

# Zeitschrift

für den

## Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIV. Jahrgang.

Erstes Heft.

Januar 1901.

### Lehrgang der chemischen Untersuchung des Wassers (als zweites Capitel der Verbrennungserscheinungen).

Von

Prof. O. Ohmann in Berlin.

In einem früheren Aufsatz: „Ein Lehrgang zur chemischen Untersuchung der Luft nebst Bemerkungen zum chemischen Anfangsunterricht“ (*ds. Ztschr. XI 261*) wurde gezeigt, wie die Luftuntersuchung als eine Vorstufe der allgemeinen Verbrennungserscheinungen dienen könne. Für die vorliegende Arbeit sind daraus zwei Punkte hervorzuheben. Es wurde näher begründet, daß es nicht ratsam sei, die Luftuntersuchung — die sich vollkommen streng allein unter Zuhilfenahme der Metallverkalkung durchführen läßt — bereits mit den schwierigen allgemeinen Verbrennungserscheinungen zu verquicken. Zweitens wurde Wert darauf gelegt, daß bei der sich auf die Metalle beschränkenden Luftuntersuchung ein klarer Begriff von dem einfachsten Fall der Oxydation, nämlich Vereinigung eines festen Körpers (Metalles) mit dem Sauerstoff zu einem festen Produkt, gewonnen werden könne. So bilden jene Versuche gewissermaßen das erste Capitel der so wichtigen Verbrennungserscheinungen. — Daß die Durchnahme der letzteren erst nach der des Wassers wirklich fruchtbringend sei, wurde in der genannten Arbeit bereits angedeutet. Der Zweck der nachfolgenden Ausführungen ist hauptsächlich darzulegen, wie die Untersuchung des Wassers dazu dienen kann, die bis dahin erlangte Einsicht in die Oxydationsvorgänge um einen wichtigen Schritt vorwärts zu bringen, sodafs diese Untersuchung, und was damit zusammenhängt, ein zweites aber noch nicht abschliessendes Capitel der Verbrennungserscheinungen darstellt.

Zuvor sei noch ein kurzer Blick auf die sonst üblichen Lehrgänge geworfen. Fast allgemein verbreitet ist es, die Durchnahme des Wassers auf die Elektrolyse der mehr oder weniger stark verdünnten Schwefelsäure zu gründen oder doch diese Zersetzung an wichtiger Stelle mit zu verwerthen. Man glaubte den Versuch ohne weiteres eine „Elektrolyse des Wassers“ nennen zu dürfen; auch Verf. huldigte dieser Anschauung noch bis vor wenigen Jahren. Das vermeintliche Versuchsergebnis hatte etwas ungemein Bestechendes: beide Elemente traten in einem Versuche zu tage, noch dazu in dem charakteristischen Volumverhältnis, man konnte sogleich die Frage nach der Synthese anschließen u. s. w. Leider hat sich aber herausgestellt, daß das Wasser an sich — d. h. der reine chemische Körper  $H_2O$ , um dessen Natur es sich bei der Untersuchung gerade handelt — kein Elektrolyt ist, ebensowenig wie andere reine Substanzen bei gewöhnlicher Temperatur. Kann man da füglich von einer „Elektrolyse des Wassers“ reden? Bringt man nicht vielmehr in eine wichtige Gruppe von Erscheinungen gleich im Beginn eine Unklarheit hinein? Man wird sich wohl oder übel von dem genannten Versuche an dieser Stelle trennen müssen. Überdies ist es nicht empfehlenswert, die galvanische

Elektrizität schon so frühzeitig heranzuziehen. Gerade im ersten Lehrgange kommt es auf möglichste Einfachheit und Durchsichtigkeit der Versuche an, und es ist zunächst einmal für ein Verständnis der rein chemischen Vorgänge zu sorgen. Etwas anderes ist es mit der Benutzung des statischen Funkens; ihn gelegentlich zur Elektrosynthese zu verwenden, erscheint unbedenklich, zumal da meist nur die bloße Warmwirkung zur Geltung kommt.

Ein weiterer besonders früher sehr beliebter Lehrgang stützt sich auf die Verwendung der Metalle Natrium und Kalium. Der Versuch, Natrium in Wasser zu bringen, ist scheinbar so einfach, aber die Einfachheit liegt hier durchaus nicht in der Sache, sondern nur in der Mühelosigkeit des Experimentierens. Denn alles, was bei dem Versuche zur Erscheinung gelangt, ist neu, unerwartet, bedürfte eingehender Erläuterung; vor allem tritt das merkwürdige Metall selbst, für das in der Erfahrung so gut wie kein Anknüpfungspunkt vorhanden ist, wie ein *deus ex machina* auf. Denn die bloße Erwähnung, daß dieses Metall im Kochsalz vorkomme, besagt für das Verständnis nichts, es wird höchstens zu den vielen Überraschungen noch eine neue hinzugefügt. Und da es aus anderen Gründen wieder falsch wäre, den Versuch bis in alle Einzelheiten zu verfolgen, so leistet man mit seiner Vornahme an so früher Stelle geradezu oberflächlichem Beobachten Vorschub. Dabei bildete diese Wasserzersetzung zuweilen den allerersten chemischen Versuch. Ein A. W. v. Hofmann konnte in einem akademischen Lehrgange sich wohl ein solches Vorgehen erlauben; für einen Unterricht, der bemüht ist, streng aufbauend vorzugehen — z. B. keinen Stoff aus dem späteren Lehrgange vorwegzunehmen — und der ferner Wert darauf legt, die so schwierig vorstellbaren chemischen Vorgänge besonders auch nach der physikalischen Seite hin möglichst verständlich zu machen, ist das Verfahren jedenfalls zu verwerfen.

So bleibt für die Wasseruntersuchung als günstigster Weg nur übrig, die Zersetzung mit Hilfe der schweren Metalle vorzunehmen. Nur ganz vereinzelt findet man in der ziemlich umfangreichen Litteratur der chemischen Elementarbücher als ersten Versuch beim Wasser die angedeutete Zersetzung (z. B. bei Meutzner, Trau-müller) und auch dann wird meist die ursprüngliche Klarheit sogleich wieder verwischt, indem entweder die „Elektrolyse des Wassers“ oder aber die leichten Metalle unmittelbar hinzugezogen werden.

Im folgenden soll nun versucht werden, die doppelte Aufgabe zu lösen: 1) Den Lehrgang der Wasseruntersuchung nur auf die Zersetzung des Wasserdampfes durch erhitzte, hauptsächlich schwere Metalle zu basieren — wobei es sich auch darum handeln wird, die entgegenstehenden experimentellen Schwierigkeiten durch thunlichste Einfachheit der Versuche zu beseitigen — und ferner diesen Lehrgang in sich möglichst folgerichtig zu gestalten; 2) die Durchnahme des Wasserstoffs in intensiver Weise als Vorbereitung für die allgemeinen Verbrennungerscheinungen zu verwerten, insbesondere durch eingehendere Diskussion der Synthese von Wasserstoff und Sauerstoff und der Wasserstoffflamme.

### Die chemische Untersuchung des Wassers.

Physikalische Vorbetrachtung. Es ist hier besonders das Wasser als Naturkörper zu charakterisieren. Nur einige Andeutungen seien gestattet. Es wird das Vorkommen des Wassers in den drei Aggregatzuständen gekennzeichnet, und kurze geologische Betrachtungen über den Kreislauf des Wassers, über die Verwitterung in den Hochgebirgen u. a. werden angefügt. Dabei findet sich Gelegenheit, einen Filtrationsversuch wie

auch einen Destillationsversuch (mit Liebigschem Kühler) vorzunehmen. Es wird so der Begriff des absolut reinen Wassers — dem von natürlichen Wassern nur das Regenwasser nahe kommt — gewonnen und dessen Untersuchung in den Vordergrund gestellt, die des Salzwassers, des harten Wassers u. s. w., als nicht zum eigentlichen Thema gehörig, für eine spätere Zeit angekündigt. Eine möglichst vollständige physikalische Charakteristik ist nicht anzustreben, da mehrere Eigenschaften, z. B. die spezifische Wärme, auf der Stufe noch nicht genügend erörtert sein dürften, und sie auch den chemischen Lehrgang zu sehr aufhalten würde. Doch sei darauf hingewiesen, daß es unter den gegebenen Verhältnissen leider an einem bestimmten Platze — sei es im physikalischen, sei es im chemischen Unterricht — fehlt, wo eine umfassende Darstellung aller wichtigen Eigenschaften des Wassers, gleichsam eine Monographie desselben, gegeben werden könnte.

Chemische Untersuchung. Wie bei der Untersuchung der Luft wird als Quelle chemischer Erscheinungen die Wärme herangezogen. Es wird dargelegt, daß das Wasser beim gewöhnlichen Erwärmen keine chemische Zersetzung, sondern nur eine Umwandlung in Wasserdampf erfährt. Die Frage, ob nicht ein weiteres Erhitzen beim Wasserdampf zu einer Zersetzung führen könne, wird berührt aber nicht weiter verfolgt, da es sich nicht empfiehlt, hier schon auf die Dissociation zu kommen; als Grund des Verlassens der Frage möge die Schwierigkeit der Versuchsanordnung dienen. Da man also dem Wasser nicht direkt beikommen kann, ist man wie bei der Luft auf den indirekten Weg verwiesen. Es wird eine ähnliche Betrachtung vorgenommen, wie sie dort (a. a. O. S. 265) skizziert ist. Als Hilfskörper bieten sich wiederum die Metalle dar, deren elementare Natur bereits erkannt ist. Beachtet wird z. B. die Erscheinung, daß eiserne Gegenstände, Messerklingen, Werkzeuge u. a. regelmäßig Rostflecke erhalten, d. h. eine partielle Stoffveränderung erleiden, sobald Wassertropfen auf ihnen zur Verdunstung gelangen, und daß sie ganz und gar rosten, wenn sie im Wasser liegen. Ein Versuch, Erhitzung verrosteter Drahtstücke im getrockneten Probierring, schließt sich an. Durch den auftretenden Beschlag wird zwar bestätigt, daß beim Rosten das Wasser eine Rolle spielen muß, doch erhalten wir keinen Aufschluß über die chemische Natur des Wassers selbst. Die Frage, ob Wasser und Metall gegenseitig aufeinander einwirken, muß daher in anderer Weise angegriffen werden. Mehrere Möglichkeiten bieten sich — unter Zuhilfenahme der Wärme — dar: Metall innerhalb von Wasser zu erhitzen, Wasser zu erhitzen und die Dämpfe ohne weiteres über das Metall zu leiten, erhitztes Metall in Wasser zu bringen, Wasserdämpfe über das besonders erhitzte Metall zu leiten. Bei genügender Zeit mag der eine oder andere Versuch mit negativem Ergebnis ausgeführt werden, sonst wird sogleich zur eigentlichen Zersetzung übergegangen, wofür folgende Versuche zur Verfügung gestellt werden.

### Versuche zur Zersetzung des Wassers durch erhitzte Metalle.

*Versuch 1* (Zersetzung von Wasserdampf durch erhitztes Zink). In ein schwer-schmelzbares — zur Not ein gewöhnliches — Probierring *P* mittlerer Größe bringe man einen die halbe Rundung des Glases ausfüllenden Streifen von nicht zu dünnem ausgeglühtem Asbestpapier *a* (der Asbest ist bereits in früheren Versuchen des Lehrganges bekannt geworden als ein Körper, der bei den chemischen Reaktionen in ähnlicher Weise passiv ist wie z. B. das Glas der Gefäße selbst). Man lasse dann den mit der Spritzflasche zu etwa  $\frac{2}{3}$  angefüllten kleinen Wasserbehälter *w* (hergestellt durch Abschneiden des unteren Teiles eines engen gewöhnlichen Probierringes) hinabgleiten; das Asbestpapier muß soweit nach unten reichen, daß der obere Teil dieses kleinen Probierringes noch darauf zu liegen kommt. Dann werden etwa 2 ccm Zinkstaub *Zn* auf das Asbestpapier gebracht, indem man

die Masse erst auf eine längere Rinne von dünnem Kupferblech bringt, diese hineinschiebt und um  $180^\circ$  dreht. Man verschließt dann durch einen festsitzenden Pfropfen mit dem Abzugsrohre *R*, das durch den Kautschukschlauch *k* zu dem Gasentwicklungsrohr und zur pneumatischen Wanne führt; in dieser steht ein gefüllter Cylinder in Bereitschaft. Das Stativ *St* braucht erst an der angegebenen Stelle angebracht zu sein. Man nehme nun einen Brenner zur Hand, wärme kurz die ganze Röhre vor und erhitze dann das Metall schärfer, indem man mit schräggehaltener Flamme andauernd hin- und herfährt, wobei man

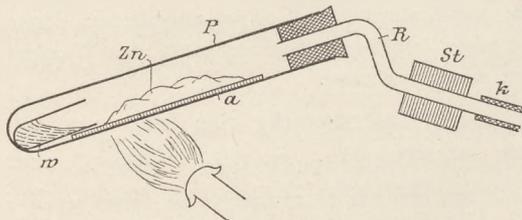


Fig. 1.

ab und zu die Flamme auch bis an den vorderen Teil des Wassers in *w* streichen läßt. Schon nach kurzer Zeit beginnt die Wasserstoffentwicklung, man bringt sodann die Gasentwicklungsröhre unter den Cylinder. Bald fängt der vordere Teil des Wassers in *w* an zu sieden (die am vorderen Rande von *w* regelmäßig entstehenden minimalen Risse hindern in keiner Weise den Fortgang des Ver-

suches, machen *w* nicht einmal für weitere Versuche unbrauchbar), und bei verdunkeltem Zimmer beobachtet man, wie eine mächtige Glüherscheinung die Metallmasse einige Sekunden lang durchzieht. Man orientiere deshalb *P* so, daß man vom Auditorium aus die größere Masse des Metalles sehen kann, also nicht wie in der Figur, sondern um  $90^\circ$  gedreht. Die Gasentwicklung geht bei fortwährendem Erhitzen reichlich, fast stürmisch vor sich, jedenfalls kann man einen größeren Fußcylinder (von 1 l Inhalt) in einigen Minuten mit Wasserstoff füllen.

*Versuch 2* (Zersetzung von Wasserdampf durch Eisenpulver). Man benutze genau dieselbe Anordnung; ein schwerschmelzbares Probierglas ist noch mehr anzuraten, da das Eisenpulver stärker als das Zink erhitzt werden muß. Aus diesem Grunde ist es auch besser die Flamme unter dem Metall zu belassen und *w* mit einer besonderen zur Hand genommenen Flamme vorsichtig vom vorderen Ende her zu erwärmen. Die Ausbeute an Wasserstoff ist geringer, doch eignet sich später das Oxyd besser zur Demonstration.

*Versuch 3* (Zersetzung von Wasser durch Magnesium). Nur beiläufig sei erwähnt, daß man mit obiger Versuchsanordnung auch Magnesiumpulver bequem zur Wasserzersetzung verwenden kann. Bei oben empfohlener Orientierung des Probierglases gelangt das Aufglühen gut zur Demonstration. Da jedoch nach dem weiter unten angedeuteten Lehrgange das Magnesium vor der Wasseruntersuchung noch nicht bekannt ist, so ist der Versuch erst später einzuflechten.

Bei der geschilderten Versuchsanordnung sind einige Cautelen zu beachten. Das Probierglas sei gut gereinigt und getrocknet; von der aufgeschütteten Metallmasse darf (beim Einführen, Befestigen u. s. w.) nichts nach *w* hinabgleiten. Die Röhre *A* senke sich sogleich außerhalb des Probierglases nach unten, damit etwaige Condensationen von Wasserdampf besser abfließen können. Das Wasser darf nicht vom unteren Ende des Gefäßes *w* her erhitzt werden, damit es nie als Ganzes aufwalle.

*Versuch 4* (Zersetzung eines Gemisches von Wasser und Zinkpulver). In ein gewöhnliches oder besser schwerschmelzbares Probierglas *P* (Fig. 2) giebt man durch ein bis zum Boden geführtes Trichterrohr wenige ccm Wasser (etwa bis  $\times$ ), schüttet durch ein anderes Trichterrohr eine wenigstens gleichgroße Menge Zinkpulver nach und rührt das Ganze mit einem Holzstabe durch, sodafs es dickbreiartig wird, nötigenfalls unter Hinzufügen von weiterem Metall. Hierauf bringt man mittelst der obenerwähnten Kupferblechrinne eine weitere trocken bleibende Zinkmenge hinein bis an die erstere heran und montiert im übrigen

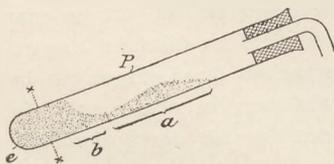


Fig. 2.

genau wie oben. Man erhitzt zuerst *a* kurze Zeit, dann rückt man vorsichtig nach *b* hin,

und erst wenn diese Partie ausgetrocknet ist, dringt man unter vorwiegender Erhitzung von *a* langsam bis zum Ende *e* vor.

*Versuch 5* (Der vorige Versuch mit Eisenpulver statt Zink). Auch hier ist ein schwerschmelzbares Probierrglas nicht Bedingung des Versuches, wenngleich vorzuziehen. Man verfährt wie bei No. 4; da aber das Eisenpulver im Wasser sogleich untersinkt und das Wasser besser adhärirt, so entfällt das Umrühren; man braucht auch nur, sobald alles Wasser aufgesaugt ist, noch Eisenpulver in reichlicher Menge nachzuschütten, dann das Glas horizontal zu halten und zu erschüttern, sodafs von dem trockenen Metall etwas in den übrigen Teil der Röhre gelangt. Auch hier erhitze man die wasserdurchsetzte Partie vom vorderen Rande her. — Ein dem Vers. 5 ganz ähnlicher Wasserzersetzungsversuch mit feuchtem Eisen im Verbrennungsrohr findet sich, wie Verf. erfährt, bereits in M. ROSENFELDS Leitfaden der anorg. Ch. 1886 S. 55. — No. 5 ist experimentell einfacher als der unter No. 2 mitgeteilte, dieser wiederum ist didaktisch einfacher insofern, als die Stoffe gesondert auftreten und es ersichtlich wird, dafs nur die Dämpfe das Wirksame sind.

*Versuch 6* (Zersetzung des Wassers durch Aluminium). Zwar erlaubt die für Vers. 2 gegebene Anordnung bereits die Anwendung einer kleinen Menge Aluminiumpulver, das nach kräftigem Erhitzen im schwerschmelzbaren Glase die Zersetzung herbeiführt — empfehlenswerter ist es jedoch, den Versuch in etwas größerem Mafsstabe vorzunehmen. Ein Verbrennungsrohr *R* (Fig. 3) wird mit 1 bis 2 g Aluminiumpulver — am besten nach Unterbreiten einer Lage von ausgeglühtem Asbestpulver, die sich bis nach *a* und *a*<sub>1</sub> erstreckt — mittelst der Kupferrinne beschickt und so armiert und etwas schräg in ein Stativ *St* gespannt, wie es aus der Figur ersichtlich ist. Wird nach längerem Vorwärmen und dann kräftigem Erhitzen des Metalles das Wasser in dem großen Probierrglase *P* (Lumen 25 mm) zum ruhigen Sieden erhitzt, so vollzieht sich die Zersetzung des Dampfes unter andauernder glänzender Lichterscheinung.

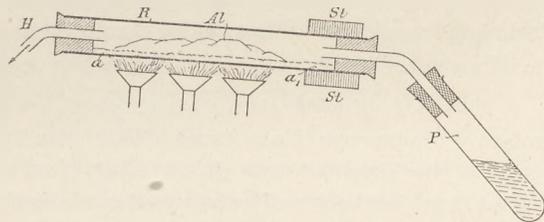


Fig. 3.

*Versuch 7* (Entwicklung von Wasserstoff durch Eintauchen von glühendem Aluminium in Wasser). Es ist bekannt, dafs beim Eintauchen von glühendem Eisen in Wasser etwas Wasserstoff entsteht. Wirksamer und ziemlich imponant ist die Erscheinung mit Aluminium. Eine größere Menge Aluminiumpulver (5 g) erhitzt man in einer kleinen Asbestschale *a* (Fig. 4) kräftig, bis das intensive Glühen eintritt.

Dann bedeckt man die Schale mit einem gut passenden Deckel *d* von Asbestpappe, fafst das Ganze mit der Tiegelzange und taucht es schnell unter die Öffnung eines in der pneumatischen Wanne bereit gehaltenen weiten, mit Wasser gefüllten Cylinders. Unter starkem Geprassel und Fortglühen des Metalles unter Wasser entwickeln sich beträchtliche Mengen von Wasserstoff. Da ein gewisses Sprühen stattfindet, ist es ratsam, sich durch ein Drahtgitter und die Hand durch ein Tuch *t* zu schützen.

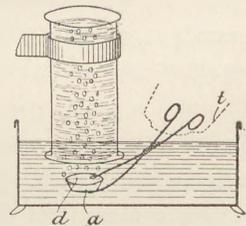


Fig. 4.

Die vorstehenden Versuche sind natürlich nicht allesamt hintereinander auszuführen; es sollte hier nur gezeigt werden, dafs sich die Zersetzung durch erhitzte Metalle mit einfachen Mitteln erreichen läfst. Man nimmt am besten Vers. 2, 4, 6, 7, bei sehr knapper Zeit nur 2 und 6.

Das erhaltene Gas ist nun daraufhin zu untersuchen, ob es etwa mit einem der bereits erkannten Gase (Stickstoff, Sauerstoff) übereinstimme, d. h. es ist besonders das Verhalten zur Flamme zu prüfen. Es wird — durch Heranführen eines brennen-

den Spanes — die Brennbarkeit constatirt und die historische Bemerkung angeknüpft, daß wir es hier mit dem Gase zu thun haben, das bereits im 16. Jahrhundert als „brennbare Luft“ bekannt war (Paracelsus), dessen Unterscheidung von anderen Gasen und Gasgemischen aber erst im 18. Jahrhundert durch Cavendish (1766) vollzogen wurde.

In analytischer Hinsicht ist nun fortzufahren: Der neue gasförmige Körper kann nur aus dem Wasser stammen, da die Metalle bereits vorher als Elemente erkannt sind; die elementare Natur und der Name werden erörtert, und man erhält als sicheres Ergebnis: Wasser enthält Wasserstoff.

Es gilt nun, das Gas vorläufig etwas näher kennen zu lernen, besonders die näheren Umstände seiner Brennbarkeit sowie sein Gewicht. Doch wird auf den Kern der Sache, auf die chemische Bedeutung der Flamme, noch nicht eingegangen, sondern es wird die Brennbarkeit einfach als Thatsache, als eine vom Leuchtgas her bekannte Erscheinung (zugleich als ein Erkennungsmerkmal) hingenommen. Indessen ist jetzt eine Vergleichung mit dem aus der Erfahrung bekannten Leuchtgase geboten, derart, daß man die Bedingungen, unter denen man im obigen Versuche den Wasserstoff entzündete, auch für Leuchtgas herstellt und umgekehrt die bekannten Verbrennungsweisen des Leuchtgases auch auf den Wasserstoff überträgt. Aus diesem Vorhaben resultieren folgende Versuche (zu denen als Gasquelle jetzt unbedenklich die Wasserstoffbombe oder ein Kippscher Apparat dienen kann).

*Versuch 8* (Entzündung eines größeren Leuchtgasvolumens). Man fülle den großen Cylinder vom Zinkversuch (No. 2 oder 5) mit Leuchtgas an durch Wasserverdrängung (da der Gasdruck nur ein geringer, darf man die Gasentwicklungsröhre nicht zu tief in die Wanne senken) und entzünde ihn wie vorher den Wasserstoff: das Gas brennt in ganz analoger Weise.

*Versuch 9* (Brennen von Wasserstoff aus einem Bunsenbrenner und Schlitzbrenner). Man verbinde den Schlauch vom Wasserstoffentwickler mit einem Bunsenschen Brenner, dessen Öffnungen verschlossen sind. Aus einem zweiten Brenner mit verschlossenen Zuglöchern läßt man Leuchtgas in gleichgroßer Flamme herausbrennen. — Man lasse ebenso Wasserstoff und Leuchtgas aus zwei nebeneinander gestellten Schlitzbrennern herausbrennen. Hierbei ist die charakteristische Färbung der Wasserstoffflamme besonders gut zu erkennen, zumal wenn man noch durch beinahe völliges Zudrehen des Hahnes am Kippschen Apparat die Flüssigkeit in die obere Kugel treibt und dann plötzlich den Hahn wieder öffnet, wodurch man für ein paar Sekunden eine stattliche Flamme erhält. — Schliesslich lasse man beide Gase aus Glasröhren — gewöhnlichen oder nur wenig zur Spitze ausgezogenen — herausbrennen und erläutere, daß die beim Wasserstoff sehr bald auftretende gelbe Färbung von einer partiellen Zersetzung des Glases her stammt.

Der nächste Punkt der vorläufigen Kenntnissnahme betrifft das Gewicht. Der übliche Versuch mit zwei gleichen Cylindern mit entgegengesetzt gerichteten Öffnungen steht an der Spitze. Doch ist es nun etwas dogmatisch zu sagen: Wasserstoff ist das leichteste Gas. Bei der fundamentalen Wichtigkeit dieser Thatsache erscheint vielmehr eine wirkliche Wägung durchaus wünschenswert.

*Versuch 10* (Bestimmung der Dichte und des absoluten Gewichtes des Wasserstoffgases). Daß Wasserstoff erheblich leichter ist als Luft, kann man als Vorversuch an jedem beliebigen Gefäß (Standkolben, Becherglas) zeigen, das man erst nebst seinem Verschluss (beim Standkolben Kautschuckpfropfen, beim Becherglas Glasplatte) auf der Wage abtariert, dann durch Luftverdrängung mit Wasserstoff, der nicht getrocknet zu sein braucht, füllt und wieder auf die Wage bringt (das Becherglas mit seinem Verschluss nach unten); es bedarf einer beträchtlichen Zahl von Triergranaten, um wieder Gleichgewicht zu erhalten

Behufs direkter Wägung ist ein sehr sorgfältig getrockneter Literkolben aus möglichst dünnem Glase zu verwenden. Man verschliesst ihn mit Kautschuckpfropfen und tariert ihn auf der Wage ab. Es genügt eine Wage, an der man noch hundertstel ablesen und tausendstel schätzen kann. Hierauf füllt man ihn mit Wasserstoffgas (Fig. 5), das durch ein mit Natronkalk oder Chlorcalcium beschicktes Trockenrohr (*T*) getrocknet ist (sehr zweckmäßig sind Trockenrohre mit eingeschliffenen Glashähnen), indem man unter andauernder lebhafter Gasentwicklung den Schlauch *K* bis zum Boden *B* führt, event. unter Benutzung eines Pappstückes *P*, dessen Öffnung etwas größer ist als der Schlauchumfang. Die Luftverdrängung ist nach einiger Zeit eine nahezu vollkommene; noch während weiteres Gas langsam nachströmt, zieht man allmählich den Schlauch *K* heraus und verschliesst sofort mit dem Kautschuckpfropfen (ohne etwa das Gefäß vorher zu wenden). Auf der Wage stellt man durch Zulegen von Aluminiumgewichten den Gewichtsverlust *p* genau fest und notiert ihn. An Manipulationen ist nur noch erforderlich auszumessen, welches Gasvolumen gewogen worden ist. (Ehe man jedoch hierzu schreitet, führe man die in No. 11 angegebene Füllung mit Sauerstoff aus.) Man befestigt am Halse des Kolbens, da wo der aufgesetzte Kautschuckpfropfen luftdicht zu schliessen beginnt, eine Marke und gießt ihn bis dahin voll Wasser, dessen Quantum *q* man durch Zurückgießen in eine Mensur feststellt. Da bei der Luftuntersuchung das Gewicht für 1 Liter Luft bekannt geworden ist, so erhält man durch einfache Rechnung das Gewicht für 1 Liter Wasserstoff.

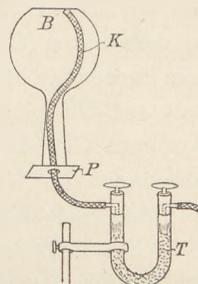


Fig. 5.

*Beispiel:* Es war  $p = 1,321$  g,  $q = 1172$  ccm. Auf 1000 ccm kommen demnach

$$1,321 \cdot 1000 : 1172 = 1,127 \text{ g.}$$

Notwendigerweise sind nun Temperatur und Barometerstand zu berücksichtigen. Es war  $t = 21^\circ \text{ C.}$ ,  $b = 766$  mm. Unter diesen Bedingungen wiegt 1 l atmosphärischer Luft 1,211 g. Will man diesen Wert nicht der Tabelle entnehmen, so berechnet man ihn nach der Formel

$$D = \frac{1,2934}{1 + 0,003665 t} \cdot \frac{b}{760}$$

Zur Bequemlichkeit seien hier einige Daten — nach Biedermann, Chemiker-Kalender — wiedergegeben: Es wiegt 1 l trockene Luft in g bei:

<i>b</i>	$t = 15^\circ$	$16^\circ$	$17^\circ$	$18^\circ$	$19^\circ$	$20^\circ$	$21^\circ$	$22^\circ$	$23^\circ$	$24^\circ$	$25^\circ$
750 mm	1,210	1,206	1,201	1,197	1,193	1,189	1,185	1,181	1,177	1,173	1,169
760 mm	1,226	1,222	1,218	1,213	1,209	1,205	1,201	1,197	1,193	1,189	1,185
770 mm	1,242	1,238	1,234	1,229	1,225	1,221	1,217	1,213	1,209	1,204	1,200

Ein Liter Wasserstoff wiegt also  $1,211 - 1,127 = 0,084$  g unter den angegebenen Bedingungen. Das Verhältnis zur Luft ist also  $1,211 : 0,084 = 14,417$ ; die genauere Zahl ist 14,438. Wasserstoff ist also 14,4mal leichter als Luft.

Um das absolute Gewicht bei  $0^\circ$  und 760 mm zu erhalten, ist zu reduzieren nach der Formel  $d_0 = d (1 + 0,003665 t) \cdot \frac{760}{b}$ , also  $d_0 = 0,084 (1 + 0,003665 \cdot 21) \cdot \frac{760}{766} = 0,0890$ , was mit dem genaueren Wert 0,0900 g genügend übereinstimmt.

Es verlohnt sich der Mühe, das relative Gewicht zu dem aus der Luftuntersuchung bekannten Sauerstoff experimentell festzustellen.

*Versuch 11* (Feststellung des Gewichtsverhältnisses von Wasserstoff zu Sauerstoff). Man entferne die zugelegten kleinen Gewichte des vorigen Versuches und stelle durch Tarierkörnchen Gleichgewicht her. Dann öffnet man den aufrecht gestellten Kolben, führt einen mit der Sauerstoffbombe verbundenen Schlauch bis zum Boden *B* und vollendet die Füllung. Nach Verschliessen wird auf der Wage die Gewichtszunahme  $p_1$  fest-

gestellt, woraus sich unter Zuhilfenahme der Daten von Versuch 10 das gesuchte Verhältnis ergibt. Als eigentlicher Wert wird nicht das Verhältnis 1:16 oder 1:15,96, sondern der Morleysche Wert (von dem man bei Aufstellung der neueren Atomgewichtstabellen mit Sauerstoff = 16 ausging) 1:15,879 oder abgekürzt 1:15,88 aufgestellt.

Jetzt erst wird ausgesagt, daß Wasserstoff das leichteste aller Gase sei, und es ist zweckmäßig, einiges über die Verwendung des Wasserstoffgases zu Ballonfüllungen anzufügen. Es mag historisch bemerkt werden, dass, als die praktischen Erfolge Montgolfiers mit erhitzter Luft bekannt wurden (1783), zuerst Professor Charles von der Pariser Akademie auf den Gedanken kam, Wasserstoff mit größerem Nutzen zu verwenden (Charliëren), daß man jedoch bald zum billigeren Leuchtgas griff, daß man ferner die häufigen Unglücksfälle auf Rechnung der verdünnten Höhenluft schrieb, statt auf die giftige Wirkung des diffundierenden Leuchtgases, und daß man aus letzterem Grunde neuerdings fast ganz wieder auf die Wasserstofffüllung zurückgekommen ist (Versuch mit Collodium- oder Kautschuckballon oder mit Wasserstoff gefüllter Seifenblase).

Nunmehr ist die analytische Untersuchung wieder aufzunehmen durch die weitere Erörterung der obigen Zersetzungsvorgänge (Vers. 1—7). Da Wasserstoff wie Metall ein Element, ist der Versuch nur so zu deuten, daß der Restkörper  $x$ , also Wasser minus Wasserstoff, an das Eisen gegangen ist. Wasser muß also mindestens aus zwei Elementen bestehen, Wasserstoff und  $x$ . Wie hat sich das Metall verändert? Das Eisen zeigt dieselbe blauschwarze Färbung, die sich bei dem früheren Versuche der Luftuntersuchung: Glühen von Eisenpulver auf Asbestpappe (d. Ztschr. X 171, 3b) einstellte, das Zink hat einen weißlichen Anflug erhalten (am meisten an den dem Glase zugewandten Stellen größter Erhitzung), noch deutlicher zeigt Aluminium die weißse Farbe des verkalkten Metalles. Wir haben also scheinbar die Oxyde der angewandten Metalle vor uns, Sauerstoff scheint der Restkörper zu sein. Sind nun, wie es den Anschein hat, Wasserstoff und Sauerstoff die alleinigen Bestandteile des Wassers, so müßte, falls man die beiden Elemente zur Vereinigung bringen kann, Wasser gebildet werden.

*Versuch 12* (Synthese von Wasserstoff und Sauerstoff). Als Vorversuch eignet sich der Einfachheit halber die Vereinigung von Wasserstoff mit Luftsauerstoff (ds. Ztschr. XI 136). Von zwei gut getrockneten Cylindern füllt man den einen mit Wasserstoff wie oben in Vers. 11 und stellt den anderen, luftgefüllten mit seiner Öffnung auf die Deckplatte

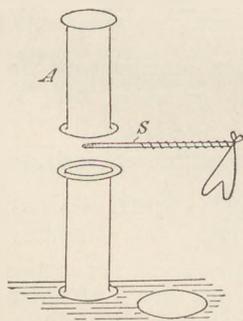


Fig. 6.

des ersten. Nach Wegziehen der Deckplatte schwenkt man mehrmals und macht auf die negative Seite des Versuches aufmerksam, daß durch bloße Berührung der Gase von einer Vereinigung nichts bemerkbar wird, sodafs wir es nur mit einer mechanischen Mischung zu thun haben. Als Mittel, eine solche in eine chemische Verbindung überzuführen, wurde bereits mehrfach die Wärme in Gestalt eines glühenden Metalls verwandt. Wir nähern die glühende Stricknadel  $S$  (Fig. 6) und heben den Cylinder  $A$  ein wenig ab: die Vereinigung erfolgt unter lebhafter Explosion, die Wände sind undurchsichtig durch Wasserbeschlag, den man zur besseren Demonstration stellenweise mit dem Finger abwischt.

*Versuch 12a.* Derselbe Versuch wird mit reinem Sauerstoffgas statt Luft wiederholt. Die Wirkung ist im ganzen die gleiche.

*Versuch 13* (Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff durch den elektrischen Funken). Teils zur Vorbereitung auf den nächsten Versuch (14), teils um der Sache selbst willen wird die Synthese noch einmal mit der Abänderung vorgenommen, daß zum Einleiten der elektrische Funke dient. Die Anordnung ist aus der Fig. 7 ersichtlich. Nach

dem Schwenken werde der obere Cylinder *A* in ein Stativ *St* gespannt, wobei aber die Ränder von *A* und *B* fest aneinandergedrückt bleiben. Die Schraube des Halters werde nur soweit gedreht, daß noch ein drehendes Verschieben (ohne Gleiten) möglich ist. Beim Selbstoperieren schiebt man schnell *A* ein wenig in die Höhe und erzeugt den Funken, besser ist es aber, daß, sobald alles zum Funkenüberschlagen vorbereitet ist, ein Gehilfe den Cylinder *A* in die Höhe schiebt. Es zeigt sich ein deutlicher Wasserbeschlag.

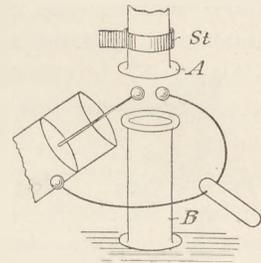


Fig. 7.

Hiermit ist als sicheres Ergebnis gewonnen: Wasser besteht aus den beiden Elementen Wasserstoff und Sauerstoff — und wir stehen in gewissem Sinne am Ende der eigentlichen Untersuchung.

An dieser Stelle des ganzen, bereits früher angedeuteten Lehrganges (natürlich vorkommende Sulfide und Elemente, einschließlic Luft; Oxyde, einschließlic Wasser u. s. w.) ist nun der geeignete Zeitpunkt, um auf Grund der erkannten, ziemlich vielseitigen qualitativen Erscheinungen das Quantitative in Angriff zu nehmen. Es geschieht dies übrigens mehrfach auch in anderen Lehrgängen beim Wasser, da die Verhältnisse stark dazu auffordern, nur daß dann meist von dem Ergebnis der Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure ausgegangen wird. Aber die Elektrosynthese im Eudiometer — der wir uns jetzt zuwenden — ist nicht nur ausreichend, sondern wirkt für sich allein sogar überraschender und zwingender. Sie ist überhaupt ein so fundamentaler Versuch, daß ihm besondere Sorgfalt zuzuwenden ist. Der Fortgang sei etwa folgender.

Die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff geschah bisher in dem zufällig gewählten Verhältnis von 1 Raumteil Wasserstoff zu 1 Raumteil Sauerstoff. Ist dies Verhältnis das beste? Wie verläuft der Versuch, wenn wir mehr Wasserstoff oder auch mehr Sauerstoff nehmen? Es ergibt sich die Notwendigkeit, den Vereinigungsversuch in einem begrenzten Raume vorzunehmen. Als Hilfsapparat wird das Eudiometerrohr beschrieben. Quecksilber als Sperrflüssigkeit hat gewisse Vorteile, doch genügt auch die Wasserwanne.

*Versuch 14* (Elektrosynthese von Wasserstoff und Sauerstoff). Man nehme beim *ersten Versuch* die Gase wie oben zu gleichen Raumteilen und erörtere vor dem Durchschlagen des Funkens, was zu erwarten ist, indem man aus dem bekannten Gewichte beider Gase finden läßt, daß die entstehende Wassermenge kaum einen Tropfen ausmacht, daß also ein luftverdünnter Raum entstehen muß u. s. w. Es ist mindestens noch ein *zweiter Versuch*, mit Wasserstoff im Überschuss, auszuführen. Von einem Versuch mit genau 2 Wasserstoff zu 1 Sauerstoff ist abzuraten, da er für das Eudiometerrohr nicht ungefährlich, übrigens auch unnötig ist.

