

# Zeitschrift

für den

## Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVII. Jahrgang.

Erstes Heft.

Januar 1904.

### Magnetische Messungen nach absolutem Maß.

Von

Prof. H. Kuhfahl in Landsberg a. W.

Die elementare Bestimmung des magnetischen Momentes eines Magneten sowie der Horizontalfeldstärke des Erdmagnetismus ist mehrfach in dieser Zeitschrift behandelt worden<sup>1)</sup>. Bei der Wichtigkeit dieser Messungen ist es wohl nicht unangebracht, noch eine andere Methode bekannt zu geben, die ich schon seit längeren Jahren im Unterricht in der O II (Realgymnasium und Gymnasium) verwende, und die eine für Schulversuche hinreichende Einfachheit und Genauigkeit bietet. Sie besteht, um es zunächst kurz auszudrücken, aus 3 Messungen: 1. Einer Bestimmung der Lage der Magnetpole, 2. einem Ablenkungsversuche in der ersten Gaußischen Hauptlage und 3. einer Messung mit einer magnetischen Wage an Stelle des Schwingungsversuches.

Bevor ich auf die Einzelheiten eingehe, muß ich noch einige theoretische Bemerkungen über die Formel für den bekannten Ablenkungsversuch vorausschicken. Es sei  $M$  das Moment des Magnetstabes,  $H$  die horizontale Feldstärke des Erdmagnetismus,  $r$  die Entfernung der Mitte des Magneten von der Bussole,  $l$  die Länge des Magneten,  $\lambda$  die Entfernung seiner beiden Pole von einander (reduzierte Länge) und  $\alpha$  der Ablenkungswinkel, so ist bekanntlich:

$$\frac{M}{H} = \frac{r^3 \operatorname{tg} \alpha}{2} \left(1 - \frac{\lambda^2}{4 r^2}\right)^2 \dots \dots \dots 1)$$

Bei der Anwendung wird vorausgesetzt, daß  $\lambda$  von  $r$  unabhängig ist, was schon bei mäßig großem  $r$  zutrifft, daß man also die magnetische Wirkung eines jeden Poles in einen festen Punkt vereinigt denken darf; ferner muß die Bussole nadel hinreichend klein sein.

Wenn man 2 Messungen macht, kann man, ohne kleine Glieder zu vernachlässigen,  $\lambda$  eliminieren. Es ist

$$1 - \frac{\lambda^2}{4 r_1^2} = \sqrt{\frac{M}{H} \cdot \frac{2}{r_1^3 \operatorname{tg} \alpha_1}}$$

und

$$1 - \frac{\lambda^2}{4 r_2^2} = \sqrt{\frac{M}{H} \cdot \frac{2}{r_2^3 \operatorname{tg} \alpha_2}}$$

Multipliziert man die erste Gleichung mit  $r_1^2$ , die zweite mit  $r_2^2$  und subtrahiert, so erhält man:

<sup>1)</sup> Die Abhandlung von E. Grimsehl in dieser Zeitschr. XVI 334 war zur Zeit der Einsendung dieser Arbeit noch nicht erschienen. Dort findet sich auch der Litteraturnachweis, soweit er diese Zeitschrift betrifft. Übrigens weicht das von mir beschriebene Verfahren von allen jenen früheren grundsätzlich ab.

$$r_1^2 - r_2^2 = \sqrt{\frac{M}{H}} \left( \sqrt{\frac{2r_1}{\operatorname{tg} \alpha_1}} - \sqrt{\frac{2r_2}{\operatorname{tg} \alpha_2}} \right)$$

also

$$\frac{M}{H} = \frac{1}{2} \left( \frac{r_1^2 - r_2^2}{\sqrt{r_1 \operatorname{ctg} \alpha_1} - \sqrt{r_2 \operatorname{ctg} \alpha_2}} \right)^2 \dots \dots \dots 1a)$$

Dividiert man ferner die eine der beiden Gleichungen durch die andere, so fällt  $\frac{M}{H}$  heraus, und man erhält nach einigen leichten Umformungen:

$$\lambda = 2 \sqrt{\frac{r_2^3 \sqrt{r_1 \operatorname{ctg} \alpha_1} - r_1^2 \sqrt{r_2 \operatorname{ctg} \alpha_2}}{\sqrt{r_1 \operatorname{ctg} \alpha_1} - \sqrt{r_2 \operatorname{ctg} \alpha_2}}} \dots \dots \dots 1b)$$

Löst man in 1) die Klammer auf und vernachlässigt das letzte Glied, so erhält man

$$\frac{M}{H} = \frac{r^3 \operatorname{tg} \alpha}{2} \left( 1 - \frac{\lambda^2}{2r^2} \right) \dots \dots \dots 2)$$

Die Abweichung gegen Formel 1) ist kleiner als 1%, wenn  $\frac{\lambda^4}{16r^4} < 0,01$  ist, also  $r > 1,6 \lambda$ ; für 1‰ muß  $r > 2,8 \lambda$  sein.

Bei 2 Messungen kann man auch aus dieser Formel  $\frac{M}{H}$  und  $\lambda$  für sich berechnen. Man findet durch dasselbe Verfahren wie oben:

$$\frac{M}{H} = \frac{r_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot r_2 \operatorname{tg} \alpha_2}{2} \cdot \frac{r_1^2 - r_2^2}{r_2 \operatorname{tg} \alpha_2 - r_1 \operatorname{tg} \alpha_1} \dots \dots \dots 2a)$$

und

$$\lambda = \sqrt{2 \frac{r_1^3 \operatorname{tg} \alpha_1 - r_2^3 \operatorname{tg} \alpha_2}{r_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - r_2 \operatorname{tg} \alpha_2}} \dots \dots \dots 2b)$$

Bildet man drittens aus 1):

$$\frac{H}{M} = \frac{2}{r^3 \operatorname{tg} \alpha} \left( 1 - \frac{\lambda^2}{4r^2} \right)^{-2}$$

und entwickelt die Klammer in eine Reihe, so folgt

$$\frac{H}{M} = \frac{2}{r^3 \operatorname{tg} \alpha} \left( 1 + \frac{\lambda^2}{2r^2} + \dots \right) \dots \dots \dots 3)$$

Da das nächste Glied  $\frac{3}{16} \frac{\lambda^4}{r^4}$  heißt, so beträgt die Abweichung weniger als 1%, wenn  $r > 2,1 \lambda$ , und weniger als 1‰, wenn  $r > 3,7 \lambda$  ist.

Für 2 Messungen kann man aus 3) ein drittes Formelpaar ableiten, nämlich das allgemein bekannte

$$\frac{M}{H} = \frac{1}{2} \frac{r_1^5 \operatorname{tg} \alpha_1 - r_2^5 \operatorname{tg} \alpha_2}{r_1^2 - r_2^2} \dots \dots \dots 3a)$$

und

$$\lambda = r_1 r_2 \cdot \sqrt{2 \frac{r_2^3 \operatorname{tg} \alpha_2 - r_1^3 \operatorname{tg} \alpha_1}{r_1^5 \operatorname{tg} \alpha_1 - r_2^5 \operatorname{tg} \alpha_2}} \dots \dots \dots 3b)$$

Schließlich erhält man aus 2), wenn man noch das Glied  $\frac{\lambda^2}{2r^2}$  vernachlässigt,

$$\frac{M}{H} = \frac{r^3 \operatorname{tg} \alpha}{2} \dots \dots \dots 4)$$

Die Abweichung ist kleiner als 1%, wenn  $r > 7,1 \lambda$ , kleiner als 1‰, wenn  $r > 22,3 \lambda$  ist.

Für Schulversuche sind die drei Formelpaare 1a), 1b); 2a), 2b); 3a), 3b) nicht zu empfehlen, da die Beobachtungsfehler einen zu großen Einfluß auf das Resultat

haben. Aber auch die so häufig von den Lehrbüchern allein angeführte Formel 4) ist hier nicht recht am Platze, denn wenn man für eine Genauigkeit von 1%  $r > 7,1 \cdot \lambda$  nehmen muß, wird der Ablenkungswinkel so klein, daß die unvermeidlichen Beobachtungsfehler das Ergebnis unsicher machen. Unter allen Umständen ist es am besten Formel 1) zu benutzen, zumal dieselbe auch am einfachsten hergeleitet wird, und dann  $\lambda$  durch einen besonderen Versuch zu bestimmen. Will man dies vermeiden, so setzt man  $\lambda = l$ , zwar weniger gut, aber doch ist der Fehler immer noch geringer wie bei Formel 4), solange  $\lambda > 0,71 \cdot l$  ist. Denn es ist nach 2):

$$\frac{M}{H} = \frac{r^3 \operatorname{tg} \alpha}{2} \left( 1 - \frac{\lambda^2}{2r^2} \right),$$

nach 4):

$$\frac{M}{H} = \frac{r^3 \operatorname{tg} \alpha}{2}$$

und, wenn man  $\lambda = l$  setzt, nach 2):

$$\frac{M}{H} = \frac{r^3 \operatorname{tg} \alpha}{2} \left( 1 - \frac{l^2}{2r^2} \right).$$

Soll nun der erste Wert das arithmetische Mittel der beiden andern sein, so folgt  $\lambda = l \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,71 l$ . Die Berechnung, nach Formel 1) statt 2) durchgeführt, ist etwas umständlicher und würde das Resultat noch um eine Kleinigkeit vermindern. Bei den gewöhnlichen Magnetstäben ist aber  $\lambda$  stets erheblich größer als  $0,71 l$ .

Zur direkten Bestimmung der Lage der Magnetpole sind die Versuche von Coulomb (Ostwald, Klass. No. 13, S. 23 u. f.) für den Unterricht wenig geeignet, ich ziehe daher das folgende Verfahren vor. Man steckt ein kurzes Magnetstäbchen — ein Stück einer dickeren Stricknadel von etwa 1 cm Länge — durch einen flachen Kork und läßt es in senkrechter Stellung auf Wasser in einem weiten Glasgefäße schwimmen. Hält man nun einen Magneten horizontal in etwa 1 cm Entfernung darüber, so stellt sich das schwimmende Stäbchen vertikal unter einen Punkt des Magneten, der dem Ende ziemlich nahe steht. Man kann diesen Punkt genau festlegen, indem man nach einem hinter dem Gefäße aufgestellten Lote visiert. Vergrößert man die Entfernung des Magneten von dem schwimmenden Stäbchen, so weicht der Einstellungspunkt immer mehr von dem Ende zurück bis zu einer Grenzlage; dann nähert er sich wieder dem Ende und geht sogar darüber hinaus, denn die abstoßende Wirkung des anderen Poles wird jetzt immer größer. Jene Grenzlage des Einstellungspunktes kann man nun mit ausreichender Annäherung als den magnetischen Pol ansehen. Bei Stäben von 18—20 cm Länge wurde diese Grenze erreicht, wenn der Magnet sich 5—6 cm über dem schwimmenden Stäbchen befand. Die wirksamsten Teile des benachbarten Poles sind dann von dem Stäbchen annähernd gleich weit entfernt und der Einfluß des andern Poles ist noch sehr gering.

Um die Genauigkeit dieser Polbestimmung zu prüfen und außerdem die oben aufgestellten Formeln praktisch zu vergleichen, habe ich vor einigen Jahren eine Versuchsreihe mit allen Vorsichtsmaßregeln ausgeführt (natürlich nicht als Schulversuch). Es fand sich für einen Magnetstab von 1,6 cm Breite und 1,1 cm Dicke in den schon oben gebrauchten Bezeichnungen:  $l = 19,94$ ,  $\lambda = 16,54$  durch Schwimmversuch bestimmt,  $r_1 = 40$  cm,  $r_2 = 50$  cm,  $\alpha_1 = 15^\circ 0'$ ,  $\alpha_2 = 7^\circ 34'$ . Die Ergebnisse der Berechnung sind in den folgenden beiden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle 1.

	1	2	3	4	5	6
	$\lambda$ beobachtet	$\frac{M_1}{H}$	$\frac{M_2}{H}$	Differenz von 2 und 3 %	Abweich. v. Mittelwert 7856 für 2 %	für 3 %
Nach Formel 1	16,54	7857	7854,5	0,03	+ 0,01	- 0,02
- - 2	16,54	7841	7848	0,09	- 0,2	- 0,1
- - 3	16,54	7899	7872	0,4	+ 0,6	+ 0,2
- - 1	$l = 19,94$	7542	7655	1,5	- 4	- 2,6
- - 2	$l = 19,94$	7509	7642	1,8	- 4,4	- 2,7
- - 3	$l = 19,94$	7627	7685	0,7	- 2,9	- 2,2
- - 4	—	8574	8302	3,2	+ 9,1	+ 5,8

Tabelle 2.

	1	2	3
	$\lambda$ berechnet	$\frac{M}{H}$	Abweichung von 7856 %
Nach Formel 1a und 1b	16,61	7851	- 0,06
- - 2a - 2b	16,34	7859	+ 0,04
- - 3a - 3b	16,338	7859	+ 0,04

In der 4. Kolumne der ersten Tabelle ist die Differenz der beiden Werte in Prozenten ihres Durchschnitts angegeben, also  $\frac{200(M_1 - M_2)}{M_1 + M_2}$ , in der 5. und 6. die Abweichung der Einzelwerte von dem Mittelwert 7856 aus der ersten Zeile in Prozenten dieser Größe. Man ersieht insbesondere, daß die Übereinstimmung der beiden Werte bei Formel 1) die beste ist und daß die Abweichung bei 4) die auch bei Schulversuchen möglichst einzuhaltende Fehlergrenze übersteigt.

An dieser Stelle möchte ich eine Bemerkung über die Konstruktion der Bussole einschalten. Die Spitze der Nadel, auf der der Magnet ruht, wird sehr leicht beschädigt und dadurch die Beweglichkeit desselben beeinträchtigt. Ob dies der Fall ist, erkennt man leicht, wenn man den Magneten etwas aus der Ruhelage ablenkt und dann beobachtet, ob er genau zu dem früheren Punkte zurückkehrt. Ich habe mir die Bussole so eingerichtet, daß die Nadel leicht herausgenommen und nachgeschliffen werden kann; man braucht dazu nur wenige Minuten. Als Zeiger dient ein quer an dem Magneten befestigter Aluminiumdraht, dessen Enden über der Skala in vertikal stehende Schneiden zulaufen. Der Rand der Skala ist poliert und dünn lackiert, sodaß er spiegelt; man kann daher Parallaxenfehler bei der Ablesung leicht vermeiden. Der Teilkreis ist bei einem Durchmesser von 10 cm in halbe Grade geteilt, sodaß man  $\frac{1}{10}$  Grad mit einer Lupe noch bequem abschätzen kann.

Zur Bestimmung des Drehungsmomentes  $MH$  hat TÖPLER (*Wiedemanns Annalen* 21, S. 158) eine Gewichtswage konstruiert, die, wie es mir scheint, nicht die Beachtung gefunden hat, die sie gerade für Messungen im Unterricht auf dieser Stufe verdient. Ich habe mir danach eine Wage mit verschiebbarem Gewichte in einfacher Form, wie sie die Selbstanfertigung bedingt, gebaut. Wagebalken, Magnet und Drehachse bilden ein rechtwinkliges Achsenkreuz (Fig. 1). Der Balken ist an dem einen Ende auf einer kurzen Strecke möglichst genau in Millimeter geteilt, die von der Schneide der Drehachse ab zählen. Als Magnet dienen 4 Stricknadeln, die zu je zweien auf

jeder Seite der Schneide den Wagebalken durchsetzen. An der einen derselben ist am oberen Ende ein Fähnchen aus Holz angebracht, das sich verschieben und drehen läßt. Für die Anfertigung durch einen Mechaniker würde ich empfehlen, den Wagebalken aus Metall herzustellen und statt der 4 Magnete nur einen von hinreichender Dicke zu nehmen, der zur Aufnahme der Drehachse in der Mitte durchbohrt ist. Ferner könnte die Fahne durch Regulierschrauben an dem nicht geteilten Arme des Wagebalkens ersetzt werden, doch ist vielleicht die Verwendung der Fahne didaktisch vorteilhafter. Die Achsenlager sind ebengeschliffene Messingplättchen und das Gestell steht auf drei Fußschrauben.

Beim Versuch stellt man den Apparat auf eine horizontale Platte und reguliert die Fußschrauben so, daß die Achsenlager in einer horizontalen Ebene liegen, indem man über sie hinweg nach einem in gleicher Höhe liegenden Punkte visiert. Nun wird der Wagebalken mit dem Magneten so aufgesetzt, daß die Drehachse senkrecht zum magnetischen Meridian steht und der geteilte Arm nach Süden zeigt, wenn der Nordpol unten liegt — sonst umgekehrt. Das Fähnchen, das schon so verschoben ist, daß die Wage hinreichende Empfindlichkeit zeigt, wird nun so lange gedreht, bis

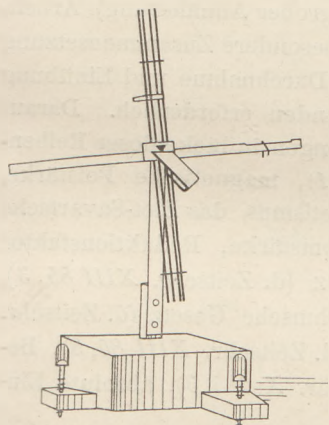


Fig. 1.

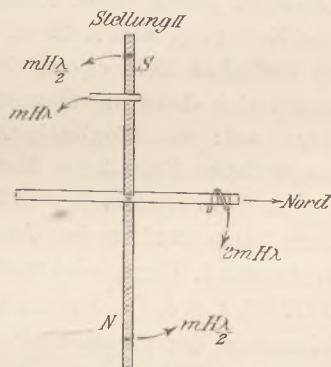
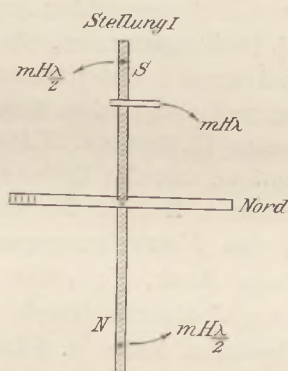


Fig. 2.

der Magnet vertikal steht (bezw. um diese Lage schwingt). Jetzt wird das Drehungsmoment des Magneten durch das der Schwerkraft auf die Fahne und etwa sonstige Ungleichheiten in der Massenverteilung aufgehoben (Fig. 2 Stellung I). Dann wird der Wagemagnet abgehoben und wieder so aufgesetzt, daß die Teilung nach Norden zeigt; jetzt wirken, wie Fig. 2 Stellung II zeigt, Magnet und Fahne in gleichem Sinne und ihr gemeinschaftliches Drehungsmoment ist  $2MH$  ( $m$  bedeutet die Polstärke). Um dieses wieder aufzuheben, setzt man ein Reiterchen von genau bestimmtem Gewichte auf den geteilten Wagearm und verschiebt ihn, bis der Magnet wieder vertikal steht. Das Gewicht des Reiterchens sei  $p$ , sein Abstand von der Drehschneide  $d$ , so ist (wenn  $g = 981$ )

$$2MH = pdg.$$

Man kann auch den Versuch so abändern, daß man statt des Wagebalkens die ganze Wage um  $180^\circ$  dreht, und erhält einen zweiten Wert für  $d$ ; das arithmetische Mittel von beiden wird dann ein genauerer Wert sein.

Für das Reiterchen wurde aus einem sorgfältig gewogenen und gemessenen längeren Aluminiumdraht ein  $0,05$  g entsprechendes Stück abgeschnitten. An der Biegung wurde es von der Seite her platt geschlagen, um bei der Wägung sicherer und bequemer ablesen zu können.

Es sind also mit dem Magneten der Wage drei Versuche zu machen, die nur wenig Zeit erfordern: 1. der Schwimmversuch für  $\lambda$ , 2. der Ablenkungsversuch für  $M/H$  und 3. der Wageversuch für  $MH$ . Sie ergeben schon bei mäßiger Sorgfalt von dem genauen Werte wenig abweichende Resultate. So erhielt ich bei dem letzten Versuche in der Klasse (28. Mai 1903):  $\lambda = 16$  cm,  $r = 30$  cm,  $\alpha = 23,38^\circ$ ,  $d = 7,32$  cm, woraus sich berechnet:  $M = 951$ ,  $H = 0,1887$ , während der genaue Wert für Landsberg, gefunden durch Interpolation zwischen denen für Stettin und Breslau, nach der Tabelle in d. Zeitschr. III 30 0,1883 für das Jahr 1903 beträgt.

