht, sei mit  $x$  bezeichnet. Vorausgesetzt nun, der Widerstand sei umgekehrt proportional dem Querschnitt, so wird die Flüssigkeitssäule, welche durch Eintauchen der Platten bis zum zweiten Teilstrich in den Stromkreis tritt, nur den Widerstand  $x/2$  bieten. Ist dann  $w_1$ , der Rheostatenwiderstand, der eingeschaltet werden muss, um die vorgerückte Nadel in ihre anfängliche Stellung zurückzuführen, so gilt die Gleichung  $x = x/2 + w_1$ . Senkt man aber die Platten bis zum vierten Teilstrich ein, wodurch der Querschnitt der Flüssigkeitssäule vierfach wird, so dass ihr Widerstand nur noch  $x/4$  ist, und ist ferner  $w_2$  der gesamte Rheostatenwiderstand, der eingeschaltet werden muss, um die Nadel abermals auf die ursprüngliche Einstellung zurückzuführen, so gilt die zweite Gleichung:  $x = x/4 + w_2$ . Aus beiden Gleichungen folgt:  $w_2 = 3/2w_1 = w_1 + 1/2w_1$ .

Der Beweis für die Richtigkeit des Gesetzes wird also folgendermassen geliefert:

Man senkt die Platten bis zum ersten Teilstrich ein, beobachtet die Einstellung der Nadel; jetzt taucht man bis zum zweiten Teilstrich ein und schaltet soviel Rheostatenwiderstände  $w_1$  ein, bis die vorgerückte Nadel in ihre ursprüngliche Stellung zurückkehrt; endlich senkt man die Platten bis zum vierten Teilstrich und zeigt, dass den bereits eingeschalteten Rheostatenwiderständen  $w_1$  nur noch  $\frac{1}{2}w_1$  hinzuzufügen sind, um die wieder vorgerückte Nadel abermals in ihre erste Stellung zurückzuführen.

Sind die Platten hinreichend gross, so dass bei Einteilung in 6 gleiche Teile ein Teil nicht kleiner als 6 qcm ausfällt, so kann man auch erst  $\frac{1}{6}$ , dann  $\frac{2}{6}$ ,  $\frac{4}{6}$  und schliesslich  $\frac{6}{6}$  der eingeteilten Platten eintauchen lassen. Die Bestimmungsgleichungen für die Rheostatenwiderstände lauten dann:

$$\left. \begin{aligned} x &= x/2 + w_1 \\ x &= x/4 + w_2 \\ x &= x/6 + w_3 \end{aligned} \right\} \text{woraus} \left\{ \begin{aligned} w_2 &= \frac{3}{2} w_1 \\ w_3 &= \frac{5}{3} w_1 = \frac{10}{9} w_2. \end{aligned} \right.$$

Die Platten, welche zur Benutzung kamen, waren nicht gross genug, eine Einteilung in mehr als 4 gleiche Teile zuzulassen. Aus eine Reihe von Versuchen seien zwei herausgegriffen:

Flüssigkeit.	Galvanometer-Ausschlag.	Teilstrich, bis zu welchem die Platten eintauchen.	Eingeschaltete Rheostatenwiderstände
Kupfervitriollösung	9,3°	1	—
		2	15 S. E.
		4	15 + 7½ S. E.
Zinkvitriollösung.	16,2°	1	—
		2	10 S. E.
		4	10 + 5 S. E.

Die Versuche erweisen die Richtigkeit auch des zweiten Gesetzes:

Bei unveränderter Länge der Flüssigkeitssäule steht ihr Widerstand im umgekehrten Verhältnis zum Querschnitt.

Was nun endlich die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes einer Flüssigkeit von der Beschaffenheit der Flüssigkeit selbst anbetrifft, so genügt es zu zeigen, dass der Ausschlag der Galvanometernadel sich mit der Concentration der Lösung ändert.

### 3. Das Ohm'sche Gesetz.

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass der galvanische Strom in einem geschlossenen Stromkreise einen zweifachen Widerstand zu überwinden hat, nämlich den Widerstand innerhalb der Kette, von den flüssigen Leitern herrührend, und den Widerstand im Schliessungsbogen: ersterer wird der innere oder wesentliche Widerstand genannt und mit  $w$  bezeichnet, letzterer heisst der äussere Widerstand und wird mit  $r$  bezeichnet. Der Gesamtwiderstand  $W$  ist also  $= w + r$ . Die Stärke des Stromes  $J$  wird einmal abhängig sein von diesem Gesamtwiderstande  $W$ . Dass zweitens die Stromstärke sich auch ändern muss mit der Grösse der Kraft, welche die Elektrizität erregt, mit der elektromotorischen Kraft  $E$ , ist ohne weiteres klar. Es kommt nun darauf an zu untersuchen:

- 1) in welcher Weise  $J$  abhängig ist von  $W$  bei unverändertem  $E$ ,
- 2) in welcher Weise  $J$  abhängig ist von  $E$  bei unverändertem  $W$ .

Daraus wird sich dann drittens ergeben, in welcher Weise  $J$  von  $E$  und  $W$  zugleich abhängig ist.

Erster Versuch. Eine Tangentenbussole  $T$  wird mit einem Stöpselrheostaten  $R$ , einem Unterbrecher  $U$  und einem konstanten Element  $K$  zu einem einfachen Stromkreis, wie Fig. 5 zeigt, verbunden. Als konstantes Element wird ein kleiner Bunsen'scher Becher benutzt. Auf dem Zinkcylinder sind, vom unteren Rande aus gerechnet, durch 2 Feilstriche 2 gleiche Abschnitte markiert, ebenso auf dem Kohlenprisma. Die verdünnte Schwefelsäure sowohl als auch die konzentrierte Salpetersäure reicht bei diesem ersten Versuche bis zum oberen Feilstrich des Zinkcylinders bezw. der Kohle.

Die Tangentenbussole muss einen starken Kupferreifen besitzen, so dass ihr Widerstand, als verschwindend klein, unberücksichtigt gelassen werden kann. Die zuleitenden Drähte 1 und 2 aus Messing oder Kupfer, welche parallel neben einander laufen, sind so stark, dass auch ihr Widerstand vernachlässigt werden darf. Durch den Rheostaten wird ein bestimmter Widerstand z. B. 2 S. E. eingeschaltet, somit setzt sich der äussere Widerstand zusammen aus dem der Drähte 3, 4, 5 und 6 und dem Rheostatenwiderstand 2 S. E.; dazu kommt der innere Widerstand

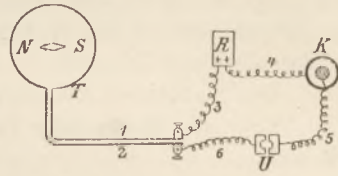


Fig. 5

*w* des Bunsen'schen Elementes. Der Strom wird mit Hilfe des Unterbrechers *U* geschlossen und die Ablenkung der Magnetnadel beobachtet:  $\varphi = 11^\circ$ .

Zweiter Versuch. Es handelt sich in diesem zweiten Versuche darum, den Gesamt-widerstand, d. h. sowohl den äusseren (*r*) als auch den inneren Widerstand (*w*) zu verdoppeln, ohne die elektromotorische Kraft zu verändern. Nach Abschnitt I geschieht die Verdoppelung von *r* dadurch, dass die Drähte 3, 4, 5 und 6 durch noch einmal so lange Drähte derselben Dicke und derselben Substanz ersetzt und zugleich anstatt 2 jetzt 4 S. E. durch den Rheostaten eingeschaltet werden. Die Verdoppelung des inneren Widerstandes *w* erreicht MÜLLER-POUILLET<sup>3)</sup> dadurch, dass er den Abstand der Platten *Z* und *P* des inkonstanten Elementes verdoppelt, wodurch bei unverändertem Querschnitt die Flüssigkeitssäule noch einmal so lang wird. Dieses Verfahren ist bei dem Bunsen'schen Element, wo Zink und Kohle einen unveränderlichen Abstand von einander haben, nicht anwendbar, hier muss also bei unveränderter Länge der Flüssigkeitssäule oder vielmehr -säulen ihr Querschnitt auf die Hälfte reduziert werden. Man ersetze zu dem Ende das Element *K*<sub>1</sub> durch ein anderes Bunsen'sches Element *K*<sub>2</sub>, das in allen Stücken möglichst dieselben Dimensionen aufweist, aber nur bis zu den unteren Feilstrichen des Zinks und der Kohle gefüllt ist (oder aber man entleere das Element *K*<sub>1</sub> bis zu den unteren Feilstrichen). Nach Abschnitt II ist hierdurch auch der innere Widerstand *w* verdoppelt, ohne dass die elektromotorische Kraft eine Änderung erfahren hat.

Die Beobachtung des Ablenkungswinkels ergibt  $\varphi_1 = 5^\circ 30'$ .

Wird die Stromstärke im ersten Versuch mit *J*, die im zweiten mit *J*<sub>1</sub> bezeichnet, so ist:

$$J : J_1 = \tan 11^\circ : \tan 5^\circ 30' = 0,19438 : 0,09629 \text{ d. i. nahezu: } J : J_1 = 2 : 1.$$

Nun verhielten sich aber die den Stromstärken *J* und *J*<sub>1</sub> entsprechenden Gesamt-widerstände *W* und *W*<sub>1</sub>:

$$W_1 : W = 2 : 1.$$

Aus beiden Proportionen folgt:

$$J : J_1 = W_1 : W.$$

Ergebnis: Bei unveränderter elektromotorischer Kraft verhalten sich die Stromstärken umgekehrt wie die Gesamt-widerstände.

Dritter Versuch. Die Drahtverbindungen des zweiten Versuches und der Rheostatenwiderstand 4 S. E. werden auch in diesem dritten Versuche beibehalten, d. h. der äussere Widerstand (*2r*) wird in keiner Weise verändert; auch der innere Widerstand (*2w*) soll derselbe bleiben, jedoch die elektromotorische Kraft soll verdoppelt werden. Dies wird dadurch erreicht, dass das nur bis zu den unteren Feilstrichen (also halb) gefüllte eine Element des zweiten Versuches durch zwei solcher bis zu den oberen Feilstrichen (also ganz) gefüllten Elemente *K*<sub>1</sub> und *K*<sub>2</sub> ersetzt wird (deren Zink und Kohle durch starken Kupferdraht mit einander verbunden sind). In der That ist jetzt der innere Widerstand wiederum *2w*, denn zufolge Abschnitt II wird bei gleichbleibender Länge

<sup>3)</sup> MÜLLER-POUILLET, 8. Aufl., Bd. III, S. 296. [9 Aufl. S. 412].

einer Flüssigkeitssäule ihr Widerstand auf die Hälfte reduziert durch Verdoppelung des Querschnitts, somit ist der innere Widerstand des einzelnen ganz gefüllten Elementes halb so gross als der des einzelnen halb gefüllten Elementes, d. h.  $= w$ , so dass beide Elemente zusammen den Widerstand  $2w$  liefern. Die elektromotorische Kraft ist, wenn die des einzelnen Elementes  $= E_1$  ist,  $E_2 = 2 E_1$ .

Der beobachtete Ablenkungswinkel nach Schliessung des Stromkreises war  $\varphi_2 = 11^\circ$ , d. h., wenn die Stromstärke in diesem dritten Versuche mit  $J_2$  bezeichnet wird, es verhält sich:

$$J_1 : J_2 = \tan 5^\circ 30' : \tan 11^\circ = 0,09629 : 0,19438 \text{ also nahezu } = 1 : 2.$$

$$\text{mithin auch } J_1 : J_2 = E_1 : E_2.$$

Ergebnis: Bei unverändertem Gesamtwiderstand verhalten sich die Stromstärken direkt wie die elektromotorischen Kräfte.

Beide Proportionen

$J : J_1 = E : E_1$  (bei constantem  $W$ ),  $J : J_1 = W_1 : W$  (bei constantem  $E$ ) sind enthalten in der Gleichung:

$$J = k \cdot \frac{E}{W},$$

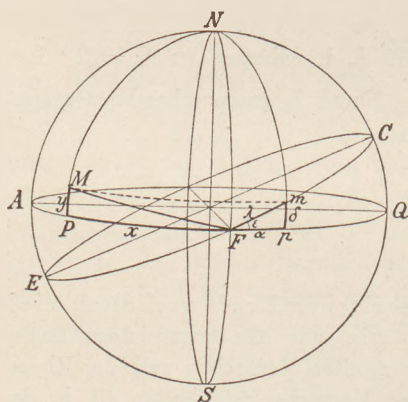
worin  $k$  ein constanter Faktor ist. Der Wert von  $k$  hängt von den Einheiten ab, nach welchen  $J$ ,  $E$  und  $W$  gemessen werden; diese können so gewählt werden, dass  $k = 1$  ist, also

$$J = \frac{E}{W} \text{ oder } J = \frac{E}{w + r}.$$

Dies ist der mathematische Ausdruck für das Ohm'sche Gesetz.<sup>4)</sup>

### Physikalische Aufgaben.

32. Wie lautet die Gleichung derjenigen Bahn, (Schraubenlinie, vgl. *d. Zeitschr. II, S. 167*), in welcher sich die Sonne in bezug auf die Erde im Laufe eines Jahres zu bewegen scheint? Die Bewegung der Sonne längs der Ekliptik ist als gleichförmig anzunehmen.



Antwort: Es sei  $NS$  die Weltaxe,  $AQ$  der Himmelsäquator,  $EC$  die Ekliptik,  $F$  der Frühlingspunkt. Steht dann zu einer gewissen Zeit nach der Frühlings-Nachtgleiche die Sonne in  $m$ , so ist  $Fm = \lambda$  ihre Länge,  $Fp = \alpha$  ihre Rectascension,  $pm = \delta$  ihre Deklination. Während der Zeit, in welcher die Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel von  $F$  nach  $m$  fortgeschritten ist, hat sich der Fixsternhimmel in bezug auf die Erde gedreht, der Punkt  $F$  ist längs des Bogens  $FP = x$  des Himmels-Aequators nach  $P$ , die Sonne von  $m$  nach  $M$  fortgeschritten, wo  $M$  in dem durch  $P$  gelegten Deklinationskreis so liegt, dass  $PM = y$  gleich ist  $pm = \delta$ . Der Kurven-Bogen von  $F$  nach  $M$  ist dann ein Stück

der gesuchten Schraubenbahn; als Gleichung dieser Kurve werden wir die Relation zwischen den Bögen (Winkeln)  $x$  und  $y$  zu betrachten haben.