Das gewonnene volumetrische Versuchsergebnis wird sogleich nach der gewichtlichen Seite hin verwertet. Wählte man die bisher üblichen Zahlen 1 l Sauerstoff = 1,4336 g und 1 l Wasserstoff = 0,0896 g, so erhielte man genau das Verhältnis von 16 : 2. Wegen der prinzipiellen Wichtigkeit der Sache darf man es aber hierbei nicht belassen, sondern muß die Zahlen dem oben angegebenen Morleyschen Wert anpassen, so daß man erhält 2 : 15,879 (2 : 15,88) oder, falls man Sauerstoff = 16 zu Grunde legt, 2,016 : 16. Die Konstanz im Volumen- und Gewichtsverhältnis ist zwar eindringlich zum Bewußtsein zu bringen, aber zweckmäßig noch nicht sogleich zu verallgemeinern.

Dem so ermittelten besten Gemisch (2 Wasserstoff : 1 Sauerstoff) wird der Name Knallgas gegeben, und es werden einige *Versuche* damit angeschlossen. Da die — aller-

dings bequeme — elektrolytische Entwicklung des Knallgases nicht anzuwenden ist, kann man sich leicht in folgender Weise helfen. Von einem größeren (mindestens Liter-) Kolben (Fig. 8) wird mit der Mensur der Inhalt bestimmt und bei  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{2}{3}$  Marken ( $m$  und  $m_1$ ) angebracht. In der pneumatischen Wanne wird er dann im entsprechenden Verhältnis mit beiden Gasen gefüllt. Vorher hat man den Kautschuckpfropfen  $P$  mit dem Hahndrucker  $T$  dem Abzugsrohr  $a$ , dem Schlauchstück nebst Quetschhahn  $q$  und dem Glasrohr  $r$  nicht nur montiert, sondern hat noch in  $T$  Wasser gegossen, einen Teil abfließen lassen und den Hahn  $h$  geschlossen, so daß das untere Trichterrohr  $t$  durch den Luftdruck mit Wasser gefüllt bleibt. Man hebt dann  $K$  mit einer Deckplatte heraus, ersetzt — ohne zu wenden — diese schnell durch  $P$ , füllt nach dem Wenden  $T$  mit Wasser an, öffnet  $h$  und entfernt  $q$  und führt  $r$  in die Seifenlösung u. s. w. Auch hier gelingt die Entzündung mit der Glühnadel.

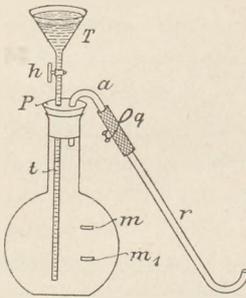


Fig. 8.

Hiermit ist auch die quantitative Seite der Untersuchung beendet, und es übrig bleibt ein genaueres Eingehen auf die Wasserstoffflamme. Es wird in den Lehrgängen meist das Brennen des Wasserstoffes als etwas Selbstverständliches hingegenommen, das keiner näheren Erörterung bedürfte. Es scheint hier doch eine Lücke vorzuliegen. Einerseits ist durch die Knallgasversuche mit ihrer Wassererzeugung das wirkliche Verständnis der kontinuierlich brennenden Wasserstoffflamme noch keineswegs gegeben, andererseits wird die Gelegenheit versäumt, die complicierteren Verhältnisse der kohlenstoffhaltigen Flamme hinreichend vorzubereiten, denn gerade beim Wasserstoff liegt die Möglichkeit vor, die Eigenart einer Gasverbrennung am klarsten und unter den einfachsten Umständen zu erkennen.

#### Discussion der Synthese von Wasserstoff und Sauerstoff, Bedeutung der Wasserstoffflamme.

Es gilt zunächst die vorgenommene Synthese (Vers. 12, 12a, 13), die oben hauptsächlich in Ansehung des Resultats, der Wasserbildung, ausgeführt wurde, mit den früheren Oxydationsvorgängen in Vergleich und in Einklang zu bringen und gleichzeitig nach ihrer physikalischen Seite, nach den Begleiterscheinungen hin, näher ins Auge zu fassen. Wie früher Eisen, Zink und andere Metalle direkt in einer Sauerstoffatmosphäre oxydiert wurden, so kann auch hier die Vereinigung als eine Oxydation des Wasserstoffes durch den Sauerstoff aufgefaßt werden. Hier wie dort war zum Einleiten der Vereinigung eine einmalige Annäherung einer Wärmequelle, gleichsam ein einmaliger Wärmeanstoß erforderlich und ausreichend. Dort zeigte sich danach eine lebhaft spontane Wärmeentwicklung, ein Erglühen der Masse, — ist diese auch hier vorhanden?

Versuch 15 (Synthese von Wasserstoff und Sauerstoff im Dunkeln). Es werde mit dem noch in dem Kolben (Fig. 8) befindlichen Vorrat von Knallgas ein kräftiger Fußcylinder gefüllt und nach dem Verdunkeln des Zimmers eine Glühnadel genähert. Eine deutliche Glüherscheinung durchsetzt den ganzen Cylinder und zwar fast momentan.

Während aber dort ein fester Körper vorlag, und der Sauerstoff bei der Oxydation erst die verschiedenen Schichten des pulverförmigen Metalles durchdringen mußte — ist hier der zu oxydierende Körper ein Gas, womit die Möglichkeit einer so schnellen Wirkung gegeben ist. Der Verlauf mag folgendermaßen gedeutet werden: Die Glühnadel ist der Wärmeanstoß für die zunächst berührten Teilchen. In

dem Moment, wo bei diesen die Vereinigung stattfindet, wird spontan Wärme entwickelt, die nun für die weiter benachbarten Teilchen die Vereinigung ermöglicht, die nun ihrerseits dieselbe Wirkung ausübt u. s. w., bis der letzte Rest ergriffen wird. Während wir schliesslich bei der Vereinigung der Metalle mit Sauerstoff ein festes Oxyd erhielten, ist hier das Vereinigungsprodukt — Wasserstoffoxyd — ein flüssiger Körper, der nur im ersten Moment des Entstehens in Gestalt von unsichtbarem Dampf auftritt.

Hiernach kann man unmittelbar zur Bedeutung der Wasserstoffflamme selbst übergehen. — Bei den bisherigen Versuchen mit Wasserstoff und Sauerstoff handelte es sich immer nur um die Vereinigung eines eigens hergestellten Gasgemisches, um einen einmaligen Akt. Was heisst es nun: der ausströmende, entzündete Wasserstoff brennt mit andauernder Flamme? — Man lasse den Wasserstoff aus einer (zugespitzten) Glasröhre strömen: eine Vereinigung mit dem Luftsauerstoff findet nicht statt, wohl aber ist überall Gelegenheit vorhanden zur Entstehung des Gemisches von Wasserstoff und Sauerstoff — es muß sich durch dieselben Mittel wie oben entzünden lassen.

*Versuch 16:* Verschiedenartige Entzündung des Wasserstoffes, 1. durch die glühende Nadel, 2. durch den elektrischen Funken, ev. noch durch Platinmohr. — Feststellung des Begriffes „Entzündungstemperatur“ (für Wasserstoff gegen 600° C.).

Die Vermutung wird bestätigt, der schwache Knall beweist, daß das Gemisch vorhanden war; warum aber brennt der Wasserstoff als Flamme weiter? Offenbar kann sich in der Nähe der Ausströmungsöffnung das Gemisch immer von neuem bilden, um immer von neuem entzündet zu werden. Ist die Flamme vielleicht dasselbe oder etwas Ähnliches wie die in Vers. 16 aufgetretene Glüherscheinung, dann wäre die Flamme an die Gegenwart von Sauerstoff gebunden. Um hierüber Gewißheit zu erhalten, müssen wir das Brennen in einem abgeschlossenen Raume vornehmen.

*Versuch 17* (Brennen von Wasserstoff unter einer Glasglocke in der pneumatischen Wanne). Der Versuch (s. Fig. 9) ist im vorigen Heft dieser Ztschr. XIII 334 ausführlich beschrieben.

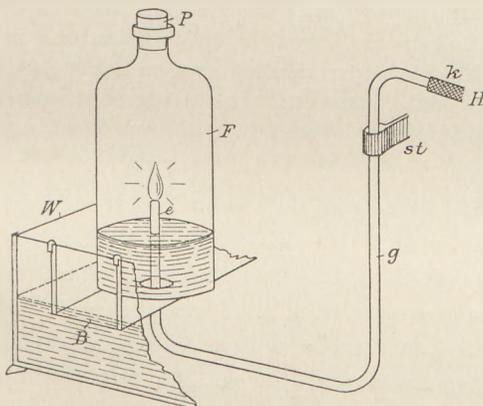


Fig. 9.

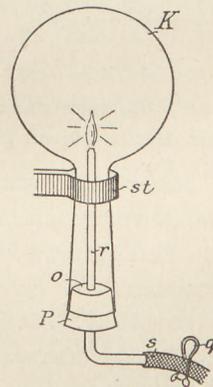


Fig. 10.

*Versuch 18* (Brennen von Wasserstoff im abgeschlossenen Kolben, Fig. 10). Vergl. ebendasselbst S. 335.

In reinem Sauerstoff müßte die Erscheinung gleichwie bei den Metallen glänzender verlaufen, aber schliesslich auch ein Ende erreichen.

*Versuch 19* (Brennen von Wasserstoff im sauerstoffgefüllten Kolben). Vergl. ebendasselbst S. 335.

In allen drei Fällen erlischt die Flamme schliesslich: das Brennen ist an die Gegenwart von Sauerstoff durchaus gebunden. Es kann also ferner dort nicht stattfinden, wo Sauerstoff fehlt; es müsste z. B. die Flamme innerhalb von Wasserstoff selbst nicht fortbrennen können.

*Versuch 20* (Verlöschen einer Wasserstoffflamme im Wasserstoffgas). Mit dem Kippschen Apparat ist ein längerer Schlauch zu verbinden, an den man eine längere zugespitzte Glasröhre ansetzt. Das ausströmende Gas wird entzündet und die gelbgefärbte Flamme, wie sonst mit der Kerzenflamme üblich, in einen grossen mit Wasserstoff gefüllten Cylinder von unten her wiederholt eingeführt und herausgezogen: Wasserstoffgas vermag die Verbrennung einer Wasserstoffflamme nicht zu unterhalten.

Es wird nach diesen Vorbereitungen nun eine ganz analoge Betrachtung und Deutung der Flamme angeknüpft, wie sie oben bei der Discussion der Knallgas-synthese angestellt wurde, hier aber wohl nicht näher ausgeführt zu werden braucht. — Wenn also eine fortdauernde Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff stattfindet, so müsste das Brennen mit einer fortdauernden Wasserbildung verknüpft sein.

*Versuch 21* (Wasserbildung beim Brennen der Wasserstoffflamme). In einfachster Weise erhält man Wasser in Form des Beschlages durch den üblichen Versuch mit der Glasglocke (grossen Recipientenglocke), die man wenige Sekunden über eine grosse Wasserstoffflamme hält; doch ist es erwünscht, Wasser in fließender Form zu erhalten. Ostwald empfiehlt (Grundlinien der anorg. Chem. 1900, S. 101), die Flamme vom Knallgasgebläse in einen senkrecht in Wasser tauchenden Kolben einzuführen. In ähnlicher Weise gelangt man mit folgender Anordnung zum Ziel. Ein Kolben *K* (Fig. 11) von etwa 500 ccm Inhalt

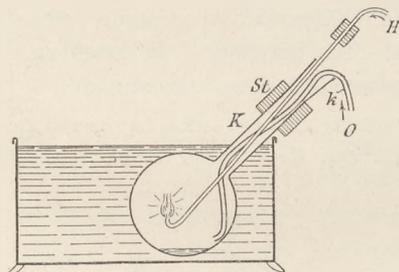


Fig. 11.

und ziemlich weitem Halse ist so am Stativ *St* befestigt, dass die Kugel ganz von Wasser umgeben ist. In die am besonderen Stativ befestigte, unten kurz umgebogene Röhre *II* leitet man getrockneten Wasserstoff, entzündet und führt die zuerst kleine Flamme in den Kolben; hierauf führt man den mit der Sauerstoffbombe verbundenen Kautschuckschlauch *k* durch den Hals bis nahe zum Boden des Kolbens und reguliert beide Gasströme so, dass die Flamme einer ziemlich grossen Kerzenflamme gleichkommt. Man erhält in wenigen Minuten ein paar ccm Wasser, die man noch durch einen hineingeworfenen Krystall von übermangansaurem Kali besser demonstrieren kann.

An dieser Stelle wäre es erwünscht zu zeigen, dass beim Verbrennen des Wasserstoffs eine Gewichtszunahme stattfindet, sofern das sich bildende Wasser aufgefangen wird. Die Bemühungen des Verf. (Entwicklungsflasche mit Hahntrichter, in dem ein Vorrat concentrirter Schwefelsäure abgesperrt ist u. s. w.) hatten noch keinen befriedigenden Erfolg. Die Hauptschwierigkeit besteht in dem Auffangen des durch die Hitze stark ausgedehnten Verbrennungsproduktes. Es sei hier zur Auffindung des Versuches angeregt.

Um die Betrachtung zu vervollständigen, ist noch die nähere Beschaffenheit der Flamme selbst, sowie das schwache Leuchten, also teilweise die Theorie der Flamme zu erörtern. Wie Verf. nachträglich bemerkte, weist übrigens auch K. HEUMANN (2. Aufl. 1893, S. 132ff.) darauf hin, dass es zweckdienlich sei, die Theorie der Flamme und besonders die umgekehrte Verbrennung schon beim Wasserstoff zu besprechen. Aus dem Bisherigen ergibt sich bereits die Natur der Flamme als eines glühenden Gases. Die Oxydation vollzieht sich am stärksten in der äusseren Schicht *a*

(Fig. 12), im „Mantel“ der Flamme; durch die hierbei entstehende Wärme, teilweise auch wegen eindringenden Sauerstoffs, wird die nächste Schicht *b* in schwaches Glühen versetzt; in *c* ist ein Kegel von ganz unverbranntem Gas. Letzteres wird durch eine eingeführte Glasröhre *d* bewiesen (*Versuch*). — Es handelt sich in der Flamme nur um drei Stoffe, Wasserstoff, Sauerstoff und Wasserdampf; alle drei befinden sich im gasförmigen Zustand, so daß feste, beim Glühen erstrahlende Stoffe gänzlich fehlen. Dies ist der Grund des schwachen Leuchtens.

*Versuch 22* (Wasserstoffglühlicht). Zunächst zeige man, daß eine eingehängte Platinspirale die Leuchtkraft beträchtlich erhöht. Man führe dann in eine nicht zu kleine Wasserstoffflamme einen Auerschen Glühstrumpf ein: es entsteht ein intensives Leuchten. (Es empfiehlt sich, beides bei verdunkeltem Zimmer auszuführen.)

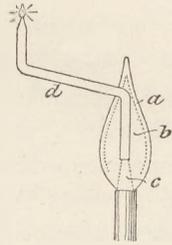


Fig. 12.

Auf diese Weise läßt sich die Theorie des Leuchtens der kohlenstoffhaltigen Flamme vorbereiten. — Ist nun so die Wasserstoffflamme in ihrer chemischen Natur hinlänglich erkannt, so bleibt noch übrig, auf die wichtigste physikalische Begleiterscheinung, auf das Maß der dabei auftretenden Wärme etwas näher einzugehen. Es ist zu erläutern, daß die Wasserstoffflamme besonders heiß ist, daß bei der Vereinigung, zumal wenn reiner Sauerstoff statt Luft benutzt wird, eine solche Hitze entsteht, daß vor der Verwendung der hohen Temperatur des elektrischen Lichtbogens ( $3000^{\circ}$ – $4500^{\circ}$ ) dieser Prozeß die höchste Wärmequelle darstellte. Dies führt einerseits zur Aufstellung des Begriffes „Verbrennungstemperatur“ (für Wasserstoff im Mittel etwas über  $2000^{\circ}$ , jedenfalls stets unterhalb  $2500^{\circ}$ ), andererseits zur Erläuterung des Knallgasgebläses, mit dem einige *Versuche* (Eisenverbrennung, Platinschmelzen u. a.) auszuführen sind. Hier ist zweckmäßig auch die Dissociation und die dadurch bedingte, im Verhältnis zu der hohen Bildungswärme des Wassers (für 1 g Wasserstoff rund 34000 Cal.) niedere Temperatur der Knallgasflamme (s. oben) zu erörtern.

Das Endergebnis der Betrachtung der Wasserstoffflamme kann kurz dahin zusammengefaßt werden: die Wasserstoffflamme ist ein „glühendes Gas“ und stellt den mit einer lebhaften spontanen Wärmeentwicklung verbundenen chemischen Prozeß der fortlaufenden Vereinigung von Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser dar. Den Wasserstoff entzünden, heißt den Prozeß einleiten.

Wenn genügende Zeit vorhanden ist, so kann schon hier die umgekehrte Verbrennung (Sauerstoff in Wasserstoff) mit Nutzen behandelt werden. Auch können noch verschiedene fernerliegende Versuche mit Wasserstoff (Explosionen in verschiedenen gestalteten Gefäßen, Döbereinersche Zündmaschine, Diffusionserscheinungen u. a.), die jetzt nach Erledigung des Hauptganges nicht mehr zerstreudend wirken können, je nach Zeit und Umständen angeschlossen werden (am ehesten kann von der singenden Flamme, einer trotz des Namens „chemische Harmonika“ mehr physikalischen Erscheinung, abgesehen werden — vorausgesetzt, dass sie im physikalischen Unterricht bestimmt einmal durchgenommen wird). Weiterhin ist noch in einer wichtigeren Gruppe von Versuchen die reduzierende Wirkung des Wasserstoffs — auch in einem quantitativen Versuche, wie dies meist üblich ist — darzulegen.

Es liegt außerhalb des Rahmens dieses Aufsatzes, die genannten Punkte spezieller auszuführen. Es kam hier im ganzen letzten Abschnitt nur darauf an, zu zeigen, wie man durch Verwertung der so besonders klarliegenden Verhältnisse der Wasserstoffverbrennung im stande ist, das schwierige und umfangreiche Capitel der eigentlichen Verbrennungserscheinungen nicht nur vorzubereiten, sondern auch zu entlasten.

## Ein zerlegbares Rädchen zur Atwoodschen Fallmaschine.

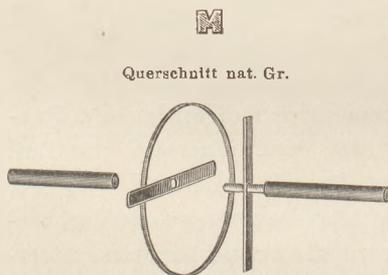
Von

Prof. Dr. Alois Höfler in Wien.

Die Atwoodsche<sup>1)</sup> Fallmaschine pflegt zwar nicht mehr zu Beginn der Bewegungslehre, nämlich zur bloß phoronomischen Vorführung gleichmäßig beschleunigter Bewegung („verlangsamter freier Fall“) verwendet zu werden, da diesem Zweck einer ersten Veranschaulichung viel besser Galileis Fallrinne entspricht<sup>2)</sup>. Aber auch dort, wo Atwoods Fallmaschine wirklich am Platze ist, nämlich bei der experimentellen Bestätigung der Grundgleichung der Dynamik  $p = mg$  (allgemeiner  $k = mb$ ), empfindet man es im Unterricht als eine Unbequemlichkeit oder geradezu Unzukömmlichkeit, daß man hier, am Beginn der Dynamik des Punktes, noch nicht sagen darf, wie die Masse des Rädchens — nämlich nach seinem Trägheitsmoment (welcher Begriff erst in der Mechanik starrer Systeme, nämlich bei den Drehbewegungen, erörtert werden kann) — in die Masse der Träger einzurechnen ist. Die Fallmaschine leistet also dem Anfänger gerade das nicht, was sie leisten soll, nämlich bei gegebener Kraft die Abhängigkeit der Beschleunigung von der zu beschleunigenden Masse quantitativ vorzuführen.

Diese Unzukömmlichkeit behebt sich durch Benutzung eines zerlegbaren Rädchens (Fig. 1), von dem die durch einfache Wägung bestimmte Masse des Radkranzes unmittelbar in die der Träger eingerechnet werden kann, da sie dieselbe lineare Beschleunigung wie die Träger samt ihren aufgelegten Massen erhält.

Damit späterhin auch die Trägheitsmomente der Achse und der Speichen für sich aus den ebenfalls durch Wägung jedes dieser Bestandteile für sich bestimmten



Massen leicht berechnet werden können, erhalten sie die Form eines Cylinders, bzw. zweier dünner parallelepipedischer Plättchen. Die Hauptücksicht bei der Wahl dieser Formen war, daß die Speichen mit der Achse nicht durch besondere Fassungsschrauben verbunden werden dürfen und doch gegen einander und gegen den Radkranz so festgehalten werden müssen, daß ein „Schleudern“ des ganzen Rädchens vermieden bleibt. Diese Schwierigkeit löste sich aber, indem die cylindrische

Achse nicht zu dünn (im Durchmesser von 8 mm) gewählt und aus zwei Stücken hergestellt wurde, die so ineinander zu schrauben sind, daß sie wieder einen massiven Cylinder bilden. Sind dann zwischen sie die Speichenplättchen eingeschraubt, so rücken zwar die zwei Teile der Achse etwas auseinander, was aber — wie für den Anfänger bemerkenswert ist — das Trägheitsmoment der Achse offenbar nicht ändert.

Ich empfehle nicht etwa, statt des gewöhnlichen Rädchens der Fallmaschine überhaupt das zerlegbare anzuwenden, sondern, da es sich, wie gesagt, wesentlich

<sup>1)</sup> Sie sollte eigentlich nicht ATWOODS, sondern SCHOBERS Fallmaschine heißen (diese Ztschr. XIII 201 — ebenso wie „EDISONS Glühlampe“ in Wahrheit GOEBELS Glühlampe ist, diese Ztschr. VI 262). — Ich freue mich, daß Schober (1751) schon 30 Jahre vor Atwood sogleich das Bedürfnis hatte, die beiden Träger der Fallmaschine auch unten durch einen Faden zu verbinden, wie ich es unter meinen Modificationen der Fallmaschine (diese Ztschr. VII 236, Fig. 1) angegeben habe.

<sup>2)</sup> Vgl. diese Ztsch. VII 281 ff.: Atwoodsche Fallmaschine oder Galileis Fallrinne?

darum handelt, dem Schüler das bloße Einrechnen des Radkranzes seinem Gewichte nach auch schon zu einer Zeit plausibel zu machen, wo er vom Trägheitsgesetz theoretisch noch gar nichts weiß, so genügt es, bei der ersten Hervorhebung dieses Umstandes einmal das gewöhnliche, darauf das zerlegbare Rädchen anzuwenden, dabei zu zeigen, daß bei derselben Gesamtmasse und demselben Übergewicht dieselbe Beschleunigung sich ergibt, und hierauf dem Schüler sowohl experimentell wie durch eine vorbereitende theoretische Erörterung und einen Vorversuch einleuchtend zu machen, daß Achse samt Speichen im Vergleich zum Radkranz für die sich ergebende Beschleunigung in erster Annäherung vernachlässigt werden dürfen. Diese vorbereitende Erörterung wird einerseits auf die kleinen linearen Beschleunigungen der der geometrischen Achse sämtlich sehr nahen Punkte der cylindrischen Achse hinweisen; andererseits auf die schon an sich sehr kleine Masse der Speichen.

Statt des möglichst leichten Radkranzes (entsprechend dem des gewöhnlichen Rädchens) kann auch ein massiger Radkranz von 40 oder 60 g (ein breiter, aber dünner Streifen mit Furche für den Faden) an die Speichen gesteckt werden; gegen sein Trägheitsmoment verschwinden umsomehr die von Achse und Speichen. Es ist dann wieder in die auf die Träger aufzulegenden Grundgewichte, die ja ohnedies meist nicht kleiner als 20 oder 30 g gewählt werden (weil sonst die Übergewichte zu klein, bzw. die Beschleunigungen zu groß ausfallen), jene Masse des Radkranzes einzurechnen.

Die experimentelle Bestätigung dieser Erwartung, daß man mit guter Annäherung von Achse und Speichen ganz absehen dürfe, läßt sich — ebenfalls schon vor aller Theorie der Torsionsschwingungen — unmittelbar dadurch anschaulich machen, daß man das zerlegbare Rädchen an einem Draht oder einer Schnur von schwacher Torsionselasticität festklemmt (die Achse in der Verlängerung der vertikal herabhängenden Schnur — Fig. 2, wo die Klemmvorrichtungen dem in dieser Ztschr. besprochenen Drehungs- und Trägheitsmomenten-Apparat, VII 242, Fig. 5, angepaßt sind), sodann das ganze Rädchen Torsionsschwingungen ausführen und die Schüler die Schwingungsdauer beobachten läßt; nimmt man sodann den Radkranz ab und sieht nun der Schüler die Schwingungen sehr viel schneller werden, so legt sich ihm — wie ich mich mehrmals zu überzeugen die Gelegenheit hatte — beinahe instinktiv die Überzeugung nahe, daß wirklich Achse und Speichen in Bezug auf die Drehbewegung nur wenig Beharrungsvermögen haben. Kommt man dann in der Lehre vom Trägheitsmoment mit den mittlerweile entwickelten strengeren Begriffen auf diese That-sachen zurück, so geben die einfachen Gestalten der Bestandteile gute Rechnungsausdrücke der Trägheitsmomente ab, und weiterhin für die Berechnung der Schwingungsdauer von Drehschwingungen je nach der Torsion des Fadens und des schwingenden Systems. Selbst wo (wie z. B. nach den neuesten österreichischen Lehrplänen vom Jahre 1899) alles theoretische Eingehen auf Trägheitsmomente unzulässig und eine rein experimentelle Behandlung geboten ist, wird die einfache Vorrichtung und ihre Handhabung am ehesten ein brauchbares Surrogat für die eigentliche gründlichere Verarbeitung mittelst des Begriffes Trägheitsmoment abgeben können. Auch für eine rein experimentelle Behandlung verhält sich dann dieses zerlegbare Rädchen zu meinem Drehungs- und Trägheitsmomenten-Apparat (diese Ztschr. VII 242) wie eine einfache Anwendung zur allgemeinen Theorie.

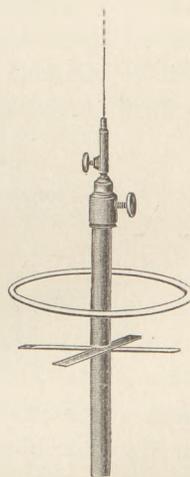


Fig. 2.  $\frac{1}{4}$  nat. Gr.

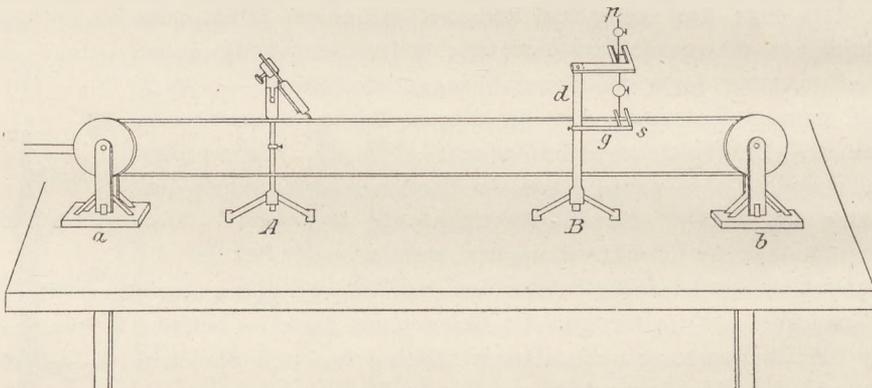
Kann auf die Berechnung einiger der allereinfachsten Trägheitsmomente eingegangen werden, so empfiehlt es sich, zwischen die beiden Teile der Achse, statt der Speichen mit dem Radkranz, eine dünne Aluminiumscheibe zu schrauben, deren Durchmesser gleich dem des gewöhnlichen Rädchens und die dann äquivalent ist einer im Radkranz concentrirten Masse von der Hälfte der Masse des Radkranzes des zerlegbaren Rädchens. (Ein solche homogene Scheibe bildet den charakteristischen Bestandteil von „Weinholds Fallmaschine“, die also eigentlich ein Trägheitsmomenten-Apparat für die Kreisscheibe ist.) — Das zerlegbare Rädchen wird hergestellt durch Mechaniker Carl Diry, Wien, V. Margarethenstrasse 27.

## Ein Apparat zur Erläuterung des Doppler'schen Prinzips.

Von

Dr. W. Elsässer in Charlottenburg.

Über zwei in einer Entfernung von etwa  $1\frac{1}{2}$  m auf horizontaler Tischplatte festgeschraubte gleichgroße Räder *a* und *b* (s. Fig.), deren Radebenen zusammenfallen und deren Umfang mit einer etwas mehr als 1 cm breiten Rinne versehen ist, läuft ein etwa 1 cm breiter in sich geschlossener glatter Papierstreifen. Die Räder werden so weit auseinander gestellt, daß der Streifen gespannt wird und das zwischen den Rädern befindliche Stück desselben sich horizontal bewegen kann. Um jedes Schwanken der Papierebene bei der Bewegung zu verhindern, wird unter dem oberen Streifen an passender Stelle ein durch ein Stativ gehaltenes horizontales rundes Stäbchen angebracht, über



welches der Streifen gleitet. Das eine der beiden Räder ist durch eine Kurbel mit der Hand drehbar oder wird besser noch vermittelt eines Schnurlaufs durch einen Motor in nicht zu schnelle, gleichmäßige Bewegung versetzt. Zwischen den beiden Rädern wird eine Stimmgabel mit großer Schwingungsamplitude aufgestellt (A); am besten wählt man hierzu eine lange Glasröhrengabel. An dem einen Zinkenende ist eine kleine Schreibfeder befestigt, deren Spitze in schwarze Tinte eingetaucht wird und die man dann so einstellt, daß sie den oberen Papierstreifen leicht berührt. Benutzt man eine Glasgabel, so kann man auch die eine Zinke in ein fein ausgezogenes Glasröhrchen endigen lassen, das Glasrohr zum Teil mit Farbflüssigkeit füllen und den Stiel der Gabel durch einen Gummischlauch mit einem Gummiball verbinden; ein Druck auf den Ball treibt dann einen feinen Strahl der Flüssigkeit aus der Rohrspitze heraus auf den sich bewegenden Papierstreifen und verzeichnet dort eine Linie. Die letztere Methode ist indessen weniger empfehlenswert.

Werden die Räder in Drehung und die Gabel in Schwingungen versetzt, so erhält man auf dem sich gleichmäÙig bewegenden Papierstreifen eine Wellenkurve. Die Wellen laufen mit dem Papier weiter und gelangen an ein bei *B* aufgestelltes kurzes Pendel *p*, welches dem Metronompendel ähnlich aus einem dünnen Metallstab mit daran verschiebbaren Kugeln besteht. Das Ende der Pendelstange trägt einen dünnen und weichen Pinsel, der mit Farbflüssigkeit getränkt ist und dessen Spitze das Papier berührt. Die Schwingungsebene des Pendels wird quer gegen die Richtung des Papierstreifens gestellt. Von der das Achsenlager des Pendels tragenden vertikalen Stütze *d* geht zugleich ein horizontaler Arm *g* aus, der in einen etwa 3 cm langen und 1/2 cm breiten Spalt *s* ausläuft, der unmittelbar über dem Papierstreifen liegt, ohne diesen zu berühren. Setzt man das Pendel in Bewegung, so werden auf dem unter dem Spalt vorbeiziehenden Papierstreifen gleichen Intervallen entsprechende Zeitmarken angegeben, zwischen denen die aufgezeichneten Wellen gezählt werden können. Die Stimmgabel entspricht nun dem Wellen aussendenden Körper, der Spalt dem die Wellen aufnehmenden Körper.

Nachdem man bei ruhender Stimmgabel auf dem Papier eine Wellenkurve hat verzeichnen lassen, verschiebe man die Gabel mit einer gewissen Geschwindigkeit — etwa 30 cm in der Sekunde — den Papierstreifen entlang. Hierzu ist auf der Tischplatte parallel dem Papierstreifen eine Leiste angebracht, längs deren der Fuß des die Stimmgabel tragenden Stativs verschoben wird. Erfolgt die Verschiebung nach dem Pendel zu, so werden die Wellen kürzer, im entgegengesetzten Falle länger. Dies entspricht einer Verschiebung der Tonquelle zum Ohre hin oder vom Ohre fort. Zählt man die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zeitmarken auf dem Papier verzeichneten, d. h. also die in einer Zeiteinheit an den Empfänger gelangenden Wellen, so findet man bei Verschiebung der Gabel die Anzahl größer oder kleiner als bei ruhender Gabel. Ist *n* die der gewählten Zeiteinheit entsprechende Zahl der Wellen bei ruhender Gabel, *n*<sub>1</sub> und *n*<sub>2</sub> bei bewegter Gabel,  $\lambda$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  die zugehörigen Wellenlängen, so ist

$$\lambda_1 = \lambda \left(1 - \frac{v}{c}\right) \quad \lambda_2 = \lambda \left(1 + \frac{v}{c}\right),$$

$$n_1 = \frac{n \cdot c}{c - v} \quad n_2 = \frac{n c}{c + v}$$

Hierin bedeutet *c* die Geschwindigkeit des Papierstreifens und *v* die Geschwindigkeit der bewegten Gabel. Die Richtigkeit der Formeln läßt sich an einem beliebig gewählten Beispiel nachweisen. In dem besonderen Falle, wo *v* = *c*, wird  $\lambda_1 = 0$ ,  $\lambda_2 = 2\lambda$ ,  $n_2 = n/2$ . In der That verschwindet in diesem Falle für 1) die Wellenkurve vollständig, und für 2) ergibt sich die halbe Anzahl der Wellen.

Der zweite Fall betrifft die Bewegung des Empfängers zur Wellenquelle hin oder von ihr fort. Um diese zu demonstrieren, bewege man das schwingende Pendel zur feststehenden Gabel hin oder von ihr fort. Die Zahl der jetzt zwischen 2 Zeitmarken liegenden Wellen wird sich wiederum vergrößern bzw. vermindern. Ist *v* die Geschwindigkeit des bewegten Pendels, und bleiben im übrigen die Beziehungen dieselben wie oben, so wird die scheinbare Wellenlänge

$$\lambda_1 = \lambda \cdot \frac{1}{1 + \frac{v}{c}} \quad \lambda_2 = \lambda \cdot \frac{1}{1 - \frac{v}{c}},$$

die neue Schwingungszahl

$$n_1 = n + \frac{n \cdot v}{c} \quad n_2 = n - \frac{n \cdot v}{c}$$



Die experimentelle Bestätigung dieser Formeln ist leicht vorzunehmen; von besonderem Interesse ist auch hier der Fall, daß  $v = c$ , hierfür wird — wie auch die Wellenkurve angiebt —

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{\lambda}{2}, & \lambda_2 &= \infty, \\ n_1 &= 2n & n_2 &= 0. \end{aligned}$$

Der Apparat zeigt, daß die Änderung der Schwingungszahl in den beiden Fällen der relativen Bewegung verschieden aufzufassen ist. Im ersten Falle (bewegte Störungsquelle) tritt eine thatsächliche Änderung der Wellenform im übertragenden Mittel ein, während im anderen Falle diese Form keinerlei Veränderung erleidet. In beiden Fällen darf man von scheinbarer Schwingungszahl, aber nicht immer mit gleichem Recht von scheinbarer Wellenlänge sprechen. Dies trifft auch noch zu, wenn man die Vorgänge im Raum, statt wie bei dem vorliegenden Apparat in Richtung einer Dimension betrachtet.

## Die Behandlung von Dach- und Brückenconstruktionen im Unterricht.

Von

Dr. A. Schülke in Osterode (Ostpreußen).

Man mag es als einen Vorzug ansehen oder nicht, jedenfalls ist es Thatsache, daß die Behandlung der Mechanik gegenwärtig an Universitäten und technischen Hochschulen in verschiedener Weise erfolgt, und da die Lehrer hauptsächlich auf Universitäten ausgebildet werden, so ist es selbstverständlich, daß der Unterricht sich wesentlich an die erstere anschließt. Nun hat in neuerer Zeit namentlich Herr F. Klein in Göttingen darauf aufmerksam gemacht<sup>1)</sup>, daß das Verfahren der Universitäten, gewisse Abschnitte vollständig den technischen Hochschulen zu überlassen, doch eine von einem anderen Standpunkte aus nicht wünschenswerte Einseitigkeit in sich schließt, und er ist mit großer Wärme dafür eingetreten, daß die Lehrer sich auch einen Überblick über die angewandte Mathematik erwerben möchten. Ähnliche Wünsche nach größerer Berücksichtigung der Anwendungen sind schon öfter ausgesprochen, und ich verweise dafür z. B. auf den Braunschweiger Beschlufs des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Vielleicht wird daher der folgende Abschnitt aus der technischen Mechanik Interesse erwecken, da er in mannigfacher Hinsicht pädagogische Vorzüge aufweist.

Zunächst ist es eine dankbare Aufgabe, die imponierende Gestalt einer Eisenbahnbrücke dem Verständnis näher zu bringen und dadurch für die einfache Zweckmäßigkeit der Eisenkonstruktion ein gewisses ästhetisches Wohlgefallen zu erwecken. Sodann bietet der Gegenstand Gelegenheit, einige Grundlagen der Mechanik, die Sätze von actio und reactio, sowie vom Parallelogramm der Kräfte und den Drehungsmomenten in neuer, zum Teil überraschender Form kennen zu lernen. Da man sich ferner aus Drähten und Cigarrenbrettchen mit Hilfe einer Laubsäge leicht Modelle von den erwähnten Construktionen herstellen kann, so erhält man einen geeigneten Stoff für Schülerarbeiten, und endlich liefert die mathematische Behandlung neue und nicht zu schwierige Aufgaben — natürlich für die mathematische Stunde.

Allerdings steht diesen großen Vorzügen auch ein Nachteil gegenüber, der sich fast bei allen Aufgaben aus der angewandten Mathematik geltend macht, daß nämlich erst eine Reihe von Begriffen besprochen werden muß, ehe man an die eigentliche Bearbeitung herangehen kann. Ich habe daher besondere Sorgfalt darauf verwendet, alles auszuschneiden,

<sup>1)</sup> F. Klein und E. Riecke, Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen. Leipzig. Teubner, 1900.

was zwar für den Techniker notwendig, hier aber entbehrlich ist, da es sich nur um die allgemein bildenden Gesichtspunkte handelt. Noch ein anderer Punkt verdiente eingehende Erwägung. Die sehr elegante RITTERSche Methode, die Spannkraft eines Fachwerks aus den Drehmomenten herzuleiten, schien mir als Ausgangspunkt nicht geeignet, ich habe sie erst später bei der Besprechung der veränderlichen Belastung angewendet. Aber auch die CULMANNsche Methode der Graphostatik kann auf dem Gymnasium wohl nicht ohne weiteres angewandt werden, denn die Schüler sind zwar mit Konstruktionsaufgaben vertraut, aber nicht mit dem technisch genauen Zeichnen, auch ist schon aus äußeren Gründen die Verwendung des Reifsbrettes in sehr gefüllten Klassen unmöglich. Ich wählte daher einen Mittelweg, nämlich die trigonometrische Berechnung der Kräfte, indem ich dabei den Kräfteplan als Skizze zu Grunde lege, und ich hoffe, daß dies Verfahren manchen Schüler veranlassen wird, seine Zeichnungen so genau herzustellen, daß dadurch die nachfolgende Berechnung überflüssig wird. Alsdann würden die neuerdings vielfach hervorgetretenen Bestrebungen, das gebundene Zeichnen zu fördern, hierdurch eine weitere Unterstützung erfahren.