Aus didaktischen Gründen ziehe ich vor,  $m\lambda$ , Polstärke mal reduzierte Länge, für  $M$  zu setzen. Im obigen Beispiele ist dann  $m = 59,44$ . —

Ich mache zum Schluß auf den Wunsch des Herausgebers noch einige Mitteilungen darüber, wie ich den Unterrichtsstoff in der O II des Gymnasiums behandle. Um das Verständnis für die magnetischen und elektrischen Maßgrößen vorzubereiten, beginne ich mit den hierzu nötigen Grundbegriffen und -lehren der Mechanik unter ausschließlicher Benutzung des absoluten Maßsystems. Der Lehrgang umfaßt: Weg, Zeit, Geschwindigkeit, Beharrungsgesetz, Beschleunigung, Fallgesetze, Masse, Kraft, Bestimmung der Erdbeschleunigung durch Fallversuch (in grober Annäherung), Arbeit, Leistung, geometrische Addition von Richtungsgrößen, insbesondere Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften, Hebel, Drehungsmoment. Zur Durchnahme und Einübung an einfachen Zahlenbeispielen sind etwa 8 Unterrichtsstunden erforderlich. Darauf bauen sich dann die magnetischen und elektrischen Messungen in lückenloser Reihenfolge auf: das Coulombsche Gesetz (d. Zeitschr. X 183, 1), magnetische Polstärke, magnetische Feldstärke, Horizontalintensität des Erdmagnetismus, das Biot-Savartsche Gesetz (d. Zeitschr. X 183, 2), absolute Einheit der Stromstärke, Reduktionsfaktor der Tangentenbussole, Ampère, das Verzweigungsgesetz (d. Zeitschr. XIII 85, 3), Widerstand, Ohm, elektromotorische Kraft, Volt, das Ohmsche Gesetz (d. Zeitschr. XIII 85, 1, 4, 5, 6), Stromarbeit, das Joulesche Gesetz (d. Zeitschr. XIII 85, 8), Bestimmung der Stromarbeit in absolutem Maße (d. Zeitschr. X 185, 3), absolute Einheiten für Widerstand und elektromotorische Kraft.

## Demonstration der Abhängigkeit oszillatorischer Kondensator- entladungen vom Widerstand.

Von

H. Schuh.

(Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität Marburg i. H.)

Die Entladung eines elektrischen Leiterkreises geschieht oszillatorisch, so lange  $W < 2\sqrt{L/C}$  ist, worin  $W$  den Widerstand,  $L$  die Selbstinduktion und  $C$  die Kapazität bedeutet. Wird  $W > 2\sqrt{L/C}$ , so haben wir es mit einem aperiodischen Verlaufe der Entladung zu tun. Die Schwingungsdauer ist bei kleinem Widerstande

$$\tau = \pi \sqrt{LC}.$$

Wächst der Widerstand und nähert sich demjenigen Werte, für welchen die Entladung aperiodisch wird, so muß an Stelle der obigen Formel für  $\tau$  die vollständigere gesetzt werden:

$$\tau = \frac{\pi \sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{W^2 C}{4L}}}.$$

Aus ihr ist ersichtlich, daß bei wachsendem Widerstande die Schwingungsdauer größer und im aperiodischen Grenzfall unendlich groß wird.

Dieser theoretischen Erkenntnis eines kontinuierlichen Überganges fehlte bisher die experimentelle Bestätigung. Auf Anregung des Herrn Professor Dr. Richarz begann ich im Oktober 1902 die experimentelle Prüfung. Übrigens hatten schon Richarz u. Ziegler<sup>1)</sup> Erscheinungen beobachtet, die nach ihrer Vermutung durch die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von dem Widerstande zu erklären waren (a. a. O. S. 472). Leider verloren meine Resultate ihre wissenschaftliche Neuheit durch Veröffentlichung einer erschöpfenden Arbeit von Hj. Tallqvist<sup>2)</sup>, deren Endresultat lautet, „daß Theorie und Experiment in Bezug auf die Übergangsgrenze zwischen oszillatorischer und aperiodischer Entladung gut mit einander übereinstimmen.“ Im folgenden mögen jedoch einige meiner experimentellen Erfahrungen mitgeteilt werden, zumal der von mir betretene Weg ein anderer als der von Tallqvist gewählte war und hauptsächlich den Vorzug besserer Demonstrationsfähigkeit jenem gegenüber besitzt.

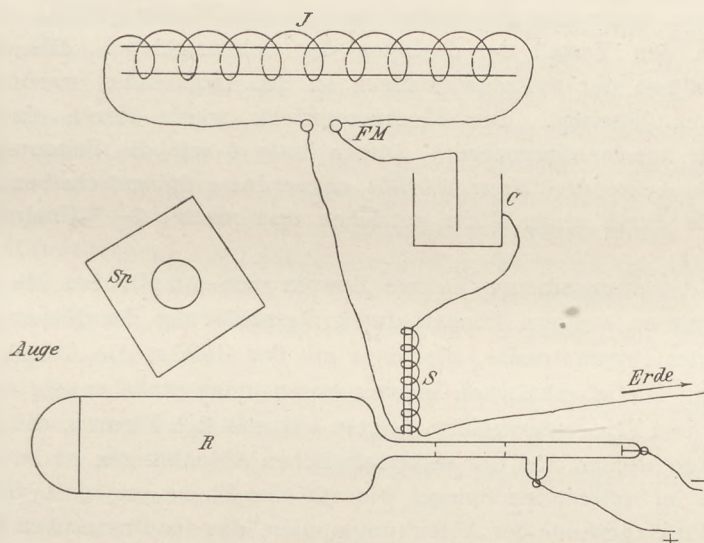


Fig. 1.

Die benutzte Versuchsanordnung war die zur „Demonstration der oszillatorischen Entladungen mittels der Braunschen Röhre“ von Richarz u. W. Ziegler ausgebildete mit Änderungen, die sich aus dem Folgenden ergeben.

Das Induktorium mit einer maximalen Funkenlänge von 35 cm wurde mit 14 Volt Primärspannung getrieben, bei welcher Spannung die Schlagweite zwischen den unbelasteten Polen 15 cm betrug. Ferner wurden benutzt 1 Leydener Flasche von 5 Mikrofarad, 1 Ablenkungsspule mit 3600 Windungen (bei 0,25 mm Drahtdicke) oder 2 Ablenkungsspulen mit je 2400 Windungen. Die Spulen waren alle mit Eisenkernen von sehr feinem, weichem Eisendraht versehen. Eine Funkenstrecke  $FM$  von  $2\frac{1}{2}$  cm Länge wurde an die Enden der Sekundärspule geschaltet. Als Nebenschluß zur Funkenstrecke wurden die Kapazität  $C$  und die Ablenkungsspule  $S$  hintereinander geschaltet (siehe Fig. 1). Die Spannung wurde nicht so hoch getrieben, daß die

<sup>1)</sup> F. Richarz u. W. Ziegler: „Analyse oszillierender Flaschenentladungen vermittels der Braunschen Röhre“. Ann. der Physik IV. Folge Bd. 1, 1900.

<sup>2)</sup> Ann. der Physik IV. Folge Bd. 9, S. 1083 (Dezember 1902).

Funkenstrecke durchbrochen wurde; diese hatte also nur den Zweck, bei allzu hoher Spannung des Sekundärstromes gewissermaßen als Sicherheitsventil zu dienen und so ein Durchschlagen der Ablenkungsspulen zu verhindern. Die Braunsche Röhre hatte eine Länge von 85 cm und in ihrem breiten Teile eine Breite von 13 cm. Sie war von Müller-Uri in Braunschweig nach Angabe von Prof. Richarz mit 2 Glasdiaphragmen konstruiert, durch deren letztes die Kathodenstrahlen vermittlels eines Richtmagneten geführt wurden. Durch diese Konstruktion wurde die Bestrahlung des Fluoreszenzschirmes mit sekundären Kathodenstrahlen von den Röhrenwänden her fast völlig vermieden. Zum Erregen der Röhren benutzten wir eine durch einen Motor getriebene 20plattige Töplermaschine. Um einen möglichst kontinuierlichen Kathodenstrahl zu erhalten, schaltete Herr Take bei früheren Versuchen mit der Braunschen Röhre im hiesigen Institut zwischen den positiven Pol der Maschine und die Anode der Röhren eine feuchte Schnur. Ohne diese erwies sich der Kathodenstrahl als intermittierend, eine Erscheinung, die noch weiter verfolgt werden soll. Um ein Trocknen der Schnur zu verhindern und so die Röhre jederzeit gebrauchsfertig zu haben, kann man die Schnur in eine mit Wasser gefüllte Glasröhre legen, die außerdem den Vorteil der Isolation der Schnur bietet. Die außerordentlich störenden Einflüsse der Spitzenwirkungen an den Drahtenden wurden durch Klebwachskügelchen beseitigt. Der Fluoreszenzfleck wurde durch einen rotierenden Spiegelapparat auseinandergesogen. Dieser hatte 4 wie die Seitenwände eines um seine vertikale Achse drehbaren Würfels angeordnete Spiegelscheiben. Der Spiegelapparat wurde durch einen Motor getrieben und machte 2—7 Umdrehungen in der Sekunde.

Diese Versuchsanordnung lieferte Kurven von Amplituden bis zu 20 cm, die wir beliebig hätten steigern können durch Vergrößerung der Kapazität und durch Verstärkung des Primärstromes, allerdings mit der Gefahr, die Ablenkungsspulen zu durchschlagen. Die so erhaltenen Kurven waren indes zunächst sehr unrein und verworren. Auf dem Fluoreszenzschirm zeigten sich nämlich Figuren, die als Resultanten der elektromagnetischen und der elektrostatischen Ablenkungen zu betrachten sind<sup>3)</sup>, sie erschienen im rotierenden Spiegel wie auf eine Ebene projizierte Schraubenlinien. Erst als das Wicklungsende der Ablenkungsspulen, das der Braunschen Röhre zunächst lag, zur Erde abgeleitet und so dort das Potential Null hergestellt wurde, verschwand die elektrostatische Wirkung und auf dem Fluoreszenzschirm der Röhre zeigte sich bei direkter Betrachtung ein gerader fluoreszierender Streifen mit heller sichtbaren Umkehrpunkten. Im rotierenden Spiegel erhielten wir nunmehr reine, scharf abgegrenzte gedämpfte Sinusschwingungen mit 10—12 Hin- und Hergängen für je eine Schließung und Unterbrechung des Primärstromes.

Es möge an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei meiner Anordnung, bei welcher die Sekundärspule mit in den Entladungskreis eingeschaltet war, jeder Induktionsschlag nur je eine oszillatorische Entladung geben konnte, während bei der Schaltungsweise von Richarz und Ziegler auch mehrfach wiederholte Partialentladungen auftraten (a. a. O. S. 470).

Bei meiner eben beschriebenen Versuchsanordnung liefert jeder Öffnungs- und jeder Schließungsschlag des Induktoriums je eine einmalige Ladung der Leydener Flasche, welcher dann die oszillatorische Entladung folgt. Dem allmählichen Ansteigen

<sup>3)</sup> Vergl. H. Th. Simon und M. Reich, Physikalische Zeitschrift 2. Jahrgang No. 19, S. 284 und No. 29, S. 433.



des Primärstromes entspricht ein schwacher sekundärer Schlag, dem plötzlichen Abfall des Primärstromes ein starker sekundärer. Diese Unterschiede in der Stärke, sowie die entgegengesetzte Richtung der Anfangsamplituden von Öffnungs- und Schließungsschlag erkennt man leicht im rotierenden Spiegel. Wenn die Unterbrechungsdauer des primären Stromes kürzer ist als die Gesamtabklindungsdauer der oszillatorischen Entladung beim Öffnungsschlag, dann kann die Kurve für den Schließungsschlag in die Kurve für den vorhergegangenen Öffnungsschlag hineinrücken. Die Superposition beider ergibt eine Kurve, die in den ersten Hin- und Hergängen regelmäßig gedämpft verläuft, dann eine plötzliche Vergrößerung nach einer Seite, die der Anfangsamplitude entgegengesetzt gerichtet ist, erfährt und nun regelmäßig gedämpft erlischt.

Wenn alles Nebenlicht genügend abgeblendet wird, eignet sich diese Versuchsanordnung wegen der großen Amplituden der Oszillationen sehr gut zur Vorführung; die Erscheinung ist in dieser Anordnung schon mehrfach einem Auditorium von über 100 Zuhörern demonstriert worden.

Die so erhaltenen Kurven eigneten sich indes weder zu direkten Messungen noch zu photographischen Aufnahmen, da die Erscheinung für je einen Induktionsschlag zu flüchtig war. So ergab sich denn die Aufgabe, dauerndere Figuren zu erzeugen oder vielmehr die aufeinander folgenden Figuren sich sämtlich decken zu lassen, sodaß sie einen kontinuierlichen Eindruck hervorriefen. Dies mußte erreicht werden, wenn die Zahl der Unterbrechungen des primären Stromes gleich der vierfachen Umdrehungszahl des rotierenden Spiegelsystems gemacht wurde. Denn dann setzte bei jeder Unterbrechung die Ladung, Entladung und damit die Ablenkung der Kathodenstrahlen immer bei derselben Stellung der Spiegelscheiben ein, sodaß dann die 4 entstehenden Figuren der 4 Spiegelscheiben sich deckten und dem Auge wie eine konstante Figur erschienen.

Dies suchte ich zuerst durch Regulierung der Umdrehungsgeschwindigkeit des mittelst eines Elektromotors getriebenen rotierenden Spiegels zu erreichen. Trotzdem ich aber an Stelle des Neef'schen Hammers einen regelmäßiger funktionierenden Quecksilberunterbrecher verwandte, führte dieser Versuch nicht völlig zu dem gewünschten Resultate. Deshalb wurden die Unterbrechungen des Primärstromes durch vollständig gleichmäßige Unterbrechungen am rotierenden Spiegel in dasselbe Tempo mit dessen Rotation gebracht.

Zu diesem Zwecke wurden die unregelmäßigen Unterbrechungen am Neef'schen Hammer durch vollständig gleichmäßige am rotierenden Spiegel ersetzt. Dies geschah durch folgende vom Mechaniker des physikalischen Institutes Herrn Böhler angefertigte Vorrichtung. Eine Hartgummiplatte

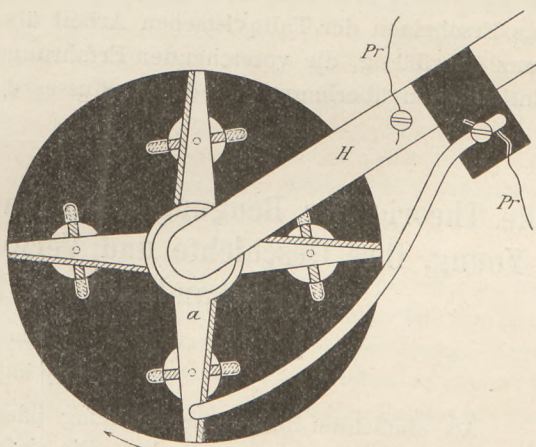


Fig. 2.

(alle Hartgummitteile sind in Figur 2 schwarz) von 12 cm Durchmesser wurde an 4 symmetrisch liegenden Stellen durchbohrt. Auf dieser Platte wurden vier gleiche Messingkontaktstücke (*a* in Figur 2) angebracht, deren jedes für sich beweglich

war. Wegen der großen Wärme des Öffnungsfunkens waren denselben Platinstreifen aufgelötet (in der Fig. 2 schraffiert); an diesen Kontaktstücken waren Schraubenspindeln angelötet, die durch die Durchbohrungen der Hartgummiplatte führten und an der Unterseite der Hartgummiplatte durch eine Flügelschraubenmutter angeklemt wurden, eine Einrichtung, die erlaubte, die Kontaktstücke genau symmetrisch auf der Platte zu justieren. Die Platte selbst wurde auf der Achse des rotierenden Spiegels befestigt und diese Achse außerdem mit der einen Zuleitung  $Pr$  des Primärstromes des Induktoriums verbunden. Auf den Halter  $H$  des rotierenden Spiegels war eine rechteckige Hartgummiplatte aufgeschraubt und auf diese eine Messingfeder, die auf den Kontaktstücken der auf der Achse des Spiegels befestigten Hartgummischeibe schleifte. Um längeren oder kürzeren Stromschluß und damit größere oder kleinere Amplituden zu erreichen, konnte man die Feder auf dem breiteren zentralen oder schmäleren peripheren Teile der Kontaktstücke schleifen lassen. Die Feder selbst war mit dem anderen Pole des Primärstromes  $Pr$  verbunden. Bei dieser Versuchsanordnung ergaben sich im rotierenden Spiegel vollständig übereinandergelagerte konstante Figuren, an denen sich die Einwirkung des Widerstandes sehr schön demonstrieren ließ.

Zuerst wurde ein Graphitwiderstand verwendet, der jedoch langsame Steigerung des Widerstandes nicht ermöglichte. Später wurde in den Schließungskreis des Sekundärstromes ein elektrolytischer Widerstand von folgender Form eingeschaltet: Eine  $\frac{1}{2}$  cm weite und  $1\frac{1}{2}$  m lange Glasröhre war mit einer 0,5 % Kupfervitriollösung gefüllt. Von der einen Seite tauchte eine Metallspitze in dieselbe ein, von der anderen ein  $1\frac{1}{2}$  m langer Metalldraht, der beliebig aus- und eingezogen werden konnte und so den Widerstand beliebig veränderte. Durch Vergrößerung des Widerstandes nahm allmählich die Anzahl der Kurvenbögen ab, bis die Kurve die horizontale, zeitangegebende Abszissenachse nur einmal durchsetzte und dann sich von der anderen Seite her asymptotisch derselben anschmiegte. Diese Figur im rotierenden Spiegel entsprach einem aperiodischen Verlaufe der Entladung<sup>4</sup>).

In dieser Weise hatte ich qualitativ bereits die Vergrößerung der Oszillationsdauer bis zum Unendlichwerden, bewirkt durch Vergrößerung des Widerstandes, nachgewiesen und war im Begriff, messende Versuche vorzubereiten, als diese durch das Erscheinen der Tallqvistschen Arbeit überflüssig wurden. Doch schien es nicht ganz überflüssig, die vorstehenden Erfahrungen für die Demonstration oszillatorischer Entladungen überhaupt und des Einflusses des Widerstandes auf sie mitzuteilen.

## Die Theorie der Beugungserscheinungen des Lichtes nach Thomas Young, ihre Geschichte und Verwertung zu einer schulgemäßen Behandlung der Lichtbeugung.

Von

Dr. E. Maey in Remscheid.

Als einfachste Beugungserscheinung pflegt in allen Lehrbüchern die hinter einem schmalen Spalte angeführt zu werden. Die einfachste ist sie aber nur in Bezug auf die meist für sie gegebene Erklärung. Denn der an sich einfachste Fall der Beugung ist offenbar der an einem einzigen Schirmrande, nicht an zweien. Daß dieser in der Schule nicht be-

<sup>4</sup>) Vergl. H. v. Helmholtz: Vorlesungen, Bd. I 2 Dynamik, herausgegeben von Otto Krigarmenzel, S. 100, Fig. 5b.

handelt wird, hat allein den Grund, daß seine Erklärung größere Schwierigkeit zu machen scheint. Aber schon Thomas Young<sup>1)</sup> (1804) hat für diese wie auch für alle anderen Beugungserscheinungen eine einheitliche Erklärung gefunden durch seine Theorie von dem leuchtenden Schirmrande. Wenn diese seine Erklärung heute fast in Vergessenheit geraten ist, so liegt das an einigen Schwächen derselben. Diese gaben Fresnel die Veranlassung zu seiner neuen Theorie der Diffraktion. Da die genauesten Messungen der Lage der Intensitätsminima seine Theorie besser bestätigten, so war die Youngsche Theorie bald als überwunden vergessen. Zwar zeigt eine genauere Prüfung der Fresnelschen Theorie auch ihre Schwächen. Sie gibt die Intensitätsverhältnisse nicht richtig und in Bezug auf die Phase führt sie sogar zu inneren Widersprüchen, je nach ihrer Anwendung; da sie sich aber als verbesserungsfähig erwiesen hat, ist sie immer noch zu einer möglichst elementaren Erklärung der Beugungserscheinungen verwendet worden. Jedoch auch die Youngsche Theorie ist verbesserungsfähig und ihr Vorzug vor der Fresnelschen für die Schule besteht sicher darin, daß sie noch einfacher alle Beugungserscheinungen einheitlich erklären kann. Dies soll im folgenden auseinandergesetzt werden.

