

# Zeitschrift

für den

## Physikalischen und Chemischen Unterricht.

X. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1897.

### Abänderungen einiger chemischer Fundamentalversuche zur Untersuchung der Luft.

Von

O. Ohmann in Berlin.

Die Untersuchung der atmosphärischen Luft auf Grund der Aschenbildung der Metalle bildet einen so fruchtbringenden Bestandteil der methodischen Einführung in die Chemie, daß es immer von neuem geboten erscheint, die vorhandenen Versuche zu prüfen und nach Ergänzungen oder Verbesserungen derselben zu suchen. Dabei stellt sich heraus, daß die ganze Untersuchung mit ihren Unterabteilungen: 1. Verbrennung von Metallen an der Luft, 2. Nichtstattfinden der Aschenbildung bei Abschlus der Luft, 3. Schwererwerden des sich oxydierenden Metalles, 4. Veränderung bezw. Verminderung einer abgeschlossenen Luftmenge infolge von Aschenbildung u. s. w. — in den Lehrbüchern noch keineswegs die logische Durcharbeitung und Unanfechtbarkeit der Versuche besitzt, wie dies z. B. bei einzelnen abgegrenzten Gebieten des physikalischen Pensums bereits der Fall ist. Beispielsweise befriedigt auch die ARENDTSche Darstellung (*Anorg. Chem.* 1894, S. 6) nicht in dem 2. der oben erwähnten Punkte. Ferner ist es eine Lücke, die sich jedesmal von neuem fühlbar macht, daß man die Aschenbildung des Quecksilbers nicht in einem brauchbaren Schulversuch vorführen kann; weder der in ARENDTS „Technik der Experimentalchemie“ (1881, § 11a), noch der von M. ROSENFELD (diese Zeitschr. VI 196) angegebene Versuch sind hierzu geeignet. Die nachstehend mitgeteilten Versuche können diese besonderen Lücken allerdings auch nicht ausfüllen; sie sollen nur einige Unvollkommenheiten des erwähnten Complexes von Versuchen — die im eigentlichen Sinne Fundamentalversuche darstellen — beseitigen und zu weiteren Verbesserungen anregen.

Das Eisenpulver (*ferrum pulveratum*) findet im nachstehenden eine besonders ausgiebige Verwendung. Einmal bildet dasselbe ein vorzügliches Material für viele chemische und physikalische Versuche; ferner hat es gewisse Vorteile, verschiedenartigen Versuchen immer denselben Körper zu Grunde zu legen. Hiermit soll nicht empfohlen werden, andere Metalle auszuschließen; dieselben sind vielmehr zu Parallelversuchen, besonders wenn es sich um die allgemeine Erscheinung der Aschenbildung handelt, öfters heranzuziehen.

Das ebenfalls häufig verwendete Asbestpapier bezw. die Asbestpappe wird zweckmäßig vor dem Gebrauch erst über einer Bunsenflamme ausgeglüht; es verdampfen einige Stoffe, die der Masse noch von der Fabrikation her anhaften. Eine Asbestpappe von 27 g z. B. gab nach dem Glühen einen Gewichtsverlust von 0,9 g. Das Asbestpräparat wird zwar hierdurch etwas spröder, doch ist jede nachträgliche Dampfbildung vermieden. Zum Einleiten verschiedener Prozesse bediene man sich einer glühenden Stricknadel (vergl. diese Zeitschr. VIII 366), zu der man aus Draht

einen Fufs, etwa von beistehender Form (Fig. 1), anfertigt. Man halte wenigstens zwei solcher Nadeln in Bereitschaft.

1. Einfache Verbrennung des Eisens an der Luft. *a)* Diese geschieht am besten durch den Versuch, der gewöhnlich erst vorgenommen wird, wenn die Ge-

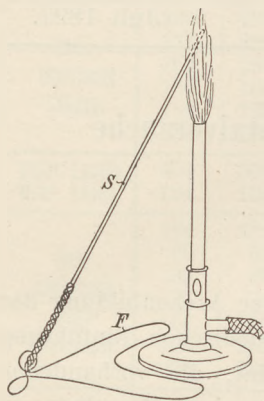


Fig. 1.

wichtszunahme zu constatieren ist: durch die Verbrennung von Eisenpulver am Magneten. Der möglichst kräftige Hufeisenmagnet werde in ein Stativ gespannt und das in eine Porzellanschale geschüttete Eisenpulver nicht unmittelbar, sondern unter Zwischenschaltung eines Streifens Asbestpapiers appliziert. Hierdurch wird einer lästigen Verunreinigung des Magneten vorgebeugt, auch wird die Erhitzung desselben — die indessen den Magnetismus nicht nennenswert schwächt — etwas gemindert. Man Sorge, dass zwischen beiden Polen eine Brücke entsteht, nötigenfalls durch Darunterhalten und vorsichtiges Zurückgehen irgend einer Handhabe, auf der sich das Eisen befindet, und entzünde nur eine feine Spitze mit der glühenden Stricknadel. — *b)* Am Elektromagneten, an dem sich mit Leichtigkeit eine Menge von 30 bis 50 g Eisen-

pulver anbringen lässt, gestaltet sich die Verbrennung zu einem ziemlich glänzenden Vorlesungsversuch. Um die Tragfähigkeit nicht zu weit herabzusetzen, wähle man das Asbestpapier — das hier nötiger ist, als beim gewöhnlichen Hufeisenmagneten — so knapp, dass es die Pole nur wenig überragt. Nachdem die Masse äusserlich abgebrannt ist und nur noch innen dunkel glüht, öffne man den Strom und lasse das Ganze auf eine daruntergelegte Asbestpappe fallen; das Eisen gerät von neuem in Glühen, da bei der Verbrennung am Magneten die inneren Partien nicht von der Oxydation ergriffen werden. — Bemerkenswert ist der grosse Unterschied in der Magnetisierbarkeit von kompaktem Eisen und Eisenpulver. Ein gröfserer Elektromagnet trug bei Anwendung eines einzelnen Chromsäure-Elementes am Anker eine Belastung von 21000 g, von pulverförmigem Eisen nur ca. 40 g, obgleich eine Brücke zwischen den Polen vorhanden war, die gewissermassen dem Anker entspricht. Ähnlich trug ein Hufeisenmagnet mittlerer Gröfse mit Anker eine Belastung von 446 g, vom Eisenpulver nur 8,7 g.

Ein Analogon hierzu ist die geringe Leitungsfähigkeit des Eisenpulvers. Wie in dieser Ztschr. X 105 berichtet, untersuchte C. FROMME (*Wied. Ann.* 58, S. 96, 1896) die von BRANLY gefundene Erscheinung, dass Metallfeilspäne, die im allgemeinen den Strom fast gar nicht leiten, eine hohe Leitungsfähigkeit erhalten, sobald sie durch einen Funkenstrom elektrisch bestrahlt werden. Bei Eisenpulver ist nun diese Leitungsfähigkeit beträchtlich geringer als bei Feilspänen. Bringt man z. B. das Eisenpulver in eine Glasschale (Krystallisationsschale), die vor der Influenzmaschine aufgestellt ist, hängt den einen Pol des Leitungsdrahtes — der mit einem gewöhnlichen Zeigergalvanometer und einem Tauchelement verbunden ist — über den Rand fest ein (durch entsprechendes Umbiegen des Drahtes), dreht man ferner mit der rechten Hand die Influenzmaschine und bringt mit der linken den anderen Pol ins Eisenpulver, so erfolgt trotz der Bestrahlung nicht eher ein Ausschlag, als bis man den Pol auf wenige cm dem eingehängten genähert hat; der Ausschlag ist auch viel schwächer als bei Feilspänen.

Es mag bei dieser Gelegenheit noch darauf hingewiesen werden, dass Asbest selbst ein wenig magnetisch ist, was bereits 1778 von BRUGMANS angegeben und neuer-



dings von SWINTON und BLEEKRODE wieder untersucht wurde (vgl. *Nat. Rdsch.* 40, 1895). Auch am Asbestpapier läßt sich diese Eigenschaft noch erkennen: man stelle sehr kleine Schnitzel davon her und nähere die Pole eines stärkeren Magneten. — c) Auf dickeres Asbestpapier werden 10 bis 15 g Eisenpulver geschüttet und mit der Messerspitze sternförmig ausgebreitet, um der Luft freien Zugang zu gestatten. Die so vorbereitete Masse wird vom Rande des Tisches aus auf die wagerecht gehaltene Fläche *a* (Fig. 2) eines Drahtnetzes geschoben, dem man die beistehend im Profil ange-deutete Biegung (der Demonstration wegen) erteilt hat. Man entzünde mit der glühenden Stricknadel gleichzeitig an ein paar Stellen, da die Oxydation zuerst ziemlich langsam um sich greift; das Glühen ist im ganzen nicht sehr hell, indessen auch von weitem deutlich sichtbar.

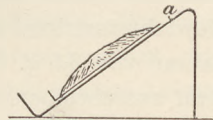


Fig. 2.

2. Erhitzen eines Metalles bei Luftabschlufs. Ein Erhitzen in der Atmosphäre eines unbekanntem indifferenten Gases (z. B. Wasserstoff) ist für einen streng induktiven Gang ausgeschlossen. Das Erhitzen im Vakuum wäre das Vollkommenste, ist aber mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Einstweilen möge als Ersatz der nachfolgende einfache Versuch dienen. — a) Man schneide mit der Schere aus einer Rolle dünn gewalzten Kupfers — das verwendete zeigte einen lebhaften Glanz, tadellose Glätte und eine solche Stärke, daß ein Stück von 10 cm : 24 cm 6 g wog — ein rechteckiges Stück von etwa 12 cm : 15 cm, falte dieses quer, ähnlich wie einen Fidibus, so daß das Ganze in etwa 10 Faltstreifen geteilt wird von 12 cm Länge und durchschnittlich 1,5 cm Breite. Man stelle besonders die ersten Falten recht fest her, so daß die Metallflächen ganz eng ohne Luftschicht aneinander liegen, was bei der vorzüglichen Beschaffenheit des Materials leicht ausführbar ist. Die Ecken kippe man noch mit der Zange fest um, um die Luft auch hier möglichst abzuschließen. Das Ganze wird in der Bunsenflamme mehrere Minuten geglüht. Nach dem Erkalten (auf einer Metallplatte) entfaltet man und beobachtet im Innern die unversehrt glänzenden Flächen. — b) Man falte von derselben Kupferfolie ein Stück von etwa 10 cm : 24 cm in der Mitte einmal, so daß eine Fläche von 10 : 12 entsteht. An jeder der drei offenen Seiten bringt man noch 2 bis 3 festaneinanderliegende schmale Falten an und glüht das Ganze. Es ist hier noch augenscheinlicher, daß die inneren der Luft nicht zugänglichen Flächen von der ganzen Hitze der Bunsenflamme erfasst werden. Beim Entfalten zeigen die inneren Flächen den ursprünglichen Glanz.

3. Gewichtszunahme bei der Verbrennung. a) Für diesen Zweck kann der Versuch 1c unmittelbar wiederholt werden; man tariert das vorbereitete Gestell ab und entzündet nur an einer Stelle, wobei man durch Drehen der Stricknadel sorgt, daß nichts vom Eisenpulver haften bleibt. Der Versuch führt immer zu einem günstigen Resultat, auch bei einer Wage von geringer Empfindlichkeit. Der übliche Versuch mit dem Hufeisenmagneten ist nur dann lohnend, wenn die Empfindlichkeit der Wage und die Schwere bzw. Tragfähigkeit des Magneten in einem günstigen Verhältnis stehen, so daß die Wage ganz zum Sinken kommt. (Derartige Wiederholungen eines Versuches braucht man nicht zu vermeiden, sie sind vielmehr nützlich, weil dabei die Beobachtung auf eine andere Seite derselben Erscheinung gelenkt wird.) — b) Die Beträchtlichkeit der Gewichtszunahme tritt noch überzeugender in folgendem Versuche hervor. Eine dünne, aber genügend standfeste Asbestpappe von etwa (12 cm)<sup>2</sup> Fläche wird ausgeglüht, abtariert und mit einer größeren Menge Eisenpulver, etwa 30 g, beschüttet; letzteres wird mit wenigen Strichen der Messerschneide auf der Oberfläche in gleichmäßig dünner Schicht verteilt unter Aussparung eines ge-

nügenden Raumes, um das Ganze mit der Tiegelzange sicher zu fassen. Man bringt nun diese Masse über eine Bunsenflamme, beginnt mit dem Erhitzen an einer Ecke, wo sich alsbald ein ziemlich lebhaftes Glühen kundgibt, und kommt der um sich greifenden Oxydation durch allmähliches Vorrücken der Erhitzung zu Hülfe. Bringt man das Ganze danach auf die Wage, so kommt dieselbe sofort zum Sinken, da die Gewichtszunahme mehrere Gramm beträgt. Bei 28 g Eisenpulver erfolgte eine Zunahme von 3,5 g. Man mag die Gewichtszunahme in Grammen constatieren und die Zahl aufschreiben lassen, um später nach Auffindung des Sauerstoffes darauf hinzuweisen, daß mehr als 2 Liter davon zu dem Prozeß erforderlich waren. Die Oxydation ist übrigens auch bei lebhaftem Erhitzen keine durchgreifende. Im Mörser zerstoßen, haftet noch das Meiste am Magneten; indessen führt ein erneutes längeres Erhitzen der zerstoßenen Masse auf der Asbestpappe zu keiner weiteren Gewichtszunahme, trotzdem ein Verstreuen in eine wagrecht gehaltene Bunsenflamme beweist, daß noch große Mengen unverbrannten Eisens in dem Produkt enthalten sind.

Die Anordnung des letzten Versuches (3b) läßt sich übrigens noch nach einer anderen Richtung hin ausnutzen. Gewöhnlich werden aus der Vermutung, daß die Luft die Ursache der Aschenbildung sei, nur die eingangs (unter No. 2, 3, 4) erwähnten drei Folgerungen gezogen. Hierzu könnte noch eine vierte gefügt werden, nämlich: daß die Aschenbildung bezw. die Verbrennung bei vermehrter Luftzufuhr gesteigert werden müßte. Diese Folgerung läßt sich in nachstehender Weise bestätigen. Man bringe eine rechtwinklig gebogene Glasröhre durch einen längeren Kautschukschlauch mit dem Gebläse in Verbindung und leite freihändig Luft auf die erhitzte, in Oxydation befindliche Eisenmasse. Überall wo die Luft auftritt, wird ein deutlich verstärktes Glühen sichtbar. Man kann auch mit gleichem Erfolge durch eine längere Glasröhre Atemluft darauf blasen (in letzterer sind bekanntlich noch reichliche Mengen Sauerstoff); dies ist zwar einfacher, doch weniger einwandfrei, — man muß denn das Hauptgewicht auf den Umstand legen, daß durch den Luftstrom die benachbarte Luft in beträchtlichem Maße mitgerissen wird.

4. Veränderung einer abgeschlossenen Luftmenge infolge einer Verbrennung. a) Da der übliche Versuch mit den Kupferspänen im Verbrennungsröhr ziemlich umständlich ist, so hat man schon mehrfach nach Ersatzversuchen gefahndet (vergl. Fr. C. G. MÜLLER, diese Ztschr. IV 256, R. LÜPKE, diese Ztschr. VI 287; bezüglich der Verwendung von Phosphor sowie weiterer historischer Bemerkungen zu diesem Fundamentalversuche vergl. F. POSKE, diese Ztschr. I 213). Hierbei zeigt es sich meist als ein Übelstand, daß der Stickstoff, — auf dessen Auffindung es bei diesem Versuche vornehmlich ankommt, — wegen der Rauchbildung bei der Verwendung von Mg oder Na, als ein wenig klarer Körper erscheint. In dieser Hinsicht wenigstens dürfte der nachfolgende Versuch allen Wünschen entsprechen.

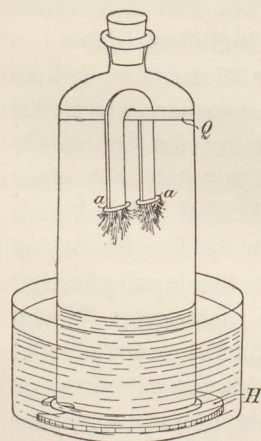


Fig. 3.

a) In eine tubulierte Rezipientenglocke, Fig. 3, (oder größere Flasche ohne Boden) bringe man einen nicht zu kleinen Hufeisenmagneten an, indem man ein passendes Querholz Q von Bleistiftstärke zurechtschneidet und dasselbe mit übergelegtem Magneten oben in der Glocke festklemmt. Hierauf versieht man den Magneten mit Eisenpulver, das man in einer Porzellanschale zuführt; vom Asbestpapier verwende man zwei so kleine Stücke (a), daß sie nur wenig die Polflächen



überragen. Die so vorbereitete Glocke stellt man auf die Brücke der Wasserwanne, deren Wasser gefärbt ist, oder in ein sonstiges Wassergefäß, breitet indessen noch eine dünne geeignete Holzplatte *H* unter (um den Folgen eines etwaigen Herabstosfens des Magneten vorzubeugen). Nun fährt man mit einer glühenden Stricknadel durch den Hals der Flasche vorsichtig nach dem Eisenpulver, bestreicht etliche Spitzen beider Pole, zieht schnell heraus und verschließt die Flasche mit einem Kautschukpfropfen. Das Eisen glüht mit bald abnehmender Lebhaftigkeit, das Wasser steigt zuerst langsam, und es ist nützlich, durch Auflegen eines mit Wasser oder Alkohol getränkten Leinentuches die Erwärmung der Flasche und des Luftinhaltes auszugleichen. Aber selbst hiernach erscheint das Fünftel in der Absorption nicht ganz erreicht. Dafür ist aber die Luft innen von vollkommener Klarheit und ein brennender Spahn erlischt darin sofort. Bevor man öffnet, stellt man erst gleichen Druck her, indem man soviel Wasser nachgießt, daß das Niveau außen und innen gleich ist. Es ist wohl nicht nötig, zu erwähnen, daß man als Gegenversuch zeigen wird, daß ein brennender Spahn, den man in eine andere Flasche mit viel engerem Halse einführt, nicht erlischt. Zum Nachweis der Veränderung einer abgeschlossenen Luftmenge, d. h. zur Auffindung des Stickstoffs, erscheint der Versuch besonders geeignet; da er auch die Verminderung der Luft deutlich zeigt, so dürfte er in dem Gange der Luftuntersuchung ausreichen. Man wird ihn später, sobald der Phosphor bekannt wird, durch den üblichen Absorptionsversuch ergänzen.

*b)* Wer den Versuch mit Natrium (vgl. Fr. C. G. MÜLLER a. a. O.) ausführen will — obgleich bei einem rationell-induktiven Lehrgange das Natrium schwerlich vor Untersuchung der Luft bekannt sein wird —, dem sei folgende Abänderung empfohlen. Die Anordnung ist ähnlich wie beim Phosphorversuch: *Na* (statt *P*) in flacher Porzellanschale, die auf schwimmender größerer Korkplatte mittels ein wenig Plastilina (Modelliermasse der Bildhauer) festgestellt wird; hierüber wird eine Flasche ohne Boden gestülpt. Nun hält man (als Ersatz der glühenden Stricknadel) zwei 25 cm lange Abschnitte einer etwa 1 cm starken Eisenstange (wie man sie für Fenstervorhänge in jeder Eisenhandlung erhält) glühend in Bereitschaft, fährt mit der einen durch den Hals der Flasche zum Natrium, das — selbst als größeres Stück — in wenigen Sekunden schmilzt, und nimmt, falls die Entzündung noch nicht eintritt, auch das zweite glühende Stück zu Hülfe. Nach dem Verschließen tritt die Absorption hinreichend ein. Sehr störend ist bei der Verwendung von Natrium die starke Rauchbildung.

5. Verbrennung von Eisen in Sauerstoff. *a)* Den Versuch mit der Uhrfeder oder einem Eisendraht wird man wegen der lebhaften Energie des Vorganges im Unterricht nicht übergehen. Nichtsdestoweniger ist das Ergebnis desselben in chemischer Hinsicht ziemlich dürftig: Das Endprodukt ist ein schwacher Anflug an der Wandung, den man sogar im Interesse des Gefäßes bald entfernen muß. Es ist daher der weiter unten folgende Parallelversuch (*b*) mehr zu empfehlen. Vorerst seien einige Abänderungen zum Uhrfederversuch angegeben. — Statt an dem unteren Ende Feuerschwamm (oder Holz, nach LUBARSCHE: „Technik des chemischen Unterrichts“, 1889, S. 25) zu befestigen und diesen glimmend einzuführen, genügt es, dasselbe mit einem festangedrückten Kügelchen Plastilina von der Größe einer Linse zu umhüllen. Das andere Ende (*u*, Fig. 4) führt man mittels Federmesserschlitz durch eine Asbestpappe *a* von nebenstehender Form, biegt es um (nach Ausglühen an der betreffenden Stelle) und

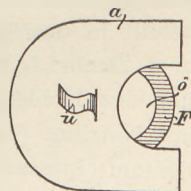


Fig. 4.

bringt die so gehaltene Uhrfeder in die Flasche *F*, indem man noch eine Öffnung *o* freilässt. Dies alles kann vorbereitet werden. Der Versuch selbst besteht dann nur darin, dass man das Plastilina mit der glühenden Stricknadel berührt und die Asbestpappe noch mehr über die Öffnung schiebt. Wer nicht Plastilina zur Hand hat, kann das untere Ende auch mit Wachs versehen; dieser und noch einige andere Körper sind gleichfalls Zünder für das Eisen in Sauerstoff, wenn sie mit der glühenden Stricknadel berührt werden. Es genügt übrigens, den Sauerstoff für diesen Versuch durch ein bis auf den Boden der Flasche reichendes Glasrohr, ähnlich wie Chlor, einzuleiten, — der glimmende Spahn zeigt ziemlich genau an, wann die Flasche ganz gefüllt ist. — *b*) Auf die ebene Glasplatte *P* (Fig. 5) stelle man einen niedrigen Dreifuss (oder ähnliches Gestell), auf den man das zu Versuch 1 *c* verwendete Drahtnetz *D* mit Asbestpapier und Eisenpulver (14 g) bringt. Dem Dreifuss breitet man noch eine Scheibe Asbestpapier unter genau von der Grösse der unteren Öffnung der

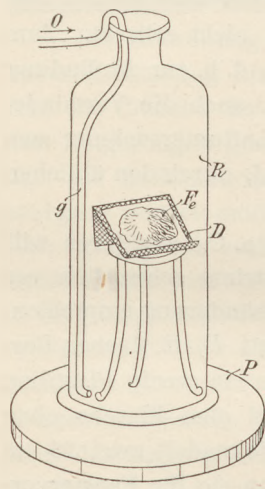


Fig. 5.

Rezipientenglocke *R*, deren unterer Rand noch gefettet wurde. Nachdem man letztere übergestülpt, bringt man das mit dem Gasometer verbundene Glasrohr *g* hinein und leitet Sauerstoff ein. Hierauf berührt man mit der glühenden Stricknadel das Eisenpulver und deckt noch die Asbestpappe vom vorigen Versuch darüber. Die Glasröhre *g* kann man belassen und während der Verbrennung noch weiter *O* zuführen. Es entsteht ein intensives aber ruhiges Glühen, ohne dass ein Umhersprühen der Masse stattfindet, so dass sich das Produkt unmittelbar zur Beobachtung eignet. Man kann die beträchtliche Gewichtszunahme feststellen, doch ist der Versuch leider nicht zu einer quantitativen Bestimmung bezüglich der Atomgewichte verwendbar. — Die geschilderte Vorrichtung kann noch zu weiteren Verbrennungen dienen. Giebt man auf das Drahtnetz — das in diesem Fall besser durch ein horizontal liegendes zu ersetzen ist — z. B. einen Bausch von Blatt-

aluminium, appliziert an einer geeigneten Stelle in demselben eine erbsengroße Menge des Gemisches von Eisenpulver und Schwefel (das vorrätig zu halten ist), so findet, wenn man die letztere — nach Überstülpen der Glocke und Einleiten von *O* — durch die Stricknadel entzündet, die Oxydation des Metalles in glänzender, explosionsartiger Weise statt.

6. Zersetzung der Kohlensäure. Der nächste Versuch gehört nicht mehr zum gewöhnlichen Gange der Untersuchung der Luft, steht aber in so enger Beziehung zu ihr, dass seine Mitteilung in diesem Zusammenhange gerechtfertigt erscheint.

Über die Reduzierbarkeit von Sauerstoffverbindungen durch Magnesium liegen eine größere Reihe von Versuchen vor, so von L. GATTERMANN und Cl. WINKLER, mitgeteilt in den Ber. d. chem. Gesellsch. 1889 bis 1891 (vgl. die ausführlichen Berichte in d. Ztschr. II 252 und V 146). Unter den letzteren befindet sich auch die Reduktion des Kohlenstoffdioxides. Als Schulversuch wird diese Zersetzung gewöhnlich mit Natrium (ARENDR, Technik §. 98) oder mit Magnesiumband (ebenda) oder mit Kalium (LUBARSCHE, Technik S. 137) ausgeführt. In allen drei Fällen ist das wesentliche Resultat, das Auftreten schwarzer Kohlenstoffmassen, nur unvollkommen wahrzunehmen. Auf die WINKLERSCHEN Versuche wurde ich erst nachträglich aufmerksam; ein Vergleich mit der Originalabhandlung (Ber. d. Ch. G. 23<sub>2</sub> S. 2644) ergab, dass der daselbst zur Reduktion der Kohlensäure ausgeführte Versuch sich wenig zur Demon-



stration eignet — welcher Zweck ihm allerdings auch fernliegt; W. erhitzt das Magnesium in einem Schiffchen im strengflüssigen Glasrohr bis zur Rotglühhitze, wobei am Metall erst noch Farbenänderungen beobachtet werden. Der nachstehende, mit den einfachsten Mitteln ausführbare Versuch wird daher nicht überflüssig sein.

Eine gröfsere Flasche ohne Boden (*F*, Fig. 6) wird in umgekehrter Stellung in einem Stativ befestigt und unten durch einen Kork mit Glasröhre verschlossen, durch welche letztere aus einem Kippischen Apparat Kohlensäure hinzugeleitet wird. Die Flasche ist mit einer Glasplatte zunächst nicht völlig bedeckt. Innen ist ein niedriges Gestell eingesetzt. Man schüttet nun auf ein Stück Asbestpappe (*a*) bis 3 g Magnesiumpulver, legt an den Rand der Masse ein Stückchen ( $\text{cm}^2$ ) Salpeterpapier, auf das man eine winzige Menge Magnesiumblitzpulver schüttet — Materialien, wie sie beim Photographieren Verwendung finden —, bringt das Ganze in die Flasche, in die dauernd Kohlensäure (aus einer Gasentwicklungsflasche, nicht aus einer Bombe) geleitet wird, — überzeugt sich noch durch den brennenden Spahn, ob die Flasche bis oben hin mit  $\text{CO}_2$  gefüllt ist und berührt nun das Salpeterpapier mit der glühenden Stricknadel, worauf man die Flasche völlig bedeckt. Statt dessen kann man auch das Magnesium an der Luft mittels hellglühender Stricknadel entzünden und rasch mit der Hand oder besser an einer improvisierten Hängevorrichtung aus Draht einführen. — Das Magnesium verbrennt ziemlich lebhaft auf Kosten des Sauerstoffs der Kohlensäure, die zu freiem Kohlenstoff reduziert wird. Die erkaltete ziemlich festgewordene Masse sieht weifslich aus; dies rührt jedoch nur von einer dünnen oberflächlichen Schicht Magnesiumoxydes her; denn zerbricht man die Masse jetzt, so zeigt sich das ganze Innere gleichmäfsig schwarz, von einer überraschenden Tiefe der Färbung, als hätte man es mit einem Stück reinster kompakter Kohle zu thun.

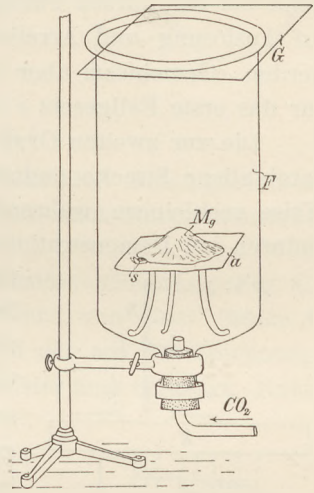


Fig. 6.