<sup>4)</sup> Die bei den Versuchen benutzten Apparate sind vom Universitäts-Mechanikus W. Apel in Göttingen geliefert und zwar das Vertikalgalvanometer mit Arretierung für M. 30, die Fussklemmen à M. 1,50, der Widerstandsrahmen (Fig. 2) für M. 25, der Stöpselrheostat von 1 bis 50 Ohm für M. 40, der Trogapparat (Fig. 3) mit Platten für M. 12, die Tangentenbussole mit Kupferreifen von 300 mm Durchm. für M. 45, der Stromunterbrecher mit Quecksilbernäpfen für M. 3.

Nun hat in derselben Zeit, in welcher die Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel einmal die Ekliptik durchläuft, der Fixsternhimmel soviel Umläufe in bezug auf die Erde gemacht, als das Jahr Sterntage hat. Bezeichnen wir diese Zahl ( $366\frac{1}{4}$ ) mit  $n$ , so ist wegen der als gleichförmig vorausgesetzten Bewegung längs  $\lambda$  und der wirklich gleichförmigen längs  $x$

$$x : \lambda = n : 1, \text{ woraus } \lambda = \frac{x}{n}.$$

Dies ebenso wie die obige Relation  $\delta = y$  eingesetzt in die bekannte Relation zwischen  $\delta$ ,  $\lambda$ ,  $\varepsilon$

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda$$

gibt die verlangte Gleichung der Schraubenlinie:

$$\sin y = \sin \varepsilon \cdot \sin \frac{x}{n}.$$

Lehrreiche Specialwerte sind die für die Zeitpunkte, welche die Zeitdauer von einem Durchgang der Sonne durch den Frühlingspunkt bis zum nächsten in 12 gleiche Teile teilen; und weiter die für die Zeitpunkte, welche je ein solches Zwölftel in 4 gleiche Teile teilen. Es sind hierfür einzusetzen:

$$x = \frac{1}{48} \cdot 360^\circ \cdot n, \quad x = \frac{2}{48} \cdot 360^\circ \cdot n \dots x = \frac{12}{48} \cdot 360^\circ \cdot n \dots (\text{warum?}).$$

Berechnet man die diesen  $x$  entsprechenden  $y$ , so stimmen sie überein mit den *a. a. O.*, S. 168 angegebenen Deklinationen der Sonne. Berechnet man aber die Monatstage, welche den vom 21. März gezählten Achtundvierzigsten eines Jahres entsprechen, so stimmen sie nicht ganz überein mit den dortselbst angegebenen Monatstagen, welche dem astronomischen Kalender entnommen (resp. durch Interpolation bestimmt) sind. Die Abweichung der Monatstage giebt ein Bild von der „Ungleichheit“ der Bewegung der Sonne längs der Ekliptik.  
*A. Höfler, Wien.*

**33.** Wie würde sich die Verteilung der Zonen sowie der Wechsel der Jahreszeiten und der Tageslänge für unsere Erde gestalten, wenn die Ebene der Ekliptik mit dem Himmelsäquator zusammenfiel oder mit diesem einen rechten Winkel einschloesse?

Welchen Einfluss auf die genannten Verhältnisse würde eine successive Aenderung dieses Winkels innerhalb der Grenzwerte  $0^\circ$  und  $90^\circ$  haben? (Vgl. hierzu Diesterweg, Himmelskunde, 11. Auflage, S. 115—116).  
*Dr. Jul. Schönach, Wien.*

**34.** Ein Leiter, der mit der Erde leitend verbunden ist, stehe einem negativ elektrischen Nichtleiter gegenüber. Kann der Leiter an irgend einer Stelle Influenz elektrizität zweiter Art enthalten, die sich gewissermaassen in einer Sackgasse verrannt hat?

*Antwort:* Nein. — Das Potential in allen Punkten des Leiters ist Null. Geht man vom Leiter in den äusseren Raum hinein, so gelangt man zu Niveauflächen niedrigeren Potentials. Bedeutet also  $V$  das Potential aller el. Massen,  $n$  die äussere Normale,  $k$  die Dichtigkeit der El. für einen Oberflächenpunkt des Leiters, so ist in der Gleichung

$$\frac{dV}{dn} = -4\pi k$$

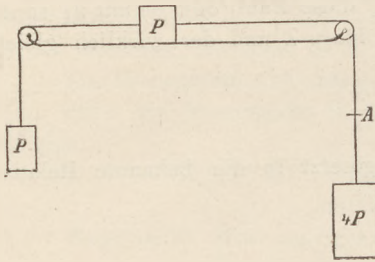
die linke Seite überall negativ, mithin  $k$  positiv.

*Th. Häbler, Grimma.*

**35.** Während zwei Eisenbahnzüge mit gleicher Geschwindigkeit aneinander vorbeifahren, pfeift der eine; dies wird auf dem anderen Zuge zuerst als ein hoher, dann plötzlich als ein tieferer Ton gehört. Wenn das Verhältnis zwischen den Höhen dieser Töne  $\frac{3}{2}$  beträgt, wie gross ist dann die Geschwindigkeit jedes Zuges?

*Antwort:* 33,2 m.

36. Drei glatte Körper,  $P$ ,  $P$  und  $4P$  sind so miteinander verbunden, wie die Figur zeigt. Wenn die Körper (ohne Anfangsgeschwindigkeit) den Weg  $a$  zurückgelegt haben, wird der Faden bei  $A$  durchgeschnitten. Wie weit bewegen die Körper ebenso langen Zeit vorwärts und welche Geschwindigkeit erlangen sie?



Antwort:  $a$ , Null.

37. Ein Körper  $p$  liegt auf einem anderen, der mit der Acceleration  $G$  senkrecht auf und nieder bewegt wird. Bestimme den Druck zwischen den beiden Körpern.

Antwort:  $p \left( 1 + \frac{G}{g} \right)$ .

(Wenn unser Körper eine unregelmässige Bewegung erhält, so entstehen in uns in ähnlicher Weise Drucke von veränderlicher Grösse; möglicherweise ist hierin eine von den Ursachen der Seekrankheit zu suchen).

Nach *Petersen u. Forchhammers Mekanisk Fysik* mitgeteilt von *v. Fischer-Benzon*.

In Heft 2, S. 81 ist unter No. 13 das Verhalten der erwärmten und auf einen Ring gelegten Messingkugel zum Gegenstande einer Denkaufgabe gemacht worden. Gegen die dort gegebene Erklärung wird der Einwand erhoben, der Versuch erkläre sich einfacher daraus, dass der Ring sich viel schneller abkühle als die Kugel, dadurch also enger werde und nun die heisse Kugel wieder festhalte.

Herr E. Grimsehl in Hamburg findet dagegen seine Erklärung dadurch gerechtfertigt, dass die Kugel sofort nach dem Durchfallen nicht von neuem durch den Ring hindurchgeht, wenn man sie in anderer Lage auf den Ring bringt, d. h. so, dass nicht mehr der kürzeste Durchmesser des Ellipsoids in die Ebene des Ringes fällt. Eine angestellte Messung ergab für die Durchmesser des Ellipsoids unmittelbar nach dem Durchfallen eine Differenz von ca. 0,06 mm, bei einem Kugeldurchmesser von 31 mm im kalten Zustande.

P.

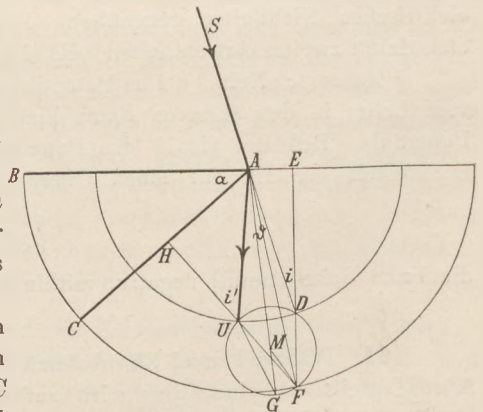
### Kleine Mitteilungen.

#### Das Minimum der Ablenkung eines Lichtstrahls durch ein homogenes Prisma.

Von **A. W. Gravelaar** in Zaandam (Niederlande).

Es sei  $BAC$  ein zur brechenden Kante eines homogenen Prismas senkrechter Durchschnitt und zugleich die Einfallsebene eines das Prisma in der Richtung  $SA$  treffenden Lichtstrahls. Zur Konstruktion des gebrochenen Wegs des Lichtstrahls beschreiben wir zwei Halbkreise, deren Radien den relativen Brechungsindex  $n$  des Lichtstrahls bei dem Übergange aus der Luft in die Prismensubstanz zum Verhältnis haben.

Wenn die verlängerte Gerade  $SA$  den kleineren Halbkreis in  $D$ ,  $ED \perp AB$  den grösseren Halbkreis in  $F$  trifft und  $FH \perp AC$  den kleinsten Halbkreis in  $U$  schneidet, so sind bekanntlich  $AF$  und  $AU$  resp. die Richtungen des Lichtstrahls im Innern des Prismas und nach dem Austritt. Es seien weiter:



$\alpha = \angle BAC = \angle DFU$  der brechende Winkel des Prismas,  
 $i = \angle ADE$  der Einfallswinkel und  $i' = \angle AUH$  der Austrittswinkel des Strahls,  
 $r = \angle AFE$  und  $r' = \angle AFH$  resp. die beiden Brechungswinkel,  
 $\vartheta = \angle DAU$  die Ablenkung des Lichtstrahls und  $M$  der Mittelpunkt des  
 Kreises  $DFU$ , welcher im Allgemeinen den grösseren Halbkreis in  $F$   
 schneidet, und  $G$  der Schnittpunkt der verlängerten Geraden  $AM$  mit  
 dem Kreise  $DFU$ .

Dann erhält man aus dem Dreieck  $AGU$  nach dem Sinussatz:

$$AG : AU = \sin AUG : \sin AGU,$$

und da  $\angle AGU = \frac{1}{2} \angle DFU = \frac{1}{2} \alpha$ , folglich  $\angle AUG = 180^\circ - \frac{1}{2} (\vartheta + \alpha)$ , so ist:

$$AG : AU = \sin \frac{1}{2} (\vartheta + \alpha) : \sin \frac{1}{2} \alpha.$$

Da  $AU$  und  $\sin \frac{1}{2} \alpha$  constant sind, so erhalten in dieser Proportion von positiven  
 Grössen  $AG$  und  $\sin \frac{1}{2} (\vartheta + \alpha)$ , folglich  $AG$  und  $\vartheta$  gleichzeitig ihre kleinsten Werte.  
 Nun hat  $AG = AM + MF$  dann den kleinsten Wert, wenn  $AM + MF = AF$  wird,  
 d. h. wenn  $AF$  den Winkel  $DAU$  halbiert. In diesem Falle sind die Dreiecke  $ADF$  und  
 $AUF$  congruent. Somit ist dann  $\angle AFD = \angle AFU$  oder  $r = r'$  und  $\angle ADE = \angle AUH$   
 oder  $i = i'$ , und es giebt sich für  $\vartheta$  der kleinste Wert aus der Gleichung:

$$\sin \frac{1}{2} (\vartheta + \alpha) : \sin \frac{1}{2} \alpha = AF : AU = n.$$

### Der Satz vom Minimum der Ablenkung beim Prisma.

Von Dr. Fr. C. G. Müller in Brandenburg a./H.

Unter Zugrundelegung der Radau'schen Construction des Brechungsgesetzes lässt  
 sich der Satz leicht und anschaulich wie folgt beweisen (Fig. 1). Um  $C$  sind die beiden concen-  
 trischen Kreise beschrieben, deren Radienver-  
 hältnis gleich dem Brechungsexponenten ist.  
 Der Winkel  $GAC$  sei der Einfallswinkel, dann  
 ist  $GBC$  der Brechungswinkel und  $ACB$  die  
 erste Ablenkung des Strahles bei seinem Eintritt  
 in das Prisma. An  $GB$  wird in  $B$  der Winkel  
 an der brechenden Kante angetragen, dann ist  
 $CBH$  der Winkel, welchen der Strahl im Innern  
 des Prismas an der Austrittsstelle mit dem Ein-  
 fallslot einschliesst,  $CDH$  der Austrittswinkel  
 und  $ACD$  die gesamte Ablenkung. Bei symme-  
 trischem Durchgang wird  $B$  durch  $BC$  halbiert und die ganze Figur symmetrisch in Bezug  
 auf  $BC$ . Unsere Zeichnung stellt diese Lage dar. Ein Herausgehen aus der symmetrischen  
 Lage ist nun in der Construction gleichbedeutend mit einer Drehung des Winkels  $B$  um seinen  
 Scheitel. Er sei nun um einen kleinen Winkel in die punktiert gezeichnete Lage  $EBF'$   
 gedreht. Die blosse Anschauung belehrt uns, dass dann die Abnahme  $AE$  des linken  
 Bogens kleiner ist als Zunahme  $DF$  rechts, dass also die Gesamtablenkung  $ECF'$  grösser  
 sein muss als  $ACD$ .

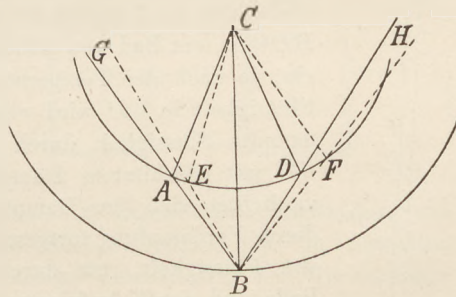


Fig. 1.

Zum Beweise zieht man in einer besonderen Figur an einen Kreise von einem Punkte  
 ausserhalb desselben drei schräge Strahlen, welche gleiche, sehr kleine Winkel mit ein-  
 ander einschliessen, und legt durch die Fusspunkte der beiden inneren eine Sekante. Der  
 Abschnitt zwischen den beiden äusseren Strahlen ist dann grösser, als die Sehne zwischen  
 den inneren; um so mehr die Sehne zwischen den äusseren.

Die experimentelle Bestätigung des Satzes lässt sich leicht mit Hilfe eines gleichseitigen oder gleichschenkligen Glasprismas bewerkstelligen. Man bringt dasselbe, wie Fig. 2 zeigt, in horizontaler Lage in den Sonnenschein, so dass seine Achse senkrecht zu den Strahlen ist. An der gegenüberliegenden Zimmerwand oder unter der Decke wird dann das Farbenband sichtbar. Nun zeigt sich, dass letzteres bei einer bestimmten Stellung des Prismas am tiefsten liegt und höher steigt, wenn dieses aus jener Stellung nach rechts oder links gedreht wird.

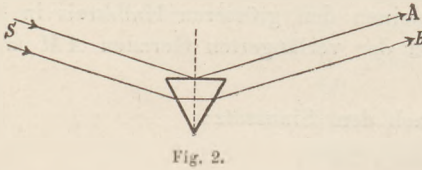


Fig. 2.