### § 1. Die einfachste Beugungserscheinung und die Geschichte ihrer Kenntnis.

Die Youngsche Erklärung der Beugungserscheinungen beruht auf der Voraussetzung, daß von dem Rande des beugenden Schirmes Lichtwellen ausgehen. Diese Voraussetzung ist keine Hypothese, sondern stützt sich auf die Beobachtung einer Erscheinung, die schon Grimaldi<sup>1)</sup> bekannt war. Dieser kannte nicht nur die dunklen Linien, welche die Schattengrenze umsäumen, was auch in den meisten Lehrbüchern erwähnt wird, sondern auch die im folgenden zu besprechende Beobachtung. Eine eingehendere Beschreibung hat Newton<sup>2)</sup> von ihr gegeben. Sie will ich hier zur Einführung gekürzt wiedergeben. Newton ließ Sonnenlicht durch ein  $\frac{1}{4}$  Zoll breites Loch in das verdunkelte Zimmer senkrecht auf die Klinge eines scharfen Messers, das 2—3 Fuß vom Loche entfernt war, so fallen, daß ein Teil vom Messer aufgefangen wurde und der andere Teil vor der Schneide vorbeiging. Ein 2 bis 3 Fuß hinter dem Messer befindliches weißes Papier fing den Teil des Lichtes auf, der gebeugt wurde, indes das gerade fortgehende Licht durch ein Loch hinter das Papier auf schwarzes Tuch fiel, um so wenig wie möglich zu blenden. Auf dem Papierschirm zeigten sich zwei schwache Strahlungen, die zu beiden Seiten der gerade einfallenden Lichtstrahlen senkrecht zu der Schneide des Messers sich in den Schatten hinein erstreckten, gleichsam wie zwei Kometenschweife. Beide waren einander ähnlich, ziemlich von gleicher Breite, Länge und Lichtstärke. Wo sie an das direkte Licht grenzten und noch bis  $\frac{1}{2}$  Zoll weiter, waren sie ziemlich hell, weiterhin aber wurden sie immer schwächer und endlich ganz unmerklich. Als Newton sein Auge in diese Strahlungen brachte, und selbst noch etwas über sie hinaus nach der Spitze oder dem Griffe des Messers zu, und nach dem Messer sah, zeigte sich auf der Schneide eine Lichtlinie. Diese schien unmittelbar an der Schneide zu liegen. Die Beobachtung hielt Newton für besonders wichtig zur Erforschung der Lichtbeugung und in seiner „observatio VI“ verfolgt er sie weiter, indem er zwei scharfe Schneiden einander gegenüber stellt. Dies gilt auch von späteren Forschern wie z. B. Gibbs Walker Jordan, der seine Abhandlung<sup>3)</sup> anonym drucken ließ, da er in seinen Ausführungen der Autorität Newtons entgegen trat, und Thomas Young. Dieser baute auf ihr seine Theorie aller übrigen Beugungserscheinungen auf, indem er alle bei der Beugung auftretenden dunklen Streifen als Interferenzen des ungebogenen Lichtes mit jenen

<sup>1)</sup> Vgl. Grimaldi: Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride. Bonon. 1665, prop. I, Schluß.

<sup>2)</sup> Newton: Optice, lib. III, observ. V.

<sup>3)</sup> G. W. Jordan: The observations of Newton concerning the inflections of light; accompanied with other observations differing from his, and appearing to lead to a change of his theorie of light and colours. (London 1799 und 1800.) Deutsch in Gilb. Ann. 18 (1804).

<sup>4)</sup> „Dr. Youngs lectures“ ed. by Prof. Kelland.

Strahlungen vom Rande des Beugungsschirmes oder mehrerer solcher von verschiedenen Rändern miteinander erklärte<sup>4) 8)</sup>. Diese Theorie zeigte allerdings folgende Mängel:

1. Für die vom Schirmrande ausgehenden Lichtwellen mußte Young die künstliche Annahme machen, daß sie bei gleicher Weglänge außerhalb des geometrischen Schattens die entgegengesetzte Phase haben wie im Schatten.

2. Auch dann gab die Theorie die Lage der dunklen Linien an der Schattengrenze nicht genau wieder.

3. Seine Theorie gab nichts über die Intensität des gebeugten Lichtes.

Noch in einer zweiten Richtung behandelte er jene Erscheinung. Er suchte sie selbst theoretisch zu erklären. Hierin ist er nicht so glücklich gewesen, wie in ihrer Verwertung zur Erklärung der anderen Beugungserscheinungen. Er hat dafür keine einheitliche Erklärung gefunden und daher auch in seinen Ansichten geschwankt. Das Licht, welches von

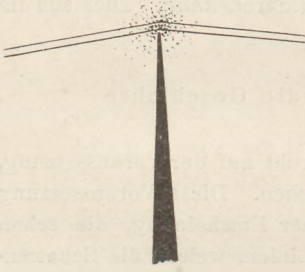


Fig. 1.

der Schneide außerhalb des geometrischen Schattens gebeugt wird, nennt er von der Schneide reflektiertes Licht, eine Bezeichnung, die, wenn nicht falsch, so doch sicher irreführend ist, indem diese Zurückwerfung von anderer Art ist als die gewöhnliche Reflexion. Wir wollen sie fortan äußere Beugung nennen im Gegensatz zu der inneren Beugung innerhalb des geometrischen Schattens. Diese letztere stellte sich Young als eine Art atmosphärischer Strahlenbrechung in dem bei der Materie des Schirmrandes verdichteten Lichtäther vor, wie dies die von ihm beigelegte<sup>6)</sup> und hier wiedergegebene Figur erläutert (Fig. 1). Das Leuchten nach allen Richtungen soll dabei durch wiederholte Reflexionen innerhalb

der verdichteten Äthersphäre zustande kommen<sup>6)</sup>.

In einer späteren Arbeit<sup>7)</sup> gibt er für die innere Beugung die richtige Erklärung durch die Huygensschen Elementarwellen. Daneben aber hält er an der Existenz der zuvor erklärten Art von Beugung fest und gibt an späterer Stelle<sup>7)</sup> dieser Meinung wieder den Vorzug. Dieser unbefriedigende Stand der Theorie der Lichtbeugung gab Fresnel Veranlassung zu seinen Untersuchungen, die noch besonders durch Stellung einer darauf bezüglichen Preisaufgabe seitens der Pariser Akademie gefördert wurden. In seiner preisgekrönten Arbeit<sup>10)</sup> beschränkt Fresnel sich nicht darauf zu zeigen, daß seine neue Theorie die Lage der dunklen Fransen im Gegensatze zu der Youngschen Theorie genau wiederzugeben imstande sei, sondern er wies auch durch die Unveränderlichkeit der beobachteten Fransen die Unhaltbarkeit der Youngschen Theorie über das Leuchten des Schirmrandes nach, welche eine Abhängigkeit der Erscheinung von der Gestalt und dem Material des Schirmes erforderte.

Young machte keinen Versuch seine Theorie zu halten, wie wir es im folgenden durchführen wollen, da zwischen beiden in ihrer jetzigen Form gar kein Widerspruch besteht und ihre Verschiedenheit eine rein formale ist. Fresnel hatte neben seiner rein sachlichen Kritik der Youngschen Beugungstheorie diesen als Begründer des Prinzips der Interferenz anerkannt, das er selbst dann mit Erfolg verwertete. Young nahm nach Empfang der Mémoire sur la diffraction in einem Briefe<sup>9)</sup> vom 16. 8. 1819 an Fresnel keinen Anstand, dessen Beugungstheorie anzuerkennen und die seinige zurückzuziehen. Damit war die wissenschaftliche Bedeutung der Youngschen Beugungstheorie erledigt und diese fand nur

<sup>5)</sup> Miscellaneous works of the late Thomas Young, ed. by Georg Peacock, London 1855.

Diese enthalten auch die folgenden Arbeiten (6—8):

<sup>6)</sup> Philos. Transact. 1800, p. 126. Deutsch in Gilb. Ann. 22, 346 (1806). (M. W. I, p. 80—82).

<sup>7)</sup> Philos. Transact. 1802, p. 173. Deutsch in Gilb. Ann. 39 (1811). (M. W. I, 151, 165).

<sup>8)</sup> Philos. Transact. 1804. (M. W. I, p. 179.)

<sup>9)</sup> M. W. I, p. 393.

<sup>10)</sup> Fresnel: Mémoire sur la diffraction de la lumière (1818). Oeuvres complètes, tome I.

noch als historische Merkwürdigkeit Erwähnung<sup>13)</sup>. Die Erscheinung aber, welche Young zu seiner Theorie den Anlaß gegeben hatte, blieb fast vergessen. Denn die vom Schirmrande ausgehenden Strahlen, welche die Fransen durch Interferenz erzeugen sollten, wurden nach Fresnel zu einer verfehlten „Hypothese“. Wir aber dürfen demgegenüber nicht vergessen, daß das Leuchten des Schirmrandes keine Hypothese, sondern eine beobachtete Tatsache, die freilich Fresnel nirgends erwähnt, und die sich aus seiner Behandlung der Beugungserscheinungen auch nicht ableiten läßt. Daß er diese Erscheinung nicht gekannt habe, ist kaum anzunehmen, da er die Newtonsche Beobachtung der Beugung hinter zwei scharfen Messerschneiden erwähnt<sup>11)</sup>. Es ist daher wahrscheinlich, daß Fresnel für jene Erscheinung vielleicht eine ähnliche Erklärung, wie sie Young zu geben versuchte, hat gelten lassen. Seine Widerlegungen gelten nur der Theorie, daß die Fransen durch sie mit erzeugt sein könnten. Bei dieser Auffassung aber galt das Leuchten des Schirmrandes nicht als eigentliche Diffraktionserscheinung und gehörte daher auch nicht in seine *Mémoire sur la diffraction* hinein. Diese Meinung scheint seitdem Geltung behalten zu haben. Wir finden die Erscheinung des leuchtenden Schirmrandes in keinem Lehrbuche der Physik mit Ausnahme des Handbuches von Winkelmann<sup>14)</sup> unter den Beugungserscheinungen erwähnt. Auch neuere Arbeiten<sup>15)</sup>, die sich mit ihr beschäftigen, behandeln vorwiegend den Einfluß der Gestalt und des Materials des Schirmes auf die Erscheinung. Der Nachweis, daß sie dennoch im wesentlichen eine Diffraktionserscheinung ist, ist erst vom Verfasser dieser Arbeit erbracht<sup>16)</sup>.

## § 2. Die Beugung des Lichtes an einem geraden scharfen Schirmrande.

Wenn wir nach dem Vorgange von Young alle Beugungserscheinungen aus der des leuchtenden Schirmrandes ableiten wollen, so müssen wir fürs erste diese einfachste Erscheinung in allen wesentlichen Zügen genauer kennen lernen und ihre theoretische Erklärung vorausschicken.

Zu einer ausführlichen Beschreibung gehört die Beantwortung folgender drei Fragen:

1. Welches ist die Richtung der gebeugten Strahlen bei gegebener Einfallrichtung?
2. Wie hängt die Phase der Lichtschwingungen von der Weglänge ab?
3. Wie nimmt die Intensität des gebeugten Lichtes mit zunehmendem Beugungswinkel ab?

Alle drei Fragen haben ihre theoretische und experimentelle Beantwortung in der genannten Arbeit<sup>16)</sup> gefunden, die zweite und dritte aber sind für den besonderen Fall des senkrecht auffallenden Lichtes von A. Sommerfeld<sup>17)</sup> in mathematisch exakterer Form behandelt worden.

Bei der Reflexion und Brechung des Lichtes findet in der Schule nur die erste Frage ihre experimentelle Prüfung und theoretische Begründung durch das Huygenssche Prinzip. Auch bei der Beugung ist ein Gleiches erwünscht und auch möglich.

Denken wir uns auf einen ebenen schwarzen Schirm  $SR$  (Fig. 2) mit geradliniger Begrenzung in  $R$  eine ebene Lichtwelle senkrecht auffallen. Die Fortsetzung der Ebene des Schirmes ( $RO$ ) ist die Beugungsöffnung, und von ihr aus denken wir uns die Huygensschen Elementarkugelwellen fortgepflanzt.  $RE$  ist die sogenannte geometrische Schattengrenze, und die ebene Tangentialfläche  $EL$  stellt die an dem Schirm vorbeigegangene ebene Lichtwelle dar, zu der sich die Huygensschen Elementarwellen zusammensetzen.

<sup>11)</sup> Pogg. Ann. 30, 132.

<sup>12)</sup> W. Voigt: Wied. Ann. 3, 532 (1878) und Crelles Journ. 89, 322 (1880) und F. Neumann: Vorlesungen über theor. Optik. Leipzig 1885, 2. Nachtrag, p. 268.

<sup>13)</sup> F. Neumann: Vorl. ü. th. Opt., p. 46. P. Volkmann: Theorie des Lichtes, Leipzig 1891, p. 196.

<sup>14)</sup> Winkelmann: II, 1, p. 618 (1894).

<sup>15)</sup> W. Wien: Wied. Ann. 28, 117 (1886). Gouy: Ann. de chim. et de phys. VI, sér. 8, 145 (1886).

<sup>16)</sup> E. Maey: Wied. Ann. 49, 69 (1893).

<sup>17)</sup> A. Sommerfeld: Math. Ann. 47, 317 (1895).

Außer dieser aber tritt noch eine zweite ( $EJ$ ) auf. Diese hat die Gestalt des Zylinders, der alle Kugeln mit dem Radius  $RE$ , deren Mittelpunkte im Rande liegen, umhüllt; seine Achse ist also der Schirmwand. Diese setzt sich allerdings zusammen mit anderen Zylinderwellen, deren Achsen zwischen  $R$  und  $O$  liegen und die infolge ihres weiteren Weges früher von dort ausgegangen sein müssen. Wie die genauere Theorie aber und auch der Erfolg zeigen, wird ihre Gestalt dadurch nur wenig abgeändert: das Resultat ist nämlich (Fig. 3) eine Zylinderwelle, die gegen die oben erwähnte fast in ihrer ganzen Ausdehnung nur eine Gangverzögerung von  $\lambda/8$  erfahren hat; in der nächsten Nähe der Schattengrenze wird die Gangverzögerung immer kleiner und geht endlich in  $O$  über, sodaß die Zylinderwelle stetig in die Welle  $EL$  übergeht. Wir nennen diese Lichtwelle die nach innen gebeugte. Es ist begreiflich, daß wenn eine solche in unser auf den Schirmrand angepaßtes Auge fällt, dieser zu leuchten scheint, als ob alles wahrgenommene Licht nur vom Schirmrande herkäme. Betrachten wir die Elementarwellen außerhalb des geometrischen Schattens, so entdecken wir auch dort eine Störung der Lichtbewegung. Sollte diese dort nicht gestört sein, so dürften die in Fig. 2 punktierten Elementarwellen, deren Mittelpunkt im Schirme liegt, nicht fehlen.

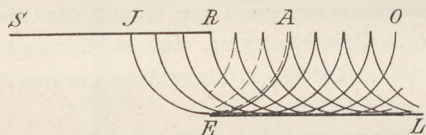


Fig. 2.

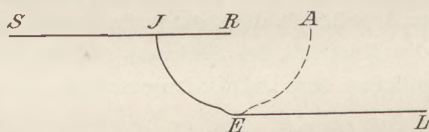


Fig. 3.

Denken wir uns diese wie in einem algebraischen Ausdrucke als Glied willkürlich hinzugefügt, dann erhalten wir erstens die ungestörte Lichtwelle, wir müssen dann aber dasselbe Glied mit umgekehrtem Vorzeichen hinzufügen, um keinen Fehler zu machen. Der algebraische Ausdruck für eine Schwingung mit umgekehrtem Vorzeichen ist aber ein solcher für eine Schwingung in entgegengesetzter Phase. Es besteht also neben der ebenen Lichtwelle eine dritte, die zu der zweiten nach innen gebeugten symmetrisch liegt, wobei die geometrische Schattengrenze Symmetrieebene ist, und die gerade die entgegengesetzte Phase hat, wie die nach innen gebeugte; wir nennen sie die nach außen gebeugte Lichtwelle. Auch sie läßt den Schirmwand leuchtend erscheinen. Weder die entgegengesetzte Phase noch die oben angegebene Gangverzögerung ist bei der Betrachtung jeder Welle für sich allein festzustellen, sondern erst bei der Beobachtung von Interferenzen z. B. mit der un-

gebogenen Welle. Mit diesen Feststellungen über die Phase des nach innen und außen gebeugten Lichtes sind die auf Seite 12 erwähnten Einwände 1. und 2. gegen die Youngsche Theorie erledigt.

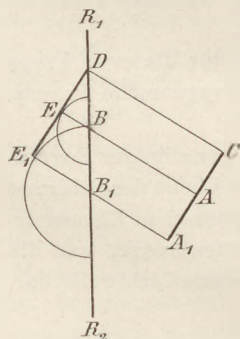


Fig. 4.

Bei senkrecht einfallendem Strahl verteilt sich also das gebeugte Licht nach allen auf dem Schirmrande senkrechten Richtungen hinter dem Schirm, also in einer Ebene, der Beugungsebene. Welches ist nun die Beugungsfläche bei schiefem Einfall? In Figur 4 bedeute  $R_1, R_2$  den Schirmrand und  $AB$  einen einfallenden Strahl. Wenn der benachbarte parallele Strahl  $CD$  den Schirmrand erreicht, hat sich das Licht des Strahles  $AB$  schon auf einer Elementarwelle ausgebreitet. Die von  $D$  aus an alle gleichphasigen Elementarwellen gelegte Tangentialfläche ist ein Kegelmantel mit der Erzeugenden  $DE$ ; dies ist die Wellenfläche des gebeugten

Lichtes.  $BE$  dagegen ist die Erzeugende des Kegelmantels, welcher alle Strahlenrichtungen enthält, und dieser ist die Beugungsfläche für schiefen Einfall.

Auch in diesem Falle hat die Wellenfläche fast auf ihrer ganzen Ausdehnung mit Ausnahme der nächsten Nähe der Schattengrenze  $\lambda/8$  Gangverzögerung.

Es bleiben nun noch die Intensitätsverhältnisse zu betrachten. Im Unterricht muß dies allerdings ebenso wie bei der Reflexion und Brechung unterbleiben. Auch hier muß

auf ihre theoretische Ableitung verzichtet werden und es kann nur über die Resultate der erwähnten Arbeiten berichtet werden. Wenn die Intensität des senkrecht einfallenden Lichtes mit der Wellenlänge  $\lambda$  1 ist, ist die des um  $\delta^\circ$  gebeugten Lichtes in der Entfernung  $r$  vom Schirmrande nach Sommerfeld

$$\frac{\lambda}{r} \left( \frac{1}{4 \pi \sin \frac{\delta}{2}} \right)^2.$$

Aus dem Kirchhoffschen Integral ergab sich nach meiner Berechnung

$$\frac{\lambda}{r} \left( \frac{\cotg \frac{\delta}{2}}{4 \pi} \right)^2.$$

Beides sind Näherungsformeln, ich muß aber anerkennen, daß die von Sommerfeld infolge der bei seinem spezielleren Problem möglichen exakteren Behandlung theoretisch genauer ist, und ich erwähne die zweite Formel nur deswegen, weil auch die allgemeinere Formel, aus der sie abgeleitet ist, durch den Vergleich beider für mäßige Beugungswinkel ihre weitgehende Bestätigung findet. Denn bis  $\delta = 15^\circ$  stimmen beide Formeln bis auf 1% überein und haben mit meinen Beobachtungen gute Übereinstimmung, was bei dem charakteristischen Verlauf der Funktion die Theorie bestens bestätigt. Für größere Beugungswinkel bleibt die beobachtete Intensität unter der theoretischen, weil sich die theoretische Voraussetzung eines absolut scharfen Schirmrandes nicht erfüllen läßt. Für sehr kleine Werte von  $\delta$  und  $\delta = 0$  sind beide Formeln ungültig, und es gelten dann andere Darstellungen, die ich hier übergehe, da die obigen schon von  $\delta > 0,1^\circ$  bis auf 1% genau sind. Für  $\delta = 0$  ist die Intensität  $\frac{1}{4}$ .

Vorführung des leuchtenden Schirmrandes. Ein paralleles Bündel möglichst intensiven Lichtes (zur Not genügt auch Gasglühlicht) läßt man senkrecht auf eine möglichst scharfe Schneide fallen. Als solche kann jedes Rasiermesser dienen. Besser ist eine eigens zu diesem Zwecke geschliffene Schneide, deren Facetten eben sind und nur einen kleinen Winkel (ca.  $20^\circ$ ) bilden, weil man dabei die Beugung bis zu größeren Beugungswinkeln verfolgen kann. Denn die Facetten der Schneide eines Rasiermessers sind gekrümmt und der äußerste Schneidenwinkel ca.  $60^\circ$ . Auch empfiehlt es sich, zwei gleiche Schneiden 1–2 mm voneinander abstehend gegenüber zu stellen, weil man dabei die Intensität der inneren und äußeren Beugung vergleichen kann. Man beobachtet dann in der Beugungsebene mit bloßem Auge und findet, daß für geringe Beugungswinkel beide Schneiden ziemlich gleich hell erscheinen. Für größere Beugungswinkel überwiegt aber die äußere Beugung, wobei Reflexion störend mitspielt.