Zu einer quantitativen Bestimmung läfst sich der Versuch nicht ausnutzen. Die Gewichtszunahme ist zwar erheblich, und es verlohnt, dieselbe nachzuweisen, doch wird die theoretische Gröfse nicht erreicht. 2,4 g *Mg* gaben eine Zunahme von 1,4 statt 2,2 g. Die Oxydation ist also auch hier keine durchgreifende; beim Verstreuen der schwarzen Masse in die wagrecht gehaltene Bunsenflamme zeigt sich daher noch ein sporadisches Aufleuchten, doch ist im Innern der Masse mit dem Auge nichts von metallischem oder verbranntem Magnesium zu erkennen.

## Eine selbstschreibende Atwoodsche Fallmaschine.

Von

Dr. K. Schreber, Privatdozent in Greifswald.

1. Eines der ersten Gesetze, welches in der Physik abzuleiten und zu demonstrieren ist, ist das Gesetz des freien Falles. Der direkte Nachweis desselben ist schwierig, weil die Erdbeschleunigung zu grofs ist. Man hat deshalb besondere Apparate, die sogenannten Fallmaschinen gebaut, welche, der Zahl der unabhängigen Veränderlichen entsprechend, in 2 Gruppen geteilt werden können. Die zur ersten

Gruppe gehörigen Apparate haben das Gemeinsame, daß die Erdbeschleunigung direkt zur Wirkung gelangt, dafür aber die Zeiteinheit sehr klein genommen wird. Derartige Fallmaschinen sind die mit sehr feinen, elektromagnetisch auslösbaren Chronoskopen versehenen Apparate, die Mönnichsche Fallmaschine, die fallende schwingende Stimmgabel u. s. w.<sup>1)</sup> Von diesen verdient wohl die meiste Beachtung die Maschine von Mönnich, denn die schwingenden Stimmgabeln setzen die meist noch nicht vorgetragenen Gesetze der Wellenlehre voraus, und die Chronoskope müssen, wenn bei der kurzen Fallzeit die Beobachtung hinreichend genau sein soll, in Bezug auf Auslösung und Arretierung sehr präzise gearbeitet sein, sodaß sie sehr teuer werden. Gemeinsam aber haben alle drei Arten dieser Gruppe den Nachteil, daß sie nur das erste Fallgesetz  $s = g/2 t^2$  zu demonstrieren gestatten.

Die zur zweiten Gruppe gehörigen Fallmaschinen machen die in der Zeiteinheit durchfallene Strecke dadurch meßbar, daß sie die Erdbeschleunigung in meßbarer Weise verkleinern, während sie als Zeiteinheit die Sekunde beibehalten. Sie erzielen dadurch bei Demonstrationen den Vorteil, daß das Auditorium den Fall leichter verfolgen kann.

Außerdem aber ermöglichen sie noch den Nachweis des zweiten Gesetzes  $v = g t$ . Die beiden hier benutzten Prinzipien sind ausgeführt in der Fallrinne von Galilei und der Fallmaschine von Atwood. Beiden gemeinsam ist die bequeme willkürliche Änderung des zur Wirkung gelangenden Bruchteiles der Erdbeschleunigung; im Vorteil ist aber die Atwoodsche Fallmaschine, weil sie das zweite Gesetz ohne Unstetigkeit in der Richtung und damit ohne Stoß nachzuweisen gestattet, und weil sie außerdem den in dasselbe Kapitel der Physik gehörenden Nachweis der Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung giebt.

Einen Nachteil aber hat die Atwoodsche Fallmaschine, allerdings gemeinsam mit den meisten anderen Fallapparaten — ausgenommen sind nur die Mönnichsche Fallmaschine und die fallenden Stimmgabeln —, nämlich das Experimentieren ist recht umständlich, weil die zu jeder gewählten Zeit gehörige Fallstrecke durch einen eignen Fallversuch ermittelt werden muß, und zur Darstellung der Gesetze eine große Anzahl von Fallstrecken gehört.

2. Ich habe versucht, diesem Übelstande abzuhelpen und dazu das von Mönnich benutzte Prinzip des Aufschreibens auf die Atwoodsche Fallmaschine übertragen. Diese selbstschreibende Atwoodsche Fallmaschine hat folgende Form:

Auf dem vom 2 bis 2½ m hohen Stativ *A* (Fig. 1) getragenen Kopfbrett *K* ruht auf Friktionsrädchen (in der Zeichnung weggelassen) das Fadenrad *R*. Am Stativ *A* ist die Meßplatte *L* befestigt, welche auf der dem Auditorium zugekehrten Seite eine Teilung in cm, auf der entgegengesetzten eine solche in mm trägt, und an welcher der Abhebetisch *T* verschoben werden kann. Die Platte dieses Tisches (Fig. 2) besteht aus einem nahezu voll-

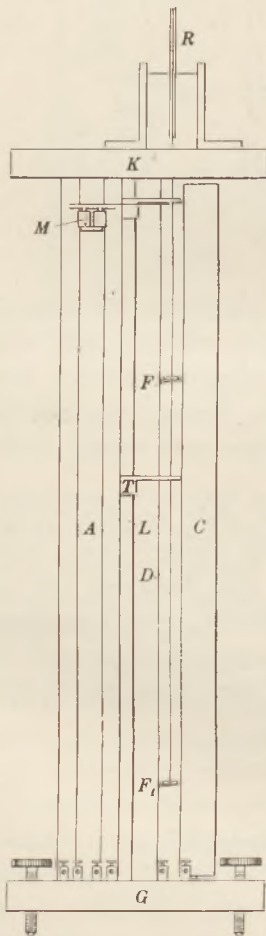


Fig. 1.

setzen eine solche in mm trägt, und an welcher der Abhebetisch *T* verschoben werden kann. Die Platte dieses Tisches (Fig. 2) besteht aus einem nahezu voll-

<sup>1)</sup> Winkelmann, Handbuch der Physik I 1891, 112.



ständigen Kreisring aus Hartgummi. Dicht vor der Latte *L*, von derselben nur soweit entfernt, daß der Tisch *T* verschoben werden kann, ist zwischen Kopfbrett *K* und Grundbrett *G* der Draht *D* ausgespannt. Ungefähr 3 cm vom Draht *D* ist zwischen

Kopf- und Grundbrett ein Messingrohr *C* drehbar aufgestellt. Zwischen Draht *D* und Rohr *C* fällt der mit dem Übergewicht beschwerte Fallkörper *F* bzw. *F*<sub>1</sub>. Derselbe besteht aus einem dünnen, scharf-randigen Messingteller, dessen Durchmesser 0,1 bis 0,2 cm kleiner ist als die Entfernung vom Draht

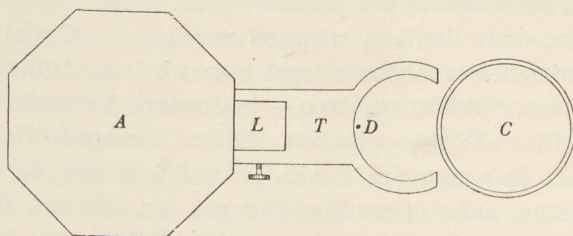


Fig. 2.

zum Rohr. Die zur Veränderung der bewegten Masse dienenden Messingscheiben haben einen noch kleineren Durchmesser. Die Übergewichte sind Hartgummistäbe von 4 bis 5 cm Länge.

Am Anfang der Teilung der Latte *L* befindet sich die Auslösevorrichtung (Fig. 3). Dieselbe besteht aus einer leicht beweglichen Klappe, welche von einer Stütze *S* in horizontaler Stellung gehalten wird. Diese Stütze ist in der aus der Zeichnung erkennbaren Weise am Stativ *A* mittels eines federnden Stahlstreifens befestigt. Nahe beim Drehpunkt dieser Feder trägt dieselbe ein Stück weiches Eisen, welches beim Beginn eines jeden Versuches der Elektromagnet *M* anzieht. Dadurch wird die Stütze *S* unter der Klappe hervorgezogen und diese fällt herunter.

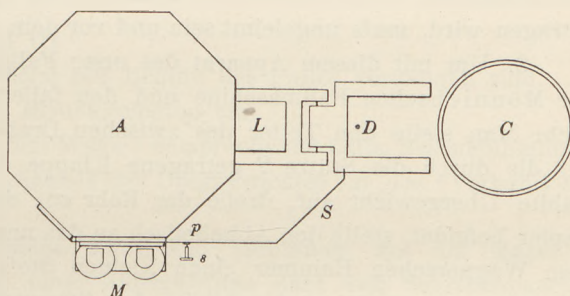


Fig. 3.

Auf das Rohr *C* wird ein Längsstreifen von Jodkaliumstärkekleisterpapier geklebt und Rohr *C* und Draht *D* mit dem sekundären

Stromkreis eines Induktionsapparates verbunden. Wird dieser am Anfang jeder Sekunde erregt, so wird zwischen Draht und Rohr genau in der Höhe ein Funke überspringen, in welcher der Teller des Fallkörpers sich befindet, und wir erhalten somit durch einen einzigen Versuch das erste Fallgesetz aufgezeichnet.

Um am Anfang jeder Sekunde einen Induktionsstoß zu bewirken, benutzte ich eine Sekundenuhr mit Quecksilberkontakt. Es läßt sich aber auch zu demselben Zweck sehr leicht ein Metronom abändern, indem man die Achse, auf welcher das Pendel sitzt, durch den Kasten hindurch verlängert, durch diese Verlängerung senkrecht zu derselben einen horizontalen Draht steckt, dessen nach unten umgebogene Enden in Quecksilbernapfe tauchen. Ist das Metronom auf halbe Sekunden eingestellt, so erhält man, wenn beide Drahtenden in Quecksilber tauchen, alle halben Sekunden, wenn nur eines eintaucht, alle vollen Sekunden einen Stromschluß<sup>2)</sup>.

Die bei diesen Apparaten vorkommenden Quecksilberkontakte schließen und öffnen den Strom nicht schnell genug, um Induktionsstöße von hinreichender Spannung zu erzeugen. Ich habe deshalb an der die Auslöseklappe stützenden Feder *S* einen Platinkontakt *p* angebracht, welcher bei jeder Erregung des Magneten *M* gegen

<sup>2)</sup> Vergl. Beckmann, Zeitschr. f. phys. Chem. 21. 239. 1896.

eine Platinspitze  $s$  schlägt. Der durch den Uhrkontakt gehende Strom wird durch den Elektromagneten geführt; durch den Kontakt  $ps$  wird dann ein zweiter Stromkreis geschlossen, welcher durch die primäre Spule eines Induktionsapparates mit leicht erregbarem Wagnerschen Hammer geht. Macht derselbe recht schnelle Schwingungen, so wird er in der Zeit, während welcher der Kontakt  $ps$  geschlossen ist, mehrere Induktionsstöße veranlassen, und man wird am Anfang jeder Sekunde nicht nur einen einzelnen, sondern mehrere — bei meinen Versuchen 8 bis 10 — dicht neben einander befindliche Flecken erhalten. Dieser Umstand bringt noch gleichzeitig den Vorteil mit sich, daß man den Punkt, an welchem sich der Fallkörper zu Beginn jeder Sekunde befand, auf größere Entfernungen hin erkennt, als wenn man nur einen Flecken hat.

Auf dem Grundbrette  $G$  befinden sich für diese verschiedenen Stromkreise 3 Paare von Klemmschrauben. Mittels des ersten Paares wird der Elektromagnet  $M$  in den Stromkreis eingeschaltet, in welchem sich der Uhrkontakt befindet; gleichzeitig ist in diesem Stromkreis, ein Stromschlüssel um den Apparat willkürlich in und außer Thätigkeit zu setzen. Durch das zweite Paar wird der primäre Strom des Induktoriums zum Platincontact  $ps$  geführt. Das dritte Paar verbindet Rohr  $C$  und Draht  $D$  mit den Polen des sekundären Stromes des Induktoriums<sup>3)</sup>.

Als vorteilhafteste Methode, auf größere Entfernungen sichtbare Flecken zu erzielen, habe ich gefunden, daß man den Stärkekleister nicht zu dick, dagegen aber das Jodkalium recht konzentriert nimmt. Das Papier, auf welches der Kleister aufgetragen wird, muß ungeleimt sein und vor dem Aufkleben gut durchfeuchtet werden.

3. Um mit diesem Apparat das erste Fallgesetz nachzuweisen, genügt, wie bei der Mönnichschen Fallmaschine und den fallenden Stimmgabeln, ein einziger Versuch: Man stelle den Teller des zwischen Draht und Rohr befindlichen Fallkörpers auf die durch die Stütze  $S$  getragene Klappe der Auslösevorrichtung, lege das gewählte Übergewicht auf, drehe das Rohr so, daß dem Fallkörper gegenüber sich Papier befindet, stelle den Abhebetisch an das untere Ende der Latte  $L$ , gebe eventuell dem Wagnerschen Hammer einen kleinen Stoß, falls derselbe nicht von selbst in Schwingungen gerät, und schliesse den Stromschlüssel. Sobald der Uhrcontact den ersten Stromkreis schließt, wird der Elektromagnet  $M$  erregt und die Stütze  $S$  unter der Klappe hervorgezogen werden. Diese schlägt herunter und der Fallkörper setzt sich in Bewegung. Gleichzeitig aber wird durch den Contact  $ps$  der zweite Stromkreis geschlossen, der Induktionsapparat erregt, und es springen zwischen Draht  $D$  und Rohr  $C$  über den Teller des Fallkörpers hinweg Funken über, welche auf dem Papier Flecke in der Höhe erzeugen, in welcher sich gerade der Teller des Fallkörpers befindet. Ist der Fallkörper unten angekommen, so öffnet man den Stromschlüssel.

Ehe man nun zu Ablesungen übergeht, ist es bei Demonstrationen vorteilhaft, den Versuch mit derselben Massenverteilung zu wiederholen, nachdem man das Rohr um einen kleinen Winkel gedreht hat. Man erhält dann neben der ersten Fleckenreihe eine zweite, welche zeigt, daß der Fallkörper zu entsprechenden Zeiten sich in gleicher Höhe befindet. Die Fallstrecken sind also nicht zufällig, sondern bestimmte Funktionen der Massenverteilung.

Um die Fallstrecken abzulesen, benutzt man den Abhebetisch als Visier, indem man den dem Rohr zunächst liegenden Teil des Hartgummiringes dem obersten

<sup>3)</sup> Die Anfertigung dieser selbstschreibenden Atwoodschen Fallmaschine hat Herr Mechaniker Wittig in Greifswald übernommen.



Flecken jeder einzelnen Sekunde gegenüberstellt und an der Meßlatte dann die Entfernung vom Anfangspunkt abliest.

Das zweite Fallgesetz beweist man, indem man, wie bei der gewöhnlichen Atwoodschen Fallmaschine, den Abhebetisch so einstellt, daß das Übergewicht gerade abgehoben wird, wenn der Teller des Fallkörpers sich in der Höhe des ersten Fleckens derjenigen Sekunde befindet, für welche man die Geschwindigkeit bestimmen will. Diese Einstellung erhält man sehr leicht, indem man mit der gewählten Massenverteilung den Fallkörper, ohne das Übergewicht abzuheben, herunterfallen läßt. Man stellt dann nach Abheben des Übergewichtes den Teller des Fallkörpers in der Höhe des ersten Fleckens der gewählten Sekunde ein und giebt dem Abhebetisch eine solche Stellung, daß seine oberste Fläche mit der obersten Messingscheibe des Fallkörpers in eine Ebene fällt. Stellt man nun den Fallversuch an, so wird das Übergewicht gerade an der richtigen Stelle abgehoben.

Ein solcher Versuch zeigt, daß nach dem Abheben die Geschwindigkeit constant ist, und zwei oder mehrere mit gleicher Massenverteilung, aber verschiedener Stellung des Abhebetisches vorgenommene Versuche thun dar, daß die Geschwindigkeit der Fallzeit proportional ist.

4. Ich gebe im Nachfolgenden einige Versuche, welche nicht nur die beiden Fallgesetze, sondern auch die Beziehungen zwischen Masse, Kraft und Beschleunigung demonstrieren.

Es bedeutet in Tabelle I, II und III

$t$  die Zahl der Sekunden, welche seit Beginn des Falles vergangen sind,

$s$  die Zahl der in dieser Zeit zurückgelegten cm,

$\gamma/2 = s/t^2$  die der Zeit  $t$  und dem Wege  $s$  entsprechende halbe Beschleunigung,

$v_t = s_n - s_{n-1}$  die nach dem Abheben des Übergewichtes zur Zeit  $t$  vorhandene Geschwindigkeit,

$M$  die bewegte Masse; dieselbe setzt sich zusammen aus der Masse  $T$  der beiden Teller und einer angegebenen Zahl von Scheibenpaaren

$$a. T = 36,266 \text{ g}, a = 16,930 \text{ g},$$

$m$  die Masse des Übergewichtes,

$$m_1 = 0,400, m_2 = 0,600, m_3 = 1,000, m_4 = 1,400, m_5 = 1,600,$$

$\gamma_n$  und  $\rho$  werden später erklärt werden.

Tabelle I.

$$M = T + 3a.$$

$t$	$m_4$		$m_3$		$m_2$		$m_1$	
	$s$	$\gamma/2$	$s$	$\gamma/2$	$s$	$\gamma/2$	$s$	$\gamma/2$
1	6,3	6,3	4,8	4,8	—	—	—	—
2	25,3	6,33	18,4	4,60	10,1	2,53	6,4	1,60
3	56,9	6,32	41,2	4,58	22,5	2,50	14,1	1,57
4	101,0	6,31	72,3	4,52	39,5	2,47	24,1	1,50
5	157,2	6,29	112,8	4,51	60,7	2,43	37,2	1,49
6			160,7	4,46	87,5	2,43	52,8	1,47
7					118,6	2,42	71,9	1,47
8					154,8	2,42	94,0	1,47
9					196,2	2,42	118,3	1,46
10							146,2	1,46
$\gamma_{n/2}$	6,26		4,405		2,38		1,41	

Tabelle II.

$m_2 = 0,600.$

$t$	$T + 3a$		$T + 2a$		$T + a$		$T$	
	$s$	$\gamma/2$	$s$	$\gamma/2$	$s$	$\gamma/2$	$s$	$\gamma/2$
1	—	—	3,2	3,2	4,3	4,3	5,9	5,9
2	10,1	2,53	12,5	3,12	16,7	4,18	22,2	5,55
3	22,5	2,50	27,4	3,04	35,8	3,98	49,4	5,49
4	39,5	2,47	48,2	3,01	62,7	3,92	86,7	5,42
5	60,7	2,43	74,8	2,99	97,2	3,89	134,6	5,38
6	87,5	2,43	107,3	2,99	139,9	3,89	193,6	5,38
7	118,6	2,42	145,9	2,98	190,0	3,88		
8	154,8	2,42	189,6	2,97				
9	196,2	2,42						
$\gamma_{n/2}$	2,38		2,91		3,76		5,27	

Tabelle III.

$M = T + 4a$        $m_3 = 1,000.$

$t$	$s$	$\gamma$	$s$	$v_3$	$\varrho$	$s$	$v_4$	$\varrho$	$s$	$v_5$	$\varrho$
1	4,2	8,4	4,5			4,4			4,4		
2	16,5	8,25	17,2			16,7			16,9		
3	37,1	8,23	38,1			37,4			37,3		
4	64,3	8,04	62,4	24,3		64,8			65,0		
5	99,0	7,92	85,0	22,6	1,7	96,2	31,4		99,0		
6	141,1	7,72	107,5	22,5	0,90	125,9	29,7	1,7	137,5	38,5	
7	191,6	7,80	128,7	21,2	1,03	155,6	29,7	0,85	174,5	37,0	1,5
8			149,7	21,0	0,83	184,3	28,7	0,90	210,5	36,0	1,25
9			168,5	18,8	1,10	211,5	27,2	1,05			
10			187,5	19,0	0,88						

Aus diesen 11 Fallversuchen kann man nun folgende Schlüsse ziehen:

- Aus I und II:  $s = \gamma/2 t^2$ , wo  $\gamma$  ein Constante ist.
- Aus I:  $\gamma$  ist nahezu proportional dem Übergewicht; es ist der Reihe nach:  
 $\gamma/m = 8,99, 8,92, 8,07, 7,30.$
- Aus II:  $\gamma$  ist nahezu umgekehrt proportional ( $M + m$ ); es ist der Reihe nach:  
 $\gamma \cdot (M + m) = 424, 421, 418, 397.$
- Aus III: Nach dem Abheben des Übergewichtes ist die Geschwindigkeit constant.
- Aus III: Diese Geschwindigkeit ist proportional der bis zum Abheben verlaufenen Zeit; es ist

$$\frac{1}{3} v_3 = 8,10, \quad \frac{1}{4} v_4 = 7,85, \quad \frac{1}{5} v_5 = 7,70.$$

- Aus III: Der Faktor dieser Proportionalität ist gleich der derselben Zeit entsprechenden Beschleunigung, das heißt  $v = \gamma t$ .

Diese Folgerungen lassen sich in die drei Gleichungen zusammenfassen:

$$1. s = \gamma/2 t^2 \quad 2. v = \gamma t \quad 3. \gamma = \frac{m}{M+m} \cdot g.$$

5. Die Tabellen lehren aber, daß diese Gesetze nicht in voller Strenge gültig sind, sondern nur Annäherungen darstellen. Es ist jetzt zu untersuchen, wodurch diese Abweichungen bedingt sind.



Bezeichnen wir mit  $\gamma_m$  die durch das Übergewicht  $m$  gemäß Gl. 3 bedingte Beschleunigung, so wirkt derselben die Reibung entgegen. Wir setzen die Reibung in erster Annäherung gleich einer constant wirkenden Kraft und erhalten dann als die für jeden Versuch normale Beschleunigung  $\gamma_n = \gamma_m - r$ . Durch Integration ergibt sich daraus  $v = \gamma_n t + a$  und schliesslich  $s = \gamma_n/2 t^2 + at$ .

Die in den Tabellen unter  $\gamma/2$  stehenden Zahlen sind erhalten nach der Gleichung  $\gamma/2 = s/t^2$ , es ist also

$$\gamma = \gamma_n + \frac{2a}{t} \quad \text{oder} \quad \gamma_n = \gamma - \frac{2a}{t},$$

d. h. die normale Beschleunigung ist der Grenzwert, welchem sich  $\gamma$  mit wachsender Zeit nähert. Die in den Tabellen unter  $\gamma_n$  aufgeführten Zahlen sind diese Grenzwerte; wie man sieht, unterscheiden sie sich nur sehr wenig von den letzten Werten von  $\gamma$ . Das Mittel sämtlicher Differenzen ist 0,063.

Der Grund für das Auftreten der Korrektionsgröfse  $a$  ist der, dafs die Reibung nicht, wie angenommen, constant, sondern eine Funktion der Geschwindigkeit ist. Vielleicht läfst sich durch besondere passend angeordnete Versuche mittels dieser Fallmaschine die Art dieser noch unbekanntenen Funktion bestimmen. Ich habe in den weiteren Rechnungen, soweit nichts anderes angegeben, diese Grenzwerte benutzt.

Ebenfalls von der Reibung ist bedingt, dafs in Tabelle III die Geschwindigkeit nach dem Abheben des Übergewichtes nicht constant ist, sondern stetig abnimmt. Aus  $\gamma_n = \gamma_m - r$  folgt durch Integration, da nach dem Abheben  $\gamma_m = 0$  ist,  $v = v_t - rt$ , wo  $v_t$  die beim Abheben vorhandene Geschwindigkeit ist. Es mufs also, da  $r$  nicht zu Null gemacht werden kann, die Geschwindigkeit der Zeit proportional abnehmen.

Dafs die Korrektion von  $r$  mit Hülfe der Geschwindigkeit  $a$  nur eine Annäherung sein kann, welche den Thatsachen nicht entspricht, geht daraus hervor, dafs, wie Folgerung e) zeigt, die nach  $\gamma = v/t$  berechnete Beschleunigung genau mit der nach  $\gamma = \frac{2s}{t^2}$  für dieselbe Zeit berechneten übereinstimmt; es mufs also die Änderung der Reibung mit der Geschwindigkeit stetig erfolgen und nicht nur beim Übergang aus der Ruhe in die Bewegung. Der durch diese Ungenauigkeit der Korrektion bedingte Fehler ist aber so klein, dafs wir ihn vollständig vernachlässigen dürfen.

Gl. 3:  $\gamma_m = \frac{m}{M+m} \cdot g$  darf aus doppeltem Grunde nur angenähert gelten: einmal ist, wie eben auseinandergesetzt,  $\gamma_n = \gamma_m - r$ , wo  $r$  nicht gegen  $\gamma_m$  unendlich klein ist. Andererseits mufs zur bewegten Masse noch ein von der Masse des Fadenrades herführendes Glied kommen; bezeichnen wir dieses mit  $\tau$ , so ist also

$$\gamma_n = \frac{m}{M+m+\tau} g - r.$$

Da  $\tau$  und  $r$  zunächst noch unbekannt sind, so kann man diese Gleichung nicht prüfen, wohl aber umgekehrt aus ihrer Abweichung von der einfacheren Form  $r$  und  $\tau$  berechnen.

Ich habe diese Rechnung an einem gröfseren Beobachtungsmaterial durchgeführt und dabei angenommen, die Reibung sei proportional der auf der Achse des Fadenrades ruhenden Masse, sodafs die Grundgleichung der Dynamik wird:

$$4. (M+m+\tau)\gamma = mg - (M+m+R)\rho,$$

wo  $R=19,67$  die Masse des Fadenrades ist.

Nach dieser Gleichung habe ich  $g$ ,  $\tau$  und  $\rho$  aus den in Tabelle IV angegebenen Werten von  $\gamma_n$  berechnet.

Tabelle IV.

	$m_4$	$m_3$	$m_2$	$m_1$
$T + 3a$	12,52	8,81	4,76	2,82
$T + 2a$	15,08	10,52	5,84	3,52
$T + a$	19,16	13,40	7,52	4,62
$T$	25,94	18,54	10,54	6,60

Mit den oben angegebenen Werten für  $m$ ,  $T$  und  $a$  erhält man aus diesen Zahlen

$$g = 1046 \quad \rho = 1,19 \quad \tau = 17,23.$$

Die Tabelle liefert also einen bis auf 6% genauen Wert der Gravitationskonstanten. Eine ähnliche Genauigkeit dürfte  $\rho$  beanspruchen, während die von  $\tau$  viel geringer ist, da  $\tau$  als Summand neben bedeutend größeren Werten auftritt.

6. Um zu prüfen, ob der Apparat auch ausreicht, andere Gesetze experimentell zu verifizieren, habe ich das Gesetz, welches den Einfluß des Fadenrades, also  $\tau$ , bestimmt, untersucht. Es ist bekanntlich  $\tau = \frac{1}{R^2} \cdot \Sigma mr^2$ , wo  $\Sigma mr^2$  das Trägheitsmoment des Fadenrades ist und  $R$  der Radius desselben an der Stelle, an welcher der Faden aufliegt. Da das Fadenrad, um es recht leicht zu machen, eine mathematisch sehr verwickelte Gestalt hat, so habe ich auf die Achse desselben 1 oder 2 Messingscheiben fest aufgesteckt, deren Gewicht 107,01 bzw. 107,55 und deren Radius  $r = 5,74$  war. Damit wurden die in Tabelle V gegebenen Werte der Beschleunigung erhalten.

Tabelle V.

	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
$T + 2S + 3a$		3,72	5,38	6,20
$T + 2S$		5,26	8,50	10,58
$T + S + a$	3,14	5,32	8,16	9,44
$T + S$	4,94	8,28	12,60	14,44

Führt man diese Werte in Gl. 4 ein, indem man setzt  $\tau = \frac{1}{2} S \cdot \frac{r^2}{R^2} + \tau'$ , wo  $\tau'$  der Einfluß des eigentlichen Fadenrades und  $S$  die Masse der 2 bzw. 1 aufgesteckten Messingscheiben ist, so erhält man

$$g = 1000 \quad \rho = 0,809 \quad \tau' = 7,98.$$

Der Wert von  $g$  stimmt bis auf 2%. Der Wert von  $\rho$  ist hier ziemlich bedeutend kleiner, da ich unmittelbar vor dem Beginn der Versuche die Achse des Fadenrades sowohl, wie auch den Rand der Friktionsrädchen kräftig mit einem Öllappen poliert hatte, während bei den anderen Versuchen die Achse nicht gefettet war.

7. Der wesentliche Zweck des Apparates soll aber die Demonstration der Fallgesetze sein, deshalb muß man aus einer geringen Zahl von Beobachtungen schneller und einfacher, als oben geschehen, die Gravitationskonstante hinreichend genau berechnen können.