Litteratur ist in dem vorhin genannten Werke von KLEIN angegeben. Im folgenden ist namentlich benutzt: REULEAUX, Der Konstrukteur; RITTER, Lehrbuch der technischen Mechanik; WEISBACH, Statik der Bauwerke; LAUENSTEIN, graphische Statik.

### 1. Zulässige Spannung.

Hängt man an einen Draht (Holzstab, Kautschukschlauch, Drahtspirale) ein Gewicht, so erfährt der Draht eine Spannung, einen Zug, welcher gleich dem angehängten Gewicht ist. Bei Vergrößerung des Zuges tritt eine bleibende Dehnung und schließlich ein Zerreißen ein. Bis an diese Grenze der Tragfähigkeit geht man indessen bei Bauten niemals heran, sondern man nimmt als höchste Belastung etwa den siebenten Teil davon und nennt dies die zulässige Spannung. Die gleichzeitig eintretende Verlängerung des Drahtes wird im folgenden stets vernachlässigt.

Ähnliches geschieht, wenn eine Stange oder Säule einem Druck ausgesetzt wird. Bekannt ist, daß manche Stoffe wie Drähte, Seile nur Zug aber keinen Druck, andere wie Mauerwerk, Baugrund nur Druck, Holz und Eisen gleichzeitig Zug und Druck aushalten können. Von Wichtigkeit ist dabei auch die Form des Körpers, z. B. ein Bogen Schreibpapier kann zusammengefaltet nur einem Zug Widerstand leisten, wickelt man ihn dagegen zu einer Röhre von 4–8 cm Durchmesser und legt oben ein Stück Pappe herauf, so kann er einen Druck von 1 kg und mehr ertragen. Die zulässige Spannung beträgt in kg für 1 qcm

	Zug	Druck
bei Schmiedeeisen	1000	1000
Gufseisen	250	500
Eichenholz	100	80
Kiefernholz	100	60
Ziegel	—	7
Baugrund	—	2,5

Wenn Schmiedeeisen starkem Belastungswechsel ausgesetzt ist, wie bei Brücken, so rechnet man nur 750.

*Aufgaben:* Eine Zugstange soll einen Druck von 18 500 kg aushalten, wie groß muß der Querschnitt sein? Welche Wandstärke muß eine gusseiserne Säule von 12 cm äußerem Durchmesser erhalten, wenn sie einen Druck von 30 000 kg aushalten soll?

Die Werte für die zulässige Spannung sind ihrer Natur nach nicht genau bestimmbar, es genügen also hier und in den folgenden Fällen vierstellige Logarithmentafeln ohne Benutzung der Proportionalteile, d. h. 3 geltende Ziffern. Die Genauigkeit stimmt dann überein mit den in der Praxis üblichen Methoden, der graphischen Behandlung oder dem Rechenstab.

### 2. Zug, Druck und Biegung.

Wenn ein Stab gezogen oder gedrückt wird, so erfahren alle Fasern desselben gleiche Beanspruchung, anders ist es bei der Biegung. Dadurch wird die oberste Schicht

gedrückt, die unterste gezogen, während die mittlere neutral bleibt. Da man nun die äußersten Schichten nicht über die zulässige Spannung beanspruchen darf, so wird das Material sehr unvollkommen ausgenutzt, z. B. die oben erwähnte Papierröhre wird bei Biegung von einem Gewicht durchgeknickt, welches sie bei Zug oder Druck noch tragen kann. Etwas günstiger verhält sich ein Doppel-T-Träger, weil darin die Teile, welche Zug und Druck auszuhalten haben, einen erheblich größeren Querschnitt haben als die mittlere neutrale Schicht. Man verwendet jedoch Biegung nur bei geringen Drucken und verhältnismäßig kurzen Stäben. Sollen größere Lasten getragen oder weite Strecken überbrückt werden, so verbindet man stets mehrere Stäbe durch Gelenke so, dass dieselben nur gezogen oder gedrückt werden (Fachwerk).

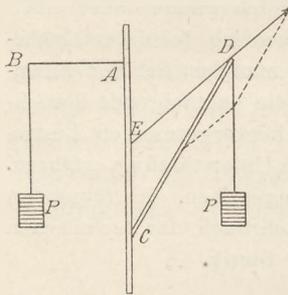


Fig. 1.

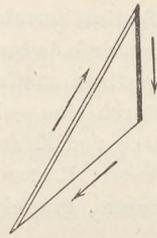


Fig. 2.

Das einfachste Beispiel liefert ein Kran (Fig. 1 u. 2). Wenn man die Last  $P$  an den Arm  $AB$  aufhängen wollte, so wird derselbe gebogen, wählt man aber die gewöhnliche Anordnung  $CDE$ , so zeigt das Parallelogramm der Kräfte, dass der Stab  $CD$  gedrückt,  $DE$  gezogen wird.

*Aufgabe:* Berechne die Querschnitte von  $CD$  und  $DE$ , wenn der Kran 1000 kg tragen soll und  $CE = 1$  m,  $DE = 2$  m,  $CD = 3$  m ist.

### 3. Das Parallelogramm der Kräfte und der Kräfteplan.

Beim Unterricht ist es üblich, zwei oder mehrere Kräfte, die auf einen Punkt wirken, nach dem Parallelogramm zusammenzusetzen. Da hierbei die Hälfte der Linien überflüssig ist, so ist folgende Konstruktion, welche nur die unbedingt notwendigen Linien der Kräfteparallelogramme enthält, übersichtlicher. Wenn auf einen Punkt (Fig. 3) die Kräfte 1, 2, 3, 4 wirken, so ziehe man durch einen beliebigen Punkt eine Linie gleich und parallel zu 1, durch den Endpunkt eine Parallele zu 2 u. s. w. Die Strecke vom ersten bis zum letzten Punkt giebt

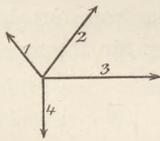


Fig. 3.

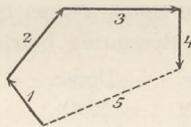


Fig. 4.

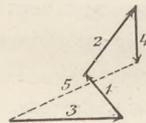


Fig. 5.

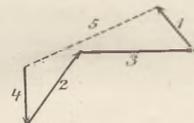


Fig. 6.

dann Größe und Richtung der Endkraft 5; die Reihenfolge bei diesem Kräfteplan ist gleichgültig, s. Fig. 4, 5, 6 und auch Fig. 2, welche den Kräfteplan für den Punkt  $D$  in Fig. 1 darstellt. Denkt man sich zu den Kräften 1—4 noch eine weitere Kraft hinzugefügt, welche zu 5 gleich und entgegengesetzt ist, so halten sich diese Kräfte das Gleichgewicht und der Kräfteplan wird eine in sich geschlossene Linie. Eine unmittelbare Folge daraus ist der weiterhin fast ausschließlich gebrauchte Satz: Sind in einem Punkte  $n$  Kräfte im Gleichgewicht, wovon  $n-2$  nach Größe und Richtung, die beiden letzten nur der Richtung nach gegeben sind, so erhält man ihre Größe, indem man den Kräfteplan zunächst für die  $n-2$  Kräfte aufzeichnet und dann Parallelen zu den gegebenen Richtungen zieht.

### 4. Äußere und innere Kräfte an einem Fachwerk.

Sind mehrere Stäbe durch Gelenke zu einem Fachwerk verbunden, sodass sie ein Dach, eine Brücke oder allgemein einen Träger bilden, so unterscheidet man bleibende Belastung, die z. B. durch das Eigengewicht der Konstruktion entsteht, und veränderliche Belastung, die bei Brücken namentlich durch den Verkehr hervorgerufen wird. Beide zusammen nennt man die äußeren Kräfte, welche an dem Fachwerk wirken, und ihnen



ruht, daß, wenn das ganze Fachwerk im Gleichgewicht ist, auch an jedem einzelnen Knotenpunkt Gleichgewicht herrschen muß. Man zeichnet also, von  $S$  angefangen, für jeden einzelnen Knoten den Kräfteplan und bestimmt daraus die inneren Spannkraften.

Bezeichnungen: Die Stäbe, welche das Fachwerk oben und unten begrenzen, heißen die obere und untere Gurtung, ihre Längen werden bezeichnet mit  $o_1 o_2 o_3 \dots u_1 u_2 u_3 \dots$ , die Spannungen in denselben sind  $O_1 O_2 O_3 \dots U_1 U_2 U_3 \dots$ . Stäbe, welche lotrecht verlaufen, werden  $l_1 l_2 \dots$ , ihre Spannungen  $L_1 L_2 \dots$ , schräg gerichtete Stäbe oder Diagonalen  $d_1 d_2 \dots$ , ihre Spannungen  $D_1 D_2 \dots$  genannt. Die Punkte, auf welchen das Fachwerk liegt, die Stützen seien  $SS_1$ , die Punkte, in welchen zwei oder mehrere Stäbe zusammenstoßen, die Knotenpunkte, werden der Reihe nach mit 1, 2, 3 .. bezeichnet. Die Spannweite  $SS_1$  sei  $2w$ , die Höhe der Spitze über  $SS_1$  sei  $h$ .

5. Dachkonstruktionen.

a) Das einfache Dach Fig. 9. Wenn das Gewicht eines Feldes  $S1$  (d. h. das Gewicht der Ziegeln mit Sparren und Latten) hier und in den folgenden Fällen  $P$  genannt wird, so sind die äußeren Kräfte  $P$  (nämlich  $\frac{P}{2}$  von jeder Seite) im Punkte 1 nach unten wirkend,

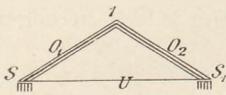


Fig. 9.

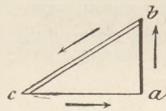


Fig. 10.

und  $P - \frac{P}{2} = \frac{P}{2}$  bei  $S$  und  $S_1$  nach oben. Im Punkte  $S$  müssen nun die inneren Spannungen  $O_1$  in  $S1$  und  $U$  in  $SS_1$  der äußeren Kraft  $\frac{P}{2}$  das Gleichgewicht halten, man zeichnet also

im Kräfteplan  $abc = \frac{P}{2}$  und von  $b$  und  $a$  Parallelen zu  $S1$  und  $SS_1$ , dann stellt  $bc$  die Kraft  $O_1$ ,  $ca$  die Kraft  $U_1$  dar.

Um zu entscheiden, welcher Art die Spannung in den Stäben ist, beachte man, daß bei einem gezogenen Stab die innere Spannung von dem Angriffspunkte weg, bei einem gedrückten Stab auf den Angriffspunkt zu gerichtet ist. Da nun in dem Kräfteplan für  $S$   $\frac{P}{2}$  die Richtung nach oben hat, so hat  $O_1$  die Richtung  $bc$  auf  $S$ ,  $U$  die Richtung  $ca$  von  $S$  weg, also  $O_1$  bedeutet Druck,  $U$  Zug.

Sehr anschaulich werden diese Verhältnisse an einem Modell, welches man sich herstellt, indem man zwei Brettchen  $S1$  und  $S_1$  an den Enden mit einem Drillbohrer durchbohrt, bei 1 einen dicken Draht als Drehachse hindurchsteckt und  $SS_1$  durch einen dünnen Eisendraht verbindet. Dies Modell zeigt, wenn man mit der Hand darauf drückt, sehr deutlich,

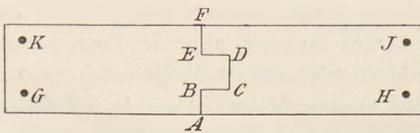


Fig. 11.

daß diese Konstruktion nur von oben (nicht von unten) einen bedeutenden Druck aushalten kann; es hat jedoch den Nachteil, daß es nicht aufrecht steht, man muß daher zwei gleichartige Modelle durch 5—10 cm lange Achsen (Stricknadeln) verbinden.

Brauchbar ist auch das Modell Fig. 11. Ein dünnes Brettchen wird in der Richtung  $AB C D E F$  durchgeschnitten, die Löcher  $G H I K$  durch Drähte verbunden und die Punkte  $B E$  auf  $C D$  gelegt. Die sämtlichen hier erwähnten Modelle sind auch zu billigen Preisen von dem Universitäts-Mechanikus W. Apel, Göttingen zu beziehen.

Aufgabe: Bei einem Dache ist die Spannweite  $2w = 10$  m, die Höhe  $h = 3$  m, die Belastung eines Feldes  $P = 1000$  kg, welche Spannungen müssen die Balken aushalten?  $U : \frac{P}{2} = w : h$ , die Länge der Sparren  $l = \sqrt{w^2 + h^2}$ ,  $O_1 : \frac{P}{2} = l : h$ ; oder  $\text{tg } \alpha = h : w$ ,  $O_1 = P : 2 \sin \alpha$ ,  $U = P : 2 \text{tg } \alpha$ . Macht man  $ab = 1$  cm, so kann man bei sorgfältiger Zeichnung auch  $O_1$  und  $U$  durch Messung aus Fig. 10 bestimmen.

b) Das Dach Fig. 12. Die äußeren Kräfte sind dieselben wie bei a). Im Punkte  $S$  wirken also die Kräfte  $\frac{P}{2} O_1 U_1$ , die beiden letzteren erhält man, indem man im Kräfteplan  $abc$

Fig. 13 durch die Endpunkte von  $ab = \frac{P}{2}$  Parallelen zu den Richtungen  $O_1$  und  $U_1$  zieht. Im Punkte 1 wirken die Kräfte  $O_1 P O_2 L$ , es ist nun  $cb = O_1$ ,  $bd = P$ , zieht man also von  $d$  und  $c$  Parallelen zu  $O_2$  und  $L$ , so wird  $de = O_2$  und  $ec = L$ <sup>1)</sup>. Für den Punkt 2, in welchem  $L U_1 U_2$  wirken, würde der Kräfteplan  $acea$  gelten, man kann jedoch schon aus der Symmetrie schließen, daß  $ea = U_2 = ac = U_1$  ist. Weil der Stützendruck  $ab = \frac{P}{2}$  aufwärts gerichtet ist, so wirkt  $O_1 = bc$  auf den Punkt  $S$  hin, erzeugt also Druck,  $U_1 = ca$  wirkt von  $S$  weg und erzeugt Zug. Im Kräfteplan  $cbdec$  für 1 ist  $bd = P$  nach unten gerichtet und weil die Kräfte einen geschlossenen Linienzug bilden müssen, wird die Richtung  $c \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow c$ ;  $cb$  und  $de$  auf 1 hinwirkend erzeugen Druck,  $ec$  Zug. Um diesen Unterschied deutlicher hervortreten zu lassen, sind nach CULMANN in den Kräfteplänen Zugkräfte durch einfache, Druckkräfte durch doppelte, äußere Kräfte durch starke Linien bezeichnet.

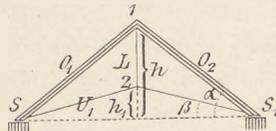


Fig. 12.

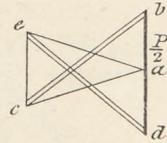


Fig. 13.

Auch bei den Fachwerken selbst sind die Druckstreben breiter gemacht.

*Aufgabe:* Gegeben  $2w$ ,  $h$ ,  $h_1$  und  $P$ , wie groß sind die Spannungen in den Stäben?  $\text{tg } \alpha = h : w$ ,  $\text{tg } \beta = h_1 : w$ , nach dem Sinus-Satz erhält man aus  $\Delta abc$

$$O_1 = \frac{P \cos \beta}{2 \sin(\alpha - \beta)}, \quad U_1 = \frac{P \cos \alpha}{2 \sin(\alpha - \beta)}, \quad L = 2 U \sin \beta.$$

Wenn  $\beta = 0$  ist, wird  $L = 0$ , d. h. wenn man in Fig. 9 eine Mittelsäule anbringen wollte, so erhält dieselbe keine Spannung.

c) Das Dach Fig. 14. Die äußeren Kräfte sind dieselben wie bei a). Es wirken im Punkte  $S$  die Kräfte  $0,5 P$   $O_1$   $U_1$  dargestellt durch  $ab$   $bc$   $ca$  im Punkte 1 die Kräfte  $U_1$   $U_2$   $D$  dargestellt durch  $ac$   $cd$   $da$

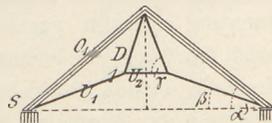


Fig. 14.

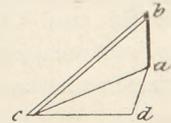


Fig. 15.

*Aufgabe:* Berechnung des Daches aus  $2w$ ,  $h$ ,  $h_1$ ,  $u_2$  und  $P$ .

$$\text{tg } \alpha = h : w, \quad \text{tg } \beta = h_1 : \left(w - \frac{u_2}{2}\right), \quad \text{tg } \gamma = 2(h - h_1) : u_2.$$

$O_1$  und  $U_1$  erhalten dieselben Werte wie in b),

$$D = U_1 \sin \beta : \sin \gamma, \quad U_2 = U_1 \sin(\gamma - \beta) : \sin \gamma.$$

Bei größerer Spannweite muß der Hauptsparren aus mehreren Teilen zusammen gesetzt oder zum Schutz gegen Biegung ein- oder mehrfach verstrebt werden, z. B.

d) Fig. 16. Es sei wieder die Feldbelastung  $P$ , dann haben die Knotenpunkte 1 2 4 je  $P$  zu tragen, der nach oben gerichtete Stützendruck  $S$  ist  $2P - 0,5P = 1,5P$ . Es wirken

in  $S$  die Kräfte  $1,5 P$   $O_1$   $U_1$   
dargestellt durch  $ab$   $bc$   $ca$   
in 1 die Kräfte  $O_1 = cb$ ,  $P = bd$ ,  
 $O_2 = de$ ,  $D = ec$ ,  
in 2 die Kräfte  $O_2 = ed$ ,  $P = df$ ,  
 $O_3 = fg$ ,  $L = ge$ ,

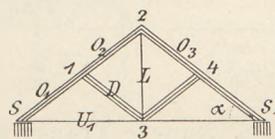


Fig. 16.

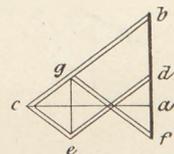


Fig. 17.

für 3 würde gelten  $acegca$ , doch ist dies entbehrlich, weil bereits alle Kräfte bekannt sind.

e) Fig. 18. Die äußeren Kräfte und ihre Bezeichnungen im Kräfteplan stimmen mit d) überein.

f) Fig. 20 liefert ein Beispiel für ungleichmäßige Verteilung der Knotenpunkte, denn

<sup>1)</sup> Man hätte auch durch  $d$  die Parallele zu  $L$  und durch  $c$  die zu  $O_2$  ziehen können. Der Kräfteplan kann nach dem Belieben des Zeichners sehr verschiedene Gestalten annehmen, auf die Größe der Kräfte hat dies nach 3. keinen Einfluß.

$S1 : 12 = 3 : 2$ . Wenn also die Belastung von  $S2$  wie in den früheren Aufgaben  $= 2P$  gesetzt wird, so beträgt das Gewicht von  $S1$   $1,2P$  und von  $12$   $0,8P$ ; der Stützendruck wird  $2P - 0,6P$ , der Punkt 1 erfährt den Druck  $0,6P + 0,4P$ , der Punkt 2  $0,4P + 0,4P$ . Der weitere Verlauf entspricht d) und e).

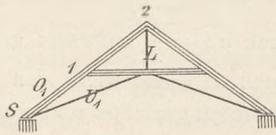


Fig. 18.

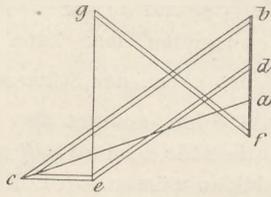


Fig. 19.

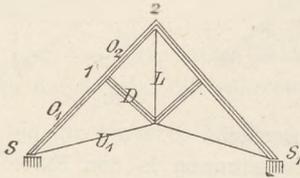


Fig. 20.

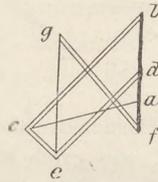


Fig. 21.

kannter Weise erledigt sind, hat man für den Knoten 3 die bekannten Kräfte  $O_2 P D_1$ , aus welchen drei unbekannte Kräfte  $O_3 D_2 N_2$  bestimmt werden sollen. Diese Schwierigkeit erledigt sich dadurch, daß die Kräfte  $D_1$  und  $D_2$  einander gleich sein müssen, denn  $P$  läßt sich in zwei Componenten zerlegen parallel und senkrecht zur oberen Gurtung; die letztere Componente kann aber die beiden Stäbe  $D_1$  und  $D_2$ , welche symmetrisch zur Normalen  $N_2$  liegen, auch nur gleichmäßig beanspruchen.

Man kann jetzt ohne weiteres zu komplizierteren Formen übergehen, die bei Spannweiten von 30 m und darüber erforderlich sind, wie z. B. Fig. 22 mit dem Kräfteplan 23. Weitere Formen ergeben sich dadurch, daß man die Mittelsäule verkürzt (seltener verlängert), oder daß man die Diagonalstreben senkrecht zur oberen Gurtung anbringt. Eine Bemerkung erfordert nur noch das Polonceau-Dach (Fig. 24 u. 25). Denn nachdem die Knoten  $S12$  in be-

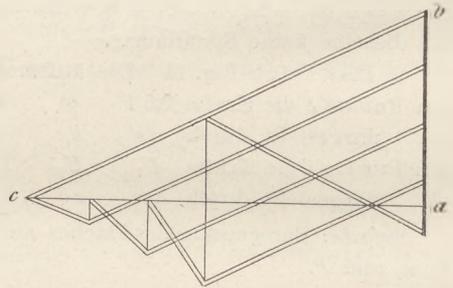


Fig. 23.

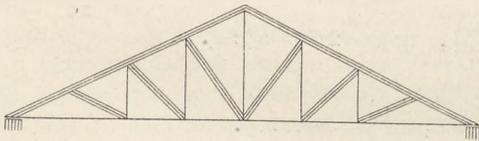


Fig. 22.

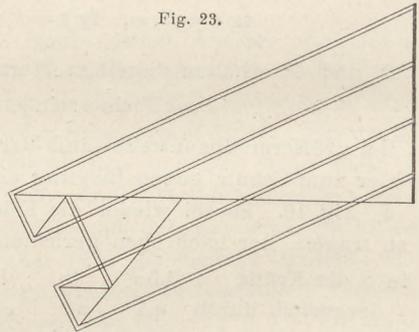


Fig. 25.

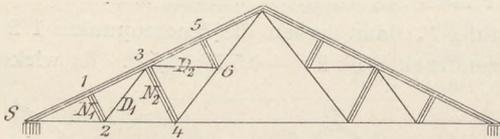


Fig. 24.

### 6. Andere Träger für bleibende Belastung.

a) Der verspannte Balken (Fig. 26 u. 27). Die äußeren Kräfte sind bei gleichmäßiger Belastung am Obergurt  $P$  in 2 und  $P - 0,5P$  in  $S$  und  $S_1$ . Der nach oben gerichtete Stützendruck  $S = 0,5P = ab$  wird im Gleichgewicht gehalten durch die Spannung  $O_1 = bc$  in  $S2$  und  $U_1 = ca$  in  $S1$ . Am Knoten 1 ist bekannt  $U_1 = ac$  und daraus bestimmt sich  $L = cd$  und  $U_2 = da$ . Daß der lotrechte Stab 12 den ganzen Druck  $P$  in sich aufnehmen muß, hätte man auch daraus schließen können, daß die in 2 wirkende äußere Kraft  $P$  in wagerechter Richtung  $S2 S_1$  keine Componente ergeben kann.

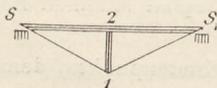


Fig. 26.

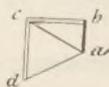


Fig. 27.

b) Der doppelt verspannte Balken (Fig. 28 u. 29). Die Gesamtbelastung ist  $3P$ , der Stützdruck  $S = 1,5P - 0,5P = ab$ , daraus erhält man durch Parallelen  $O_1 = bc$ ,  $U_1 = ca$ . Am Knoten 1 ist  $U_1 = ac$  und daraus folgt  $L_1 = cd$ ,  $U_2 = da$ ; am Knoten 2 ist  $L_1 = dc$ ,  $O_1 = cb$ ,  $P = ba$ , dann bleibt  $O_2 = ad$  als Druck. An einem Modell erkennt man sehr deutlich, daß alle diese Konstruktionen nur für gleichmäßige Belastung gelten, denn das Modell hat eine erhebliche Tragfähigkeit, so lange man die Knoten 2 und 3 gleichzeitig belastet, es knickt jedoch sofort zusammen, wenn man die Last eines Knotens entfernt. (s. 9.)

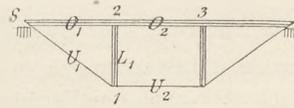


Fig. 28.

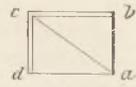


Fig. 29.

c) Das Hängewerk (Fig. 30). Es stimmt äußerlich mit dem Dach Fig. 9 fast ganz überein und wird auch ebenso berechnet; es trägt jedoch die Last am Untergurt und daher wird die Hängesäule 12 nicht, wie bei 5 b) erwähnt ist, spannungslos, sondern hat die ganze Last  $P$  zu tragen.

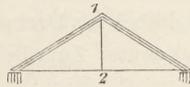


Fig. 30.

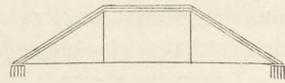


Fig. 31.

d) Das doppelte Hängewerk wird ebenso berechnet wie Fig. 28, die Zug- und Druckverteilung ist unmittelbar aus Figur 31 zu ersehen.

e) Parallelträger. Da aus 4 Seiten die Gestalt eines Parallelogramms nicht bestimmt ist, so kann dasselbe einseitiger Belastung nicht Widerstand leisten, wie bereits 6 b) erwähnt wurde. Es liegt daher nahe, einen längeren Träger dadurch zu konstruieren, daß man Rechtecke mit je einer Diagonale aneinander reiht, wie dies Fig. 32 geschehen ist. Da die ganze Belastung  $4P$  beträgt, so ist der Stützdruck in  $S = 2P$  nach oben gerichtet, welches ganz von  $L_1$  aufgenommen werden muß, da er in wagerechter Richtung keine Komponente ergeben kann;  $U_1$  bleibt also spannungslos. Im Punkte 1 (Fig. 33) wirkt von dem Gewicht des Stabes 12 noch  $0,5P$  entgegen, es bleibt also  $ab = 1,5P$  nach oben wirkend, woraus man durch

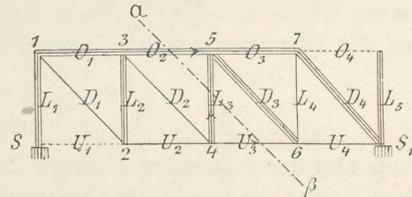


Fig. 32.

Ziehen von Parallelen  $O_1 = bc$  und  $D_1 = ca$  bestimmt. Im Punkt 2 ist jetzt bekannt  $D_1 = ac$ , man findet daraus  $cd = L_2$  und  $da = U_2$ . Im Punkt 3 wirken  $dc = L_2$ ,  $cb = O_1$ ,  $be = P$  und  $ef = O_2$ ,  $fd = D_2$ . Der Kräfteplan für den Punkt 4 wird  $adfga$ , nämlich  $ad = U_2$ ,  $df = D_2$ ,  $fg = L_3$ ,  $ga = U_3$ ; für 5  $gfchig$ ,  $gf = L_3$ ,  $fe = O_2$ ,  $eh = P$ ,  $hi = O_3$ ,  $ig = D_3$ ; für 6  $agida$ ,  $ag = U_3$ ,  $gi = D_3$ ,  $id = L_4$ ,  $da = U_4$ ; in 7  $dihkd$ ,  $di = L_4$ ,  $ih = O_3$ ,  $hk = P$ ,  $kd = D_4$ ,  $O_4$  wird hiernach  $= 0$

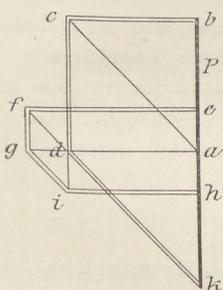


Fig. 33.

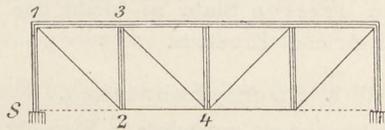


Fig. 34.

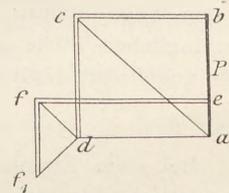


Fig. 35.

der Kräfteplan für  $S_1 k e a d k$  ist entbehrlich, weil bereits alles bekannt ist. In der Figur ist die Länge eines Feldes gleich seiner Höhe angenommen. Die Werte der einzelnen Zug- und Druckkräfte lassen sich aus dem Kräfteplan unmittelbar ablesen, z. B.  $O_1 = 1,5P$ ,  $O_2 = 2P$ ,  $O_3 = 1,5P$ ,  $D_1 = 1,5P\sqrt{2}$ ,  $D_2 = 0,5P\sqrt{2}$ . Ähnlich wird die Konstruktion, wenn man sich die Last an der unteren Gurtung angreifend denkt, es ändern sich dabei nur die Spannungen in den senkrechten Stäben.

Man sieht, daß der Gedanke, einen Träger durch Aneinanderlegen von Rechtecken mit einer Diagonale herzustellen, zu einer unsymmetrischen Form führt, weil eine senkrechte

Stange gezogen, die übrigen gedrückt werden, und ähnliches gilt für die Eckenlinien. Man erreicht jedoch vollständige Symmetrie durch die Anordnung in Fig. 34. Für den Knoten 1 gilt der Kräfteplan  $abca$ , für 2  $acd$ , für 3  $dcbe$ , für 4  $adff_1d$ . Hierbei wird jede Diagonale, wie es bei Anwendung von Schmiedeeisen üblich ist, gezogen. Soll bei Holzstreben jede Diagonale gedrückt werden, so hat man die entgegengesetzten Ecken zu verbinden.

#### 7. Bestimmung der Spannung in einer beliebigen Stange.

Bisher wurden die Spannungen in sämtlichen Stäben des Fachwerks der Reihe nach abgeleitet; es giebt aber auch ein Verfahren von RITTER, durch welches man die Spannung eines beliebigen Stabes für sich bestimmen kann. Man denke sich nämlich durch einen Schnitt  $\alpha\beta$  in Fig. 32, welcher 3 Stäbe trifft, das Fachwerk in 2 Teile zerlegt, dann müssen für jeden Teil die Drehmomente dieser 3 Stangen und die Drehmomente der äußeren Kräfte um einen beliebigen Punkt zusammen Null ergeben. Wählt man nun den Schnittpunkt von je 2 Stäben als Drehpunkt, so enthält die Gleichung die Spannung des dritten Stabes als einzige Unbekannte. Zum Beispiel in Fig. 32 sei 4 der Drehpunkt, dann muß das Drehmoment von  $O_2$ , ferner von  $1,5P$  im Punkte 1 und von  $P$  im Punkte 3 gleich Null werden, also wenn die Länge des Feldes  $13 = \lambda$  gesetzt wird:  $O_2 \cdot \lambda + 1,5P \cdot 2\lambda - P \cdot \lambda = 0$ , woraus folgt  $O_2 = -2P$ . Für den Drehpunkt 5 erhält man:  $-U_3 \cdot \lambda + 1,5P \cdot 2\lambda - P \cdot \lambda = 0$ ,  $U_3 = 2P$ . Für die Bestimmung von  $L_3$  läßt uns diese Methode scheinbar im Stich, weil der Schnittpunkt von  $O_2$  und  $U_3$  ins Unendliche fällt, der unendlich lange Hebelarm kommt aber in allen Gliedern gleichmäßig vor und hebt sich also heraus. Alsdann bleibt die selbstverständliche Bedingung übrig, daß bei Gleichgewicht die Summe aller senkrechten Kräfte Null sein muß, also  $-L_3 - 1,5P + P = 0$ ,  $L_3 = -0,5P$ . Hätte man den Schnitt durch  $O_2 D_2 U_2$  gelegt, so gilt eine ganz ähnliche Betrachtung für  $D_2$  und man erkennt sofort  $D_2 = -L_3 : \sin 45^\circ$ .

#### 8. Stützendruck einer beliebigen Kraft.

Bisher war immer angenommen, daß die Last über den Träger gleichmäßig verteilt, daß also der Stützendruck gleich der Hälfte der Last war. Wenn jedoch auf eine gewichtslose Linie  $l$  die Kraft  $P$  im Abstände  $x$  von dem einen Endpunkt einwirkt, so erfährt, wie man leicht aus den Drehmomenten ableiten kann, die darunter liegende Stütze den Druck  $P(l-x):l$ .

Um sich zu überzeugen, daß diese Formel auch giltig bleibt, wenn die Kraft  $P$  nicht direkt, sondern durch Vermittelung irgend welcher Zwischenglieder zur Wirkung gelangt, so stelle man folgenden Versuch an. Auf den Holzstab in Fig. 8 lege man an beliebiger Stelle zwei Korkstücke und darauf einen zweiten Holzstab. Belastet man jetzt an beliebiger Stelle den oberen Stab mit einem Gewicht, so wird der Druck durch Vermittelung des Korks auf den unteren Stab übertragen und ruft dort einen Stützendruck hervor, den man an der Wage abliest; entfernt man jetzt das Gewicht und legt es senkrecht unter der ursprünglichen Stelle auf den unteren Stab, so bleibt der Stützendruck derselbe. Die Rechnung liefert natürlich ein gleiches Ergebnis.

#### 9. Eisenbahnbrücken.

Bei einer Eisenbahnbrücke kommt zunächst in Betracht die bleibende Last, das Eigengewicht der Brücke, welches sich gleichmäßig über den ganzen Träger verteilt und nach den vorigen Annahmen auf jeden Knoten mit  $P$  und jede Stütze mit  $0,5P$  wirkt, und den Stützendruck  $(n-1)P:2$  hervorbringt. Hierzu kommt noch die Verkehrslast, ein Eisenbahnzug, welcher der Reihe nach jeden Knoten mit  $Q$  belasten möge. [Für genauere Berechnung muß das Gewicht von Lokomotive, Tender, Güterwagen unterschieden werden, auch kommen die Radabstände in Betracht.] Es muß nun untersucht werden, welchen Einfluß die allmählich vorrückende Last auf den Träger ausübt, denn wir sahen bereits an dem Beispiel 6 b), daß unter Umständen die halbe Last ungünstiger wirkt als die ganze.

Als Beispiel betrachten wir einen Parallelträger mit 8 Feldern, welche die Seitenlänge  $\lambda = 2$  m haben, die bleibende Last eines Knotens sei  $P = 1000$  kg am Obergurt, der im

Punkte 1 nach oben wirkende Stützendruck ist also  $S = 3,5 P = 3500 \text{ kg}$ , die veränderliche Last betrage  $Q = 5000 \text{ kg}$  für jeden Knoten. Legen wir jetzt den Schnitt  $\alpha\beta$ , so können wir den Einfluss der Belastung auf die Spannungen  $O_3 U_4 L_4$  feststellen, indem wir die Gleichgewichtsbedingung für die linke Seite des Trägers aufstellen. Es soll dabei immer eine Drehung im Sinne des Uhrzeigers als +, die entgegengesetzte als - gelten. Wählt man als Drehpunkt 6, so ist das Moment von  $O_3$   $O_3 \cdot \lambda$ , dazu kommt das Moment des Stützendruckes in 1  $3,5 P \cdot 3 \lambda$  und die Momente von  $P$  in den Punkten 3 und 5 nämlich  $- P \cdot 2 \lambda - P \cdot \lambda$ . Denkt man sich jetzt von rechts einen Zug über die Brücke fahrend, so hat die Belastung von Punkt 16 mit  $Q$  noch keinen Einfluss, sobald aber 15 mit  $Q$  belastet wird, vermehrt sich der Stützendruck um  $Q \cdot \frac{2}{8}$ , um  $Q \cdot \frac{3}{8}$ , ebenso vermehrt die Belastung der Punkte 13, 11, 9, 7 den Stützendruck um  $Q \cdot \frac{2}{8}$ ,  $Q \cdot \frac{3}{8}$ ,  $Q \cdot \frac{4}{8}$ ,  $Q \cdot \frac{5}{8}$ . Ein Druck auf 5 wirkt in doppelter Weise, erstens direkt und zweitens durch Vermehrung des Stützendruckes um  $Q \cdot \frac{6}{8}$  und ähnliches gilt für 3. Stellt man für all diese Kräfte die Drehmomente um 6 auf, so wird

$$O_3 \cdot \lambda + 3,5 P \cdot 3 \lambda - P \cdot 2 \lambda - P \cdot \lambda + \frac{Q}{8} (1 + 2 + 3 + 4 + 5) \cdot 3 \lambda + \left( Q \cdot \frac{6}{8} \cdot 3 \lambda - Q \cdot \lambda \right) + \left( Q \cdot \frac{7}{8} \cdot 3 \lambda - Q \cdot 2 \lambda \right) = 0.$$

Man ersieht hieraus, dass alle von  $Q$  herrührenden Glieder dasselbe Vorzeichen haben, die Spannung  $O_3$  wird also am größten bei voller Belastung der Brücke

$$O_3 + 7,5 P + 7,5 Q = 0$$

$$O_3 = - 45 000 \text{ kg Druckspannung.}$$

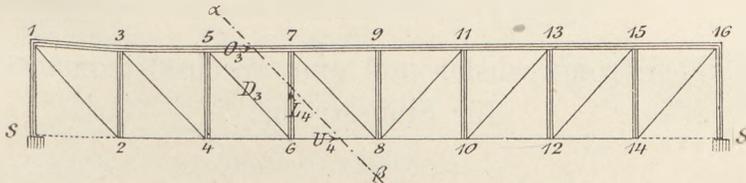


Fig. 36.

Betrachtet man 7 als Drehpunkt, so erhält man dieselbe Gleichung für  $U_4$

$$- U_4 + 7,5 P + 7,5 Q = 0$$

$$U_4 = 45 000 \text{ kg Zug.}$$

$L_4$  erhält man nach 7) durch die Bedingung, dass die Summe aller senkrechten Kräfte Null ergeben muss. Es ist nun nach oben gerichtet  $L_4$  und der Stützendruck  $3,5 P$ , in 3 und 5 wirkt je  $P$  nach unten; der Druck  $Q$  in den Punkten 15, 13, 11, 9, 7 ruft wieder den Stützendruck  $\frac{Q}{8} (1 + 2 + 3 + 4 + 5)$  nach oben hervor, die Belastung von 5 wirkt direkt mit  $Q$  nach unten sowie mit  $Q \cdot \frac{6}{8}$  an 1 nach oben, ebenso 3 mit  $Q$  nach unten und mit  $Q \cdot \frac{7}{8}$  nach oben.