Will man auch den Begriff der Beugungsfläche erläutern, so läßt man das Licht auch unter einem schiefen Winkel auf den Schneidenrand fallen, sorgt durch eine Blende dafür, daß das auffallende Bündel nicht die ganze Schneide erhellt, und bringt eine um die Schneide als Achse drehbare Visiervorrichtung an, welche das gebeugte Licht in der Beugungsfläche, einem Kegelmantel, zu verfolgen gestattet. Außerhalb dieser Beugungsfläche sieht man zwar den Schirmrand auch noch leuchten, aber bei guten Schneiden ganz erheblich schwächer; das liegt an den feinen Gratstückchen und Staubteilchen, die sich nie ganz beseitigen lassen.

Beugung tritt nicht allein dann auf, wenn eine Lichtwelle durch Absorption mittels eines Schirmes abgeschnitten wird, sondern auch sonst, wenn sie durch andere Mittel zerschnitten wird. z. B. durch Reflexion oder Brechung.

Man blicke in einer Entfernung von mindestens der deutlichen Sehweite von einem Fresnelschen Interferenzprisma durch dieses nach einem leuchtenden Spalt, der parallel zu den brechenden Kanten gestellt ist, sodaß man durch jede Hälfte des Prismas ein Bild des Spaltes sieht. Von dieser Stellung aus passe man das Auge auf die stumpfe Kante des Prismas zwischen den Spaltbildern an. Diese erscheint ebenso als feine Lichtlinie wie zuvor der Schirmrand. Es ist dieses gebeugtes Licht, welches jede der beiden Wellen, die durch

die beiden verschiedenen Prismenflächen austreten, einsäumt. Dieses gebeugte Licht gibt zusammen mit dem gebrochenen Interferenzen, die häufig mit der von Fresnel festgestellten Interferenz der beiden gebrochenen Wellen verwechselt werden, aber durch Messung des Abstandes der Interferenzstreifen und einen Vergleich mit der Theorie leicht als die unrichtigen erkannt werden.

In diesen leuchtenden Schirmrändern und Prismenkanten haben wir die einzigen Beugungerscheinungen, bei denen sich die Beugung ohne Interferenz beobachten läßt. Ebenso wie Fresnel sich bemühte Interferenzen ohne Beugung zu erzeugen, so müssen wir umgekehrt den größten Wert darauf legen, auch die Beugung ohne Interferenz zu beobachten. Erst damit gewinnt die Beobachtung der Interferenz des gebeugten Lichtes denselben Wert wie die des reflektierten und gebrochenen.

### § 3. Die Beugungerscheinungen mit Interferenzstreifen.

Alle sonstigen Beugungerscheinungen lassen sich als Interferenzen von direktem und gebeugtem Licht erklären. Ich will nun im folgenden nur einige Versuche zusammenstellen,

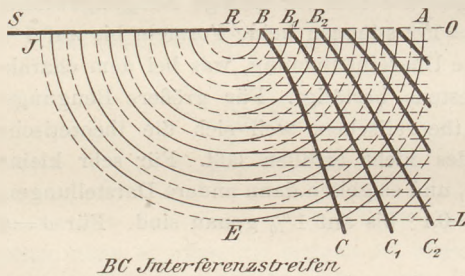


Fig. 5.

bei denen dies in besonders anschaulicher Weise und daher auch auf der Schule durchzuführen möglich ist.

A. Fresnelsche Beugungerscheinungen. (Einige cm bis dm hinter dem Schirm mit der Lupe zu beobachten.)

*Versuch 1.* Der Beugungsschirm ist gerade berandet. Nur außerhalb des Schattens sieht man Interferenzstreifen des nach außen gebeugten und des direkten Lichtes (Fig. 5).

*Versuch 2.* Zwei parallel gegenüber gestellte Ränder in ca. 1 mm Entfernung liefern

auch im geometrischen Schatten helle und dunkle Linien, die durch Interferenz der inneren Beugung vom nächsten Rande und der äußeren Beugung vom entfernteren Rande zustande kommen.

*Versuch 3.* Der Beugungsschirm ist ein schmaler Streifen von ca. 1 mm Breite. Zu beiden Seiten außerhalb des Schattens sieht man im wesentlichen dasselbe wie im Versuch 1. Die innere Beugung vom entfernteren Rande verändert das Bild wegen ihrer geringeren Stärke wenig. Im Schatten aber interferieren die beiden inneren Beugungen.

An diese Beobachtung läßt sich eine einfache Bestimmung der Wellenlänge anknüpfen, die man sonst an die Fresnelschen Interferenzversuche anschließt. Sie ist im wesentlichen die erste Darstellung durch Young, nur daß man anstatt der 2 schmalen Öffnungen 2 einfache Ränder benutzt, wodurch die Bestimmung des Abstandes der Lichtquellen einfacher und genauer wird.

Ist  $d$  der Abstand der leuchtenden Schirmränder,  $a$  die Entfernung der beobachteten Stelle vom Schirm,  $e$  der Abstand zweier Interferenzstreifen, so ist bekanntlich die Wellenlänge

$$\lambda = \frac{d \cdot e}{a}.$$

Bei einem Versuch mit weißem Licht war  $d = 1,20 \pm 0,02$  mm,  $e = 0,25$  mm,  $a = 520$  mm, also  $\lambda = 0,00058 \pm 0,00001$  mm.

Dieser Versuch bildet auf der Schule einen guten Ersatz für die Fresnelschen Versuche mit Spiegel und Prisma, deren Durchführung, wie auch Fresnel erzählt, große Schwierigkeiten bereitet, wobei man häufig durch die oben erwähnten Interferenzen getäuscht wird.

*Versuch 4.* Der Rand des Schirmes ist winkelig begrenzt, einmal mit einspringendem, daneben mit ausspringendem Winkel. An dem einspringenden Winkel durchkreuzen sich die Randerscheinungen. Hinter dem ausspringenden Winkel dagegen interferieren zwei



Innere Beugungen. Die Halbierungslinie des Winkels ist hell. Zu ihren beiden Seiten aber erscheinen gekrümmte Linien abwechselnd dunkel und hell.

Versuch 5. Der Beugungsschirm mit geradem Rande ist halbdurchlässig für Licht (dünne Rußschicht). Außerhalb des Schattens ist die Erscheinung ähnlich wie in Versuch 1, nur schwächer. Innerhalb des Schattens treten jetzt auch Interferenzstreifen auf von der inneren Beugung mit dem durchgelassenen Licht und zwar schärfer als die äußeren, da die Intensität des durch die Rußschicht gegangenen und des nach innen gebeugten Lichtes eher von gleicher Größenordnung ist, als die des direkten und des nach außen gebeugten Lichtes.

B. Fraunhofersche Beugungserscheinungen. (Mit dem auf  $\infty$  eingestellten Fernrohr zu beobachten.)

Auch die elementare theoretische Erklärung der Gittererscheinungen erfährt durch Einführung der leuchtenden Schirmränder eine Abänderung, die über sonst unerklärte Nebenerscheinungen Aufschluß gibt. Während bei der früheren Erklärung die ganzen Spaltöffnungen als leuchtend gedacht wurden, können wir uns jetzt darauf beschränken, die Schirmränder als leuchtend vorzusetzen und die Interferenz des Lichtes, das von entsprechenden Schirmrändern herkommt, zu betrachten. Das führt allerdings, wenn wir die Spalte uns senkrecht denken, für alle rechten Ränder und für alle linken Ränder gesondert zu dem bekannten Gesetz:

$$\sin \varphi_n = \frac{n \lambda}{a + d},$$

worin  $\lambda$  die Wellenlänge des homogen gedachten Lichtes,  $a + d$  der Abstand entsprechender Spaltränder und  $\varphi_n$  der Beugungswinkel ist, bei dem wir eine helle Lichtlinie im Fernrohr wahrnehmen; da  $n$  jede ganze Zahl bedeuten kann, so sehen wir rechts und links ganze Reihen von Linien. Soweit bleibt bei der Erklärung alles wie früher. Nun aber betrachten wir das Zusammenwirken beider Erscheinungen, wie wir sie von den rechten und linken Schirmrändern je allein erhalten haben.

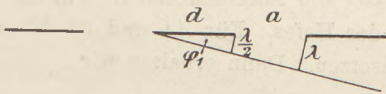


Fig. 6.

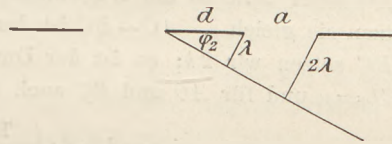
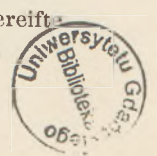
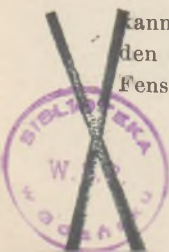


Fig. 7.

Besteht zwischen der Spaltbreite  $a$  und dem Spaltabstande  $d$  (Fig. 6, 7) kein rationales Verhältnis, so werden zwar die beiden Erscheinungen auch interferieren, sich aber nirgends ganz aufheben. Ist aber z. B.  $a = d$ , so verstärken sich die äußere und innere Beugung für  $n = 1, 3, 5$  u. s. w., aber für  $n = 2, 4, 6$  u. s. w. heben sie sich vollständig auf, wie dies aus den nebenstehenden Figuren leicht ersichtlich ist unter der Berücksichtigung, daß die äußere Beugung eine Gangverzögerung von  $\frac{\lambda}{2}$  erfährt. Ist  $\frac{d}{a+d}$  oder  $\frac{a}{a+d} = \frac{1}{3}$ , so werden das 3te, 6te, 9te u. s. w. Spektrum ausgelöscht. Sind diese Verhältnisse nicht genau erfüllt, so werden die genannten Spektren erheblich geschwächt, ohne ganz ausgelöscht zu werden. Wir haben hierin eine Erklärung für die sogenannten „Gohst“ oder Geister in den Beugungsspektren. Auch ist leicht einzusehen, daß solche Verdunkelungen auf beiden Seiten durchaus nicht symmetrisch erscheinen müssen, wenn die rechten und linken Ränder der Spalte nicht ganz gleich sind, der eine etwas vor dem andern hervortritt. Es kommen dadurch Unregelmäßigkeiten in die Erscheinungen, deren Ursachen bei der Feinheit der Spalte schwer zu kontrollieren ist.

Als letzte Fraunhofersche Beugungserscheinung, die auf der Schule behandelt werden kann, bleibt hier die der kleinen Höfe zu behandeln, wie sie in der Natur besonders um den Mond bei dünnem Nebelschleier, aber auch um jeden Lampenschein durch fein bereift Fensterscheiben beobachtet werden.



Künstlich kann man sie jederzeit nachahmen beim Betrachten einer Kerzenflamme durch eine Glasscheibe, die mit Bärlappsamen bestreut ist. Will man diese Erscheinung in einfacher Weise messend untersuchen, so wählt man als Lichtquelle besser homogenes Licht und zieht auf der Glasplatte parallele schwarze Streifen in cm-Abstand, um den Durchmesser der nun auftretenden dunklen Ringe messen zu können. Auch sie läßt sich unter Zugrundelegung des leuchtenden Schirmrandes leicht theoretisch erklären. Da die Staubteilchen alle unregelmäßig verteilt sind, können weder Interferenz der inneren Beugung an verschiedenen Teilchen, noch der äußeren Beugung untereinander beobachtet werden, dagegen die Interferenz der inneren und äußeren Beugung an den gegenüberliegenden Rändern jedes Teilchens für sich. Die möglichst gleiche Größe dieser aber ist eine wesentliche Voraussetzung für eine deutliche Ausprägung der Erscheinung. Bei Bärlappsamen maß ich den Durchmesser der nicht ganz kugeligen Teilchen zu 2,7 bis  $3,4 \times 10^{-3}$  cm, im Mittel also  $3 \times 10^{-3}$  cm.

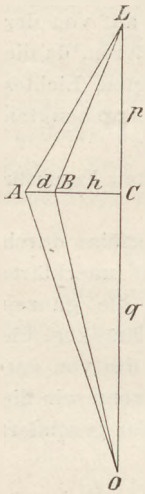


Fig. 8.

und ebenso:

$$AL^2 - BL^2 = AC^2 - BC^2$$

$$AL - BL = \frac{AC^2 - BC^2}{AL + BL}$$

$$AO - BO = \frac{AC^2 - BC^2}{AO + BO}$$

Durch Addition ergibt sich:

$$(AL + AO) - (BL + BO) = (AC + BC)(AC - BC) \left( \frac{1}{AL + BL} + \frac{1}{AO + BO} \right).$$

Die linke Seite ist die Wegdifferenz der nach innen und außen gebeugten Strahlen; wir setzen sie gleich  $e$ .  $AC - BC$  ist der Durchmesser der Staubteilchen  $d$ . Für die Summe  $AC + BC$  setzen wir  $2h$ ; es ist der Durchmesser des Hofes. Für  $AL$  und  $BL$  können wir auch  $CL = p$  und für  $AO$  und  $BO$  auch  $CO = q$  einsetzen. Dann erhalten wir

$$e = 2h \cdot d \cdot \left( \frac{1}{2p} + \frac{1}{2q} \right) = h \cdot d \frac{p+q}{p \cdot q}.$$

Wegen der Gangverzögerung  $\lambda/2$  der äußeren Beugung gegen die innere erhalten wir Dunkelheit bei den Wegdifferenzen  $e = \lambda, 2\lambda, 3\lambda$ , u. s. w. Benutzen wir gelbes Licht, wobei  $\lambda = 6 \times 10^{-5}$  cm ist, und machen  $p$  und  $q = 100$  cm, so ergibt sich als Radius des Hofes

$$h = \frac{p \cdot q}{p + q} \cdot \frac{e}{d} = \frac{10^4}{2 \times 10^2} \cdot \frac{6 \times 10^{-5}}{3 \times 10^{-3}} = 1 \text{ cm}.$$

Der Durchmesser des innersten dunklen Ringes wurde direkt zu ca.  $2\frac{1}{4}$  cm gemessen. Das etwas größere Maß findet seine Erklärung durch die Ausdehnung der Lichtquelle, die bei der geringen Helligkeit einer Natriumflamme nicht zu klein sein darf (ca.  $\frac{1}{2}$  cm im Durchmesser). Dadurch kommt es, daß die jeden Punkt der Lichtquelle umgebenden inneren hellen Kreise gegenseitig in die sie umgebenden dunklen Ringe nach außen übergreifen, während das Übergreifen der äußeren hellen Ringe nach innen infolge ihrer geringeren Intensität weniger zur Geltung kommt.

Die im obigen wieder zur Geltung gebrachte Youngsche Methode, die Interferenzen der Beugungerscheinungen durch den leuchtenden Schirmrand zu erklären, ist nur formal von der Fresnelschen verschieden. Will man das Leuchten des Schirmrandes theoretisch exakt erklären, so muß man nach der Kirchhoffschen Methode dabei auch von einem Integral ausgehen. Sobald man aber diese Erscheinung voraussetzen kann, lassen sich alle übrigen

durch Addition (Interferenz) einer endlichen Anzahl von Gliedern erklären, während nach der früheren Methode für jede Beugungserscheinung ein neues Integral ausgewertet werden mußte. Der Unterschied besteht also nur in einer anderen Anordnung der Summationsglieder, und der Vorzug für die Schule darin, daß man die Integration vermeiden kann, indem man nur die Erscheinung des leuchtenden Schirmrandes vorzeigt und nach dem Huygensschen Prinzip anschaulich erklärt.

## Demonstrationsversuche mit verschieden feuchter Luft.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

### I. Demonstration der ungleichen Temperaturänderung gesättigter und ungesättigter Luft infolge Druckwechsels.

Da die spezifische Wärme der atmosphärischen Luft durch ihren Feuchtigkeitsgehalt nur wenig geändert wird, so ist ihre Erwärmung und Abkühlung beim Erhöhen bezw. Verkleinern des Druckes von der relativen Feuchtigkeit nahezu unabhängig. Druckänderungen um 1 cm Quecksilbersäule veranlassen Temperaturwechsel von etwas mehr als 1°. Hierbei ist vorausgesetzt, daß keine Zustandsänderung des Wassers stattfindet, also weder Nebelbildung bei der Ausdehnung, noch Verdampfung von Wasser bei der Verdichtung erfolgt. Geschieht jedoch das eine oder das andere, so wird durch gleiche Druckänderung feuchte Luft viel weniger abgekühlt und erwärmt als trockne.

Die hohe Temperatur des Föhnwindes entsteht dadurch, daß auf der Luvseite des Gebirges die feuchte Luft beim Aufwärtzwehen unter Nebel- und Regenbildung weniger stark abgekühlt, als die entfeuchtete auf der Leeseite beim Abwärtzwehen erwärmt wird. Czermak demonstrierte die Verschiedenheit durch einige „Experimente zum Föhn“ (Wien. Denkschr. d. mathemat.-naturw. Kl. 73, S. 63, 1901). Zwei Woulffsche Flaschen wurden mit gesättigter bezw. ungesättigter Luft und je einem Kupfer-Konstantanelement versehen. Die Galvanometeraus schläge bei gleichen Druckänderungen verhielten sich annähernd wie 2:3.

Mit einfacheren Mitteln ermöglicht der im folgenden beschriebene Apparat dieselbe Erscheinung zu demonstrieren. Außerdem wird man durch die Versuche auf einige Seiten der Erscheinung aufmerksam, die bei Czermaks Experimenten nicht in Betracht kamen.

1. Zwei möglichst gleiche Flaschen *L* und *R* (s. Fig. 1) von mindestens 1—2 l Inhalt, zu denen man noch eine dritte Flasche derselben Sorte mit etwas Wasser bereit hält, werden mit den jedesmal fest einzudrehenden Gummistopfen eines sie verbindenden

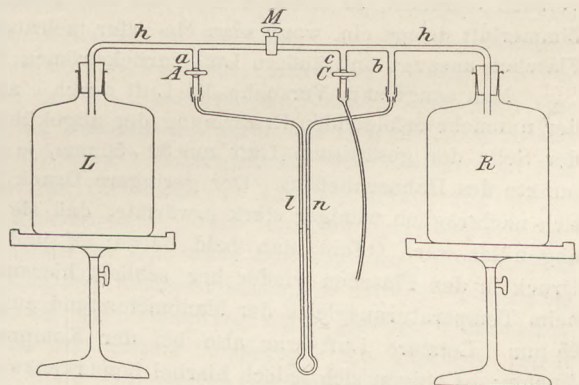


Fig. 1.

Glasrohrapparates verschlossen. Das Einsetzen der Stopfen bis zum völlig dichten Sitz wird erleichtert, wenn man Flaschen mit eingeschlifften Glasstöpseln für den Apparat auswählt. In den Gummistopfen stecken die rechtwinklig umgebogenen Enden des Rohres *h* aus kräftigem Glase, das nahe der Mitte den Hahn *M* hat. Bei *a* und *b* führen 2 kurze Röhren abwärts und sind durch das Manometerrohr *l n*, das gefärbtes Wasser enthält, verbunden. Die kurzen Gummi-

röhrchen, die die Glasteile vereinigen, sind mit besponnenem Draht festgebunden. Hinter *l n* wird ein Streifen Millimeterpapier als Skale angebracht. Nahe dem Hahne *C* und einem Gummischlauch versehene Rohr *c* angesetzt, durch das man die Druckänderung im Innern der Flaschen hervorruft. Nicht unzweckmäßig ist auch das Anbringen eines Hahnes am Rohransatz *a*. Die Hähne halte man beständig in gut gefettetem Zustande.

2. Den Versuchen, für die der Apparat eigentlich bestimmt ist, kann man — auch um sich mit ihm vertraut zu machen — den Nachweis der Abkühlung und Erwärmung bei adiabatischen Druckänderungen voraufgehen lassen. Während man den Hahn *M* geschlossen hält, saugt man mit dem Munde an dem an *c* gesetzten Schlauch, bis das Wasser im Manometer sehr ungleich hoch steht, und schließt *C*. Die hierauf folgende Verkleinerung der Niveaudifferenz am Manometer zeigt an, daß die Temperatur in *R* durch das Ansaugen erniedrigt war. Nach etwa einer Minute ist diese nachträgliche Verschiebung im Manometerrohr größtenteils erfolgt. Man öffnet jetzt *M* einen Augenblick und beobachtet, daß dem Druckausgleich eine beträchtliche Rückwärtsbewegung der Manometerflüssigkeit folgt. Statt *M* kann man dann *C* öffnen und überhaupt diese einfachen Versuche, wenn man es für zweckmäßig hält, vielfach abändern. Zum Verdichten der Luft in den Flaschen benutze man die Luftpumpe oder das Gummigebläse, wenn man sich nicht mit der Verdichtung beim Zurückströmen herausgesaugter Luft begnügen will.