Aus Gl. 4 erhält man

$$y = \frac{m}{M + m + \tau} g - \left( 1 + \frac{R - \tau}{M + m + \tau} \right) \rho.$$

Da bei einem recht leicht gebauten Fadenrade nahezu die Hälfte der Masse im Radkranz sitzt, so darf man setzen  $\tau = R/2$ . Ist  $R$  hinreichend klein gegen  $M + m$ , so ist

$\frac{R - \tau}{M + m + \tau} = \frac{R/2}{M + m + R/2}$  im Faktor von  $\rho$  gegen 1 zu vernachlässigen und man erhält



$$5. \quad g = \frac{M + m + R/2}{m} (\gamma + \rho).$$

In dieser Gleichung ist  $\rho$  noch unbekannt. Man erhält dasselbe aus Tabelle III. Dort ist die Geschwindigkeit nach dem Abheben des Übergewichtes nicht constant, sondern nimmt proportional der Zeit ab, und man erhält aus der für diese Abnahme gegebenen Formel  $r = \frac{v_t - v}{t}$ . Für die soeben besprochene Annäherung fällt  $r$  mit  $\rho$

zusammen. Die so berechneten Werte sind unter  $\rho$  in Tabelle III angegeben. Dieselben sind nicht constant, schwanken aber unregelmäßig um einen Mittelwert  $\rho = 1,17$ , welcher mit dem oben gefundenen  $\rho = 1,19$  fast genau zusammenfällt.

Setzt man diesen Wert für  $\rho$  in Gl. 5 ein, so ergeben die 4 Versuche der Tabelle I folgende Werte für  $g$ : 965,1, 987,7, 976,5, 994,8, deren Mittelwert 981,0 fast absolut mit dem richtigen Wert von  $g$  übereinstimmt.

Diese selbstschreibende Atwoodsche Fallmaschine gestattet also mit 11 sehr schnell und einfach anzustellenden Fallversuchen nicht nur die beiden Galileischen Fallgesetze, die Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung und die Gesetze der Reibung zu demonstrieren, sondern sie liefert auch durch dieselben Versuche die Gravitationsconstante mit einer für Vorlesungszwecke ausreichenden Genauigkeit.

## Magnetische und galvanische Messversuche.

Von

H. Kuhfahl in Landsberg a. W.

### 1. Das Coulombsche Gesetz für Magnetismus.

Das Vertikalgalvanometer kann recht gut verwendet werden, wenn man vor einem größeren Schülerkreise das Coulombsche Gesetz beweisen will. Man klebt auf die Glasplatte, vor der der Zeiger spielt, eine horizontale Skala, deren Nullpunkt mit der Drehungsachse des Magneten in einer Vertikalebene liegt (s. Fig. 1). Der untere Rand der Skala ist in gleiche Stücke geteilt, die Teilstriche laufen alle auf jene Achse zu. Senkrecht über der Mitte des Magneten ist auf dem Deckel des Galvanometers ein Vertikalmaßstab befestigt, dessen einteilung von jener Stelle ab rechnet. Die Wagevorrichtung wird ziemlich empfindlich eingestellt und so korrigiert, daß der Zeiger möglichst nahe dem Nullpunkte der Skala steht. Die genaue Einstellung bewirkt man durch Verschiebung eines kleinen vertikal stehenden Hilfsmagneten — eines in einen Kork gesteckten Stricknadelstückes — neben dem Instrument. Nun führt man den einen Pol eines etwa 1 m langen magnetisierten Stahldrahtes in horizontaler Stellung an dem Vertikalmaßstab herab, bis der Ausschlag einen Skalenteil beträgt. Nähert man den Pol dem Wagemagneten bis auf die halbe Entfernung, so ist der Ausschlag der vierfache. Die Kraftwirkung ist also umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung.

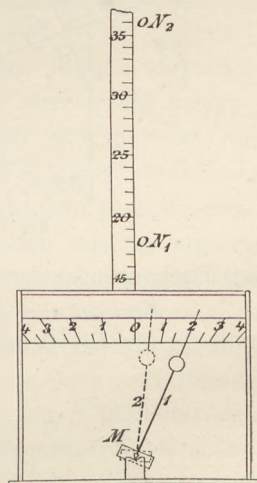


Fig. 1.

### 2. Die magnetische Feldstärke im Mittelpunkte eines Kreisstromes.

Auf einem horizontal gestellten Brette sind zwei concentrische Kreise von etwa 12 und 24 cm Radius gezeichnet, ev. durch Holzpflocke markiert. Man stellt das

Vertikalgalvanometer so auf das Brett, daß die Mitte des Magneten senkrecht über dem Mittelpunkte beider Kreise steht. Will man genauer verfahren, so schneidet man in das Brett ein Loch und senkt den Apparat so tief ein, daß der Magnet sich im Niveau des Brettes befindet. Meist liegt aber die Achse des Magneten so wenig hoch, daß diese Vorsichtsmaßregel unnötig ist. Dann macht man aus nicht zu starkem übersponnenen Kupferdraht einen Ring von 24 cm Radius, dreht die Enden zusammen und verbindet sie mit einem frisch gefüllten Tauchelemente. Das Galvanometer wird justiert wie bei dem vorigen Versuche. Nun legt man den Ring auf den großen Kreis und reguliert die Stromstärke durch die Tiefe des Eintauchens, bis der Ausschlag einen Skalenteil beträgt. Bildet man aus dem Ringe einen Doppelring und legt ihn auf den kleinen Kreis, so ist der Ausschlag der vierfache. Macht man ferner aus der Hälfte des Drahtes einen kleinen Ring für den kleinen Kreis, so giebt der Zeiger zwei Skalenteile an. Schliesslich kann man diesen Ring mit einem gleichen aus anderem Material, der schon vorher in den Stromkreis mit eingeschaltet war, vertauschen: die Ablenkung bleibt dieselbe. Damit ist bewiesen, daß die magnetische Feldstärke in der Mitte eines Kreisstromes proportional der Länge, umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung und unabhängig von dem Material des Leiters ist.

Da vielleicht ein Zweifel entstehen könnte, ob der Einfluß des Erdmagnetismus und des Richtmagneten in jeder Stellung kompensiert wird, sei hier die Rechnung

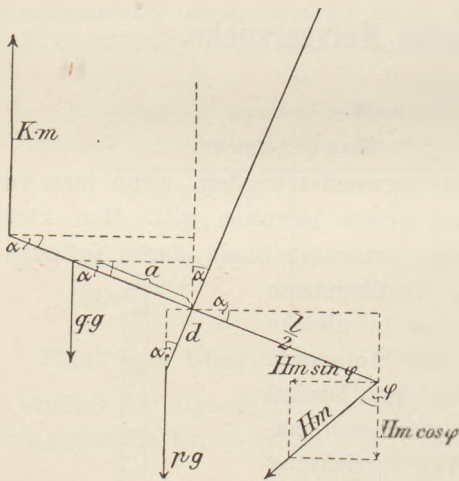


Fig. 2.

durchgeführt. Es sei die Feldstärke des ablenkenden Magneten bzw. des Stromes  $K$ , die Länge der Nadel  $l$ , ihre magnetischen Massen  $\pm m$ , der Ablenkungswinkel  $\alpha$  (s. Fig. 2), so ist das Drehmoment  $K m \cdot l \cos \alpha$ . Die Feldstärke des Erdmagnetismus und des Richtmagneten zusammen, projiziert auf die Drehebene, sei  $H$  und bilde mit der Vertikalen den Winkel  $\varphi$ , dann ist das Drehmoment der Vertikalcomponente  $H \cos \varphi m \cdot l \cos \alpha$ , der Horizontalcomponente  $H \cos \varphi m \cdot l \sin \alpha$ . Durch die Fahne oder die Korrektionschraube sei die Masse  $q$  um die Strecke  $a$  seitlich in der Richtung von  $l$  verschoben, so ist ihr Drehmoment  $-q g \cdot a \cos \alpha$ . Die übrige Masse der Nadel  $p$  habe ihren Schwerpunkt um  $d$  von

der Drehachse entfernt, ihr Drehmoment ist  $-p g \cdot d \sin \alpha$ . Es folgt also

$$K m l \cos \alpha + H \cos \varphi m l \cos \alpha + H \sin \varphi m l \sin \alpha - q g a \cos \alpha - p g d \sin \alpha = 0$$

und, da für  $K=0$  auch  $\alpha=0$  ist,

$$H \cos \varphi m l - q g a = 0,$$

also

$$K = \frac{p g d - H \sin \varphi m l}{m l} \operatorname{tg} \alpha.$$

Es wird daher  $H$  bei jeder Ablenkung durch  $q$  und einen Teil von  $p$  kompensiert, vorausgesetzt natürlich, daß diese Kraft für den Bereich der Nadel als constant nach Größe und Richtung angesehen werden darf.

Schliesslich möchte ich noch darauf aufmerksam machen, daß es sich der Genauigkeit wegen empfiehlt, hier wie bei dem Coulombschen Gesetze die Messung mit der größten Ablenkung zuerst zu machen.



### 3. Experimentelle Bestimmung der Arbeit des elektrischen Stromes nach absolutem Maße.

An einem kleinen, auf einem Stativ befestigten Motor wird der Stromkreis des Feldmagneten von dem des Ankers getrennt und in den ersteren eine kleine Batterie von constanten Elementen eingeschaltet, während der zweite zu einem Strommesser führt. An der verlängerten Achse des Ankers wird ein dünner Seidenfaden befestigt und in einfacher Lage aufgewickelt; an seinem freien Ende hängt eine Wagschale. Man schließt beide Stromkreise und belastet die Wagschale so, daß sie sich mit mäßiger Geschwindigkeit abwärts bewegt und dadurch den Anker in Drehung versetzt. Es entsteht in der Ankerwicklung ein Strom, dessen Stärke =  $i$  A man an dem Strommesser abliest. Die Zeit, in der die Wagschale  $s$  cm zurücklegt, sei  $t$  sek. Öffnet man nun den Stromkreis des Ankers, während der des Feldmagneten geschlossen bleibt, und wiederholt den Versuch, so muß man das Gewicht auf der Wagschale um  $p$  g vermindern, um dieselbe Geschwindigkeit wie früher zu erhalten. Die Arbeit der  $p$  g Übergewicht hatte sich bei dem ersten Versuch in Stromarbeit umgesetzt. Der Widerstand des Ankerstromkreises sei  $r \Omega$ , dann ist diese Arbeit

$$i^2 \cdot r \cdot t \text{ Volt-Coulomb} = p \cdot s \cdot 981 \text{ abs. Einh.},$$

also

$$1 \text{ V.-Cb.} = \frac{p \cdot s \cdot 981}{i^2 \cdot r \cdot t} \text{ abs. Einh.}$$

Bei der letzten Messung im Unterricht war

$$p = 78 \text{ g}, \quad s = 100 \text{ cm}, \quad i = 0,19 \cdot \text{tg } 34^\circ \text{ A},$$

$$r = \frac{60}{41} \Omega = 1,462 \Omega, \quad t = 32 \text{ sek.}$$

Daraus berechnet sich

$$1 \text{ V.-Cb.} = 0,995 \cdot 10^7 \text{ abs. Einh.}$$

Nicht jedes Mal war die Abweichung vom genauen Werte so gering, doch hielt sie sich stets innerhalb der Grenzen von wenigen Prozenten.

Als Motor benutze ich den kleinen Apparat von Ernecke für die elektrische Eisenbahn. Der Doppel-T-Anker mit massivem Eisenkerne ist aber wenig geeignet, da die Stromstärke bei dem langsamen Gange der Maschine zu sehr schwankt und die Foucaultschen Ströme eine unnötig große Belastung der Wagschale veranlassen. Ich habe ihn von J. C. Hauptmann in Leipzig durch einen ausgezeichnet gearbeiteten kreuzförmigen Anker ersetzen lassen, dessen Eisenkern aus Platten zusammengesetzt ist. Trotzdem sind auch noch bei diesem die schädlichen Nebenwirkungen ziemlich bedeutend. Während der Motor bei dem Versuche mit geöffnetem Ankerstromkreise noch 142 g Belastung einschließlic der Wagschale erforderte, lief er, als auch der Stromkreis des Feldmagneten geöffnet wurde, schon bei 40 g. Unsere zweite Messung eliminiert diese Wirkungen zugleich mit der Reibung. Um einen gleichmäßigen Gang der Maschine zu erzielen, ist es vorteilhaft, das Trägheitsmoment des Ankers zu vergrößern. Es genügt dazu schon der der Maschine beigegebene Stab zur Befestigung Geißlerscher Röhren. Die passende Belastung muß man durch mehrfaches Probieren ermitteln. Bei dem Beginn des entscheidenden Versuches giebt man dem Anker von der Hand annähernd die richtige Geschwindigkeit. Der Fallraum wird durch den Fußboden oder sonst irgendwie begrenzt und vor dem Versuche gemessen, das Aufschlagen der Wagschale markiert den Endpunkt der Zeit. Die Bürsten müssen recht elastisch und ziemlich lang sein, damit ihre Reibung gleichmäßig und

nicht zu groß sei. Ich habe ihnen daher die Form eines  $v$  gegeben. Wenn alles gut vorbereitet ist, kann der Versuch mit allen Erklärungen und Berechnungen bequem in einer Unterrichtsstunde erledigt werden.

Hat man nun noch 1 A in absoluten Einheiten bestimmt, so kann man leicht hieraus die entsprechenden Werte für 1  $\Omega$  und 1 V ableiten.

## Freihandversuche<sup>1)</sup>.

Von

Prof. Dr. B. Schwalbe in Berlin.

Eine kurze Darstellung meines Vortrages über Freihandexperimente, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Frankfurt a. M. in der Sektion für mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, ist bereits von mir veröffentlicht (vgl. auch diese Zeitschr. 1897 Heft II, S. 108). Im Anschlusse daran soll im nachstehenden ein Beispiel, die Versuche mit kohlenstoffsaurem Wasser betreffend, gegeben werden.

Für den physikalischen und chemischen Unterricht an den höheren Lehranstalten liegt jetzt die große Gefahr vor, daß bei den erstaunlichen Errungenschaften der Wissenschaften und dem großen Einfluß der Technik man versucht ist, den Schülern nur das Neue mitzuteilen, daß man den Zweck, eine sichere Grundlage der Wissenschaft zu geben, auf welcher ein Verständnis sich aufbauen läßt, encyklopädischen Mitteilungen zu liebe verläßt, daß man verkennt, wie naturwissenschaftliches Erkennen nur durch Denken und Arbeit gewonnen werden kann, und nicht bedenkt, wie die Erregung von Neugier und Interesse einer Halbbildung Vorschub leistet und abstumpfend wirkt. Schon einmal ist der naturwissenschaftliche Unterricht in einer ähnlichen Epoche Ende des vorigen Jahrhunderts hieran gescheitert:

Für die elementaren Schulen fehlen die Vorbedingungen zu einer gedeihlichen Entwicklung naturwissenschaftlicher Unterweisung fast gänzlich, die Vorbildung der Lehrermasse vervollkommenet werden, wenigstens einige Hilfsmittel müßten beschafft werden, und hier einen geeigneten Weg zu zeigen, der ohne eingreifende Umänderungen und große Erhöhung der Anforderungen begangen werden kann, war eigentlich der Hauptzweck meines in Frankfurt a. M. gehaltenen Vortrages. Wenn das Denken an dem Beobachteten geübt und die Erfahrung der Jugend zu Hilfe genommen wird, sollte da nicht der naturwissenschaftliche Unterricht in den Volksschulen unserer kleineren Städte und Ortschaften noch in ganz anderer Weise als bisher segensbringend wirken können?

Bei den Experimenten wird vorausgesetzt, daß die gewöhnlichsten Handwerkszeuge, einige Gläser, Korke und Gegenstände, die in jedem Haushalte gebraucht werden, vorhanden sind. Was zu beschaffen wäre, ist eine Spirituslampe und einige Glasröhren, eine Glasfeile (Rundfeile und Dreikantfeile), die sich aber auch häufig im Haushalte finden. Siegellack, Wachs oder irgend ein Harz oder Fett und sonstige Materialien sind überall zur Hand. Die gesamten Materialien verursachen so wenig Kosten, daß dieselben von jeder Schule angewandt werden können, die Vorbereitungen nehmen nur die Zeit des Lehrenden in Anspruch, werden ihm selbst aber Freude machen, wenn er sieht, wie die Jugend dem gebotenen Stoffe gegenübertritt. Denke ich doch gern an die Stunden zurück, wo ich auf früherer Klassenstufe Versuche in dieser Richtung gemacht habe. Die Beobachtung der Schüler andererseits ist auf jedes einzelne Thun des Lehrers zu lenken, denn jede Manipulation ist ein Experiment, sie hat den Zweck, Bedingungen herbeizuführen, unter denen eine bestimmte Erscheinung stattfindet, und aus diesen Bedingungen bestimmte Schlüsse ziehen zu lassen.

<sup>1)</sup> Auszug aus einem in den „Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften“ 1897 No. 1 und 3 veröffentlichten Aufsatz.



### Versuche mit Sodawasser<sup>2)</sup>.

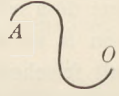
1. Der Verschluss bei verschiedenen Flaschen, sowie das Aussehen des Wassers (man wähle möglichst farblose Glasflaschen) wird beschrieben, die Erscheinungen, welche beim Öffnen eintreten, werden beobachtet (Explosion, Aufbrausen und Perlen der Flüssigkeit). Zum Vergleich ist eine ebenso geschlossene Flasche mit gewöhnlichem Wasser zur Hand. — Abnahme des Perlens beim Verschließen der Flasche.

2. Man gießt in ein gewöhnliches, nicht zu weites Wasserglas (Becherglas) Sodawasser fast bis zur Hälfte. Ein brennendes Licht an einem gebogenen Draht hineingehalten, so dass die Flamme ungefähr 3 cm über der Wasseroberfläche ist, erlischt, während es über gewöhnlichem Wasser ruhig weiter brennt. Man kann auch die Mündung der geöffneten Flasche, nachdem das stürmische Aufbrausen vorüber ist, einem brennenden Licht nähern, dasselbe erlischt; bringt man die Mündung in die Zugöffnungen einer Petroleumlampe, so brennt die Flamme dunkler.

Es hat sich ein Gas entwickelt, welches die Verbrennung nicht unterhält — Kohlensäure.

3. Man fülle einen Bierbecher (Glas) zur Hälfte mit Sodawasser, halte vertikal ein hellbrennendes Streichholz, die Flamme nach oben und neige das Glas der Flamme zu; ehe das Wasser den Rand berührt, erlischt die Flamme; das Gas, welches über dem Wasser sich befand, ist über den Rand herausgeflossen, es ist schwerer als die Luft, was auch daraus hervorgeht, dass die Kohlensäure über dem Wasser längere Zeit angesammelt bleibt; durch die Kerze lässt sich die ungefähre Grenze sichtbar machen. Als Gegenprobe kann man dieselben Versuche mit gewöhnlichem Wasser anstellen. — Die Kohlensäure ist  $1\frac{1}{2}$  mal schwerer als die gleiche Raummenge (Volum) Luft.

4. Entweichen des Gases; Lösung der Kohlensäure. Man setzt einen Kork mit  $\gamma$ -förmig gebogenem Glasrohr *AO* auf die eben geöffnete Flasche, die Mündung *O* taucht unter Wasser. (Die Flaschen haben fast sämtlich gleich weite Öffnungen, so dass die Korke schon vorher bereit gemacht werden können und sich immer wieder verwenden lassen.) Über die Öffnung *O* stülpt man ein mit Wasser gefülltes Glas (Bechergläschen, Reagenzgläschen), ersteres kann man mit einer gewöhnlichen Glasplatte, letzteres mit dem Finger abschließen und umkehren; (die Wirkung des Luftdruckes auf die Wasseroberfläche, der die Wassersäule im Glase zurückhält, ist schon früher demonstriert) die entweichenden Gasblasen füllen das Glas an, man schließt, kehrt um und weist wie früher die Kohlensäure nach. Man füllt ein Probierglas nur knapp bis zur Hälfte, schließt dies mit dem Finger und schüttelt: man bemerkt ein Ansaugen, die Kohlensäure hat sich wieder gelöst, ist von dem Wasser aufgenommen. Beim schwachen Erwärmen entweicht die Kohlensäure. Zum Nachweis kann man anstatt der Kerze auch einen glimmenden Holzspahn (beim Glimmen findet noch eine schwache Verbrennung statt) benutzen, der über Wasser, aus dem Kohlensäure entweicht, erlischt.



Um einen andauernden Gasstrom zu erhalten, stellt man die Flasche mit Sodawasser in warmes Wasser. Hat man bei einer leeren Flasche den Inhalt bestimmt und fängt in einem Gefäße, das ungefähr den 2–3fachen Inhalt hat, von Anfang an die entweichende Kohlensäure auf, so sieht man, dass in dem Wasser das 1–2fache der Raummenge (des Volums) entweicht. Dabei wird sich schwer vermeiden lassen, dass gleich nach dem Öffnen etwas Kohlensäure, die nicht aufgefangen wird, entweicht.

Lässt man das Sodawasser in derselben Weise lange Zeit stehen, so bemerkt man, dass die Gasentwicklung sehr lange Zeit andauert.

Prüfung des Geschmacks: schwach säuerlich, des Geruchs: geruchlos. Das Prickeln wird durch emporgeschleuderte Tröpfchen hervorgebracht. — Die entweichenden Gasblasen sind kugelförmig; häufig findet die Bläschenentwicklung von bestimmten Punkten aus statt.

<sup>2)</sup> Da die zu erörternden Thatsachen allgemein bekannt sind, ebenso wie die Gegenstände, welche bei der Betrachtung sonst herangezogen werden können, so ist hier eine aphoristische Darstellungsweise gewählt, bei der mehr die methodische Seite hervortreten soll.

Zusammenfassung: Das Sodawasser ist eine Auflösung von Kohlensäure in Wasser, es enthält mehr Kohlensäure, als das Wasser bei gewöhnlichen Verhältnissen aufzunehmen vermag. Daher übt die Kohlensäure, welche zu entweichen bestrebt ist, einen Druck aus, sie entweicht zu Anfang stürmisch (Aufbrausen). Da beim Erwärmen das Gas schliesslich vollständig entweicht, löst es sich in höherer Temperatur weniger als bei gewöhnlicher.

Erweiterung: Das Aufschäumen (Mussieren) wird bei vielen Getränken wahrgenommen. Bier, Weissbier. Die Versuche, welche den Nachweis liefern, dass dies durch entweichende Kohlensäure hervorgebracht ist, können wiederholt werden.

Schluss in Beziehung auf das Wasser: Das Wasser löst Gase in ganz bestimmten Mengen auf. Gesetz der Lösung.

5. Man setze auf die Flasche einen Kork, durch dessen Durchbohrung ein zu einer Spitze ausgezogenes Glasrohr so hindurchgesteckt ist, dass das Rohr bis auf den Boden reicht. Das Sodawasser wird durch den Druck der Kohlensäure springbrunnenartig vollständig herausgetrieben und ein Kohlensäurestrahl folgt nach. Das herausspringende Wasser ist mit Gasblasen reichlich erfüllt. Den Verschluss der Spitze bewirkt man mit einem kurzen Schlauch, in dem ein Stückchen Glasstab sitzt, oder durch einen Wachsknopf. Biegt man den herausragenden Teil der Röhre um, so kann man das nun herausgepresste Wasser auffangen (Siphon). Noch besser verbindet man eine Flasche mit gewöhnlichem Wasser (*B*) das mit etwas Tinte gefärbt ist, durch ein zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr, dessen Enden weder das Sodawasser (in *A*) noch das Niveau (die Oberfläche) des gefärbten Wassers berühren. Der Kork der Flasche mit Wasser (*B*) besitzt eine zweite Durchbohrung, durch welche man verschiedene Röhren dicht anschlussend einführen kann. Bringt man ein rechtwinklig gebogenes, zur Spitze ausgezogenes Rohr, dessen eintauchendes Ende bis auf den Boden des gefärbten Wassers reicht, hindurch, so wird das Wasser hinausgepresst, die Entfernung, bis zu welcher der Strahl geworfen wird, nimmt später ab; nimmt man Sodawasser, aus dem schon etwas Kohlensäure entwichen ist, und steckt ein langes Rohr durch den Kork von *B*, so wird das Wasser nicht mehr so hoch emporgetrieben, wie wenn man den Versuch mit frischem Wasser macht; man sieht auch, dass die Wassersäule sinkt, wenn man nach mehrmaligem Öffnen des Verschlusses der Flasche *A* die Verbindung wieder herstellt. Zweckmässig schneidet man das Verbindungsrohr zwischen beiden Flaschen durch und verbindet mit etwas Kautschukschlauch; man kann dann leicht den Verschluss in der oben angegebenen Weise herstellen. Durch die gehobene Wassersäule kann man den Druck der Kohlensäure messen und zeigen, wie sich derselbe in Gramm resp. Kilogramm ausdrücken lässt (Manometer) — Springbrunnen, Spritzflasche, Heronsball, Windkessel. — Durch Erwärmen der Sodawasser-Flasche *A* (durch Hineinstellen in lauwarmes Wasser) kann man die Erscheinungen verstärken, die sich übrigens noch mannigfach abändern lassen.

6. Man fülle ein Reagenzglas bis gut ein Drittel mit frischem Sodawasser, schliesse mit einem Kork, der nicht zu fest aufgesetzt werden darf, und erhitze das Gläschen: der Kork wird unter Explosion herausgeschleudert. — Erklärung der Explosion. Heranziehung anderer Beispiele, Hinweis auf die Erfordernisse für Gefässe, welche Gase mit starken Spannungen enthalten. Einrichtung der Sodawasserflaschen. Bedingungen für längere Aufbewahrung.

Mitteilung über die Herstellung des Sodawassers, Name, natürliches Selterswasser. Herstellung in Krügen in früherer Zeit, jetzige Darstellung im grossen. — Die Herstellung selbst soll hier nicht weiter beschrieben werden, man benutzt ja dazu jetzt vielfach die bekannten Kohlensäurebomben. Es ist auch nicht erforderlich, dass bei den Elementen der Chemie und Physik die Technik in maschineller Beziehung berücksichtigt wird, da die im grossen angewendeten Maschinen zu compliziert sind für das Verständnis unserer Jugend von 12—16 Jahren. Es genügt die Mitteilung, dass das Sodawasser dadurch erhalten wird, dass Kohlensäure unter hohem Druck in reines Wasser gepresst wird. Um im kleinen einen Anhalt zu geben, geht man vom Namen aus; man zeigt, dass in der Soda Kohlensäure enthalten ist. Man übergießt Soda mit etwas Essigsäure im Bechergläschen, Aufbrausen, Nachweis der Kohlensäure. Um Sodawasser zu erhalten, nimmt man eine Flasche mit Deckel-



haken- (Patent-) Verschlufs, wie er jetzt gebräuchlich ist, bringt etwas doppeltkohlensaures Natron, gemischt mit der jetzt billigen Citrouen- oder Weinsäure, in die ziemlich gefüllte Flasche, schließt und schüttelt mehrmals: man erhält so ein mussierendes Getränk. Die Kohlensäure, welche am Entweichen gehindert ist, wird durch den dadurch entstehenden Druck in das Wasser geprefst und gelöst. Die Verhältnisse, die man zu nehmen hat, sind leicht zu berechnen, da 1 g des Salzes ungefähr 270 ccm Kohlensäure giebt. Natürlich kann man hier Anschlussversuche mit doppeltkohlensaurem Natron (im gew. Leben oft Natrum, Natron u. s. w. genannt), (Entweichen der Kohlensäure beim Erwärmen, Aufbrausen mit Säuren, Lösen in reinem Wasser u. s. f. anstellen.

Hygienische Hinweise: Wirkung des doppeltkohlensauren Natrons als Heilmittel — Brausepulver (Gemisch von 10 Gewichtsteilen doppeltkohlensaures Natron, 9 Teilen Weinsäure und 19 Teilen Zucker); auch Seidlitzpulver ist doppeltkohlensaures Natron.

Anwendungen des Materials: Entsäuern von Bier, Herstellung anderer mussierender Getränke, die früheren Gaskrüge.

7. Adhäsionserscheinungen: Läßt man frisch eingegossenes Sodawasser ruhig stehen, so bemerkt man, daß das Aufbrausen bald nachläßt und nur noch einzelne Blasen namentlich von den Wänden aus entweichen. Die Kohlensäure ist im Wasser gelöst; dies ist nur dadurch möglich, daß die Teilchen des Wassers die des Gases festhalten, so daß das Ganze als eine Flüssigkeit erscheint, es muß also eine Ursache, eine Kraft, vorhanden sein, die man als Kraft des Aneinanderhaftens der Teilchen (Adhäsion) bezeichnen kann; man kann dies auch so ausdrücken: das Wasser hat für die Gase eine aufnehmende Kraft (absorbiert das Gas). Eine bestimmte Menge Wasser vernag nur ein bestimmtes Volum eines Gases aufzunehmen (bei gewöhnlicher Temperatur und den gewöhnlichen Druckverhältnissen nimmt 1 Liter Wasser 1 Liter Kohlensäure auf, bei einem viermal so großen Druck 4 Liter). Die unter hohem Druck in das Sodawasser geprefste Kohlensäure entweicht nicht auf einmal, es bedarf einer gewissen Zeit, bis so viel Kohlensäure entwichen ist, daß nur die bei gewöhnlichen Verhältnissen lösliche Menge zurückbleibt. Nach längerer Zeit hat sich dieser Vorgang vollzogen, das Sodawasser ist abgestanden.