Ausser dem Farbenbande erscheint auf der Wand noch ein weisser Lichtfleck, welcher von der Spiegelung an der der brechenden Kante gegenüber liegenden Prismenfläche herrührt. Derselbe wandert beim Drehen des Prismas ebenfalls. Nun kann man ihn auf das Farbenband fallen lassen und dann beobachtet man, dass dieses jedesmal in seiner tiefsten Stellung ist. Die Zeichnung macht ohne Weiteres klar, dass beim Zusammenfallen von Lichtfleck und Farbenband symmetrischer Strahlendurchgang stattfindet. Denn die Sonnenstrahlen  $S$  sind parallel und die Strahlen  $A$  und  $B$  dürfen auch als parallel gelten, wegen der relativ sehr grossen Entfernung der Zimmerwand.

### Demonstrationsversuche über das Verhalten der Dämpfe gegen Druckänderungen.

Von **K. Prytz** in Kopenhagen.

In eine gebogene Glasröhre  $ABDC$ , deren einer, kürzerer Schenkel  $CD$  geschlossen ist, bringt man Quecksilber, so dass der geschlossene Zweig ganz gefüllt wird; in dem offenen Schenkel lässt man nur wenig Quecksilber zurück. Man giesst dann etwas von einer flüchtigen Flüssigkeit, z. B. Alkohol, auf das Quecksilber in  $ABD$ , und neigt die Röhre in der Ebene der beiden Schenkel so viel, dass etwas von der Flüssigkeit (aber keine Luft) in  $CD$  aufsteigt. Man stellt nun  $BDC$  in ein Bad von siedendem Wasser oder in ein noch wärmeres Bad hinein, je nach der Temperatur, bei der man später experimentieren will. Die Flüssigkeit in  $CD$  wird verdampfen, und der Dampfdruck wird die nicht verdampfte Flüssigkeit durch das Quecksilber in  $ABD$  hinauftreiben, während  $CD$  mit überhitztem Dampf gefüllt wird. Wenn man dann  $CD$  abkühlt, verdichtet sich der Dampf. Die in  $ABD$  zurückgebliebene Flüssigkeit wird durch Verdampfung fortgeschafft. Man hat dann in  $CD$  eine passende Menge von Flüssigkeit, um durch Erwärmen von  $BDC$  in einem durchsichtigen Bade und durch Aufgiessen von Quecksilber bei  $A$  Versuche über den Dampf sowohl in gesättigtem, als in ungesättigtem Zustand und unter verschiedenen Drucken zu machen. Dass der Apparat zugleich als Illustration für die Bestimmung der Dampfdichte durch Verdrängung von Quecksilber (oder geschmolzener Metallegierung) dient, braucht kaum erwähnt zu werden.



Die vom Verfasser benutzte Röhre (eine gewöhnliche Mariottesche Röhre, welche nur die Biegung bei  $B$  erhalten hat) ist im Ganzen 1 m, der Schenkel  $CD$  16 cm lang. Die Röhrenweite ist 8 mm.

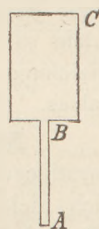
Um das Quecksilber nach beendetem Versuch ausgiessen zu können, ohne dass die Luft in  $CD$  hineindringt, hat die Röhre  $ABD$  bei  $B$  eine schwache Biegung in der Ebene der beiden Schenkel. Neigt man die Röhre so weit, dass  $AB$  wagerecht liegt, so wird das Quecksilber gerade bis  $B$  ablaufen, und der Apparat kann bis zum nächsten Versuch aufbewahrt werden.



## Berichte.

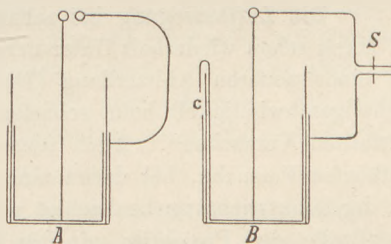
### 1. Apparate und Versuche.

**Ein hydrostatisches Experiment.** Von C. E. WASTEELS. Eine Glasröhre sei aus einem engen Teil  $AB$  und einem relativ sehr weiten  $BC$  zusammengesetzt. Man taucht sie in ein Gefäss, das mit Quecksilber und Wasser derart gefüllt ist, dass in dem Moment, wo das untere Ende  $A$  das Quecksilberniveau erreicht, das Wasser im Innern sich bis  $B$  erhoben hat. Senkt man nun die Röhre in das Quecksilber hinab, so wird das in  $AB$  enthaltene Wasser in den weiteren Teil hinaufgedrängt und sein Niveau sinkt im Vergleich mit demjenigen des Wassers im Gefäss; zugleich sieht man das Quecksilber in der Röhre sich bis über das Niveau des Quecksilbers im Gefäss erheben. Etwas anders verläuft der Versuch, wenn das Rohr  $AB$  capillar ist; in diesem Fall beginnt das Quecksilber in der Röhre erst dann über das äussere Niveau zu steigen, wenn das untere Ende eine gewisse Strecke tief eingetaucht ist.



Interessanter gestaltet sich der Versuch, wenn man die Röhre mit dem weiteren Teil eintaucht; man muss dabei hinreichend langsam verfahren, damit das Wasser Zeit hat, die Luft durch die enge Röhre hinaus zu drängen und den Raum  $BC$  vollständig zu erfüllen. Sobald dies geschehen ist, wird die Röhre bis zum Grunde des Gefässes in das Quecksilber eingetaucht; unmittelbar darauf sieht man, wie das Wasser in der engen Röhre steigt und aus der Röhre herausspritzt. Der so erhaltene Strahl kann einige Zeit anhalten. [Beide Versuche eignen sich für einfache Denkaufgaben.] (*Journ. de Phys.* 8, 587; 1889).

**Ein Vorlesungsversuch über elektrische Resonanz.** Von OLIVER J. LODGE. Zwei gleiche Leydener Flaschen  $A$  und  $B$  werden jede mit einem Schliessungsdraht versehen, von denen der zu  $A$  gehörige eine von Messingkugeln begrenzte Funkenstrecke enthält, während der andere, bei  $B$ , völlig geschlossen, jedoch von veränderlicher Länge ist; dies wird einfach durch ein verschiebbares Drahtstück  $s$  bewirkt, das einen Gleitkontakt darstellt. Über den Rand der Flasche  $B$  ist ferner ein Stanniolstreifen gelegt, der nur durch eine kleine Luftstrecke ( $c$ ) von der äusseren Belegung getrennt bleibt und einen Entladungsweg für die durch Resonanz erregte Elektrizität bildet. Dieser Entladungsweg muss frei von Selbstinduktion sein. Eine schon durchbohrte Flasche lässt sich sehr gut für diesen Zweck noch verwenden. Wenn die beiden Apparate in angemessener Entfernung von einander aufgestellt sind, und der Gleitkontakt die richtige Stellung hat, so veranlasst jede Entladung von  $A$  einen Funken bei  $c$ ; eine geringe Verschiebung des Gleitkontakts aber stört den Einklang und hebt die Wirkung auf.



Ähnlich wirkt auch die folgende, von ROBINSON angegebene Abänderung. Zwei Glasröhren, die mit Stanniol bekleidet sind, werden so zu einem Condensator verbunden, dass die eine in der anderen gleitet, und beide durch einen biegsamen Drahtbügel verbunden, so dass wie vorher bei  $c$  ein leichtes Überfliessen von etwa vorhandener Elektrizität erfolgen kann. Stellt man diese Vorrichtung einer mit den üblichen kleinen Flaschen versehenen Influenzmaschine gegenüber, so treten an der Unterbrechungsstelle des Bügels glänzende Funken auf, sobald an der Maschine die Entladungen stattfinden, vorausgesetzt, dass zuvor dem Gleitcondensator durch Probieren die richtige Einstellung gegeben worden ist.

Für diese Versuche sind lange primäre Funken nicht von Vorteil; die Schwingungen werden stetiger und bestimmter, wenn die Funken kurz sind. Die sekundären Funken sind dabei so kräftig, dass sie von einem grossen Auditorium wahrgenommen werden können. Es ist ersichtlich, dass die beiden Leydener Flaschen dem Oscillator und Resonator bei HERTZ' Versuchen entsprechen; doch erfordern sie bei ihrer grossen Kapazität eine genauere Abstimmung, als bei blossen Kugeln und Scheiben nötig ist, da die Messung länger dauert und mehr Impulse sich anhäufen. Daher tritt hier die wirkliche Resonanz im Unterschiede von der Wirkung einer einzelnen Welle deutlicher hervor. (*Nature* 41, No. 1060; 1890.)

**Herstellung monochromatischen Lichtes.** Von E. FLEISCHL VON MARXOW. Um sich helles, einfarbiges Licht zu verschaffen, verdampft man in der Regel Chlornatrium in einer Platinöse oder einem Platindrahtkörbchen am Rande einer Bunsen'schen Flamme. Statt dessen wird Bromnatrium empfohlen, das beim Schmelzen nicht decregitiert und dessen Licht eine bei weitem grössere Helligkeit entwickelt als Chlornatrium. Bei richtiger Stellung der Bromsalzperle in der Flamme des Bunsen'schen Brenners ist das Licht so blendend hell, dass es vom Auge kaum ertragen wird. Nach ungefähre Vergleichung ist das Licht der Bromverbindung etwa neunmal so hell als das des Chlor-salzes. (*Wied. Ann.* 38, 675, 1889.)

**Ein agrikulturchemischer Vorlesungsversuch.** Von MAX MÜLLER. Um das Absorptionsvermögen des Erdbodens für Kali- und Ammoniumsals zu zeigen, empfiehlt es sich nicht, die Lösungen direkt durch eine Schicht Erde filtrieren zu lassen, da die Flüssigkeit dabei leicht Kanäle bildet, ohne mit dem Erdreich genügend in Berührung zu kommen. Besser gelingt der Versuch, wenn man aus einem höher stehenden Reservoir die Lösung am Boden des mit Erde gefüllten Gefässes eintreten und am oberen Ende durch ein gebogenes Rohr wieder abfliessen lässt. Durch einen eingeschalteten Kautschuk-schlauch mit Quetschhahn reguliert man die Geschwindigkeit des Durchflusses. Schaltet man vor und hinter dem Gefäss Kugelhöhren ein, die etwas rotes Lackmuspapier enthalten, so tritt vor dem Hindurchgange einer Pottaschelösung Bläuung des Papiers ein, während hinterher keine Veränderung stattfindet. Die Versuchslösung enthält am besten pro Liter 1,5 g Kaliumcarbonat bzw. 1,5 g Natriumcarbonat oder 0,1 g Ammoniumsulfat. Zur Füllung des Absorptionsgefässes benutzt man humusarmen, etwas lehmigen, nicht zu stark gedüngten Sandboden. (*Chem. Centralbl.* 1889, II, No. 18.)

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die Luftbewegung bei scharfen Schüssen.** Über diesen Gegenstand hat Professor E. MACH schon wiederholt Untersuchungen veröffentlicht (*vgl. diese Zeitschr.* I, 121; II 139). In einer neueren Abhandlung (*Ber. Wien. Akad.* 1889) macht er Mitteilungen „über die Schallgeschwindigkeit beim scharfen Schuss nach von dem Krupp'schen Etablissement angestellten Versuchen“. Auch diese mit grösseren Geschossen (von 3,0 bis 725 kg) ausgeführten Versuche, bei denen eine auffallend grosse Schallgeschwindigkeit (bis zu 620 m) in der Schussrichtung beobachtet wurde, bestätigten die Ansicht, dass die knallerregende Kopfwelle des Projektils mit der Projektilgeschwindigkeit fortschreitet, so lange diese grösser ist als die normale Schallgeschwindigkeit. Die Messungen wurden mit einer Tertienuhr vorgenommen, die der Beobachter mit dem Telephon an Ohr beim Hören des Knalls auslöste, beim Ankommen des Schalls arretierte. Für kurze Flugbahnen und hohe Projektilgeschwindigkeiten erwies sich die Schallfortpflanzungszeit mit der Flugzeit geradezu gleich; aber auch bei grösseren Strecken, die zum Teil mit geringerer Projektilgeschwindigkeit durchflogen wurden, führte die genauere Diskussion zu sehr befriedigender Übereinstimmung der auf Grund jener Voraussetzung berechneten Werte der Schallgeschwindigkeit mit den beobachteten.

In einer zweiten Abhandlung von E. MACH und L. MACH werden „weitere ballistisch-photographische Versuche“ mitgeteilt, bei denen Gewehrprojekteile aus Messing und Aluminium von verschiedener Gestalt im Gewichte von 5,7 g bis 18 g verwendet wurden. Die Anfangsgeschwindigkeiten dieser Geschosse, nach zwei verschiedenen Methoden geschätzt, hatten Werte von 500 bis 900 m. Von Interesse dürfte auch die Angabe sein, dass die Arbeit von 5 g Pulverladung sich auf rund 300 000 gm ergab, während nach Berthelot 1 g Pulver 310 675 gm entwickelt; es wurde also ungefähr  $\frac{1}{5}$  der Pulverarbeit im Schuss verwertet. Der angewandte Apparat war von den früher benutzten (*d. Ztschr.* I, 121) im Prinzip nicht verschieden. Der Beleuchtungsfunke wurde dadurch ausgelöst, dass das Projektil zwei Drahtlagen durchsetzte, die mit den Belegungen einer Leydener Flasche

verbunden waren. Die Dauer des wirksamen Funkenlichtes wurde aus der sehr geringen Verlängerung des Projektilbildes in der Schussrichtung abgeleitet und ergab sich zu etwa 0,000 002 Sekunden. Die Möglichkeit des Photographierens der verdichteten Luft beruht, wie schon früher angegeben, darauf, dass das Funkenbild durch eine Blendung so weit verdeckt wird, dass nur solche Strahlen noch Durchgang finden, die durch die verdichtete Luft abgelenkt worden sind. Durch eine andere Stellung der Blendung kann man bewirken, dass nur diejenigen Strahlen zur Wirkung kommen, die durch die verdünnten Luftmassen gegangen sind. Auf diese Art wurde nachgewiesen, dass unmittelbar hinter der Verdichtungskopfwelle eine Verdünnung folgt. Je stärker ferner die Verdichtung der Luft, desto stärker ist die Ablenkung des Lichtes und desto grösser auch die Verschiebung der Blendung, bei welcher noch Licht durchgelassen wird. Mit Hülfe der so zu bestimmenden Ablenkung des Lichtes konnte sogar die Grösse der Verdichtung in den Wellen geschätzt werden. Bei einem Projektil von 520 m Geschwindigkeit kam noch der Scheitel der Kopfwelle zum Vorschein, wenn der Rand der Blendung 15 mm seitwärts vom Funkenbilde gelegen war; daraus wurde ein Verdichtungsgrad von ca. 3 Atmosphären berechnet. Auch im Abstände von 7,5 cm hinter dem Scheitel der Welle, 9 cm seitwärts von der Schussachse wird noch eine Dichtigkeit von 1,6 Atmosphäre gefunden. Die Prüfung der photographischen Aufnahme ergab ferner, dass von jedem Geschoss stets mehrere Verdichtungswellen ausgehen, die vor dem Kopf, am Mantel und hinter dem Projektil ansetzen; jeder Verdichtung folgt eine Verdünnung, so dass in der ganzen Reihe der Wellen Verdichtungen und Verdünnungen wechseln. Die Zahl der Verdichtungswellen betrug bei Projektilen von 23 bis 34 mm Länge und 500 m Geschwindigkeit drei, bei Langgeschossen von 76 mm Länge und 500 m Geschwindigkeit dagegen sechs, eine am Kopf, drei am Mantel und zwei hinter dem Projektil. Wie früher zeigten sich auch Wirbelphänomene im Schusskanal; dagegen wurde selbst bei 900 m Geschwindigkeit hinter dem Geschoss nirgends ein deutliches Vacuum beobachtet, obwohl die Einströmungsgeschwindigkeit der Luft in den leeren Raum nach der Theorie nur 700—800 m betragen kann. Bei zweimaliger Momentphotographie in kürzerem Intervall stellt sich endlich heraus, dass die Kopfwelle auf der Flugbahnstrecke von 10 bis 15 cm ihr Aussehen nicht merklich änderte; ein völlig stationärer Zustand ist allerdings durch die Reibung und die Luftwirbel angeschlossen. Der mathematischen Untersuchung sind durch die vorliegenden Thatsachen augenscheinlich wertvolle Anknüpfungspunkte geboten.