3. Verdünnt oder verdichtet man die Luft in beiden Flaschen bei Offenstellung von *M* gleichzeitig, so bleiben erheblichere Differenzen am Manometer aus, wenn sofort nach der Druckänderung erst *C*, dann *M* geschlossen werden. Momentane Ungleichheiten der Temperaturänderung in beiden Flaschen machen sich durch schwaches Hin- und Herwogen des Manometerstandes bemerkbar. Sind die Flaschen in der Größe etwas verschieden oder ist das Strömen der Luft auf den Wegen von *c* bis zu den Flaschen ungleich schnell, weil etwa Hahn *M* eine enge Bohrung hat, so zeigen sich nach Herstellung des Temperaturgleichgewichtes — etwa eine Minute nach der Druckänderung — regelmäßig kleine Niveaudifferenzen am Manometer. Dieselben kommen für Demonstrationen nicht in Betracht. Man kann übrigens ihren Wert an dem Apparate bei Füllung beider Flaschen mit der gleichen ungesättigten Zimmerluft bestimmen und später jedesmal die kleine Größe (höchstens 2 mm) berücksichtigen.

4. Zum Vergleiche trockner und feuchter Luft ersetzt man die eine Flasche durch die innen befeuchtete dritte. Um die Luft der anderen beiden auf die Dauer trocken zu halten, kann man etwas konzentriertes Glycerin hineingießen; hierdurch lassen sich auch geringe Ungleichheiten der Volumina beseitigen, worauf es übrigens bei Demonstrationen nicht ankommt. Hatte die dritte Flasche lange bedeckt gestanden, so ist sie vor dem Gebrauche durch Ansaugen mittels hineingesteckter Röhre mit staubhaltiger Luft zu versehen. Beim Einsetzen des Stopfens erfaßt man die Flasche am besten mit einem dichten Tuche oder Winterhandschuh. Will man den Apparat allein für den jetzt zu beschreibenden Hauptversuch benutzen, so bewahrt man ihn mit trockner und feuchter Flasche auf. Genügend Zimmerluft dringt ein, wenn man ein- oder mehrmals durch *c* bei offenem *M* die Luft der Flaschen ansaugt und äußere Luft zurückströmen läßt.

Man saugt zum Versuche die Luft durch *c* an, schließt sofort *C* und hierauf *M*. Bei der nunmehr erfolgenden Erwärmung der abgekühlten Luft steigt das Manometerwasser auf der Seite der gesättigten Luft um 30–50 mm, je nach Leistung der Lunge und dem Zeitpunkte des Hahnschließens. Der geringere Druck in der gesättigten Luft zeigt, daß diese sich nachträglich weniger stark erwärmte, daß sie bei der Expansion also weniger stark abgekühlt war. Öffnet man bald darauf *M* und stellt durch Öffnen von *C* den äußeren Druck in den Flaschen wieder her, schließt hierauf sofort *C* und dann *M*, so steigt jetzt beim Temperatenausgleich der Manometerstand auf der Seite der trockenen Luft um etwa 25 mm. Letztere Luft war also bei der Kompression stärker erwärmt worden, als die feuchte; es zeigen sich jedoch hierbei bemerkenswerte Verschiedenheiten, je nach der Zeit, die seit dem voraufgehenden Versuche der Expansion verstrichen ist. Nur Nebelmengen, die von der voraufgegangenen Abkühlung herrühren und noch in der Flaschenluft schweben, rufen ein nachträgliches Ansteigen des Manometers auf der Seite der trocknen Luft hervor und der Apparat zeigt sich sehr empfindlich für die geringsten Mengen dieses Nebels. Bei einer Versuchsreihe ließ man nach möglichst gleichmäßigem Herausaugen der Luft die Zeiten 50, 40, 30, 20, 10 Sekunden bis zum Druckausgleich und sofortigem Abschluß der

Hähne *C* und dann *M* vergehen. Das Manometer stand auf der Seite der trocknen Luft um 0,1, 2 $\frac{1}{2}$ , 12, 18 mm höher.

Nur die soweit beschriebenen Versuche möchte ich als nicht zu zeitraubend und wegen ihrer Verständlichkeit für den Unterricht geeignet ansehen. Ich füge noch hinzu, daß, wenn man noch längere Zeit (bis 2 Minuten) nach der Expansion bis zum Öffnen von *C* wartet, man merkwürdigerweise ein Ansteigen des Manometers auf Seite der gesättigten Luft bis 6 mm beobachtet. Zunächst zeigt sich darin, daß auch in der Zeit von 50 Sekunden bis 2 Minuten noch nachweisbare Mengen von Nebel vorhanden sind. Sodann macht das Ansteigen des Manometers bei diesem, sowie bei den anderen, noch zu beschreibenden Versuchen des Vergleiches reiner, gesättigter mit trockner Luft den Eindruck, als ob bei gleichem Druckwechsel die feuchte Luft etwas stärker erwärmt würde als trockne, was jedoch als ausgeschlossen zu betrachten ist. Durch eine der näheren Untersuchung bedürftige Ursache wird vielmehr die trockne Luft schon während des Druckausgleiches bis zum Schließen von *C* und *M* schneller ihre Temperatur auszugleichen beginnen als die feuchte und daher nach dem Hahnschluß weniger stark ihre Temperatur ändern. Wie schon erwähnt, kann diese der Vollständigkeit wegen hier angeführte Beobachtung den Gebrauch des Apparates zu Demonstrationen nicht beeinträchtigen.

5. Der Doppelversuch mit vorausgehender Verdichtung und folgender Expansion verläuft, wie nach dem vorigen zu erwarten ist. Ist die feuchte Luft nebelfrei, so zeigt das Manometer, wenn bei Offenstellung von *M* die Luft der Flaschen verdichtet und hierauf sofort erst *C*, dann *M* geschlossen wird, keine größere Verschiedenheit der Erwärmungen an. Nach der dann vorgenommenen Expansion steigt das Manometer auf Seite der gesättigten Luft um mehrere cm. Wird bald darauf die Luft wieder verdichtet, so zeigt sich die geringere Erwärmung der nebelhaltigen Luft im Ansteigen des Manometers um einige cm auf der Seite der trocknen Luft.

Bei einer Versuchsreihe unter Benutzung einer Verdichtungspumpe, deren Kolben stets gleichweit vorgeschoben wurde, geschah die Entspannung 60, 30, 20, 10 Sekunden vorher; das Manometer stand hinterher auf der Seite der trocknen Luft höher um 0, 4 $\frac{1}{2}$ , 8, 14 mm, bei etwas stärkerer Verdichtung um 1 $\frac{1}{2}$ , 10, 14, 22 mm. Bei noch längerem Warten macht sich in dem schwachen Ansteigen des Manometers auf der Seite der gesättigten Luft die am Schluß des vorigen Abschnittes erwähnte Erscheinung bemerkbar.

6. Läßt man den Apparat einen Tag stehen, so sind die Nebel erzeugenden Staubteilchen größtenteils zu Boden gefallen (vergl. Kießling, *d. Zeitschr.* XI, S. 19). Die feuchte und die trockne Luft werden alsdann durch Expansion nahezu gleich stark abgekühlt, wie das Ausbleiben einer nachträglichen Manometeranzeige bei einem Verdünnungsversuche erkennen läßt. Strömt hierauf Zimmerluft in die Flaschen zurück, so verhält sich der Apparat wie unter 4. und 5. Schließt man den mit *c* verbundenen Schlauch nach dem Verdünnen und Schließen von *C* jedesmal an ein Luftfilter an, durch das man die beim Druckausgleich zurückströmende Luft langsam (in etwa 5 Sekunden) sich von dem größten Teil des Staubes befreien läßt, so kann man die Gleichheit der Temperaturänderung reiner, feuchter und trockner Luft beliebig oft demonstrieren. Fast verschwindende Verschiedenheiten zeigen sich bei Beobachtungen, die man für sich selbst anstellen kann, auch hier in dem am Schluß von 4. erwähnten Sinne. Wie sehr kleine Nebelmengen bei der Verdichtung, so machen sich sehr kleine Staubmengen bei der Expansion durch geringe Verschiedenheiten in der nachträglichen Einstellung des Manometers bemerkbar. Als Luftfilter wurde ein 35 cm hoher Trockenturm benutzt, der Watte enthielt, die mit Glycerin durchtränkt war. Läßt man die Luft nicht ganz langsam, sondern, wie oben angegeben, hindurchströmen, so gelangen noch Spuren von Staub in die Flaschen, wie übrigens auch Intensivbeleuchtung mit einem Strahlenkegel während der Expansion erkennen läßt. Die noch vorhandenen Staubteilchen fallen in cm großen Abständen infolge reichlicher Belastung durch Wasser schnell herab und die Luft wird durch eine solche Expansion wohl völlig staubfrei. Sind größere Mengen von Nebelkernen vorhanden, so senken sie sich nach Expansionen viel lang-

samer, da sie weniger beschwert werden durch das sich jetzt auf viele Kerne verteilende Wasser. Es gelingt aber stets, durch wiederholte Expansionen die Luft von Nebelkernen zu befreien. Bringt man in einer zweiten Durchbohrung des Gummistopfens der innen befeuchteten Flasche ein Glasröhrchen mit eingeschmolzenem Platindraht an, durch den man eine elektrische Ladung in die Flaschenluft ausströmen läßt, so sind, je nach der Elektrizitätsmenge, verschieden viel Expansionen erforderlich, damit das Manometer durch das Ausbleiben starker nachträglicher Differenzen die Staubfreiheit der Luft anzeigt. Will man ganz staubfreie Luft zum Nachströmen nach den Expansionen zur Verfügung haben, so kann man sie einem kleinen, aus 2 Flaschen mit Bodentubus hergestellten, mit Glyzerin gefüllten Gasometer entnehmen, das durch ein T-Rohr und Schläuche mit Quetschhähnen in leicht ersichtlicher Weise an *c* angeschlossen wird.

Messungen über die Größe der Temperaturänderungen bei adiabatischem Druckwechsel in feuchter Luft müßten in möglichst großen Flaschen nach der Methode von Clément und Desormes angestellt werden; man würde dabei ebenfalls den Einfluß der vorhandenen Staubmenge feststellen. In den verhältnismäßig kleinen Flaschen des beschriebenen Apparates kommt nur ein Teil der nach dem Poissonschen Gesetz entstehenden Temperaturänderung der Luft zur Wirkung. Versuche ergaben, daß dieser Anteil bei Druckänderungen um 54 mm Quecksilber 48 % betrug, bei Druckänderungen um 13 mm Quecksilber auf 80 % der theoretisch berechneten Größe anstieg. Der mit dem Apparat zu gewinnende mehr qualitative Nachweis des verschiedenen Verhaltens staubhaltiger feuchter und trockner Luft ist nur möglich, weil wegen der Gleichheit der beiden Flaschen dieselben Bruchteile der ganzen Temperaturänderungen zur Wirkung gelangen.

Beim Gebrauche des Apparates hüte man sich davor, das Öffnen von *M* bei Herstellung stark geänderten Druckes durch *c* zu vergessen; es wird sonst das Manometer in Unordnung gebracht.

## II. Bestimmung des Dampfdruckes in der Luft.

Die Änderung von Druck oder Volumen einer abgeschlossenen Luftmenge beim Sättigen mit Wasserdampf und andererseits beim Entziehen der Feuchtigkeit durch Schwefelsäure ermöglicht hygrometrische Verfahren, die wiederholt in Vorschlag gebracht sind<sup>1)</sup>. Wegen des unterrichtlichen Wertes dürfte folgende vereinfachte Abänderung dieser in der Ausführung etwas komplizierten Verfahren von Nutzen sein.

Eine Literflasche, die durch einen Gummistopfen, in dem die Röhre *l* (s. Fig. 2) steckt, verschlossen werden kann, wird durch Ansaugen mittels einer beliebigen, in die offene Flasche gesteckten Röhre mit Zimmerluft gefüllt. Das Rohr *l* ist mit einer Luftbefeuchtungsvorrichtung versehen. Diese besteht aus dem etwa 6 cm langen und 1 cm weiten Röhrchen *r*, welches unten zugeschmolzen und etwa 1½ cm vor dem offenen Ende mit einer seitlichen Öffnung *o* versehen ist. Das Röhrchen wird mit Zwirnfäden auf *l* festgebunden und aus der Spritzflasche etwa 2 cm hoch mit Wasser gefüllt. Hierauf wird in seine weite Öffnung das zusammengeknüllte Ende eines Streifens Filtrierpapier gedrückt, der etwa so breit wie die Flaschenöffnung und so lang ist, daß man das andere Ende mit Zwirnfäden auf *l* dicht unter dem Gummistopfen festbinden kann. Die Flasche ist mit dem Hals in einer Stativklemme angebracht, die in der Muffe gedreht werden kann. Nach dem festen Einsetzen des Verschlusses, wobei direkte Berührung der Flasche mit den Händen zu vermeiden ist, wird schnell durch einen Schlauch Verbindung mit einem Manometer mit gefärbtem Wasser hergestellt. Dieses ist für konstantes Volumen eingerichtet und besteht aus dem mit der Flasche verbundenen, in einer Stativklemme befestigten Knierohr *m*, einem Schlauch und

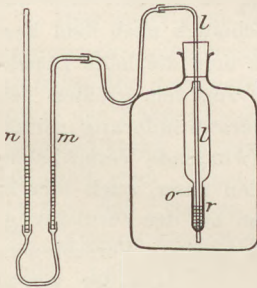


Fig. 2.

<sup>1)</sup> Müller-Pouillet, Lehrb. d. Phys., 9. Aufl. II, 2, S. 738; Rüdorff, Chem. Ber. 1880, 149; Neesen, Wied. Ann. XI. 526; Sonden, Meteorolog. Zeitschr. IX, 81; Salvioni, Wied. Ann., Beibl., XXVI, 369.

dem in einer zweiten Stativklemme verschiebbaren Meßrohr *n*. Den Stand des Wassers in *m* bezeichnet ein aufgeschobener Schlauchabschnitt.

Die Druckzunahme durch Sättigung mit Wasserdampf erfolgt, wenn die Flasche durch Herumdrehen der Klemme in die umgekehrte Lage gebracht wird. Anfangs steigt der Druck ziemlich schnell, dann langsamer an, um in 15 Minuten ungeändert zu bleiben. Röhre *n* verschiebt man vor der Messung, bis das Wasser in *m* wieder bei der Marke steht. Über den Einfluß der Temperatur braucht wohl nichts hinzugefügt zu werden.

Es erscheint nicht unzweckmäßig, mit dem zuvor mit trockner Luft versehenen Apparat den Sättigungsdruck zu bestimmen. Es zeigt sich dabei, daß schon vor dem Umkehren der Flasche das Manometer ansteigt, wenn das Filtrierpapier sich zuvor in der Zimmerluft befand. Man hat daher den Verschluß bis zum schnellen Aufsetzen auf einer mit einer Schwefelsäurebodenschicht versehenen Flasche verweilen zu lassen.

In ähnlicher Weise kann man eine Bestimmung des Dampfdruckes durch Absorption des Dampfes mittels Schwefelsäure durchführen, indem man anstatt des Filtrierpapiers einen Bausch Glaswolle verwendet. Es gelingt aber weniger sicher, als beim obigen Verfahren mit dem Wasser, die Säure gänzlich in dem benetzten Bausch hängen zu lassen. Da also Ausspülen und Trocknen des Gefäßes nach Benutzung von Schwefelsäure ohnehin nicht immer zu umgehen ist, so empfiehlt sich auch die Verwendung der im folgenden beschriebenen Gefäße zur Druckbestimmung.

Man verwendet zur anschaulichen Vorführung der relativen Feuchtigkeit am besten zwei Exemplare; das eine zur Bestimmung des jeweiligen Dampfdruckes der umgebenden Luft, das andere zur Messung des Sättigungsdruckes. Dadurch, daß die Schüler die beiden Wassersäulen nebeneinander sehen, wird das Verständnis wesentlich erleichtert. Die beiden Gefäße liefern Meiser und Mertig in Dresden für 4,25 M.

Die Flaschen von etwas mehr als  $\frac{1}{2}$  l Inhalt sind mit sorgfältig eingeschliffenen Verschlüssen versehen, in denen die oben zur Seite gebogene, starkwandige Röhre *r* (s. Fig. 3) von etwa 3 mm Innenweite eingeschmolzen ist. Unten geht diese in das erheblich weitere, zur Aufnahme der Schwefelsäure bestimmte Rohrstück *f* über, das unten in das etwa 15 mm aufwärts gebogene Röhrchen *g* von 2 mm Weite ausläuft. Oberhalb des Füllrohrs *f* ist eine kleine seitliche Öffnung *o* an *r* angebracht. Durch Eintauchen in Quecksilber bringt man einen Tropfen davon in *g* und saugt dann, während man *o* mit dem Finger schließt und *g* in konzentrierte Schwefelsäure hineinhält, das Füllrohr *f* voll dieser Flüssigkeit. Der Quecksilbertropfen schließt *g* ventilartig ab. Beim Abspülen unter einem schwachen Strahle der Wasserleitung wäscht man auch leicht die das Quecksilber in *g* bedeckende kleine Säuremenge fort. Nach sorgfältigem Abtrocknen fettet man den Glasschliff reichlich ein und stellt den Verschluß bis zum Gebrauche zur Seite in einer Stativklemme oder einem aus Draht gebogenen Ständerchen.

Die Druckbestimmung vereinfacht man dadurch bedeutend, daß man das Volumen der abgeschlossenen Luft konstant hält. Bei der Vorbereitung des Versuches füllt man zwei 40 cm hohe Standzylinder größtenteils mit Wasser und stellt je eine oben rechtwinklig umgebogene Glasröhre hinein, auf der man eine Marke *m* aus besponnenem Draht bis an das Wasserniveau im Innern der Röhre verschiebt. Zugleich merkt man sich die kapillare Steighöhe. Die Gefäße trocknen meistens in Tagesfrist völlig aus, wenn man sie verkehrt in Stativringen stehen läßt und einmal einige Zeit nach diesem Aufstellen mit dem von einem Leinentuch bedeckten Finger das rings um die weite Halsöffnung zusammengelaufene Wasser abtupft.

Zur Ausführung des Versuches stellt man die beiden Gefäße nebeneinander auf Tischen. Das eine bleibt offen und füllt sich von selbst mit Zimmerluft; man saugt aber zweckmäßig mittels einer meterlangen, am Ende auf 20 cm rechtwinklig umgebogenen Glasröhre

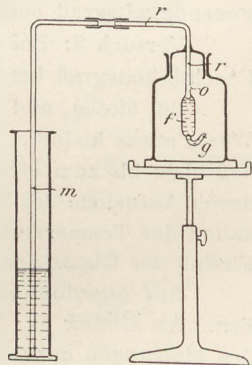


Fig. 3.

Luft hinein. Das andere Gefäß versieht man einige Minuten vor dem Versuche dadurch mit gesättigter Luft, daß man die Gefäßwände mit einer feinen Hauchschicht bedeckt. Am einfachsten bläst man hierzu aus einer weiten längeren Glasröhre etwas Atemluft hinein. Zwei gewöhnliche Atemzüge genügen. Das Gefäß bedeckt man mit einer Glasplatte. Nachdem etwaige Temperaturunterschiede sich ausgeglichen haben, bringt man die Verschlüsse auf die zugehörigen Flaschen, die man durch ein Merkzeichen aus besponnenem Draht am Halse und dem Rohre  $r$  kennzeichnet. Dann verbindet man mit je einem Schlauchstück von etwa 8 cm die Röhren  $r$  mit den Manometerröhren und sorgt hierbei durch geringes Zusammendrücken der Schläuche vor dem Aufstreifen dafür, daß das Wasser bei den Marken stehen bleibt. Auch jetzt läßt man für genauere Versuche die Gefäße noch einige Zeit ruhig stehen, damit die Luft der feuchtwandigen Flasche nach dem Lüften sich wieder völlig sättigen kann. Eine geringe Depression des Wassers bis unter die Marke gleicht man durch erneutes Aufstreifen des Schlauches aus. Man ergreift alsdann die Gefäße nacheinander mittels eines Tuches an ihren oberen Teilen und bewirkt durch einige pendelartige Schüttelbewegungen, die in der Ebene des Röhrchens  $g$  auszuführen sind, das Ausfließen der Säure. Mit der anderen Hand hält man die Manometerröhre hierbei fest. Solange die Säure nur den Gefäßboden bedeckt, geht die Absorption des Wasserdampfes ziemlich langsam vor sich. Man neigt daher das ebenso wie vorhin anzufassende Gefäß einige Male nach den Seiten. Nuncmehr entfernt man mittels eines Hebers aus Schlauch und Glasrohr das Wasser so weit aus den Zylindern, daß die Manometerröhren bis zur Marke gefüllt bleiben. Nach etwa 4 Minuten hat man dann Druckhöhen angezeigt, die sich nur noch so wenig ändern, daß dies für den Unterrichtszweck zu vernachlässigen ist.