Viel schneller aber geht diese Trennung von Kohlensäure und Wasser vor sich, wenn irgend ein Körper hineingebracht wird, der zu den Wasserteilchen eine größere Adhäsion besitzt als die Kohlensäure. Viele feste Körper lösen sich in Wasser leicht auf; diese Lösung erklärt sich ähnlich wie bei der Kohlensäure: die Wasserteilchen vereinigen sich mit den Teilchen des festen löslichen Körpers, die Kohlensäure entweicht, es entsteht eine lebhaftere Gasentwicklung, die, wenn sie sehr reichlich erfolgt, als Aufbrausen bezeichnet wird; auch Körper, die Hohlräume enthalten, welche Luft einschließen, poröse Körper, wirken in ähnlicher Weise: die festen Körper werden benetzt und das Wasser entläßt die Kohlensäure, da die Teilchen der festen Körper, auch wenn sie nicht löslich sind, Adhäsion zu den Wasserteilchen haben; die entweichenden Bläschen der verdrängten Luft wirken begünstigend auf die Trennung der Kohlensäure vom Wasser. Noch erhöht wird die Wirkung, wenn eine möglichst vielfache und schnelle Berührung (Umrühren, größere Mengen des Körpers) erfolgt und die Körper die beiden genannten Haupteigenschaften vereinigen (gepulverter Zucker) oder in einem Zustande sind, daß die eine der beiden Eigenschaften besonders schnell zur Geltung kommt. (Wirkung stark zuckerhaltiger Säfte, Himbeersaft, Ingwersaft etc.)

8. Versuche über das Aufbrausen. Der Druck, den die Kohlensäure nach dem Öffnen der Flasche ausübt, beträgt ungefähr noch eine Atmosphäre Überdruck (manometrisch gemessen), und dieser Druck hält noch eine ganze Zeit vor, so daß selbst beim Stehen anfänglich das Wasser noch mehr Kohlensäure gelöst enthält, als den gewöhnlichen Verhältnissen entspricht, die Lösung ist übersättigt. Auf diese Lösung wirken nun die Substanzen in der eben beschriebenen Weise ein. Zu jedem Versuche ist nur eine kleine Menge kohlenensäurehaltiges Wasser notwendig. — Folgende Gruppen von Versuchen können leicht unterschieden werden: Flüssige Substanzen, die sich leicht mit Wasser mischen, bringen ein lebhaftes Aufbrausen hervor (Alkohol, Glycerin). — Flüssigkeiten, die sich fast gar nicht mit

Wasser mischen, erzeugen kein Aufbrausen (Öl, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff). — Salze, die sich in Wasser lösen, bringen in gepulvertem oder fein zerteiltem oder krystallisiertem Zustande lebhaftes Aufbrausen hervor, indem sie sich lösen. Werden sie in kompakten Krystallen angewendet, so findet eine Gasentwicklung nur von der Oberfläche der Krystalle aus statt (Versuche mit Salz, Salmiak, mit Krystallen von Steinsalz, Kandis u. s. w.). — Alle porösen Körper, die benetzt werden, bringen ebenso wie die pulverförmigen lebhaftes Aufbrausen hervor, gleichviel, ob sie löslich sind oder nicht (Versuche mit Sand, Glaspulver, Kork u. s. w.). Aufbrausen findet nicht statt bei Samen *Lycopodium* (dem sogen. Bärlappsamen) oder wenn Körper damit bedeckt sind. — Vollständig reine Flächen erzeugen kein Perlen, ein gewöhnlicher Glasstab aber bedeckt sich sofort mit Perlen; erhitzt man das andere Ende, läßt abkühlen, reinigt mit Alkohol und erhitzt wieder, nachdem man mit weichem Papier abgetrocknet hat, so entstehen beim Eintauchen fast keine Gasblasen. — Substanzen, welche eine chemische Einwirkung ausüben und das Wasser an sich reißen wie englische Schwefelsäure, erzeugen lebhaftes Kohlensäuregas-Entwicklung.

Eigentümlich ist, daß ganz dicke Zuckersäfte, Syrup, kein Aufbrausen verursachen. Die Teilchen halten sich hier so fest, daß man Syrup in das Wasser gießen kann, ohne merkliches Aufbrausen wahrzunehmen; dies tritt erst beim Umrühren ein. — So lassen sich die Versuche mannigfach umändern und die Wirkungen noch nicht untersuchter Substanzen im voraus finden.

Diese Versuche können überführen zu denen mit Wasser, das sich in der Nähe des Siedepunktes findet, und zur Erklärung einiger Erscheinungen beim Sieden selbst. Stofsen von Flüssigkeiten beim Sieden, regelmäßige Dampfentwicklung durch Zufügung von verschiedenen Substanzen. Wirkung der Spitzen.

Auch für höhere Schulen giebt es aus dem angedeuteten Gebiete der Molekularphysik der Gase eine Fülle von wichtigen Erscheinungen, welche zum Verständnis der Natur der Gase und vieler Naturerscheinungen notwendig sind, jetzt aber kaum beachtet werden, wo besonders glänzende, überraschende und in die Augen stechende Experimente mit Rücksicht auf die herrschende Elektrotechnik den Schulunterricht als Hauptsache zu beherrschen drohen, und doch haben jene Gesetze für die Entwicklung einiger Zweige der Technik dieselbe Wichtigkeit zu beanspruchen, wie z. B. die Erscheinungen der Diffusion in Beziehung zur Zuckerfabrikation.

Es ist nicht möglich, in dieser Skizze die weitere Darstellung der Versuche zu geben. Es mag nur die Anordnung angedeutet werden, wie sich diese Versuche fortsetzen lassen. Es folgen Versuche über die Schwere der Kohlensäure unter Anwendung des Sodawassers als Kohlensäurequelle; Versuche mit der Wage; Diffusionsversuche; Versuche mit Seifenblasen u. s. w.

Besonderes Interesse bieten auch die Gefrierversuche mit Sodawasser. Die Ausscheidung der Kohlensäure veranlaßt eine eigentümliche Ausscheidung und Bildung des Eises. Das Gefrieren von gewöhnlichem Wasser zeigt deutlich den Unterschied. Als Gefriergefäße verwende man Reagenzgläser oder sonstige kleine Glasgefäße.

Im Sommer läßt sich die erforderliche Temperatur leicht, wo Eis zur Verfügung steht, durch die Kältemischung mit Kochsalz erhalten. Ebenso gut aber lassen sich diese Versuche den Gefrierversuchen mit Wasser anschließen und veranlassen eine Fülle von Beobachtungen.

9. Nachweis der Kohlensäure im Sodawasser auf chemischem Wege. Versuche mit Kalkwasser, Wieder-Auflösen des Niederschlags durch weiteren Zusatz des Wassers, Auftreten der Trübung beim längeren Stehen, beim Erwärmen; Tropfstein-, Kesselsteinbildung. — Anschluß: Nachweis der Kohlensäure in der Luft, beim Atmen, beim Verbrennen, bei der Gärung. Nachweis in Gesteinen und Mineralien, in Bildungen von Organismen (Eier, Muschelschalen, Korallen, Knochen), alles Abschnitte, die mit Zusammenstellungen, Erweiterungen und Darstellung vieler täglicher Naturerscheinungen reichlich verbunden sind, wobei Heranziehung anderer Carbonate das Bild vervollständigen würde. Nicht eignet



sich die Kohlensäure, um die Condensation von Gasen zu zeigen, d. h. von Körpern, die bei unseren gewöhnlichen Verhältnissen nur im Gaszustande auftreten. Hier wäre wohl am besten das Schwefeldioxyd zu wählen, bei dem die betreffenden Versuche noch am einfachsten sind, immerhin aber nicht so einfach, daß sie zu den eigentlichen Freihandversuchen gezählt werden könnten. Indessen sollen auch solche Grundversuche in möglichst vereinfachter Form mit herangezogen werden.

Vielleicht hat diese Darstellung ein Bild von der Anwendung der Freihandversuche in einer Richtung gegeben und gezeigt, daß der Charakter der Spielerei ganz ferngehalten werden kann.

Die in den vorangeschickten allgemeinen Bemerkungen (*d. Zeitschr. X 108*) angegebenen Gegenstände würden für die anderen dort bezeichneten Wege zweckmäßige Beispiele geben. Bei den ersten Betrachtungen würden die stofflichen (chemischen) und physikalischen (nur Eigenschaftsänderungen) Erscheinungen vielfach neben einander herlaufen, dann aber die Einzelwissenschaften so behandelt werden, daß in der Physik das Gesetz, in der Chemie der Körper den Mittelpunkt der Betrachtung bildet.

### Kleine Mitteilungen.

#### Versuche zur Theorie der Franklinschen Tafel und der Leydener Flasche.

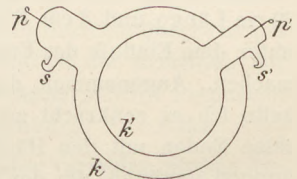
Von Prof. Hermann Wernecke in Frankfurt a. O.

1. Zur Theorie der Franklinschen Tafel. Peitscht man die eine Seite *A* einer glatten Ebonitplatte mit dem Fuchsschwanz, so zeigt sowohl sie, wie die abgewandte Seite *B* am Elektroskop negative Elektrizität. Die Seite *B* verliert aber scheinbar ihre negative Elektrizität, sobald man sie über einer Bunsenflamme hin- und herführt, während *A* weiter — Elektrizität zeigt. Verfährt man nun ebenso mit der Seite *A*, so zeigt *A* keine, *B* aber positive Elektrizität. Die negative Elektrizität von *A* erscheint wieder, wenn *B* abgeleitet wird und so fort.

Daraus schliesse ich: 1. Die anfänglich vorhandene — Elektrizität der Seite *B* ist Influenzelektrizität zweiter Art (nach Riesscher Bezeichnung). 2. Die entsprechenden Erscheinungen der Franklinschen Tafel sind unabhängig vom Metallbelag.

Statt durch Peitschen kann man übrigens die Elektrizität der Hartgummiplatte auch durch Überschlagen eines Funkens erregen. Das deutliche Gelingen des Versuches ist von der Trockenheit der Luft abhängig.

2. Zur Theorie der Leydener Flasche. Die Bemerkung, daß in den Geißlerschen Röhren verdünnte Luft sich wie ein guter Leiter verhält, brachte den Verfasser auf den Gedanken, es müsse wohl möglich sein, eine Leydener Flasche herzustellen, in welcher der Metallbelag durch verdünnte Luft ersetzt ist. Um ein birnförmiges Glasgefäß *k'* (Fig.) ist ein zweites Gefäß *k* von derselben Form geblasen. Nachdem in den halsförmigen Teil beider je ein Platindraht *pp'* eingeschmolzen war, wurde die Luft in beiden verdünnt, und alsdann wurden die Gefäße bei *ss'* zugeschmolzen<sup>1)</sup>. Der Apparat entspricht in seinen Leistungen vollständig denen einer Leydener Flasche. Dabei sind aber die Vorgänge von besonderen Lichterscheinungen begleitet. Während der Ladung zeigt sich an der Anode eine rötliche Lichtgarbe, die in einen weißlich schimmernden Lichtkegel übergeht, während die Umgegend der Kathode das violette Glimmlicht zeigt wie bei den Geißlerschen Röhren. Bei der Entladung kehrt diese Lichterscheinung sich um. Von Interesse ist es, die Umkehrung der Pole zu beobachten, wie sie die Verwendung der Holtzschen Influenzmaschine mit sich bringt. Während des ganzen Vorganges phosphorescieren beide Glaskugeln lebhaft grün, so daß man die Phosphorescenz auch ohne Verdunklung wahrnehmen kann.



<sup>1)</sup> Von Herrn Ernecke in Berlin besorgt.

Nimmt man den Apparat ab, während er geladen ist, so zeigt sich jedesmal beim Behauchen lebhaftere Phosphorescenz. Wie bei der Leydener Flasche entwickelt sich nach der Entladung allmählich wieder eine schwächere Ladung, das „Residuum“. Auch hier zeigt sich, wie in No. 1, daß die Erscheinungen der Leydener Flasche nicht abhängig sind vom Metallbelag.

Die vorstehenden Versuche, ebenso wie der weiter unten beschriebene über Erdmagnetismus, sind vom Verfasser den Teilnehmern am Ferienkursus zu Frankfurt a. M. am 3. Mai d. J. vorgeführt worden.

### Für die Praxis.

Entladungsversuche. Von Dr. A. Witting in Dresden. Zu den Mitteilungen der Herren Schreiber und A. Kadesch (*Heft 2, S. 91, 92*) sei es gestattet hinzuzufügen, daß ein isolierter Conduktor in sehr einfacher und zweckmäßiger Weise durch eine mit Wasser gefüllte Glasschale dargestellt wird. Leitet man von einem Pole einer Influenzmaschine einen Draht in das Wasser, so leuchten evakuierte Röhren in der Nähe desselben hell auf, während sich gleichzeitig der Funkenstrom zwischen den Polen der Maschine wesentlich verringert. (Stellt man in die Schale ein ebenso hoch mit Wasser gefülltes Becherglas, so hat man eine isolierte Leydener Flasche, mit der man einige hübsche Experimente anstellen kann.) Man wird aber weiter bemerken, daß bei genügender Größe der Funkenstrecke die Entladungsercheinungen, die sich zwischen den Polen der Influenzmaschine abspielen, wesentlich verschieden sind, je nachdem man die Oberfläche des positiven oder des negativen Poles der Maschine vergrößert. Im ersten Falle erhält man lange, schmale Ausströmungen, im zweiten dagegen eine prachtvolle, große Aureole. Ähnliches zeigte sich, als der eine Pol mit einer Metallkugel von 40 cm, der andere mit einer solchen von 1 cm Durchmesser verbunden wurde und der Funkenstrom zwischen diesen beiden Kugeln überging.

Anschließend daran sei noch eine ältere Beobachtung mitgeteilt, die bei einer sehr stark verzögerten Batterieentladung gemacht wurde<sup>1)</sup>. Es strömte beim Funkenmikrometer zunächst von der mit der negativen Belegung verbundenen Kugel ein schwach leuchtendes Büschel aus, das aber nicht nach der andern Kugel gerichtet war, bis plötzlich in zackiger Form auch aus dieser Kugel ein etwas stärker leuchtendes Büschel hervorstürzte, das sich unter rechtem oder sogar spitzem Winkel mit dem ersteren vereinigte. Die ganze Erscheinung dauerte etwa eine halbe Sekunde und man konnte mit dem Funken ein Streichholz entzünden.

Nachweis des Erdmagnetismus. Von Prof. Hermann Wernecke in Frankfurt a. O. Der Nachweis des Erdmagnetismus pflegt sich in der Schule auf die Vorzeigung der Magnetnadel und deren Besprechung zu beschränken, weil es schwer hält, die für weitere Versuche nötigen Stäbe unmagnetisch zu erhalten. Ein Stück weichen Eisenbleches aber von etwa 30 cm Länge und 3 cm Breite, welches der Länge nach rechtwinklig eingekniff ist, läßt sich unter dem Einfluß des Erdmagnetismus in beliebiger Richtung magnetisch oder unmagnetisch machen. Angenommen, das Blech zeige beim Beginn des Versuches bereits Magnetismus, so halte ich es senkrecht zur Ebene des magnetischen Meridians und drille es, d. h. ich drehe seine Enden mit den Händen in entgegengesetzter Richtung hin und her. Ein paar Drehungen genügen, um den Magnetismus zu beseitigen. Bringe ich das nunmehr unmagnetisch gemachte Blech in die Richtung der Inklinationsnadel und drille es wiederum, so zeigt das untere Ende Nord-, das obere Südmagnetismus, und zwar ist der Magnetismus stark genug, um bei geeigneter Aufhängung dem Blech Nord-Südrichtung zu geben.

Derartige Versuche lassen sich an einem kleinen Taschencompafs schon mit Hilfe eines Selterwasserdrahtes oder winziger Blechlamellen anstellen.

<sup>1)</sup> Im Winter 1894/95 in dem unter Leitung des Herrn Geh. Hofrats Prof. Dr. A. Toepler stehenden phys. Institut der techn. Hochschule zu Dresden.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

Ein Stereoskop mit rotierenden Prismen (D.R.P. 80 337) ist von L. BLATH erfunden worden und wird von diesem im *Programm des Domgymnasiums in Magdeburg von 1896* (Pr. Nr. 242) beschrieben und durch Abbildungen erläutert<sup>1)</sup>. Der Verfasser hatte sich durch zahlreiche Untersuchungen überzeugt, daß das Wheatstonesche wie das Brewstersche Stereoskop bei vielen Personen ohne Wirkung sind, d. h. keine körperliche Anschauung hervorbringen. Der Grund sei eine fehlerhafte Augenkonstruktion der Betreffenden, und zwar können folgende Mängel das stereoskopische Sehen beeinträchtigen: 1. Verschiedenheit der deutlichen Sehweite beider Augen, 2. andere als normale Entfernung der Mittelachsen beider Augen und 3. fehlerhafte Achsenstellung der Augen oder eines Auges.

Was den ersten Punkt betrifft, so müssen natürlich größere Verschiedenheiten zwischen beiden Augen durch Brillen ausgeglichen werden; geringeren aber, wie sie äußerst verbreitet sind, kann eine Verschiebung der stereoskopischen Bilder in der Richtung der Augenachsen abhelfen. Zum zweiten Punkte bemerkt BLATH, daß die Abstände der Pupillenmittelpunkte bei verschiedenen Individuen bis zu 10 mm variieren, weshalb es notwendig sei, die Okulare des Stereoskops seitlich verschiebbar zu machen. Von noch größerer Bedeutung sei aber der an dritter Stelle genannte Mangel; eine fehlerhafte Achsenstellung bedinge nämlich, daß nur mit einem Auge gesehen wird, was die Entstehung eines plastischen Bildes überhaupt ausschließt.

Das neue Stereoskop gestattet nun, diese Fehler der Augenkonstruktion auszugleichen, indem es im Gegensatz zu dem älteren Prismenstereoskop, dem es sonst im wesentlichen gleicht, bewegliche Prismen besitzt, und zwar sind diese sowohl einer rotierenden Bewegung als einer seitlichen Verschiebung fähig. Zuerst muß der Beobachter die Okulare entsprechend dem Abstände seiner Pupillen zusammen oder auseinander schieben; hernach werden dieselben je nach Bedürfnis beide zusammen oder einzeln nach rechts oder links gedreht. Auf den dies ermöglichenden Mechanismus kann hier nicht eingegangen werden; jedenfalls aber wird dadurch nach der Angabe des Erfinders selbst bei den anormalsten Augenstellungen das Körperlichsehen erzielt.

Für den Unterricht ist von Bedeutung, daß mit Hilfe dieses Apparates, ohne daß man die Augen äußerlich zu beeinflussen oder durch Fixieren überanzustrengen braucht, die Thatsache des Doppelbildes und das Zustandekommen der Tiefenunterscheidung durch die Verbindung der beiden Netzhautbilder in vollkommenster Weise zur Anschauung gebracht werden kann. Läßt man nämlich nach genauer Einstellung der Prismen diese gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung sich drehen, so trennen sich die beiden Bilder, während umgekehrt beim Wiederherstellen der ursprünglichen Einstellung plötzlich und überraschend das plastische Bild hervortritt. Schliesslich sei noch auf die mehrfachen Beziehungen zwischen diesem Apparate und den neuen Zeiss'schen Doppelfernrohren bezüglich der Erzielung der stereoskopischen Wirkung hingewiesen (vgl. ds. Heft S. 214). Der Apparat wird hergestellt von der Firma Gebr. Commichau, techn. Abteilung, Magdeburg-Sudenburg. *I. Sch.*

Über ein Verfahren zur Demonstration des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme berichtet F. BRAUN in *Wied. Ann.* (60, 552; 1897). In einer länglichen Vacuumröhre gehen von einer Aluminiumkathode Kathodenstrahlen aus, passieren ein 2 mm weites Aluminiumdiaphragma in der Mitte der Röhre und treffen auf einen am entgegengesetzten Ende befindlichen, mit phosphoreszierender Farbe bestrichenen Glimmerschirm. Sie erzeugen an der Glaswand den bekannten Fluoreszenzleck, der durch Glas und Glimmer hindurch zu sehen sein muß. In der Gegend des Diaphragmas umwickelt man das Rohr am besten mit Stanniol, das zur

<sup>1)</sup> Über das Sehen mit beiden Augen, die Tiefenanschauung, und ein neues Stereoskop mit rotierenden Prismen, nebst seiner Verwendung im Unterricht und in der Augenheilkunde, von Professor Dr. Ludwig Blath, Magdeburg 1896.

Erde abgeleitet wird. Die Kathodenstrahlen erzeugte BRAUN durch eine 20plattige Toeplersche Influenzmaschine; doch genügt auch ein rasch intermittierender Induktionsapparat. Befindet sich in der Nähe des Diaphragmas eine kleine Magnetisierungsspule, deren Achse senkrecht zur Rohrachse steht, so wird der Fluoreszenzpunkt abgelenkt, sobald die Spule von einem Strom durchflossen wird. Ein Wechselstrom versetzt ihn in Schwingungen, welche

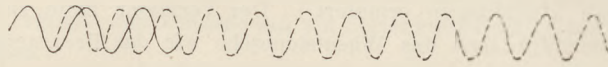


Fig. 1.

im Königschen rotierenden Spiegel Kurven ergeben, von denen einige in nebenstehenden Figuren gezeichnet sind. Fig. 1 giebt den Wechselstrom der Strafsburger Centrale verglichen mit einer vergrößerten Stimmgabelkurve (letztere punktiert). Fig. 2 stellt den Strom

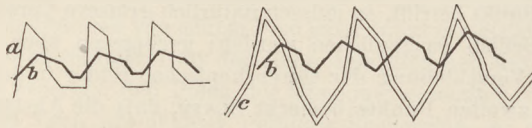


Fig. 2.

eines Induktionsapparates dar: *a*, sekundärer Kreis offen; *b*, sekundärer Kreis geschlossen; *c*, im sekundären Kreis ein Condensator. Auch Lissajoussche Kurven erhält man, wenn man nicht nur in der senkrecht über dem Diaphragma befindlichen Spule einen Wechselstrom erzeugt, sondern zugleich noch einen kleinen Magnetstab unterhalb der Röhre in horizontale Rotation versetzt. Mit wachsender Rotationsgeschwindigkeit beschreibt der Fluoreszenzpunkt dann die verschiedenen Lissajousschen Figuren. Schk.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Röntgenstrahlen.** In weiterer Verfolgung der schon von Röntgen selbst angestellten Versuche über Entladung elektrisch geladener Körper fand J. PERRIN (*C. R. CXXIII*, 351 u. 878; *Naturw. Rundsch. XII* 127) es bestätigt, dass ein elektrisch geladener Körper in wenigen Sekunden entladen wird, wenn die X-Strahlen nur das den Körper umgebende gasförmige Medium, nicht aber jenen selbst treffen. PERRIN schneidet aus der einen Platte eines Condensators ein rechteckiges Stück heraus und verbindet dieses mit einem Elektroskop. Werden nun Röntgenstrahlen so durch den Raum zwischen beiden Platten geschickt, dass keine von ihnen berührt wird, so werden die Platten entladen, sobald die von dem Ausschnitt ausgehenden Kraftröhren geschnitten werden. Ist letzteres nicht der Fall, d. h. durchsetzen die Strahlen das Dielectricum neben dem Ausschnitt, so hört die entladende Wirkung auf. PERRIN nimmt an, dass die X-Strahlen einige Moleküle des Dielectricums in positive und negative Ionen zerlegen, welche in einander entgegengesetzter Richtung durch das Feld fortgeführt werden und die Entladung der Condensatorplatten bewirken. Bei Veränderung der Potentialdifferenz der Platten zeigte sich, dass für dieselbe stets ein Maximum existierte, derart, dass eine darüber hinausgehende Erhöhung der Potentialdifferenz die Entladung nicht vermehren konnte. Dieses Maximum entspricht nach PERRINS Annahme der Menge der neutralen, durch die Strahlen zerlegten Elektrizität. Es erwies sich als proportional dem Abstände von der Strahlenquelle und dem Winkel des Strahlenkegels, d. h. also der Intensität der Strahlung.

Änderungen des Drucks im Dielectricum ergaben, dass bei gleichbleibender Temperatur die vom Condensator abgegebene Elektrizitätsmenge dem Drucke proportional war. Da die Masse eines Gases dem Druck proportional ist, so ist die Menge der pro Masseneinheit dissociierten Elektrizitätsmenge unabhängig vom Drucke. Änderungen der Temperatur von  $-12^{\circ}$  bis  $+145^{\circ}$  zeigten fast vollständige Unabhängigkeit der Entladung von der Temperatur. Da die Masse eines Gases der absoluten Temperatur umgekehrt proportional ist, so muss die Menge der pro Masseneinheit zerlegten Elektrizität der absoluten



Temperatur proportional sein. Nach der kinetischen Gastheorie würde das bedeuten, daß die Menge der dissociierten Moleküle unabhängig ist von ihrem Abstand, proportional dagegen ihrer Zahl und ihrer mittleren Energie.

In einer weiteren Arbeit (*C. R. CXXIV 453; Naturwiss. Rundsch. XII 307*) untersucht PERRIN die Wirkung der X-Strahlen auf einen geladenen Körper, wenn sie nicht nur die von ihm ausgehenden Kraftröhren, sondern auch ihn selbst treffen, und findet die Wirkung im letzteren Falle (die „Metallwirkung“) viel bedeutender als die erstere (die „Gaswirkung“). PERRIN läßt bei diesen Versuchen die Strahlen durch ein Aluminiumfenster inmitten einer der Condensatorplatten senkrecht auf die Platten einfallen und erhält dann beide Wirkungen. Wurden aber die beiden dem Innern des Condensators zugekehrten Flächen mit einer dünnen Schicht Petroleum, Alkohol oder Wasser bedeckt, so hörte die „Metallwirkung“ auf. Sie wurde meßbar, wenn eine dieser Flächen mit einem Goldblatt, verdoppelt, wenn beide mit Goldblatt bedeckt waren. Die „Metallwirkung“ ist also eine ganz oberflächliche und wird von untern Schichten nicht beeinflusst. Sie wuchs mit stärkerem Felde bis zu einem Grenzwerte, war unabhängig von der Temperatur und änderte sich umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung vom Ausgangspunkte der Strahlen. PERRIN erklärt die „Metallwirkung“ dadurch, daß die von ihm angenommene „Ionisation“ des Gases durch die Röntgenstrahlen bei der Berührung mit einem Leiter in sehr viel stärkerer Weise erfolge.

Ob die Röntgenstrahlen eine elektrisierende Wirkung auf die Luft ausüben, ist von LORD KELVIN in Gemeinschaft mit J. C. BEATTIE und M. SMOLUCHOWSKI de SMOLAN untersucht worden (*Nature LV 199; Naturw. Rundschau XII 137*). Ein Bleicylinder wurde an beiden Enden durch paraffinierte Pappdeckel geschlossen; das eine Ende stand vor der Röntgenlampe, der Verschluss des andern Endes war von zwei Löchern durchbohrt, durch welche Glasröhren hindurchgingen. Durch die eine Glasröhre konnte mit einer Luftpumpe Luft aus beliebigen Stellen des Röhreninnern herausgesaugt und durch ein elektrisches Filter getrieben werden, durch die andere Glasröhre wurde Luft von ausserhalb des Laboratoriums in die Röhre eingeführt. Es zeigte sich nun, daß die Luft im Innern der Röhre stets negativ elektrisch war, sobald sie von X-Strahlen durchsetzt war; sie war dagegen nicht elektrisch oder nur sehr schwach negativ, sobald ein Bleischirm zwischen Lampe und Röhre stand. War die Röntgenlampe garnicht in Thätigkeit, so war am Elektrometer überhaupt keine Ablenkung wahrzunehmen. Eine sehr deutliche Ladung (bald positiv, bald negativ) war auch wahrnehmbar, wenn die Röntgenstrahlen durch eine Glas- oder Aluminiumröhre gingen, aus der die Luft nach dem Filter gesogen wurde. Positiv geladene Luft verlor unter dem Einfluß der Strahlen die positive Elektrizität und nahm in manchen Fällen ebenfalls negative Ladung an.