**Zur Wärmeabsorption der Atmosphäre.** Von N. ÅNGSTRÖM sind Beiträge zur Kenntnis der Absorption der Wärmestrahlen durch die verschiedenen Bestandteile der Atmosphäre veröffentlicht worden. (*Wied. Ann.* **39**, 267.) ÅNGSTRÖM bediente sich im Wesentlichen der bekannten Tyndall'schen Methode, nur eliminierte er den Einfluss der Vaporhäsion an den Wänden des Absorptionsrohres durch Einführung eines geschwärzten Diaphragmenrohres. Als Messinstrument wurde ein Bolometer verwendet, als Wärmequelle diente entweder die freie Strahlung eines Argand-Brenners oder die durch vorgeschobene Magnesiumoxydplatten modifizierte Strahlung dieses Brenners.

Die Kohlensäure zeigt eine mit zunehmendem Druck erst schnell, dann langsam zunehmende Absorption. Für die Absorption verschiedener Wärmestrahlen ergab sich sehr angenähert ein bestimmtes vom Druck unabhängiges Verhältnis. Die spektrobolometrische Untersuchung ergab, dass das Maximum der Absorption für die Wellenlängen

$$\lambda = 2,6 \mu \text{ und } \lambda = 4,36 \mu \text{ (wo } \mu = 0,001 \text{ mm)}$$

eintritt. Die Lage dieser Maxima der Absorption stimmt fast genau mit den Absorptionsbanden überein, welche Langley im Energiespektrum der Sonne aufgefunden hat. Danach würde in der That die Kohlensäure eine entscheidende Rolle bei der Absorption der Energiestrahlen spielen.

Die alte Controverse, die schon zwischen Tyndall und Magnus, in neuerer Zeit zwischen Lecher und Röntgen verhandelt wurde, ob Wasserdampf Wärme absorbiert

oder nicht, entscheidet er dahin, dass in der That eine, wenn auch sehr schwache Absorption zu constatieren ist, für den Argand-Brenner z. B. 1,6% der Gesamtstrahlung. Die Absorption von flüssigem Wasser ist nahezu siebenmal so gross, als die von Wasserdampf. Reine und trockene atmosphärische Luft hat ein verschwindend kleines Absorptionsvermögen.

J—n.

**Zur Chemie des Fluors und Broms.** MESTLANS (*C. R.* 109, S. 717) ist es gelungen, das Fluoroform ( $CHFl_3$ ) darzustellen. Man erhält dasselbe am besten durch die Einwirkung von Jodoform auf Cyansilber, wobei durch Abkühlung sowie durch Verdünnung mit Chloroform die Heftigkeit der Reaktion zu mässigen ist.

Dass reine Fluoroform ist ein angenehm riechendes Gas, welches von Wasser, Chloroform und Benzol nur wenig gelöst wird, Alkohol nimmt dagegen das Fünffache seines eigenen Volumens auf. Das Gas wird bei  $20^\circ$  unter einem Druck von 40 Atm. flüssig. Die Dampfdichte wurde zu 2,48 — 2,53 bestimmt (Theorie 2,44). Alkoholische Kalilauge zerlegt sich mit Fluoroform in Fluorkalium, Wasser und ameisensaures Kali:



Zur Darstellung von gasförmiger Bromwasserstoffsäure empfiehlt RECOURA (*C. R.* 109 S. 784) folgendes Verfahren: man leitet Schwefelwasserstoffgas durch Brom, über welches man wässrige Bromwasserstoffsäure schichtet. Das austretende Gas braucht nur noch mittelst Bromwasserstoffsäure, in der roter Phosphor suspendiert ist, von den mitgerissenen geringen Brommengen befreit zu werden. Schwefelwasserstoff ist in dem austretenden Gase nicht enthalten.

J—n.

### 3. Geschichte.

**Zur Geschichte der Brennspiegel.** Von E. WIEDEMANN. Unter den arabischen Optikern nimmt Ibn al Haitam (Alhazen) die hervorragendste Stellung ein. Sein Hauptwerk ist die „Optik in sieben Büchern“, die von Risner 1522 in lateinischer Übersetzung herausgegeben wurde und bisher fast die ausschliessliche Quelle über die Kenntnis der Araber auf diesem Gebiet gewesen ist. Andere optische Arbeiten desselben Verfassers sind in arabischen Handschriften teils in Leyden, teils in der Bibliothek des Indian Office in London vorhanden; von den letzteren ist eine „Abhandlung über das Licht“ von J. Baarmann übersetzt und in der *Ztschr. der deutschen morgenl. Ges.* (1882) veröffentlicht worden. E. WIEDEMANN teilt jetzt (*Wied. Ann.* 39, 110; 1890) Näheres über zwei andere, ebenfalls in London befindliche Abhandlungen mit, die die sphärischen und die parabolischen Spiegel zum Gegenstande haben.

In der Schrift über die sphärischen Brennspiegel wird das Reflexionsgesetz, bezogen auf die Tangentialebene der reflektierenden Fläche, zu Grunde gelegt. Es wird gezeigt, dass Strahlen, die parallel der Achse auffallen, stets nach der Achse hin reflektiert werden, und zwar nach einem und demselben Punkte der Achse, wenn sie auf die Peripherie eines zur Achse senkrechten Kreises auffallen; dieser Punkt liegt dem Mittelpunkt der Spiegelfläche um so näher, je näher der Reflexionskreis dem Schnittpunkte von Achse und Spiegelfläche liegt. Dies wird geometrisch abgeleitet und an Specialfällen näher ausgeführt. Dann wird beschrieben, wie ein Spiegel aus einzelnen Ringen von Eisenblech so zusammengesetzt werden kann, dass sämtliche Strahlen an einer Stelle vereinigt werden; zur Konstruktion dieser Ringe wird ein eigens ersonnener Zirkel angewendet.

Die Schrift über die parabolischen Hohlspiegel knüpft daran an, dass, wie Archimedes und Anthemius bereits erkannt hatten, alle Strahlen, die auf die Oberfläche eines Umdrehungsparaboloids fallen, in einem und demselben Punkte vereinigt werden. Solche Spiegel müssen daher stärkere Brennwirkung ausüben als andere. Ibn al Haitam liefert einen geometrischen Beweis für die Richtigkeit jenes Satzes und giebt dann eine Anleitung zur Konstruktion parabolischer Spiegel.

Der Vergleich der beiden Schriften, mit den uns erhaltenen Schriften der Alten über denselben Gegenstand zeigt, dass die Araber die Lehre von den Hohlspiegeln selbständig weiter gebildet und namentlich den Beweisen eine strengere und allgemeinere Fassung gegeben haben. Das Abendland hat nicht aus den griechischen Quellen, sondern aus den beiden Traktaten des Ibn al Haitam seine Kenntniss von dem Wesen der Brennspiegel geschöpft. Die Schrift über die parabolischen Brennspiegel ist schon von Wilhelm v. Morbeck in einer noch im Autograph erhaltenen Handschrift ins Lateinische übersetzt worden und auch in die Schrift seines Freundes Witelo (*Vitellonis Opticae libri decem*) übergegangen. Auch andere Schriftsteller des Mittelalters stützen sich auf die arabischen Quellen, so namentlich Roger Bacon in der Schrift *De speculis*; auf ihm fussen die späteren europäischen Schriftsteller. Von der Schrift über die sphärischen Hohlspiegel ist keine Uebersetzung bekannt, doch ist überall ihr Einfluss bemerkbar, so bei Roger Bacon, dem gewöhnlich die Entdeckung der Längsabweichung zugeschrieben wird. Bei Porta stimmen die Auseinandersetzungen bis ins Einzelne mit denen der arabischen Quellen überein.

Am Schlusse legt E. WIEDEMANN dar, dass Roger Bacon nicht, wie man irrtümlich geglaubt hat, Teleskope mit Linsen gekannt habe. (Dass er sie geahnt hat, möchte nach der Kenntniss, die er von der vergrössernden Kraft der Linsen besass, wohl nicht völlig ausgeschlossen sein).  
P.

#### 4. Unterricht und Methode.

Die Behandlung der Akustik in den Lehrbüchern der Physik. Einige Bemerkungen hierüber bringt Dr. FRIEDRICH WRZAL (Weidenau, Österr. Schlesien) in der *Zeitschr. f. d. Realschulwesen, Wien, 1890, S. 80—86*. „In den meisten Darstellungen des akustischen Lehrstoffes begegnen wir der — gewöhnlich an die Vorführung der relativen Schwingungszahlen der diatonischen Durscala sich schliessenden — Bemerkung, dass die Aufeinanderfolge der Töne dieser Tonleiter einen angenehmen Eindruck auf unser Gehörorgan hervorbringe.“ An Stelle der blossen Versicherung von der angenehmen Wirkung verlangt WRZAL einen ausdrücklichen Hinweis auf die Bedeutung, welche dieser Skala in der modernen Musik zukommt. — Gegen die Definition der „Consonanz“ und „Dissonanz“ als „Zusammenklingen von Tönen, die einen angenehmen, bezw. unangenehmen Eindruck auf unser Gehörorgan ausüben“ wirft WRZAL ein, dass, obwohl z. B. auch Symmetrie einen angenehmen, Asymmetrie einen unangenehmen Eindruck hervorruft, doch Niemand diese Verhältnisse durch jene Eindrücke definiere. Er übersetzt vielmehr Consonanz nicht mit Wohl-, sondern mit Einklang, und stimmt der Definition Wundt's bei, der solche Zusammenklänge consonant nennt, in denen deutlich hörbare Partialtöne mit einander im Einklange stehen. — Bezüglich der meistens ebenfalls erwähnten Molltonleiter, der chromatischen und harmonischen Tonfolge hält er es für ausreichend, wenn sie blos kurz (etwa nur dem Namen nach) als ausser der Durscala in der Musik noch gebräuchliche Tonfolgen angeführt würden; dass aber, wenn etwa mehr gesagt wird, gewisse Fehler vermieden werden, wie der, dass die kleine Terz (ohne Annahme des speciellen Grundtones *C*) als *Es* bezeichnet wird. — Bezüglich der höchsten und tiefsten Töne müsse auf die individuellen Verschiedenheiten hingewiesen werden. — Von „*C, C, C,* u. s. f.“ zu sprechen habe „keinen irgendwie verständlichen Sinn“, da dem *C* blos etwa 8 Schwingungen per Sek. entsprechen. — Ausser einigen speciellen Fehlern eines einzelnen Lehrbuches rügt W. noch die meist unrichtigen Abbildungen des Gehörorganes und schliesst mit dem Wunsche, dass unsere Lehrbücher für Physik in dem Kapitel Akustik mehr Physikalisches und weniger Musikalisches und Physiologisches bieten möchten, sowie dass der Inhalt des anderen Wissenszweigen entlehnten Materials den jeweilig als gesichert zu betrachtenden Forschungsergebnissen in diesen Wissensgebieten wenigstens nicht widerspreche.