Als Beispiele seien folgende Versuche angeführt:

Versuch 1: Bei  $18,0^\circ$  wurde der Dampfdruck in der Zimmerluft gleich 12,9 cm, der Sättigungsdruck gleich 20,8 cm gefunden (nach Abziehen der kapillaren Steighöhen von den gemessenen Längen der Wassersäulen). Hieraus berechnet sich der Feuchtigkeitsgrad zu 62%, während ein Lambrechtsches Hygrometer 60% angab.

Versuch 2: Bei  $15,8^\circ$  betragen die Wassersäulen 7,9 und 17,4 cm. Der berechnete Feuchtigkeitsgrad beträgt 45,4% gegenüber einem direkt beobachteten von 42%.

Versuch 3: Bei  $17,6^\circ$  betragen die Wassersäulen 9,8 und 19,4 cm. Der berechnete Feuchtigkeitsgrad beträgt 50,5% gegenüber dem direkt gemessenen von 53%.

Bei diesen und anderen Versuchen waren die für den Sättigungsdruck gefundenen Werte etwas kleiner, als sie nach den Tabellen sein müßten. Teils erklärt sich dies daraus, daß nicht bis zum völligen Ausgleich der Temperaturen nach der sehr kleinen Erwärmung durch Aufnahme des Wassers seitens der Schwefelsäure gewartet wurde, was ohne Konstanthalten der Temperatur der Umgebung auch wohl nur wenig Zweck hätte, teils wird der Einfluß der Glaswände auf den Dampfdruck in luftgefüllten Räumen schuld sein.

Auf Anordnungen zu genaueren Messungen einzugehen, fehlt es dem Unterricht an Zeit. Als Übung in der Anwendung des Mariotteschen Gesetzes kann man aber eine an den Messungen anzubringende Korrektur besprechen und berechnen lassen. Während der Absorption der Feuchtigkeit bleibt nämlich die Luft des Verbindungsrohres von der Marke am Manometer bis zur Säure in ihrem Wassergehalte ziemlich unverändert. Ist  $v'$  dieses Luftvolumen,  $v$  das des Gefäßes ohne Säure,  $b$  der Barometerstand in Höhe einer Wassersäule umgerechnet,  $a$  und  $e$  der gemessene und der korrigierte Dampfdruck, so ist sehr annähernd:

$$v(b - e) + v'b = (v + v')(b - a),$$

woraus der Wert von  $e$  sich gleich  $a(1 + v'/v)$  ergibt. Bei meinem Apparate ist  $v'/v$  gleich  $1/50$ ; es ist also die gemessene Druckhöhe um 2% zu vergrößern, was bei allen Versuchen mit dem Apparate geschehen kann.

Natürlich kann man die Gefäße auch benutzen, um die Druckzunahme beim Sättigen der Luft der Umgebung mittels Wasserdampf zu bestimmen. Man hat nur das Füllrohr  $f$  anstatt mit der Säure mit Wasser zu versehen und  $m$  tiefer anzubringen.



Bei  $15,8^\circ$  betrug die Druckzunahme in beiden Gefäßen voll Zimmerluft 8,8 und 8,9 cm. Aus den Tabellen ergibt sich für obige Temperatur der Sättigungsdruck gleich 18,28 cm, woraus ein Feuchtigkeitsgrad von 48,4% sich berechnet. Der direkt gemessene betrug 47%.

Um etwaigen Zweifeln bezüglich des annähernden Konstantbleibens der Temperatur der Umgebung während der Versuchsdauer zu begegnen, empfiehlt sich die Aufstellung eines einfachen Luftthermoskopes neben den Apparaten. Lange Gummiröhren veranlassen bei Messung von Druckänderungen, die auch in ihnen stattfinden, einen Fehler, dessen Betrag für eine Rohrlänge von wenigen cm zu vernachlässigen ist. 1 m Schlauch von 3 mm Innenweite und 1 mm Wandstärke änderte das Volumen seines Inhaltes infolge Erhöhung, sowie Verkleinerung des äußeren Druckes um 20 cm Wassersäule im Betrage von 0,25 cm.

## Ein leicht herstellbarer Heliostat.<sup>1)</sup>

Von

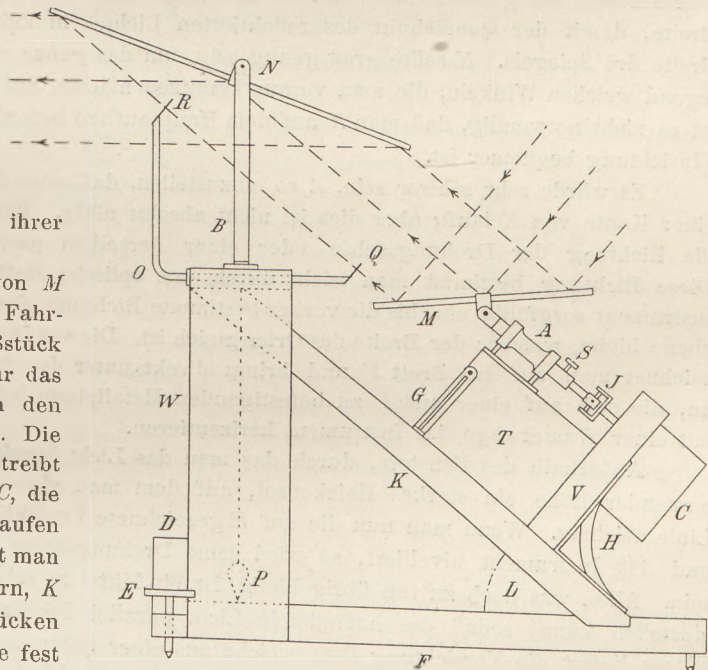
Arthur W. Gray, University of California.

Für ungefähr zehn Mark und mit ein wenig Arbeit kann man sich leicht einen gut wirkenden Heliostaten herstellen.

Ein Planspiegel *M* dreht sich mit der gleichförmigen Geschwindigkeit von einer Drehung täglich in der entgegengesetzten Richtung der Erddrehung um eine Achse, die parallel derjenigen der Erde ist. Wenn nun der Spiegel einmal so eingestellt ist, daß er auffallendes Sonnenlicht parallel der Drehungsachse reflektiert, so behält das reflektierte Licht seine Richtung bei, indem seine verschiedenen Elemente einfach Zylinder um die Achse beschreiben. Man kann nun dieses Licht vermittelt eines zweiten ruhenden, aber verstellbaren Spiegels *N*

in eine beliebige Richtung reflektieren. Natürlich muß man von Tag zu Tag den Winkel zwischen *M* und seiner Achse ein klein wenig ändern, da die Mittagshöhe der Sonne sich mit dem Fortschreiten der Erde in ihrer Bahn ändert.

Die Drehungsachse von *M* stellt man aus einem alten Fahrradpedal her. Das eine Fußstück nimmt man weg, da man nur das andere benutzt, um es an den Hauptaufbau anzuschrauben. Die Drehungsachse des Pedals betreibt man durch eine Weckeruhr *C*, die man für ein paar Mark kaufen kann. Den Hauptaufbau stellt man aus zwei starken Holzbrettern, *K* und *F*, und zwei vertikalen Stücken *W* her, indem man das Ganze fest zusammenfügt, sodaß der Winkel *L* gleich der Breite des Ortes ist, wo das Instrument benutzt werden soll. Rechtwinklig zu *K* und zueinander macht man durch Schrauben und die Leisten *G* und *H* die *A* bzw. *C* haltenden kurzen Bretter *T* und *V* fest. Das Kreuzstück *D* wird hinter den vertikalen Stücken *W* befestigt und trägt an seinen über diese hinaus-



das Kreuzstück *D* wird hinter den vertikalen Stücken *W* befestigt und trägt an seinen über diese hinaus-

<sup>1)</sup> Vergl. School Science, III. 3. Juni 1903, p. 162.

ragenden Enden zwei Stellschrauben  $E$ , die man aus großen Holzschrauben mit stumpf gefeilten Spitzen herstellen kann.

Da der Stundenzeiger sich zweimal täglich umdreht, so erhält man die richtige Geschwindigkeit, wenn man auf die Drehungsachse des Zeigers ein kleines Zahnrad aus Messing aufsetzt, das ein anderes mit zweimal soviel Zähnen treibt. Da aber die dabei erhaltene Drehungsrichtung nicht richtig sein wird, muß man noch ein drittes Zahnrad anwenden, das einem der beiden andern gleich ist; aber die zwei gleichen Räder müssen gegeneinander wirken. Die Zeiger, das Zifferblatt und das Glas nimmt man von der Uhr ab und schraubt oder lötet die Drehlager der Zahnräder direkt an das Uhrwerksgestell an. Das Glas sollte man durch ein Metallblech ersetzen, welches mit einem Loch für die den Spiegel  $M$  treibende Stange versehen ist, und das an die innere Seite der Uhrdose angelötet wird. Den Zutritt von Staub verhindert man, indem man die Öffnung mit eng schließendem Filz bedeckt. Die treibende Stange muß gut, aber leicht in ein in das eine Ende der Pedalachse koaxial gebohrtes Loch passen. Die Schraube  $S$  wird benutzt, um die Pedalachse an der Stange zu befestigen. Es ist zweckmäßig, ein Cardanisches Gelenk  $J$  hinzuzufügen, um unnütze Reibung zu vermeiden, die auftreten wird, wenn Stange und Achse nicht sehr genau gleichgerichtet sind.

Man muß den Spiegel  $M$  an die Drehungsachse von  $A$  so anbringen, daß der Winkel zwischen Achse und Spiegel sich beliebig verändern läßt.  $N$  dreht sich bequem zwischen den Armen eines U-förmigen Metalljochs  $B$ , das man durch eine einzige Schraube auf einem die oberen Enden der vertikalen Stücke  $W$  verbindenden Holzbrettchen befestigt.  $N$  wird also sowohl um eine vertikale als um eine horizontale Achse drehbar sein. Die Gelenke müssen genügende Reibung besitzen, damit nicht zufällige Stöße die Einstellungen der Winkel verändern. Die Breite des Spiegels  $M$  sollte wenigstens ebensogroß sein als der Durchmesser der größten Linse, welche die Schule besitzt, und seine Länge etwa  $1\frac{8}{10}$  seiner Breite, damit der Querschnitt des reflektierten Lichtes in keiner Stelle kleiner sei als die Breite des Spiegels.  $N$  sollte groß genug sein, um das ganze von  $M$  reflektierte Licht unter irgend welchen Winkeln, die man voraus benutzen möchte, auffangen zu können. Natürlich ist es nicht notwendig, daß man  $N$  auf dem Hauptaufbau befestigt, wenn irgend eine andere Einrichtung bequemer ist.

Es würde sehr schwer sein,  $A$  so einzustellen, daß seine Drehungsachse genau parallel einer Kante von  $K$  läuft; aber dies ist nicht absolut nötig. Wohl aber muß man unbedingt die Richtung der Drehungsachse oder einer derselben parallelen Linie genau kennen. Diese Richtung bestimmt man leicht durch eine optische Methode. Danach stellt man das Instrument sorgfältig ein, bis die vorher bestimmte Richtung einen Winkel mit der Horizontalebene bildet, welcher der Breite des Ortes gleich ist. Die vertikale Projektion dieser Richtung zeichnet man auf das Brett  $F$  und bringt direkt unter der Spitze des Lotes  $P$  eine Marke an, die sich auf einer auf  $F$  zu befestigenden Metallplatte befindet. Man kann aber auch mit einer Wasserwaage das Instrument horizontieren.

Außerhalb des Fensters, durch das man das Licht hereinlassen will, befestigt man in passender Höhe ein starkes Holzkonsol, auf dem man eine genau nordsüdlich gerichtete Linie zeichnet. Wenn man nun die auf  $F$  gezeichnete Projektion dieser Linie parallel stellt und das Instrument nivelliert, so wird seine Drehungsachse derjenigen der Erde parallel sein. Alles, was noch zu tun übrig bleibt, ist ein Mittel zu schaffen, durch das man  $M$  leicht einstellen kann, sodaß das auffallende Licht parallel der Drehungsachse reflektiert wird. Dieses liefert die Vorrichtung  $ROQ$ , welche aus einer festen rechtwinklig gebogenen Metallstange besteht. Der eine Arm paßt ziemlich eng in ein durch das Brettchen, auf welchem  $B$  befestigt ist, hindurchgebohrtes Loch und trägt am Ende ein Metallquadrat  $Q$  von ungefähr  $\frac{1}{2}$  cm Kantenlänge. Das andere Ende trägt ein etwas größeres Metallstück  $R$ , worauf sich zwei den Diagonalen von  $Q$  parallele Linien befinden, sodaß die den Mittelpunkt des Quadrates und den Schnittpunkt der beiden Linien verbindende Gerade parallel der Drehungsachse von  $A$  wird. Wenn diese Vorrichtung nicht gebraucht wird, so kann man den Arm  $OR$

herunterdrehen. Seine richtige Stellung kann man jederzeit wiederfinden durch Hinaufklappen bis an einen an  $OQ$  passend angebrachten Anschlag.

Nachdem man den Heliostaten mit dem im Gang befindlichen Uhrwerk vor das Fenster gestellt und nivelliert hat, gibt man der eben beschriebenen Vorrichtung  $ROQ$  die in der Figur gezeichnete Stellung. Dann stellt man den Spiegel  $M$  ein, bis der Schatten von  $Q$  auf das Kreuz auf  $R$  fällt und zieht sodann die Schraube  $S$  an. Jedes Einstellen des ins Zimmer geschickten Lichtbündels muß man durch den Spiegel  $N$  bewirken. Wenn nun alles genau justiert ist und die Uhr regelmäßig läuft, so bleibt der Mittelpunkt des hellen Lichtflecks auf der dem Fenster gegenüberliegenden Wand stundenlang in derselben Lage. Wenn dies nicht geschieht, wird eine Betrachtung seiner Bewegung gewöhnlich zeigen, was man zu ändern hat. Nachdem man einmal die richtigen Einstellungen erhalten hat, ist es zweckmäßig, um spätere Einstellungen abzukürzen, eine der einen Kante von  $F$  anliegende Holzstange auf das Konsol festzuschrauben. Wenn das Instrument außer Gebrauch ist, löst man die Schraube  $S$ , um die Abnutzung des Uhrwerks zu verhindern, und stellt die Ebene von  $M$  senkrecht zur Drehungsachse, um das Anstoßen gegen  $T$  zu vermeiden, falls die Uhr zufälligerweise den Spiegel in Bewegung setzen sollte.

Mit den einfachsten Werkzeugen hat der Verfasser einen Heliostaten dieser Art hergestellt, welcher bei einer Probe den Spiegel Tag und Nacht für mehr als eine Woche trieb, obgleich an  $J$  kein Cardanisches Gelenk angebracht war und daher bedeutende Reibung stattfand. Die durch die Erfahrung als zweckmäßig erkannten kleinen Verbesserungen sind hier beschrieben worden. Um Platz zu sparen, sind unnötige Beschreibungen von Einzelheiten weggelassen; der Lehrer wird aber sofort sehen, wie er die Konstruktion dem vorhandenen Material anpassen kann.

## Kleine Mitteilungen.

### Elementare Behandlung des Gesetzes von Biot und Savart.

Von Dr. H. J. Oosting in den Helder.

Die nachfolgenden Betrachtungen über den Zusammenhang zwischen der Hypothese von Ampère und dem Gesetze von Biot und Savart sind vielleicht nicht bekannt, jedenfalls nicht allgemein bekannt.

Es sei  $yy'$  (Fig. 1) der unendlich lange geradlinige Stromleiter. Wir nehmen in einer zum Stromleiter senkrecht stehenden Geraden die Punkte  $M_1$  und  $M_2$  in den Entfernungen  $OM_1 = r_1$  und  $OM_2 = r_2$ . Aus  $M_1$  ziehen wir zwei Geraden, welche einen unendlich kleinen Winkel einschließen und von dem Stromleiter ein Stück  $a_1$  ausschneiden, das den Punkt  $A_1$  enthält. Aus dem Punkte  $M_2$  ziehen wir zwei Geraden, welche den aus  $M_1$  gezogenen parallel sind und von dem Stromleiter das Stück  $a_2$  ausschneiden, das den Punkt  $A_2$  enthält. Für die Stücke  $a_1$  und  $a_2$  gilt das Verhältnis

$$a_1 : a_2 = M_1 A_1 : M_2 A_2 = r_1 : r_2.$$

Nehmen wir die Ampèresche Hypothese an, nach der die Kraft, die von einem Stromleiter-element auf einen Magnetpol ausgeübt wird, proportional der Länge des Stromleiter-elementes und umgekehrt proportional der zweiten Potenz der Entfernung ist, bei einem bestimmten Winkel zwischen dem Stromleiter-elemente und der Verbindungslinie mit dem Magnetpol, so sind die Kräfte, welche die Teile  $a_1$  und  $a_2$  des unendlich langen Leiters auf gleiche Magnetpole in  $M_1$  und  $M_2$  ausüben, den Entfernungen  $M_1 A_1$  und  $M_2 A_2$  und also auch  $r_1$  und  $r_2$  umgekehrt proportional. Verfährt man in derselben Weise weiter, indem man immer aus  $M_1$  und  $M_2$  parallele Geraden zieht, und summiert man die Kräfte, die von den Teilen des geradlinigen Leiters auf denselben Magnetpol ausgeübt werden, so findet man, daß die Kräfte, die von dem ganzen Leiter auf den gleichen Magnetpol in  $M_1$  und  $M_2$  ausgeübt werden, den Entfernungen  $r_1$  und  $r_2$  umgekehrt proportional sind.

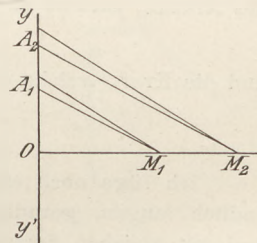


Fig. 1.

Eine vollständige elementare Berechnung der Kraft, welche der Stromleiter mit der Stromstärke  $i$  auf einen Magnetpol von der Stärke  $m$  in der Entfernung  $r$  ausübt, erhält man in nachstehender Weise (in Einheiten des elektromagnetischen C.G.S.-Systems).

Aus dem Punkte  $M$  (Fig. 2) ziehen wir wieder zwei Geraden, welche einen unendlich kleinen Winkel einschließen und von dem Stromleiter ein Stück ausschneiden, das den Punkt  $A$  enthält. Es sei  $BC$  die Projektion des ausgeschnittenen Stückes auf der in  $A$  senkrecht zu  $MA$  stehenden Ebene. Nach der Ampèreschen Hypothese ist dann die Kraft, welche von dem ausgeschnittenen Stücke auf den Magnetpol in  $A$  ausgeübt wird

$$K = \frac{BC \cdot i \cdot m}{MA^2}.$$

Wir ziehen nun in der Ebene  $Myy'$  den Kreis mit  $M$  als Mittelpunkt und  $MO = r$  als Halbdurchmesser. Durch die beiden aus  $M$  gezogenen Geraden wird aus diesem Kreis das Stück  $DE$  ausgeschnitten, das als geradlinig betrachtet werden kann. Dafür gilt

$$DE : BC = MO : MA$$

also  $BC = DE \cdot \frac{MA}{MO}$

und  $K = \frac{DE \cdot i \cdot m}{MO \cdot MA}$

Führen wir den Winkel  $MAO = \alpha$  ein, so ist  $MA = MO / \sin \alpha$ , und

$$K = \frac{DE \cdot i \cdot m}{MO^2} \sin \alpha.$$

Die Kraft, die von der Hälfte  $Oy$  des Stromleiters auf den Magnetpol in  $M$  ausgeübt wird, ist also

$$\Sigma \frac{DE \cdot i \cdot m}{MO^2} \sin \alpha = \frac{i m}{r^2} \Sigma DE \sin \alpha.$$

Nun ist  $DE \sin \alpha$  die Projektion von  $DE$  auf  $yy'$  oder auf den Halbdurchmesser  $MQ$  des Kreises, parallel an  $yy'$  gezogen. Somit ist

$$\Sigma DE \sin \alpha = MQ = MO = r$$

und die Kraft, welche von dem ganzen Leiter  $yy'$  auf den Pol in  $M$  ausgeübt wird, ist

$$\frac{2 i m}{r}.$$

Ich füge noch eine Bemerkung hinzu über das magnetische Feld zwischen zwei unendlich langen, geradlinigen parallelen Stromleitern mit entgegengesetzter Stromrichtung und mit gleichen Stromstärken. In einem Punkte in den Entfernungen  $r$  und  $r'$  von den Stromleitern ist die Feldstärke

$$F = C \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right) = C \frac{r + r'}{r r'},$$

wo  $C$  eine Konstante ist.