Über die entladenden Eigenschaften der Luft unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen bei verschiedenen Metallen stellten dieselben Verfasser folgende Versuche an (*Nature LV 343; Naturw. Rundsch. XII 204*). Ein Aluminiumcylinder enthielt in seiner Achse einen isolierten Metallstab, der durch einen — mit einem Bleirohr geschützten — Kupferdraht mit dem einen Pol eines Elektrometers verbunden war; der andere Pol war mit dem Aluminiumcylinder und Bleirohr in Verbindung. Von einer Röntgenlampe, die bis auf ein Fenster in Blei gehüllt war, fielen Strahlen durch den Aluminiumcylinder senkrecht auf den Metallstab. Dieser wurde nun positiv und dann negativ geladen; unter der Einwirkung der X-Strahlen wurde die Ladung verändert, und der Ausschlag des Elektrometers nahm einen constanten Wert an: den „Strahlennullpunkt“. Es wurde jetzt der Metallstab entladen und von neuem den Strahlen ausgesetzt, bis der „Strahlennullpunkt“ wieder erreicht war. Verband man jetzt beide Elektrometerquadranten mit einander, so nahm die Nadel eine andere Ruhelage an: den „Metallnullpunkt“. Die Differenz beider Nullpunkte wurde für 12 verschiedene Metalle ermittelt; sie betrug z. B. für amalgamiertes Zink — 93 Skalenteile = — 0,66 Volt. Auf dieselbe Weise mit ultraviolettem Licht angestellte Versuche zeigten, daß hierbei ganz entsprechende Differenzen zwischen einem „ultravioletten-Licht-Nullpunkt“ und dem „Metallnullpunkt“ auftraten. Für Zink war die Diffe-

renz hier — 101 Skalenteile oder — 0,72 Volt. Die Differenz hatte bei Magnesium den größten negativen (— 0,671 Volt), bei Kohle den größten positiven (+ 0,429 Volt) Wert. Ähnliche Resultate ergaben sich, wenn die Strahlen nicht senkrecht, sondern parallel zu der Metallfläche auffielen.

Über die Wirkung eines Ozonisators auf Gase, die durch X-Strahlen erregt werden, berichtet E. VILLARI (*Rend. R. Acc. d. Linc. VI 17 u. 48; Naturw. Rundschau XII 152*). Der „Ozonisator“ bestand aus einer Glasröhre, die äußerlich zum Teil mit Stanniol belegt war, während die innere Belegung aus einem durch die Röhre isoliert hindurchgehenden Drahte bestand; sie wurde durch einen Strom geladen. Wurde nun Luft (oder Sauerstoff), nachdem sie den X-Strahlen ausgesetzt gewesen war, durch diese Röhre hindurch gegen ein Elektroskop geblasen, so wurde dieses nicht entladen, während das sofort geschah, wenn die Luft den Ozonisator nicht passiert hatte. Die entladende Eigenschaft, welche die Luft durch die X-Strahlen erhielt, wurde durch ihre Ozonisierung vernichtet. Die Erscheinung spricht für die Annahme, daß der Sauerstoff der Luft durch die Röntgenstrahlen dissociiert wird und dadurch entladend wirkt; durch Ozonisierung wird die Dissociation aufgehoben,  $O_3$  gebildet und der entladenden Wirkung entgegengearbeitet. Leuchtgas, das von Röntgenstrahlen getroffen, auch entladend wirkt, wird beim Durchgang durch den Ozonisator ebenfalls unwirksam.

Das Verhältnis der Dichte der Gase zu ihrer Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen ist von BENOIST näher untersucht worden (*C. R. CXXIV 146; Naturw. Rundschau XII 247*). Die Gase wurden in einer 74 cm langen Metallröhre mit Aluminiumgrundfläche zwischen Röntgenlampe und Elektrometer gestellt und Drucken von 1 bis 2 Atmosphären ausgesetzt. Schweflige Säure, Chlormethyl und Luft zeigten eine Absorption proportional der Dichte. Das spezifische Absorptionsvermögen, d. h. das einer Platte, deren Dicke die Masseneinheit pro qcm beträgt, war für Gase 0,14, für Aluminium 0,09, für Silber 0,84. Mit steigender Temperatur nahm die Absorption der Gase rasch ab.

Über die Fähigkeit des Auges, Röntgenstrahlen wahrzunehmen, berichten G. BRANDES und E. DORN (*Wied. Ann. 60, 478; 1897*). Ein Mädchen, dem wegen hochgradiger Kurzsichtigkeit beide Linsen entfernt waren, wurde, nach Abblenden jeden Lichts, einer Röntgenröhre genähert und hatte in der That eine Lichtempfindung. Die Verf. stellten aber fest, daß unter gleichen Versuchsbedingungen sie selbst mit ihren normalen Augen ebenfalls eine Lichtempfindung erhielten. Allerdings riefen nur Strahlen von erheblicher durchdringender Kraft diese Empfindung im Auge hervor, weshalb sie wohl früher nicht bemerkt worden ist. Das eine Auge wurde vor jedem Versuche durch eine 20 Min. dauernde Bedeckung „für Dunkelheit adaptiert“, während das andere durch ein Bleiblech vor den Strahlen geschützt wurde. Die Erscheinung besteht in einem hellen Ring am äußersten Rande des Gesichtsfeldes, der an der Schläfenseite breiter und heller wird; das Innere des Ringes ist mit schwachem, diffusem Lichte erfüllt. Weitere Versuche wurden mit mehreren Beobachtern ausgeführt, indem verschiedene Teile des Auges abwechselnd mit Bleiplatten verdeckt wurden. Es zeigte sich, daß die Röntgenstrahlen die Augenmedien ungebrochen durchsetzen; Reizung der untern Teile der Netzhaut ergab eine Empfindung im obern Teil und umgekehrt. Wurde eine Bleiplatte langsam vor dem Auge vorbeigeschoben, so begann die Lichtempfindung schon etwas früher, als die Netzhaut direkt getroffen wurde, was auf diffuse Reflexion an den Knochenwänden der Augenhöhle hindeutet. Durch ein in einer Bleiplatte befindliches Loch von etwa 4 mm sah man eine ziemlich scharf begrenzte Lichtscheibe; durch eine Aluminiumplatte mit einem Bleischieben in der Mitte verschwand die Helligkeit im Centrum, der Rand aber war nach innen schärfer begrenzt. Die Linse erwies sich für die Strahlen als durchlässig, was durch photographische Aufnahme von Tieraugen bestätigt wurde; der Glaskörper absorbierte wegen seiner Dicke die Strahlen am meisten. Die Annahme, daß die Sehempfindung vielleicht erst Folge einer Fluorescenzwirkung der Strahlen ist, bestätigte sich nicht. Aus tierischen Augen gewonnener Sehpurpur, der sich im Tageslicht sofort hell färbt, zeigte unter dem Einfluß kräftiger X-Strahlen keine Veränderung.



Einige Lochcamera-Aufnahmen mit Röntgenstrahlen beschreibt P. CZERMAK (*Wied. Ann.* 60, 760; 1897). Die Camera bildete ein mit Bleiblech überzogenes Kästchen mit einer kleinen unter 1 mm weiten Öffnung, welche durch ein 0,4 mm dickes Aluminiumblech für andere Strahlen undurchlässig gemacht war. Die Exposition dauerte 30 Minuten. Die Bilder zeigen in der Mitte einen schwarzen Fleck, der die quadratische Form der Kathode erkennen läßt; der Fleck ist umgeben von einem schwächer entwickelten Hof, der von den X-Strahlen der fluoreszierenden Glaswand herrührt. In einem seitlichen dunkleren Fleck sind auch die Strahlen der Aluminiumanode ausgeprägt. Blanke Scheiben aus Zinn, Zink und Stahl, neben die Röntgenlampe gestellt, ergaben bei einstündiger Exposition mit der Lochcamera ebenfalls ein deutliches, von diffuser Reflexion herrührendes Bild. Drei übereinander liegende, mit Aluminiumprismen bedeckte Löcher schienen eine geringe Verschiebung der 3 Mittelfiguren zu ergeben, woraus CZERMAK eine Brechung der Strahlen im Aluminium folgert, was Ref. aber noch sehr der Bestätigung zu bedürfen scheint. Ebenso dürften die von CZERMAK einem für Röntgenstrahlen empfindlichen Auge zugeschriebenen Eigentümlichkeiten nach den Untersuchungen von Brandes und Dorn nicht zutreffend sein.

Über die Erzeugung von Röntgenstrahlen mit verschiedener durchdringender Kraft hat A. A. C. SWINTON wichtige Entdeckungen gemacht (*Nature* LV, 621; 1897). Die durchdringende Kraft der Strahlen wächst mit der Evacuation der Röhre: bei der Hand werden zuerst das Fleisch, dann auch die Knochen durchlässig. Ähnliche Wirkungen lassen sich aber auch hervorrufen mit einem constanten Vacuum durch allmähliches Anwachsenlassen der Kraft des Rühmkorff oder durch Veränderung des Widerstandes des Rohres vermittels eines magnetischen Feldes: die Strahlen sind am meisten durchdringend bei großer elektrischer Kraft und hohem Widerstande, am wenigsten durchdringend bei geringer Kraft und geringem Widerstande. SWINTON fand ferner, daß es möglich ist, die durchdringende Kraft der Röntgenstrahlen durch einfache Veränderung des Abstandes zwischen Kathode und Antikathode zu ändern. Er construierte eine Röhre, in der die Antikathode mit einer Gleitvorrichtung versehen ist, so daß ihr Abstand von der Kathode von 1 bis 3 Zoll verändert werden konnte. Nähert man die Antikathode der Kathode, so erhalten die Strahlen größere durchdringende Kraft, gerade als wenn das Vacuum wächst, während umgekehrt bei Entfernung der Antikathode die Kraft der Strahlen verringert wird. Ebenso kann man die durchdringende Kraft der Strahlen verändern bei Anwendung von Kathoden mit verschiedenem Durchmesser. SWINTON construierte eine Röhre mit zwei Kathoden, die gesondert benutzt werden konnten und von denen die eine den doppelten Durchmesser der andern hatte. Es zeigte sich, daß, wenn die von der größeren Kathode ausgehenden X-Strahlen mittlere Durchlässigkeit besaßen, diese sehr groß wurde, wenn man die kleinere benutzte, und umgekehrt. Überhaupt fand Verf., daß die Bedingungen, welche Strahlen von großer durchdringender Kraft erzeugen, zugleich die Bedingungen sind, welche eine beträchtliche Potentialdifferenz zwischen den Anode- und Kathodeteilen der Röhre hervorrufen.

Röntgenröhren mit nur einer Elektrode sind von A. PFLÜGER (*Wied. Ann.* 60, 768; 1897) construiert worden. Bei Untersuchung der in einem Teslitransformator vor sich gehenden Entladungen fand PFLÜGER wesentliche polare Unterschiede, indem die sichtbare Strahlung des Pols, welcher positive Elektrizität ausstrahlt, bedeutend mächtiger war als die des andern. Die Umkehrung des primären, durch einen Rühmkorff erzeugten Stromes kehrte die Eigenschaften der Pole um. Wenn man nun den einen Pol des Teslitransformators mit einer Elektrode einer Röntgenröhre verband, so erhielt man gute X-Strahlung. An beide Pole des Transformators ließen sich eine ziemliche Anzahl von Röhren anschließen, ohne daß die Intensität der Strahlung erheblich verringert wurde. Doch war die Intensität der X-Strahlen an dem Pole des Transformators am größten, der sonst die schwächere sichtbare Ausstrahlung zeigte, sich also mehr als Kathode verhielt. PFLÜGER hebt hervor, daß die zuletzt von ihm benutzten einpoligen Röhren sich an Güte kaum von den zweipoligen unterscheiden.

Über einige Erweiterungen früherer Versuche mit Röntgenstrahlen berichten A. VOLLER und B. WALTER (*Wied. Ann.* 61, 88; 1897). Starke Erwärmung macht be-

kanntlich unwirksam gewordene Röhren wieder wirksam; die Verf. finden, daß die Erhitzung in viel höherem Grade wirksam ist, wenn man sie in der Umgebung der Kathode vornimmt. Das von Dorn (*d. Ztschr. X 103*) zuerst angewandte Mittel, das Vacuum durch Erwärmung einer in einem Seitenröhrchen eingeschmolzenen, gasabsorbierenden Substanz (Ätzkali) zu erhöhen, wurde von VOLLER und WALTER in der Weise modifiziert, daß dieselben um das Ätzkaliröhrchen eine von einem Strom durchflossene Heizspirale legten, wobei sich durch Regulierung der Heizstromstärke jeder Grad des Vacuums dauernd erhalten liefs. Es bestätigte sich auch hier wieder, daß das Durchdringungsvermögen der X-Strahlen um so gröfser wird, je mehr die Röhre evacuirt ist. Eine Brechbarkeit der Strahlen liefs sich weder im Diamant, noch in Kupfer oder Aluminium nachweisen. Da der Diamant die X-Strahlen nur schwach absorbiert, so ergibt sich bei Anwendung der Dispersionsformel farbloser Medien, daß die etwaige Wellenlänge der Strahlen nicht über  $1\ \mu$  betragen kann. Die von Fomm (*d. Ztschr. X 103*) gemachte Beobachtung einer Art von Interferenz bestätigte sich nicht; die Fomm'schen Streifen wurden zwar auch beobachtet, verschwanden aber um so mehr, je schmaler der Spalt wurde, während bei einer optischen Interferenzerscheinung das Gegenteil stattfinden müfste. Auch eine Ablenkbarkeit der X-Strahlen durch magnetische Kräfte liefs sich nicht im geringsten nachweisen. Zuletzt untersuchten Verf. noch die diffuse Reflexion an einigen Metallen. Wenn die reflektierenden Flächen parallel der photographischen Platte lagen, so fand sich die stärkste Reflexionswirkung bei den Elementen der Silbergruppe, eine etwas schwächere bei denen der Kupfergruppe, noch schwächere bei denen der Platin-, die schwächste bei den Elementen der Aluminiumgruppe. Unter dem Diamanten war keine Reflexion zu erkennen. Reiht man die untersuchten Stoffe in das periodische System der Elemente, so scheint die Stärke der diffusen Reflexion von der ersten bis zur vierten Gruppe derselben zu, von der vierten zur fünften dagegen erheblich abzunehmen.

Schk.

### 3. Geschichte.

**Über die Entdeckung neuer Elemente im Verlaufe der letzten 25 Jahre.** VON CLEMENS WINKLER. (Vortrag vor der D. Chem. Gesellschaft zu Berlin am 11. Januar 1897; *Ber. d. D. Ch. G. 30, No. 2, S. 6—21*.) Die fesselnd geschriebenen Mitteilungen des Entdeckers des Germaniums geben nicht nur eine wertvolle Übersicht über den Stand der Forschung bezüglich der neuentdeckten und fraglichen chemischen Elemente, sondern behandeln noch verschiedene andere mit dem Thema zusammenhängende Fragen in so anziehender und lebendiger Weise, daß nur zu wünschen ist, der Vortrag würde durch eine Sonderausgabe weiteren Kreisen zugänglich gemacht. — Über die relative Häufigkeit der wichtigsten Elemente in der oberflächlichen Schicht der Erde liegen Berechnungen von F. W. Clarke (*Philos. Soc. of Washington, Bull. 11, S. 129*) vor, wonach beispielsweise dem Sauerstoff 50, dem Silicium 25% zugesprochen werden, während am Rest das *Al* mit 7,3, *Fe* mit 5,1, *Ca* mit 3,5, *Mg* mit 2,5, *Na* und *K* mit je 2,2%, dagegen die sich am meisten in den Vordergrund drängenden Elemente: *H* nur mit 0,94, *C* mit 0,21, *P* mit 0,09, *N* mit 0,02, *Cl* mit 0,15% beteiligt sind. — Für die aus den bisherigen Beobachtungen zu ziehende Vermutung, daß der elementare Stoff, aus dem der Planet aufgebaut ist, nach der Oberfläche hin an Vielfältigkeit zunähme, wird als Erklärungsgrund angegeben, daß die Elemente an der Erdoberfläche durch das grofse Aufbereitungswerk, welches Wasser und Atmosphäre unter dem Antriebe der Sonnenwärme unablässig ausüben, in steter Bewegung und Umgruppierung begriffen seien, so daß die Vielheit der Elemente das Ergebnis einer fortgesetzten Extraktionsarbeit darstellt. Hierdurch wurden die Elemente leichter gewinnbar und, dank der Vervollkommnung der Forschungsmethoden, insbesondere der Elektrolyse und der Spektraluntersuchung, in immer reicherm Mafse erkannt. So schied H. Moissan unter Benutzung der starken Ströme der Jetztzeit das vorher fast unbekannte Fluor aus seinen Verbindungen ab (*Compt. R. 102, 1543; 103, 203, 256*). Das erste in den Bereich der Mendelejeff'schen Prognose fallende Element ist das 1879 von L. F. Nilson (*Ber. d. D. Ch. G. 12, 554*) aufgefundenene Scandium, das wohl kaum einem an-



deren Forscher durch die Hände gegangen ist; es entspricht gemäß seinem Atomgewicht 44 dem vorausgesagten „Ekabor“. Die umfangreichen Spezialforschungen, welche sich an die bereits 1794 durch Gadolin aus dem Gadolinit von Ytterby abgeschiedene Yttererde, — die später in drei Erden, die Erbinerde, die Terbinerde und die eigentliche Yttererde zerlegt wurde, — anschlossen, gehören zumeist in das letzte Vierteljahrhundert. Die genannten Erden wurden noch in einer größeren Anzahl seltener Mineralien nachgewiesen, doch zeigten die dargestellten Oxyde keineswegs gleiche Beschaffenheit, sondern erwiesen sich als Gemenge, deren Trennung nur sehr schwierig auszuführen war. Die neuen darin enthaltenen Elemente, deren Weiterzerlegung übrigens nicht unmöglich erscheint, lernte man hauptsächlich nach Funken-, Emissions- und Absorptionsspektren und nach ihren Atomgewichten unterscheiden, da sie wirklich scharfe Reaktionen nicht zeigten; hierher gehören: Erbium (Cleve, *C. R.* 91, 381), Holmium und Thulium (Cleve, *C. R.* 89, 478; 91, 328), Dysprosium, Gadolinium und Samarium (Lecoq de Boisbaudran, *C. R.* 102, 902, 1003; 89, 212), Terbium und Decipium (Delafontaine, *Ann. d. ch. et d. ph.* 14, 228; *C. R.* 87, 632) und Ytterbium (Marignac, *C. R.* 87, 578). Das neuerdings angekündigte Lucium (P. Barrière, *Chem. Ztg.* 1896, 265) ist schon wieder hinfällig geworden (W. Crookes, *Chem. Ztg.* 1896, 297). — Die Ausbildung der Gasglühlichttechnik veranlasste Untersuchungen über die interessanten Ceritmetalle Cerium, Lanthan und Didym. Nachdem man schon länger vermutet hatte, daß letzteres kein einfacher Stoff sei, gelang es 1885 C. Auer von Welsbach (*Monatsh. f. Ch.* 6, 477), dasselbe in zwei Elemente, das Praseodym und das Neodym, zu zerlegen. Unsicher ist dagegen die Existenz von Metacerium (B. Brauner, *Chem. News* 71, 283) und des von K. D. Chruschtschow (*Chem. Ztg.* 1890, 272) als Begleiter des Thoriums in einigen Zirkonen und im Monazit angenommenen Russiums mit dem hohen Atomgewicht 220. Ganz wieder von der Bildfläche verschwunden sind das Jargonium Sorbys (*Ber. d. D. Ch. Ges.* 2, 193), das Austrium Linnemanns (*Monatsh. f. Ch.* 7, 121), das Norwegium Dahlls (*Ber. d. D. Ch. Ges.* 12, 1731; 13, 250 u. 1861), das Actinium Phipsons (ebenda 14, 2226; 15, 526), das Idumium Webskys (*Sitz. Ber. d. Berl. Ak.* 30, 661), das Masrium Richmonds und Offs (*Chem. Ztg.* 1892, 567, 648) und ein angeblich im Bauxit vorhandenes, unbenannt gebliebenes Element K. J. Bayers (*Chem. Ztg.* 1894, 671).

Dagegen gehören zu den scharfgezeichneten Gestalten auf der Bühne der chemischen Vorgänge das Gallium und das Germanium. Das Gallium fand Lecoq de Boisbaudran (*C. R.* 81, 493) in der Zinkblende von Pierrefitte; es ist das erste der mit Hilfe des Funkenpektrums wirklich entdeckten Elemente; an zwei im Violett liegenden, auffallenden Linien wurde es erkannt. Die Ausbeute war nur äußerst gering und mit größter Spannung sah man der Ermittlung der Eigenschaften entgegen, da es galt, die erste Probe auf die Mendelejeffschen Spekulationen zu machen (Scandium und Germanium waren noch unentdeckt). War es als gewagt erschienen, wenn Mendelejeff (*Journ. der russ. ch. Ges.* 1869, 60) in seiner Mitteilung „Über die Correlationen der Eigenschaften mit den Atomgewichten der Elemente“ auf die bevorstehende Entdeckung unbekannter einfacher Körper vom Atomgewichte 65—75 hinwies, so schien es fast vermessen, wenn derselbe geistvolle Forscher es 1871 unternahm, die Eigenschaften dreier hypothetischer Elemente, des Ekabors, des Ekaaluminiums und des Ekasiliciums voraus zu berechnen (*Ann. Chem. Suppl.* 8, 200). Anfänglich schien sich die Erwartung beim Gallium nicht zu bestätigen, da die erste allerdings unvollkommene Bestimmung des spez. Gew. den ganz unzutreffenden Wert von 4,7 ergab. Da aber die Fällbarkeit der Lösungen des neuen Elements durch kohlen-saures Baryum, seine Neigung, basische Salze zu liefern und seine Fähigkeit, Alaune zu bilden, unzweideutig auf Beziehungen zum Aluminium hinwiesen, so erklärte Mendelejeff in den *Mem. d. franz. Ak.*, daß hier das „Ekaaluminium“ vorzuliegen scheine. Die maßgebende Bestimmung führte denn auch genau auf die vorausberechnete Zahl 5,9; in ebenso überraschender Weise zeigte sich die Übereinstimmung zwischen Berechnung und Befund bei der spez. Wärme 0,08 und dem Atomgewicht 69,8; ja sogar die Ankündigung, daß wegen der Flüchtigkeit des fraglichen Elementes die Entdeckung durch die Spektralanalyse zu erwarten sei, war eingetroffen. Einen

weiteren Triumph feierte Mendelejeff bei der Entdeckung des Germaniums durch CLEMENS WINKLER 1886 (*Ber. d. D. Ch. Ges.* 19, 210): das in dem Erze Argyrodit aufgefundene neue Element erwies sich als das „Ekasilicium“. Da dieses Element nicht durch einen günstigen Zufall entdeckt, sondern gemäß der Prognose Mendelejeffs durch C. WINKLER mit aller Beharrlichkeit gesucht wurde, so wird seine Auffindung mit Recht in eine gewisse Parallele mit der Entdeckung des Planeten Neptun gestellt. Übrigens wird von Mendelejeff selbst (*Grundlagen der Chemie*, St. Petersburg, 1891, S. 692) die Auffindung des Germaniums als die wichtigste Bestätigung der Richtigkeit des periodischen Gesetzes bezeichnet. (Über die Eigenschaften des *Ge* vergl. d. *Ztschr.* I 78.)

War nach dieser Richtung hin die Theorie glänzend bestätigt, so wirkte es um so überraschender, als das nächste neue Element, das von Lord Rayleigh und W. Ramsay 1895 aufgefundene Argon (vergl. d. *Ztschr.* VIII 219), sich nicht in Beziehung zum periodischen System bringen lassen wollte. Demnach harren zur Zeit die Fragen, ob in demselben ein einatomiges Element vom Atomgewicht 37 vorliege, das im System zwischen *Cl* und *K* fallen würde, oder ob es als zweiatomig mit dem Atomgewicht 20 hinter das Fluor und vor das Natrium zu stellen wäre, ob es allotroper Stickstoff  $N_3$ , mit dem Molekulargewicht 42, oder ein selbständiges dreiatomiges Element  $A_3$  vom Atomgewicht 13 sei, noch der Entscheidung. Die das höchste Interesse in Anspruch nehmende Entdeckung des Heliums durch W. Ramsay (*Chem. News* 71, 151; vergl. d. *Ztschr.* IX 34) führte in Bezug auf die Einreihung in das periodische System zu ähnlichen Verlegenheiten, besonders da nach den klassischen Untersuchungen von Runge und Paschen das Heliumgas aus wenigstens zwei Gasen zu bestehen scheint, für deren zweites N. Lockyer bereits den Namen Asterium vorgeschlagen hat; jedenfalls müssen dieselben nach Olszewski (*Anz. d. Ak. d. Wiss. Krakau* 1896, S. 297), dem die Verflüssigung des Heliums noch nicht gelungen ist, einen dem absoluten Nullpunkt naheliegenden, noch unter  $-264^\circ$  (berechnet) fallenden Siedepunkt besitzen. — Argon und Helium werden möglicherweise zum weiteren Ausbau, wenn nicht zur Umgestaltung des periodischen Systems Anlaß geben, wobei vielleicht einige andere Widersprüche ihre Lösung finden werden, so die Stellung und das Atomgewicht des Tellurs, das neuerdings namentlich B. Brauner (*Ak. d. Wiss. Wien* 1889, 98, 2b, 456) und L. Staudenmaier (*Ztschr. f. anorg. Ch.* 10, 189) untersucht haben; das Vorhandensein des von Brauner im Tellur vermuteten fremden Elementes *Austriacum* ist nicht erwiesen. Die vielerörterte Frage, inwieweit die Atomgewichte von Nickel und Kobalt von einander abweichen, glaubt C. WINKLER (*Ztschr. f. anorg. Ch.* 8, 1) im wesentlichen beantwortet und die Existenz eines dritten darin vermuteten Elementes *Gnomium* widerlegt zu haben. — Zum Schluß werden noch einige spekulative Fragen, wie die der Möglichkeit einer Weiterzerlegung alles anscheinend einfachen Stoffes, sowie die einer Wandlung der Substanz kurz gestreift, wobei an N. Lockyers Hypothese (*Ber. d. D. Ch. Ges.* 6, 1554; 11, 2289; 12, 304, 1220) von der Dissoziation der Elemente innerhalb der Sonnenatmosphäre erinnert wird.

O.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Die Einrichtungen für den physikalischen Unterricht an Gymnasien.** Unter diesem Titel behandelt Prof. M. SCHLEGEL in dem Jahresbericht des K. Wilhelms-Gymnasiums in Berlin (*Pr. Nr. 65, Ostern* 1897) die Frage nach den besonderen Einrichtungen, welche die Gewähr leisten, daß der physikalische Unterricht mit der gegebenen Stundenzahl den Anforderungen der Lehrpläne von 1891 genügen könne. Was zunächst die Räume betrifft, so fügt er der jetzt wohl allgemein anerkannten Forderung nach einem Unterrichtszimmer und einem besonderen Apparatzimmer noch die wohlberechtigte nach einem Arbeits- und Vorbereitungszimmer für den Lehrer hinzu; als Ausstattung für dieses giebt er namentlich eine Werkbank mit festem Schraubstock, eine Drehbank, Bohrmaschine, Schleifstein, Hobelbank, Glasblasetisch und die nötige Werkzeugsammlung an. Als geringste Größe für das Unterrichtszimmer schlägt er bei 40 Schülern ca. 55 qm vor, für das Sammlungszimmer 40 qm, für den Arbeitsraum 30 qm. Er spricht sich endlich auch für die Einrichtung von Schüler-



übungen aus und hält dafür mit Recht einen Arbeitssaal für erforderlich, dessen Größe für zehn Arbeitsplätze zu je vier Schülern hinreichen müßte. [Da indessen einerseits die Überwachung so vieler Schüler, selbst bei Hinzuziehung einer jüngeren Lehrkraft, zu schwierig sein dürfte, und andererseits auch das Zusammenarbeiten von je vier Schülern nur als ein Notbehelf anzusehen ist, so wäre es wohl ratsamer, eine so große Zahl von Schülern, wie die angegebene, in getrennten Abteilungen von je zwanzig arbeiten zu lassen, für die dann zehn Arbeitsplätze grade angemessen sein würden.] Hinsichtlich der Wahl des Stockwerks entscheidet sich der Verfasser dafür, daß aus Rücksicht auf die Stabilität des Gebäudes und die Größe des Wasserdrucks die Lage im Erdgeschoß jeder anderen vorzuziehen sei. An der Orientierung des Unterrichtszimmers nach Süden hingegen hält er nicht mit solcher Entschiedenheit fest, namentlich, wenn Gasglühlicht [sollte wohl heißen Sauerstoffzirkonlicht] oder elektrisches Licht zur Verfügung stehe. Demgegenüber ist indessen doch hervorzuheben, daß Niemand das Sonnenlicht wird wieder entbehren wollen, wenn er einmal die Vorzüge davon, selbst nach langem Warten bei der Ungunst unserer klimatischen Verhältnisse, erprobt hat; bei Neubauten sollte jedenfalls der von Börnstein (d. Zeitschr. V 32) empfohlene Ausweg nur im äußersten Notfall eingeschlagen werden. Zu den Forderungen in Bezug auf Gas- und Wasserzuleitung fügt der Verfasser endlich noch die, daß elektrischer Strom jederzeit zur Hand sein müsse, womit er sich den Ausführungen von Fr. C. G. Müller (vgl. d. Zeitschr. IX, 202) anschließt. In der That wird sich diese Forderung auf die Dauer nicht abweisen lassen. Wo elektrische Großanlagen für Strom sorgen, ist der Anschluß an diese anzustreben; wo solche fehlen, ist, sofern nur die Mittel zur Verfügung stehen, eine eigene Stromerzeugungsanlage (wie in Innsbruck) einzurichten; wo dies auch nicht angeht, bleibt nur die Benutzung von Akkumulatoren übrig, für die bereits mehrfach Vorschriften gegeben sind.