Der Herr Verfasser, welcher sich durch eifrige Pflege der musikalischen Kunst

mit seinen Gymnasialschülern den Dank dieser wie aller Derjenigen verdient hat, welche eine harmonische Verbindung wissenschaftlicher und künstlerischer Ausbildung zu schätzen wissen, lenkt durch seine Ausführungen die Aufmerksamkeit auf ein in der That vielfach reformbedürftiges Gebiet. — Unsererseits möchten wir den hier bestehenden Mangel dahin charakterisieren, dass zu wenig scharf auseinander gehalten wird, was an dem herkömmlichen akustischen Lehrstoff eigentlich physikalischen, und was dagegen physiologischen, psychologischen und musikalischen Inhaltes sei. Ebenso, wie die Grenzen dieser Gebiete doch an sich ziemlich klar feststehen, ist es auch nicht Sache der Willkür, in welche Abhängigkeitsbeziehungen man sie zu einander bringt. Schon die gewöhnlich an die Spitze des Abschnittes gestellten „Definitionen“, dass ein Klang ein durch regelmässige (periodische), ein Geräusch ein durch unregelmässige Bewegungen erregter Schall sei, kehren das Verhältnis um: Den Unterschied von Klang und Geräusch kenne ich zunächst nur als einen psychologisch schlechthin gegebenen, nicht weiter zu definierenden oder auch nur zu beschreibenden (unbeschadet der Analysierbarkeit der Klänge und vielleicht auch der Geräusche in „einfache Töne“); und wollte ich durchaus ein *genus proximum* für sie angeben, so müsste ich sagen: Geräusche, Klänge und was es ausser ihnen an „Schall“ noch geben mag, sind „Inhalte von Empfindungen“. Erst wenn ich die Frage stelle und beantworte, welche physikalischen Bedingungen (— die physiologischen eines gesunden Gehörorgans vorausgesetzt) notwendig und ausreichend sind, die Empfindung dieser oder jener Art von Schall in mir zu erregen, bewege ich mich auf dem physikalischen Gebiete. Und die Schärfe der physikalischen Darstellung kann nur gewinnen, wenn ich wieder im einzelnen von der psychologischen Unterscheidung der Merkmale „Tonhöhe, Klangfarbe, Stärke, Dauer“ an je einem Klange, als von etwas vor aller Physik Gegebenen ausgehe, — wobei es nur förderlich sein kann, wenn an die in den Anfangsgründen der Musik Unterrichteten die Frage gerichtet wird: Wie bezeichnet der Musiker seinerseits jedes der vier Merkmale? (Die Tonhöhe durch Stellung in den Linien der Notenzeilen, die Stärke durch *p* und *f* etc.) Dann aber ist die Hauptfrage: Von welchen Merkmalen eines Schwingungsvorganges hängt jedes der vier Merkmale ab? Die Antworten lauten: Die Tonhöhe hängt ab von der Schwingungszahl, die Stärke von der Amplitude u. s. f. Statt dessen pflegt gesagt zu werden: Absolute Tonhöhe ist die Zahl der Schwingungen u. s. f.; was ebensowenig vor Missverständnissen gesichert sein dürfte, wie der Satz: „Wärme ist Bewegung der Moleküle u. dgl.“ — Ganz im Sinne des Herrn Verfassers pflege ich seit Jahren die Lehre von der Durtonleiter so vorzuführen, dass ich, nach den ersten, vorläufigen Feststellungen eines Zusammenhanges zwischen Tonhöhe und Schwingungszahl überhaupt mittelst langsameren und rascheren Drehens einer Zahn- oder Loch-Sirene, die Durtonleiter auf einer kleinen Orgel, oder einer Glasharmonika (auch das Monochord reicht dazu aus) spiele, die Schüler frage, ob sie diese Tonfolge kennen und wissen, wie man (nämlich der Musiker) sie nennt und nun erst die Aufgabe formuliere, die Verhältnisse zwischen den Zahlen der Stösse aufzusuchen, die erforderlich sind, um die einzelnen Töne jener Folge hervorzurufen. Die Antwort ergibt sich daraus, dass die Sirene mit Reihen von 24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48 Löchern ebenfalls jene Tonleiter hören lässt. Dass bei anderer Umdrehungsgeschwindigkeit die Höhe jedes Tones eine andere wird, die Folge der Töne aber doch wieder die bekannte Tonleiter liefert, führt zur Einführung der Begriffe „absolute“ und „relative“ Tonhöhe als zunächst wieder rein musikalischer, deren physikalische Correlate die absoluten und relativen Schwingungszahlen sind u. s. f. — Wenn bei diesen Fragestellungen die der Musik ganz Unkundigen inne werden, dass ihnen die Unterscheidungsfähigkeit für eine Klasse von Phänomenen fehlt — sei es infolge eines Mangels der natürlichen Anlage, sei es der Schulung — so kann dies nach keiner Richtung schaden, wohl aber Lehrer und Schüler vor der Selbsttäuschung bewahren, Wörter wie Quinte, Oktave, ja selbst „hoch“ und „tief“ und überhaupt „Tonhöhe“ als völlig inhaltslose zu gebrauchen; denn es pflegen sich meist einige Schüler zu finden, die, zum nicht geringen Erstaunen

der übrigen, ausser Stande sind, von zwei um eine Quinte oder noch mehr verschiedenen Tönen anzugeben, welcher der höhere, welcher der tiefere sei.

Bezüglich der Definition von Consonanz und Dissonanz kann ich mich mit dem Herrn Verfasser nicht einverstanden erklären, indem ich meine, dass was zur Einführung dieser Begriffe geführt hat — und zwar wieder auf dem Gebiete der Musik, längst vor allen Lehren von Saitenlängen (Pythagoras), Schwingungszahlen und Partialtönen — in der That der so höchst auffällige Unterschied des angenehmen und unangenehmen Gefühles war, welches gewisse Zusammenklänge begleitet. Gelänge es, als notwendige und ausreichende Bedingung für das Zustandekommen jener Gefühle gewisse Beziehungen zwischen den Partialtönen der Klänge, oder das Ausbleiben oder Auftreten von Schwebungen u. dgl. ausfindig zu machen (— zwischen Forschern wie Helmholtz, Wundt u. A. ist ja hierüber Einstimmigkeit noch nicht erzielt —), so trüge das hiermit gelöste psychophysische Problem nicht den Charakter, dass nun erst die richtigen „Definitionen“ der Consonanz und Dissonanz, sondern eben wieder nur den, dass die physischen (physikalischen, physiologischen) Antecedentien dieser psychischen Phänomene gefunden seien. — Speciell bezüglich der Dissonanz aber ist allerdings die Definition aus dem „Unangenehm Klingen“ allein noch unzureichend; denn jeder Musiker, und von ihm auch jeder Psycholog, weiss, dass ein Theil der Dissonanzen, nämlich diejenigen, welche eine „Auflösung“ zulassen, sogar sinnbestrickend „angenehm“ klingen können. — Zur Rechtfertigung des Zeichens  $\underline{C}$  liesse sich sagen, dass sich bei dem Begriffe: „Ton, welcher um 2 Oktaven tiefer ist, als  $\underline{C}$ “, immer noch etwa „denken“ lässt, insofern die zur Charakteristik dieses Begriffes verwendeten Relationen völlig verständliche sind. Aber eine einheitliche, „anschauliche“ Vorstellung könnte von jenem Begriffsinhalt freilich erst durch wirkliches Hören eines solchen Tones gegeben werden; was seinerseits, wenn auch bis jetzt nie beobachtet, doch eben wegen der individuellen Verschiedenheit bezüglich des Hörens tiefster Töne wenigstens wieder nicht als „undenkbar“ bezeichnet werden darf.

Es sei gestattet, zum Schlusse dieser Bemerkungen hinzuweisen auf STUMPF's „Tonpsychologie“ als auf ein Werk, durch dessen Beachtung seitens der Physiker und der Physiklehrer sich der so sehr berechtigte Wunsch des Herrn Verfassers bezüglich strenger Correkteit des seitens der Akustik den verwandten Wissensgebieten zu entlehrenden Materiales in wichtigen Punkten verwirklichen würde.

A. Höfler, Wien.

**Zur Verwendung der graphischen Methode.** Aus einer Serie „*Educational Monographs published by the New York college for the training of Teachers*“ heben wir ein Heft (vol. II, No. 6, Nov. 1889) hervor, in welchem CHARLES BARNARD das Thema „*Graphic Methods in teaching*“ behandelt. Jüngere Schüler und Schülerinnen werden dazu veranlasst, Tag für Tag regelmässige graphische Aufzeichnungen von Temperatur, Bewölkung und Windrichtung zu machen; das ausserordentliche Interesse, welches der Aufgabe entgegengebracht wird, zeigt wie sehr diese dem Bedürfnis des jugendlichen Geistes entspricht. Neben der Übung von Auge und Hand wird eine Gewöhnung an exaktes und gewissenhaftes Beobachten erzielt; eine Schulvorsteherin bezeugte nach einjähriger Pflege solcher Aufzeichnungen deren grossen Wert durch das Geständnis: „Meine Schülerinnen haben sehen gelernt“. Die Zusammenstellung von zwei gleichzeitig veränderlichen Erscheinungen zumal regt dazu an, Zusammenhängen nachzuspüren und den Sinn für wissenschaftliche Forschung zu wecken. Als geeignete Beispiele werden noch angeführt: Temperatur und Regenmenge; Temperatur ausser dem Hause und im Hause; Temperatur zu verschiedenen Tageszeiten in einem Diagramm zusammengestellt; Temperatur oder Bewölkung und Wasserstand in Brunnen oder Flüssen; Mondphasen und Fluthöhe; Temperatur auf dem blossen Erdboden und im Grase; Temperatur an der Erde und 20, 40, 60 cm über dem Boden; Lufttemperatur und Wassertemperatur u. s. w. Auch das Pflanzenleben bietet vielfache Gelegenheit zu solchen Beobachtungen: das Keimen verschiedener Samensorten in der Kälte, in der Wärme, im Dunklen und im Hellen, Vergleiche der Keimungsdauer oder des Wachstums mit der Temperatur u. s. w. — Ähnliche An-

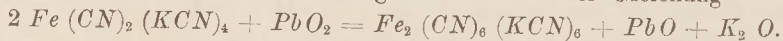
wendungen der graphischen Methode sind auch bei uns schon von mehreren Seiten angeregt worden, es mag bei diesem Anlass aber von neuem darauf hingewiesen werden, welche bildende Kraft derartigen Beschäftigungen der Schüler unzweifelhaft innewohnt.

In einem Vorwort von Prof. JOHN F. WOODHULL wird dargelegt, dass ein richtig geleiteter naturwissenschaftlicher Unterricht nicht auf die Aneignung von gewissen That-sachen, sondern auf die Erwerbung von gewissen Denkgewohnheiten abziele, unter denen Ehrlichkeit des Urteils und Unabhängigkeit von vorgefassten Meinungen obenan stehen. Der Verwendung einfacher Apparate und Versuche wird der Vorzug vor kostspieligen und complicierten gegeben, namentlich selbstgefertigte Apparate werden für lehrreich erklärt, weil bei diesen der Zusammenhang der Teile für den Schüler am verständlichsten sei und der Sinn am wenigsten von dem eigentlichen Zweck des Versuchs abgelenkt werde.

P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Nutzbarmachung des Sauerstoffs der Luft.** Mehrfach sind bereits Vorschläge gemacht worden, um den Sauerstoff der Luft in Verbindungen überzuführen, aus denen er sich leicht wiedergewinnen und für technische Zwecke verwenden lässt. Während das Verfahren von Boussingault auf der Verwendung von Baryumoxyd beruht (vgl. diese Zeitschr. II, 307; III 56), wird bei dem Weldon-Prozess die Eigenschaft des Mangan-oxydulhydrates benutzt, beim Erwärmen mit Calciumhydrat in wässriger Flüssigkeit unter gleichzeitigem Einleiten von Luft Sauerstoff zu absorbieren; auf diese Weise werden die bei der Chlorbereitung entstehenden Manganlaugen von neuem zur Herstellung von Mangan-superoxyd benutzt. Ein neues Verfahren ist von G. KASSNER in *Dinglers Polyt. Journ.* Bd. 274 (vgl. *Naturw. Rundschau* 1890, No. 14) empfohlen worden; es stützt sich auf gewisse Eigenschaften der bleisuren Salze der alkalischen Erden. Erhitzt man 2 Äquivalente der Hydrate oder Carbonate von Ba, Sr, Ca mit 1 Äquivalent  $PbO$ , so erhält man chemische Verbindungen von schwarzer bezw. dunkelbrauner oder gelblich-roter Farbe, die vom Entdecker als die neutralen Salze der hypothetischen Orthobleisäure von der Formel  $M_2 PbO_4$  betrachtet werden. Diese Plumbate, die in Wasser unlöslich sind, spalten sich bei gelindem Erwärmen unter dem Einfluss freier Kohlensäure oder der Alkalibicarbonate derart, dass Bleisuperoxyd und das Carbonat des Erdalkalis gebildet wird. Von den drei Plumbaten erscheint namentlich das Calciumplumbat zu technischer Verwendung geeignet, vornehmlich zur Herstellung von Bleisuperoxyd. Wichtiger aber sind die Umsetzungen des Calciumplumbats, bei denen das durch Zersetzung erhaltene Bleisuperoxyd als Sauerstoffüberträger wirkt. So kann es dazu dienen, gelbes Blutlaugensalz in rothes überzuführen. Zu diesem Zweck wird in die Lösung von gelbem Blutlaugensalz Calciumplumbat gebracht und darauf unter Erwärmen Kohlensäure einge-leitet. Dabei zerfällt das Plumbat in Calciumcarbonat und Bleisuperoxyd, durch letzteres wird das gelbe Blutlaugensalz in rotes umgewandelt nach der Gleichung



Die beiden entstandenen Oxyde  $K_2O$  und  $PbO$  werden durch die eingeleitete Kohlensäure in Carbonate umgewandelt. Das Bleicarbonat ist wie das Calciumcarbonat, das bei der Zersetzung des Plumbats entstand, in Wasser unlöslich, während das Kalium-carbonat löslich ist; beim Auslaugen bleiben daher die beiden ersten zurück und zwar in demselben Verhältnis, in dem sie zur Wiedererzeugung des Calciumplumbats erforderlich sind. Andererseits geht das rote Blutlaugensalz in Folge der oxydierenden oder bleichenden Wirkung, die es bei seiner technischen Verwendung auszuüben hat, wieder in gelbes über und dieses kann mit Hilfe des regenerierten Calciumplumbats von neuem in rotes Blut-laugensalz zurückverwandelt werden. Es eröffnet sich also hierdurch die Möglichkeit, dieses Salz in grösserem Umfange als bisher als Oxydationsmittel zu benutzen.



## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Diesterwegs populäre Himmelskunde und mathematische Geographie.** Neu bearbeitet von Dr. M. Wilh. Meyer unter Mitwirkung von Professor Dr. B. Schwalbe. 11. Auflage. (Nach einer Mitteilung in der Zeitschrift „Himmel und Erde“ ist bereits die 12. und 13. Auflage notwendig geworden.) Mit 4 Sternkarten, 2 Übersichtskarten des Planeten Mars, einer farbig ausgeführten Darstellung einer Sonnenfinsternis, einer Heliogravüre, einer farbigen Spektraltafel, 6 Vollbildern und 97 in den Text gedruckten Abbildungen. VIII. und 426 S. Geh. M. 6, geb. M. 7,50.

Diesterwegs Wirken hat sich längst als ein für die Pädagogik segensreiches bewährt. Da ist es denn für uns besonders erfreulich, gerade dasjenige Werk des fruchtbaren Pädagogen einen aussergewöhnlichen Erfolg erringen zu sehen, welches einer gesunden naturwissenschaftlichen Methode auf dem Gebiete des astronomisch-geographischen Unterrichts Bahn gebrochen hat — also auf dem Gebiete, auf welchem noch so vielfach durch die Unterrichtspraxis wie durch die gesetzlichen Schulordnungen selbst eine der naturwissenschaftlichen Didaktik feindliche Tradition sich in Geltung zu erhalten weiss.