Zusammengefasst erhält man

$$- L_4 - 1,5 P - \frac{Q}{8} (1 + 2 + 3 + 4 + 5) + Q \left( 1 - \frac{6}{8} \right) + Q \left( 1 - \frac{7}{8} \right) = 0$$

$$- L_4 - 1,5 P - \frac{15}{8} Q + \frac{3}{8} Q = 0.$$

Dies würde bei voller Belastung der Brücke  $- L_4 - 1,5 (P + Q) = 0$  oder  $L_4 = - 9000 \text{ kg}$  Druck ergeben, man erkennt jedoch hier sofort einen wesentlichen Unterschied gegenüber den vorigen Fällen: wären nämlich die Punkte 15, 13, 11, 9, 7 allein belastet gewesen, so würde das positive Glied  $\frac{3}{8} Q$  fortfallen und  $L_4$  das Minimum  $- 10875 \text{ kg} \sim - 10 900$  erreichen, d. h. eine teilweise Belastung ergibt einen größeren Druck. Wären hingegen

allein die Punkte 3 und 5 belastet, so fällt das negative Glied  $-\frac{15}{8}Q$  fort und  $L_4$  nimmt den größten Wert an,  $L_4: -1,5P + 3Q:8 = +375$  kg Zug. Nach 7) wird dann das Maximum von  $D_3 = -L_4: \sin 45^\circ = +15\,400$  kg Zug und das Minimum von  $D_3 = -530$  kg Druck.

Hierin liegt nun eine gewisse Schwierigkeit. Man muß nämlich mit Rücksicht auf die Verbindungen in den Knotenpunkten es vermeiden, dieselben Stäbe abwechselnd einem Zug und Druck auszusetzen. Sollen also die Diagonalen nur gezogen werden, so bringt man zwischen 4 und 7 noch eine Diagonale an, welche bei Belastung der Knoten 3 und 5 mit 530 kg gezogen wird. In ähnlicher Weise bestimmt man sämtliche Stäbe der Brücke und es zeigt sich, daß alle 4 Mittelfelder gekreuzte Diagonalen erhalten müssen. Die Behandlung von Bogenbrücken bietet keine neuen Gesichtspunkte und kann daher in entsprechender Weise durchgeführt werden. Die Rechnung wird besonders einfach, wenn die Knoten auf einer Parabel liegen.

Man sieht, es liegt hier ein ungemein reicher und fruchtbarer Übungsstoff vor, der bisher für Gymnasien wohl noch wenig bearbeitet ist. Die Einwände, daß der Gegenstand rein technischer Natur, oder daß im Unterricht keine Zeit dafür sei, möchte ich nicht als berechtigt anerkennen, wenn man sich entschließen kann, andere Gegenstände dafür in Wegfall zu bringen. Denn gewisse trigonometrische Aufgaben, die nach Ausweis der Programme viel behandelt werden, scheinen mir größtenteils gymnasial-technischer Natur — *sit venia verbo* — zu sein, und ich möchte den obigen Aufgaben größeren allgemein bildenden Wert zuerkennen. Auch durch Verzicht auf die überflüssige Genauigkeit der 5stelligen Logarithmen kann nicht unerhebliche Zeit gespart werden, wie ich an anderem Orte nachgewiesen habe. Ich würde mich daher freuen, wenn dieser Aufsatz die Anregung geben möchte, den Gegenstand weiter für den Unterricht zu bearbeiten.

## Der Doppelstromwechsler und eine Wechselstrommaschine für Sinusströme.

Von

W. Weiler in Esslingen.

Der im V. Jahrgang S. 189 dieser Zeitschrift beschriebene Doppelstromwender des Verfassers besteht aus zwei um  $90^\circ$  auf demselben Cylinder versetzten Walzenstromwendern (Fig. 1a und 1b). Er ist zur Einführung in die Wechselstromlehre bestimmt und hat durch

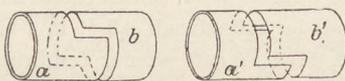


Fig. 1 a.

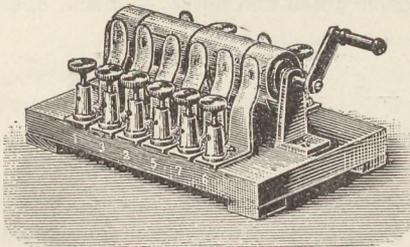


Fig. 1 b.

die mechanische Werkstätte von Ferd. Erneck in Berlin vielfach, auch im Auslande, Eingang in die Schulen gefunden. Er liefert Wechselströme, die von den durch Induktion in der Technik erzeugten darin sich unterscheiden, daß ihre graphisch dargestellten Kurven fast rechtwinklig verlaufen, während die Technik Sinusströme erstrebt. Ohne die ursprüngliche Einfachheit des Apparates wesentlich abzuändern, geben die folgenden Darstellungen Mittel an, die Kurve dieser Ströme der Sinuskurve nahe zu bringen.

Fig. 3 zeigt eine Abänderung der aufgeschnittenen und gestreckten Hälfte eines Zuleitungsringes und Abgeberlappens des gewöhnlichen Stromwenders, den Fig. 2 darstellt. Der Lappen ist größtenteils ersetzt durch Neusilberdrähte, die in Zickzackform auf der Walze befestigt sind. Die Stromkurve wird somit durch zu- und abnehmenden Widerstand in polygonale Form umgeändert. Man erhält damit, wie bei der Weinholdschen, im Jahr-

gang VI S. 8 dieser Zeitschrift angegebenen Abänderung ein Magnetfeld, das sich stetig, wenn auch nicht ganz gleichförmig, dreht und dessen Stärke sich ebenfalls stetig ändert. Um Raum für die Drahtwiderstände zu gewinnen, giebt man der Holzwalze, die in Paraffin gekocht sein kann, einen Durchmesser von etwa 8 cm.

Sendet man durch die Windungen einer Drahtspule einen elektrischen Strom, so wird in diesem in dem Augenblicke, in dem der Strom geschlossen wird, eine elektromotorische Kraft wachgerufen; diese ist der elektromotorischen Kraft der Stromquelle, die den alten Zustand zu erhalten sucht, entgegengesetzt. Der Hauptstrom erreicht infolgedessen erst allmählich seine volle Stärke. Die Wirkung dieser gegen elektromotorischen Kraft wird verstärkt, wenn die Drahtspule Eisen enthält; denn auch im Eisenkern werden Kraftlinien erzeugt, und jede verstärkte Änderung der Kraftlinienzahl erregt eine erhöhte elektromotorische Kraft, die genau gleich



Fig. 4.

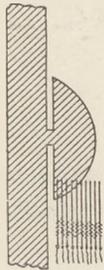


Fig. 5.

ist der Änderung der Kraftlinienzahl. Wird der Strom unterbrochen, so entsteht im Augenblick des Unterbrechens in den Windungen der Elektromagnetspule eine elektromotorische Kraft, die der elektromotorischen Kraft der Stromquelle gleichgerichtet ist und die Stromwirkung zu verlängern strebt. Man schaltet daher vor die Abnehmerbürsten des ursprünglichen Stromwenders Elektromagnete mit verhältnismäßig geringem Widerstande, aber bedeutender Windungszahl, und verwendet für die Elektromagnete Eisen in Draht- oder Blätterform, wobei die Drähte und Bleche durch dünnes Papier oder Asphaltlack magnetisch von einander isoliert sein müssen. Versuche mit verschiedenen vorgeschalteten Elektromagneten ergaben an dem im Jahrgang X S. 94 dieser Zeitschrift beschriebenen vereinfachten Kurvenzeichner Kurven, die das Ansteigen und Fallen der Stromstärke deutlich erkennen lassen. Ähnliche Kurven erreicht man natürlich auch mit einem Vielfachstromwechsler, Fig. 4, dessen Cylinder 8 cm Durchmesser hat, in dem je 8 Abgeberlappen gegeneinander versetzt sind und vor dessen Abnehmerbürsten je nach der verwendeten Stromstärke verschiedene Elektromagnete vorgeschaltet sind.

Man kann endlich auch Widerstände und Selbstinduktion beim Doppelstromwechsler zugleich anwenden. Zum ersten Versuche erhielt der Holzcylinder 10 cm Durchmesser, die Abgeberlappen wurden nach Sinusform (Fig. 5) aus Messingblech geschnitten und die Bürsten aus 10 hartgezogenen, 1 mm dicken, von einander isolierten



Fig. 2.

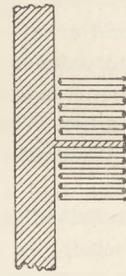


Fig. 3.

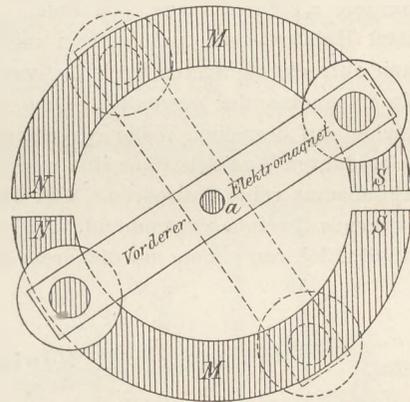


Fig. 6.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

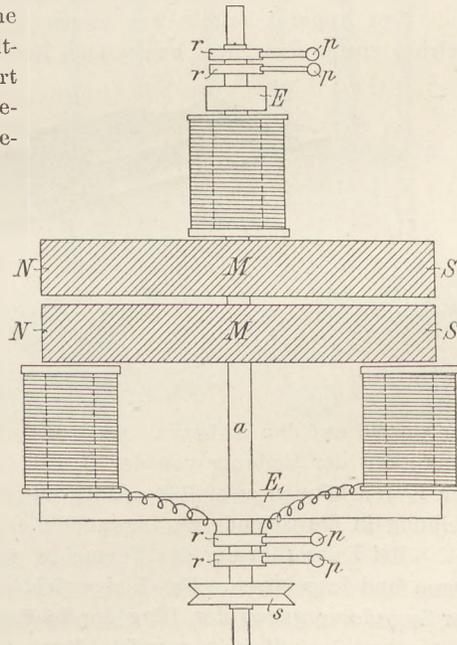


Fig. 7.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Messingdrähten hergestellt. An jeden Draht wurde ein seidenbespinnener Neusilberwiderstand von 2 Ohm gelötet; diese Widerstände wurden auf eine Rolle mit eingeschlossenen Eisendrähten gewickelt, an den freien Enden verbunden und zu den Polklemmen geführt. Beim Drehen der Kurbel treten die stromabgebenden Messingdrähte nacheinander auf den Abgeberlappen und nehmen mehr oder weniger Strom auf. Bei geeignetem Drehen der Kurbel schwingt die Magnetnadel der Tangentenbussole oder die Nadel eines andern Ampèremeters gleichmäÙig hin und her. Verwendet man z. B. eine elektromotorische Kraft von 1 Volt und besitzt jeder der 10 Widerstände 1 Ohm, so hat man der Reihe nach die Stromstärken:  $1:1 = 1$  Amp.;  $1:1/2 = 2$  Amp.;  $1:1/3 = 3$  Amp. . . .  $1:1/10 = 10$  Amp.; und ebenso wieder fallend. Dazu tritt aber noch die Selbstinduktion und läÙt jeden der Stromstöße erst allmählich auftreten. Der Apparat erscheint so freilich komplizierter als in seiner Urform, doch mehr der Beschreibung nach als in Wirklichkeit; er stellt dem Schüler die Sinusform recht klar vor Augen.

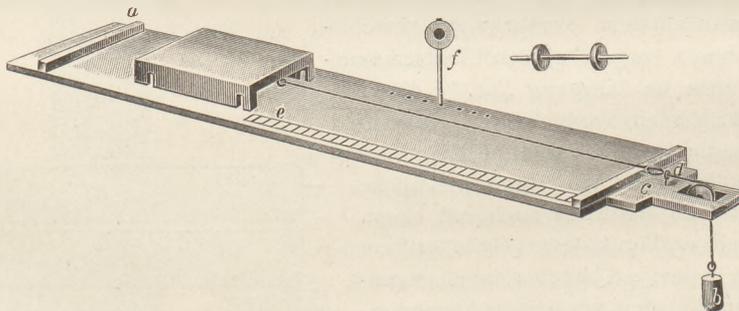
Die vollkommene Sinusform des Stromes und den Zweiphasenstrom erzielt der Verfasser mit einem Apparat, der eine Abänderung des bekannten elektromagnetischen Induktors ist. Die Vorderansicht zeigt Fig. 6, die Oberansicht Fig. 7;  $M, M$  sind Stahlmagnete,  $E, E$  Elektromagnete,  $r, r$  Schleifringe,  $p, p$  Pole,  $s$  die Schnurscheibe,  $a$  die Achse. Die Stahlmagnete haben Halbkreisform und stoÙen mit geringem Zwischenraum so gegeneinander, daÙ sie einen aufrecht stehenden Kreisring von 10 cm mittlerem Radius bilden, je die Nord- und Südpole nebeneinander gewendet. Dem vorderen Elektromagneten steht auf der Rückseite ein gleicher auf derselben Welle gegenüber, doch so, daÙ er gegen den ersten um  $90^\circ$  versetzt ist. Die erzeugten Wechselströme sind wegen des gleichmäÙig zu- und abnehmenden induzierenden Magnetismus reine Sinusströme und bilden wegen des Phasenunterschiedes von  $90^\circ$  ein vollkommenes Zweiphasenstromfeld. Je nach der Spannung, die man erreichen will, bewickelt man die Elektromagnete mit dickerem oder dünnerem Draht, etwa von 1 mm bis 0,15 mm Dicke.

## Kleine Mitteilungen.

### Apparat zur Demonstration der Reibung.

Von H. Kellermann in Wien.

Der Apparat besteht aus einem etwa  $1/2$  m langen und 12 cm breiten Gleitbrette, welches vorne eine leicht bewegliche Rolle trägt. Als Reibungskörper dient ein Schlitten,



der sowohl auf den Kufen, als auch auf der oberen Fläche gleiten kann, um die Unabhängigkeit der Reibung von der Größe der Gleitflächen zu zeigen. In die Einschnitte in den Kufen können zwei Räderpaare mit den Achsen eingesetzt werden, um die gleitende Reibung in die rollende zu verwandeln.

Bei Durchführung des Versuches wird der Schlitten bis zur Anstofsleiste  $a$  zurückgezogen und losgelassen. Das Bleigewicht  $b$ , welches solange fallen kann, bis der Ring  $c$  in der Zugschnur gegen den Ring der Schraube  $d$  schlägt, verleiht dem Schlitten eine bestimmte Anfangsgeschwindigkeit, vermöge deren er sich noch fortbewegt, wenn der Zug aufgehört hat, bis er durch die Reibung zur Ruhe kommt. Die Größe der Reibung wird nun ge-

messen durch die Länge des selbständig zurückgelegten Weges. Die Weglänge kann an dem Centimetermaßstab *e* abgelesen und durch die verstellbare Signalscheibe *f* markiert werden.

Auf die Gleitplatte können leicht Streifen aus Holz, Papier, Glas oder Blech aufgelegt werden, um die Abhängigkeit der Reibung von der Beschaffenheit der Gleitflächen zu zeigen.

Wird der Schlitten durch Auflegen von Gewichten zwei oder dreimal schwerer gemacht, so ist der vermöge der Trägheit zurückgelegte Weg gleich der Hälfte beziehungsweise dem dritten Teile des ersten Weges.

Es können daher mit dem Apparate alle auf die Reibung bezughabenden Gesetze nachgewiesen werden.

### Apparat für spezifische Wärme.

Von **H. Schoentjes**, Professor an der Universität zu Gand (Belgien).

Mit Hilfe dieses Apparates läßt sich die Verschiedenheit der spezifischen Wärmen verschiedener Metalle einem großen Auditorium deutlicher zeigen, als das mit den bisherigen Apparaten möglich war.

Der Apparat besteht aus 4 Teilen: dem Gasbrenner *A*, der Form *B* (Fig. 1), dem Wärmgefäß *C* und dem in Fig. 3 abgebildeten Hauptapparate.

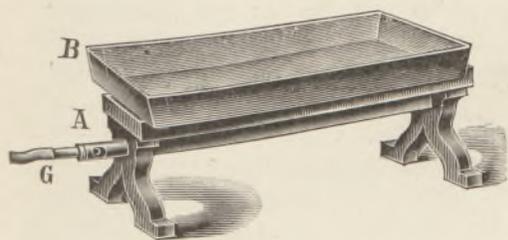


Fig. 1.

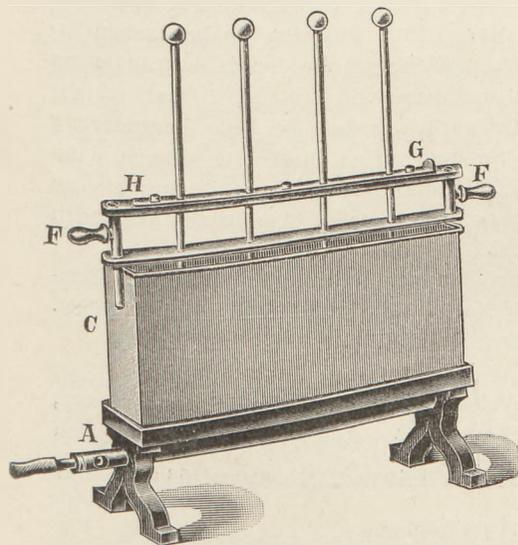


Fig. 2.

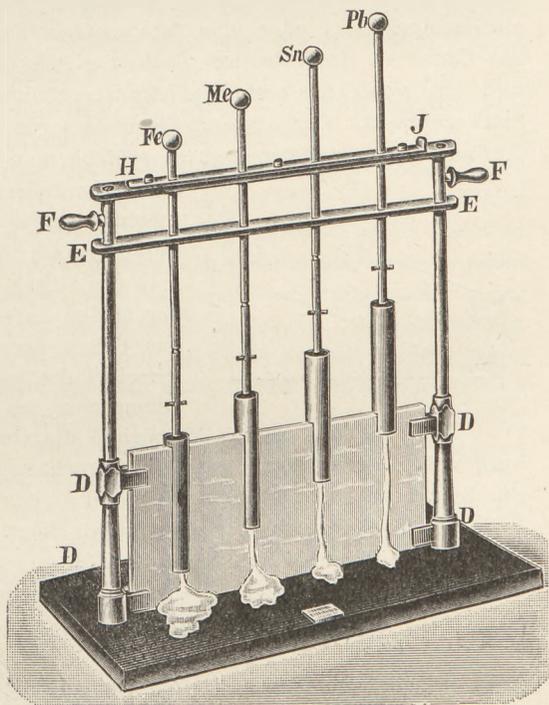


Fig. 3.

In der Form *B* wird zunächst ein Paraffinkuchen von rechteckiger Form gegossen (Figur 1); dieser wird nach dem Erkalten in aufrechter Stellung zwischen die Klemmen *D* (Figur 3) geschoben. Dann wird das Gefäß *C* mit Wasser gefüllt und die 4 Cylinder aus Eisen, Messing, Zinn und Blei von gleichem Gewichte und gleichen äußeren Dimensionen darin erhitzt. Ein Schieber *HJ* hält dabei die 4 Stangen mit den Metallcylindern in gleicher Höhe (Figur 2). Nachdem die Cylinder genügend erhitzt sind, setzt man den Rahmen mit den 4 Metallcylindern auf das Gestell *EE* und bringt durch einen Druck auf den Schieber *HJ*

die 4 Stangen zum gleichzeitigen Niederfallen auf den Paraffinkuchen. Die 4 verschiedenen Metalle sinken in dem Paraffin verschieden tief ein, und zwar genau im Verhältnis ihrer spezifischen Wärmen.

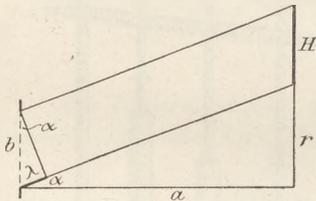
Die Konstruktion dieses Apparates ist der Firma E. Leybold's Nachfolger in Köln übergeben; diese liefert den kompletten Apparat in äußerst praktischer und eleganter Form zu Mark 60,—.

### Beitrag zur Bestimmung der Wellenlänge des Lichts.

Von Dr. Hoffmann in Hanau.

Auf einer Centimeterskala (von Papier) macht man im Abstände von 1 cm drei parallele Spalten in der Breite von 1 mm und von einer Länge von 1 cm. Diese Skala wird an einem Stativ in geeigneter Weise befestigt und so aufgestellt, daß man durch die vertikal gestellten Spalten möglichst gegen den freien Himmel schauen kann. In einem Abstände von ungefähr  $\frac{1}{2}$  m befestigt man an einem zweiten Stativ ein feines Gitter, dessen Spaltbreite man vorher vermittelt Mikroskop und Vergleichsskala bestimmen muß. Bei dem von mir benutzten Gitter betrug die Spaltbreite 0,02596 mm. Betrachtet man nun durch das vertikal gestellte Gitter die 3 Spalten, so kann man beim Vor- und Zurückschieben des Gitters deutlich wahrnehmen, wie sich die Helligkeitsmaxima zu beiden Seiten des mittleren Spaltes hin- und herbewegen. Erscheinen die 3 Spalten weiß und von gleich breiten farbigen Rändern umgeben, so ist das erste Helligkeitsmaximum beiderseits des mittleren Spaltes in die Entfernung von 1 cm gerückt.

Um die Wellenlänge des Lichtes für verschiedene Farben zu bestimmen, bringt man ein farbiges Glas oder eine farbige Gelatinefolie vor die 3 Spalten. Man schiebt nun das Gitter so, daß die drei Spalten gleich hell und ohne helle Umränderung erscheinen, und hat somit das erste Helligkeitsmaximum in die Entfernung von 1 cm vom mittleren Spalt gebracht. Der Abstand des Gitters von den 3 Spalten wird gemessen. Will man den Abstand genauer feststellen, so schiebe man das Gitter zuerst etwas vorwärts, sodafs die helle Umränderung der beiden äußeren Spalten innen erscheint, schiebe dann zurück, bis die innere Umränderung gerade verschwindet, und messe den Abstand. Hierauf schiebe man das Gitter weiter zurück, sodafs die helle Umränderung der beiden äußeren Spalten außen erscheint, schiebe dann das Gitter vorwärts, bis die äußere Umränderung gerade verschwindet, und messe den Abstand. Aus beiden Abständen nehme man das Mittel.



Ich habe bei meinen Versuchen die Gelatinefolien von Dr. Steeg und Reuter, Hamburg v. d. H. benutzt und will die Berechnung für No. 17 blau und No. 15 grün angeben. Für blau betrug der Abstand im Mittel 52,4 cm, für grün 49,5 cm.

Die Rechnung stellt sich dann wie folgt.

In der Figur sei  $b$  ein Spalt des Gitters,  $\lambda$  die Wellenlänge,  $H$  erstes Helligkeitsmaximum, dann ist für blaues Licht  $a = 52,4$  cm. Da nun  $r = 1$  cm,  $b = 0,02596$  mm ist, so hat man  $\tan \alpha = \frac{1}{52,4}$ , woraus  $\alpha = 3936''$  und  $\lambda = b \cdot \sin \alpha = 0,02596 \cdot \sin 3936 = 0,0004953$  mm. Für grün ergibt sich  $\tan \alpha = \frac{1}{49,5}$ ,  $\alpha = 4166''$ ,  $\lambda = 0,0005243$  mm.

Will man direkt die Farben des Spektrums untersuchen, so entferne man die farbige Gelatinefolie und verschiebe das Gitter so, daß die zu untersuchende Farbe des Gitterspektrums in dem hellen Raume der beiden seitlichen Spalten vollständig verschwindet. Die Rechnung ist dieselbe wie oben.

Man wird gut thun, im Unterrichte zuerst an einem Spalte die Wanderung der Helligkeitsmaxima beim Verschieben des Gitters durch die Schüler beobachten zu lassen. — Ein vollständiger Lichtbeugungsapparat zur Bestimmung der Wellenlänge des Lichts wird von der Firma Max Kohl in Chemnitz zum Preise von 80 Mk. angefertigt. Der Apparat

besteht aus einer auf einem Stativ befestigten, mit Millimeterskala versehenen und um eine horizontale Achse drehbaren optischen Bank, auf welcher das Gitter sowie die auf geschwärztem Glase erzeugten 3 Spalten verschiebbar aufgesetzt sind.

### Versuche mit elektrisiertem Papier.

Von J. Kleiber in München.

Der Durchschnittsschüler, der nicht etwa im Besitze eines Hartgummifederhalters ist, dürfte zumeist kaum in der Lage sein, die elektrischen Grundversuche zu Hause nachzumachen. Es stehen ihm dort zwar einige Isolatoren zur Verfügung, wie Trinkgläser, Porzellantassen, Siegellack und Kerzen, aber die elektrischen Reibungsversuche an diesen geben zu keinem starken Effekt Anlaß; oft versagen sie gänzlich. Da dürfte es interesseiren, zu erfahren, daß das Papier mit Leichtigkeit sehr stark elektrisch zu machen ist und zwar ebensowohl positiv als negativ. Man braucht es bloß zunächst ein paar Sekunden auf die heiße Ofenplatte zu legen.

a) Soll das Papier negativ werden, so nimmt man es mit der einen Hand weg und läßt es ein paar mal zwischen Daumen und Zeigefinger der andern rasch hindurchgleiten. Dabei wird es überraschenderweise so stark elektrisch, daß es an der wagrecht gehaltenen Handfläche unten frei hängen bleibt, ebenso an der Wand. Hält man das Papierstück in der einen Hand wie ein Pendel, so wird es schon auf 10 cm Distanz sichtbar von der andern Hand angezogen.

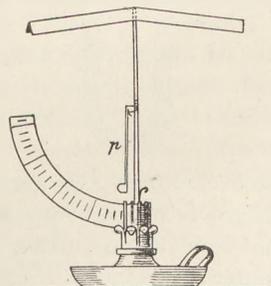
b) Soll das Papier positiv werden, so läßt man es auf der Ofenplatte und streicht 2—3 mal mit dem Radiergummi darüber hin. Es wird noch stärker elektrisch wie oben. (Die Anziehungserscheinung ist zuweilen sehr heftig.)

Das Erwärmen auf der Ofenplatte hat das Papier in einen sehr guten Isolator verwandelt, die Elektrisierung hält an trocknen Tagen oft 1—2 Stunden an.

Die nach a) und b) erzielte gegensätzliche Elektrisierung des Papiers vermag der Schüler selbst zu prüfen und zwar mit einem „Fidibuselektroskop“, das er sich sehr einfach so herstellt. Im Leuchter befindet sich noch ein Kerzenstückchen. Darauf steckt er eine Stricknadel und auf die Stricknadel setzt er leichtbeweglich wie eine Magnetnadel einen Papierfidibus (Papierstreifen von ca. 30 cm Länge und 2 cm Breite — Zeitungsrand —, der der ganzen Länge nach eingeknickt ist, um ihm Steifheit zu verleihen). Beim Aufsetzen des Streifens empfiehlt es sich, denselben auch in der Mitte, so wie es die beigegebene Figur andeutet, ein wenig abzubiegen, damit er nicht so leicht herunterfällt. Wird der Fidibus vor dem Aufsetzen nach b) behandelt, so ist er geladen (man nähere die Hand!) und stößt jeden weiteren nach b) geladenen Streifen ab, jeden nach a) behandelten zieht er dagegen an. Anziehung und Abstofung sind schon auf 50 cm Distanz sehr stark!

Die Stärke der Wirkung macht obige Versuche auch zu Demonstrationsversuchen im Hörsaal geeignet. Da dort eine heiße Herdplatte nicht zur Verfügung steht, läßt man sich vor der Stunde ein gehitztes Bügeleisen bereit stellen. Es reicht für eine Stunde und länger. Dabei zeigt sich, daß Papier auf Papier gebügelt allein schon stark elektrisch wird. (Metall reibt sich an Papier!)

Sehr interessant gestaltet sich für den Schüler die Sache, d. h. sie wird vom qualitativen zum maßvergleichenden Experiment, wenn er sich aus Seidenpapier ein etwa 8 cm langes, 1—2 mm breites (dann der Länge nach gefaltetes) Streifchen ausschneidet und dieses nach Art der Kolbeschen elektrischen Pendelchen mit etwas Blumendraht in der Mitte der Stricknadel seines Fidibuselektroskops befestigt. Am Kerzenstück, auf dem die Stricknadel steht, läßt sich bequem eine Papierskala (s. Fig.) anbringen (es braucht keine Gradskala zu sein). Diese wird man leitend mit dem Leuchter verbinden, damit das Pendel  $p$  nicht seitlich abweicht



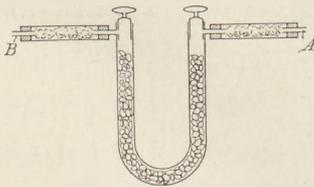
sondern von selbst in der Skalenebene bleibt. (Der Schüler zeichne ein Diagramm der Selbstentladung des Elektroskops a) mit aufgesetztem Fidibus und ohne denselben; b) an verschiedenen Tagen, um den Einfluss der Feuchtigkeit zu constatieren.)

### Für die Praxis.

**Magnetische Backsteine.** Von Dr. F. Scriba in Darmstadt. Dafs die Farbe der Ziegel und Backsteine beim Brennen von gelb oder gelbbraun in rot übergeht, beruht bekanntlich darauf, dafs das Eisenhydroxyd, das dem Thon beigemischt ist, durch Einwirkung höherer Temperatur unter Wasserverlust in Eisenoxyd übergeführt wird. Nun finden sich unter solchen Feldbrandsteinen, die beim Brennen lebhaft rot geworden sind, immer auch manche, die durch allzugrofse Nähe der Wärmequelle, vielleicht auch durch reduzierende Einwirkung von Kohlenoxyd eine grauschwarze Farbe angenommen haben und meistens etwas zusammengesintert sind. Hierzulande benutzt man diese unschönen, aber sehr festen Steine häufig zu Fundamenten. Die Ursache der zweiten Farbenänderung ist offenbar in dem Übergang des Eisenoxyds in Oxyduloxyd ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), das bekannte magnetische Oxyd des Eisens, zu suchen. Es gelang mir durch einen Versuch zu beweisen, dafs der färbende Bestandteil magnetisch werden kann, also jedenfalls  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ist. Es giebt Gesteine, die bei einem sehr geringen accessorischen Gehalt von Magnetit deutlich magnetische Eigenschaften zeigen. So findet sich in hiesiger Gegend ein Gabbro mit geringen derartigen Einsprengungen, der an vielen Stücken polaren Magnetismus erkennen läfst und einem benachbarten Berg den Namen Magnetberg verschafft hat. Daher lag es nahe, zu versuchen, einen ziemlich gleichmäfsig schwarz gebrannten Backstein zu magnetisieren, was dadurch sofort gelang, dafs er einige Augenblicke in das magnetische Feld eines starken Elektromagneten gebracht und gleichzeitig durch Aufstofsen erschüttelt wurde. Er zeigt so deutlich Nord- und Südpol, dafs mit einer gewöhnlichen Magnetnadel von 15 cm Länge, deren Pole bunte Papierstückchen tragen, Anziehung und Abstofsung weithin sichtbar gemacht werden können. Der Versuch ist sowohl im Chemieunterricht bei der Besprechung der Oxyde des Eisens, als auch in der Lehre vom Magnetismus verwendbar.

**Das Trocknen der Gase.** Von Dr. F. Scriba in Darmstadt. Eine im chemischen Unterricht so häufig vorkommende Operation, wie das Trocknen der Gase durch Calciumchlorid oder Schwefelsäure, verdient sicher durch einen besonderen Versuch erläutert zu werden. Durch den abgebildeten Apparat läfst sich die wasserentziehende Wirkung, die von den genannten Stoffen auf feuchte Luft ausgeübt wird, auf grofse Entfernung sichtbar machen.

Eine gröfsere U-förmige Röhre, am besten eine durch Glashähne verschliesbare, wird mit Stücken von Calciumchlorid gefüllt und in der in der Fig. angegebenen Weise mit zwei etwa 2 cm weiten und 15 cm langen Glasröhren verbunden, die selbst wieder engere Röhren tragen. Statt des Calciumchlorids kann natürlich ebensogut mit konzentrierter Schwefelsäure getränkter Bimsstein verwendet werden. Die beiden seitlichen Röhren werden lose mit Watte gefüllt, die vorher mit einer nicht ganz konzentrierten Lösung von Kobaltchlorür ( $\text{CoCl}_2$ ) getränkt und an der Luft getrocknet worden ist. Die Watte zeigt so vorbereitet für gewöhnlich eine blaßrote, nur selten, bei sehr trockner Luft, eine bläuliche Farbe. Bläst man nun bei geöffneten Hähnen mit dem Mund eine kurze Zeit Luft durch die Röhre A, so färbt sich sehr bald die Watte auf der entgegengesetzten Seite blau infolge des Wasserverlustes, den sie in der nunmehr getrocknet durchströmenden Luft erleidet. Bläst man hierauf durch B, so wird die gebläute Watte gerötet, während auf der anderen Seite Blaufärbung eintritt. Selbstverständlich wird man vorher den mit Farbenveränderung verbundenen Verlust des Krystallwassers, den  $\text{CoCl}_2$  in trockner Luft erfährt, besprechen müssen. Der Apparat hat den grofsen Vorteil, fast beliebig oft und zu jeder Zeit verwendbar zu sein, wenn nur beim Aufbewahren die Hähne geschlossen bleiben.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Foucaults Pendelversuch** hat ALPHONSE BERGET mit einem Pendel von nur 1 m Länge ausgeführt (*C. R. CXXXI, 106; 1900*). Das Pendel besteht aus einem 1 m langen cylindrischen Bronzestab, der an seinem unteren Ende ein cylindrisches Kupfergewicht von 2 kg trägt; durch zwei Schrauben kann dieses Gewicht in einer bestimmten Höhe festgestellt werden. Am oberen Ende des Pendels befindet sich eine Cardanische Aufhängung, bestehend aus zwei kleinen Ringen mit senkrecht zu einander stehenden Stahlschneiden. Dieser Teil des Apparats ist besonders sorgfältig gearbeitet.

Unter dem Pendel und coaxial mit seiner Ruhelage befindet sich ein horizontal geteilter Kreis; eine mit Mikrometerschraube versehene Alhidade trägt ein horizontales Mikroskop, mit dem man nach dem Centrum oder in die Nähe des Centrums visieren kann. Die Alhidade besitzt einen Nonius, der 30 Sekunden ablesen läßt.

Ein festes Holzgestell auf drei eichenen Füßen trägt auf einem oberen Tischchen die Cardanische Aufhängung; die Pendelstange durchsetzt das Tischchen, und der untere Teil der Stange, der mit einer feinen Spitze versehen ist, befindet sich in der Ruhelage über der Mitte des Teilkreises, der von dem unteren Tischchen des Dreifusses getragen wird. Das ganze steht auf einem monolithischen, vom Boden isolierten Pfeiler des Experimentierraums.

Ist der Teilkreis horizontal gestellt und sein Mittelpunkt genau unter die Pendelspitze gebracht, so entfernt man diese um einen sehr kleinen Winkel aus ihrer Gleichgewichtslage, indem man sie mit einem Faden an eine in der Symmetrieebene des Mikroskops liegende Schraube bindet; man wartet, bis jede Vibration aufgehört hat, und stellt das Mikroskop so ein, daß die Spitze in der Fadenkreuzung erscheint. Dann wird der Faden abgebrannt, das Pendel beginnt zu schwingen, und schon von der zweiten Schwingung an, d. h. nach vier Sekunden, sieht man deutlich die Ablenkung der Spitze nach rechts. Da das Mikroskop die Gegenstände umkehrt, so folgt daraus eine wirkliche Ablenkung der Pendelspitze nach links, wie es die Theorie erfordert.

Für quantitative Messungen hat man durch Drehen der Mikrometerschraube bei jeder Oszillation das Bild der Spitze in das Fadenkreuz des Mikroskops zu bringen. BERGET hat in dieser Weise 50 Messungen angestellt und fand als die für die Ablenkung um  $1^\circ$  nötige Zeit 6 Minuten 5 Sekunden. (Bei der folgenden Rechnung ist diese Zeit zu  $6^m 4^s$  angenommen.) Für den ganzen Kreisumfang würde das 2184 Minuten, d. h. 36 Stunden 24 Minuten ergeben, eine Zahl, die in großer Annäherung gleich der Rotationsdauer  $w' = w \cdot \sin \lambda$  ist, wo  $\lambda$  die Breite von Paris bedeutet. Die Genauigkeit des Apparats ist also sehr groß; man erhält stets dieselbe Zahl, wie auch das ursprüngliche Azimut der ersten Schwingung war, ein Beweis für die überaus vollkommene Aufhängung des Pendels. Wenn man, anstatt direkt zu beobachten, die Messung mit einem an dem Instrument befestigten Spiegel vornimmt, so verdoppelt sich die scheinbare Ablenkung und demzufolge auch die Empfindlichkeit. [Man vgl. hierzu die Mitteilungen von M. Koppe, d. Ztschr. I, 14 und von E. Adolph, VIII, 312.]

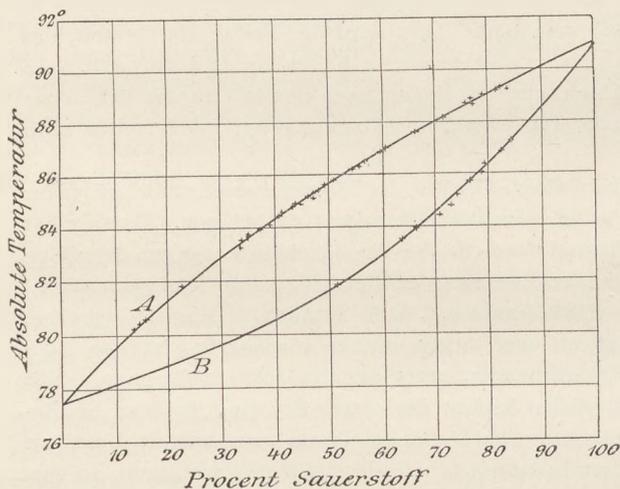
*Schk.*

**Versuche mit flüssiger Luft.** Ein Metallstück, das an einem Kokonfaden in ein mit flüssiger Luft gefülltes Becherglas gehängt wird, zeigt sich nach dem Herausziehen stark negativ geladen. H. EBERT und B. A. HOFFMANN fanden solche Ladungen bei allen Metallen, ebenso aber auch bei Nichtleitern, wie Glas, Holz, Gummi (*Ann. d. Physik. 2, 706; 1900*). Da die in flüssiger Luft gewesenen Körper sich natürlich sofort mit Reif überziehen, so war die Frage zu entscheiden, ob bei dieser Bereifung vielleicht erst die Ladung eintrete. Der Versuch wurde daher in einem völlig trockenen Vakuumexsikkator wiederholt, wo nicht die geringste Reifbildung eintrat; die Elektrizitätserregung blieb dieselbe, mußte also innerhalb der flüssigen Luft ihren Sitz haben. Um zu sehen, ob diese Luft selbst oder fremde Beimengungen (Eis, feste Kohlensäure, Maschinenöl) die Ladung bewirken, filtrierten die Verff. die flüssige Luft sehr sorgfältig innerhalb des Exsikkators, und

nun zeigte sich keine Spur von Elektrisierung. Wurde der filtrierten Flüssigkeit feste Kohlensäure zugesetzt, so trat auch keine Ladung auf; die Spuren Kohlensäureschnee, welche der flüssigen Luft das milchige Aussehen geben, konnten also auch nicht die Ursache der Elektrisierung bilden. Sobald dagegen ein langsamer Luftstrom, der mit dampfförmigem Wasser beladen war, gegen die flüssige Luft gerichtet wurde, erschien die negative Ladung des eingetauchten Körpers und wuchs in dem Maße, wie das gebildete Eis sich in der Flüssigkeit vermehrte. Die in die flüssige Luft getauchten Körper werden also durch Reibung an dem darin befindlichen Eise negativ, das Eis selbst positiv elektrisiert. Ist alle flüssige Luft verdampft, so zeigen sich die in dem Gefäß zurückgebliebenen festen Rückstände stark positiv geladen. EBERT und HOFFMANN konstruierten eine kleine Eiselektriermaschine, indem sie flüssige Luft durch ein, ein kupfernes Drahtnetz enthaltendes Glasrohr, das von einem mit flüssiger Luft gefüllten Kühlmantel umgeben war, hindurch strömen ließen; die negative Elektrizität des Drahtnetzes konnte durch einen Draht innerhalb eines Ansatzrohres nach außen geleitet werden.