Die Summe  $r + r'$  ist konstant, und das Produkt  $r r'$  hat somit den größten Wert, wenn  $r = r'$  ist. Also hat die Feldstärke in der Mitte zwischen den parallelen Leitern den kleinsten Wert.

### Verwendung des Gelatine-Hygroskopes.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Um die Luft in einer Flasche auf ihre Feuchtigkeit oder Trockenheit zu prüfen, kann man eine kleine Flocke Baumwolle einsenken, die durch Chlorkobaltlösung und Trocknen rötlich gefärbt und an einem Glasröhrchen befestigt ist. Schneller wirkend ist ein Streifen eines Blattes gefärbter Gelatine, das auf der einen Seite lackiert wurde (nach Rosenberg, *Experimentierbuch*, Wien, A. Hölder, III S. 9). Mit etwas Siegellack oder durch Festbinden mit

Zwirn bringt man die bis 5 mm breiten Streifen an den zugeschmolzenen Enden dünner Glasröhren an. An einem dieser Glasröhren stellt man am andern Ende in der Flamme drei kleine, gegen die Röhre senkrechte Füße her, sodaß man den winzigen Apparat aufrecht hinstellen kann. Um den Streifen nicht durch Schwerkraft sich dauernd verbiegen zu lassen, kann das tragende Glasröhren oben kandelaberartig herabgebogen sein.

Stellt man dies sehr schnell reagierende Hygroskop neben einem Schälchen mit konzentrierter Schwefelsäure unter eine Glasglocke, in deren Tubus sich ebenfalls ein Hygroskop an einem im Stopfen sitzenden Glasröhren befindet, so sieht man, wie die Luftfeuchtigkeit unter der Glocke unten und oben ziemlich gleich schnell abnimmt (Theorie des Exsiccators).

Im Abstand von 20 cm von einer gewöhnlichen Bunsenflamme oder 40 cm von einer Teclu- oder Argandflamme krümmt sich das dort aufgestellte Streifchen sofort, wenn seine Fläche senkrecht bestrahlt wird, und streckt sich ebenso schnell, wenn es um 90° gedreht wird, sodaß die Strahlen der Fläche parallel gehen. Daß eine Bunsenflamme nach Hineinhalten eines Drahtnetzes sehr viel stärkere Strahlung aussendet, macht ein ziemlich entfernt stehendes Hygroskop leicht sichtbar.

Zum Nachweis langsam aufsteigender Luftströme über verdunstendem Wasser bringt man einen hygroskopischen Gelatinestreifen in der Mitte einer langen, etwa 5 cm weiten Glasröhre an. Dazu befestigt man ihn am einen Ende eines schmalen, u-förmig gebogenen Streifchens Schablonenblech, dessen anderes mit Siegellack versehenes Ende mittels langen Stabes auf die zu erwärmende Stelle der Glasrohrwand angedrückt wird. Das Glasrohr wird zum Versuch senkrecht mittels Statives aufgestellt und ein Gefäß mit Wasser darunter gesetzt. Natürlich würde eine Krümmung des Gelatinestreifens „nach Feucht“ für das Emporsteigen feuchterer Luft nichts beweisen, wenn man die Glasröhre kurz vorher in Händen hielt oder durch Strahlung des zu nahen Körpers erwärmt. Eine besonders schnelle Wirkung tritt ein, wenn man ein Reagensglas, das zur Hälfte mit befeuchtetem Filtrierpapier bedeckt ist und verkehrt auf einen auf einem Brettchen festgekitteten Kork gesetzt wird, durch Unterschieben von Holzklötzen bis auf einige cm in die untere Öffnung der senkrechten Röhre hineinragen läßt (Fig. 1a). Bringt man das Reagensglas hingegen oben an, indem man es mit einem entsprechend gebogenen Draht versieht, mit dem es dem oberen Rande der Glasröhre aufliegt, so wird wenigstens bei nicht zu geringer Luftfeuchtigkeit trotz der abkühlenden Wirkung der Verdunstung ein absteigender Strom feuchter Luft nicht angezeigt.

Im Stopfen einer Flasche (Fig. 1b), die man durch Ansaugen mittels hineinragenden Schlauches mit Zimmerluft gefüllt hatte, sitzt ein zugeschmolzenes Glasrohr mit dem Hygroskop, sowie eine Glasröhre, durch die man mittels angesetzten Schlauches die Luft im Innern ausdehnt oder wieder verdichtet. An der Krümmung des Streifchens erkennt man die bald vorübergehende Vermehrung und Verminderung der relativen Feuchtigkeit als Wirkung der Änderung der Lufttemperatur infolge adiabatischer Druckänderung. Der Versuch eignet sich zur Projektion; das hineinragende Ende der Glasröhre biegt man am besten so zurück, daß die einströmende Luft das Streifchen nicht trifft. Um zu zeigen, welche Bedeutung die Krümmung des Streifens nach der einen oder anderen Seite hat, zieht man ihn mit dem Stopfen heraus und läßt etwas Atemluft dagegen strömen.

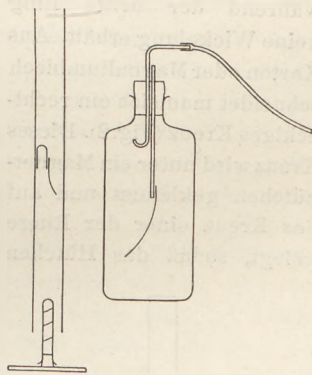


Fig. 1 a. Fig. 1 b.

### Ein Drehstrommodell zur Selbstanfertigung.

Von Prof. Adami in Hof.

Ein kräftiger Hufeisenmagnet von 11 cm Schenkelweite und 15 cm Schenkellänge hat in seiner tiefsten Stelle ein Loch, in das eine vertikal drehbare Achse gesteckt wird. Aus Messing- oder Zinkblech oder auch aus Postkartenkarton schneidet man sich zwei kreisrunde

Scheiben von 10 cm Durchmesser, befestigt dieselben in ungefähr 10 cm über einander mittels Nähfaden so, daß jede derselben eine horizontale Lage einnimmt, wenn die Vorrichtung an einem Stativ aufgehängt wird. Der Mittelpunkt der unteren Scheibe muß sich hierbei ca. 5 cm über der Mitte des Hufeisenmagneten befinden (Fig. 1).

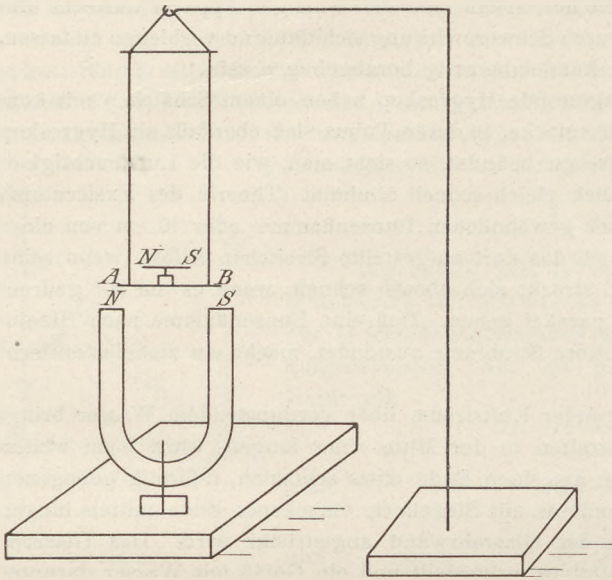


Fig. 1.

Auf die untere Scheibe setzt man in die Mitte einen Fuß von Messing oder Blei, in welchen man eine abgebrochene Nähnaedel mit der Spitze nach oben gesteckt hat, und legt auf die Spitze der Nähnaedel das Hütchen mit einer Magnetnaedel, sodaß dieselbe leicht beweglich ist.

1. *Versuch.* Dreht man den Magneten mit der Hand um seine Achse, so bewegt sich die Magnetnaedel synchron mit dem Hufeisenmagneten und diese Bewegung erzielt man selbst dann, wenn die

Magnetnaedel sich 32 cm oberhalb des Hufeisenmagnets befindet. —

Aus Blumendraht wickelt man sich darauf drei Ringe, jeden von ca. 5 g Gewicht und 65 mm Durchmesser, taucht die Ringe in geschmolzenes Paraffin oder Baumwachs, umwickelt einen von ihnen mit einer Lage und den andern mit zwei Lagen isolierten Kupferdrahtes von 0,5 mm Dicke, während der dritte Ring keine Wicklung erhält. Aus Karton oder Magnaliumblech schneidet man sich ein rechteckiges Kreuz (Fig. 2). Dieses Kreuz wird unter ein Magnethütchen geklemmt und auf das Kreuz einer der Ringe gelegt, sodaß das Hütchen

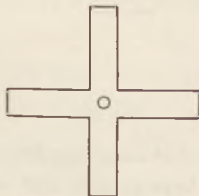


Fig. 2 (1/3).

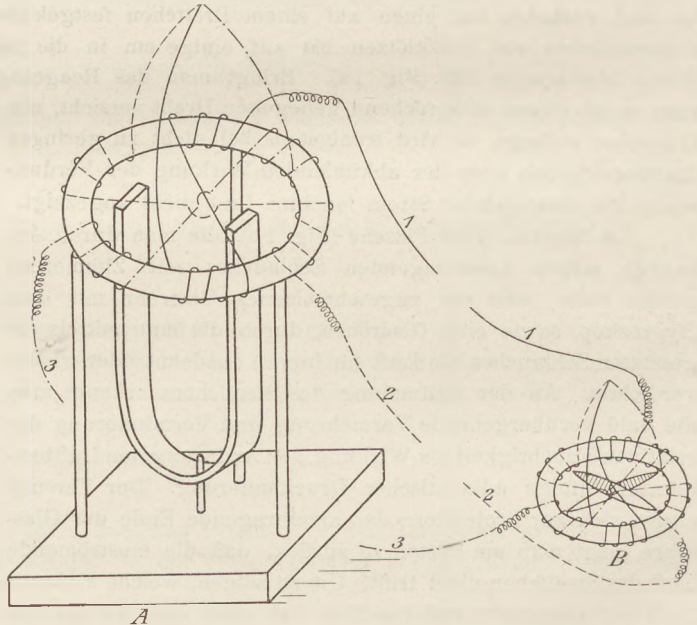


Fig. 3.

in der Mitte des Ringes sich befindet. Die ganze Vorrichtung setzt man jetzt auf die Spitze der Nähnaedel, nachdem man die Magnetnaedel, die beim ersten Versuch zur Verwendung gekommen war, entfernt hat, und dreht wieder den Hufeisenmagnet um seine Achse.

2. *Versuch.* Ist der Ring ungefähr 5–10 cm von dem Hufeisenmagneten entfernt, so bewegt er sich noch synchron, bei größerer Entfernung tritt ein asynchrone Bewegung ein und hört bei ca. 20 cm Entfernung über dem Hufeisenmagneten ganz auf.

3. *Versuch.* Um zu zeigen, daß eine Schirmwirkung durch Zwischenschaltung von Eisenblech\*) nicht eintritt, nimmt man als Scheibe  $AB$  (Fig. 1) dünnes Weißblech von 10 cm Durchmesser. Sowohl die Magnetnadel als auch die Ringe rotieren gerade so wie vorher. Selbst wenn man den Durchmesser der Weißblechscheibe auf 20 cm vergrößert, erhält man dieselben Rotationen, ja man kann sogar über den Hufeisenmagneten einen eisernen Kochtopf in der Weise stülpen, daß sich unten mit der Hand noch die Drehung des Hufeisenmagneten ausführen läßt — die Wirkung ist gerade so, als wenn nur eine Papierscheibe zwischen dem Hufeisenmagnet und der Magnetnadel oder dem Ring aufgehängt wäre.

Zur Vorführung des eigentlichen Drehstroms muß man, nachdem, wie oben gezeigt wurde, sich die Wirkung eines Magneten nur auf geringe Entfernungen erstreckt, die Elektrizität zu Hilfe nehmen.

Daß man in der Praxis nicht permanente Magnete, sondern durch Gleichstrom erregte Elektromagnete verwendet, ist als selbstverständlich vorausgesetzt.

Ein Ring aus weichem Eisendraht, der in geschmolzenes Paraffin oder Baumwachs gesetzt wurde, wird mit der Drehstromwicklung aus isoliertem Kupferdraht versehen. Äußerer Durchmesser des Ringes = 14 cm, Gewicht vor der Bewickelung = 250 g; Gewicht nach der Bewickelung = 1650 g. Der Ring wird auf drei Ständer gelegt, sodaß der Hufeisenmagnet in demselben gedreht werden kann, wobei die Pole des Hufeisenmagneten möglichst nahe an den Drahtwindungen des Ringes vorbeigehen. Diese Vorrichtung stellt den Drehstrom-generator dar (Fig. 3 A).

Ein zweiter Ring von 100 g Blumendraht, in der gleichen Weise wie der erste Draht gewickelt, wiegt nach seiner Bewickelung 260 g und hat einen inneren Durchmesser von 80 mm (Fig. 3 B). Dieser Ring stellt den Drehstrommotor dar.

4. *Versuch.* Den kleinen Ring legt man auf einen Tisch oder auf die Linse eines Projektionsapparates, der so eingerichtet ist, daß man mit demselben die Bilder an der Decke des Zimmers auffangen kann. In die Mitte des kleinen Ringes bringt man die beim ersten Versuch beschriebene Magnetnadel und dreht jetzt den Hufeisenmagneten, nachdem man mit drei Drähten eine Verbindung der Enden des großen Ringes mit den Enddrähten des kleinen Ringes hergestellt hat, langsam mit der Hand um seine Achse. Man sieht, wie sich die Magnetnadel synchron mit dem Hufeisenmagneten sowohl vorwärts als rückwärts bewegt.

5. *Versuch.* Schraubt man jetzt einen der drei Drähte ganz heraus oder entfernt ihn, sodaß der Generator nur noch durch zwei Drähte mit dem Motor verbunden ist, so erfolgt die Rotation der Magnetnadel ebenso sicher und leicht wie vorhin und man hat hier eine sehr instructive Verbindung des Einphasenstromes mit der Drehstromwicklung.

6. *Versuch.* Bringt man die bei dem zweiten Versuch verwendete Vorrichtung in der Mitte des kleinen Ringes an, so bewegt sich jeder der drei Ringe und zwar asynchron mit dem Hufeisenmagneten.

Einen brauchbareren Ring, als der aus Blumendraht gewickelte ist, erhält man, wenn man von einer Salbenschachtel, wie solche in den Apotheken verwendet werden, oder von einer Wichsschachtel einen Ring abdreht. Noch bequemer ist es, wenn man den Deckel einer dieser Schachteln auf das in Figur 2 gezeichnete Kreuz legt; dann dreht sich der ganze Deckel asynchron mit dem Hufeisenmagneten.

Bei richtiger Zentrierung ist es möglich, einen Blumendrahtring von 20 g Gewicht mit dem Modell in Rotation zu versetzen.

Der Ring muß jedoch genau zentrisch aufgelegt und die Masse des Ringes muß symmetrisch verteilt sein, sonst gelingt der Versuch nicht.

7. *Versuch.* Dreht man, während der Ring in dem Motormodell noch in Rotation ist, den Hufeisenmagnet in entgegengesetzter Richtung, so kommt der Motorring allmählich zur Ruhe und rotiert dann ebenfalls in entgegengesetzter Richtung.

---

\*) Dieselbe tritt bekanntlich erst ein, wenn das Eisen mehr als 10 mm Dicke besitzt und den Apparat vollständig von allen Seiten in möglichst geringer Entfernung umschließt.

Der große Ring — der Generator — kann Dreieck- oder Sternschaltung besitzen, ebenso der kleine — das Motormodell — ja man kann sogar den großen Ring in Sternschaltung und den kleinen Ring in Dreieckschaltung und umgekehrt bringen, die Wirkung ist in allen Fällen gleich zuverlässig.

8. *Versuch.* Wickelt man um einen Ring aus Blumendraht einen isolierten Kupferdraht absichtlich fehlerhaft, z. B. in der Weise, daß man die zweite Lage nur über 9/10 der ersten Lage sich erstrecken läßt und dann die beiden Enden zusammendrehet, so läuft dieser Ring bei Versuch 1 gleichfalls an; es gelingt jedoch in keiner Weise, denselben als Motor in dem Motormodell in Rotation zu versetzen, ebensowenig wie ein richtig gewickelter Ring anläuft, wenn man wie beim 5. Versuch einen Draht entfernt und den Versuch nur mit zwei Drähten anstellen will.

Der Apparat kann auch um 60 M. durch den Verfasser bezogen werden.

### Versuche mit einfachen Mitteln.

1. **H. Kuhfahl** in Landsberg a. W. **Der hydrostatische Auftrieb.** Man setzt einen mittelgroßen Trichter mit nicht zu engem Rohr umgekehrt in eine Schale, die mit Wasser gefüllt ist, saugt ihn voll Wasser und verschließt die Rohröffnung mit dem Finger. Das in der Schale zurückbleibende Wasser muß noch einen genügenden Abschluß für den Rand des Trichters bilden. Entfernt man den Finger, so wird der Trichter durch den Auftrieb des Wassers emporgehoben und fällt dann mit hörbarem Geräusch in die Schale zurück.

2. **R. Amberg** in Duisburg. **Dämpfung von Schwingungen.** Man versetzt eine Wassermenge, die sich in einer größeren Schale befindet, dadurch in Schwingungen, daß man eine an einem Stabe befestigte wagrecht gehaltene Scheibe in der Mitte der Schale mehrmals in gleichen Zeitabschnitten auf- und niederbewegt. Beim ersten Versuch entfernt man die Scheibe aus der Flüssigkeit im Augenblick der oberen Ruhelage und läßt die Schwingungen ungestört abklingen, während man in einem zweiten Versuch durch eine kurze Gegenbewegung der Scheibe einem Teile der Flüssigkeit eine Bewegung verleiht, die in der Phase um eine halbe Periode gegen die ursprüngliche verschoben ist und durch Interferenz mit ihr eine schnelle Dämpfung hervorbringt. Zweckmäßig bedient man sich dabei zur Erzielung einer gleichmäßigen Bewegung eines Taktzählers, den man die doppelte Anzahl der anfänglichen Hebungen und Senkungen schlagen läßt, um nachher für den Gegenstoß den richtigen Zeitpunkt zwischen zwei Takten zu treffen.

### Für die Praxis.

Eine Dreifingerregel für den Kreisel und den Präzessionsapparat. Von **A. Schmidt** in Friedenau. Wenn man mit einem Kreisel (Fesselschen Apparat) zeigt, daß bei der Rotation der Kreiselmasse und bei der Wirkung einer Kraft, die die Kreiselachse zu drehen strebt, diese zur Seite ausweicht, so ergibt eine Beobachtung des Apparates oder eine Betrachtung der auftretenden Kraftkomponenten die folgende Regel: Hält man den Daumen der rechten Hand in die Richtung der Kreiselachse und den senkrecht dazu gespreizten Zeigefinger in die Richtung der Achse, um die die vorhandene Kraft die Kreiselachse zu drehen strebt, so gibt der senkrecht zu beiden gespreizte Mittelfinger die Achse an, um die der Kreisel beim Ausweichen sich dreht: dabei verlaufen alle drei Drehungen von der Hand aus betrachtet mit dem Uhrzeiger oder zwei von ihnen gegen ihn. — Liegen (wie bei der Bewegung der Erdachse) Verhältnisse vor, die eine Drehung um die auf den beiden ersten senkrechte Achse verhindern, so wird die Bewegung um die dritte Achse (Mittelfinger) in zwei Komponenten zerlegt, von denen nur eine zu stande kommt.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Ein Apparat zur Analyse von Schwingungen.** Diesen Apparat und die mit ihm angestellten Versuche hat E. GRIMSEHL auf der Naturforscherversammlung in Kassel vorgeführt und sowohl in der *Physikal. Zeitschr.*, No. 26b, als in den *Verhdl. d. D. physikal. Gesellschaft*, No. 18/19, beschrieben. Er wurde zur Konstruktion veranlaßt durch den Wunsch, zur Bestimmung der Schwingungszahl eines Tons mit der gewöhnlichen Lochsirene den Gebrauch eines Zählwerkes zu vermeiden, dessen Einschaltung stets mit einer Störung der Umdrehungsgeschwindigkeit verbunden ist. Er läßt zu diesem Zweck einen Lichtstrahl durch die Lochreihe der gedrehten Sirenenscheibe auf eine bewegte photographische Platte fallen.