Die Herausgeber begründen es im Vorwort von neuem, warum „der stufenweise Aufbau des Buches mit den scheinbaren Bewegungen beginnen müsse“. Die vier ersten Abschnitte halten folgenden Gang ein: I. Der Horizont. II. Beobachtungen über dem Horizont: 1) An der Sonne, 2) An den Sternen bei Nacht, 3) Am Monde, 4) Nochmals an der Sonne, 5) An Sonne, Mond und Sternen (Zusammenfassung). III. Überlegung. IV. Erklärungen: 1) Die Gestalt der Erde, 2) Folgerungen aus der Kugelgestalt der Erde in Verbindung mit früheren Beobachtungen und Erfahrungen, 3) Die Grösse der Erde, 4) Die Bewegung der Erde um ihre Axe, 5) Die Bewegung der Erde um die Sonne, 6) Die Erklärung besonders der jährlichen Erscheinungen, A) Erde und Sonne, B) Erde, Sonne und Mond, C) Das Sonnensystem. — Es folgen dann in V, VI, VII, IX und X die physische Astronomie, in VIII Einiges „Von der Zeit und vom Kalender“, in XI eine „Kurze Übersicht über die Geschichte der Astronomie und im Anhang XII eine Sammlung astronomischer Tafeln.

Diesterwegs Himmelskunde hält so nicht nur selbst aufs bestimmteste die induktive Richtung von den Erscheinungen zu den Erklärungen ein, sondern sie bietet auch in reichlichen Übungs- und Wiederholungsfragen, welche namentlich im ersten Teile die kleineren und grösseren Abschnitte abschliessen, einen willkommenen Unterrichtsstoff, der in solcher Mannigfaltigkeit auch dem gewandten Lehrer vielleicht nicht in jedem Augenblicke gegenwärtig wäre. Die geistige Arbeit, die so von dem Schüler verlangt wird, ist nicht gering, auch wenn er nach Möglichkeit der immer wiederholten Aufforderung des Buches, von der eigenen Anschauung der wirklichen Erscheinungen auszugehen, nachkommt; wer ihr nicht nachkommt, wird angesichts der Übungsfragen am lebhaftesten das Fruchtlöse eines dogmatischen Lernens inne werden. Gerade dass das Buch es verschmäht, nach dem Beispiele so vieler „populärer“ Astronomieen hauptsächlich durch blosser Mitteilung überraschender Grössenangaben, seltsamer Einzelheiten aus der physischen Astronomie u. dgl. zu wirken — Dinge, denen der Laie zwar die meiste Neugier entgegenbringt, um sich aber nach deren Befriedigung alsbald gegen dergleichen Wunder abgestumpft zu fühlen — macht es denjenigen Lehrern und Lernenden wertvoll, welche wissen, dass sie von der Himmelskunde, wenn sie recht betrieben wird, für jede Stufe naturwissenschaftlichen Denkens und Geniessen nachhaltigere Förderung zu erwarten haben, als sie durch blosses Hörensagen der an sich merkwürdigsten Dinge je zu gewinnen ist. Indess haben die Bearbeiter der neuen Ausgabe namentlich in dem zweiten Teile des Buches durch Verwertung der neuesten Ergebnisse auf dem Gebiete der physischen Astronomie und durch die im Titel erwähnten Abbildungen (welche zum Teil der Zeitschrift „Himmel und Erde“ entnommen sind) dafür gesorgt, auch der Phantasie die erwartete Nahrung zu gewähren; und es werden diese Teile von einem Lernenden, der sich die strenge Zucht des ersten Teiles (in welchem die ursprüngliche Anlage des Diesterweg'schen Werkes hatte grösstenteils beibehalten werden können) auferlegt hat, als wohlverdiente und nun erst recht zu würdigende Belohnung empfunden werden.

Es ist hier nicht der Ort, auf diejenigen Einzelheiten der Durchführung des Hauptplanes einzugehen, welche wir uns etwas anders wünschten: zumal es in der That nur Einzelheiten sind, welche der Lehrer unschwer modifizieren kann. So z. B., dass unter den Beweisen für die Kugelgestalt der Erde die Unterschiede der Zeiten, in welchen man von Orten, die östlich und westlich von einander liegen, einen Merkur- oder Venus-Durchgang beobachtet, vor der viel auf-

fallenderen Erfahrung, dem Voreilen oder Zurückbleiben einer guten Uhr vor der Ortszeit bei Reisen an solche Orte erwähnt wird. Oder dass an die Spitze der Beweise für die Drehung der Erde die hier natürlich noch durch nichts zu erläuternde Behauptung gestellt wird, die Erde sei gegen die Sonne sehr klein, sie habe nur den 1,284,000. Teil von deren Rauminhalt. Auch Verstösse noch äusserlicherer Art, wie der, dass auf S. 16 für Ost das herkömmliche Zeichen *E* (und zwar ohne Begründung) eingeführt, und in späteren Figuren (z. B. S. 21, 43) doch Ost mit *O* und dann wieder der Mittelpunkt des Horizontes mit *E* bezeichnet wird, sollen hier nicht im Einzelnen aufgezählt werden. Nicht unbemerkt dürfen wir dagegen von dem Standpunkte unserer Zeitschrift lassen, dass im V. Abschnitte „Bewegende Kräfte oder die Ursachen der Bewegung und des Gleichgewichts in dem Sonnensystem“ einige Begriffsbestimmungen nicht physikalisch einwurfsfrei sind; so wenn es S. 142 heisst: Die von dem grossen Sonnenkörper ausgehende Kraft zog den Planeten zu sich hin (Attraktionskraft), eine andere, nach der Seite gerichtete Kraft (Tangentialekraft) wirkte ihm entgegen; beide vereinigt erzeugten die krummlinigen Bewegungen.

Einer Empfehlung bedarf das Buch nach seinem ausserordentlichen Erfolge nicht weiter. Vielmehr wollen wir hier der Freude Ausdruck geben, durch die Übereinstimmung, welche zwischen der in Diesterwegs Buch und der in dieser Zeitschrift vertretenen Auffassung über Ziele und Mittel des astronomischen Unterrichtes besteht, die gemeinsame Sache als eine gute bewährt zu sehen.  
A. Höfler, Wien.

**Lehrbuch der allgemeinen Physik** (die Grundbegriffe und Grundsätze der Physik). Mit 84 in den Text gedruckten Figuren. Für das Selbststudium und zum Gebrauch an Lehranstalten bearbeitet nach System Kleyer von Richard Klimpert. Stuttgart, Julius Maier, 1889. X. u. 372 S. M. 8,—.

Bei Besprechung der Statik desselben Verfassers in dieser Ztschr. (II, 258) ist bereits von anderer Seite über Form und Behandlungsweise im allgemeinen geurteilt worden. Wir schliessen uns diesem Urteil auch in Bezug auf das vorliegende Werk an und bemerken, dass die Fragen auch hier zum grössten Teil nicht den Charakter von Unterrichtsfragen, sondern von Examinationsfragen tragen, zum Teil auch nur des Schemas wegen aufgestellt und dann rein formaler Natur sind. In dem Buche sind, nach einer Einleitung über die Naturwissenschaft im Allgemeinen und über die Aufgabe der Physik im Besonderen, in drei Hauptabschnitten: 1. „die physikalischen Grundbegriffe,“ 2. die „allgemeinen Eigenschaften,“ 3. die „allgemeinen Kräfte“ behandelt. Zu den letzteren zählt der Verfasser die allgemeine Schwere, die Molekularkräfte und die chemische Affinität. Den Schwerpunkt des Buches bilden, dem Vorwort zufolge, die Betrachtungen über Begriff, Wesen und Wirkungsweise der Kraft. Für eine solche grundlegende Erörterung aber sind die Aufstellungen zu dogmatisch, auch in den „Erklärungen“ findet man nur die Namen Aristoteles und Descartes, sucht aber den Galileis vergeblich; eine auf historische Grundlagen gestützte Entwicklung der Begriffe, wie sie MACH in seiner „Mechanik“ andeutet, ist nicht gegeben. Auch ist die Trägheit erst an einer viel späteren Stelle des Buches, unter den allgemeinen Eigenschaften behandelt, und dadurch die intime Verknüpfung, in welcher der Ursprung des Kraftbegriffs mit dem Trägheitsbegriff steht, gelockert worden. Bei genauerer Kenntnis der Schriften Galileis würde der Verfasser auf die Frage (S. 235): „Welches Gesetz stellte Galilei im Jahre 1638 auf?“ nicht die Antwort gegeben haben, „Kein Körper kann von selbst seinen Zustand ändern“; auch würde er die Beobachtung über den vom Mastbaum fallenden Stein dann nicht Gassendi, sondern Galilei zugeschrieben haben. Von sonstigen Ungenauigkeiten sei nur erwähnt, dass „wegen der Verzögerung des ENCKE'schen Kometen an dem Vorhandensein eines raumerfüllenden Mediums nicht zu zweifeln ist“ (S. 224), und dass die Kugelgestalt der Luftblasen im Wasser das Gesetz der allgemeinen Anziehung bestätigt (S. 246). Es sei schliesslich anerkannt, dass die allgemeinen Betrachtungen mit allerhand interessanten Citaten durchsetzt sind und dass mit vielem Fleiss historische Angaben, z. B. über den Begriff der Materie von Anaximenes bis Herbart, über die Theorie der Gravitation, über die Teilbarkeit und ähnliches zusammengestellt sind. Eine praktische Beigabe bildet die Sammlung von 120 teils gelösten, teils ungelösten Aufgaben. P.

**Lehrbuch der Dynamik fester Körper** (Geodynamik) mit 694 Erklärungen, 400 Figuren etc. nebst einer Sammlung von 500 gelösten und ungelösten analogen Aufgaben und den Resultaten der ungelösten Aufgaben. — Für das Selbststudium und zum Gebrauch an Lehranstalten sowie zum Nachschlagen für Fachleute, bearbeitet nach System Kleyer von Richard Klimpert. Stuttgart, Julius Maier. 1889. 704 S. M. 13,50.

Die Elemente der Mechanik werden hier in ziemlich beschränktem Umfange mit ermüdender Breite behandelt. Nach Art anderer, wissenschaftlicher, Darstellungen wird die Phoro-

nomie von der Dynamik unterschieden. Die erstere (fast 200 Seiten) geht nicht über die graphische Darstellung der Bewegung eines Punktes und das Parallelogramm der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen hinaus. Die letztere behandelt 1. die Fallformeln, die Wurflinie, die schiefe Ebene (ohne Rücksicht auf Reibung), die Kreisbewegung und das mathematische Pendel, 2. das Trägheitsmoment, das physische Pendel und den Kreisel, 3. den Stoss.

Die Grundbegriffe werden nicht erörtert, in Betreff des Trägheitsgesetzes wird (S. 212) auf ein anderes Werk von Kleyer's Encyklopaedie, welches die allgemeinen Eigenschaften der Körper behandle, verwiesen, eben daher wird die Relation  $p = mg$  entlehnt. Den theoretischen Beweisen sind experimentelle Bestätigungen beigelegt, so sind Fallmaschinen in grosser Anzahl, die Schwingmaschine, die verschiedenen Arten von Rammern, die Centrifugalpumpe, der Plateau'sche Versuch mit dem Öltropfen nebst der Einrichtung desselben für das Scioptikon technisch ausführlich beschrieben. Von schwierigen mechanischen Vorgängen werden die Gesetze mehr historisch angegeben und experimentell erläutert als wirklich aus den Grundgesetzen abgeleitet. Dagegen wäre nichts zu erinnern, wenn nur die Grenzlinie zwischen beiden Arten der Behandlung überall leicht erkennbar gemacht wäre. Über Galilei's Annahmen, über Kepler's Verfahren bei der Ableitung seiner Gesetze, über die Abweichung fallender Körper, der man anfangs eine westliche Richtung beigelegt hat, finden sich brauchbare historische Angaben. Dagegen lassen die theoretischen Ableitungen nicht erkennen, welche Klarheit den Begriffen der Mechanik innewohnt. Wir führen hierfür folgende Beispiele an.

Bei der Bewegung auf der schiefen Ebene wird Gleiten und Rollen verwechselt. Ferner wird der Satz, dass bei dem Gleiten auf einer stetig gekrümmten Bahn kein Geschwindigkeitsverlust eintritt, dadurch bewiesen, dass beim Übergange von einem Kurven-Element zum nächsten der Geschwindigkeitsverlust unendlich klein sei, als ob nicht durch Summation unendlich kleiner Grössen eine endliche entstehen könnte. Über den Einfluss der Erdrotation auf Bewegungen an der Erdoberfläche finden sich widerstreitende Angaben, von denen keine das richtige trifft. Auf S. 122 soll bewiesen sein, dass die Abweichung mit der Änderung der Schwingungsrichtung eines Foucault'schen Pendels übereinstimmt, wonach also auch eine von Westen nach Osten gerichtete Bewegung abgelenkt würde, dagegen erfährt nach S. 252 ein nach Westen oder Osten gerichteter Schuss keine Ablenkung. Die östliche Abweichung freifallender Körper (S. 384) wird auf zwei Arten gefunden, von denen die eine genauer sein soll als die andere, die aber beide den bekannten Fehler enthalten, der das Resultat um die Hälfte vergrössert.

Dass die Wurflinie eine Parabel ist (S. 129), soll daraus hervorgehen, dass sie durch die Gleichung  $x^2 = 2 \frac{c^2}{g} \gamma$  für schiefwinklige Axen (Anfangsrichtung und Vertikale) dargestellt ist, während eine ähnliche Gleichung für rechtwinklige Coordinaten die Parabel als Kegelschnitt darstellt. Dann wäre in der That, wie hier gefolgert, die Gestalt der Parabel nur von  $c^2/g$  (statt von  $c^2 \cos \alpha^2/g$ ) abhängig.

Eigentümlich ist dem Verfasser die Unterscheidung einer Fall- und einer Pendel-Schwere (S. 347), von denen nur die letztere bis jetzt genauer bestimmt sei. Es sollen nämlich nur Körper, die mit der Erde fest verbunden sind, wie das schwingende Pendel durch seinen Faden, der durch die Erdrotation modifizierten Schwere unterliegen, ein frei durch die Luft fallender Körper zeige dagegen die unverminderte wahre Schwerkraft. Übrigens wird schon auf der folgenden Seite der aufgestellte Unterschied übersehen.

Liege in einer rotierenden Schale eine Holz- und eine Messingkugel, so steige die letztere höher (!), woran man den Einfluss der Masse auf die Centrifugalkraft erkenne. Trotzdem befindet sich bei einer derartigen numerischen Aufgabe die Angabe des Stoffes nicht unter den Daten. Ein ganz ähnlicher Irrtum zeigt sich in der Auffassung (S. 363), dass die geringe Masse der Kometen es verschulde, wenn dieselben von nahen Planeten starke Perturbationen erleiden.