Die starke Elektrizitäts-erregung bei der Reibung trockenen Eises an andern Körpern spielt wahrscheinlich auch eine Rolle in den höchsten Schichten der Atmosphäre und in der Polarregion. Bergspitzen werden durch die gegengetriebenen Eisnadeln elektrisch, bei starker Kälte zeigen die oberen Luftschichten oft positive Ladung, die auf der Reibung des Staubes an den Eisnadeln beruhen dürfte. Auch bei den Polarlichtern wird diese Art der Elektrizitäts-erregung eine Rolle spielen.

Über die Destillation der flüssigen Luft und ihre Zusammensetzung im gasförmigen und flüssigen Zustande hat C. C. BALY Untersuchungen angestellt (*Phil.*



*Mag.* 49, 517; 1900). Der Verf. suchte nach einer Beziehung zwischen der Temperatur und der Zusammensetzung des Gases, das von flüssiger Luft, die unter atmosphärischem Druck siedet, entwickelt wird. Die Versuche hatten zunächst den Zweck, eine Bestimmung der Temperatur der siedenden Luft und gleichzeitige Analyse des entwickelten Gases zu ermöglichen. Doch wurden sie bald in der Weise erweitert, daß man Analysen der gasförmigen und flüssigen Substanz für alle Mischungsverhältnisse von Sauerstoff und Stickstoff anstellte und dadurch zu einer vollständigen Erforschung der Destillation der flüssigen Luft

unter constantem Druck gelangte.

Die Temperaturmessungen führte der Verf. mit einem Wasserstoffthermometer aus, das sehr sorgfältig hergestellt war; für die durch Zusammenziehung des Glases erforderliche Korrektur wurde der Ausdehnungskoeffizient desselben in flüssiger Luft selbst bestimmt. Das Thermometerrohr tauchte in die in einem Dewarschen Gefäß befindliche flüssige Luft und wurde von Zeit zu Zeit abgelesen, während zugleich Proben des entwickelten Gases analysiert und die Ergebnisse in Prozenten Sauerstoff mit den entsprechenden absoluten Temperaturen verglichen wurden. In dieser Weise entstand die Kurve A der Figur. Die Enden der Kurve, wo die Mischung einen großen Überschuss an Stickstoff oder Sauerstoff enthielt, wurden durch Mischung der flüssigen Luft mit flüssigem Stickstoff bezw. Sauerstoff erhalten. Bestimmte man ferner die Siedepunkte von reinem Stickstoff und Sauerstoff (77°,54, bezw. 90°,96 abs.) so zeigte sich, daß die extrapolierte Kurve genau durch diese Punkte hindurch ging.

In gleicher Weise wurden bei verschiedenen Temperaturen Proben der Flüssigkeit entnommen und auf ihren Prozentgehalt an Sauerstoff untersucht; die hierbei erhaltene Kurve ist *B*. Die beiden Kurven stellen vollständig den Destillationsvorgang einer Mischung von O und N bei 760 mm Druck dar. Sie zeigen den Siedepunkt jeder Mischung von O und N bei 760 mm Druck und auch die Temperatur, bei der eine Mischung von O und N sich verflüssigt, und die Zusammensetzung der gebildeten Flüssigkeit. Die Linien gleicher Temperatur schneiden die beiden Kurven an Punkten correspondierenden Gleichgewichts. Nach einer von F. D. Brown aufgestellten Theorie sollte bei der Destillation einer Mischung zweier Flüssigkeiten unter constantem Druck das Verhältnis der beiden Componenten im Dampfzustande zu dem gleichen Verhältnis im flüssigen Zustande sich wie die Dampfdrucke der beiden Componenten verhalten. BALY gelang es nicht, hier eine derartige Beziehung zu finden; er hält es aber nicht für ausgeschlossen, daß eine solche vielleicht bei constanter Temperatur besteht.

Schk.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Röntgenstrahlen.** Von E. VILLARI sind eine Reihe von Versuchen darüber angestellt worden, unter welchen Bedingungen röntgenisierte Gase ihre Fähigkeit, die Elektrizität zu zerstreuen, wieder verlieren. Es zeigte sich dabei, daß vor allem elektrisch geladene Körper jene Fähigkeit vernichten. (*Physikal. Ztschr.* 1. 450; 1900; vgl. auch *diese Ztschr.* XII 159). So bewirkt eine Ozonisationsröhre, die beim Durchgang elektrischer Ladungen sich auf ihren Oberflächen mit der entgegengesetzten Elektrizität ladet, daß durch X-Strahlen erregte Luft, nachdem sie die Röhre passiert hat, wieder zu natürlicher Luft wird. Statt der zwei entgegengesetzten Ladungen in der Ozonisationsröhre genügt auch schon eine einzige Ladung, um jene Wirkung hervorzurufen. Treibt man die Luft durch eine Paraffinröhre, die im Innern positiv oder negativ geladen ist, so kommt sie im natürlichen Zustand heraus. Da die Luft die Röhre zugleich entladet, so hört deren neutralisierende Wirkung bald auf. Bei einem andern Versuche blies VILLARI die röntgenisierte Luft zuerst gegen einen mit einem Elektroskop verbundenen Draht, dann gegen einen 20 cm davon entfernten geladenen Draht. Dabei lud sich das Elektroskop stark mit derselben Elektrizität wie der Draht. Die Elektrizität war also entgegengesetzt dem Luftstrom gewandert, konnte sich mithin nur infolge der Leitungsfähigkeit der ionisierten Luft verbreitet haben. Blies man jetzt umgekehrt die erregte Luft zuerst gegen den geladenen Draht, dann gegen das Elektroskop, so war die Ladung des letzteren viel geringer wie zuvor; ein Beweis, daß die Luft ihr Leitungsvermögen zum Teil an den geladenen Draht verloren hatte.

Weiterhin stellte VILLARI fest, daß die von Röntgenstrahlen erregte Luft ihre entladende Wirkung verliert, wenn man sie durch enge, gewundene Metallröhren hindurchtreibt. (*Rend. Acc. di Napoli* VI, 46; *Naturw. Rdsch.* XV, 307; 1900). Der Verf. blies derartige Luft mittelst eines Blasebalges zuerst durch ein gerades Kupferrohr und fand hier eine nur geringe Abnahme der Entladefähigkeit, trieb er sie aber durch dasselbe Rohr, nachdem es in 8 bis 10 Windungen gedreht war, so entlud die Luft ein Elektroskop in einer dreimal so langen Zeit, als bei dem ersten Versuch. Positive und negative Elektrizität verhielten sich ganz gleich. Ähnliche Ergebnisse erhielt man mit Röhren aus Blei, Glas, Gummi. Die Wirkung erhöhte sich noch erheblich, wenn man in den Röhren Messingdrähte so anbrachte, daß die durchgeblasene Luft diese passieren mußte. Es ist augenscheinlich die Reibung an ausgedehnten Metallflächen, wodurch röntgenisierte Luft ihr Entladungsvermögen verliert.

Wurden die bei den letzten Versuchen benutzten Metallröhren isoliert und mit einem Quadrantelektrometer verbunden, so zeigte die Nadel eine Ablenkung: die Röhre erhält von der hindurchgetriebenen Luft eine positive Ladung (*Rend. R. Acc. d. L.* IX. 292; *Naturw. Rdsch.* XV, 380). Wurde die röntgenisierte Luft mit einem Druck von 10–12 cm Wasser 8–12 Minuten lang durch das in 10 Windungen gebogene Kupferrohr getrieben, so zeigte das mit dem Rohr verbundene Elektrometer ein Potential von 40 Volt. Da die Luft,

welche das Rohr ladet, dieses infolge ihrer Leitfähigkeit auch wieder entladet, so muß man das Rohr sehr sorgfältig isolieren und durch Einschließen in lange Glasröhren gegen Fortführung der Elektrizität schützen. Nach Anwendung dieser Vorsichtsmaafsregeln gelang es VILLARI das Potential jener Kupferröhre bis auf 55 Volt zu bringen.

Ein in 14—19 Windungen gewickeltes Bleirohr ergab nur 4—5 Volt, ein Filter aus engen Metallnetzen 17—20 Volt Ladung. Cylinder aus weitmaschigen Metallnetzen, die in Glasröhren gebracht waren, nahmen beim Hindurchleiten röntgenisierter Luft bis 60 Volt Ladung an. Gewöhnliche Luft zeigte nie eine Ladung; ebenso war die durch das Filter durchgegangene Luft unwirksam und besafs auch kein Entladungsvermögen mehr.

Aus den Versuchen Villaris scheint hervorzugehen, dafs die durch Röntgenstrahlen ionisierte Luft freie Ladungen besitzt und darum wohl auch entladend wirkt; warum diese Ladungen nur positiv sind, während das Entladungsvermögen der Luft doch für beide Elektrizitäten vorhanden ist, wird noch aufgeklärt werden müssen. Während von den Kathodenstrahlen und neuerdings auch von den Becquerelstrahlen nachgewiesen ist, dafs sie negative Ladungen mit sich führen, haben die Röntgenstrahlen diese Eigentümlichkeit nicht gezeigt, so dafs Walter zu der Ansicht kam, Röntgenstrahlen wären ihrer Ladung verlustig gegangene Kathodenstrahlen (vgl. *d. Ztschr. XII, 163*). Nun haben CURIE und SAGNAC die Röntgenstrahlen noch einmal darauf hin untersucht und gefunden, dafs allerdings nicht diese Strahlen selbst, wohl aber die von ihnen erzeugten sekundären Strahlen (die S-Strahlen SAGNACS) negative elektrische Ladungen mit sich führen. (*C. R. CXXX, 1013; 1900*).

Um die sekundären, von Metallen ausgehenden Strahlen untersuchen zu können, mußte man vermeiden, dafs diese, oft sehr wenig durchdringenden Strahlen in der Nähe des Metalls absorbiert wurden; um ferner die entladende Wirkung der Luft auszuschließen, wurden die Metalle unter tiefen Drucken (bis zu 0,001 mm Quecksilber) untersucht. Ein flacher Kasten aus Aluminium hatte an der einen Wand eine Reihe von Öffnungen, die von dünnem Aluminiumblech verschlossen waren; der Kasten konnte evakuiert werden. Innerhalb des Kastens befand sich isoliert eine Platinplatte, die durch einen Leitungsdraht mit einem Elektrometer verbunden war. Fielen nun durch die Aluminiumfenster Röntgenstrahlen auf die Platinplatte, so bildete sich schon bei Atmosphärendruck zwischen der Platinplatte und der Kastenwand eine Potentialdifferenz, deren Stärke dadurch gemessen wurde, dafs man zwischen Kastenwand und Erde eine E.M.K.,  $e_0$  einschaltete, durch die die Elektrometernadel auf Null zurückgeführt wurde. So lange der Druck innerhalb des Kastens noch über 1 mm beträgt, bleibt das Gleichgewicht der Nadel bei demselben  $e_0$  bestehen; bei tieferen Drucken vergrößert sich die E.M.K. immer mehr und wächst bei Annäherung an das Crookesche Vakuum außerordentlich. So z. B. muß bei Atmosphärendruck das Aluminium auf einem negativen Potential von noch nicht 1 Daniell gehalten werden, damit die Compensation eintritt; im Crookeschen Vakuum beträgt das negative Compensationspotential über 20 Volt. Läßt man das erste Potential  $e_0$ , welches die Compensation bei Atmosphärendruck bewirkt, auch im Crookeschen Vakuum bestehen, so ladet sich das Platin unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen positiv. Die Verf. erklären diese Versuche durch die Annahme, dafs die von den Metallen ausgesandten sekundären Strahlen negative Elektrizität mit sich führen, während in dem Metall die entsprechende Menge positiver Elektrizität frei wird. Da das Platin die Röntgenstrahlen erheblich mehr transformiert als das Aluminium, so ist seine Emission negativer Elektrizität viel größer als die entgegengesetzte Emission des Aluminiums, und das Platin ladet sich positiv.

Man kann den Versuch umkehren, indem man den Kasten aus Platin und die innere Metallplatte aus Aluminium nimmt; diese empfängt dann, unter dem Einfluß der sekundären Platinstrahlen, negative Elektrizität. Unter den Metallen, die die Verf. untersuchten, senden Blei und Platin unter der Einwirkung der X-Strahlen am meisten negative Elektrizität aus; dann folgen Zinn und Zink. Dagegen sind die sekundären Aluminiumstrahlen wie die primären X-Strahlen ziemlich frei von elektrischen Ladungen.

Für eine bequeme Anwendung der Röntgenstrahlen ist es von großer Bedeutung, dafs es TROWBRIDGE gelang, die Strahlen mit einem constanten Batteriestrom zu er-

zeugen. (*Phil. Mag.* 50, 132; *Physikal. Ztschr.* 1, 493; 1900). In den Stromkreis von 20 000 Akkumulatoren (40 000 Volt) war ein großer Wasserwiderstand (4 Millionen Ohm) und eine Röntgenröhre eingeschaltet. Zuerst geht kein Strom hindurch; wird aber die Röhre mit einem Bunsenbrenner angewärmt, so leuchtet sie bei einer bestimmten kritischen Temperatur plötzlich in lebhaftem Fluoreszenzlicht und sendet X-Strahlen von großer Intensität aus. Der Strom beträgt nur 3—4 Milliampère; er muß so stark sein, um die Antikathode zur Rotglut zu erhitzen. Wird sie weißglühend, so nimmt der Widerstand der Röhre infolge der an den Rohrwänden entwickelten Gase ab, und die Strahlen werden viel schwächer. Überhaupt scheint das Vorhandensein der okkludierten Gase und nicht der Verdünnungsgrad maßgebend für die Erzeugung der Strahlen zu sein. Durch Veränderung des Flüssigkeitswiderstandes lassen sich die besten Bedingungen zur Erzeugung der Strahlen feststellen. Hat man diese, so leuchtet die Röhre ganz stetig. Die Erzeugung der Strahlen gelang auch mit einer Batterie von 20 000 Volt.

Es ist lange bekannt, daß eine in den Stromkreis einer Vakuumröhre eingeschaltete Funkenstrecke einen wesentlichen Einfluß auf die Intensität der Röntgenstrahlen ausübt. Diesen Einfluß machte WINKELMANN zum Gegenstande einer genaueren Untersuchung (*Ann. d. Physik*, 2, 757; 1900). Er benutzte Röhren von verschiedener Weite und mit verschiedenen Gasen von veränderlichem Druck gefüllt; die Funkenstrecke (1 bis 2 cm) wurde unter Öl erzeugt. Es stellte sich dabei heraus, daß der Maximaldruck, bei dem noch Röntgenstrahlen auftreten, abhängt von der Länge der Funkenstrecke, von der Lage derselben, von der Natur des Gases und von den Dimensionen der Röhre und dem Abstände der Elektroden. Bei den höchsten Drucken kann man noch Röntgenstrahlen wahrnehmen, wenn die Funkenstrecke zwischen Kathode und Induktionsapparat liegt; liegt die Funkenstrecke bei der Anode, so sind die Strahlen erst bei tieferen Drucken wahrnehmbar. Bei sehr tiefen Drucken verschwindet dieser Einfluß der verschiedenen Lage der Funkenstrecke. Was die Wirkung verschiedener Gase anlangt, so zeigte sich, daß in Wasserstoff die Röntgenstrahlen immer schon bei höheren Drucken auftreten als in Luft oder Kohlensäure. Der Unterschied hängt dabei sehr wesentlich von der Weite der Röhren ab; je enger die Röhre ist, um so größer wird im allgemeinen der zulässige Maximaldruck. So konnte man z. B. mit Luft bei der engsten Röhre von 0,5 cm Durchmesser schon bei 10 mm Quecksilberdruck, mit Wasserstoff bei einer Röhre von 1 cm Weite schon bei 30 mm Druck Röntgenstrahlen beobachten. Der Abstand der Elektroden von einander ist nur bei engen Röhren von Einfluß auf die Strahlenbildung: für Luft war bei einer Röhrenweite von 3 cm ein kleiner Abstand günstiger, bei 0,5 cm Weite war gerade umgekehrt der größere Abstand der bessere.

Schk.

Über eine neue Röntgenröhre mit Ernst Pabsts Antikathode berichtet F. KURLBAUM in der *E.T.Z.* 21, 237; 1900. Bei einer bestimmten Stärke der Kathodenstrahlen beginnt die Antikathode stark zu glühen. Das glühende Platin läßt absorbierte Gasmengen frei, die das Vakuum der Röhre ändern, außerdem schlägt sich zerstäubtes Platin als Belag an den Wänden der Röhre nieder. Beide Umstände machen die Röhre allmählich unbrauchbar, und man kann daher die in den Induktorien erzeugten Energiemengen nicht voll ausnutzen. Die Leistung einer Röhre kann daher erhöht werden, wenn es gelingt, die Antikathode mit einfachen Mitteln auf einer niedrigen Temperatur zu erhalten. Die Temperatur eines Körpers hängt unter sonst gleichen Umständen von dem Emissionsvermögen des Körpers für Wärmestrahlen ab. Platin hat ein sehr geringes Emissionsvermögen und wird daher sehr heiß; Platinschwarz hingegen, das das größte Emissionsvermögen besitzt und fast das des theoretisch vollkommen schwarzen Körpers erreicht, erhitzt sich viel weniger. Die Antikathode der neuen Röhre ist daher elektrolytisch mit Platinschwarz überzogen. Dieses verwandelt sich allerdings, wenn es ins Glühen gerät, bei einer bestimmten Temperatur in Platingrau, selbst dies aber besitzt immer noch ein viermal so großes Emissionsvermögen als Platin für die hier in Frage kommenden Wärmestrahlen. Es giebt jedoch für den Wärmetransport ein viel energischeres Mittel als die gesteigerte Ausstrahlung,

nämlich die Wasserkühlung der Antikathode. Dies Mittel wird schon seit längerer Zeit angewandt und zwar fließt dabei entweder ein Wasserstrom dauernd durch die Antikathode oder die Antikathode bringt eine Wassermenge zum Sieden, sodafs der Wasserdampf den Wärmetransport übernimmt und die Antikathode daher nur wenig heißer als  $100^{\circ}$  werden kann. Doch haben diese umständlicher zu handhabenden Röhren keine allgemeinere Verbreitung gefunden.

H.-M.

**Das Zeemannsche Phänomen.** Zur Erklärung der magnetischen Störung der Spektrallinien wurde von LORENTZ angenommen, dafs ein in elliptischen Bahnen sich bewegendes Ion (ein mit elektrischer Ladung verbundenes Stoffteilchen) die Ursache der Lichtbewegung im Äther bildet. Bewegt sich ein solches Ion in einem Magnetfeld, so wird es einer Kraft unterworfen, die aus der Wirkung des Magnetfeldes auf die sich bewegende elektrische Ladung entsteht und deren Richtung senkrecht steht zur Bewegungsrichtung des geladenen Teilchens, wie zur Richtung der magnetische Kraft. Wie PRESTON ausführt (vgl. *Naturw. Rdsch. XIV, 545*), wird die Wirkung jener Kraft darin bestehen, dafs die elliptischen Bahnen der Ionen um die magnetischen Kraftlinien eine Präcessionsbewegung ausführen, ähnlich der Präcessionsbewegung der Erdbahn unter dem Einfluß der störenden Kräfte des Sonnensystems. Die Winkelgeschwindigkeit der Präcessionsbewegung ist proportional der Stärke des Magnetfeldes und hängt natürlich auch von der elektrischen Ladung des Ions und von dessen Trägheit ab.

Bei der mathematischen Formulierung seiner Theorie betrachtete LORENTZ die Projektion der elliptischen Bewegung eines Ions nach zwei Richtungen, die eine parallel, die andere senkrecht zu den Kraftlinien des Feldes. Die erste ist eine geradlinige, die zweite eine elliptische Schwingung, beide von ursprünglich gleicher Periode. Die elliptische Schwingung ersetzte LORENTZ durch zwei cirkulare Componenten von entgegengesetzter Schwingungsrichtung (vgl. *Voigt, Phys. Ztschr. 1, 117*). Befindet sich das Ion im magnetischen Felde, so unterliegt es denselben Gesetzen wie ein der magnetischen Kraft ausgesetztes Stromelement. Danach erleidet die geradlinige Schwingung parallel den Kraftlinien keine Änderung ihrer Bewegung; bei den beiden cirkularen Schwingungen dagegen wird die magnetische Kraft sich mit der die Schwingungen veranlassenden Centrakraft additiv oder subtraktiv combinieren, d. h. die Schwingungsperiode wird verkleinert oder vergrößert werden. Hat daher das Ion ursprünglich eine Schwingungszahl  $N$ , so wird die den Kraftlinien parallele Componente diese auch im Magnetfelde beibehalten, während von den beiden cirkularen Schwingungen die eine eine grössere Schwingungszahl  $N + n$ , die andere eine kleinere  $N - n$  haben wird.

Aus dieser Theorie folgen unmittelbar die beiden Hauptfälle des Zeemannschen Phänomens. Ein Lichtstrahl parallel den Kraftlinien wird zerlegt in zwei rechts und links cirkularpolarisierte, deren Schwingungszahlen grösser oder kleiner als die ursprüngliche sind. Die geradlinige Componente könnte nur als longitudinale Schwingung auftreten, die wir aber beim Licht nicht wahrnehmen; die ursprüngliche Schwingung wird also nur in zwei, rechts- und links-cirkulare zerlegt werden. In einer Richtung senkrecht zum Felde dagegen wird auch die geradlinige Componente fortgepflanzt werden und zwar werden ihre Schwingungen den Kraftlinien parallel sein. Die Schwingungen der seitlichen Componenten werden sich in dieser Richtung als geradlinige Schwingungen senkrecht zu den Kraftlinien darstellen; die Lichtlinie zerfällt also in ein Triplet mit dem bekannten Polarisationszustande der drei Linien.

Auf diesen theoretischen Grundlagen beruht die Erklärung des Zeemannschen Phänomens; in Bezug auf die mathematische Ausführung muß auf die Arbeiten von Lorentz, Preston, Voigt u. a. verwiesen werden. Hier wurden aber zunächst nur die beiden Hauptfälle für senkrecht und parallel zu den Kraftlinien hindurchgehendes Licht behandelt, wie auch Zeemann selbst die Erscheinung zunächst nur für diese Fälle beobachtete. Auf den allgemeinen Fall einer beliebigen Fortpflanzungsrichtung des Lichts wurde die Theorie von RIGHI ausgedehnt (*Mem. d. R. Acc. di Bologna 1900, VIII, 263; Phys.*

*Ztschr.* 1, 329; *Naturw. Rdsch.* XV, 349). RIGHI zerlegt ebenfalls die Schwingung des Ions in die drei Lorentz'schen Teilschwingungen und berechnet sodann die Componenten dieser drei Schwingungen längs dreier zu einander rechtwinkliger Achsen, von denen die eine in der Fortpflanzungsrichtung des Ions liegt. Die Hinzufügung dieser longitudinalen Componente, die von dem Magnetfelde nur in dem einem Falle, wo das Licht sich parallel den Kraftlinien fortpflanzt, nicht beeinflusst werden wird, ist für die RIGHI'schen Formeln charakteristisch. Aus ihnen ergibt sich, daß in einer zu den Kraftlinien geneigten Richtung sich auch drei Strahlen fortpflanzen, von denen der mittelste (2) (mit der Schwingungszahl  $N$ ) linear, die beiden seitlichen (1) und (3) (mit den Schwingungszahlen  $N+n$  und  $N-n$ ) rechts- bzw. linksläufig elliptisch polarisiert sind. Die Schwingungen des Strahls (2) gehen in einer durch die Fortpflanzungs- und Feldrichtung gelegten Ebene (Meridianebene) vor sich, seine Intensität wächst mit dem von den beiden Richtungen gebildeten Winkel. Von diesem Winkel ist bei den Strahlen (1) und (3) das Verhältnis der kleinen zur großen Achse der Schwingungsellipse abhängig. Die beiden Hauptfälle des Phänomens ergeben sich hieraus als Grenzfälle. Bei paralleler Incidenz wird die Intensität von (2) Null, das Achsenverhältnis von (1) und (3) = 1, d. h. es erscheinen zwei zirkularpolarisierte Strahlen. Bei senkrechter Incidenz erreicht die Intensität von (2) ihr Maximum, das Achsenverhältnis von (1) und (3) wird Null, d. h. die Ellipsen werden gerade Linien und man erhält den Fall des bekannten Triplets.

Auch die von RIGHI für die drei Componenten der Lichtschwingung entwickelten Formeln lassen erkennen, daß die Wirkung des Magnetfeldes in der Weise erfolgt, als wenn zu der Eigenschwingung jedes lichtaussendenden Teilchens noch eine Drehung um die Feldrichtung hinzukommt; die Drehung erfolgt im Sinne des magnetisierenden Stromes mit einer Geschwindigkeit von  $n$  Drehungen in der Sekunde. Es geht hieraus auch die Notwendigkeit der Berücksichtigung der longitudinalen Componente hervor, da diese, infolge jener Drehung, nicht ihren ursprünglichen Charakter beibehält.

Die aus der Theorie abgeleiteten Ergebnisse fand RIGHI durch den Versuch vollständig bestätigt. Er erzeugte ein Magnetfeld von 12000 C.G.S. und benutzte als Lichtquelle elektrische Funken solcher Metalle (Cadmium, Zink, Magnesium), die das normale Zeemann'sche Phänomen zeigten. Die Analyse des Lichts geschah mit einem Rowland'schen Konkavgitter im Spektrum zweiter Ordnung; zur Polarisationsbestimmung dienten Nicols.

Sowohl die berechneten Intensitäten als auch die Achsenverhältnisse der elliptischen Schwingungen wurden numerisch durch den Versuch bestätigt. Obwohl die RIGHI'sche Theorie nur das normale Triplet behandelt, scheinen ihre Folgerungen auch für die Linien, die eine weitere Trennung zeigen, zu gelten, wie aus einer Beobachtung der Linien 4800 des Cadmiums und 4722 des Zinks, die sich im Magnetfelde in vier Linien spalten, hervorging.

RIGHI wandte seine Theorie in Verbindung mit dem Kirchhoff'schen Prinzip auch auf den Fall des umgekehrten Zeemann'schen Phänomens bei Absorption an und gelangte zu Ergebnissen, die durch den Versuch ebenfalls voll bestätigt wurden. Die bei absorbierendem Dampf im Magnetfelde auftretenden dunkeln Linien eines Triplets müssen, wie RIGHI zeigt, je nach dem Polarisationszustande des hindurchgesandten Lichts, erscheinen oder verschwinden. Besteht das Licht aus geradlinigen Schwingungen senkrecht zur Meridianebene, so muß die mittlere der drei Linien verschwinden; besteht es aus elliptischen Schwingungen, deren große Achse in der Meridianebene liegt, so muß eine der seitlichen Linien ( $N+n$  oder  $N-n$ ) verschwinden, je nachdem die elliptischen Schwingungen rechts- oder linksläufig sind. Da der Verf. einen geeigneten Dampf, der ein normales Triplet zeigte, nicht fand, so benutzte er die Linie 5351 des Thalliums und die  $D_1$ -Linie des Natriums, die ein Quadruplet bilden, sowie die  $D_2$ -Linie ( $N\alpha$ ), die sich in sechs Linien teilt. Im senkrecht schwingenden Licht verschwanden bei jeder Incidenz die beiden Mittellinien von  $D_1$  wie von  $D_2$ ; dieselben rühren also von der Absorption der geradlinigen parallelen Schwingungen her. Im elliptisch polarisierten Licht verschwanden bei  $D_1$  die eine, bei  $D_2$  die zwei seitlichen Linien auf der rechten oder linken Seite, je nach der Richtung der Schwingungen. Zu den

letzteren Versuchen war es nötig, die Absorptionslinien möglichst schmal zu machen, da sich sonst compliziertere, wohl auf der Doppelbrechung beruhende Erscheinungen zeigten.

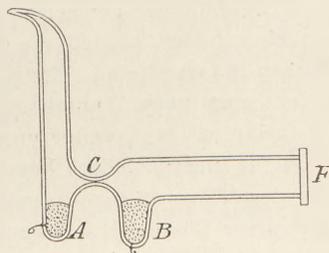
Von dem inversen Zeemaneffekt, wie er sich bei der Absorption darstellt, war VOIGT bei seiner Theorie des Phänomens ausgegangen (*Wied. Ann.* 67, 345; 1899). Er hatte in die Hertz-Drudeschen Gleichungen der anomalen Dispersion gewisse Zusatzglieder aufgenommen, die den Einfluß der magnetischen Kraft darstellten, und die dabei erhaltenen Ergebnisse unter Anwendung des Kirchhoffschen Satzes auf den direkten Zeemaneffekt zu übertragen gesucht. Die beiden Hauptfälle ließen sich in dieser Weise in der That ableiten. Später erweiterte VOIGT seine Theorie auch für den allgemeinen Fall einer beliebigen Fortpflanzungsrichtung des Lichts, ohne aber eine experimentelle Prüfung der aufgestellten Formeln vorzunehmen (*Ann. d. Phys.* 1, 376 und 389; 1900). Dagegen zog er aus den für die beiden Hauptfälle erhaltenen Formeln eine Folgerung in Bezug auf Lage und Intensität der Linien, die durch den Versuch bestätigt wurden. Er fand nämlich, daß ein normales Triplet des transversalen Zeemaneffekts eine doppelte Dissymmetrie zeigen müsse, indem die nach Rot zu liegende Komponente die größere Intensität, die nach Violett zu liegende den größeren Abstand von der ursprünglichen Absorptionslinie besitzen müsse. Die Dissymmetrie verschwindet bei stärkeren Feldern und muß daher bei schwächeren Feldern, die gerade noch eine Zerlegung der Linie hervorrufen, am ersten zu beobachten sein. Da VOIGT nicht die geeigneten optischen Instrumente zur Verfügung standen, bat er Zeemann, selbst die Untersuchung vorzunehmen, ohne vorher den Sinn der Dissymmetrie anzugeben. Zeemann untersuchte daraufhin die bei schwachen Feldern aufgenommenen Negative einiger Linien des Eisenspektrums und fand in der That die aus der Voigtschen Theorie geforderte Folgerung bestätigt. Die Unsymmetrie ist vorhanden, aber sehr gering. Zeemann fand sie nicht nur bei den Triplets, sondern auch bei den Quadruplets. Auch das ist in Übereinstimmung mit den von VOIGT aufgestellten Formeln. Im Gegensatz zu der Unsymmetrie des Triplets zeigen die Voigtschen Formeln, daß die beiden circularpolarisierten Linien des Dublets ganz symmetrisch zu der ursprünglichen Linie liegen müssen. Vom Standpunkt der Lorentzschen Ionentheorie wird die von VOIGT gefolgerte und beobachtete Unsymmetrie der Triplets noch der Erklärung bedürfen.

Die normalen Triplets werden oft complizierter, indem sowohl die mittelste Linie, wie auch die seitlichen Componenten sich noch weiter teilen, so daß Quartets, Sextets, Oktets entstehen (vgl. *diese Ztschr.* XII, 100), wobei aber in Bezug auf die Polarisation stets die ursprüngliche Dreiteilung bestehen bleibt. PRESTON erklärt diese weitere Teilung durch von andern Ionen ausgehende störende Kräfte, die bewirken, daß die Präcessionsbewegung eines Ions im Magnetfelde nicht gleichmäßig, sondern oszillatorisch vor sich geht (*Naturw. Rdsch.* XIV, 546). So ergibt sich z. B. aus der Theorie, daß, wenn störende Kräfte die Elliptizität der Bahn eines Ions periodisch ändern, jede Linie des Triplets verdoppelt werden muß. Die Ionen, aus denen die complizierten Formen entstehen, werden sonach im Magnetfelde ihre Bewegungen nicht vollständig frei, sondern wohl durch Assoziation in Gruppen, unter einem äußern Zwange ausführen.

Die große Verschiedenheit der Ionenbewegung zeigt sich auch in der verschiedenen Entfernung  $d\lambda$  der Componenten der einzelnen Spektrallinien von einander. Während einige Linien sich schon in schwachen Feldern deutlich teilen, sind andere von fast derselben Wellenlänge in den stärksten Feldern nur schwach verbreitert. Da sich aber die Linien verschiedener Stoffe in gewisse Gruppen mit gleichen Eigenschaften bringen lassen, so kann man annehmen, daß jede Gruppe von den Schwingungen des gleichen Ions veranlaßt wird. Die Entfernung  $d\lambda$  der Componenten einer Linie wird abhängen von der Bewegungsenergie des betreffenden Ions und daher ein Maß abgeben für das Verhältnis  $e/m$  ( $e$  = Ladung,  $m$  = Masse oder Trägheit des Ions). Die Atome eines Stoffes würden danach bestehen aus einem Complex von Ionen, deren jedes ein bestimmtes  $e/m$  besitzt. So z. B. lassen sich die Linien des Zinks in drei Serien zerlegen, bei deren jeder das Zeemannsche Phänomen gleichartig auftritt, die also auf drei verschiedene Ionen zurückzuführen sein würden. Im

Spektrum des Cadmiums und Magnesiums zeigen sich ähnliche Liniengruppen wie beim Zink, für welche die auflösende Kraft des Magnetfeldes auch dieselbe ist. Daraus könnte man schliessen, dass die Atome der zu derselben Gruppe gehörigen chemischen Stoffe aufgebaut sind aus derselben Ionenart und dass ihre Verschiedenheit nur in der Art der Verbindung der Ionen unter einander beruht.

Zur Untersuchung des Zeemannschen Phänomens im Quecksilberspektrum konstruierte F. PASCHEN eine besondere Geißlersche Röhre, deren Form in der Figur dargestellt ist (*Phys. Ztschr.* I, 478; 1900). Die Elektroden tauchen in die mit Quecksilber gefüllten Kölbchen A und B; bei C geht die Röhre in eine Kapillare von 0,2 bis 0,5 mm Durchmesser über, die Strahlung wird durch ein Fenster F, das (für ultraviolette Strahlen) aus Flusspat besteht, beobachtet. Die Röhre wird durch ein Induktorium mit dickerem sekundären Draht und schnellen Unterbrechungen betrieben. Anfangs fluoresziert die Kathoden-Abteilung der Röhre; erwärmt man das Quecksilber in dieser Abteilung, so geht die Fluoreszenz zurück und die Kapillare beginnt zu leuchten. Bringt man die Kapillare jetzt zwischen zwei Magnetpole, deren Entfernung von einander bis auf 3 mm herabgesetzt werden kann, so bewirkt das Magnetfeld, wenn der Druck zugleich hoch genug ist, eine bedeutende Verstärkung der Lichtintensität in der Kapillare. Die Feldrichtung muss derartig sein, dass der Strom in der Kapillare eine nach unten gerichtete Kraft erfährt, die Lichtlinie sich also an die untere Glasfläche anschmiegt; bei entgegengesetzter Feldrichtung ist die Lichterscheinung viel schwächer. Die Lichtintensität ist beim Einschalten des Feldes so groß, dass das mit einem grossen Rowlandschen Konkavgitter erzeugte Spektrum auch in seinen höheren Ordnungen zum Studium des Zeemannschen Phänomens benutzt werden kann. Der



Verf. beschreibt eingehend die von ihm gemeinsam mit RUNGE vorgenommene Untersuchung der einzelnen Quecksilberlinien, durch welche die von Michelson und Preston beobachteten Eigentümlichkeiten derselben, die Bildung bestimmter Serien und Typen, bestätigt werden.

Eine dem Zeemannschen Phänomen verwandte Einwirkung des Magnetfeldes auf hindurchgehendes Licht bestand in der von Macaluso und Corbino zuerst beobachteten Drehung der Polarisationssebene in der Nähe von Absorptionslinien, die, wie Becquerel nachwies, mit der anomalen Dispersion in der absorbierenden Substanz in engem Zusammenhang steht (*diese Zeitschrift* XII, 102 und 354). Während diese Erscheinung bisher nur bei absorbierenden Metalldämpfen beobachtet war, zeigte SCHMAUSS, dass sie auch bei andern, festen und flüssigen Körpern mit anomaler Dispersion eintritt (*Ann. d. Physik*, 2, 280; 1900). Der Verf. untersuchte Lösungen von Fuchsin, Cyanin, Naphtalinrot und einen Würfel von Didymglas. Aus den erhaltenen Tabellen und Kurven geht hervor, dass die magnetische Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in diesen anomal-dispergierenden Substanzen einen ähnlichen Gang einhält wie der Brechungsindex. Gegen das Absorptionsgebiet hin nimmt die Drehung sehr rasch zu, um nach demselben wieder von kleineren Werten zu gröfseren zu steigen. Der Verlauf der die Drehung darstellenden Kurven ist stetig, der Wendepunkt befindet sich im Absorptionsgebiet. Die Anomalie, welche die Drehung in den Absorptionsgebieten erleidet, ist so bedeutend, dass man an Stellen, wo das Auge gar keine Absorption wahrnimmt, das Vorhandensein einer solchen durch die Drehungskurve nachweisen kann. Mit zunehmender Concentration der Lösungen wachsen die Drehungsanomalien in derselben Weise wie der Brechungsindex. Weiter vom Absorptionsgebiet entfernte Bezirke zeigen einen regelmässigen Gang der Drehung, dagegen sind in schmalen Absorptionsgebieten die Anomalien um so bedeutender. So besafs der Didymwürfel im Gelb und ersten Grün zwei scharfe Absorptionsstreifen, zwischen denen ein heller Raum war; die Drehungskurve steigt hier von beiden Seiten aufserordentlich und sinkt zwischen den Streifen tief herab. Dieser Fall entspricht vollständig den an der Grenze der beiden Natriumlinien beobachteten Erscheinungen.