Hinsichtlich der Apparatsammlung hebt der Verfasser zwei besondere Gesichtspunkte hervor, die volle Beachtung verdienen. Manche Apparate, wie die Reibungselektroskopmaschine und die Kolbenluftpumpe, sind heut so sehr überholt, daß sie bald nur als historische Apparate Bedeutung haben werden; dennoch sind sie für das Verständnis der Art, wie die heutigen Anschauungen gewonnen worden sind, so wichtig, daß man sie noch auf lange im Unterricht nicht wird entbehren wollen, selbst wenn man sich neben ihnen einer Influenzmaschine, einer Quecksilberluftpumpe bedient. Sie sind nach Machs treffendem Vergleich wertvolle Leitmuscheln für die Erkenntnis der Urgeschichte der Physik. Hierher ist auch die Coulombsche Drehwaage zu rechnen [die Ref. auch in der heut üblichen Ausführung für den Klassenunterricht überaus brauchbar befunden hat]. Andererseits weist der Verfasser darauf hin, daß die Hilfsmittel für die Vorführung der wichtigsten neueren Entdeckungen noch fortwährender Änderung unterworfen sind, daß daher auch die besten Normalverzeichnisse nur für kurze Zeit Geltung behalten können. Die von der Elberfelder Versammlung, wie auch von Fr. C. G. Müller angesetzte Dotierung von 5000 M. für die erste Ausstattung eines physikalischen Kabinetts wird nur als für heute gültig anzusehen sein; auch dürfen darin nicht etwa die Anlagekosten für Gas-, Wasser-, Elektrizitätszuleitung eingeschlossen werden. Verhütet werden sollte andererseits, daß solche Dinge beschafft werden, die für Universitätslaboratorien geeignet, für den Schulunterricht aber unbrauchbar sind. Auch hier wieder tritt das Verlangen nach Schulmuseen in Verbindung mit einer amtlichen Auskunftsstelle, wie Schwalbe vorgeschlagen hat, hervor. — Der jährliche Etat für Erhaltung und Ergänzung der Sammlung wird vom Verf. gleichfalls einer Kritik unterzogen: „Der Satz von 300 M. möge genügen für Schulen mit höchstens zehn wöchentlichen Stunden; Doppelanstalten mit meist voll besetzten Klassen, in denen die Zahl der Physikstunden bis zu 20 steigen kann, sind mit jährlich 400 M. nicht auf Rosen gebettet.“ — Eine immer dringlicher werdende Forderung ist auch die, daß aufser der regelmäßigen Reinigung der Zimmer und Schränke für stete Ordnung im Kabinett unbedingt die Hilfe eines Dieners erforderlich sei, der wenigstens einige Stunden der Woche für den Lehrer der Physik allein bereit ist. Unschätzbar sei überdies die viertel- oder halbjährliche Revision des Kabinetts durch einen

Mechaniker, der die schadhaft gewordenen Instrumente einer Untersuchung an Ort und Stelle, und wenn möglich sofortiger Reparatur unterzieht.

Im Anschlusse an diese allgemeinen Ausführungen stellt der Verfasser noch einen Spezialplan für die Vervollkommnung der physikalischen Unterrichtseinrichtungen an seinem Gymnasium auf. Besonders bemerkenswert ist daraus eine besondere Art der Dielung, die der Verfasser nach dem Beispiel des Centraltelegraphenamts eingeführt und bewährt gefunden hat: Die langen Dielen sind durch kleine Holzplatten ersetzt, die durch Holzschrauben einzeln auf darunter liegendem Rahmen befestigt sind. Jede kleine Störung in den Leitungen ist nun leicht beseitigt, weil jede Platte für sich entfernt werden kann. — Für die Beschaffung elektrischen Stroms wird der Anschluß an die Berliner Elektrizitätswerke in Aussicht genommen, jedoch ohne dafs gleichzeitig damit die Anlage elektrischer Beleuchtung für die ganze Lehranstalt verbunden zu werden braucht.

Damit die Durchführung der aufgestellten Forderungen ermöglicht werde, empfiehlt der Verfasser schliesslich, dafs eine etwa von den Fachlehrern jeder Provinz frei gewählte Kommission von wenigen Mitgliedern mit technischem Rat der Behörde zur Seite trete. „Diese hätte bei Aufstellung des Programms für Neubauten, bei deren Abnahme, bei baulichen Veränderungen, bei auferordentlichen Bewilligungen für einzelne Anstalten begutachtend mitzuwirken und vor allem die Sorge für die allgemeinen Einrichtungen im Auge zu behalten. Der einzelne Lehrer fände in der Kommission einen Rückhalt bei begründeten Ansprüchen Gemeinden und Behörden gegenüber, und zuverlässigen Rat, wo ihm selbst noch die Erfahrung mangelt.“ Demgegenüber „würde die Frage nach einer Normalsammlung bald in den Hintergrund treten, und über die Höhe der jährlichen Etatsätze würde die Praxis entscheiden, vielleicht in der Weise, dafs neben einer allgemeinen Grundtaxe ein mit der Stanzenzahl wachsender Zuschufs alle Wünsche erfüllte.“

P.

**Über Neueinrichtung und Verwaltung eines Schulkabinetts** veröffentlicht Prof. ERNST UHLICH eine Abhandlung zum Jahresbericht der Fürsten- und Landesschule (Gymnasium) zu Grimma (1897, Pr. Nr. 559). Der Verfasser bezeichnet es als überaus wünschenswert, dafs über die Erfahrungen, die mit Neueinrichtungen der verschiedensten Art gemacht wurden, öffentlich und ohne Rückhalt berichtet werde. Er giebt selbst ein dankenswertes Beispiel eines solchen Berichtes, um andere vor den Fehlern, die er selbst gemacht, zu warnen. Wenn er einerseits zum Mafshalten in den Forderungen rät, so verlangt er um so mehr, dafs die wirklichen Bedürfnisse mit allem Nachdruck verfochten werden. Er warnt vor der Anschaffung billiger Apparate, wie vor der zu kärglichen Ausrüstung mit den nötigsten Gebrauchsgegenständen (Glasgefäfsse, Klemmschrauben u. s. w.). Er redet bei diesem Anlafs der Anschaffung eines Fuessschen Uhrwerkheliostaten an Stelle eines Handheliostaten das Wort. Wo die Schule Gelegenheit finde, sich eine derartige wahre Verbesserung dienstbar zu machen, dürfe sie dies nicht versäumen, selbst wenn der Preis ein höherer sei. Was im anderen Fall an Geld erspart werde, gehe an Zeit reichlich verloren. Er gedenkt auch mit Bedauern der irrigen Ansicht, die in Preussen zu bestehen scheine, dafs man nämlich die grofsen Schulen grofsen Städte reichlich mit Mitteln bedenke, dagegen die Anstalten kleinerer Städte auf einen geringen Jahresetat beschränke, obwohl aus leicht ersichtlichen Gründen eher das Umgekehrte am Platze sei. — In der Frage des Normalverzeichnisses urteilt der Verfasser, dafs eine Einigung schwer erreichbar und auch nicht einmal wünschenswert sei. In Bezug auf die erste Anschaffungssumme und die Höhe des Jahresetats stimmt er den Elberfelder Beschlüssen (s. den vorangehenden Bericht) zu.

Für die Apparatensammlung stellt der Verfasser als obersten Grundsatz auf, dafs die Apparate nach jeder Hinsicht handlich sein, d. h. möglichst geringe vorhergehende Zurichtung von Seiten des Lehrers erfordern müssen. Dies stimmt mit den Anforderungen zweier so erfahrener Experimentatoren wie Noack und Fr. C. G. Müller überein. Der Verf. erklärt sich demnach dagegen, dafs Apparate, aus schlecht angebrachter Sparsamkeit aus einzelnen Teilen zusammengesetzt werden, die je nach ihrer Anordnung für verschiedene Versuche zu benutzen sind. Das Prinzip der Handlichkeit verlange, dafs jeder Apparat so,



wie er gebraucht wird, jederzeit fix und fertig dastehe. — Auch geringere Gebrauchsgegenstände, Glasröhren, Trichter, Korke u. s. w. sollten für jeden Versuch ständig zusammengelegt bleiben; bei den Apparaten zum Galvanismus z. B. bleiben am besten Drähte von passender Länge und Stärke zu Spiralen gewickelt gleich am Apparat befestigt. — Vom Retortenhalter sollte man sich möglichst freihalten, da er eine gewisse Zeit zum Einstellen und überdies Vorsicht, wenn es sich um Glasgefäße handelt, erfordere. Oft genügen Flaschen, die mit Sand oder Eisenfeile gefüllt sind, oder einfache Holzstücke mit geeigneten Leisten oder Drähten. Der Versuch über Absorption von Ammoniakgas z. B. werde vom Stativ befreit, wenn man das untergesetzte Glas nur so weit wähle, daß die umgekehrte Flasche unmittelbar auf seinem Rande aufliegen könne, u. dgl. m. Alle Arbeiten, die wiederholt zu machen sein würden, sollen mit einem Mal abgethan werden, so das Abtariieren der beim archimedischen Prinzip benutzten Cylinder; am bequemsten werden abtarierte Gegengewichte bereit gehalten, zweckmäÙig Zündholzschachteln, die mit Schrotkörnern gefüllt sind. — Eine genaue Ordnung wird am besten dadurch erreicht, daß alle zu einem Versuch nötigen Dinge in besonderen Holz- oder Pappkästen zusammengelegt werden; besonders empfehlenswert hierfür sind leere Cigarrenkistchen, je nach Umständen in halber oder drittel Höhe oder auch in der Breite quer durchsägt, und des besseren Aussehens halber mit Papier überzogen. Hinderlicher Platz in den Schränken ist für dies alles notwendige Voraussetzung. — Für die Selbstanfertigung von Apparaten führt der Verf. mehrere zutreffende Gründe an, doch will er sie mit Recht auf einfachere Vorrichtungen beschränken.

Die Heranziehung von Schülern zur Hülfe bei der Herrichtung von Versuchen und ebenso bei der Abrüstung wird vom Verf. im Einklang mit Noack für unzulässig erklärt. Eine Ausnahme wird nur dann für statthaft erachtet, wenn der Versuch unbedingt einen Hilfsarbeiter verlangt und mit diesem vorher durchprobiert werden muß. [Ref. kann eine mäÙige Beihülfe bei der Vorbereitung von Seiten dafür geeigneter Schüler nicht so verurteilenswert finden; die dabei Beteiligten haben davon selber einen Nutzen und finden darin eine Art von Ersatz für die meist nicht vorhandenen Schülerübungen; eine solche Beihülfe wird in der Regel erst dann ganz entbehrt werden können, wenn nach dem Vorschlage Schlegels dem Lehrer eine besondere Hilfskraft zur Verfügung gestellt wird.] Die Hülfe der Schüler in den Lehrstunden wird dagegen von UHLICH gebilligt. Er hält es daher auch für unnötig, bei Thermometermessungen unter allen Umständen die Möglichkeit einer weithin sichtbaren Ablesung ins Auge zu fassen. Es genügt [und Ref. stimmt dem bei], wenn ein oder zwei Schüler unter Kontrolle des Lehrers die Ablesung vornehmen; ja es wird sogar einem solchen Verfahren ein erhöhtes Interesse entgegengebracht, und zugleich die Gemeinsamkeit des Arbeitens in höherem Mafse bethätigt. Im Zusammenhang damit äußert sich der Verf. auch über Schülerübungen und ist der Meinung, daß bei Neueinrichtung von Schulkabinetten auch auf die Möglichkeit von solchen wird von vornherein Rücksicht genommen werden müssen.

Als notwendige Räume sind, wie der Verf. auf Grund der Berichte über 29 Neubauten von Gymnasien feststellt, jetzt durchweg zwei Zimmer anerkannt; für den Unterrichtsraum sind 60 qm Fläche als genügend anzusehen, für das Sammlungszimmer giebt Weinholds Forderung von 52 qm einen guten Mittelwert. Einen dritten Raum wiesen nur 11 der erwähnten Anstalten auf, und zwar stehen hierin die preussischen Schulen, sogar in Berlin, noch zurück, während in Wien und namentlich auch in Sachsen diese Forderung zumeist erfüllt ist. Die Anstalt in Grimma besitzt sogar zwei Nebenräume, von denen der kleinere für Zwecke der Chemie, Aufbewahrung galvanischer Elemente u. dgl. dient. Der gröÙere, etwa 40 qm groß, wird als Arbeitszimmer benutzt. Dort werden namentlich die Vorbereitungen für den Unterricht getroffen (besonders wichtig, wenn der Unterricht in den Händen mehrerer liegt); dort ist auch die Werkstätte des Lehrers, dort werden jährlich wiederkehrende Arbeiten, das Numerieren der Apparate, das Aus- und Einpacken vorgenommen. Auf diese Art wird auch der Staub von dem Sammlungszimmer selbst möglichst ferngehalten. — Hinsichtlich der Lage giebt der Verf., mit Rücksicht auf den Gebrauch des Sonnenlichts, für das Lehrzimmer der Ost- oder Südseite den Vorzug. Er empfiehlt ferner die Beachtung

folgender Punkte: Die sämtlichen Räume müssen unmittelbar aneinander stoßen; wo mehrere Lehrer tätig sind, wird am besten ein kleiner Raum zwischen Lehr- und Arbeitszimmer eingeschoben; das Sammlungszimmer habe möglichst keine Thür nach dem Corridor, damit der Staub ferngehalten wird; einer der Räume sei, wo Centralheizung besteht, mit besonderem Ofen versehen; der Fußboden im Sammlungsraum und im Arbeitszimmer sei nicht gediebt, sondern mit Beton bekleidet. — Als ein Versäumnis bezeichnet der Verf. den fast durchgängigen Mangel eines Beobachtungsplateaus für die Himmelskunde; ein solches wird bei künftigen Neubauten nicht vergessen werden dürfen.

Die Länge des Experimentiertisches ist bei Weinhold auf 4 m bemessen, doch haben sich auch Stimmen für eine geringere Ausdehnung erhoben. Der Verf. schließt sich den letzteren an und führt beachtenswerte Gründe dafür ins Feld, nicht über 1,5 bis höchstens 2 m hinauszugehen; daneben aber sollen zwei weitere bewegliche Tische von gleicher und von halber Länge des Haupttisches vorhanden sein, die im Bedarfsfall leicht herangeschoben werden können. Entbehrlich sei ferner die Wärmvorrichtung, ebenso die Randvertiefung und die Sammelflasche für Quecksilber; statt der letzteren Vorrichtungen sei eine große Porzellanwanne oder ein flaches Gefäß aus Papiermaché (wie für photographische Zwecke im Gebrauch) ausreichend. Auch auf den fahrbaren Ansetztisch mit Schienengeleise sei zu verzichten. Dagegen müsse folgendes festgehalten werden: die kräftige Tischplatte Weinholds mit vorstehendem Rande, die Gaseinrichtung, das Abzugsrohr für schädliche Gase (außer dem Abzugsschrank!), eine möglichst große pneumatische Wanne mit Zu- und Abfluß, endlich die galvanische Leitung nach Weinhold; die dazu gehörige Batterie (am besten Akkumulatoren) ist am einen Ende des Experimentiertisches im unteren Raum unterzubringen, die Schalteinrichtung wird unmittelbar darüber in den Tisch eingesetzt und für gewöhnlich durch ein Schutzblech verdeckt. Der mittlere Teil des Tisches muß unten offen bleiben, damit ein Sitzplatz für den Lehrer vorhanden ist. — Die Wand im Rücken des Lehrers und die übrige Umgebung des Tisches ist möglichst zur Unterbringung von Kästen und Schränkchen auszunutzen, damit alle Utensilien sofort zur Hand sind.

Im Lehrzimmer ist ein mäßiges Ansteigen der Sitze für die Schüler fast allgemein durchgeführt. Es empfiehlt sich, außer den Seitengängen auch einen Mittelgang frei zu lassen, der den Zutritt zu den Schülern beim Demonstrieren feinerer Objekte erleichtert, auch bei manchen Versuchen ausgenutzt werden kann. — In Bezug auf Verdunkelungseinrichtungen hat der Verf. mit Filzrouleaux schlechte Erfahrungen gemacht, über die er ausführlich berichtet; er hält gut gearbeitete und gut gefugte Holzläden für das geeignetste (ebenso Fr. C. G. Müller); doch erklärt er selbst diese Frage noch nicht für abgeschlossen und weist auf einen Vorschlag Lehmanns (Physikal. Technik S. 39) hin. Eine gute Einrichtung für Wasserzu- und -abfluß sei unumgänglich nötig, weniger erheblich für den Unterricht in der Physik sei der Nutzen von Wasserstrahlgebläse und Wasserluftpumpe.

Ausführlich geht der Verf. auf die Einrichtung des Katalogs ein und macht für die Einteilung wohlgedachte Vorschläge. Entgegen dem Rat von Kolbe (d. Ztschr. III 85) und in Übereinstimmung mit C. Müller (d. Zeitschr. III 216) spricht er sich für die Trennung des Vorbereitungsbuches von dem eigentlichen Katalog aus und hält es für zweckmäßig, außerdem gleichlautende Anweisungen auf steifen Blättern (wie Lehmann angiebt) direkt zu dem Apparat zu legen, zu dem sie gehören. Die Numerierung der Apparate wird besser als durch Papier- oder Blechschildchen auf den Apparaten selbst mit dick eingeriebener gelber Ölfarbe (oder auch Eisenlack oder Siegellackauflösung) bewirkt. Die Nummer auch an den betreffenden Platz im Schrank anzubringen, wird für Schulkabinette im allgemeinen nicht angeraten.

In einem Anhang macht der Verf. noch Angaben über einen praktischen Batterieschalter und über Herstellung von Glasbildern zu Projektionszwecken. Beides wird an anderer Stelle der Zeitschrift Berücksichtigung finden.

Es ist schließlic von Interesse, die Forderungen dieses Programms mit denen des vorher besprochenen zu vergleichen. Obwohl sie aus ganz verschiedenen Verhältnissen her-



vorgegangen, zeigen sie doch in gewissen Punkten volle Übereinstimmung. Es sei hier namentlich hingewiesen auf den dritten (und eventuell vierten) Raum (das sogenannte Arbeitszimmer), auf die Wichtigkeit einer dauernd zur Verfügung stehenden elektrischen Stromquelle, auf den relativen Wert eines Normalverzeichnisses, auf die Notwendigkeit eines reichlichen und festen Etats in ungefährer Höhe der Elberfelder Beschlüsse. P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Die neuen Volt- und Ampèremeter von Siemens & Halske.** Um mit den sehr schwachen Strömen, die durch überseeische Kabel hindurchgehen, noch erkennbare Zeichen geben zu können, benutzte Sir William Thomson bei seinem Siphon-Recorder die Wechselwirkung zwischen den Feldern eines sehr starken Magnets und einer Spule, durch die die sehr schwachen Ströme hindurchflossen. Die beiden Seiten der Spule drehten sich in den engen Lufträumen zwischen den Polen eines kräftigen Magnets und einem Weicheisenstück. Da der Grundkörper der Rolle ein geschlossener Kupferrahmen war, so wurde zugleich eine vorzügliche Dämpfung erzielt. Die gleichen Gedanken wurden zuerst von Deprez und d'Arsonval bei dem Bau der bekannten Spiegelgalvanometer angewandt, bei denen die Ausschlagswinkel proportional der Stromstärke sind. Der Amerikaner Weston verbesserte dieses Instrument erheblich; er gab der beweglichen Spule eine sehr gute Lagerung und wandte Federn von geringer elastischer Nachwirkung an. In neuester Zeit haben Siemens & Halske (A. Raps in der *E. T. Z. XVII 264, 1896*) diese Instrumente weiter vervollkommnet und durch Erreichung einer genauen Proportionalität die empirischen Teilungen überflüssig gemacht.

Fig. 1 zeigt das Normalsystem, das in allen neuen Instrumenten vorhanden ist. Zur Erzeugung des Magnetfeldes dient ein flach gebogener kräftig magnetisierter Stahlstab, dessen beide sich gegenüberstehenden Enden mit halbcylindrisch ausgedrehten Polschuhen versehen sind. Fig. 1 zeigt den Magnet in der Mitte durchschnitten und läßt den auf dem einen Ende sitzenden Polschuh erkennen. Den cylindrischen Raum zwischen den beiden Magnetpolen füllt ein eiserner Hohlzylinder bis auf einen etwa 2 mm breiten ringförmigen Zwischenraum aus, der ein vollkommen gleichförmiges starkes Magnetfeld bildet und die von dem Strome durchflossene Spule aufnimmt. Der dünne Draht der Spule ist um einen leichten Kupferrahmen gewunden, dessen Stahlachse in Edelsteinen gelagert ist. Auf der Achse des Rahmens steckt der lange Aluminiumzeiger, der über der Skala schwebt. Der Strom wird der Spule durch zwei übereinanderliegende flache Spiralfedern zugeführt, die zugleich als Torsionsfedern dienen. Fließt durch die bewegliche Spule ein Strom, so wird sie durch die Kraftlinien des Magnetfeldes aus ihrer Ruhelage abgelenkt, bis die Kraft der durch die Drehung gespannten Federn der ablenkenden Kraft des Stromes das Gleichgewicht hält. Die verschiedenen Formen der neuen Meßinstrumente unterscheiden sich nur durch die Windungen der Spule und die Federn; sie zerfallen in zwei große Gruppen, in Laboratoriums- und Schaltbrettinstrumente. Die ersteren sind auf einem viereckigen Holzsockel befestigt und mit einer Kappe aus vernickeltem Messingblech bedeckt. Da der Zeiger in einer gewissen, wenn auch geringen Entfernung über der Skala schwebt, so kann man den Fehler der

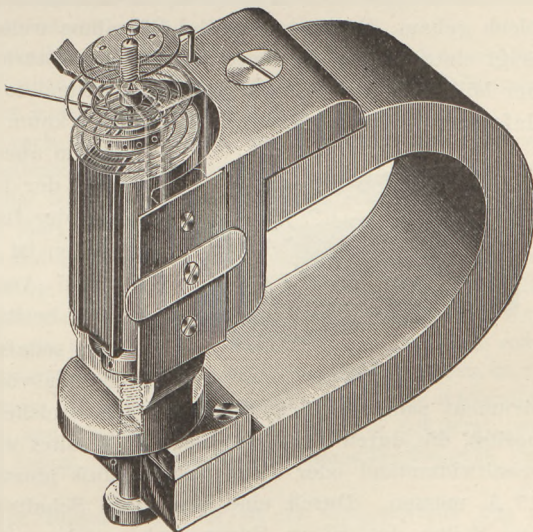


Fig. 1.

Parallaxe nur dadurch vermeiden, daß man während der Ablesung genau senkrecht auf die Skala blickt. Um dies zu ermöglichen ist in die Skala ein Spiegelstreifen eingelegt, in dem

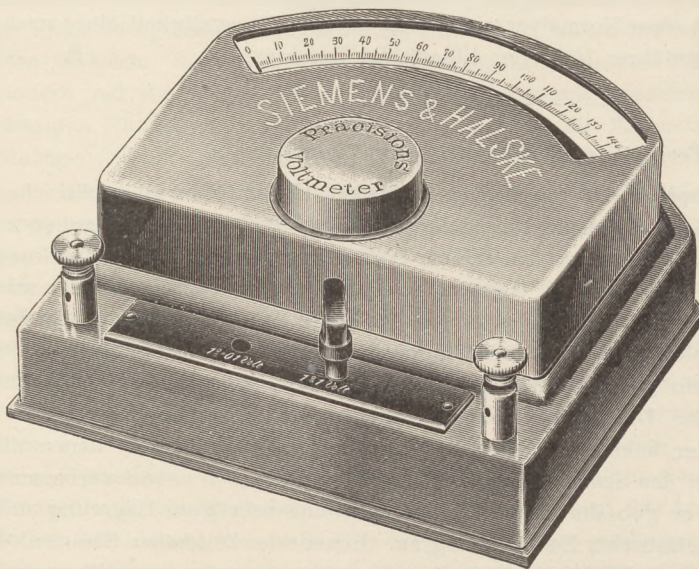


Fig. 2.

sich das messerförmig zugespitzte Ende des Zeigers spiegelt. Während der Ablesung muß man die Augen stets so stellen, daß der Zeiger mit seinem Spiegelbild zusammenfällt.

Fig. 2 zeigt das Präzisionsvoltmeter für Laboratorien; durch einen Stöpsel können 2 Meßbereiche eingeschaltet werden, welche bis 3 oder 15 und 150 V. sich erstrecken. Die Instrumente besitzen bei 150 V. einen Widerstand von ungefähr 25000 Ohm, sodafs der Stromverbrauch sehr klein ist.

Es werden auch Voltmeter mit 1, 2 und 3 Empfindlichkeitsbereichen hergestellt und Zusatzvorschaltwiderstände geliefert, welche gestatten, den Meßbereich bis 1500 V. auszudehnen.

Die beiden neuen Milli-Volt- und -Ampèremeter, deren Widerstand 1 und 100 Ohm beträgt, eignen sich wie die bekannten Torsionsgalvanometer zur Messung sowohl von Spannungen als Strömen. Das Milli-Volt- und -Ampèremeter von 1 Ohm Widerstand hat eine Skala von 150 Teilen; einem Teilstrich entspricht die Empfindlichkeit von 0,001 A. oder 0,001 V. Zur Ausdehnung des Meßbereichs kann man die Vorschaltwiderstände und Nebenschlüsse aus Manganin verwenden, die zu den Torsionsgalvanometern gehören. Um die Handlichkeit der Instrumente noch zu erhöhen, haben Siemens & Halske neue Nebenschlüsse aus Manganinblech gebaut, die man ohne Zuhülfenahme weiterer Drähte sofort einschieben kann. Fig. 3 zeigt einen solchen Nebenschluß für Stromstärken bis zu 30 A. Der Temperatur-Coëfficient der Milli-Volt- und -Ampèremeter ist 5—6 mal so klein als der des Torsionsgalvanometers, sodafs man ihn bei praktischen Messungen kaum zu berücksichtigen braucht.

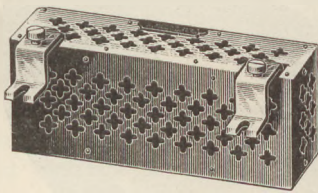


Fig. 3.

Um aber auch noch den kleinen Unterschied zu beseitigen, der durch die Ungleichheit der Temperatur-Coëfficienten der Instrumente und des Manganinnebenschlusses vorhanden ist, stellten Siemens & Halske das Präzisions-Volt- und -Ampèremeter mit einem Widerstand von 3 Ohm her. Es besitzt einen Temperatur-Coëfficienten von nur 0,00016, sodafs selbst bei 10° Temperaturunterschied nur ein Fehler von 0,15 % stattfindet. Außerdem ist das Instrument sehr handlich, da es 6 Meßbereiche, 3 für Volt- und 3 für Ampèremessungen besitzt, die durch einen Stöpsel eingeschaltet werden. Man kann demnach, ohne einen Vorschaltwiderstand oder einen Nebenschluß hinzuzufügen, bis 3, 15, 150 V. und bis 0,15, 1,5, 15 A. messen. Durch eine besondere Schaltungsvorrichtung, die noch durch eine Anregung von Seiten des Herrn Szymański verbessert wurde, ist es gelungen, den veränderlichen Übergangswiderstand, der durch den Stöpsel hervorgerufen werden kann, für die Messung unschädlich zu machen. Die Preise der Instrumente findet man in der Preisliste 5b Juli 1896.