In dem Abschnitt über die Centralbewegung tritt namentlich die Unklarheit über den Begriff „Centrifugalkraft“ hervor, die wohl nicht auszurotten ist, und die sich hauptsächlich daher schreibt, dass man statt der Erscheinungen relativen Gleichgewichts auf der gleichmässig rotierenden Schwingmaschine die bei Beginn der Drehung eintretenden Bewegungen ins Auge fasst und durch ein Wort zu erklären sucht. Ausserdem überträgt der Verfasser die für die gleichförmige Kreisbewegung geltenden Sätze in schwankender Analogie auf beliebige, nicht einmal definierte Bewegungen in Kurven. Damit ein Punkt eine Kurve beschreibe, müsse ihm eine Kraft nach einem festen Punkt treiben, der auf den beweglichen wirke! Für die Ellipse wird nun bald der Krümmungsmittelpunkt, bald der Brennpunkt als jener Centralpunkt angesehen, und doch

behauptet, dass für jede derartige Centralbewegung der Flächensatz gelte. Eine Aufgabe lautet (S. 310): Was für eine Bewegung würde ein materieller Punkt annehmen, wenn die Centripetalkraft und Centrifugalkraft nicht gleich gross wären? Dem entsprechend wird auch wirklich eine Bewegung in einer Kurve untersucht (S. 318), bei welcher ausser der Centripetal- und Centrifugalkraft noch eine besondere normal gerichtete Kraft wirkt.

M. Koppe, Berlin.

**Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie.** 9. umgearbeitete und vermehrte Auflage. Von Dr. Leopold Pfaundler, Professor an der Universität Innsbruck. III. Band, XVI u. 1062 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1890. — M. 14,40.

Die 9. Auflage dieses Bandes, der Magnetismus und Elektrizität umfasst, stellt sich als eine vollständige Neubearbeitung dar. Vor allem ist bei den magnetischen wie bei den elektrischen Erscheinungen durchweg der Begriff des Potentials zu Grunde gelegt, der allein geeignet ist „das Verständnis zu erleichtern, ja besser gesagt überhaupt zu ermöglichen“. Von besonderem Interesse ist die Erklärung der Influenzwirkungen aus den Begriffen des Potentials und der Kapazität, sowie die Theorie der Ansammlungsapparate auf derselben Grundlage. Die Darstellung der Versuche ist durchgehends in elementarer schulmässiger Form und übersichtlicher Anordnung gehalten. Den Beziehungen zwischen Potential, Spannung und Dichte ist eine klare Auseinandersetzung zu Teil geworden. Eingehende Behandlung hat der VOLTA'sche Fundamentalversuch erfahren, obwohl die neueren Controversen darüber noch nicht als beendet angesehen werden; eine musterhafte Darlegung über den „Contactversuch vom Standpunkte der Erhaltung der Energie“ schliesst diesen Gegenstand ab. Für die experimentelle Ableitung des OMM'schen Gesetzes sind die älteren Versuche mit inconstanten Ketten angegeben, die dem historischen Gange entsprechen, aber doch wohl für Unterrichtszwecke durch geeignetere zu ersetzen sein würden. Höchst übersichtlich und klar sind die Versuche beschrieben, welche zur Bestätigung des Gesetzes, zur Messung der Constanten galvanischer Elemente und zur Erläuterung der Stromverzweigungsgesetze dienen. Das Kapitel von den sekundären Elementen hat gemäss den Fortschritten der letzten Jahre eine völlig neue Gestalt erhalten, ebenso der Abschnitt über das JOULE'sche Gesetz und die Stromenergie. Die Magnetoinduktion ist mit Hilfe der Kraftlinien dargestellt, wobei auch die schönen Vorlesungsversuche des Verfassers (*diese Zeitschr. I, 53*) zur Verwendung kommen.

Zu diesen mehr die methodische Seite betreffenden Änderungen kommt noch eine grosse Zahl von Bereicherungen, welche das Werk durch Aufnahme neuer wichtiger Apparate (auch Schulapparate) und namentlich durch genaueres Eingehen auf die Geschichte und Theorie der Influenzmaschinen erfahren hat. Unter den vorhandenen grösseren Lehrbüchern der Physik dürfte daher keines in gleicher Weise geeignet sein, dem Lehrer als Handbuch und als Ratgeber, wie auch als Orientierungsmittel über den neuesten Stand der Forschung zu dienen. Das Werk schliesst mit einem Hinweis auf die Ausblicke, welche sich jüngst für die Physik durch die epochemachenden Entdeckungen von H. HERTZ eröffnet haben.

P.

**Lehrbuch der Physik** im Anschluss an Professor WEINHOFF's physikalische Demonstrationen und Vorschule der Experimentalphysik. Ein Leitfaden für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. P. Meutzner. Mit zahlreichen Holzschnitten. Zweite verbesserte Auflage. Leipzig, Fues (R. Reisland), 1890. XX und 286 S. M. 2,50.

Der Verfasser dieses Leitfadens geht von dem selbstverständlichen, aber noch immer nicht allgemein befolgten Grundsatz aus, dass die physikalischen Unterrichtsstunden der Physik gehören und daher nicht zu Mathematikstunden werden dürfen. Er hat deshalb auch in den Leitfaden wesentlich nur die experimentellen Teile des Gebiets aufgenommen und in übersichtlicher, verständlicher Weise dargestellt. Die Auswahl des Stoffes beschränkt sich auf ein Minimum, doch sind am Schlusse der Optik drei Paragraphen der Interferenz und Polarisation des Lichtes gewidmet. Die Voranstellung der Kapitel vom Magnetismus und von der Elektrizität ist durch das sächsische Regulativ vorgeschrieben, gegen die Allgemeingültigkeit dieses Verfahrens aber würden gewichtige Bedenken geltend zu machen sein. Mit der induktiven Tendenz des Buches nicht im Einklang steht die Ableitung der Gesetze für die einfachen Maschinen aus dem Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten, wogegen in dieser Zeitschrift bereits bei anderen Gelegenheiten Widerspruch erhoben worden ist. Abgesehen hiervon muss anerkannt werden, dass der Leitfaden viele Vorzüge besitzt, die ihn für den Unterricht, namentlich an Gymnasien, als durchaus empfehlenswert erscheinen lassen. Als Berichtigung sei angemerkt, dass ein Strom von 1 Ampère in der Minute 10,44 (statt 10,25) cem Knallgas ausscheidet.

P.

## Versammlungen und Vereine.

### Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

*Sitzung am 7. März 1890.* Herr H. Rubens sprach über die Anwendung des Bolometers zur Beobachtung der Hertz'schen Strahlung nach gemeinsam mit Herrn R. Ritter angestellten Versuchen. Der wesentliche Bestandteil des angewendeten Bolometers ist eine WHEATSTONE'sche Brücke, deren einer Zweig selbst wieder aus einer Wheatstone'schen Brücke gebildet ist; durch diese können zu messende Wechselströme derart geleitet werden, dass die durch Erwärmung der Drähte bewirkte Widerstandsänderung sich durch einen Galvanometerausschlag zu erkennen giebt (vgl. *Wied. Ann.* **37**, 529; 1889). Zu dem Zwecke werden die Wechselströme im Sinn der einen Diagonale, der Strom der Hauptbrücke selbst im Sinn der anderen Diagonale durch diese sekundäre Brücke geleitet; der Widerstand der sekundären Brücke betrug 2,89 *Ohm*. Dieser Apparat ist von dem Vortragenden als Elektrodynamometer benutzt worden, um quantitative Versuche über Polarisation und Reflexion elektrischer Wellen an parallelen Drahtgittern anzustellen. Die Erregung und Concentration der Schwingungen geschah in der von Hertz beschriebenen Weise (vgl. *d. Ztschr.* **II**, 192); als sekundärer Leiter wurden zwei etwa 35 cm lange und 12 cm breite auf Kartonrahmen frei aufgespannte Stanniolstreifen verwendet, deren Wirkung 4 bis 5 mal so gross war wie die der von Hertz beschriebenen Form. Die einander zugekehrten Enden der Stanniolstreifen waren mit dem Bolometerwiderstand verbunden, der sich also an Stelle der Hertz'schen Funkenstrecke befand. Das angewandte Galvanometer war so empfindlich, dass 0,000029° Temperaturänderung einen Ausschlag von 1 Skalenteil bewirkten; die Empfindlichkeit konnte sogar für objektive Darstellung auf -0,000012° pro Skalenteil gesteigert werden. Die beobachteten elektrischen Schwingungen waren ihrer Wärmewirkung nach mit Strömen von  $\frac{1}{300}$  bis  $\frac{1}{1000}$  *Amp.* vergleichbar. Die angestellten Messungen haben ergeben, dass die aus parallelen Drähten gebildeten Gitter von HERTZ sich auch in Bezug auf Intensität und Schwingungsrichtung der durchgelassenen Strahlen genau so verhalten wie Turmalinplatten, auf die linear polarisiertes Licht fällt. Wird der Winkel zwischen der Richtung der Gitterdrähte und der auf sie fallenden Schwingung mit  $\varphi$  bezeichnet, der entsprechende Bolometerausschlag mit  $\alpha$ , so war mit grosser Annäherung der Quotient  $\sqrt{\alpha} / \sin^2 \varphi$  constant. Ebenso zeigte sich für die reflektierte Strahlung der Quotient  $\sqrt{\alpha} / \cos^2 \varphi$  constant; das Gitter reflektiert also in jeder Stellung einen gleichen Bruchteil der nicht durchgelassenen Strahlen. Endlich ergab sich, dass bei vertikaler Stellung der Drähte das Gitter fast sämtliche Strahlen (etwa 98%) reflektierte, dass die Absorption also fast Null war. Es wurden auch Versuche mit Spiegelglasplatten von 0,7 cm Dicke angestellt, doch waren diese weder zur Absorption noch zur Reflektion der elektrischen Wellen geeignet. — Am Schluss des Vortrages wurden die Hertz'schen Versuche nach der beschriebenen Methode objektiv vorgeführt.

*Sitzung am 21. März 1890.* Herr E. Brodhun demonstrierte ein von ihm und Herrn O. Lummer construiertes Kontrastphotometer, bei dem das völlige Verschwinden eines beleuchteten Feldes innerhalb eines andern als Merkmal für die richtige Einstellung benutzt wird (vgl. *Ztschr. f. Instrum.-K.* 1889, 461). Als mittlerer Fehler der Messungen wurde  $\frac{1}{4}\%$  angegeben. Derselbe sprach über die Verwendung von Glühlampen als Vergleichslichtquellen; benutzt wurden Lampen von 65 *Volt* Spannung, bei denen der Strom bis auf  $\frac{1}{10}\%$  Helligkeitsänderung konstant war. Bei langem Gebrauch nimmt der Widerstand ab, die Spannung ändert sich um allmählich ca.  $\frac{1}{2}\%$ ; nach 200 Brennstunden wurde eine Änderung der Helligkeit um ca. 1% constatirt, für Versuchszwecke kann die Helligkeit tagelang als constant angesehen werden (vgl. *Ztschr. f. Instrum.-K.* 1890, 119). — Herr O. Lummer sprach über den ABBE'schen Apparat zur Prüfung der Planparallelität durchsichtiger Platten, wobei mit der Loupe auf Fizeau'sche Streifen und mit dem Fernrohr auf Interferenzringe, die erst bei einer Dickenänderung von weniger als  $\frac{1}{10}\lambda$  auftreten, eingestellt wird. Das Prinzip der Methode ist schon von früher bekannt und u. a. von Herrn G. QUINCKE angewendet worden.

*Sitzung am 18. April 1890.* Herr Dubois-Reymond eröffnete die Sitzung mit Worten des Gedächtnisses für den am 13. März verstorbenen Herrn J. G. HALSKE, Mitbegründer der Firma SIEMENS & HALSKE und Mitglied der Gesellschaft seit ihrer Constituierung. — Herr M. Planck sprach über die Potentialdifferenz zweier linearer Elektrolyte. Der Berechnung legte der Vortragende die Hypothese zu Grunde, dass auf die Moleküle gelöster Stoffe nur bekannte Kräfte, nämlich elektrostatische und osmotische, wirksam seien, deren Vorhandensein durch die Untersuchungen von Faraday und von van't Hoff bestätigt sei. Die Lösungen werden als sehr verdünnt vorausgesetzt, da sonst auch chemische Kräfte auftreten, welche das Gesetz der unabhängigen

Wanderung der Ionen beeinträchtigen. Die Kräfte, welche das Lösungsmittel auf die gelösten Moleküle ausübt, kommen nicht in Betracht, weil die Ionen allseitig von dem lösenden Medium umgeben sind. Erforderlich für die Berechnung ist aber die Kenntniss der von Kohlrausch ermittelten Beweglichkeit der Ionen, d. h. der Geschwindigkeit, die sie unter dem Einfluss der Krafterinheit annehmen würden. Die relativen Werte dieser Beweglichkeit, bei 18° C. gültig, sind z. B. für *K* 52, *Na* 32, *Li* 24, *H* 272, *Cl* 54. Wird zunächst das Verhalten von sehr verdünnter Chlorwasserstofflösung gegen reines Wasser betrachtet, so ist leicht zu sehen, dass osmotische Kräfte auftreten müssen. Da aber die Beweglichkeiten, also auch die Diffusionsgeschwindigkeiten von *H* und *Cl* verschieden sind, und die freien Wasserstoffatome, indem sie den Chloratomen vorausziehen, gleichzeitig eine beträchtliche positive Ladung (9628 Einheiten pro gr Ion) mit sich führen, so wird eine elektrostatische Kraft wachgerufen, welche in einer Anziehung zwischen dem positiven Wasserstoff und den zurückbleibenden negativen Chloratomen besteht und also der osmotischen Trennung entgegenwirkt. Auf dieser Grundlage hat der Vortragende eine Berechnung der Potentialdifferenz ausgeführt, deren Hauptschwierigkeit darin bestand, dass die Formeln nur für stetige Übergänge anwendbar waren. Um die Rechnung auch auf den Fall eines Sprunges in der Beschaffenheit der Lösungen anzuwenden, wurde eine Übergangsschicht von sehr geringer Dicke angenommen und die Voraussetzung gemacht, dass der zeitliche Verlauf der Änderungen in dieser Schicht ein langsamer und kontinuierlicher sei. Für die Potentialdifferenz zweier Flüssigkeiten, in denen beliebig viele Stoffe gelöst sind, wurde folgende Formel erhalten:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 0,02507 \log \xi \text{ (Volt).}$$

Darin ist die Constante 0,02507 erhalten als Quotient zweier Grössen, deren eine der Druck eines Gases, wenn 1 Gramm-Molekül in 1 cem enthalten ist, also  $2,414 \cdot 10^{10}$  (Dynen) die andere die Anzahl elektrischer Einheiten, die ein Gr. Ion mit sich führt (9628 Einheiten) ist, wozu noch  $10^8$  als Divisor tritt. Die Grösse  $\xi$  ist durch eine transcendente Gleichung bestimmt, die von dem Verhältnis der Gesamtkonzentrationen der  $\pm$  Ionen und von deren relativen Beweglichkeiten abhängt. In einem speziellen Fall wird, wenn nur ein Stoff in jeder Lösung vorhanden und auch das Anion in beiden dasselbe (z. B. *Cl*) ist,

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 0,02507 \log \frac{u+v}{u'+v},$$

wo *u* und *u'* die Beweglichkeiten des Kations, *v* die des bei beiden gleichen Anions bezeichnet. Die Resultate, die sich aus dieser Formel für die sechs Kombinationen der Chloride von *H*, *K*, *Na*, *Li* miteinander ergeben, zeigen eine überraschende Übereinstimmung mit den von NERNST beobachteten Werten. Diese Übereinstimmung ist zugleich eine Bestätigung der der Rechnung zu Grunde gelegten Hypothese über den osmotischen Druck, wonach die in einer Flüssigkeit gelösten Gasmoleküle denselben Gesetzen, wie im gewöhnlichen Gaszustande unterworfen sind.