Alle vom Verf. gegebenen Drehungskurven steigen gegen das Violett hin an. Der Grund dafür dürfte darin liegen, daß die meisten Körper im Ultraviolett ein Absorptionsgebiet haben, gegen welches eben die Drehung ansteigen muß. *Schk.*

**Die Vorgänge im Fritter.** Einen besonders empfindlichen Fritter erhielt TISSOT, wenn er die Röhre mit magnetischer Feile (Stahl, Nickel, Kobalt) füllte und sie in ein magnetisches Feld brachte, dessen Kraftlinien parallel der Röhrenachse waren (*C. R. CXXX, 902 u. 1386; 1900*). Die Elektroden können sowohl aus magnetischem als aus unmagnetischem Metall bestehen; das Feld kann im ersteren Falle durch die Elektroden selbst erzeugt werden. Für die Beobachtung am bequemsten ist es, nicht magnetische Elektroden zu benutzen und die ganze Röhre zwischen die Pole eines schwach erregten Rühmkorffschen Elektromagneten zu bringen. Bei dieser Einrichtung können die Elektroden viel weiter von einander entfernt werden; während unter gewöhnlichen Umständen diese Entfernung nur 0,5 bis 1 mm beträgt, kann sie hier 6 bis 8 mm sein. Die sehr sorgfältig hergestellte magnetische Feile muß möglichst wenig oxydiert sein; sie wird gesiebt und bis zum Moment der Anwendung in verkitteten und sehr trockenen Röhren aufbewahrt. Die Elektroden bestehen aus Eisen und werden sehr sorgfältig geputzt. Unmittelbar nach der Füllung wird der Fritter luftleer gemacht; das Innere wird durch etwas Chlorcalcium in einem Ansatzrohr trocken gehalten, so daß die Oberfläche der Elektrode und der Feilspäne noch nach mehreren Wochen glänzend sind. Durch Veränderung des magnetischen Feldes läßt sich die Empfindlichkeit ganz nach Wunsch regulieren und willkürlich eine bestimmte „kritische Spannung der Cohärenz“ (vgl. weiter unten) herstellen. Man kann elektromotorische Kräfte von 0,5 bis 4 Volt für dieselbe Röhre benutzen, ohne die Empfindlichkeit zu beeinträchtigen. Die Rückkehr der Röhre zu dem ursprünglichen Widerstande geht sehr präzise vor sich. Der Widerstand einer Röhre ohne magnetisches Feld betrug 300000 bis 500000 Ohm, mit dem Felde sank er auf Werte zwischen 1000 und 2000 Ohm. Durch die Wirkung der elektrischen Wellen fällt der Widerstand, wenn der Erreger sehr nahe ist, bis auf 5 Ohm; entfernt man diesen, so wächst der Widerstand sehr rasch und überschreitet bald 400 bis 500 Ohm. — Der Verf. erhielt mit diesem Fritter Mitteilungen von vollkommener Genauigkeit auf 61 km Entfernung zwischen einem Panzerschiff und dem Leuchtturm von Portzic. Die Anhangsdrähte („Fühler“) des Erregers wie des Empfängers hatten dabei nur eine Länge von 30 m.

Diese Einwirkung des Magnetfeldes auf die Empfindlichkeit eines Fritters führen BLONDEL und DOBKEVITCH auf Veränderung des mechanischen Drucks zwischen den Feilspänen unter sich und gegen die Elektroden zurück (*C. R. CXXX, 1123; 1900*). Sie erhielten nämlich ein ähnliches Ergebnis auch ohne Magneten mit irgend welchen sensiblen Metallpulvern (z. B. Silber), wenn sie die Höhe der zwischen den Elektroden befindlichen Schicht von Feilspänen vergrößerten und dadurch jenen Druck vermehrten. Indem man mehr oder weniger von der in einem knieförmigen Reservoir befindlichen Feile in die Röhre eintreten läßt, ohne daß dabei die feuchte Luft eindringt, kann man die Empfindlichkeit des Fritters willkürlich regulieren.

Die Empfindlichkeit läßt sich noch weiter erhöhen, wenn man die „kritische Spannung der Cohärenz der Röhre“ herabsetzt. Unter dieser Größe versteht man die elektromotorische Kraft, welche continuierlich angewandt, die Röhre hindert, sich durch einen Stofs völlig zu entfritten. Diese „kritische Spannung“, die sich empirisch besser als physikalisch definieren läßt, hängt für jeden Fritter von der Natur der Metalle der Elektroden, der Feilspäne und dem Grade ihrer Oxydation ab.

Die Verff. fanden, daß ein guter Fritter folgende Bedingungen erfüllen muß: 1. Damit die Zeichen gut wiedergegeben werden, muß die E.M.K. seiner Stromquelle unter jenem kritischen Wert bleiben. 2. Damit er empfindlich ist, muß die durch die Wellen erzeugte E.M.K. jenen Wert überschreiten. 3. Damit er sich nicht verschlechtert, muß der im Moment der Cohärenz vorhandene Strom unter einem gewissen Maximum bleiben (im allgemeinen 1 Milliampère). 4. Damit er sich leicht entfrittet und die Batterie nicht erschöpft, muß der die Röhre nach einem Stofs durchlaufende Strom ein sehr geringer Bruchteil des vorhergehenden Stromes sein, d. h. es ist nötig, daß eine schwache E.M.K. eine große relative

Variation des Widerstandes erzeugt. Man setzt deshalb durch Anwendung von wenig oxydierbaren Feilspänen, die unter geringem Druck stehen, die kritische Spannung möglichst herab und bringt in den Stromkreis des Fritters ein Element von geringer E.M.K. und ein Relais von geringem inneren Widerstand. Gar nicht oxydierbare Metalle eignen sich nach der Verff. Ansicht nicht zur Konstruktion eines guten Fritters, da ihr Widerstand sich zu langsam ändert.

Die Verff. erhielten mit einem Element von 0,5 Volt, einem Fritter von 0,8 bis 1 Volt kritischer Spannung und einem Relais von 100 bis 200 Ohm eine viel größere Empfindlichkeit, als man sie mit einem Element von 1,5 Volt, einem Fritter von [2 Volt kritischer Spannung und dem sonst benutzten Gesamtwiderstande von mehr als 1000 Ohm erhält. Besondere Einrichtungen zur Herabsetzung der kritischen Spannung und Regulierung der E.M.K. vor jedem Versuch, sowie Anwendung des Marconischen Transformators erhöhten noch mehr die Empfindlichkeit des Apparats.

Um eine Idee von der Größenordnung der E.M.K., die bei elektrischer Bestrahlung in dem Fritter entsteht, zu erhalten, verglich BRANLY die durch elektrische Wellen hervorgebrachte Widerstandsänderung desselben mit der Widerstandsänderung, die der Fritter durch einen kurz andauernden Stoß einer in seinen Stromkreis eingeschalteten bekannten E.M.K. erleidet (*C. R. CXXX. 1068; 1900*). Der Fritter befand sich im Nebenschluß eines Daniellschen Elements, so daß die E.M.K. an seinen Enden nur 0,001 Volt betrug. Außerdem konnte er auf sehr kurze Zeit in den Stromkreis einer Batterie von bekannter E.M.K. eingeschaltet werden; damit nur der Stoß derselben ohne erheblichen Strom in Betracht kam, wurde noch ein flüssiger Widerstand von 3 Millionen Ohm in den Batteriekreis eingeschaltet. Nachdem die Wirkung der Batterie oder des Funkens erhalten war, wurde der Fritter in seinen Nebenschluß zurückgebracht und sein neuer Widerstand durch Substitution eines bekannten Widerstandes gemessen.

BRANLY bestimmte in dieser Weise die Eigenschaften zweier Fritter, von denen der eine eine Substanz mit bei Bestrahlung abnehmendem, der andere eine solche mit hierbei wachsendem Widerstande enthielt. Als die erste Substanz wählte er reines Gold zwischen Goldelektroden, da er im Gegensatz zu den vorigen Verff. nicht der Meinung ist, daß eine Oxydschicht zur Fritterwirkung notwendig sei. Der Widerstand des Goldfritters betrug vor jeder elektrischen Aktion 400 Ohm; war der Strom einer Batterie von 8 Volt 30 Sekunden lang hindurchgegangen, so fiel der Widerstand auf 160 Ohm, bei 16 Volt auf 81 Ohm u. s. f., bei 160 Volt auf 25 Ohm. Liefs man nun den Funken einer kleinen Wimshurstschen Maschine aus der Entfernung einwirken und näherte den Funken allmählich, so fiel der Widerstand bis auf 6,5 Ohm. Durch Berühren mit einem Pol der Maschine vermehrte sich der Widerstand bis über 10000 Ohm. Hindurchleiten eines Stromes von 40 Volt stellte die Leitfähigkeit wieder her.

Bei einem mit Bleisuperoxyd gefüllten Fritter, dessen Widerstand mit der Bestrahlung zunimmt (*d. Ztschr. XII 32*), trat diese Zunahme bei hindurchgeschicktem Stromstoß ebenfalls ein. Der Anfangswiderstand betrug 630 Ohm; mit einer Batterie von 8 Volt wurde er 650 Ohm, mit 40 Volt 760 Ohm u. s. f., mit 160 Volt 2070 Ohm. Beim Nähern des Funkens einer Maschine erreichte der Widerstand 6000 Ohm. Durch Berühren mit einem Pol der Maschine überschritt er wie bei dem vorigen Fritter 10000 Ohm.

Bei den bisherigen Untersuchungen über den Fritter wurde stets die Veränderung des Widerstandes unter der Wirkung einer gegebenen elektrischen Strahlung gemessen, nicht aber die successiven Veränderungen bei wiederholten Strahlungen. Eine derartige Untersuchung hat T. MIZUNO für verschiedene Metalle, Legierungen und Mischungen ausgeführt (*Phil. Mag. 50, 445; 1900*). Die Hauptergebnisse sind folgende. Bei Frittern von Platin, Blei, Nickel, Aluminium, Cadmium, Kupfer, Silber, Stahl, Kalium erniedrigt fortgesetzte Bestrahlung den Widerstand zuerst erheblich, dann setzt sich die Erniedrigung mit einigen Schwankungen fort, um zuletzt bestimmte Endwerte anzunehmen. Bei Frittern von Eisen, Zinn, Wismut, Zink, Antimon werden die Widerstände zuerst verringert, doch wird

die Veränderung dann unregelmäßig, indem bald eine Abnahme, bald eine Zunahme des Widerstandes eintritt. Bemerkenswert ist, daß das Eisen sich besonders unregelmäßig zeigt. Fritter aus einer oder zwei Bleikugeln erreichten sehr rasch den Endwert ihres Widerstandes. Bei Legierungen zeigte sich die allgemeine Tendenz zu einer Verringerung des Widerstandes bis zu bestimmten Grenzwerten, wenn auch mit mehr oder weniger Regelmäßigkeit. Bei Frittern aus Metallmischungen hing die Widerstandsänderung von dem Prozentgehalt der Teile ab. Bei Zink, Blei, Kalium wurde der Widerstand während des Versuchs gelegentlich einmal unendlich groß. Im allgemeinen erscheint die Verringerung des Widerstandes um so größer, je niedriger der Schmelzpunkt eines Metalles ist, sodaß die Fritterwirkung auf einer durch kleine Funken veranlaßten Schweißung beruhen dürfte. Da die Widerstandsänderung andererseits auch von der elektrischen Leitungsfähigkeit abhängt, so wird ein Metall, das zugleich eine gute Leitfähigkeit und einen niedrigen Schmelzpunkt hat, eine erhebliche Verringerung seines Widerstandes erfahren. Bei allen geprüften Metallen trat gelegentlich auch eine Vergrößerung des Widerstandes ein. Es scheint daher, daß die eitenden Ketten einmal durch einen Schmelzvorgang gebildet, ein ander Mal aber auch durch den Impuls der elektrischen Strahlung zerstört werden können. *Schk.*

**Die Wirkung ultravioletten Lichts auf die Luft.** Die Beobachtungen von Lenard und Elster und Geitel über die Elektrizitätszerstreuung in atmosphärischer Luft hatten die zuletzt genannten Forscher bereits auf die Vermutung geführt, daß jene Zerstreung durch freie Ionen bewirkt werde, die sich in der Luft unter der Einwirkung ultravioletter Lichtstrahlen bilden (*diese Zeitschr. XIII 283*). Diese Vermutung wurde durch weitere Versuche LENARDS bestätigt (*Ann. d. Physik 3 298; 1900*). Er fand zunächst, daß elektrisierte Leiter, die sich außerhalb eines frei die Luft durchsetzenden Lichtbündels befinden, entladen werden, und zwar sehr viel schneller bei positiver als bei negativer Ladung. Als Lichtquelle dienten Induktionsfunken zwischen Aluminiumdrähten. Durch eine mit 2 cm weiter Blende versehene Quarzplatte drang ein konisches Lichtbündel in den Beobachtungsraum. In diesem war ein Stück Messingdrahtnetz so aufgestellt, daß es mindestens 4 cm von der Grenze des Lichtbündels entfernt war. War das Drahtnetz geladen, so beobachtete man an einem mit ihm verbundenen Elektroskop eine deutliche Abnahme der Ladung, sobald die Luft belichtet wurde. Die Wirkung ist sehr stark bei positiver, sehr gering bei negativer Ladung; sie nimmt außerdem ab mit wachsender Entfernung von der Lichtquelle. Bläst man einen sehr kräftigen Luftstrom quer durch das Bündel gegen das Netz hin, so wird die Wirkung verstärkt. Wird das Quarzfenster durch Glimmer, Metall oder eine Leuchtgasschicht bedeckt, so hört die Wirkung auf; sie gehört also dem ultravioletten Lichte an.

Befindet sich der elektrisierte Leiter innerhalb des Lichtbündels, so wird die beschriebene Erscheinung unter Umständen noch von der Hallwachs'schen lichtelektrischen Wirkung auf negativ geladene Körper überdeckt. In beschränkter Weise ist dieses auch bei der ersten Anordnung durch den Einfluß zerstreuten Lichts möglich. Um diese Wirkung des Lichts auf den Leiter selbst auszuschließen, überzog LENARD ihn mit einer dünnen Schicht Seifenlösung; diese absorbierte die Strahlen und machte den Leiter der direkten Einwirkung des Lichts unzugänglich. Der Leiter konnte jetzt sowohl innerhalb wie außerhalb des Lichtbündels stehen, ohne daß die Geschwindigkeit positiver oder negativer Entladung sich änderte. Um eine der LENARDSCHEN Zahlen anzuführen: eine 10 cm vom Funken entfernte mit Seifenlösung überzogene Nickelplatte, die alles vom Fenster kommende Licht auffing und eine Anfangsspannung von 277 Volt besaß, verlor in 10 Sekunden 67 Volt bei positiver, 6 Volt bei negativer Ladung.

Die beobachtete Entladung eines Leiters in ultraviolett durchstrahlter Luft wird vom Verf. durch ein Hinströmen entgegengesetzter Elektrizität aus der Luft zum Leiter erklärt. Die Wirkung des Lichts bestände hiernach in einer „Sonderung positiver und negativer Elektrizitätsträger“ in der Luft. Während die ungleichnamigen Träger den Leiter entladen, werden die gleichnamigen von diesem fortgetrieben. In der That erhielt eine zweite isolierte, nicht geladene Platte ein Potential von  $-32$  Volt, wenn der Zwischenraum zwischen ihr und

der auf — 1550 Volt geladenen Platte durchstrahlt wurde. Da der Verlust der letzteren nur 10 Volt betrug, so war auch hier mehr negative als positive Elektrizität aus der Luft gewonnen. Die positiven und negativen „Träger“ haben überhaupt eine sehr verschiedene Beweglichkeit, die negativen folgen stark den Kräften des Feldes, während die positiven größtenteils in der Luft bleiben. LENARD brachte eine auf 2270 Volt geladene Kugel an einem Seidenfaden in einen Drahtkäfig und liefs den Käfig am Quarzfenster durchstrahlen. Der Käfig lud sich dann stets negativ, mochte die Kugel selbst positiv oder negativ sein. Die Zunahme der Ladung hielt noch 10 Sekunden nach Aufhören der Bestrahlung an. Ein durch den Käfig getriebener Luftstrom verstärkte die Ladung; doch hörte die Zunahme dann sofort mit der Belichtung auf. Aus dem Versuche geht hervor, dafs die Luft den Käfig mit positiver Ladung verläfst. Unter dem Einflufs des Lichts und der elektrischen Kraft häuft sich also positive Elektrizität in der Luft an. Hiermit hängt zusammen, dafs frische Luft wirksamer ist als Luft, die der Wirkung schon unterworfen war.

Nach einer von Zeleny angegebenen, in *dieser Zeitschr. XII 160* beschriebenen Methode bestimmte LENARD die Wanderungsgeschwindigkeit  $w$  der negativen „Träger“ zu 3,13 cm/sek. für eine dabei wirksame elektrische Kraft von 1 Volt auf 1 cm. Mit Hilfe der mechanischen Gastheorie gelangt der Verf. zu Formeln, in denen  $w$  als Funktion der Feldstärke, der Gasdichte, der mittleren Molekulargeschwindigkeit und der Ausdehnung und Masse der Moleküle und „Träger“ sich darstellt. Die Rechnung ergibt für den Durchmesser eines negativen „Trägers“ eine Zahl von der Größenordnung eines Luftmoleküls, vielleicht etwas kleiner als ein solches. Daraus würde folgen, dafs einzelne Moleküle, vielleicht Atome, die negativen Träger sind. Die Geschwindigkeit der positiven Träger findet LENARD zu 0,0015 cm/sek. für 1 Volt/cm. Daraus würde sich der Durchmesser eines solchen als das 70 fache des Molekulardurchmessers ergeben, so dafs Komplexe vieler Atome als positive Träger angenommen werden müßten.

Eine Prüfung der Durchlässigkeit einiger Gase für die lichtelektrische Wirkung zeigte diese für Wasserstoff 2, für Kohlensäure 1,3mal so grofs als für Luft; diese absorbiert also die wirksamen Strahlen. Der in der Luft etwa befindliche Staub könnte nach den früheren Untersuchungen des Verf. allerdings auch eine Bildung von Ionen veranlassen, doch müßten diese dann zugleich wirksame Kerne der Dampfkondensation sein (*diese Zeitschr. XIII 283*). Hierüber angestellte Versuche zeigten, dafs das nicht der Fall war. Man muß daher annehmen, dafs sich in der von ultraviolettem Licht durchstrahlten Luft vier verschiedene Produkte bilden: „Träger negativer Elektrizität (geladene Atome oder Moleküle), Träger positiver Elektrizität von gröfseren Dimensionen, Nebelkerne, welche unelektrisch sind, und Ozon“.

Schk.

### 3. Geschichte.

**Das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten bei Galilei.** Von JOSEPH KLUG (*Progr. des k. neuen Gymn. zu Würzburg, 1900, 50 S.*). Nach einleitenden Bemerkungen über die Vorläufer Galileis und des letzteren Forschungsmethode im allgemeinen erörtert der Verfasser zunächst das Verhältnis Stevins zu Galilei. In Stevins Ausspruch „*ut spatium agentis ad spatium patientis, sic potentia patientis ad potentiam agentis*“, in dem auch Mach den Keim des Prinzips der virtuellen Geschwindigkeiten erkennt, will der Verfasser weniger einen Ausflufs klaren Bewusstseins, als eine Forderung wissenschaftlichen Instinktes erblicken. Einfacher wäre es wohl, diesen Satz als einen zusammenfassenden Ausdruck der an den einfachen Maschinen bereits erkannten Beziehungen anzusehen; auch Stevins Bemühung, die dynamischen Vorgänge an der beweglichen Rolle mit dem statischen Gesetz in Zusammenhang zu bringen, ist als erster Versuch in dieser Richtung wohl der Anerkennung wert, wenschon erst Galilei durch seine sinnreiche Conception des verschwindend kleinen Übergewichts das hier zu lösende Problem mit Erfolg in Angriff nahm. Galileis Verdienste um die Entdeckung des virtuellen Prinzips werden klar und übersichtlich dargestellt; insbesondere auch wird ersichtlich, inwiefern Galilei die Geschwindigkeit neben der wirkenden Kraft als ausschlaggebend für den Zustand

des Gleichgewichts ansah. Bei ihm nimmt daher das Prinzip die Form an: „Die Geschwindigkeit der Kraft ist soviel mal größer als die des widerstehenden Gewichtes, wie dies Gewicht größer ist als die Kraft“. Dies ist besonders am ungleicharmigen Hebel leicht zu übersehen. Die gewonnene Einsicht verwendet Galilei zur Herleitung der hydrostatischen Gleichgewichtsbedingung für schwimmende Körper und führt in scharfsinniger Weise auch das Gesetz der kommunizierenden Röhren auf das Geschwindigkeitsverhältnis bei eintretender virtueller Bewegung zurück, wobei er ausdrücklich die Analogie mit der Wage zur Erläuterung herbeizieht. Dafs diese Anwendung streng genommen nur für unendlich kleine Verschiebungen zulässig ist, läfst die geniale Leistung Galileis nur in noch hellerem Glanze erscheinen.

Eine besondere Betrachtung widmet der Verfasser der Beziehung des Prinzips der schiefen Ebene zu dem der virtuellen Geschwindigkeiten. Indem Galilei nur die Bewegungscomponente in Richtung der Schwere in Betracht zieht, gelingt es ihm das erste Prinzip aus dem zweiten abzuleiten. Auch Stevin hatte für jenes Prinzip einen Beweis gegeben. „Während Stevin jedoch es durch eine geistreiche aber mehr äußerliche Anordnung zu begründen sucht, geht Galilei auf das Wesen der Sache selbst ein und findet gleichsam den inneren Grund der Erscheinung.“ Die Unterscheidung von Totalmoment und Partialmoment eines auf der schiefen Ebene liegenden Gewichtes läfst auch erkennen, dafs Galilei dem Gedanken der Kraftzerlegung sehr nahe gekommen ist und ihn angewendet hat, ohne ihn zu formulieren. Bezüglich des Verhältnisses des virtuellen Prinzips und des Prinzips der schiefen Ebene (oder auch der Kraftzerlegung) hebt der Verfasser hervor, dafs beide sich innerlich und begrifflich fremd seien, und keines von ihnen fähig, das andere zu erklären oder zu ersetzen. Man bedarf vielmehr des zweiten, um das erste auf die schiefe Ebene überhaupt anwenden zu können. Ebensowenig kann man das Prinzip der schiefen Ebene auf das des Hebels zurückführen, wie sinnreich auch die hierfür von Galilei angegebene Betrachtung (vgl. Mach, Mechanik, S. 21) sein mag; es ist auch dies nicht ohne die Reduktion der Kraft auf die Bewegungsrichtung, d. h. ohne das Prinzip der Kraftzerlegung möglich.

Eine gewisse Schwierigkeit macht es, den Moment- und Kraftbegriff Galileis vom heutigen Standpunkte richtig zu beurteilen. „Die intellektuelle Kraft Galileis zeigt sich in besonders günstigem Licht, wenn man erwägt, dafs er den wirklichen Andrang eines bewegten Körpers oder die Wirkungsfähigkeit misst“. Das Produkt von Gewicht und Geschwindigkeit entspricht dem, was man heut den Effekt nennt; aber es sind darin bei Galilei die Begriffe von Arbeit und von Bewegungsgröfse noch ungeschieden enthalten. Wir möchten dem Verfasser darin nicht beipflichten, dafs bei Galilei einzig und allein an den letzteren Begriff zu denken sei, und dafs er unter Gewicht eigentlich nur die demselben innewohnende Masse verstanden habe. Denn bei den Gleichgewichtsgesetzen kommen für Galilei die „Gewichte“ nicht bloß als Träger von Geschwindigkeiten, sondern als Geschwindigkeit-bestimmende, schwere Körper in Betracht. Vergleicht man zwei Produkte  $p v$  und  $p' v'$  unter der Voraussetzung gleicher Zeiten, so gelangt man unmittelbar zu der Gleichheit der Produkte  $p s$  und  $p' s'$ , in der das virtuelle Prinzip in der heutigen Form ausgesprochen ist. Beachtet man dagegen die Proportionalität von  $p, p'$  mit  $m, m'$ , so ergibt jene Vergleichung in der That die Gleichheit der Bewegungsgrößen. Galilei konnte darum seine Gleichung auch unmittelbar auf die Untersuchung der Stofskräfte anwenden und dabei sich auf eine Analogie mit den einfachen Maschinen (die zu Anfang dieses Berichts erwähnte umgekehrte Proportionalität von Gewicht und Geschwindigkeit) berufen, die uns heut nicht mehr so geläufig ist. Nur in dem Fall der Stofskräfte wird man die Identität der Galileischen „Gewichte“ mit unseren „Massen“ ohne weiteres zugeben können. Allerdings aber schließt bei Galilei auch in dem Falle der virtuellen Geschwindigkeiten das Produkt  $p \cdot v$  eine lebendigere, gleichsam mehr innerliche Erfassung des Vorgangs, als unser mehr äußerlich aufgefaßtes Produkt  $p s$  ein.

Für die Methodik des Unterrichts ist die Erörterung von Wert, die der Verfasser über Galileis Stellung zu der Beweisbarkeit von Axiomen anstellt. Da er, wie schon Lagrange bemerkt hat, die Grundgesetze „in den Erscheinungen“ selbst erschaute, so lag es ihm

fern, nach irgend welchen anderweitigen Ableitungen der von ihm erkannten Axiome zu suchen. „Das was er immer und immer wieder in die Erscheinung treten sieht, bedarf ihm keines Beweises, der trotz aller mathematisch-geometrischen Kunstgriffe doch stets, bewußt oder unbewußt, Erfahrungsthatfachen einführen müßte.“ Diesen klaren Standpunkt nimmt Galilei auch bei anderen Axiomen ein; er erkennt und verwendet das Beharrungsgesetz, das Bewegungsparallelogramm, die Superposition der Bewegungen (Continuitätsprinzip) als einfachste Naturgesetze, die einmal erkannt einen Beweis weder verlangen noch gestatten. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Eduard Maifs und seine Gedanken über den physikalischen Unterricht.** In den Vierteljahresberichten des Wiener Vereins zur Förd. des physik. u. chem. Unterrichts (1900 Heft 2 u. 3), die Eduard Maifs († 13. Sept. 1900) von Beginn ihres Erscheinens an fünf Jahre lang redigiert hat, veröffentlicht K. HAAS, sein Nachfolger in der Redaktion, einen warmen Nachruf, und im Anschluß daran macht A. HÖFLER auf grund zehnjährigen gemeinsamen Arbeitens eingehende Mitteilungen über „Eduard Maifs' Ideen und Leistungen zur Ausgestaltung des physikalischen Unterrichts“. Er rühmt an dem hingschiedenen Freunde seinen unermüdlischen Eifer für das Schalexperiment und ebensosehr sein — wie seine beiden Aufgabensammlungen bezeugen — gründliches und selbstthätiges Interesse für die mathematische Verarbeitung des Erfahrungsstoffes. In letzterer Hinsicht ist besonders bemerkenswert, daß Maifs die „Ableitungen“ zwar mit den Schülern entwickelte, aber sie von diesen sehr häufig hinterher nicht verlangte, sondern statt dessen Beispiele rechnen liefs — Beispiele und wieder Beispiele. Auch sein Prüfen — selbst bei der Maturitätsprüfung — bestand in überwiegendem Maße in dem Lösenlassen von Aufgaben. Schon auf der Unterstufe suchte er das Abfragen des Lehrstoffs in ein Lösen von Aufgaben, ein Beantwortenlassen von Übungsfragen zu verwandeln. Diesem Zwecke diente auch die stattliche Sammlung von Denkaufgaben, die der unter seiner Mitwirkung von Höfler verfassten Naturlehre für die unteren Klassen beigegeben ist. Freilich war das in Österreich noch immer nicht beseitigte Unwesen des behördlich geforderten regelmässigen „Notenschreibens“ eine Hemmung für diese Art des Unterrichts. Er selbst klagte oft darüber, daß die Nötigung zu einem mehr den häuslichen Fleiß als die innere Verarbeitung des Durchgenommenen constatierenden Abfragen des Lehrstoffs es nicht recht zur ruhigen Ausdeutung der Schulversuche, noch weniger zum ruhigen Durchdenken der Denkaufgaben kommen lasse. Aber das Beispiel hat er gegeben, und dies wird die Nacheiferung finden, die es verdient.

Von Einzelheiten hebt HÖFLER hervor, daß bei Maifs nie von physikalischen Größen ohne die Zufügung der Maßeinheit geredet werden durfte. Ein „Weg  $s$ “ und eine „Zeit  $t$ “ waren ihm verhaßt, es mußte „ein Weg von  $s$  cm“ und „eine Zeit von  $t$  Sek.“ sein. Orakelsprüche wie „ $\frac{1}{2} m v^2$  nennt man lebendige Kraft“, „das Produkt aus Kraft und Weg nennt man Arbeit“ hielt er für schlechthin verboten. Durch solche angeblich rein mathematischen Definitionen physikalischer Größen werde dem Schüler das physikalische Denken nicht beigebracht, sondern geradezu ausgetrieben. Im Zusammenhange damit war Maifs auch dagegen, daß ein Physikbuch für die oberen Klassen nur in möglichst knapper Fassung dem Schüler vor allem klar und scharf gefasste Definitionen und dgl. darbieten solle. Er pflegte zu sagen, es sei dann schon ganz gleichgiltig, ob das Lehrbuch aus richtigen oder falschen Definitionen, Deduktionen u. s. f. bestehe; denn wenn der Schüler auch das wissenschaftlich beste derartige Buch bloß „lerne“, so sei sein Gewinn an physikalischer Durchbildung doch nicht mehr als Null. Auch in einem Lehrbuch für die Oberstufe (wie er es gemeinsam mit Höfler vorbereitet hat) sollten die Definitionen und Gesetze durch Vorbetrachtungen und Vorversuche erst vorbereitet werden.

HÖFLER rühmt von seinem Freunde, daß er Realist gewesen sei „mit seinem ganzen Denken und Trachten, mit seiner Liebe und Ablehnung, in seiner völlig schmucklosen Art, sich äußerlich zu geben, wie in dem zähen innerlichen Festhalten an dem Glauben, daß nur im getreuen Hinnehmen und Verstehen der unserer Willkür schlechthin entrückten „Natur“ ein durch nichts umzuwertender Wert, eine heilbringende und, wenn verkannt und

verachtet, auch unheilbringende Macht uns gegenüberstehe“. Und zugleich war Maifs ein Idealist, allzeit hilfsbereit, unermüdlich arbeitend, nie auf äufseren Erfolg bedacht, eine Persönlichkeit, vor deren schlichter Gröfse der Hochmut aller derer schweigen mufs, die — vielleicht blofs weil ihnen der Segen der intimen geistigen Berührung mit der physisch-realen Welt versagt geblieben ist — das Ideal reiner zu wahren vorgeben, als der bescheidene Lehrer der realistischen Wissenschaft. Es braucht kaum gesagt zu werden, dafs auch Maifs an die „humanistischen Aufgaben des physikalischen Unterrichts“ glaubte. Und er hatte im Einklang damit den aus nie alternder Begeisterung für die physikalische Wissenschaft hervorgehenden und immer neue Begeisterung weckenden Glauben, dafs die Natur selbst die Kraft habe, das spontane Interesse der Jugend zu gewinnen. „Es mufs nur der kindliche, wie der fast zum Manne herangereifte Schüler durch einen nicht falscher Mittel sich bedienenden Unterricht in wirkliche Berührung mit der „Natur“, zu einer nicht durch unverständliche Theorien getrühten Kenntnis ihrer Gesetze und vor allem zur Anschauung ihrer Schönheit gelangen. Diesen Glauben nun an die physikalische Wissenschaft als solche und an ihren Reiz und Wert für die unverbildete Jugend hegte Maifs so stark, so fraglos, dafs eben dieser Glaube ihn zum humanen Lehrer — zum humanen Lehrer gerade der Physik — gemacht hat. . . . Darum konnte er auch nicht ohne Bitterkeit alles Imponieren durch sogenannte „Strenge“ mit ansehen, welche nur zu häufig ein stillschweigendes Eingeständnis ist, dafs man eben nicht vermocht habe, den Gegenstand selbst — in unserem Falle also das natürliche Interesse an der Natur — in der Jugend wirksam werden zu lassen. In inniger Einheit lebten in Maifs der Glaube an die durch ihn gelehrte Wissenschaft und der Glaube an die durch ihn zu belehrende Jugend.“

Maifs hat die Hemmungen, die seinen Ideen aus den thatsächlichen Unvollkommenheiten der Schulverfassung erwachsen, schwer empfunden, aber seine Reformbestrebungen hatten nichts mit nörgelnder Unzufriedenheit gemein, sie waren ganz erfüllt von der Hoffnung auf das Besserwerden. Nicht in summarischen Mitteln, wie Vermehrung der Lehrstunden u. dgl., erkannte er die Aufgabe einer Ausgestaltung des physikalischen Unterrichts, sondern in der geduldigen Läuterung und Sichtung der Lehrstoffe im Grossen und Kleinen, wie sie nur der kenntnisreichste, umsichtigste, besonnenste Fachmann je eines Faches ersinnen und in der eigenen Schulthätigkeit erproben kann. Diese Aufgabe hat er, soweit es nur in der Kraft eines Menschen liegen konnte, in seinem eigenen Thun und Schaffen verwirklicht. P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Wellentelegraphie.** Für die Duplex-Telegraphie, d. h. die gleichzeitige Übertragung von Nachrichten auf demselben Draht in entgegengesetzter Richtung, schlägt TURPAIN die Benutzung elektrischer Wellen vor (*C. R. CXXX, 1303; 1900*). Während die Übertragung von einem Orte *A* nach einem anderen Orte *B* vermittelt eines gewöhnlichen Batteriestroms erfolgt, geht dieselbe von *B* nach *A* durch elektrische Wellen vor sich, die in *B* erzeugt, auf die Linie *BA* konzentriert und in *A* von einem Resonator aufgenommen werden. Der Verf. beschreibt genauer die von ihm getroffene Anordnung, die zwischen zwei um 350 m von einander entfernten Punkten geprüft wurde. Beide Orte waren mit Morse-Apparaten versehen; die gleichzeitig ausgesandten Zeichen gelangten ohne gegenseitige Störung zum Empfänger, obwohl sich in der Nähe Leitungen mit starken Strömen befanden. Es scheint daher, dafs die Telegraphie durch elektrische Wellen mit den gewöhnlichen Telegraphendrähten, ohne besondere Isolation, ausgeführt werden kann. Auch die Diplex-Telegraphie, bei der gleichzeitig zwei Telegramme in derselben Richtung von *A* nach *B* gesandt werden, kann in ähnlicher Weise vorgenommen werden.

Eine Anordnung, um bei der Wellentelegraphie das Abfangen von Depeschen auf einer Zwischenstation zu verhindern, schlägt D. TOMMASI vor (*C. R. CXXX, 1307; 1900*). Die Entfernung, bis zu der eine elektrische Welle gelangen kann, ändert sich, je nachdem die beiden Metallkugeln eines Oszillators einander mehr oder weniger ge-

nähert sind. Daraus folgt, daß, wenn man in passender Weise diesen Zwischenraum ändert, d. h. die Funkenlänge vergrößert oder verkleinert, man in ziemlich genauer Weise die Entfernung ändern kann, welche die elektrischen Wellen überschreiten müssen, um den Empfänger zu erreichen. Der Verf. kombiniert nun den eigentlichen Aufgabeapparat *A* mit einem zweiten Apparat *B*, von dem ein Gehilfe nach Belieben lange oder kurze Zeichen aussendet, die sich mit den Zeichen des Apparats *A* durchdringen; der Oszillator von *B* ist ferner so reguliert, daß die Aktionszone der von ihm ausgesandten Wellen ein klein wenig kürzer ist als die Aktionszone des Oszillators *A*. Unter diesen Bedingungen durchdringen sich die von beiden Aufgebern ausgesandten Wellen, sodafs jeder in die Empfangszone von *B* gestellte Apparat nur eine Confusion von Punkten und Strichen aufnehmen kann, unter denen es vollständig unmöglich sein wird, die von *A* ausgesandten Zeichen zu entdecken. Man wird daher die Zeichen des Aufgebers *A* nur auferhalb der Aktionszone von *B* erhalten können. Die Sicherheit wird um so gröfser sein, je mehr die Aktionszone von *B* sich der von *A* nähert.

Eine Syntonie oder Resonanz zwischen Aufgeber und Empfänger stellte Marconi dadurch her, daß er die beiden Apparate mit Anhangsdrähten („Fühler, Antennen“) versah, deren Selbstinduktion und Capazität in einem bestimmten Verhältnis zu einander standen. Diese Methode hat den Nachteil, daß die Schwingungen des Aufgeberfühlers zu rasch gedämpft werden und nicht Zeit haben, den Empfänger zu einer wirklichen Resonanz zu bringen. Auferdem ist die Regulierung schwierig und erfordert ebensoviel Aufwanzu bringen. Auferdem ist die Regulierung schwierig und erfordert ebensoviel Aufwanzu bringen. Auferdem ist die Regulierung schwierig und erfordert ebensoviel Aufwanzu bringen. Im Gegensatz hierzu schlägt A. BLONDEL vor, nicht mehr die Zahl der elektrischen Oszillationen des Aufgebers und Empfängers selbst in Einklang zu bringen, sondern zwei künstliche, viel tiefere Zahlen, die ganz willkürlich und unabhängig von den Fühlern sind, nämlich die Zahl der Ladungen des Fühlers und die Zahl der Schwingungen eines selektiven Telephons.

An Stelle eines Relais oder Lätewerks benutzt BLONDEL ein Telephon als Empfänger. Das Telephon ist zugleich mit einer luftleeren Röhre oder einem Fritter in den Stromkreis einer Batterie eingeschaltet, die allein nicht ausreicht, um den Widerstand der Röhre zu überwinden, aber einen Strom hindurchsendet, sobald eine elektrische Schwingung die Röhre passiert. Das Telephon giebt dann bei jedem Zeichen des Aufgebers einen Ton, dessen Höhe von der Zahl der Ladungen pro Sekunde in dem Fühler des Aufgebers abhängt. Bei kleinen Entfernungen sind die in dem Fühler des Empfängers entstehenden Wechselströme stark genug, um in dem Telephon auch ohne Röhre einen Ton zu erzeugen. Die Tonhöhe läfst sich willkürlich durch die Zahl der in der Sekunde auf der Aufgabestation erregten Wellen ändern. Man kann so sehr leicht verschiedene Aufgabestationen von einander unterscheiden, oder, wenn man ein nur auf einen bestimmten Ton reagierendes Telephon („Monotelephon“) nimmt, einen selektiven Empfänger herstellen. Das Telephon ist viel empfindlicher als jedes Relais, und die gehörten Morsezeichen können sofort in Buchstaben übersetzt werden. Die Methode wird besonders auch da angewandt werden können, wo es mehr darauf ankommt, Signale zu geben, als Worte mitzuteilen, z. B. beim Verkehr zwischen Schiffen. Der Ton bleibt derselbe, wenn man die Unterbrechungszahl des Induktors constant hält.