H.-M.



## Neu erschienene Bücher und Schriften.

Vorlesungen über die elektromagnetische Theorie des Lichtes. Von H. v. Helmholtz. Herausgegeben von Arthur König und Carl Runge. Mit 54 Figuren im Text. Hamburg und Leipzig, Leopold Vofs, 1897. XII und 370 S. M. 14.

Das uns vorliegende Werk bildet den fünften Band der geplanten Gesamtausgabe der Vorlesungen des großen Forschers über theoretische Physik.

Wir müssen den Herausgebern danken, daß sie uns zuerst mit diesen Vorlesungen bekannt gemacht haben, deren Gegenstand seit den Entdeckungen von H. Hertz im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses steht. Der Leser dieses Werkes wird, selbst wenn er mit dem Gegenstand desselben vollkommen vertraut ist, eine Fülle von Anregungen und neuen Gesichtspunkten finden. War es ja doch ein charakteristisches Merkmal der Helmholtzischen Arbeitsmethode, sich stets alles auf seine eigne Weise zurechtzulegen, auf eignen Wegen zu wandeln. Wenn nun auch diese Wege nicht immer die kürzesten und gangbarsten sind, so wird doch die reiche Belehrung, die unfehlbar aus dem Umstande entspringt, daß man den Weg unter der Führung eines Helmholtz zurücklegt, für alle Mühe entschädigen.

Nur einen ganz kurzen Abschnitt widmet Helmholtz der Auseinandersetzung der Vorzüge der elektromagnetischen Lichttheorie vor der elastischen Schwingungstheorie. Nur flüchtig weist er auf die Einfachheit der Voraussetzungen hin, auf denen das Lehrgebäude ruht, während ja bekanntlich der immer künstlicher werdende Bau von Hypothesen und Axiomen, dessen die elastische Schwingungstheorie bedarf, dieselbe fast allgemein aufgeben liefs, namentlich seitdem Hertz nachgewiesen hat, daß die elektrischen Störungen wellenförmig und mit endlicher Geschwindigkeit das dielektrische Medium durchziehen.

Der Schwerpunkt der Helmholtzischen Deduktionen liegt auf der Ableitung und Umformung der Maxwell'schen Gleichungen, deren Integration auf die der bekannten Potentialgleichung

$$\Delta \varphi = -4\pi F(x, y, z)$$

zurückgeführt wird. Diese Gleichungen werden zur Aufstellung der allgemeinen Bewegungsgleichungen des Äthers benutzt, dessen die neuere Theorie leider auch nicht entraten kann, und durch die Integration wird das Grundresultat gewonnen, daß die periodischen elektrischen und magnetischen Störungen senkrecht aufeinander und auf ihrer Fortpflanzungsrichtung stehen, und sich mit einer der Wurzel der Dielektrizitätskonstante gleichen Geschwindigkeit fortpflanzen.

Es hat auch die neuere Theorie, die keine weiteren Voraussetzungen braucht, als daß der Äther magnetisierbar und dielektrisch polarisierbar sei, noch manche schwache Seite. Die Theorie der Beugung sowie die der Dispersion, welche Helmholtz auf das Mitschwingen der im Äther verstreuten Ionen zurückführt, machen noch immer den Eindruck des Unfertigen, noch nicht vollkommen Abgerundeten. Dafür hat die elektromagnetische Lichttheorie aber andererseits Vorzüge, die besonders bei den Helmholtzischen Darstellungen mit glänzender Klarheit hervortreten.

Die Theorie der Polarisation, z. B. durch Spiegelung oder Brechung, die zu den wichtigen Fresnel-Neumann'schen Formeln führt, ist frei von allen Hilfshypothesen, während bekanntlich besonders Fresnel für die Gewinnung seiner Formeln recht bedenklicher Voraussetzungen bedurfte.

Die Theorie der doppelten Brechung, nach dem Empfinden des Referenten eines der verwerrensten und unerfreulichsten Kapitel der elastischen Undulationstheorie, da die Theorie von Fresnel auf Voraussetzungen beruht, die zum Teil sicher falsch sind, die von diesen Voraussetzungen freie Theorie von Cauchy hingegen zu Folgerungen führt, die sich mit der Erfahrung nicht vollkommen decken (es sei an den dritten Strahl erinnert) und höchst künstlich hinweggedeutet werden müssen, ergibt sich für die elektromagnetische Lichttheorie von selbst durch die „Annahme“, daß die Dielektrizitätskonstante des krystallinischen Medium nach verschiedenen Richtungen verschiedene Werte hat. Helmholtz nennt das eine „Annahme“; man kann hier aber wohl von einer Thatsache reden, da Boltzmann die Verschiedenheit der Dielektrizitätskonstante des krystallisierten Schwefels in verschiedenen Richtungen experimentell nachgewiesen hat. Doch man müßte eine lange Abhandlung schreiben, wollte man die Fülle der Gedanken und Ausblicke, die dieses Werk in sich birgt, auch nur oberflächlich schildern. Der Referent kann jedem, der an das Studium dieses Werkes geht, einen seltenen Genuß vorhersagen.

Die Ausgabe ist nach einem Stenogramm ausgearbeitet. Es ist ein dankenswerter Zug der Pietät, daß die Herausgeber den ursprünglichen Text so viel wie irgend möglich geschont haben. Wer das Glück genossen hat, in späteren Jahren den Meister zu hören oder sich im Gespräch wissenschaftlichen Rat zu holen, wird bei dem Lesen ganzer Seiten des Buches, bei den zahlreichen spezifisch Helmholtzischen Wendungen und Ausdrücken in die Illusion versetzt werden, den intellectual giant, wie ihn Maxwell einmal genannt hat, noch einmal zu hören.

H. Jahn.

**Lehrbuch der Experimentalphysik.** Zu eigenem Studium und zum Gebrauch bei Vorlesungen. Von Professor Dr. Eduard Riecke. I. Band: Mechanik, Akustik, Optik. Mit 368 Figuren im Text. XVI und 418 S. M. 8,—. II. Band: Magnetismus, Elektrizität, Wärme. Mit 247 Figuren im Text. XII und 492 S. M. 10,—. Leipzig, Verlag von Veit & Comp. 1896.

Unter den neuerdings erschienenen Lehrbüchern der Experimentalphysik für Hochschulen nimmt das vorliegende eine in doppelter Hinsicht besondere Stellung ein. Es bietet einerseits eine wirkliche Hochschulphysik, indem es die elementare Darstellungsweise jener meist für eine sehr ungleich vorgebildete Zuhörerschaft berechneten Werke völlig beiseite lässt und wirklich die Physik so behandelt, wie man es im Unterschied zu den vorbereitenden Lehranstalten von der Universität erwarten muß. Andererseits aber enthält es auch nicht ein bloßes Conglomerat des Wissenswürdigsten, sondern es trägt den Stempel einer Persönlichkeit, in deren Geiste der ganze Stoff gleichsam flüssig geworden und umgeschmolzen worden ist; es zeigt eine Art von künstlerischem Gepräge, das die Lektüre dieses Werkes zu einem wahren Genuße macht. Ein besonders günstiger Umstand ist es, daß der Verfasser die theoretische wie die experimentelle Seite der Physik in gleichem Maße beherrscht; demgemäß sind die Beziehungen zwischen beiden mit einer Vollkommenheit zur Darstellung gelangt, wie sie zuvor noch nicht erreicht worden ist. Das Werk ist daher auch nicht bloß für den Hochschulunterricht selbst, sondern in erster Reihe „zu eigenem Studium“ für alle bestimmt, die sich über den gegenwärtigen Stand der Physik gründlich unterrichten wollen.

In einer kurzen Einleitung werden gewisse allgemeine Begriffe erledigt, namentlich auch über Hypothesen und Theorien finden wir beherzigenswerte Worte. So heißt es von der Theorie der elektrischen Fernwirkungen, obwohl diese als unzureichend bezeichnet wird: „Wir werden demungeachtet nicht auf ihre Benutzung verzichten, da sie in vielen Fällen zu einem kürzeren und bequemeren Ausdruck der Thatsachen führt, als die Theorie der vermittelten Wirkungen.“ Die dann folgende Mechanik wird nicht auf Prinzipien, sondern auf Beobachtungsthatsachen, im Anschlusse an den historischen Gang der Erkenntnis, aufgebaut, dann erst wird das Energieprinzip für rein mechanische Systeme entwickelt und seine Erweiterung vorbereitet. Zu abstrakt, der Kirchhoffschen Mechanik entsprechend, erscheint die Einführung des Massenbegriffs; doch wird dies durch anschauliche Darlegungen über den „Einfluß der Masse auf die Bewegung“ wieder ausgeglichen. Ausführlich behandelt sind u. a. die Kreiselbewegung und Präcession, ferner die Lehre von den Strömungen und Wirbeln, die Grundzüge der Elastizitätstheorie. In der Frage der beiden Maßsysteme werden die Gründe für jedes von ihnen unbefangenen gewürdigt, in den Teilen der Physik, die in Beziehung zur Technik stehen, z. B. in der Elastizitätslehre und Wärmetheorie, wird auch das technische Maßsystem benutzt. An die Mechanik angeschlossen ist die Akustik, jedoch unter Ausschluss der Physiologie der Tönempfindungen. Die theoretische Formel für die Schallgeschwindigkeit wird nicht abgeleitet, wohl aber sind die physikalischen Voraussetzungen für die Ableitung dargelegt. An die Erörterung des Dopplerschen Prinzips sind die schönen Versuche von Mach und Salcher über die photographische Fixierung der Streckwellen angeschlossen. In der Optik, die den Schluss des I. Bandes bildet, ist besonders die Darstellung der Interferenz und Polarisirung von meisterhafter Klarheit; gelegentlich der Beugungserscheinungen werden gewisse Schwierigkeiten des Huyghensschen Prinzips mit seltener Gründlichkeit erledigt; in der Krystalloptik wird ausschließlicly die Wellenfläche selbst benutzt; Probleme der Wellenlehre, die mit den neuesten Spektralforschungen zusammenhängen, kommen am Ende der Optik zur Besprechung.

Im Mittelpunkt des II. Bandes steht die Darlegung des Verhältnisses zwischen der Fernwirkungstheorie und der Maxwellschen Lehre. Mit großer Pietät steht der Verfasser den Arbeiten von Weber und Gauß gegenüber, und andererseits weiß er Schritt für Schritt die Gründe für die Annahme physischer Kraftlinien (nach der Bezeichnung Faradays) ins rechte Licht zu setzen. Einzelnes hier hervorzuheben, darauf muß bei der Reichhaltigkeit des Inhalts, dem eine Fülle eigens hergestellter graphischer Darstellungen zur Veranschaulichung dienen, verzichtet werden. Erwähnt sei nur, daß sowohl die elektromagnetische Lichttheorie, als auch die neuere Elektrochemie in besonderen Abschnitten behandelt werden. — In der Wärmelehre sind, nächst Thermometrie und Kalorimetrie, nicht nur die beiden Hauptsätze der Thermodynamik eingehend behandelt, es ist auch dem thermodynamischen Potential, dem Gleichgewicht heterogener Systeme und den damit zusammenhängenden Untersuchungen ein größerer Abschnitt gewidmet. Wärmeleitung und -strahlung machen den Beschluss. In einem Anhang ist noch eine Reihe von Betrachtungen mehr mathematischer Art und von Ergänzungen zusammengestellt.

Wenn nach dem Gesagten das Werk den Fachgenossen zur eigenen Weiterbildung aufs wärmste empfohlen werden kann, so ist es überdies auch, trotz seines hochschulmäßigen Charakters, voll von unmittelbaren Anregungen für den Schulunterricht. Beispiele hierfür bieten aus Band I die einfachen



Maschinen und die Bemerkungen zum freien Fall, aus Band II die methodisch interessante Auswahl der Fundamentalversuche. Auch die Frage, welche Gebiete dem Unterricht der Mittelschulen zuzuweisen, und welche der Hochschule vorzubehalten sind, wird sich von dem hochbelegenen Standpunkte aus, den dies Buch einnimmt, mit größerer Sicherheit als bisher beantworten lassen. P.

**Die Lehre von der Elektrizität.** Von Gustav Wiedemann. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage (zugleich vierte Auflage der Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus). Dritter Band. Mit 320 Holzstichen. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1895. VIII u. 1139 S. M. 28.

Der vorliegende Band umfaßt die Elektrodynamik, den Elektromagnetismus und das magnetische Verhalten schwach magnetischer und diamagnetischer Körper, insbesondere auch die Beziehungen des galvanischen Stromes und des Magnetismus zum Licht und zur strahlenden Wärme. Die Litteratur ist bis zum Anfang des Jahres 1895 berücksichtigt, das Werk liefert somit gleichzeitig eine übersichtliche Darstellung der Fortschritte der Physik auf dem behandelten Gebiete. Nachträge am Schlusse des auf fünf Bände angelegten Werkes werden diese Übersicht noch bis zu dem dann erreichten Zeitpunkt vervollständigen. Die Klarheit und Zuverlässigkeit der in dem Werke enthaltenen zusammenfassenden Berichte sind zu allgemein anerkannt, als daß es einer weiteren Empfehlung bedürfte. P.

**Vorlesungen über mathematische Physik.** Von Gustav Kirchhoff. I. Band: Mechanik. Vierte Auflage, herausgegeben von W. Wien. Mit 18 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1897. X und 464 S. M. 13.

Die fundamentale Bedeutung dieser Mechanik ist seit dem Erscheinen der ersten Auflage (1876) allgemein gewürdigt worden, der ihr eigentümliche Begriff der Naturbeschreibung ist in der Wissenschaft, nicht ohne anfänglichen Widerspruch, zu nunmehr fast unbestrittener Geltung gelangt. In sachlicher Hinsicht der Abschluß einer großen Periode der Physik, bezeichnet das Werk gleichzeitig in formaler Hinsicht den Beginn einer neuen Ara. Es wird daher immer wieder gelesen und studiert werden. Der Herausgeber hat sich darauf beschränkt, unbedeutende Unrichtigkeiten, von denen eine Anzahl bereits von dem vereinigten Verfasser angemerkt war, zu verbessern. P.

## Versammlungen und Vereine.

### Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Frankfurt a. M.

Vom 22. April bis 5. Mai 1897.

Der Kursus, den der Physikalische Verein zu Frankfurt a. M. auf Veranlassung des Königl. Unterrichts-Ministeriums im Anschluß an die Osterferien veranstaltete, wurde am 22. April in Gegenwart des Herrn Oberbürgermeisters Adickes, des Herrn Dir. Schwalbe als Vertreters des Ministeriums u. a. nach einer Ansprache des Vereinsvorsitzenden vom Königl. Provinzial-Schulrat Herrn G.-R. Dr. Lahmeyer eröffnet. Als Teilnehmer hatten sich 33 — meist ältere — Herren aus allen Provinzen der Monarchie (außer Schleswig-Holstein) eingefunden.

Im Mittelpunkt des Kursus standen die elektrotechnischen Vorlesungen des Herrn Dr. Epstein, an welche sich für 20 Herren — in 4 Gruppen geteilt — jedesmal praktische Übungen anschlossen. In der ersten Hälfte der Vorlesungen wurden die allgemeinen Begriffe besprochen: Stromrichtung und Stromstärke für Gleichstrom und Wechselstrom, für letzteren die Beziehung zwischen Momentan- und Effektivwerten, Spannung und Widerstand, und schließlich das Ohmsche Gesetz in seiner unerschöpflichen Anwendbarkeit. Darauf folgte eine fesselnde schulmäßige Behandlung der magnetischen Kraftlinien und den Schluß bildeten Betrachtungen über Induktion, Selbstinduktion, scheinbare und effektive Watt, sowie über das Verhalten von Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrom-Motoren im Betriebe, zum Teil durch Bremsversuche höchst anschaulich illustriert.

Bei den Übungen erhielten die einzelnen Gruppen, die unter Führung je eines Assistenten arbeiteten, verschiedene Aufgaben zuerteilt: so wurden Ampèremeter und Voltmeter geeicht, die Widerstände dieser Apparate sowie von Trockenelementen und Dynamowicklungen bestimmt, Wechselstromkurven aufgenommen etc. Bei diesen Übungen wurde großes Gewicht darauf gelegt, daß die Praktikanten selbst die geeigneten Methoden herausfanden, passende Instrumente und Elektrizitätsquellen in Vorschlag brachten und vor allem zunächst eine Schaltungsskizze anfertigten. Bei Beginn wurden stets die Aufgaben und Resultate des vorigen Tages von Herrn Dr. Epstein mit allen Gruppen gemeinschaftlich besprochen.

Herr Prof. W. König las über die Abbeschen Versuche, welche beweisen, daß infolge der auftretenden Beugungserscheinungen auch die vollkommensten optischen Instrumente, sowohl Fernrohre wie Mikroskope, eine Grenze der Leistungsfähigkeit haben; ferner behandelte derselbe die Lumineszenzerscheinungen, d. h. die Fälle, wo ein Körper Strahlen aussendet, die seiner Temperatur nicht entsprechen: dahin gehören Fluorescenz, Phosphorescenz, Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen etc. Eine Vorlesung war speziell den Tesla-Versuchen gewidmet, eine andere der Vorführung und Besprechung neuer Schulapparate. (Ein Teil von diesen wird demnächst in der Zeitschr. ausführlicher beschrieben werden.) Im Anschluß daran führten zwei Teilnehmer, die Herren Wernecke-Frankfurt a. O. und Geschöser-Ols, Versuche und selbstconstruierte elektrische Apparate vor, deren Beschreibung die Herren sich selbst vorbehalten haben (vergl. dieses Heft S. 191 und 192).

Herr Prof. Dr. Rosenberger gab in 5 Vorlesungen eine fesselnde Übersicht über die Entwicklungsgeschichte der elektrischen Prinzipien von Gilbert und Guericke an bis zu Faraday und Hertz.

Herr Prof. Dr. Freund hielt eine Vorlesung über Argon und Helium, eine andere über osmotischen Druck, van 't Hoff's Theorie der Lösungen und die neueren Methoden zur Bestimmung des Molekulargewichts (vgl. Lüpke, ds. Ztschr. VIII 133 ff.); außerdem wurden die Fortschritte auf dem Gebiete der Verflüssigung der Gase besprochen und den Hörern Gelegenheit gegeben, selbst Experimente mit fester Kohlensäure auszuführen. Von großem Interesse war ferner eine Übersicht über die Anwendung der Elektrizität in der chemischen Industrie, die zum Teil durch Experimente veranschaulicht wurde. Die letzte chemische Vorlesung behandelte das Acetylen, dem der Herr Vortragende eine große Bedeutung beilegte und dessen Vorzüge bei Anwendung passender Brenner derselbe buchstäblich „in das hellste Licht setzte“.

Herr Dr. Lepsius, früher Docent des Physikalischen Vereins, jetzt Direktor der chemischen Fabrik Griesheim, sprach über die Erfindung und die Entwicklung des Schießpulvers und schloß daran eine von Experimenten begleitete Übersicht der modernen Explosivstoffe.

Herr Dr. Rössler leitete den Besuch der Gold- und Silberscheideanstalt ein durch einen historischen und theoretischen Überblick über die verschiedenen Arten der Goldgewinnung bis hinauf zu dem elektrolytischen Verfahren, welches in der genannten Anstalt zu so hoher Vollendung gebracht ist.

Als Vorbereitung für den Besuch der Wasserwerke war ein Vortrag des Herrn Ingenieurs Bender (vom Städt. Tiefbauamt) willkommen, der nach einer allgemeinen Orientierung über die Wasserverhältnisse Frankfurts einerseits und über die modernen Dampfmaschinen andererseits eine spezielle Beschreibung der städtischen Pumpstation Hinkelstein gab. Am Nachmittag wurde diese selbst besucht und nach eingehender Besichtigung der imponierenden Maschinen- und Heizanlagen einige Indikator-Diagramme von Maschinen und Pumpen aufgenommen.

Die Bewunderung für die maschinellen Anlagen steigerte sich noch bei dem Besuch des Städtischen Elektrizitätswerkes, das seit Oktober 1894 in Betrieb ist. Vier gewaltige „Dampfdynamomaschinen“, für welche 12 Kessel zur Verfügung stehen, erzeugen hier einen Wechselstrom von 3000 Volt Spannung, der in 9 Hauptleitungen der Stadt zugeführt und durch 125, in unterirdischen Schächten angebrachte Transformatoren auf die Gebrauchsspannung von ca. 120 Volt reduziert wird. Die Maschinen des Elektrizitätswerkes verbrauchen täglich ca. 1 Doppelzentner Schmieröl. Für Kraftzwecke wird der Strom billiger berechnet als für Beleuchtung und häufig ist auch — wegen der vielen angeschlossenen Betriebe — der Konsum bei Tage grösser als des Abends.

Ein Hauptkonsument des städtischen Wechselstroms ist die berühmte Gold- und Silberscheideanstalt, wo der Strom, in Gleichstrom umgewandelt, mit 250 Amp. auf die goldhaltigen Silberanoden wirkt; die Maximalleistung der Anstalt sind 1000 kg Silber in 24 Stunden. Auch die Glanzgoldtechnik, Höllensteinfabrikation etc. wurden von Herrn Dir. Rössler in lebenswürdigster Weise vorgeführt.

Höchst belehrend und genussreich war ferner der Besuch der chemischen Fabrik Griesheim. Die organische Abteilung wurde unter Führung des Herrn Dir. Dr. Lepsius durchwandert, der von den Lagerräumen für die Rohmaterialien beginnend — mit 12 Kesseln zu 50 000 l und 4 Kesseln zu 100 000 l — die Herstellung von Benzol und Toluol, Nitrobenzol etc. in anschaulicher Weise vorführte. Die Säure- und Soda-Abteilung erläuterte ebenfalls der Herr Spezialdirektor. Ein Bild von der Grösartigkeit des Betriebes bieten folgende Zahlen: der tägliche Bedarf beträgt 75 000 kg Schwefelkies, 30 000 kg Salpeter, 6000 Ctr. Kohlen. Den Schlufs der Besichtigung bildete ein vom Aufsichtsrat und der Direktion gebotener Imbiss.

Am letzten Tage besuchte ein Teil der Herren die Fabrik elektrischer Maschinen von Lahmeyer & Co., die übrigen die Höchster Farbwerke. Hier gab Herr Dr. von Brüning zunächst durch Vorlage grosser Zeichnungen einen Überblick über das Etablissement, das eine kleine Stadt für sich bildet (die Dampfkessel haben zusammen 2 Morgen Heizfläche); er führte die Besucher sodann durch die Speise- und Baderäume der Arbeiter, in die Färberei, in die Nitraginabteilung, wo



die neuerdings zu so hoher Bedeutung für die Leguminosen-Kultur gelangten Bakterien gezüchtet werden, und schliesslich wurde als Hauptpunkt des Programms die Serumabteilung eingehend besichtigt. Der leitende Fachmann hatte die Freundlichkeit, in einem überaus klaren, erläuternden Vortrage alle Einzelheiten bei der Darstellung des Heilserums aus dem Blut der geimpften Pferde zu besprechen und bezügliche Demonstrationen vorzuführen.

Aufser den bisher genannten Etablissements hatten noch die Lithographische Anstalt von Werner & Winter sowie die Kleyersche Fahrradfabrik die Teilnehmer des Kursus freundlichst zu sich geladen. Die Herren, welche an den elektrotechnischen Übungen nicht teilnahmen, folgten diesen Einladungen und besuchten an den andern Tagen unter sachverständiger Führung den Palmengarten, das Senckenbergische Museum etc., auch wurden Übungen im Mikroskopieren vorgenommen.

Am ersten Sonntag wurde bei herrlichem Wetter ein Ausflug in die Bergstrafse, am zweiten in den Taunus unternommen, beide unter der Führung des unermüdlichen Leiters des Kursus, Herrn Dir. Dr. Bode, dem alle Teilnehmer zu größtem Danke verpflichtet sind.

Nachdem am Abend vorher alle auswärtigen und Frankfurter Teilnehmer, sowie viele Freunde der Sache sich zu einem gemütlichen Abschiedessen vereinigt, erfolgte der offizielle Schluss des Kursus am 5. Mai nachmittags. Die Teilnehmer nehmen aus den anstrengenden Tagen eine reiche Fülle von Anregungen mit sich und bleiben allen beteiligten Kreisen, einzelnen Personen sowohl wie Behörden, Vereinen und Firmen für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen zu lebhaftem Danke verpflichtet.

*Fordemann (Berlin-Charlottenburg).*

### Naturwissenschaftlicher Ferienkursus in Göttingen

vom 22. April bis 4. Mai 1897.

Am diesjährigen Ferienkursus nahmen 18 Herren Teil und zwar aus der Provinz Hannover 7, Westfalen 4, Hessen-Nassau 2, Rheinprovinz 3, Sachsen 1, aus Schwarzburg-Rudolstadt 1. Der Kursus wurde am 22. April in der Universitätsaula durch eine Ansprache des Herrn Geheimrats Prof. Dr. Ehlers eröffnet. Es wurden folgende Vorträge, meist vierstündig, gehalten:

1. Dr. Ambronn, über einfache geodätische Operationen mit Demonstrationen. Die neueren Instrumente und einige häufig vorkommende Methoden der topographischen Aufnahme, insbesondere die Handhabung der verschiedenen Prismen- und Spiegelinstrumente, die Aufnahme mittels Mefstisch, das Tachymeter und sein Gebrauch sowie das rechtwinklige Planimeter wurden erläutert und demonstriert. Auch die wichtigsten astronomischen Instrumente wurden besprochen und bei einem Rundgange durch die Sternwarte der Gebrauch der größeren derselben, der Durchgangsinstrumente, der äquatoreal montierten Fernröhre und des Heliometers erklärt.

2. Prof. Behrendsen, über das Energieprinzip im physikalischen Unterricht an höheren Schulen. Der Vortragende bezeichnete die Grundsätze, welche Grimsehl in seiner „Einleitung in die Physik“ (Beilage zum Programm der Realschule in Cuxhaven 1896) für den Anfangsunterricht auf der Unterstufe aufgestellt hat, als sehr beherzigenswert und wünschte, daß auch schon hier dem Energieprinzip ein weiteres Feld eingeräumt würde insofern, als aus demselben der Kraftbegriff entwickelt werden solle. Für die Oberstufe sei in der IIa mit Mechanik zu beginnen. Hier könne sofort unter Zuhilfenahme der Erscheinungen des täglichen Lebens mit dem Energiebegriffe angefangen werden, wobei die kinetische Energie, insofern sie in der Geschwindigkeit der bewegten Masse ihren Ausdruck finde, direkt auf die wesentlichsten Bewegungsformen überleite. Die herkömmlichen Ansichten über die gleichförmig beschleunigte Bewegung, über die Verwendung der Fallmaschine wurden einer kritischen Beleuchtung unterworfen, die Einführung des Kraftbegriffes unter Voraussetzung der erfahrungsmäßig entwickelten Vorstellung über die Energie wurde im einzelnen durchgeführt und das Prinzip der Erhaltung der Energie, der Übergang der verschiedenen Energieformen an vielen Beispielen erläutert, wobei auch der Zerlegung in die sogenannten Energiefaktoren ein gewisser Wert eingeräumt wurde; die dabei in Frage kommenden Gesetze wurden an Ausdehnungsarbeit, an der kinetischen Energie beim Stofse, an der potentiellen Energie von Flüssigkeitsmengen nachgewiesen. Vor allem wurde aber gezeigt, wie in der gesamten Mechanik mit Zuhilfenahme der Energiegesetze, besonders des Prinzips von der Erhaltung der Energie, die Probleme sich mit großer Leichtigkeit lösen und verständlicher geben lassen. In der Wärmelehre solle von dem Begriff der Wärme als kinetischer Energie der Moleküle sofort ausgegangen und demgemäß die gesamte Wärmelehre gleichsam als mechanische Wärmetheorie aufgefaßt werden. Es wurde durchgeführt, wie von diesem Gesichtspunkte aus sich die wesentlichsten Erscheinungen darstellen lassen, wie Wärmeleitung, -Strahlung, Ausdehnung und Änderung des Aggregatzustandes, wobei speziell auf die Ausdehnungsarbeit der Gase sowie auf die Erscheinungen der Verdunstung, der Verdichtung der Gase,

des kritischen Zustandes derselben im Lichte der kinetischen Theorie eingegangen wurde. Besondere Sorgfalt wurde auf den ersten Hauptsatz der mech. Wärmetheorie verwandt, die elementaren Methoden zur Ermittlung des Wärmeäquivalents besprochen und auf Kreisprozesse mit Berücksichtigung der Dampfmaschine hingewiesen, jedoch hervorgehoben, dafs der zweite Hauptsatz sich naturgemäfs nicht für Behandlung auf der Schule eigne. Die Deutung der Energiefaktoren von Seiten Helms in der Wärmelehre wurde als unbefriedigend bezeichnet. Wegen der Kürze der Zeit konnte die Energielehre in der Elektrizität nur beschränkte Darlegung finden. Die Bedeutung der Energiefaktoren in ihrer Beziehung zur Mechanik, die den hydrostatischen Energievorgängen völlig parallelen Erscheinungen bei der Influenz, speziell beim Kondensator, Stromarbeit, Biot-Savartsches Gesetz, Ohmsches Gesetz wurden vom energetischen Standpunkt kurz behandelt und die Beziehung zwischen äufserer und innerer Arbeit des Stromes durch ein sehr einfaches Experiment erläutert<sup>1)</sup>. An den Vortrag schlofs sich eine kurze Besichtigung der physikalischen Sammlung des Gymnasiums.