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

*Sitzung am 3. März 1890.* Herr M. Koppe sprach über Interferenzerscheinungen und wies darauf hin, dass es bei Verwendung von Linsen zu Interferenzversuchen nicht ausreichte, nur deren Einfluss auf die Gestalt der Strahlenbündel zu beachten, dass vielmehr auch der Einfluss auf die von der Lichtquelle ausgehende Wellenbewegung selbst zu beachten sei. Er zeigte, dass die von einem Lichtpunkte ausgehenden und in einem Punkte der Diakaustik zusammentreffenden Strahlen sich stets in derselben Phase befinden; werde aber künstlich die Phasenübereinstimmung gestört, so würde der vorhandene Unterschied durch etwa stattfindende Spiegelungen oder Brechungen nicht geändert. Er knüpfte hieran eine Darstellung der durch ein Gitter hervorgerufenen Interferenzerscheinungen und der darauf beruhenden Bestimmung der Wellenlänge des Lichts, ferner der Interferenzerscheinungen beim Regenbogen, dem von Wellen bewegten Wasserspiegel und besonders der mit Wassertropfen bedeckten Glasscheibe, durch die man unter möglichster Annäherung des Auges nach einer fernen Lichtquelle blickt. Die einzelnen Tropfen erzeugen grosse, sich vielfach überdeckende Sternpolygone, deren Umfänge auf der Innenseite von parallelen Interferenzlinien umsäumt sind. — Derselbe erklärte im Gegensatz zu einer von DVORAK anlässlich des Wagner'schen Hammers geäußerten Ansicht (*Ztschr. f. Instrum.-K.* 1890. S. 43), er glaube nachweisen zu können, dass zur Magnetisierung eines weichen Eisenkernes Zeit nötig sei. Als Beweis führte er Beobachtungen an, die sich bei schnellem Wechsel des magnetisierenden Stromes anstellen lassen.

*Sitzung am 17. März 1890.* Herr F. Poske hielt einen Vortrag über die experimentelle Einführung in die Lehre vom elektrischen Potential (vgl. *d. Ztschr. S. 161*). In der Diskussion

machte Herr M. Koppe auf besonders drastische Veranschaulichungen aufmerksam; er schlug u. a. vor, die Constanz des Potentials auf einem Leiter dadurch zu demonstrieren, dass eine auf dem Isolierschemel stehende elektrisierte Person aus sich selbst keine Funken ziehen könne.

*Sitzung am 21. April 1890.* Herr M. Koppe sprach über Sternkarten und setzte die Vorzüge auseinander, welche die Herstellung solcher Karten in stereographischer Projektion vor andern besitzt. Den üblichen drehbaren Ausschnitt, der zur Einstellung auf ein bestimmtes Datum dient, ersetzt er durch eine Pauspapierscheibe, auf welche die Höhen- und die Azimuthalkreise projiziert werden. Diese Vorrichtung ist zur Orientierung am Himmel und zur Lösung einfacher Aufgaben der Globuslehre in besonderem Grade geeignet. — Herr G. Krech legte dar, auf welche Weise er seine Himmelskarte mit einem beweglichen Horizontkreis versehen habe. Derselbe berichtete über einen Schulversuch zur angenäherten Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes. Vorgelegt wurde ein Demonstrationsthermometer nach Fr. C. G. MÜLLER.

*Sitzung am 5. Mai 1890.* Herr Kiesel führte den mit einem Sauerstoff-Gebläse verbundenen Zirkonbrenner vor und demonstrierte dessen Verwendung bei Versuchen mit dem Scioptikon. Er zeigte eine Reihe von Glasphotogrammen und von Vergrößerungen naturwissenschaftlicher Objekte mittelst eines Mikroskopansatzes, ferner den Grundversuch der Brechung in einer Tyndallschen Trommel; die Wirkung von Luftlinsen im Wasser; die Wirkung verschiedener Prismen und eine Reihe von Spektralerscheinungen. Die Spektrallinien von *Ca*, *Ba*, *Li* wurden erhalten, indem die betreffenden Salze an Asbeststäbchen gebracht und in die Gebläseflamme gehalten wurden. Derselbe zeigte die Erscheinungen, welche auftreten, wenn eine mit mehreren kreisförmigen Punktreihen versehene rotierende Scheibe mit einer Geisslerschen Röhre beleuchtet wird.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Sammlung künstlicher Krystalle.

aus dem chemischen Laboratorium von C. Goldbach in Heidelberg.

Die Sammlung ergänzt die üblichen Zusammenstellungen von Krystallmodellen und soll in erster Linie dem Unterrichts in der Chemie dienen, indem sie die Anschauung vermittelt, dass den chemischen Eigenschaften der Stoffe auch eine bestimmte, von anderen scharf unterschiedene Form entspricht. Die Sammlung ist nach methodischen Gesichtspunkten zusammengestellt, sie umfasst etwa 45 Nummern, unter denen alle sechs Krystallsysteme vertreten sind. Der Schüler sieht Krystalle in verschiedenem Grade der Ausbildung und wird darauf hingewiesen, dass die Krystallisationskraft der Substanzen verschieden gross ist, und dass bei gewisser Dimension eine Grenze eintritt, wo der Krystall aufhört einheitlich zu sein und sich in Einzelindividuen zerteilt. Zur Demonstration des Isomorphismus dient eine Reihe von Alaunkrystallen, bei denen  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  mit *K* und *Am* kombiniert sind; auch verschiedene Umhüllungskrystalle gehören in diese Reihe, ferner aus dem tetragonalen System phosphorsaure und arsensaure Salze (historisch interessant weil Mitscherlich daran zuerst den Isomorphismus erkannte); aus dem rhombischen Systeme  $MgSO_4 + 7aq$ ,  $ZnSO_4 + 7aq$ ,  $NiSO_4 + 7aq$ ; aus dem monosymmetrischen die Reihe der Doppelsulfate von *Mg*, *Zn*, *Ni*, *Co*, *Mn*, *K*, *Am* mit  $6aq$  und von chromsaurem Magnesium-Ammonium mit  $6aq$ ; aus dem asymmetrischen System Krystalle von  $CuSO_4 + 5aq$  und  $MnSO_4 + 5aq$ . In den Salzen  $NiSO_4 + 6aq$  und  $NiSO_4 + 7aq$  ist ein Beispiel dafür gegeben, dass eine Substanz mit verschiedenem Wassergehalt krystallisieren kann. Schliesslich enthält die Sammlung verschiedene Mischlingskrystalle aus zwei Substanzen von gleichem oder verschiedenem Krystallsystem.

Das rein krystallographische Moment ist gleichfalls in hervorragendem Maasse bei der Auswahl der Substanzen berücksichtigt. Die Sammlung enthält die Hauptformen des regulären Systems, Beispiele für geneigtflächige Hemiedrie, für Tetartoëdrie und Zwillingsbildung, in den anderen Systemen Zwillings- und Drillingsbildung ( $K_2SO_4$ ), Hemiedrie (Seignettesalz, Bittersalz, Brechweinstein), polysynthetische Zwillingsbildung (rothes Blutlaugensalz).

Zur Empfehlung dieser Sammlung kann es dienen, dass fast alle europäischen Universitäten grössere Sammlungen bezogen haben. Verzeichnisse werden auf Wunsch gratis übersandt. Der Preis der Sammlung beträgt 25 bis 35 M.

Auf der letzten Seite des Heftes bringen wir, mehrfachen Wünschen nachkommend, eine Zusammenstellung astronomischer Daten, die wir Herrn J. Plassmann in Warendorf verdanken. Wir bitten diese Zusammenstellung nur als einen ersten Versuch zu betrachten und sehen weiteren darauf bezüglichen Wünschen und Vorschlägen entgegen.

### Himmelserscheinungen im Juli und August 1890.

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

Monatstag	Juli						August						
	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
Helio- centrische Längen.	15°	43	74	106	134	159	180	199	215	230	244	258	☉
	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	☉
	283	288	293	298	302	307	312	317	322	326	331	336	☉
	268	271	274	276	279	282	285	288	291	294	297	301	☉
	305	306	306	306	307	307	308	308	309	309	309	310	☉
	155	156	156	156	156	156	156	157	157	157	157	157	☉
Geo- centrische Recta- scensionen.	328°	33	96	159	216	289	4	67	132	189	251	330	☉
	85	94	105	117	128	138	148	156	163	170	176	182	☉
	141	146	152	158	163	168	174	179	184	189	194	199	☉
	104	110	115	120	125	130	134	139	144	149	153	158	☉
	235	235	236	237	238	239	241	243	246	248	251	254	☉
	313	312	312	311	311	310	309	309	308	307	307	306	☉
	153	154	154	155	155	156	156	157	158	158	159	159	☉
Geo- centrische Dekli- nationen.	- 18°	+ 9	+ 24	+ 14	- 10	- 24	- 4	+ 21	+ 22	+ 1	- 22	- 17	☉
	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 21	+ 18	+ 15	+ 11	+ 8	+ 4	+ 1	- 3	☉
	+ 17	+ 15	+ 13	+ 11	+ 9	+ 6	+ 4	+ 1	- 2	- 4	- 7	- 9	☉
	+ 23	+ 22	+ 22	+ 21	+ 20	+ 18	+ 17	+ 16	+ 14	+ 13	+ 11	+ 9	☉
	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 24	- 24	- 24	- 25	- 25	- 25	- 26	☉
	- 18	- 19	- 19	- 19	- 19	- 19	- 19	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	☉
	+ 13	+ 12	+ 12	+ 12	+ 12	+ 12	+ 11	+ 11	+ 11	+ 11	+ 11	+ 10	☉
Aufgang.	5 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	15,52	15,58	16,5	16,12	16,19	16,27	16,35	16,44	16,52	17,0	17,9	☉
	10,51	12,21	14,58	20,22	1,9	7,27	9,53	11,35	15,55	21,44	2,50	7,13	☉
Untergang.	8 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	8,18	8,14	8,8	8,1	7,54	7,45	7,36	7,26	7,15	7,5	6,54	☉
	20,26	1,50	7,31	10,4	11,12	14,58	22,15	3,21	7,28	8,56	10,43	16,50	☉
Zeitglch.	+4 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	+ 5,4	+5,41	+ 6,5	+6,16	+6,11	+5,51	+5,17	+4,28	+3,26	+2,12	+0,47	☉

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

Juli 2 3 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> Vollmond	Juli 31 12 <sup>h</sup> Mond in Erdnähe
„ 3 4 <sup>h</sup> Mond in Erdnähe	August 7 3 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> Letztes Viertel
„ 8 17 37 Letztes Viertel	„ 14 5 Mond in Erdferne
„ 16 13 43 Neumond	„ 15 5 13 Neumond
„ 18 2 Mond in Erdferne	„ 23 2 13 Erstes Viertel
„ 24 15 38 Erstes Viertel	„ 28 22 Mond in Erdnähe
„ 31 10 18 Vollmond	„ 29 17 29 Vollmond.

**Constellationen.** Juli 2 18<sup>h</sup> Sonne in Erdferne; 4 1<sup>h</sup> ♃ ☉ (d. h. am 4. Juli um 1 Uhr Mittags ist Jupiter in Conjunction mit dem Monde); Juli 13 17<sup>h</sup> ♀ ☉ *Regulus*; 15 Merkur in Sonnen-  
nähe; 15 20<sup>h</sup> ♀ ☉; 17 6<sup>h</sup> ♀ ☉ ♄ (sehr enge und schöne Conjunction); 19 16<sup>h</sup> ♄ ☉; 19 22<sup>h</sup> ♀  
☉; 22 ♀ ☉, wird Abendstern; 26 18<sup>h</sup> ♀ ☉; 30 ♃ ☉ (Jupiter in Opposition zur Sonne);  
31 ♃ ☉. — August 5 17<sup>h</sup> ♀ ☉ *Regulus*; 9 18<sup>h</sup> ♀ ☉ ♄; 14 4<sup>h</sup> ♀ ☉ *Antares*; 16 4<sup>h</sup> ♄ ☉; 17 1<sup>h</sup> ♀  
☉; 18 22<sup>h</sup> ♀ ☉; 23 23<sup>h</sup> ♀ ☉; 27 13<sup>h</sup> ♃ ☉; 28 Mercur in Sonnenferne; 30 3<sup>h</sup> ♀ ☉ *Spica*;  
30 8<sup>h</sup> ♄ ☉.

Durch zahlreiche Meteore sind ausgezeichnet: Juli 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 25, 26, 27,  
28, 29; August 1–15 (Hauptswarm der Perseiden Aug. 8–13); Aug. 29.

Veränderliche Sterne (mit Feldstecher oder Opernglas zu beobachten): 1. vom Algol-  
Typus. Minima von *Algol* selbst treten ein: Juli 14 13<sup>h</sup>, Aug. 3 15<sup>h</sup>, Aug. 6 12<sup>h</sup>, 26 13<sup>h</sup>, 29 10<sup>h</sup>;  
Minima von *Librae* Juli 6 10<sup>h</sup>, 13 10<sup>h</sup>, 20 10<sup>h</sup>, Juli 27 9<sup>h</sup>; 2. regelmässig veränderliche weisse  
Sterne (täglich zu beobachten) sind *β Lyrae*, *η Aquilae*, *δ Cephei*; 3. schwach und unregelmässig  
veränderliche, gleichfalls täglich zu beobachtende Sterne sind *α Cassiopeiae*, *β Pegasi*, *μ Cephei*,  
*α Herculis*, *ε Aurigae* (nach Mitternacht).  
J. Plassmann.