Die mehrfach erwähnten Anhangsdrähte oder Fühler spielen bei der Marconischen Anordnung für Wellentelegraphie eine Hauptrolle, indem es erst mit diesen gelang, die Fortpflanzung der Wellen auf weitere Entfernungen hin zu ermöglichen. A. LINDEMANN untersuchte die Veränderungen, welche die Länge der von dem Erreger ausgesandten elektrischen Wellen durch Anhängung der Drähte erleidet (*Ann. d. Physik*, 2, 376; 1900). Der Verf. benutzte den Righischen Erreger, bei dem der Erregerfunken zwischen 2 Kugeln in Öl überspringt, während die Ladung der Kugeln durch 2 Luftfunkenstrecken erfolgt. Der Resonator bestand aus dem von Klemenčić angegebenen Thermolement (*d. Ztschr. IX 193*). Besonders mufs darauf geachtet werden, daß die Zuleitungsdrähte zum Oszillator sowohl als zum Resonator genau rechtwinklig auf diese zugeführt werden. Durch Anlegen von Stanniolstreifen verschiedener Länge an das Thermolement wurde die Ab-

hängigkeit des Galvanometerauschlages von der Resonatorlänge bestimmt, wobei ein Stanniolstreifen von 10,5 cm Länge den größten Ausschlag ergab. Die Wellenlänge des Erregers ohne Drähte, der in 60 cm Entfernung vom Resonator sich befand, erhielt LINDEMANN durch Ausmessung der durch Reflexion an einer 2 m vom Erreger aufgestellten großen Zinktafel gebildeten stehenden Wellen; die Entfernung zweier Knotenpunkte war ungefähr der Länge des Resonators gleich, die Welle besaß also die doppelte Länge.

Der Verf. legte nun die Drähte horizontal an die Zuleitungskugeln des Erregers. Marconi verbindet allerdings die eine Kugel mit einem frei nach oben gehenden Draht, der Luftleitung, und leitet die andere Kugel einfach zur Erde ab; ähnlich ist der Empfänger konstruiert. Für Versuchszwecke erschien es dem Verf. aber zweckmäßiger, jede der beiden Kugeln mit einem frei ausgespannten Draht von 45 cm Länge zu versehen. Mit diesem Erreger wurden dann ebenso wie vorher ohne Drähte die Resonanzkurven für verschiedene Resonatorlängen und auch bei variierter Luftfunkenstrecke festgestellt. Sämtliche Kurven zeigen außer dem großen, der Gesamtschwingung entsprechenden Maximum deutlich kleinere Maxima, die auch schon ohne Anhängedrähte schwach angedeutet sind, aber hier außerordentlich scharf hervortreten. Es geht daraus hervor, daß bei angehängten Drähten die ursprüngliche Schwingung wohl fortbesteht, daß aber zu dieser ein dem ersten superponiertes Wellensystem ausgesandt wird, welches durch die Gesamtschwingung des aus Erregerkugeln und den mit ihnen durch die Luftfunken leitend verbundenen Drähten gebildeten Leitersystems hervorgebracht wird und eine entsprechend größere Wellenlänge besitzt. „Die Wirkung der ursprünglichen Schwingung des Erregers wird durch die Anwesenheit der Drähte verstärkt, indem in ihnen Schwingungen von derselben Periode und geringerer Dämpfung erregt werden, die ihrerseits wieder zur Strahlung beitragen.“ Die Luftfunkenstrecke beeinflusst dabei wesentlich das Amplitudenverhältnis der beiden Schwingungen und bewirkt eine mit der Länge der Luftfunken wachsende Dämpfung der Gesamtschwingung.

Bei Versuchen, welche T. TOMMASINA über Funkentelegraphie anstellte, hörte er längs des Fühlerdrahts des Erregers rhythmische Geräusche. Im Dunkeln enthüllt diese Erscheinung ihre Natur durch eine Reihe von sehr beweglichen Flocken oder Strahlenbüscheln, die denen an Teslaschen Leitern sehr ähnlich sind. Diese Strahlenbüschel scheinen synchronisch zu schwingen, nicht mit dem Funken des Righischen Oszillators, sondern mit den Bewegungen des Unterbrechers der Induktionsspule. Außerdem verbreitete sich bei jedem Oszillatorfunken eine sehr lebhaft leuchtende Welle momentan über den Draht, unabhängig von der Strahlenbüschelerscheinung, die ohne merkliche Veränderung ihre regelmäßige oszillatorische Bewegung fortsetzte. Zur besseren Beobachtung schaltete der Verf. in den Fühler einen dünnen Kupferdraht ein, der sich in einem rings verschlossenen geschwärzten Kasten befand. Unter dem Einfluß der elektrischen Schwingungen beobachtete man hier unmittelbar die Entstehung leuchtender Abschnitte, die anfangs unregelmäßig verteilt waren, aber nahezu gleiche Abstände erhielten, wenn sich der Oszillator mit dem Unterbrecher in Gleichklang befand. Wurde die Intensität des Primärstroms verringert, so verschwand die oszillierende Lichterscheinung fast vollständig und die vorübergehende Wirkung jedes Oszillatorfunkens wurde besonders deutlich.

Der Verf. brachte den Draht zwischen zwei lichtempfindliche Platten und konnte so die Erscheinung photographisch fixieren. Die Platten zeigten dunkle, scharf abgezeichnete Verzweigungen, die, mehr oder weniger einfach und krumm an ihrem Ausgangspunkte, aber stets normal zu dem Draht verliefen. Ihre Zahl wuchs mit der Expositionsdauer. Metallgegenstände in der Nähe des Drahtes veränderten die Form der Ausstrahlungen. Die magnetische Natur des Metalls war auf die Lichterscheinung ohne Einfluß, sehr dagegen die Dicke des Radiatordrahts. Je dünner derselbe, um so kürzer waren die Büschel und um so kleiner die Zwischenräume zwischen ihnen. — Die ganze Erscheinung dürfte der von Borgmann an Entladungsdrahten in verdünnten Gasen beobachteten Lichterscheinung analog sein (diese Ztschr. XIII 343).

Schk.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere der analytischen Mechanik, mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. Vorlesungen von Dr. P. Volkmann. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. XVI u. 370 S. M. 14.

Der Verf. entwickelt vom erkenntniskritischen Standpunkte die Hauptsätze der Galilei-Newton'schen Mechanik mit Einschluss wichtiger Anwendungen in der praktischen Physik, in der Hydrostatik, der Kapillaritätslehre und der Geophysik. Er stellt das Princip auf, die Wissenschaft habe am Leitfaden der Erfahrung gewisse von einander unabhängige Begriffe als Grundlage und Ausgangspunkte zu nehmen, ohne ihren Inhalt und ihre Tragweite sogleich genau abgrenzen zu können, und sie erst in der Folge durch ihre Anwendungen zu präzisieren. Er nennt dies ein System mit rückwirkender Verfestigung. In der That ist es ja auch geschichtlich nur selten möglich, einen neu einzuführenden Begriff sogleich ganz zu erschöpfen. Doch schliesslich muss er sich, wenn er überhaupt brauchbar ist, klar und bestimmt ergeben und später von vornherein so hinstellen lassen. Es liegt dann kein Grund mehr vor, darauf zu verzichten. Man darf sogar behaupten, der Verf. habe durch sein Buch den Beweis erbracht, dass ein solcher Verzicht bedenklich ist. Die Masse und die Kraft werden mit den Newton'schen Worten definiert und diese Definitionen als vorläufig ausreichend angenommen; und nachdem daraus ihre Masse gewonnen sind, kommen, wie es unwillkürlich geschieht, nur diese noch, nicht die Begriffe als solche mehr in Betracht, weshalb sich nirgends eine präzisere Gestaltung für sie ergibt, sondern blofs die Fälle ihrer Anwendbarkeit erläutert werden. Bei der Masse kommt es dem Verf. zu statten, dass sie von niemand umstritten ist. Mit der Kraft indes steht es anders. Ein Blick auf die Hertz'sche Mechanik lässt den Punkt, um den es sich handelt, erkennen. Hertz hat den Kraftbegriff weder beseitigen wollen, noch gar beseitigt; er hat ihn vielmehr ausdrücklich eingeführt; aber er hat ihn aus einem Grundbegriff zu einem abgeleiteten Begriffe gemacht und ihm dadurch einen wesentlich anderen Inhalt verliehen. Es fragt sich also immer, ob und warum ein an den Anfang zu stellender Begriff dort und überhaupt berechtigt sei oder nicht. Eine erkenntniskritische Untersuchung des Newton'schen Kraftbegriffes würde ergeben, dass er in sich widerspruchsvoll ist. Er schließt nämlich die Bestimmung ein, dass alle Massen frei und doch wieder nicht frei seien. Der Verf. hat sich auch selbst mit ihm in einen Widerspruch verwickelt. Denn trotzdem er ihn mit Newton als Grundbegriff voranstellt, verfährt er doch weiterhin immer so, wie wenn die Galilei-Newton'sche Mechanik nur auf die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Masse gegründet sei.

Diese Einwände sollen den Wert des Buches nicht schmälern. Sie würden sich im Gegentheil gar nicht lohnen, wenn das Buch nicht reichliche Beachtung verdiente. Besonders im einzelnen gewährt es mancherlei Anregung, über die erkenntniskritischen Erfordernisse des physikalischen Forschens nachzudenken. Einige Beispiele mögen dafür angeführt werden. Der Verf. betont, wie die Mathematik der Axiome, so bedürfe die Physik der Postulate. Sie kommen dadurch zustande, dass wir auf Grund gewisser auf alle physikalischen Erscheinungen sich beziehenden Erfahrungen von der Begrenztheit unserer sinnlichen Wahrnehmungen zur unbegrenzten Genauigkeit übergehen, aber im übrigen keine Annahmen über die Beobachtungen hinaus hinzufügen. Er kommt später darauf zurück und zeigt, wie entscheidend die Präzisionsmekunst für die Bewahrheitung der Postulate sei, wie sie unter Umständen dadurch dem Wissen neue Gebiete erschliessen könne. In bezug auf die Terminologie heifst es, es sei besser, alte Worte, die ihrem ursprünglichen Sinne nicht mehr entsprechen, doch beizubehalten und nur ihren Begriffsinhalt passend zu verändern, als sie durch neue zu ersetzen. Bei Besprechung der Kausalität macht der Verf. auf deren subjektiven Ursprung aufmerksam; er läfst sogar durchblicken, dass sie erkenntniskritisch auf gleicher Stufe mit dem Zweckbegriff steht. Im Trägheitssatze sieht er mit Recht den tiefer liegenden Grund, warum wir die kinematischen Definitionen und Begriffe mit der Einführung der zweiten Differentialquotienten der Coordinaten nach der Zeit abbrechen. Gelegentlich der Frage, ob man in der Hydrostatik und in der Kapillaritätstheorie der Molekül- und Atomlehre bedürfe, wird ausführlich erörtert, dass es notwendig sei, von den Molekül- und Atomvorstellungen, auch wenn sie für die Erkenntnis eines Erscheinungsgebietes unentbehrlich sein sollten, für ein Erscheinungsgebiet, bei dem es auf die diskrete Beschaffenheit der Körper nicht ankomme, abzusehen. In dieser Forderung steckt eine wichtige, auch auf die Notwendigkeit oder Entbehrlichkeit anderer Vorstellungen anwendbare Regel. Der Verf. weist die Boltzmann'sche Mechanik ab, weil sie gegen diese Regel verstößt, indem sie, ohne dass ein Zwang dazu vorliegt, von der Molekül- und Atomhypothese Gebrauch macht. Was gegen Ende des Buches über das d'Alembert'sche Princip und über das Princip der virtuellen Verschiebungen gesagt wird, dient ebenfalls zu deren erkenntniskritischer Aufklärung. Es wird festgestellt, dass sie über die Newton'schen Grundsätze hinausgehen; aber die Konsequenzen von Hertz werden abgelehnt. *Paul Gerber, Stargard.*

**Aufgaben über Elektrizität und Magnetismus.** Für Studierende an Mittel- und Gewerbeschulen, zum Selbststudium für angehende Elektrotechniker, Physiker u. a. Von Dr. Eduard Maifs. Mit 58 Figuren im Text. Wien, A. Pichlers Witwe & Sohn, 1893. 159 S. Kr. 2,40 (M. 2,40).

Der Verfasser ist von der Überzeugung durchdrungen, daß ein erfolgreiches Studium der Physik überhaupt, der Elektrizitätslehre insbesondere, nur unter beständiger Einübung der im Unterricht entwickelten Begriffe und Sätze durch instruktive Beispiele möglich ist. Folgendes Leitwort entlehnt er aus Lagrange: „*C'est aux applications qu'il convient surtout de donner son temps et sa peine*“. Er hat deshalb bloße Substitutions-Aufgaben möglichst vermieden, dagegen die Hauptgesetze in möglichst vielseitiger Weise zur Anwendung gebracht. Auch soll einem bloß mechanischen Rechnen durch jedesmalige Angabe der Benennung oder der Maßeinheit bei den Daten der Aufgabe und den Ergebnissen der Lösung gesteuert werden. Als Bezeichnung der Einheiten für die verschiedenen Größen werden nicht die schwer auszusprechenden Dimensionsausdrücke, z. B.  $c^{3/2} g^{1/2} s^{-1}$ , gewählt, sondern bestimmte Namen, hier „absolute elektrostatische Quantitätseinheit“, abgekürzt a. st. Q. Freilich sind auch diese Namen etwas schwerfällig; sollte man nicht auch ohne sie auskommen können, indem man nur angiebt, ob sich die Messungen auf das elektrostatische oder elektromagnetische System gründen? Die obigen Gesichtspunkte haben wohl den Verfasser auch veranlaßt, abweichend von der üblichen mathematischen Bezeichnungsweise mit den Buchstaben für variable Größen immer nur deren Maßzahlen ohne Einrechnung der gewählten Maßeinheit anzudeuten. So ist ein Winkel  $10^0$  oder  $\alpha^0$ , nicht  $\alpha$ , was nach der üblichen Weise sogar ein Aggregat von Graden, Minuten, Sekunden anzeigen könnte; eine Entfernung, z. B. 5 cm, ist allgemein  $r$  cm oder  $a^2/p$  cm, eine Fläche  $f$  cm<sup>2</sup>, eine Ladung, z. B. 7850 a. st. Q., ist allgemein  $E$  a. st. Q., ein Widerstand nicht  $w$ , sondern  $w\Omega$ , eine Klemmenspannung nicht  $e$ , sondern  $e$  Volt. Alle Buchstaben sind also reine Zahlen, beim Übergang zu anderen Maßeinheiten müßte der Buchstabe, z. B.  $w$  für den Widerstand, durch einen anderen  $w'$  ersetzt werden. Diese Eigentümlichkeit muß bei Benutzung des Buches beachtet werden.

Die Aufgaben sind durchweg mit kurz entwickelten Lösungen und numerischen Resultaten versehen. Sie behandeln folgende Gebiete: Coulombs Gesetz, Wirkung elektrisierter Kugeln, Potential, Capacität, chemische und Wärme-Wirkung elektrischer Ströme, Ohms Gesetz und Stromverzweigung, Messungen an Magneten, Arbeitsleistung im magnetischen Felde, Kreisströme, Elektromagnete und Induktions-Ströme.

Über einige Aufgaben ist im einzelnen noch folgendes zu bemerken: Die Lösungen der Rechenaufgaben I, 1 und XI, 2 würde der Versuch nicht bestätigen. Dort wird angenommen, daß man die Ladung einer halbkugelförmigen Schale durch ihren Schwerpunkt ersetzen könne, hier wird die Wirkung eines Magnetpols auf den zugewandten Pol einer schwingenden Nadel allein in Rechnung gezogen, während auch die Wirkung auf den abgewandten Pol erheblich ins Gewicht fällt.

In V, 7 und 8, wird das Potential der auf einer isolierten Kugel vom Radius  $a$  inducierten Ladung für den Mittelpunkt der Kugel  $= 0$  gefunden, indem angenommen wird, daß beliebige auf Teilen der Oberfläche vorhandene Elektrizitätsmengen  $E_1, E_2$  im Mittelpunkt die Potentiale  $E_1/a, E_2/a$  bedingen. Das ist nur bei gleichmäßiger Belegung der Oberfläche richtig. Auch in der Aufgabe V, 3 über zwei sich berührende Kugeln ist es nicht gestattet, das Potential der einen  $= E_1/a$  zu setzen, da sie nicht gleichmäßig belegt ist. Das Resultat wird aber aus anderen Gründen doch richtig.

Die Aufgabe VI, 20 erinnert an eine ähnliche in R. Weber's Aufgaben-Sammlung. (Vgl. diese Zeitschrift II 145.) Sie lautet: „Der Deckel eines Elektrophors hat 20 cm Durchmesser und steht im Mittel vom Harzkuchen 0,02 cm ab. Wie groß ist die Kapazität des Elektrophors?“ Aus der Lösung ergibt sich, daß man sich einen Kondensator vorstellen soll, indem man an Stelle des isolierenden Harzkuchens eine zur Erde abgeleitete Metallplatte setzt, die nicht bloß im Mittel, sondern wirklich von dem Elektrophordeckel einen Abstand von 0,02 cm hat.

Die Aufgabe IX, 5 lautet: Wieviel Wärme strahlt eine Glühlampe, für welche Widerstand und Strom gegeben sind, stündlich aus, wenn 6% der Strahlung als Licht auftritt? Kann man so scharf der Wärme nehmen, was man dem Lichte giebt?

Die Aufgabe X, 3 verlangt, in einen Stromkreis vom Widerstand  $l$  noch einen Widerstand  $w$  einzuschalten, der so zu wählen, daß die in ihm eintretende Wärme-Entwicklung möglichst groß wird. Es ergibt sich, daß  $w/(w+l)^2$  ein Maximum sein muß. Der Verfasser macht die zunächst unbewiesene Annahme, daß  $w = l + \lambda$  mit kleinem  $\lambda$  zu setzen sei, und erhält als Anfang einer nach steigenden Potenzen von  $\lambda$  fortschreitenden Reihe  $w/(w+l)^2 = (1 - \lambda^2/l^2)/4l$ . Dabei sind aber nicht alle Glieder bis zur zweiten Potenz von  $\lambda$  entwickelt worden, man findet vielmehr:  $w/(w+l)^2 = (1 - \lambda^2/4l^2)/4l$ , woraus allerdings ersichtlich ist, daß für  $\lambda = 0, w = l$ , ein Maximum stattfindet. Um dieses Resultat, welches hier doch nur verifiziert ist, direkt abzuleiten, kann man z. B. den reciproken Wert,  $(w+l)^2/w = l(w/l + 2 + l/w)$  umformen in  $l[(\sqrt{w/l} - \sqrt{l/w})^2 + 4]$ , was für  $w = l$  ein Minimum wird.

Ein Versehen findet sich in den Aufgaben X, 14, 17, 43, wo die Klemmenspannung einer kurz geschlossenen Batterie gleich der elektromotorischen Gesamtkraft gesetzt wird. Das ist gerade für sehr große äußere Widerstände richtig, für Kurzschluss ist die Klemmenspannung = 0. In X, 24 ist eine ähnliche Aufgabe für einen bestimmt gegebenen äußeren Widerstand richtig berechnet. Die Daten in Aufgabe XII, 22 über den Erdmagnetismus in Berlin enthalten einen nicht berichtigten Druckfehler, der mittelst der Auflösung leicht verbessert werden kann.

Endlich ist noch, wie schon in dieser Zeitschrift II S. 145, der Wunsch auszusprechen, daß künftig, etwa bei einer neuen Auflage, zwischen den heterogenen Begriffen Arbeit und Leistung strenger unterschieden werde. Sie sind so verschieden von einander wie die Höhe des Eiffelturmes von der Geschwindigkeit einer Büchsenkugel. Dies ist z. B. auf S. 15 und in der Note auf S. 122 nicht geschehen. Leistungen sind durch Watt oder Pferdestärken, Arbeiten durch Joule oder Erg zu messen. Die Bezeichnung Sekunden-Erg für Erg/Sekunde ist mißlich, da der Name auf das Produkt von Erg und Sekunde hindeutet. So wird auch mit Sekunden-Watt und Stunden-Watt oder Watt-Stunde nur die Mafseinheit eines Produktes bezeichnet, dessen Faktoren in Watt und in Sekunden gemessen sind, welches also eine Arbeit darstellt. Analog sind die Bildungen Meter-Kilogramm oder Kilogramm-Meter, wo Kilogramm das technische Kraftmaß ist; ferner Personen-Kilometer bei der Eisenbahn. Dem letzteren würde für Güterzüge eine Bezeichnung Kilogramm-Kilometer entsprechen, in der Kilogramm die wissenschaftliche Masseneinheit ist.

M. K.

**Philosophische Propädeutik** auf naturwissenschaftlicher Grundlage für höhere Schulen und zum Selbstunterricht. Von August Schulte-Tiggens. II. Teil: Die mechanische Weltanschauung und die Grenzen des Erkennens. Berlin, Georg Reimer, 1900. 117 S. M. 1,80.

Der erste Teil des Werkchens ist in dieser Zeitschrift XII 182 angezeigt. Der zweite erörtert die Berechtigung und die Tragweite der sogenannten mechanischen Weltanschauung; er behandelt in besonderen Abschnitten 1. die Erklärung der Erscheinungen der leblosen Natur, 2. die Erklärung der Lebenserscheinungen, 3. die Entwicklung der lebenden Welt, 4. die Erklärung der psychischen Erscheinungen, 5. die Subjektivität unserer Erkenntnis. In einem Schlussabschnitt wird auf das Ideal einer sittlichen Weltordnung hingewiesen und an eine Weltanschauung die Forderung gestellt, daß sie auch den Bedürfnissen des Gemüths gerecht wird.

Die Absicht des Verfassers verdient vollste Anerkennung, und die Schrift kann als ein branchbarer Führer durch das Labyrinth der mannigfachen hier sich verschlingenden Probleme empfohlen werden, wenschon zum tieferen Eindringen wohl gründlichere Studien in den Quellenwerken unumgänglich sind. Ein zu großes Gewicht legt der Verfasser an mehreren Stellen auf die Forderung der Einheitlichkeit der Naturerklärung; diese kann als Forschungsmaxime gute Dienste leisten, darf aber nicht als Prinzip aufgestellt werden. Wenn dies bestimmter unterschieden wird, braucht z. B. die Thomson-Helmholtzsche Theorie des Ursprungs der organischen Wesen auf der Erde nicht von vornherein abgelehnt zu werden. Für die Darwinsche Theorie giebt der Verfasser in anerkannter Weise nur Citate aus Darwins Werken, auch die kritischen Bemerkungen zu dieser Theorie sind zutreffend; doch unterschätzt der Verfasser (S. 78) die Bedeutung der Theorie, die, wenn sie zuträfe, in der That die aufsteigende Entwicklung der Organismen aus nicht teleologischen Prinzipien erklären würde; wünschenswert ist auch, daß die Gegner des Darwinismus, die seit K. E. v. Baer eine Entwicklungstendenz in der organischen Schöpfung vertreten, mehr berücksichtigt würden, als hier geschehen ist. — Das Grosshirn scheint nicht bloß (S. 83) der Träger des Bewußtseins zu sein, sondern ist es wirklich; wenn aber andererseits gesagt wird, daß die Meinung von der Selbständigkeit der psychischen Vorgänge dem obersten Grundsatz der Naturwissenschaft, dem Gesetz von der Erhaltung der Energie, widerspreche, so liegt hierin eine Grenzüberschreitung, gegen welche zu allererst von seiten der Physik Verwahrung eingelegt werden muss. Kein Physiologe weiß bis heut anzugeben, wie die Energieumsetzungen in den Gehirnzellen verlaufen; beiläufig sei daran erinnert, daß bei einem anderen „obersten Grundsatz“, dem zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie, die durchgängige Gültigkeit für das organische Leben von Helmholtz selbst mit einem Fragezeichen versehen worden ist (Wiss. Abh. II 972). — Der subjektive Idealismus kann nicht (S. 93) gleichzeitig als unvernünftig und — mit Helmholtz — als consequent durchführbar bezeichnet werden.

P.

**Über angewandte Mathematik und Physik** in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen. Vorträge, gehalten in Göttingen, Ostern 1900, bei Gelegenheit des Ferienkurses, gesammelt von F. Klein und E. Riecke. Mit 84 Textfiguren. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1900. VI und 252 S. geb. M. 6.

Um die Förderung des Studiums der angewandten Mathematik hat sich besonders der eine der beiden Herausgeber des vorliegenden Sammelbandes, Herr Geh.-Rat Professor Klein in Göttingen, seit

Jahren ein hervorragendes Verdienst erworben. Dem genannten Zwecke dienen auch die Neueinrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik, die vor etwa drei Jahren an der Universität Göttingen ins Leben gerufen sind, und worüber ein besonderes Schriftchen (bei B. G. Teubner 1900 erschienen) nähere Auskunft giebt. In dem vorliegenden Bande sind folgende Vorträge zumeist auszugsweise wiedergegeben, die bei dem Ferienkurse Ostern 1900 in engem Anschlusse an jene Neueinrichtungen gehalten worden sind: Ed. Riecke, Zur Geschichte des physikalischen Instituts und des physikalischen Unterrichts an der Universität Göttingen; F. Klein, Allgemeines über angewandte Mathematik; derselbe über technische Mechanik; Fr. Schilling, über darstellende Geometrie; E. Wiechert, Einleitung in die Geodäsie; G. Bohlmann, über Versicherungsmathematik; Eug. Meyer, über Wärmekraftmaschinen; Th. des Coudres, über Elektrotechnik. Angefügt ist ein Wiederabdruck von vier früheren Aufsätzen von F. Klein, die sämtlich auf das Verhältnis zwischen Technik und Universitätsstudium Bezug haben.

Mit Recht weist E. Riecke in dem Eröffnungsvortrage darauf hin, daß „der künftige Lehrer der Physik eine gewisse Weite des Blickes, ein gewisses Verständnis für die Aufgaben und Leistungen der Technik besitzen müsse, wenn sein Unterricht anregend und fördernd wirken solle“. Von diesem Gesichtspunkte aus können die vorliegenden Vorträge, unter ihnen an erster Stelle die von Meyer und von des Coudres, allen Lehrern der Physik nur auf das angelegentlichste empfohlen werden. Der Letztgenannte legt seinen Vorträgen u. a. eine Fassung des Ohmschen Gesetzes zu grunde, die den praktischen Zwecken in höherem Maße als die herkömmliche entspricht und auch für den Unterrichtsgebrauch in Erwägung gezogen zu werden verdient.

P.

**Die Kohlenoxyd-Vergiftung** in ihrer klinischen, hygienischen und gerichtsarztlichen Bedeutung. Monographisch dargestellt von Dr. med. Willy Sachs, Mülhausen i. E. Mit 1 Spektraltafel. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. IX u. 236 S., M. 4,—.

Das Buch behandelt mit auferordentlicher Sorgfalt alle Fragen, die sich auf die Vergiftung durch Kohlenoxyd — besonders durch Kohlendunst und Leuchtgas — beziehen. Aufs eindringlichste wird die Giftigkeit des Leuchtgases mit seinen 5 bis 10 Proc. Kohlenoxyd vor Augen gestellt. So soll man in Wohnungen mit Leuchtgas nicht versäumen, den Haupthahn für die Nacht zu schliessen, auch bei den Gaskochapparaten stets für ausreichende Ventilation der betreffenden Räume sorgen. Es hat sich ergeben, daß die Vergiftung durch Leuchtgas im allgemeinen gefährlicher ist als die durch Kohlendunst, da ersteres mehr Kohlenoxyd enthält als dieser. Ferner ist bezüglich der Gegenüberstellung von Explosionsgefahr und Vergiftungsgefahr durch zahlreiche Beobachtungen erwiesen, daß zur Explosion viel grössere Mengen Leuchtgas gehören als zur Vergiftung, und daß es besonders günstiger Umstände bedarf, um in einem Raume, in dem dauernd eine Flamme brennt, eine Explosion herbeizuführen. Das Buch ist nicht nur für den Arzt, besonders den Hygieniker, eine dankenswerte Erscheinung, sondern enthält auch für den Schulmann manches, das im Unterrichte Verwendung finden kann.

O. Ohmann.

## Versammlungen und Vereine.

### 72. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Aachen

vom 16. bis 22. September 1900.

#### I. Allgemeine Sitzungen.

1. Herr VAN 'T HOFF (Berlin): Über „Die Entwicklung der exakten Naturwissenschaften“. Zwischen Physik und Chemie besteht heute kein wesentlicher Unterschied; beide durchdringen sich in ihrer Forschungsart immer mehr und sind auf gleiche Grundgesetze zurückzuführen. Die Entwicklung in diesem Sinne wurde herbeigeführt durch die Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Arbeit durch Mayer und Helmholtz, sowie dessen Erläuterung durch die Clausius'schen Sätze. Geben uns diese im allgemeinen das Resultat eines Naturvorgangs, so liefert uns die Molekularhypothese das Bild seines Verlaufs bis in die feinsten Einzelheiten. Die Bewegungen der Moleküle nehmen wir als Wärme oder Schall, die Schwingungen des Äthers als Licht und Elektrizität wahr. Auf der Anschauung, dass wir die Moleküle als aus Atomen zusammengesetzt denken, beruht die Stereochemie. Dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft steht analog zur Seite das Gesetz von der Erhaltung der Energie, welches zu der Ansicht geführt hat, dass auch die Materie als eine Energieform zu betrachten sei<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Der Vortrag ist bei Leopold Vofs, Hamburg und Leipzig 1900, besonders veröffentlicht (M. 0,80).

2. Herr HERTWIG (Berlin): Über „Die Entwicklung der Biologie im 19. Jahrhundert“. Die Biologie hat im 19. Jahrhundert die bedeutungsvollsten Fortschritte auf anatomischem und physiologischem Gebiete gemacht. Die wichtigsten Errungenschaften auf anatomischem Gebiet, erzielt durch mikroskopische Forschung, sind 1. die Zellentheorie; 2. das erfolgreiche Studium der niedrigsten Lebewesen; 3. der mit Hilfe der verbesserten Mikroskope ermöglichte Einblick in die feineren Vorgänge der Entwicklungsgeschichte der Organismen. Nach kurzer Darstellung der in diesen drei Richtungen gemachten Fortschritte wird auf die Hauptfrage der Entwicklungslehre eingegangen. Der Darwinismus wird kritisch beleuchtet. Die Descendenz- und noch mehr die Selektionstheorie bewege sich in vielen Dingen auf dem Boden der Hypothese. Die Entstehung der Organismenwelt aus natürlichen Ursachen sei ein verwickeltes und schwieriges Problem. In dem Streite über „Allmacht“ oder „Ohnmacht“ der Selektionstheorie bekennt sich der Redner zu der Ansicht Huxleys: „Wenn die Darwinsche Hypothese auch weggeweht würde, die Entwicklungslehre würde noch stehen bleiben, wo sie stand“. Bei der Übersicht der Fortschritte auf physiologischem Gebiet wird die Notwendigkeit des Tierversuchs betont; die in Laienkreisen vielfach verbreitete Antivivisektionsbewegung beruhe auf einer übel angebrachten Empfindsamkeit. Besondere Erfolge hatte in diesem Jahrhundert die chemische und physikalische Richtung der Physiologie, während andere Gebiete, bei denen eine physikalisch-chemische Forschungsweise versagt, wie die Physiologie der Entwicklung und Zeugung, eine Zeitlang fast ganz unbeachtet gelassen wurden. Die neu erstarkte anatomisch-biologische Richtung werde aber im neuen Jahrhundert berufen sein, der materialistisch-mechanistischen Lehre, dass die Erforschung des Lebens ein physikalisch-chemisches Problem sei, entgegenzutreten, und sie ebenso einzuschränken, wie die chemisch-physikalische Schule die Herrschaft des Vitalismus aufgehoben hat. Diese Wechselbeziehungen seien nötig; durch Physik und Chemie allein seien die Aufgaben der Biologie nur zum Teil lösbar. Die ihr gestellte Aufgabe sei eine der schwierigsten, ihr Gebiet von grösster Ausdehnung. Sie verbinde die materielle mit der geistigen Welt; im neuen Jahrhundert werde sie hervorragend zur Förderung menschlicher Kultur beitragen und die Menschheit auf eine höhere Stufe intellektueller Einsicht wie auch sozialer und moralischer Lebenshaltung heben<sup>1)</sup>.

3. Herr WOLFF (Berlin): Über „Die Wechselbeziehungen zwischen Form und Funktion der einzelnen Gebilde des Organismus“. Der Vortrag knüpfte an die Resultate technischer Untersuchungen über Druck- und Zuglinien bei Belastung an und zeigte, wie sich diese auf den Bau der Knochen anwenden lassen, indem die Struktur des Gewebes von der Druckbelastung abhängig und die Gestalt des Knochens durch die Struktur bedingt sei. Insbesondere auch bei Knochenbrüchen entwickeln sich die Neubildungen der Gewebe gemäß den herrschenden Druckverhältnissen und lassen sich daher durch deren Abänderung beeinflussen.

4. Herr HOLZAPFEL (Aachen): Über „Ausdehnung und Zusammenhang der deutschen Steinkohlenlager“. Zwischen den Fundorten der Steinkohle und der Ausbildung unserer Industriebezirke besteht ein enger Zusammenhang. Heute werden wegen der hohen Transportkosten die Rohmaterialien, wie Eisenerze, zur Kohle hingeschafft, denn zur Herstellung von 1 t Eisen sind 2 t Erz und 3 t Kohlen nötig. Kohlenlager entstanden dadurch, dass in einer viel früheren Erdperiode große Massen Landpflanzen von Gesteins- und Sandüberschwemmungen des Meeres überdeckt wurden, so dass der Sauerstoff der Luft keinen Zutritt mehr hatte. Der in den Pflanzen vorhandene Wasserstoff verband sich mit dem vorhandenen Sauerstoff; der Kohlenstoff allein blieb zurück. Auch die Bakterientätigkeit ist wahrscheinlich von grossem Einfluss bei der Bildung gewesen. Vor der Steinkohlenzeit war der grösste Teil Europas Meerboden. Nur im Norden befand sich ein Continent, von dem heute noch Skandinavien, Island und einige Inselgruppen übrig sind. Allmählich hat sich der heutige europäische Continent aus dem Wasser emporgehoben. Er war von zwei parallelen Gebirgsketten durchzogen, die später durch Verwitterung und Abschwemmung wieder verschwanden. In den Vogesen und dem Vogtland sind die höchsten Spitzen einer dieser Ketten noch erhalten, die sich von Osten nach Westen, etwa vom Nordwestteil des französischen Mittelgebirges über das deutsche Mittelgebirge bis zur Lysa Gora hinzog. Die Nordseite dieser Kette war vom Meere bespült und bildete den Schauplatz für die anfangs erwähnten Prozesse. Ein großer Meerbusen befand sich zwischen den Sudeten und der Lysa Gora. Bohrungen haben ergeben, dass die Kohlenlager sich hier am Rande des früheren Gebirges hinziehen, diese bilden das heutige schlesische Kohlenlager. Es weist in den untern Schichten nur Meeresfauna auf, in den oberen nur Reste von Landtieren. Hiernach war die Verbindung des Meerbusens mit dem Meere zeitweise unterbrochen; das Wasser belebte sich mit Süßwassertieren. Dieselben Vorgänge spielten sich bei der Bildung der Lager an der Ruhr und

<sup>1)</sup> Der Vortrag ist bei Gustav Fischer in Jena in einer Sonderausgabe erschienen.

Lippe ab, wenn auch nicht gleichzeitig, weshalb eine Verbindung beider Lager nicht besteht. Das Ruhr-Lippe-Lager ist vielmehr der nordöstlichste Ausläufer eines Steinkohlenfeldes, welches sich im Bogen vom Pas de Calais bis zum Münsterlande zieht und das französische, belgische und Aachener Lager umfaßt. Auch dieser Bogen umschließt einen ehemaligen Meerbusen. Das Ruhr-Lippe-Lager deckt unsern Bedarf noch für Jahrhunderte, das schlesische besitzt einen noch größeren Reichtum.

5. Herr HANSEMANN (Berlin): Über „Einige Zellprobleme und ihre Bedeutung für die wissenschaftliche Begründung der Organtherapie“.

6. Herr VON DRYGALSKI (Berlin): Über „Plan und Aufgaben der deutschen Südpolar-expedition“. Der Plan für die im August 1901 bevorstehende Expedition ist zwar in Deutschland selbständig entwickelt, fügt sich jedoch in ein System internationaler Forschungen, die gleichzeitig stattfinden sollen. Das große Gebiet im südlichen Eismeer gewährt hierfür Raum genug. Die Reise geht durch den atlantischen Ocean über Capstadt zu den Kerguelen, wo einige Teilnehmer zur Anstellung von erdmagnetischen und meteorologischen Beobachtungen zurückbleiben. Die Hauptexpedition dringt ins Eismeer vor und hofft an der noch unaufgeklärten Westseite des Victorialandes Land zum Überwintern zu finden. Dort soll eine wissenschaftliche Station für physikalische und biologische Arbeiten errichtet werden. Auf Schlitten soll der Versuch zum Vordringen gegen den geographischen, wie auch den magnetischen Erdpol versucht werden; letzterer wird auf dem Victorialande vermutet. Nach der Überwinterung will die Expedition ihre Fahrt nach Westen fortsetzen und südlich an Kemps- und Enderbyland vorbei bis zum Weddellmeer und weiter über Süd-Georgia und Tristan da Cunha zurückkehren. Zeitdauer wahrscheinlich 2 Jahre. Die Expedition bestimmt ihre Arbeiten frei an Ort und Stelle. Sie wird so ausgerüstet, daß sie in der Lage sein wird, Alles zu arbeiten, wo sich Gelegenheit bietet. Wissenschaftliche Mitglieder sind außer dem Vortragenden, der die Leitung übernimmt, Vanhöffen-Kiel (Zoologie und Botanik), Gazert-München (Arzt und Bakteriologe), Philippi-Breslau (Geologe und Chemiker) und Bidlingmaier-Laußen (Erdmagnetiker und Meteorologe); ferner für die Kerguelenstation: Dr. Luyken (Physiker) und Werth (Biologe). Die gleichzeitig entsandte englische Expedition soll die pazifische Seite des südlichen Polarmeeres aufklären; die Vereinigten Staaten, vielleicht auch Argentinien, wollen durch Anlage von neuen Stationen und erdmagnetischen Arbeiten das gemeinsame Unternehmen fördern, das reichen Erfolg für die Wissenschaft verspricht.

## II. Gemeinschaftliche Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe.

1. Herr KLEIN (Göttingen) gab ein Referat über ein im Erscheinen begriffenes Sammelwerk, die „Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften“. Nachdem man sich in der letzten Hälfte des verflorbenen Jahrhunderts fast ganz der Spezialforschung hingegeben hat, tritt heute die Notwendigkeit hervor, den ungeheuer angewachsenen Wissensstoff unter allgemeinen Gesichtspunkten zusammenzufassen. Dieses Bedürfnis macht sich besonders bei den mathematisch-physikalischen Wissenschaften geltend, bei denen eine besonders starke Zersplitterung eingetreten ist.