3. Prof. Nernst, die neueren Theorien der galvanischen Stromerzeugung. In dieser Vorlesung, die in dem neuen physikalisch-chemischen Institut gehalten wurde, wurde die osmotische Theorie des elektrischen Stromes besprochen und durch zahlreiche Versuche begründet. Im Anschlufs an die Dissociationstheorie von Arrhenius, dafs Stoffe, die in wässriger Lösung die Elektrizität leiten, in Ionen gespalten sind, wurde zunächst die Potentialdifferenz zwischen zwei verschiedenen konzentrierten übereinander geschichteten Lösungen desselben Elektrolyten durch die verschiedene Geschwindigkeit, mit der sich die Ionen bewegen, erklärt und gezeigt, dafs dadurch in dem einen Teil der Lösung die Anionen, im andern die Kationen im Überschufs auftreten. Die bei der Berührung von Metallen und Lösungen auftretende Potentialdifferenz wird erklärt durch den osmotischen Druck und eine als Lösungstension bezeichnete Kraft. Ein Metallstab z. B. *Ag* wird in einer Lösung ohne *Ag*-Ionen negativ, denn es gehen positive *Ag*-Ionen in Lösung, weil die Lösungstension *P* gröfser ist als der osmotische Druck *p*. Taucht man aber einen zweiten *Ag*-Stab in *AgNO<sub>3</sub>*, so ist  $P_1 < p_1$ , also scheiden sich positive *Ag*-Ionen ab, und der *Ag*-Stab wird positiv. Man kann so ein Element bilden, in welchem beide Pole Silber sind. Fällt man aus der ersten Lösung die in Lösung gegangenen *Ag*-Ionen aus und verkleinert dadurch *p*, oder macht die zweite *AgNO<sub>3</sub>*-Lösung konzentrierter, vergrößert also *p*, so wächst die elektromotorische Kraft des Elementes. In entsprechender Weise wird die Erklärung des Daniell-Elementes gegeben. Bei *Zn* in *H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* ist  $P > p$ , bei *Cu* in *CuSO<sub>4</sub>* ist  $P_1 < p_1$ , also wird *Zn* negativ, *Cu* positiv. In ähnlicher Weise wie beim *Ag*-Element kann auch hier durch Änderung der Konzentration der Lösungen eine Änderung der elektromotorischen Kraft bewirkt werden. Bringt man *Zn* in *ZnSO<sub>4</sub>*-Lösung, *Cu* in verdünnte *CuSO<sub>4</sub>*-Lösung und bringt in letztere *KCN*, so bildet sich das komplexe Kaliumkupfercyanid, *p<sub>1</sub>* wird viel kleiner als *P<sub>1</sub>* und deshalb wird *Cu* zum negativen Pol. Weiter wurde die Änderung der Oberflächenspannung von *Hg* durch Polarisation und die Umkehrung dieses Vorgangs, sowie die Potentialdifferenz zwischen *Hg* und verschiedenen Lösungen besprochen und demonstriert. Zur Demonstration wurde ein sehr empfindliches Szymanskisches Galvanometer benutzt, dessen Spiegel das Bild eines Glühlämpchens auf eine Skala wirft. An die Vorlesung schlofs sich ein Gang durch das physikalisch-chemische Institut, dessen Räume, Einrichtungen und Apparate unter Führung des Herrn Prof. Nernst einer eingehenden Besichtigung unterzogen wurde. Es ist wohl von Interesse, dafs fast die gesamte Ausrüstung aus deutschen Werkstätten hat bezogen werden können, was noch vor 20 Jahren nicht möglich gewesen wäre. Im Anschlufs an die Besichtigung wurde noch die Darstellung von Calciumkarbid im elektrischen Ofen und ein Versuch über die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen von Kaliumpermanganat gezeigt.

Einige der Teilnehmer des Kurses erhielten die Erlaubnis, im Institute selbst einige Versuche anstellen zu dürfen und wurden darin von Herrn Prof. Nernst und seinem Assistenten Herrn Dr. Dolezalek in freundlichster Weise unterstützt. Es wurde zuerst eine Reihe von elektrischen Messungen ausgeführt und dann einige der in der Vorlesung vorgeführten Versuche wiederholt.

4. Prof. W. Voigt, über physikalische Eigenschaften der Krystalle. Zunächst wurden die Krystalle nach ihrer physikalischen Symmetrie, wie sie aus den Wachstumsverhältnissen erschlossen wird, charakterisiert. Die „Eigenschaften“ der Krystalle werden dann als die Effekte definiert, die durch ausgeübte Einwirkungen entstehen. Der Vortrag beschränkte sich auf die Betrachtung homogener Einwirkungen und homogener Effekte. Weiter werden skalare, vektorielle und trivektorielle Zustände unterschieden, von denen die ersten durch einen Skalar (z. B. Temperatur), die zweiten durch

<sup>1)</sup> Anm. d. Red. Wir halten die Grundauffassung dieser Vorträge, die selbst in der Wissenschaft nicht unbestritten Geltung hat, nicht für schulmäfsig, und können daher der Empfehlung eines dem entsprechenden Lehrgangs für den Unterricht nicht zustimmen.



einen Vektor (z. B. elektr. Feldstärke), die dritten durch ein Vektortripel (z. B. elastische Spannungen) bestimmt sind; dabei sind ein- und zweiseitige Vektoren zu unterscheiden. Danach ergibt sich folgende Gruppierung der wichtigsten Eigenschaften: a) Wechselwirkung zwischen einem Skalar und einem Vektor: Pyroelektrizität und reciproke Erwärmung pyroelektrischer Krystalle im elektrischen Felde, demonstriert am Turmalin. b) W. zwischen 2 Vektoren. Es wird die elektrische Influenz dielektrischer Krystalle an der Einstellung einer Kugel zwischen Condensatorplatten, die magnetische Influenz paramagnetischer Krystalle an der Einstellung von Kugeln zwischen Magnetpolen, die Elektrizitätsleitung in Krystallen an der Einstellung einer Quarzkugel im Wechselfelde, die Wärmeleitung durch Darstellung der Isothermen einer Platte bei verschiedener Zuleitung, endlich die Thermoelektrizität in Krystallen und die dazu reciproken elektrothermischen Effekte demonstriert. — c) W. zwischen einem Skalar und einem Vektortripel. Hierher gehört die thermische Deformation und die reciproke adiabatische Erwärmung, die durch thermische Winkeländerung der Krystalle demonstriert wird. — d) W. zwischen Vektor und Vektortripel, Piëzoelektrizität, und die reciproke elektrische Deformation. Die Elektrizitätserregung in einseitig gepressten Prismen wird demonstriert, allgemeinere Vorgänge durch Modelle erläutert und der Zusammenhang von Pyro- und Piëzoelektrizität besprochen. — e) W. zwischen Vektortripeln: diese umfaßt die Erscheinungen der Elastizität, die an der Deformation eines rechteckigen Prismas bei einseitigem Druck demonstriert werden, während für allgemeinere Vorgänge Modelle vorgelegt werden. Die Erscheinungen der Härte und Festigkeit, die weiter behandelt werden, lassen sich nicht in dieses Schema einreihen, weil sie überhaupt analytisch noch nicht faßbar sind. Dagegen lassen sich die optischen Eigenschaften der Krystalle nach Gefallen den elastischen oder elektromagnetischen subsumieren; sie stellen nur complizierte Wirkungen der oben in einfachsten Verhältnissen betrachteten Ursachen dar. Eine Weiterführung der oben gegebenen Reihe wäre noch in der Weise möglich, daß die gleichzeitigen Wirkungen mehrerer Ursachen, die sich nicht einfach superponieren, zusammengestellt werden. Diese sind jedoch noch wenig untersucht.

5. Dr. Wachsmuth, über Gasentladungen, Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen. Zunächst werden neuere Versuche über Gasentladungen demonstriert und zwar werden erstens nach J. J. Thomson Röhren ohne Elektroden durch Tesla-Induktion bei einer kritischen Verdünnung zum Leuchten gebracht. Die Schirmwirkung zweier gleich guter Leiter ermöglichte die Bestimmung der enorm hohen molekularen Leitfähigkeit verdünnter Gase. Zweitens wurden luftgefüllte Röhren mit Elektroden, die mit einem Induktorium verbunden waren, an der Luftpumpe bis zum Auftreten der Kathodenstrahlen leergepumpt, um die Reihenfolge der Leuchterscheinungen zu zeigen, und dann die Eigenschaften der Kathodenstrahlen demonstriert. Von neu gefundenen Erscheinungen wurden die von Goldstein entdeckten „Kanalstrahlen“, die durch den Magneten nicht abgelenkt werden, sowie die Färbung von Salzen durch Kathodenstrahlen gezeigt. Auch gelang es, Dank einer von Prof. Des Coudres ersonnenen (noch nicht publizierten) Einrichtung, die Lenardschen Strahlen beliebig lange Zeit in freier Luft zu erhalten, sodafs einige der Lenardschen Versuche mit Leichtigkeit wiederholt werden konnten. Weiter wurden die bekannten Versuche mit Röntgen-Strahlen gemacht, die Entladung eines Elektroskops durch ionisierte Luft nach Röntgen bewirkt, nach J. J. Thomson und Rutherford dieselbe, wie bei einem sehr verdünnten Elektrolyten, durch Einführung zweier Elektroden unterbrochen. Umgekehrt wurde mit einer Elektrisiermaschine künstliche Röntgenluft aus positiv und negativ geladener Luft zusammengesetzt. Schliesslich wurde die photographische Wirkung der Flußspat- und Uranstrahlen gezeigt. Für die entladende Wirkung des Uranmetalls wurde als mögliche Analogie die entladende Wirkung von Phosphor sowie deren Verhinderung durch Dämpfe von Terpinolöl vorgeführt. An diese physikalischen Vorträge schlofs sich eine Besichtigung des physikalischen Instituts und seiner Apparatsammlung.

6. Prof. F. Klein, Demonstration neuerer mathematischer Modelle und Unterrichtshilfsmittel. Im Sammlungszimmer für mathematische Instrumente und Modelle demonstrierte Prof. Klein die neueren Apparate, nachdem er in einem Vortrage einen zusammenfassenden Überblick über diese Apparate, ihre Constructionsprinzipien und ihre Anwendung gegeben hatte.

7. Prof. Berthold, über neuere Ergebnisse der physiologischen Botanik mit Demonstrationen im pflanzenphysiologischen Institut und im botanischen Garten.

8. Prof. v. Könen, über neuere Anschauungen über den Bau des Harzes und neuere Probleme der Geologie mit Demonstrationen.

9. Prof. H. Wagner, über kartometrische Methoden in ihrer verschiedenen Anwendung mit Demonstrationen.

Im Anschluß an die Vorträge 7 und 8, wurden eine botanische und zwei geologische Exkursionen in die Umgebung Göttingens unternommen.

*Dr. E. Götting (Göttingen).*

## Mitteilungen aus Werkstätten.

## Neue Doppelfernrohre für den Handgebrauch (Feldstecher und Relieffernrohre).

(D.R.P. 76 735 und 77 806.)

Von Carl Zeiss, optische Werkstätte in Jena.

Für die Konstruktion dieser bequem zu handhabenden Doppelfernrohre von mittlerer, d. h. vier- bis zehnfacher, Vergrößerung waren folgende Anforderungen maßgebend: erstens wesentlich größeres Sehfeld zu gewinnen, als für die betreffenden Vergrößerungen mit dem Galileischen (holländischen) Fernrohre erreichbar ist, und ohne die unbequeme, den Gebrauch in jeder Hinsicht erschwerende Verlängerung der Rohre andererseits, welche die Anwendung sogenannter terrestrischer Okulare mit sich bringt, und zweitens, die Objektive des Doppelfernrohres auf größeren Abstand auseinanderzurücken, als die Augenweite des Beobachters und der durch diese gegebene Abstand der Okulare beträgt — zu dem Zwecke, die Plastik der mit den Fernrohren gesehenen Bilder entfernter Objekte zu steigern. Da wirklich zweckmäßige Handfernrohre von mehr als vierfacher Vergrößerung bisher fehlten und trotz zweihundertjähriger Bemühungen weder nach dem Bauplane des Galileischen noch des terrestrischen Fernrohres hergestellt werden konnten, so wird durch diese Erfindung einem seit langer Zeit beklagten Übelstande endgültig abgeholfen.

Eine eingehende Erläuterung der neuen Instrumente ist von dem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Zeiss'schen Werkstätte, Herrn Dr. S. Czapski in seinem Vortrage „über neue Arten von Fernrohren insbesondere für den Handgebrauch“ (Berlin, Leonhard Simion, 1895) gegeben. Hier sei nur mitgeteilt, daß dieselben im Prinzip astronomische Fernrohre sind, zu welchen zum Zwecke der Aufrichtung der von solchen gelieferten umgekehrten Bilder ein System von Spiegeln hinzugefügt ist. Letzteres muß überdies folgenden Bedingungen genügen: 1. es darf keine Ablenkung der Sehrichtung verursachen, 2. die Reflexionen müssen zur Vermeidung von Lichtverlust sämtlich totale sein, woraus die Anwendung von Spiegelprismen folgt, und 3. die Brechungen der in die Prismen ein- und aus ihnen austretenden Strahlenbüschel müssen für die Achsen unter senkrechter Incidenz erfolgen zur Vermeidung excentrischer Aberrationen. Diesen Bedingungen wird nun durch eine Combination von vier gleichschenkelig rechtwinkligen Glasprismen, deren Hypotenusenflächen in bekannter

Weise die unter Winkeln von  $45^\circ$  auffallenden Lichtstrahlen total reflektieren, entsprochen. Um die bildaufrichtende Wirkung zu erklären, verweist Herr Czapski auf die Theorie der rechtwinkligen Winkelspiegel, welche zwar congruente, aber derart gedrehte Bilder geben, daß je nach der Lage der Spiegelkante nur Rechts und Links oder nur Oben und Unten vertauscht sind. Nun bilden bei der gewählten Anordnung die Hypotenusenflächen der vier Prismen zwei derartige und zwar zu einander rechtwinklig gekreuzte Winkelspiegel; sie bewirken daher einmal eine Umkehrung von Rechts und Links, das andere Mal von Oben und Unten, d. h. zusammen eine vollständige Aufrichtung des umgekehrten Fernrohrbildes.

Eine Anbringung dieses Spiegelapparates zwischen Objektiv und Okular, also im Inneren des Rohres würde wegen der vielfachen Übergänge zwischen Luft und Glas die Lichtstärke vermindern. Durch zweckmäßige Verbindung der Prismen zu Prismenkörpern und Anbringung derselben an den Rohrenden, wo sie — weil sphärisch geschliffen und daher das Licht brechend — gleichzeitig die Linsen ersetzen, konnte auch hierfür Abhilfe geschaffen werden.

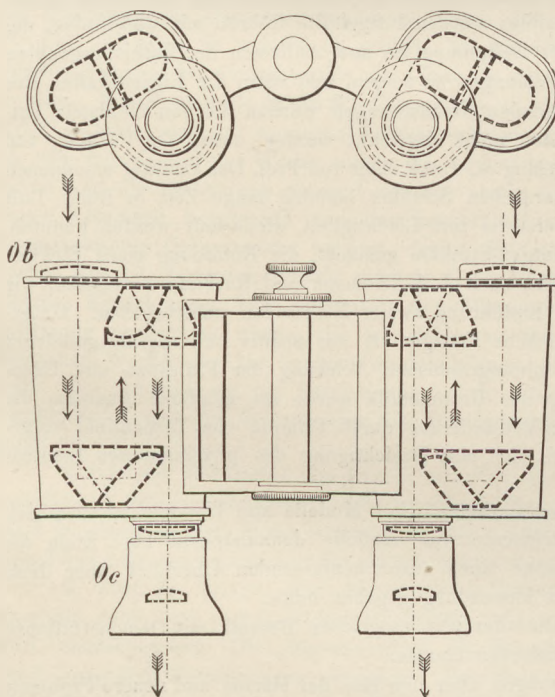


Fig. 1.

Die beiden nebenstehenden Abbildungen, welche die Prismenanordnung und den Gang der Lichtstrahlen in den Zeiss'schen Fernrohren schematisch zeigen, (und zwar Fig. 1 im Feldstecher, Fig. 2 im Relieffernrohr) lehren gleichzeitig, daß infolge der mehrfachen Reflexionen die ins Auge austretenden Strahlen zwar den auf das Objektiv auffallenden parallel, aber mehr oder minder



gegen dieselben verschoben sind, derart, daß eine seitliche Versetzung der Okular- gegen die Objektiv-achse eintritt. Hierauf beruht, falls zwei Rohre zum binokularen Gebrauche verbunden werden, daß zwischen den Objektiven ein größerer Abstand besteht als zwischen den Okularen. Hierdurch aber wird die Verschiedenheit der von unserem Bewußtsein zu verschmelzenden Einzelbilder und damit, wie schon erwähnt, die Möglichkeit des Körperlichsehens höchst auffallend vermehrt. Somit ist hier gleichzeitig der schöne Gedanke des von Helmholtz 1857 angegebenen, jedoch nicht in die Praxis eingeführten „Telestereoskops“ auf neuem Wege verwirklicht.

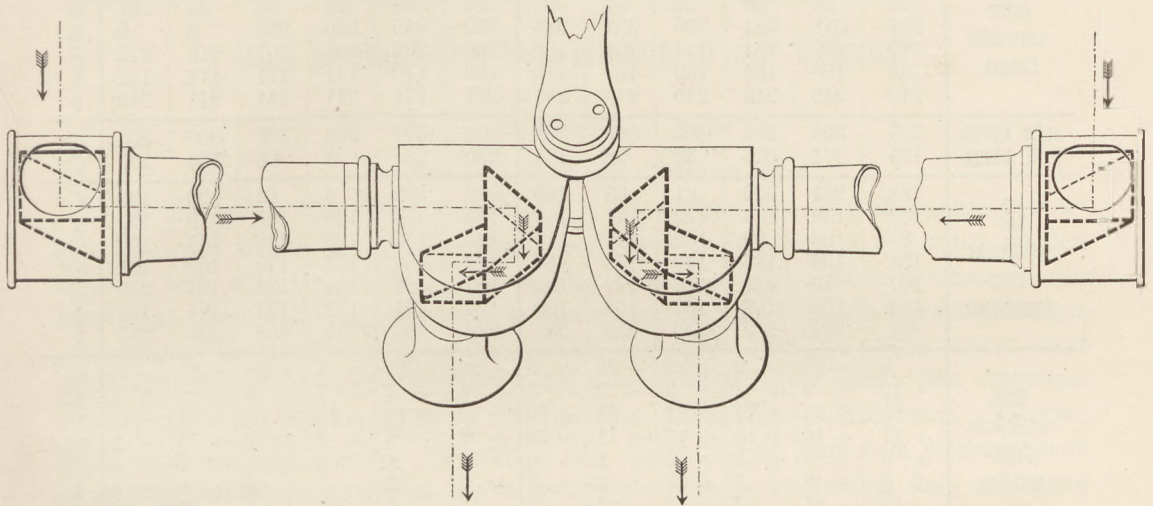


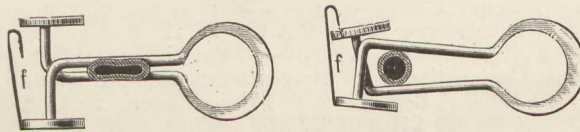
Fig. 2.

Die Firma Zeiss liefert — wie die beiden Abbildungen gleichzeitig zeigen — derartige Doppelrohre nach zwei verschiedenen Typen, und zwar als Feldstecher von vier-, sechs- und achtfacher, sowie als Relieffernrohre von sechs-, acht-, und zehnfacher Vergrößerung. Erstere haben die bekannte bequeme Form derartiger Instrumente bei einem Abstand der Objektivachsen gleich dem Eindreivertelfachen der durchschnittlichen Augenweite und sind besonders für touristische Zwecke empfehlenswert. Die Relieffrohre hingegen haben wegen des weit größeren Objektivabstandes — etwa 35 cm — eine gänzlich abweichende Gestalt; sie sind minder handlich, wirken aber in Bezug auf die Tiefenunterscheidung bei großen Entfernungen sowie demgemäß in Bezug auf die Plastik des Landschaftsbildes geradezu überraschend<sup>1)</sup>. Der Preis des Feldstechers beträgt je nach den Dimensionen M. 120 bis 140, der des Relieffernrohres M. 150 bis 210.

#### Feder-Quetschhahn mit einschnappbarem Offenhalter (D.R.G.M. 70 259).

Von C. Leiss in Steglitz b. Berlin.

Bei den bisher gebräuchlichen Feder-Quetschhähnen geschieht wie bekannt ein zeitweiliges Öffnen derart, daß man dieselben auf eine benachbarte Schlauchspitze oder aber, bei einer anderen bekannten Art, den Schlauch in den Federring des Quetschhahnes bringt. Diesen umständlichen



Manipulationen hilft der neue, in nebenstehender Figur abgebildete Feder-Quetschhahn ab, denn sofort nach erfolgtem Druck auf die beiden Knöpfe ist derselbe in seiner Offenstellung fixiert. Das Schließen des Quetschhahnes geschieht wieder durch geringen Druck mit dem Daumen gegen das obere Ende der Schnappfeder *f*. — Die Preise des neuen Feder-Quetschhahnes, welcher von allen bekannten Handlungen chemischer und physikalischer Gerätschaften zu haben sein wird, stellen sich wie folgt:

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Schenkellänge	50	60	65	80 mm
pro Stück	0,40	0,45	0,50	0,55 Mark.

<sup>1)</sup> Anm. der Red. Die außerordentlich günstigen Urteile, die über diese Fernrohre von anderer Seite veröffentlicht worden sind, werden von unserem Mitarbeiter Dr. J. Schiff in Breslau, der mit beiden Arten der Zeisschen Fernrohre viel beobachtet hat, voll bestätigt.

Himmelserscheinungen im August und September 1897.

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

Monatstag	August						September						
	3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27	
Helio- centrische Längen.	198°	215	230	244	258	272	286	301	318	337	0	26	♃
	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	93	101	♃
	312	316	321	326	331	335	340	345	350	355	0	5	♃
	187	189	191	193	196	198	200	203	205	207	210	212	♃
	168	168	168	169	169	170	170	170	171	171	171	172	♃
	240	240	240	240	240	241	241	241	241	241	241	242	♃
Aufst. Knoten, Mittl. Länge.	306	306	305	305	305	304	304	304	303	303	303	303	☾
	195	261	326	32	98	164	230	296	2	68	134	199	☾
Geo- centrische Rekt- ascensionen.	188	261	333	31	95	160	226	303	4	64	130	193	☾
	152	159	166	172	177	181	184	186	186	183	179	175	♃
	87	93	99	105	111	117	123	130	136	142	147	153	♃
	134	139	143	148	153	157	162	166	171	175	180	184	♃
	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	♃
	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	♃
	232	232	232	233	233	233	233	234	234	234	235	235	♃
Geo- centrische Dekli- nationen.	- 9	- 27	- 9	+ 18	+ 26	+ 5	- 23	- 21	+ 7	+ 26	+ 18	- 11	☾
	+ 13	+ 9	+ 6	+ 3	- 1	- 3	- 5	- 7	- 7	- 5	- 2	+ 1	♃
	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 20	+ 19	+ 18	+ 17	+ 15	+ 14	+ 12	♃
	+ 17	+ 16	+ 15	+ 13	+ 11	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	+ 0	- 2	♃
	+ 6	+ 5	+ 4	+ 2	+ 1	- 0	- 1	- 3	- 4	- 5	- 7	- 8	♃
+ 8	+ 8	+ 7	+ 7	+ 6	+ 6	+ 6	+ 5	+ 4	+ 4	+ 4	+ 3	♃	
- 17	- 17	- 17	- 17	- 17	- 17	- 17	- 17	- 17	- 17	- 17	- 18	- 18	♃
Aufgang.	16 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	16.34	16.43	16.51	16.59	17.8	17.16	17.24	17.33	17.41	17.50	17.58	☉
	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	5.17	7.36	8.43	12.9	18.46	0.34	5.8	6.19	8.9	13.35	20.42	☾
Untergang.	7 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	7.37	7.27	7.17	7.6	6.55	6.43	6.32	6.20	6.8	5.56	5.44	☉
	9 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>	11.59	18.55	25.7	4.57	6.42	8.14	13.50	20.21	1.6	4.16	5.31	☾
Zeitglg.	+ 5m 56s	+ 5.24	+ 4.37	+ 3.36	+ 2.23	+ 1.0	- 0.32	- 2.11	- 3.55	- 5.41	- 7.26	- 9.8	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

August	7 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	Erstes Viertel	September	1 11 <sup>h</sup>	Mond in Erdnähe
	7 10	Mond in Erdnähe		3 12 13 <sup>m</sup>	Erstes Viertel
	12 3 23	Vollmond		10 15 12	Vollmond
	19 21 29	Letztes Viertel		16 18	Mond in Erdferne
	19 22	Mond in Erdferne		18 15 51	Letztes Viertel
	27 16 29	Neumond		26 2 46	Neumond
				28 13	Mond in Erdnähe.

**Aufgang der Planeten.** Aug. 16 ♀ 19<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> ♀ 13.5 ♂ 19 39 ♃ 18.41 ♄ 1.31  
Sept. 15 19. 10 14.7 19.32 17.20 23.26

**Untergang der Planeten.** Aug. 16 8. 2 5.18 8.18 8.6 10.33  
Sept. 15 6. 9 5.10 6.50 6.17 8.26

**Constellationen.** August 1 0<sup>h</sup> ♃ ♃ ☾; 1 5<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 6 4<sup>h</sup> ♄ ♂ ☾; 12 19<sup>h</sup> ♃ ♂ ♃; 16 16<sup>h</sup> ♄ □ ☾; 22 8<sup>h</sup> ♃ in Sonnenferne; 24 7<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 26 12<sup>h</sup> ♃ in größter östlicher Ausweichung; 28 17<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 29 20<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 29 20<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾. — September 2 11<sup>h</sup> ♄ ♂ ☾; 12 19<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 22 0<sup>h</sup> ♃ in unterer Sonnen-Conjunction, wird Morgenstern; 22 8<sup>h</sup> ☾ in der Waage, Herbst-Nachtgleiche; 23 13<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 24 19<sup>h</sup> ♀ ♂ Regulus, ♀ 0<sup>h</sup> 15' nördlicher; 25 13 ♃ ♂ ☾; 25 16<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 27 11<sup>h</sup> ♃ ♂ ♃; 27 12<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 29 21<sup>h</sup> ♄ ♂ ☾.

**Jupiter** geht schon so früh unter, dass Angaben über die Verfinsterungen seiner Monde nicht mehr geboten scheinen.

**Veränderliche Sterne.** 1. Algols-Minima treten ein: August 1 9<sup>h</sup>, 18 14<sup>h</sup>, 21 10<sup>h</sup>; September 7 15<sup>h</sup>, 10 12<sup>h</sup>, 13 9<sup>h</sup>, 27 17<sup>h</sup>, 30 14<sup>h</sup>. 2. Außer den ganz oder nahezu circumpolaren helleren Veränderlichen in *Cepheus*, *Cassiopeia*, *Lyra* sind *α*, *g*, *o*, *u Herculis* zu beobachten; in den späteren Abendstunden kommt auch *Mira Ceti* herauf.

**Meteore.** Der große Perseiden-Schwarm wird in diesem Jahre äußerst dürftig ausfallen, da am 12. August Vollmond ist.

**Zodiakallicht.** Es ist in beiden Monaten morgens, etwa 1<sup>h</sup> vor Sonnenaufgang, im Westen als eine schief nach rechts stehende Pyramide aufzufinden, soweit nicht das Mondlicht hindert.

J. Plafsmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.