2. Herr BACKHUIS-ROOZEBOOM (Amsterdam) sprach „Über die Bedeutung der Phasenregel“. Mit diesem Namen wird ein der Thermodynamik angehöriges Gesetz bezeichnet, das neuerdings für die physikalische Chemie besonders wichtig geworden ist. Mit Hilfe der Phasenregel ist es u. a. auch gelungen, das Alter des Stafsfurter Steinsalzlagers und anderer Salzablagerungen festzustellen, die durch Eintrocknen von Meeresteilen entstanden sind. Mit Hilfe jener Regel werde es voraussichtlich auch gelingen, das genaue Alter der einzelnen Schichten der Erdrinde festzustellen. In der Physiologie, Mineralogie, wie auch in der Technik werde das neue Forschungsmittel voraussichtlich epochemachende Änderungen hervorrufen<sup>1)</sup>.

3. Herr PRIETZKER (Nordhausen): „Über Sachunterricht und Sprachunterricht“.

[Der Vortragende führte aus, daß die Einseitigkeiten des sprachlichen Unterrichts — unter voller Würdigung seiner Bedeutung — durch einen richtig gearteten Sachunterricht ergänzt werden müßten. Dem naturwissenschaftlichen Unterricht falle die Aufgabe zu, nicht bloß eine technische Ausbildung zu gewähren oder vorzubereiten, sondern auch die Tragweite naturwissenschaftlicher Einsicht auf die allgemeinsten Lebensverhältnisse zum Bewußtsein zu bringen. Auf der obersten Stufe aber sei der Zusammenhang der naturwissenschaftlichen Forschung mit der philosophischen Bildung ins Auge zu fassen und ein Verständnis für die höchsten Fragen der Erkenntnis anzubahnen. Der naturwissenschaftliche Geist sei kein anderer als der echt philosophische Geist, der von der Gefahr befreit bleibt, das Wesen der Dinge in Formeln und Schulbegriffen zu erblicken. Grade durch Er-

<sup>1)</sup> Der Vortrag ist besonders erschienen im Verlag von W. Engelmann in Leipzig (M. 0,80).

weckung und Pflege dieses Geistes sei der Unterricht in den Naturwissenschaften berufen, auf die Bildung der die ganze Richtung des Denkens bestimmenden Grundanschauungen einen förderlichen Einfluss auszuüben. — Dem bei E. Straufs in Bonn erschienenen Abdruck dieses Vortrages (46 S. M. 1,20) ist eine grössere Reihe von Anmerkungen beigegeben, in denen auf verschiedene Probleme des Unterrichts und der Forschung die interessantesten Streiflichter geworfen werden.]

In der gemeinsamen Sitzung der Abteilung für angewandte Mathematik und Physik und derjenigen für Hygiene und Bakteriologie sprach

4. Herr HEUSER (Aachen): „Über bakteriologische Reinigung städtischer Abwässer.

### III. Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht.

1. Herr W. KREBS (Barr i E.) erörterte die Frage: „Ist von der Organisation der höheren Schulen als örtlicher Centralen für landeskundliche Forschung wesentliche Förderung einerseits dieser Forschung, andererseits des Unterrichts, namentlich des naturwissenschaftlichen, zu erwarten?“ Der Vortragende sprach sich für Einrichtung von Lehrsammlungen zur Veranschaulichung geographischer, natur- und kulturhistorischer Verhältnisse aus, ferner für Angliederung meteorologischer und erdmagnetischer Stationen an die Schule und für Schülerausflüge.

2. Herr DRECKER (Aachen): „Experimentelle Darstellung von Kreis und gleichseitiger Hyperbel als Erzeugnisse von Strahlenbüscheln“. Zwei Stative tragen zwei gleichmäÙig drehbare Achsen. Jede trägt einen senkrecht zur Achsenrichtung gestellten Stab. Ein Elektromotor setzt mittelst Schnurlaufs beide Achsen in gleiche Drehung, sodass die Stäbe zwei parallele Kreisflächen beschreiben, die sich bei der Stellung der Stative theilweise decken. Da die Stäbe weis sind, erscheinen die Kreisflächen im allgemeinen grau, die sich deckenden Flächenteile dagegen doppelt so hell. Eine Ausnahme machen in dem letztgenannten Flächenteil nur die aufeinander folgenden Punkte, wo der eine Stab den andern überdeckt. Diese Reihe von Punkten hebt sich von der doppelt hellen Fläche als dunkle Linie ab und zwar als Kreis, wenn die Achsen sich in gleichen, als gleichseitige Hyperbel, wenn sie sich in entgegengesetztem Sinne drehen. Die Rotation der Achsen ist jedoch gewöhnlich nicht gleichmäÙig. Statt der einzelnen Curve bildet sich infolgedessen ein Büschel, dessen gemeinsame Sehne die Verbindungslinie der festen Achsenpunkte ist. Der Mittelpunkt der Kreise bewegt sich auf der Mittelsenkrechten jener Sehne. Stellen sich die drehenden Stäbe parallel, so erzeugen sie statt des Kreises die unendlich ferne Gerade, stellen sie sich senkrecht, so entsteht der kleinste Kreis. Das Hyperbelbüschel hat seinen Mittelpunkt in der Mitte der gemeinsamen Sehne. Ihre Hauptachse rotiert dabei stets um diesen Mittelpunkt. Statt der Hyperbel tritt ein Paar Geraden auf, wenn die rotierenden Stäbe keinen Phasenunterschied zeigen; beträgt letzterer 90°, so wird die Verbindungslinie der festen Achsenpunkte selbst zur Hauptachse der Hyperbel.

2. Herr BEURIGER (Bonn) spricht über einen „Schulversuch zum Zwei- und Dreileitersystem“. Hierüber ist schon in dieser Zeitschrift (1900) XIII, S. 144 berichtet worden. Redner giebt dazu die Erklärung auf grund des Jouleschen und Ohmschen Gesetzes.

### IV. Die Ausstellung.

Leybolds Nachfolger (Köln) stellte einen neuen Apparat nach Schoentjes vor, der die Verschiedenheit der spezifischen Wärme der Metalle nachweist (vergl. ds. Heft, S. 31), ferner einen neuen vollständigen Projektionsapparat für sämtliche Schulversuche, wie Projektion von magnetischen und elektrischen Kraftlinien, mikroskopischen Präparaten, Emissions- und Absorptionsspektren, Beugung etc. nebst elektrischer Bogenlampe für Gleich- und Wechselstrom. — Kohl (Chemnitz) stellte große Funkeninduktoren aus; Hegershoff (Leipzig) eine Reihe zum Teil neuer physikalischer und chemischer Apparate. — Weichmann (München) brachte drei neue Erfindungen: 1. Apparate zur Behandlung von Krankheiten der Atmungsorgane. 2. Einen Apparat, um jegliches Gas erwärmt durch die Haut in den Körper zu bringen. 3. Einen physikalischen Universal-Reform-Kurapparat. — Haferlandt und Pippow (Hermsdorf-Berlin) und Wildenhain (Bad Reichenhall) brachten eine Reihe naturhistorischer Objekte, darunter insbesondere schöne Präparate über Mimicry. — Die Elektrizitätsgesellschaften Sanitas (Berlin) und Voltohm (München), sowie die Firma Dessauer (Aschaffenburg) stellten Lichtheil- und Röntgenapparate aus, von denen besonders der Voltohm-Orthodiagraph nach Prof. Dr. Moritz erwähnt werden soll. Er dient dazu, Röntgenbilder direkt und unmittelbar in ihrer wahren GröÙe aufzuzeichnen und ist besonders wichtig zur Bestimmung der wahren GröÙe innerer Körperteile. (Schluss folgt.)

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

*Sitzung am 30. April 1900.* Herr Marineingenieur LEISNER sprach über das Hartlöten mit der Lengerschen Löttinktur und demonstrierte das hierbei anzuwendende Verfahren. — Herr HEYNE berichtete über die Verwendung eines in den Etat der Stadt Berlin für 1900 eingestellten Betrages von 4000 M. zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Für die Lehrer an den höheren Schulen sollen eingerichtet werden: 1. Vorträge über die Fortschritte der Naturwissenschaften, 2. Praktische Übungen, 3. Kürzere Exkursionen, 4. Reisen in Industriegegenden. Herr SCHWALBE machte hierüber noch einige speziellere Angaben und wies auch auf die vom Staat eingerichteten Kurse hin. — Herr HEITCHEN sprach über Lampen für flüssige Brennstoffe als Ersatz für Bunsenbrenner und Gebläse. Er demonstrierte mehrere derartige Lampen für Petroleum, Spiritus und Benzin.

*Sitzung am 14. Mai 1900.* Herr KOPPE sprach über Ostern und den immerwährenden Kalender. Er hob hervor, daß die Osterdaten nicht nach der wirklichen Mondstellung, sondern nach dem aus dem sogen. „mittleren“ Monat berechneten Frühlingsvollmond bestimmt werden. Er erklärte die Bedeutung der „goldenen Zahl“ und führte die Berechnung der Frühlingsvollmonde und Osterdaten von 1900—1921 vor. Er beschrieb die von dem Jesuiten Clavius für die Osterberechnung eingeführten Einschränkungen. Er demonstrierte endlich einen von ihm selbst konstruierten immerwährenden Kalender.

*Sitzung am 28. Mai 1900.* Herr HEITCHEN zeigte einen Apparat zur gleichzeitigen schnellen Messung mittels mehrerer Fühlhebel. Er gab eine Methode an, die Verwendbarkeit der Fühlhebel durch Benutzung käuflicher Skalen zu vereinfachen. — Derselbe zeigte die Anordnung und Benutzung leicht herzustellender elektrischer Vorschaltvorrichtungen. — Er machte ferner einige Angaben über die Methode der Arbeit mit photographischen Objektiven, Entwicklern, Platten u. s. w. Er gab Beiträge zur Theorie der Stereoskopie und legte Apparate für stereoskopische Aufnahmen und hierzu gehörige Bilder vor.

*Sitzung am 27. August 1900.* Herr POSKE sprach im Anschluss an seinen Besuch der Pariser Weltausstellung über den Physikunterricht in Frankreich. Vgl. d. Zeitschr. XIII 305.

*Sitzung am 29. Oktober 1900.* Herr SCHWALBE sprach über Bezugsquellen für Apparate und Lehrmittel. Er machte Angaben über die vom Staat im Winter 1900/1901 eingerichteten naturwissenschaftlichen Kurse und teilte das Programm der gleichzeitig von der Stadt Berlin eingerichteten Kurse mit. — Herr HEYNE berichtete über die Einrichtungen für den physikalischen und chemischen Unterricht an zwei Pariser Lyceen, dem Lycée Henri IV und dem Lycée Buffon. —k.

### Mitteilungen aus Werkstätten.

#### Elektromagnete zum Experimentgebrauch.

Mechanische Werkstätte von Prof. Dr. M. Th. Edelmann in München.

Für den Gebrauch in Laboratorien ist der in Fig. 1 dargestellte Elektromagnet bestimmt. Als Fundament dient eine dicke, auf Stahlschrauben ruhende Eisenplatte *p*, auf welche die Magnet-

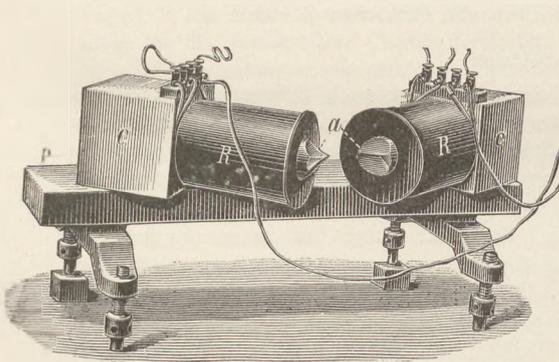


Fig. 1.

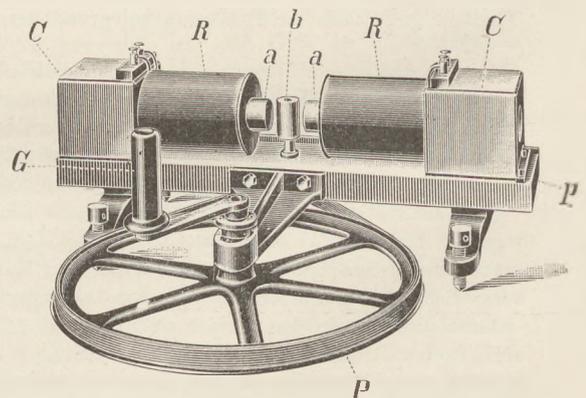


Fig. 2.

schonkel *RR* vermittelt der Eisenwürfel *C* je nach Bedarf in verschiedener Lage aufgelegt werden können, entweder so, daß die Achsen in einer Geraden liegen, oder daß sie (wie in der Figur) einen Winkel mit einander bilden, oder daß beide Achsen parallel zu einander, horizontal oder vertikal,

gerichtet sind. Als auswechselbare Polschuhe sind Schneiden, Spitzen und Flächen beigegeben; die Achsen der Eisenkerne sind bis durch die Würfel durchbohrt, um auch magnetisch-optische Versuche anstellen zu können. Die Rollen *R* haben für gewöhnlich 110 mm Durchmesser.

In Fig. 2 ist derselbe Elektromagnet mit einer Vorrichtung versehen, die zu einem bekannten Vorlesungsversuch dient. Mittelst Kurbel und Riemenantrieb *p* wird ein hohler Kupfercylinder *b*, der sich zwischen den Magnetpolen *a* befindet, in rasche Rotation versetzt. Durch die Erhitzung des Cylinders wird Schwefeläther, der sich in diesem befindet, zum Sieden gebracht und ein aufgesetzter Stopfen herausgeschleudert.

Soll der Elektromagnet grössere Dimensionen haben, so werden die Würfel der Gewichtsverminderung wegen durch Winkeleisen ersetzt, die sich bei coaxialer Lage durch Schraubenspindel und Kurbel verschieben lassen.

Für den Gebrauch der Augenärzte, zur Entfernung von Fremdkörpern von Stahl oder Eisen aus dem Augapfel, dient ein einziger, mit Boltzmannscher Spitze versehener Elektromagnet, der an einem Eisenwürfel befestigt und auf ein Universaldrehgestell gelagert ist. (Vergl. *E.T.Z.* 1900 Heft 39.)

### Correspondenz.

— Zu dem Aufsatz des Herrn Dr. F. KOERBER über die Abkühlung vertikal aufsteigender Luft im letzten Heft der Zeitschrift (*XIII* 330) hat Herr Prof. Dr. A. Schmidt, Vorstand der meteorologischen Centralstation in Stuttgart, eine längere Erwiderung eingesandt, die sich im wesentlichen gegen die von Herrn von Bezold in der *Meteorolog. Zeitschr.* 1898 gegebene Darstellung richtet. Eine Diskussion des Gegenstandes fällt ausserhalb des Rahmens unserer Zeitschrift. Wir müssen uns daher damit begnügen, auf eine Veröffentlichung von Prof. A. Schmidt hinzuweisen, die unter dem Titel „Das Wärme Gleichgewicht der Atmosphäre nach den Vorstellungen der kinetischen Gastheorie“ in den Beiträgen zur Geophysik von Gerland, Bd. 4 Heft 1 erschienen ist.

— Zu dem Bericht über K. ROSENBERGS einfachen Apparat für die Reflexion des Lichts (ds. *Zeitschr.* *XIII* 221) fügen wir auf Wunsch des Herrn Professors K. Fuchs in Kronstadt gern hinzu, dafs dieser dieselbe Vorrichtung bereits vor Jahren in dieser Zeitschrift kurz angegeben hat. Man vergl. ds. *Zeitschr.* *VII* 296. Der Apparat steht, wie Herr K. Fuchs mitteilt, seit etwa 15 Jahren in der Staatsmädchenschule zu Prefsburg.

Auch den von Herrn BIERNACKI (*XIII* 217) beschriebenen Apparat für die Bestimmung des Wärmeausdehnungscoefficienten des Quecksilbers hat Herr K. Fuchs schon vor vier Jahren durch K. Kis in Budapest für die Staatsoberrealschule in Arad anfertigen lassen und darüber ein Jahr später in Wien sowohl Herrn Prof. E. Maifs, wie der Firma Rohrbeck nähere Mitteilung gemacht.

### Zur astronomischen Tafel für 1901.

Genauere Angaben über die Entwicklung der astronomischen Tafel, über die Bedeutung der einzelnen Karten und ihre Benutzungsweise findet man in den früheren Jahrgängen, besonders in den beiden letzten. Wir beschränken uns diesmal darauf, folgende Änderung hervorzuheben.

In der Tabelle über die Anfänge der siderischen Monate in Karte VII war bisher Datum und Stunde astronomisch angegeben, so dafs der Tag erst mit Mittag (= 0<sup>h</sup>) begann und sich bis zum nächsten Mittag (= 24<sup>h</sup>) erstreckte. Dies ist für Nicht-Astronomen unbequem und verleitet zu Mißverständnissen. Wir werden daher von jetzt ab, wie es John Herschel auch den Astronomen zur Herbeiführung nützlicher Gleichförmigkeit empfiehlt, die Tage bürgerlich abgrenzen, die Zeit eines Tages von Mitternacht (= 0<sup>h</sup>) zu Mitternacht (= 24<sup>h</sup>) messen. Das steht in Übereinstimmung mit der, von Italien aus, sich Bahn brechenden Neuerung, die dort im bürgerlichen Leben schon allgemein gilt, in Belgien wenigstens in den Eisenbahnfahrplänen angewandt wird, und zu der auch das französische *Annuaire* übergegangen ist. Ihre Ausbreitung in Italien wurde offenbar begünstigt durch die Erinnerung an die frühere Gewohnheit, wonach man dort zur Zeit von Göthes Reise den mit dem Abend beginnenden Tag in eine nicht unterbrochene Reihe von 24 Stunden teilte.

Die für ein bestimmtes Datum ohne Stundenangabe dargestellten Planeten-Orter beziehen sich streng genommen wie früher auf den Mittag des betreffenden Tages.

Kürzlich hat SCHÜLKE darauf hingewiesen, daß die bekannten Boten-Aufgaben in der Algebra mit Nutzen durch Aufgaben über die Konjunktion der Planeten ersetzt werden können, daß ferner die wenn auch ungenaue Berechnung oder Bestimmung des geocentrischen aus dem heliocentrischen Ort und des letzteren aus den Planeten-Elementen einen großen Bildungswert in sich schliesse, besonders wegen der Prüfung an der Wirklichkeit zur Kräftigung des Sinnes für das Thatsächliche. Dabei wird auch die vorliegende Sternkarte erwähnt. Leider stehen jedoch in den Büchern die Planeten-Elemente immer als ein *Noli me tangere* genau wiederholt aus astronomischen Quellen mit der entlegenen Epoche 1850,0 (d. h. 31. Dez. 1849), so auch in Hegers neu erschienenen Logarithmen-Tafeln; in Jochmanns Physik stehen sie allerdings für 1880,0 entnommen aus dem Annuaire, aber mit irrthümlicher Erklärung des Begriffs der Epoche. Diese ist zu definieren als Länge des mittleren Planeten für den bestimmten Zeitpunkt.

Aufgaben der erwähnten Art erhalten erst ihre natürliche Einfachheit, wenn man an eine moderne Epoche anknüpft, es empfiehlt sich deshalb bei neuen Auflagen von Lehrbüchern dieses Element fortzuschreiben. Zu diesem Zweck kann die folgende Tabelle benutzt werden, für die Epoche 1901,0 (d. h. 31. Dez. 1900):

	Mittlere Länge 1901,0	Änderung in 365 d (U. = Umlauf)	Änderung in 366 d	Größter Abstand des mittleren und des wahren Planetens
Merkur . .	231,86°	4 U. 53,72°	4 U. 57,81°	22,7°
Venus . . .	207,54°	1 U. 224,79°	1 U. 226,39°	0,8°
Erde . . . .	99,46°	359,76°	1 U. 0,75°	1,9°
Mars . . . .	125,01°	191,29°	191,81°	10,7°
Jupiter . .	268,38°	30,35°	30,43°	5,5°
Saturn . . .	278,81°	12,23°	12,26°	6,4°
Uranus . . .	248,41°	4,30°	4,31°	5,3°
Neptun . .	87,21°	2,20°	2,21°	1,0°

Für die letzte Kolonne sind die Perturbationen unbeachtet geblieben. Diese können bewirken, daß Saturn sich um 1° von seinem elliptischen Ort entfernt.

In SCHÜLKES Tafeln und in KUNZES Kalender für das höhere Schulwesen Preussens findet sich bisher als Ersatz die Angabe der wahren Länge für ein modernes Datum. In KEWIRTSCH' 4stelligen Tafeln ist unter den Planeten-Elementen die Epoche nicht mit aufgenommen.

Zur Ergänzung der Karte II und IIa dienen folgende Tabellen:

Berlin $\frac{1}{2} T$	6 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	6 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	8 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	8 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	9 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>
$\delta$ ±	0°	6°	11°	16°	21°	25°	28°	31°
$w$ ±	0°	9°	19°	28°	36°	44°	52°	59°
$\rho$	4 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	6 <sup>m</sup>	7 <sup>m</sup>
$\Delta(\frac{1}{2}T)$ ±	0 <sup>m</sup>	1 <sup>m</sup>	2 <sup>m</sup>	3 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	6 <sup>m</sup>	8 <sup>m</sup>	11 <sup>m</sup>
$\Delta w$ ±	0°	0°	0°	1°	1°	1°	2°	2°

Wien $\frac{1}{2} T$	6 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	6 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	8 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	8 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	9 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>
$\delta$ ±	0°	7°	13°	19°	24°	29°	32°
$w$ ±	0°	10°	20°	29°	38°	46°	53°
$\rho$	4 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>
$\Delta(\frac{1}{2}T)$ ±	0 <sup>m</sup>	1 <sup>m</sup>	2 <sup>m</sup>	3 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	6 <sup>m</sup>	8 <sup>m</sup>
$\Delta w$ ±	0°	0°	0°	1°	1°	1°	2°

Hier bedeutet  $\delta$  die Deklination,  $w$  die Morgen- oder Abendweite (nördlich +, südlich —),  $\rho$  die Verfrühung des Aufgangs und die Verspätung des Untergangs durch die Refraktion, endlich  $d$  die Änderung, welche  $\frac{1}{2} T$  und  $w$  erleiden, wenn die geographische Breite des Beobachtungsortes um  $1^\circ$  wächst.

M. Koppe.

### Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

**Ostwalds Klassiker**, No. 114: Briefe über tierische Elektrizität von A. Volta, herausg. von A. J. von Oettingen. 162 S. M. 2,50. — No. 115: Versuch über die Hypsometrie, 1. Heft. Von H. B. de Saussure, herausg. von A. J. von Oettingen. 168 S. M. 2,60. Leipzig, W. Engelmann, 1900. — **H. Crew**, The Wave Theory of Light. Memoirs by Huygens, Young and Fresnel. New York, American Book Company. 1900. 164 S. — **E. Warburg**, Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. 5. verb. u. verm. Aufl. Tübingen, J. C. B. Mohr, 1901. 403 S. M. 7. — **H. Kayser**, Lehrbuch der Physik für Studierende. 3. verb. Aufl. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. 584 S. M. 11. — **M. Rudolphi**, Einführung in das physikalische Praktikum. Göttingen, Vandenhoeck u. Ruprecht, 1900. 136 S. geb. M. 3,20. — **H. Erdmann**, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 2. Auflage. Mit 287 Abbildungen, 1 Rechentafel und 6 farbigen Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. Geb. in Leinw. M. 15, in Halbf. M. 16. — **Felix B. Ahrens**, Anleitung zur chemisch-technischen Analyse. Mit 87 Abbild. Stuttgart, Ferd. Enke, 1901. 446 S. M. 9. — **J. Schmidt**, Über die praktische Bedeutung chemischer Arbeit. Stuttgart, Ferd. Enke, 1900. 63 S. M. 1,60. — **E. Knoevenagel**, Praktikum des anorganischen Chemikers. Leipzig, Veit & Co. 332 S. und 7 Tafeln, geb. M. 7,80. — **J. Russner**, Elemente der Experimental-Physik für höhere Lehranstalten. II. Teil. Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper, Wellenlehre. Mit 249 Abbild. Hannover, Gebr. Jänicke, 1900. 162 S. — **P. Siemon** und **E. Wunschmann**, Leitfaden für den physikalischen und chemischen Unterricht an höheren Mädchenschulen. Mit 191 Abbild. u. 1 Spektraltafel. Breslau, Ferdinand Hirt, 1901. 309 S. — **H. Baumhauer**, Leitfaden der Chemie, insbes. für landwirtschaftliche Lehranstalten. 2. Teil: Organische Chemie. 3. Auflage. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlg. 87 S. M. 1, geb. M. 1,35.

**Sonder-Abdrücke**: Der elektromagnetische Rotationsversuch und die unipolare Induktion. Von E. Hagenbach. Progr. zur Rektoratsfeier der Univ. Basel. — Le Rayonnement des corps noirs, par O. Lummer, Rapp. prés. au Congrès international de Physique à Paris 1900. — Experimentelle Bestimmung von Capillaritätskonstanten condensierter Gase, von L. Grunmach, Sitz. Ber. d. Berl. Akad. 1900. — Lufterlektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis zu Algier am 28. Mai 1900, von Julius Elster, Mem. della Soc. d. Spettroscopisti ital. XXIX, 1900. — Zur Formulierung des Trägheitsgesetzes, von H. Kleinpeter, Archiv f. systemat. Philos. VI, 4, 1900. — Über Relief Fernrohre und Entfernungsmesser von C. Zeiss, mitgeteilt von F. Becker, Schweiz. Zschr. f. Artill. u. Genie, 1900 No. 10.

**Preisverzeichnisse**: Pr. V. über physikalische Apparate und chemische Geräte von Meiser und Mertig in Dresden-N. — Prospekt über den stereoskopischen Entfernungsmesser, von Carl Zeiss in Jena. — Instrumentarium zur Demonstration der Versuche über elektrodynamische Repulsionen und Rotationen nach Elisha Thomson u. s. w. von Ferdinand Ernecke in Berlin. — Neues wohlfeiles Instrumentarium zur Demonstration der Versuche von Hertz über die Eigenschaften der elektrischen Wellen, von Ferdinand Ernecke in Berlin. — Induktoren und Funkentransformatoren System Klingelfufs, von Fr. Klingelfufs & Co. in Basel.

### Himmelserscheinungen im Februar und März 1901.

Vorbemerkung: Mit dem neuen Jahrgang treten in der Anordnung vorliegender Mitteilungen einige Änderungen ein, die nach Ansicht des Verf. ihre Benutzung etwas erleichtern dürften. Von der Anwendung abgekürzter Zeichen ist nach Möglichkeit Abstand genommen worden und beide äquatorialen Gestirnskoordinaten stehen jetzt jederzeit unmittelbar unter einander, wobei die Rektascension im Zeitmaß angegeben wird. In Bezug auf die Zeitangaben ist zu bemerken, dass der Tagesanfang im Sinne der bürgerlichen Rechnung auf Mitternacht gelegt ist, sodass die Datumangaben stets mit den im Leben gebräuchlichen übereinstimmen. Andererseits jedoch werden die Stunden, astronomischer und eisenbahntechnischer Gepflogenheit entsprechend, von  $0^h$  bis  $23^h$  durchgezählt, sodass sich die Unterscheidung von Nachm. und Vorm. erübrigt. Die Stunden unter  $12^h$  entsprechen dem Vormittage, solche von  $12^h$  bis  $23^h$  dem Nachmittage. Die Aufgangs- und Untergangszeiten der Gestirne beziehen sich auf den Parallel von Berlin, sind aber mittlere Ortszeiten, müssen also zur Verwandlung in mitteleuropäische Zeiten (M.E.Z.) noch durch Anbringung der Zeitdifferenz

gegen den mitteleuropäischen Meridian (Stargard) korrigiert werden. Geht also z. B. die Sonne am 4. Februar um 7<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> auf, so gilt dies für alle Orte des Parallels von Berlin als mittlere Zeit, die mitteleuropäische Aufgangszeit ist aber für Berlin 7<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> + 6<sup>m</sup>,4 = 7<sup>h</sup> 46<sup>m</sup>,4, für Hannover 7<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> + 21<sup>m</sup>,1 = 8<sup>h</sup> 1<sup>m</sup>,1, für Posen 7<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> - 7<sup>m</sup>,7 = 7<sup>h</sup> 32<sup>m</sup>,3. Für Orte nördlich (oder südlich) vom Berliner Parallel gelten die angegebenen Zeiten nur angenähert, da für diese natürlich der Sonnenaufgang im Sommer etwas früher (bezw. später), im Winter etwas später (bezw. früher) stattfindet als in Berlin. — Absolute Phänomene (Jupitertrabantenverfinsterungen, Mondfinsternisse und Mondphasen, Minima veränderlicher Sterne) sind in M.E.Z. angegeben. Verfinsterungen der Jupitertrabanten und Algol-Minima werden nur dann angegeben, wenn dieselben vor Mitternacht in Mitteldeutschland sichtbar sind, es bedeutet dabei E die Zeit des Eintritts, A diejenige des Austritts aus dem Schatten, während die Nummer des betr. Trabanten durch die römische Ziffer angegeben wird. Wer ausführlichere astronomische Angaben, insbesondere auch über veränderliche Sterne, zu erhalten wünscht, sei auf das „Annuaire“ verwiesen, das vom Bureau des longitudes alljährlich herausgegeben wird und für 1 fr. 50 cm. bei Gauthier-Villars in Paris zu beziehen ist.

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

	Februar					März						
	4	9	14	19	24	1	6	11	16	21	26	31
♄ { AR	21 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	22.24	22.53	23.15	23.26	23.23	23. 9	22.52	22.40	22.38	22.47	22.58
{ D	- 15 <sup>o</sup>	- 11 <sup>o</sup>	- 7 <sup>o</sup>	- 4 <sup>o</sup>	- 1 <sup>o</sup>	0 <sup>o</sup>	- 1 <sup>o</sup>	- 4 <sup>o</sup>	- 6 <sup>o</sup>	- 8 <sup>o</sup>	- 8 <sup>o</sup>	- 8 <sup>o</sup>
♀ { AR	19 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	20. 9	20.35	21. 0	21.26	21.50	22.14	22.38	23. 1	23.25	23.47	0.10
{ D	- 22	- 21	- 19	- 18	- 16	- 14	- 12	- 10	- 8	- 5	- 3	0
☉ { AR	21 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	21.30	21.50	22. 9	22.28	22.47	23. 6	23.24	23.42	0. 1	0.19	0.37
{ D	- 16	- 15	- 13	- 11	- 10	- 8	- 6	- 4	- 2	0	+ 2	+ 4
♂ { AR	10 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	10.44	10.38	10.30	10.23	10.15	10. 8	10.1	9.56	9.51	9.48	9.46
{ D	+ 12	+ 13	+ 13	+ 14	+ 15	+ 15	+ 16	+ 16	+ 17	+ 17	+ 17	+ 17
♃ { AR	18 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>		18.23		18.30				18.43		18.48	
{ D	- 23		- 23		- 23				- 23		- 23	
♄ { AR	18 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>					19. 0						
{ D	- 22					- 22						
☉ Aufg.	7 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	7.31	7.22	7.12	7. 1	6.50	6.39	6.27	6.16	6. 4	5.52	5.40
Unterg.	16 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	16.58	17. 8	17.17	17.27	17.36	17.45	17.54	18. 3	18.12	18.21	18.29
☾ Aufg.	18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	23.52	3.53	6.49	9. 5	13.46	19.28	—	3.49	6. 2	9.28	15. 5
Unterg.	7 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	9. 3	12. 4	18.17	—	4.33	6.29	8.29	13. 8	20. 0	1. 2	3.56
Sternzeit im mittl. Mittg.	20 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	21.15.23	21.35. 6	21.54.49	22.14.31	22.34.14	22.53.57	23.13.40	23.33.22	23.53. 5	0.12.48	0.32.31
Zeitgl.	+ 14 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup>	+ 14.25	+ 14.24	+ 14.6	+ 13.30	+ 12.38	+ 11.34	+ 10.19	+ 8.56	+ 7.28	+ 5.57	+ 4.25

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Febr. 8, 14 <sup>h</sup> März 10, 4 <sup>h</sup>	Febr. 15, 16 <sup>h</sup> März 16, 23 <sup>h</sup>	Febr. 22, 14 <sup>h</sup> März 24, 4 <sup>h</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
	im Februar	{ Abendstern, an 20. $\frac{3}{4}$ St.	uns.	Oppos. am 22.	Morgens zuletzt 1 $\frac{1}{2}$ St. sichtb.
im März	{ uns.	uns.	die ganze Nacht sichtb.	Morgens zuletzt 2 St. sichtb.	Morgens zuletzt 1 $\frac{3}{4}$ St. sichtb.

**Phänomene der Jupitermonde:** Da Jupiter nur morgens sichtbar ist, finden keine zu bequemere Zeit (vor Mitternacht) bei uns sichtbaren Verfinsterungen seiner Monde statt.

**Veränderliche Sterne:** Algol-Minima: Febr. 18, 21<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>; Febr. 21, 17<sup>h</sup> 59<sup>m</sup>; März 10, 22<sup>h</sup> 52<sup>m</sup>; März 13, 19<sup>h</sup> 41<sup>m</sup>.

**Bedeckungen** hellerer Sterne (1.—3,9. Grösse) durch den Mond finden im Jahre 1901 für Berlin nicht statt.

**Das Zodiakallicht** ist im Februar am Abendhimmel gut sichtbar.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

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

# Die scheinbaren Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1901

bezogen auf das Koordinatensystem der Ekliptik.

## I. Tierkreisgürtel

Orter der Sonne ☉  
(Intervall 8 Tage)

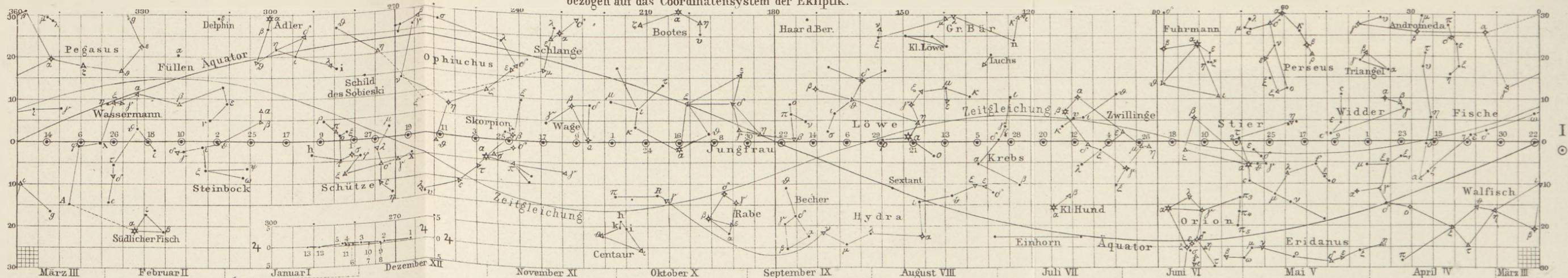
Zeitgleichung

Sterngrößen

★ ◆ △ ·  
1 2 3 4

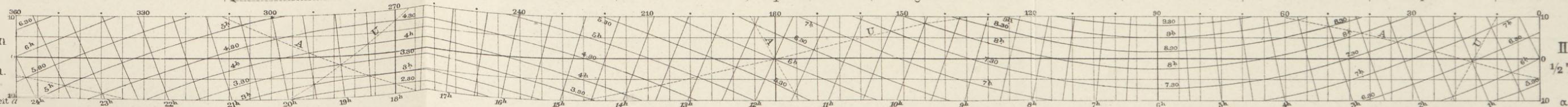
Jupiter ♃

(Intervall 32 Tage)



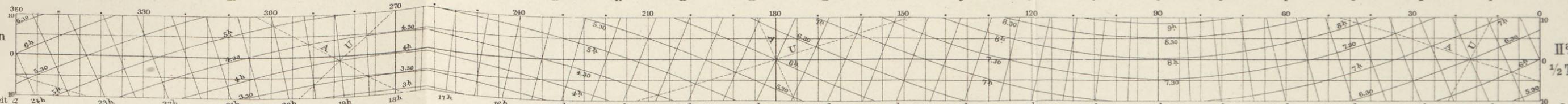
## II. Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Berlin. 1/2 T.

Culmination nach Sternzeit



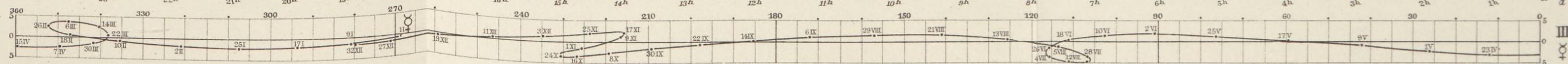
## IIa Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Wien. 1/2 T.

Culmination nach Sternzeit



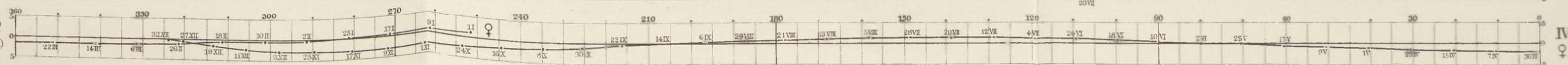
## III. Merkur ☿

(Intervall 8 Tage)

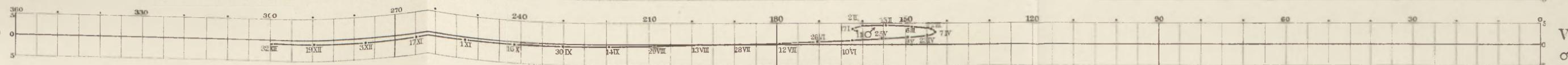


## IV. Venus ♀

(Intervall 8 Tage)



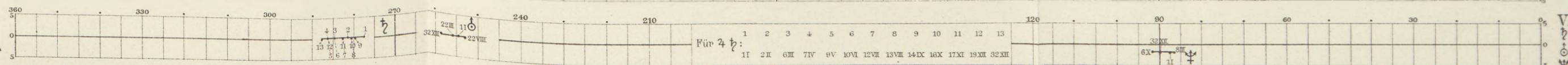
## V. Mars ♂ (16 Tage)



## VI. Saturn ♄

(32 Tage)

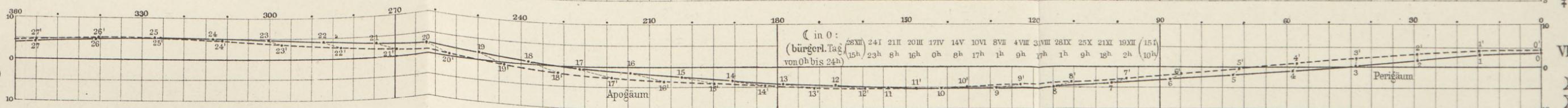
Uranus ♅ Neptun ♆



## VII. Mond ☾

(Intervall 1 Tag)

(Mond 1900 ☾')



## VIII. Stellung von Merkur und Venus relativ zur Sonne. (Intervall 16 Tage) Doppelter Maßstab.