Der Apparat (Fig. 1) besteht aus einem auf einem Stativ aufgestellten astronomischen Fernrohr. An der Stelle, wo das reelle Bild des Gegenstandes erzeugt wird, ist eine Hülse angebracht, durch welche hindurch eine photographische Platte von 3 cm Breite in einem bestimmten Augenblicke hindurch fallen kann. Zu dem Zwecke ist auf die obere und untere Seite der Hülse eine flache, durch einen Schieber verschließbare Kassette aufgesteckt. In die obere Kassette wird vor Beginn einer Beobachtung eine photographische Platte in einen passenden Metallrahmen eingebracht. Zieht man dann den Kassettenschieber heraus, so fällt der Metallrahmen mit der Platte auf einen in der mit dem Fernrohr verbundenen Hülse befindlichen Haltestift, der entweder durch einen Druckknopf oder auf pneumatischem Wege durch Drücken auf einen Gummiball zurückgezogen werden kann, wodurch der Metallrahmen mit der photographischen Platte frei wird. Die Platte fällt herunter, durch das Fernrohr hindurch in die untere Kassette, die nun verschlossen wird. In der Dunkelkammer kann dann die Platte entwickelt werden.

Um mit dem Apparate Beobachtungen zu machen, stellt man zuerst das Okular des Fernrohres so ein, daß man das Korn einer in die Hülse eingesetzten Mattscheibe oder die Zeichnung eines eingesetzten photographischen Negativs oder Diapositivs möglichst scharf sieht. Zur Einstellung eignet sich gut ein altes photographisches Negativ, auf dessen Schicht man mit einem scharfen Messer einige feine Striche gezogen hat. Dann stellt man das Objektiv, ohne das Okular zu verschieben, scharf auf den zu beobachtenden Gegenstand, also in dem oben beschriebenen Falle die Löcherreihe der Sirenenscheibe, ein, nachdem man die beiden Kassetten, die obere mit Platte versehen, eingesetzt hat. Jetzt ist der Apparat zur Aufnahme vorbereitet. Man setzt die Sirenenscheibe in Bewegung und drückt in dem Augenblicke, wo der erzeugte Ton die verlangte Höhe hat, auf den Ball. Die Aufnahme ist vollendet, und nach Entwicklung der Platte kann man die kurzen Striche zählen, die der regelmäßig unterbrochene Lichtstrahl (Fig. 2) auf der Platte hervorgebracht hat. Um die Fallzeit der Platte zu bestimmen, wiederholt man den Versuch mit einer zweiten photographischen Platte, auf der man die Schwingungen einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl photographisch fixiert. Aus einer größeren Zahl von Beobachtungen hat sich ergeben, daß die Fallzeit der photographischen Platte mit nur minimalen Abweichungen immer dieselbe ist. Bei dem benutzten Apparat betrug die Fallzeit, d. h. die Zeit, während welcher die Platte vor einem Punkte des reellen Bildes vorbeifällt, annähernd 0,05 Sekunde.

Der Apparat hat sich auch zum Studium von tönenden Stimmgabeln, Saiten u. s. w. brauchbar erwiesen, wie mehrere vom Verf. vorgelegte Abbildungen erkennen lassen. Hierzu wird mit Vorteil der horizontal gestellte Leuchtkörper einer Nernstlampe (Modell B 1902) benutzt, aus der die Vorwärmspirale entfernt ist, die daher mit einem Streichholz vorgewärmt werden muß. Vor den leuchtenden Nernstfaden wird eine Stahlsaiten vertikal aus-

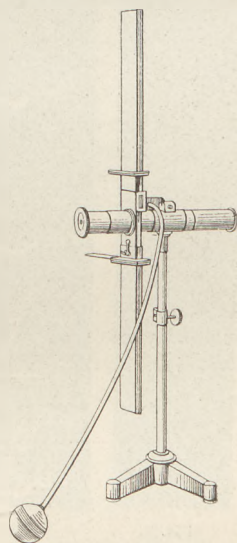


Fig. 1.

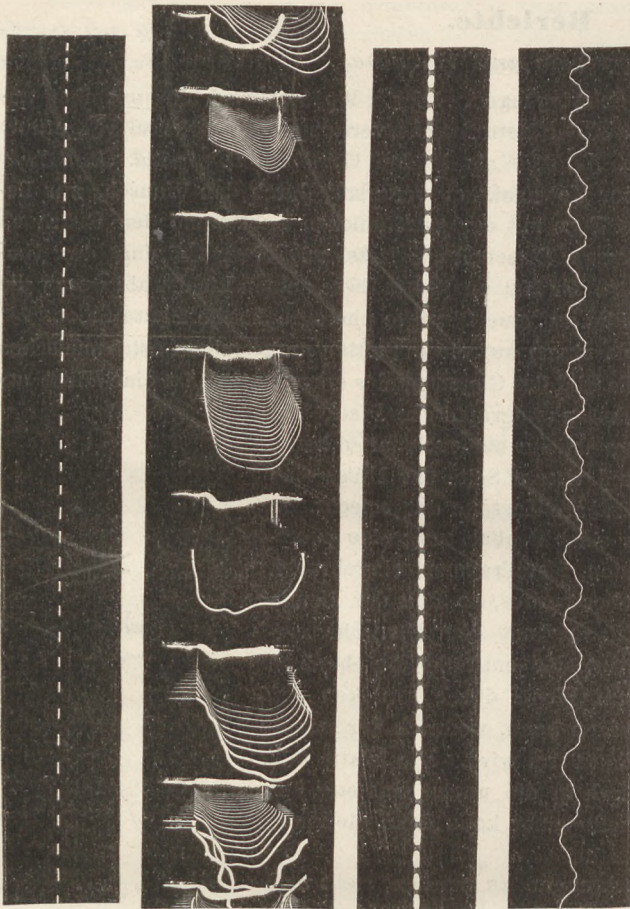


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

gespannt und der photographische Apparat scharf auf die Saite eingestellt; man sieht dann eine helle Linie mit einem dunklen Fleck an der Kreuzungsstelle von Saite und Nernstfaden. Man setzt die Saite in Schwingungen und erhält auf der fallenden Platte einen schwarzen Streifen, auf dem beim Entwickeln eine Wellenkurve zum Vorschein kommt. Auf ähnliche Art wurden die Entladungsfunken eines Induktatoriums von 30 cm, in dessen Zuleitung große Leydener Flaschen eingeschaltet waren, photographiert (Fig. 3) und dabei zwar keine elektrischen Schwingungen, jedoch eine Reihe von Teilentladungen sichtbar gemacht, die der Hauptentladung in Zwischenräumen von ungefähr 0,0003 Sekunden folgten. Die Aufnahme einer singenden Bogenlampe (Fig. 4) ließ die Helligkeitsschwankungen, die bei dieser auftraten, deutlich erkennen. Eine weitere Figur (5) zeigt die Schwingungen einer Saite mit Ober-tönen.

P.

#### Eine Wellenmaschine.

Von E. GRIMSEHL. Zugleich mit dem vorher beschriebenen Apparat hat der Verfasser eine Wellenmaschine bekannt gemacht, an der die Synthese von Schwingungen ausgeführt werden kann, und deren Grundidee bereits in dem Pfaunderschen Apparat (*d. Zeitschr. I, 98*) verwendet ist. Die Ordinaten der Sinus-Kurven sind durch Stahlstäbe mit aufgesetzten Knöpfen dargestellt, die in drei Reihen übereinander, wie die Fig. 1 zeigt, angeordnet sind, und können durch Aufeinandersetzen der einzelnen Stabsysteme addiert werden. In Fig. 2 zeigt die mittlere Reihe

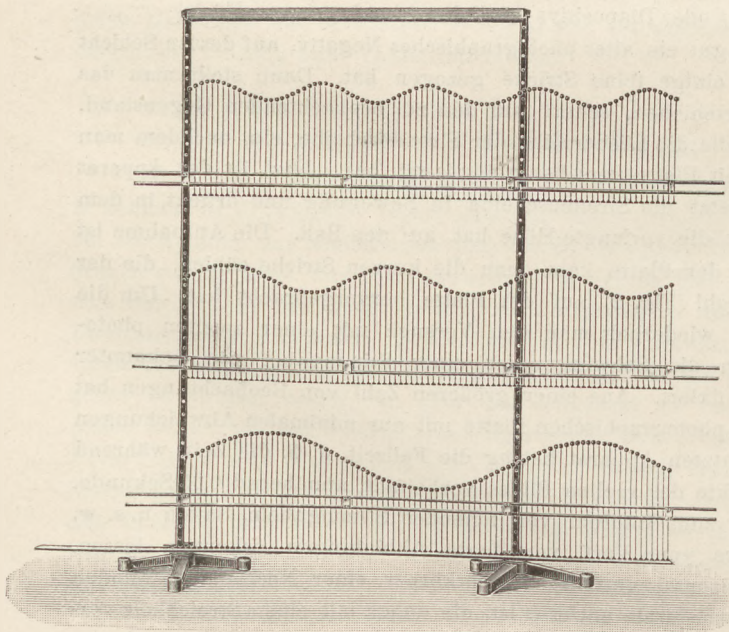


Fig. 1.

die Addition von Grundton und Oktave, wobei die Amplitude der Oktave halb so groß ist, wie die des Grundtons. Fügt man dieser Schwingung noch die zweite Quinte mit  $\frac{1}{3}$  der Amplitude des Grundtons hinzu, so erhält man die oberste Kurve in Fig. 2. Man kann dabei auch jede beliebige Phasendifferenz zur Darstellung bringen. P.

**Interferenz an planparallelen Platten als Vorlesungsversuch.** Über diesen von A. CLASSEN auf der Naturforscherversammlung in Kassel vorgeführten Versuch wird in diesem Heft auch an anderer Stelle (S. 56) berichtet. Der genauen Beschreibung in *Phys. Zeitschr. IV Nr. 26b* sind noch folgende Angaben

sowie die nachstehende Figur entnommen. Von dem Lichtpunkt  $L$  werden an den beiden Flächen der Platte I die Bilder  $L_1'$  und  $L_2'$  erzeugt.  $L_1'$  gibt an der Hinterfläche von II das Bild  $L_1$ , und  $L_2'$  an der Vorderfläche von II das Bild  $L_2$ . Die beiden lichtausstrahlenden Punkte  $L_1$  und  $L_2$  lassen sich vollständig wie die beider Bilder in Fresnels Zweispiegelversuch betrachten und geben genau das gleiche Interferenzstreifensystem, dessen Symmetrieebene liegt. Läßt man also von  $L$  ein schmales Lichtbündel auf die Platte I fallen, so wird die Mitte des Streifensystems, also der in der Projektion allein sichtbare Teil, in dem zweimal reflektierten Bündel nur dann erhalten, wenn der reflektierte Strahl zwischen den beiden Platten senkrecht zur Halbierungslinie des Winkels beider Platten verläuft. Man erhält dann neben dem Lichtfleck, der von dem direkt durchgehenden Licht herrührt, den von dem zweimal reflektierten Licht hervorgebrachten Lichtfleck, und in diesem, wenn der Winkel der Platten hinreichend klein ist, deutliche breite Interferenzstreifen. Man erhält die Erscheinung in beträchtlicher Lichtstärke, wenn man bei horizontalem Lichtstrahl die Ebene des Neigungswinkels der Platten senkrecht stellt. Man kann dann das Licht sehr schräg auf die Platten auffallen lassen, ohne den Neigungswinkel zu vergrößern; man denke sich den Lichtpunkt  $L$  aus der Figur weit nach vorn herausgerückt, sodaß die Lichtstrahlen schräg durch die Zeichenebene hindurchtreten. Man kann dann auch noch die Platten bedeutend voneinander entfernen, sodaß die Aufstellung der im Jaminschen Interferenzrefraktometer ähnlich wird, und endlich kann man noch das direkte Licht abblenden. Zur Ausführung des Versuchs wurde das Bild der positiven Kohlenpitze einer Projektionslampe dicht an die eine Platte gelegt. Die Platten müssen gut plan und aus einem Stück geschnitten sein, damit sie genau gleiche Dicke haben. P.

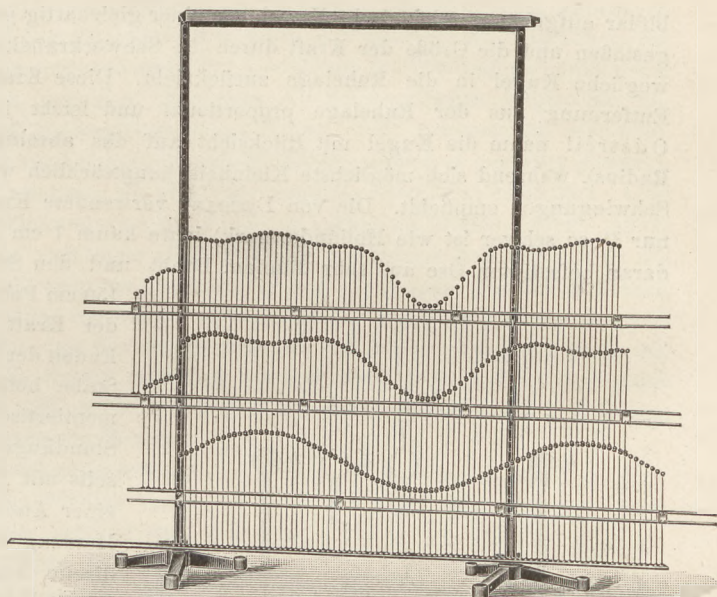
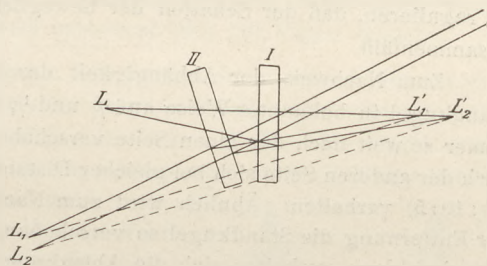
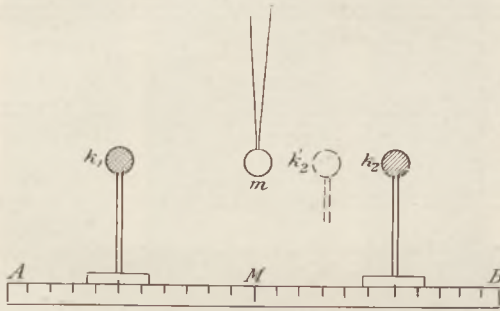


Fig. 2.



**Der Nachweis des Coulombschen Gesetzes für elektrische Ladungen.** In den *Vierteljahrsber. des Wiener Vereins z. Förd. d. phys. u. chem. Unterrichts (VIII, 2, 1903)* beschreibt J. DECHANT eine praktische Abänderung der von Odströil herrührenden Versuchsanordnung. (man vgl. auch K. Noack, *d. Zeitschr. VI, 224*). Bei dieser wird eine an langen Fäden

bifilar aufgehängte elektrische Kugel von einer gleichartig geladenen feststehenden Kugel abgestoßen und die Größe der Kraft durch die Schwerkraftskomponente gemessen, die die bewegliche Kugel in die Ruhelage zurückzieht. Diese Kraft ist bei kleinen Winkeln der Entfernung aus der Ruhelage proportional und leicht in absolutem Maße bestimmbar. Odstrčil nahm die Kugel mit Rücksicht auf das absolute Maßsystem viel zu groß (1 cm Radius), während sich möglichste Kleinheit hauptsächlich wegen der raschen Dämpfung der Schwingungen empfiehlt. Die von DECHANT verwendete Kugel aus Sonnenblumenmark (das nur  $\frac{2}{3}$  so schwer ist wie Hollundermark) hatte kaum 1 cm Durchmesser und wog samt der daran befestigten Öse aus sehr dünnem Draht und den Seidenfäden nur 20 mg, sodaß bei



150 cm Pendellänge ein Ausschlag von 1 cm der Kraft von 0,13 Dyn entsprach. Die Enden der Fäden sind an einem 1 m langen Stabe befestigt, der oberhalb des Experimentiertisches angebracht ist. Den Fuß der Standkugel bildet eine quadratische, unterseits mit Blei belegte Holzplatte, die längs einer Anschlagleiste verschiebbar ist. Die Messung des Ausschlages geschieht nicht direkt, sondern an dem Schattenbild der Kugeln, das durch eine elektrische Bogen-

lampe ohne Linsen in etwa  $2\frac{1}{2}$  m Entfernung auf einen in etwa 5 m Entfernung von den Kugeln befindlichen Schirm geworfen wird, sodaß der Abstand der Kugeln auf dem Schirm aufs Doppelte vergrößert erscheint. Der auf dem Schirm befindliche Maßstab ist in Abständen von halben dm mit kräftigen Strichen versehen und nach beiden Seiten fortlaufend beziffert, er wird so gestellt, daß in der Ruhelage der Schatten der beweglichen Kugel auf den Nullpunkt des Maßstabes fällt. Bei der Ausführung der Versuche empfiehlt es sich, die Ladung der Standkugel durch Berühren mit einem Halbleiter (Holzsplitter) so zu regulieren, daß der Schatten der beweglichen Kugel mit einem Hauptstrich der Teilung zusammenfällt.

Zum Nachweis der Abhängigkeit der Kraft von der Ladung wird die Ladung der Standkugel in bekannter Weise auf  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{4}$  der anfänglichen gebracht und die Standkugel immer so weit nach der einen Seite verschoben, daß die Ausschläge der beweglichen Kugel nach der anderen Seite sich bei gleicher Distanz von der Standkugel wie einfache ganze Zahlen (20:10:5) verhalten. Ähnlich wird zum Nachweis des Gesetzes für die Abhängigkeit von der Entfernung die Standkugel so verschoben, daß die Abstände z. B. gleich 60,  $60\sqrt{2}$ ,  $60\sqrt{3}$ ,  $60\sqrt{2}$  sind, dann verhalten sich die Ablenkungen wie 10:20:30:40.

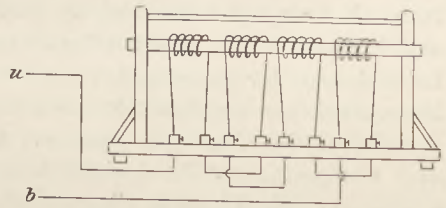
Um den letzteren Versuch noch anschaulicher zu gestalten, kann man auch zwei gleichartig geladene gleich große Kugeln  $k_1$  und  $k_2$  von entgegengesetzten Seiten auf die Pendelkugel  $m$  einwirken lassen (s. Fig.). Macht man die Ladungen zunächst gleich und stellt die Kugeln in gleiche Abstände vom Mittelpunkt der Skala, so muß die Kugel in der Ruhelage bleiben. Reduziert man aber die Ladung von  $k_2$  (durch zweimaliges Berühren mit einer gleichgroßen Hülfskugel) auf den vierten Teil, so muß man  $k_2$  auf die halbe Distanz nähern, um  $m$  in die Ruhelage zurückzuführen, woraus sich leicht das Abstandsgesetz in ähnlicher Weise ergibt, wie beim Nachweis der Abnahme der Beleuchtungsstärke mit der Entfernung. Man kann endlich zwei beliebige Ladungen der Kugeln  $k_1$  und  $k_2$  vergleichen, indem man sie in solche Entfernungen bringt, daß die bewegliche Kugel in der Nulllage bleibt. Es ist dann wie beim Photometer  $e_1/r_1^2 = e_2/r_2^2$ . Zu bemerken ist allerdings, daß die bewegliche Kugel bei dieser Anwendung der Versuche weniger empfindlich ist, weil sie zwischen zwei sich abstoßende elektrische Felder eingezwängt ist.

P.

**Wellendemonstration mit der Rogetschen Spirale.** VON RICHARD HEILBRUN. (*Physikal. Zeitschr.* 4. Jahrg. No. 21, 1903.) Auf die Anwendbarkeit der Rogetschen Spirale zur Demonstration von Longitudinalwellen hat schon Meutzner in dieser Zeitschrift (X. 92) hingewiesen.

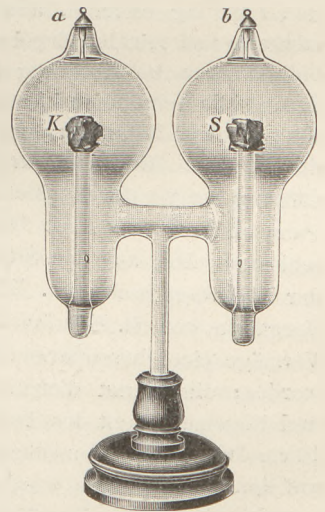
Doch haften dieser Verwendung erhebliche Mängel an, und zwar bestehen diese, abgesehen von dem störenden Einfluß der Reibung am Quecksilber, darin, daß während des Eintauchens die herabschwingende Spule durch die elektrodynamische Anziehung der Windungen aufeinander eine erhebliche Dämpfung erfährt, und daß überhaupt die Schwingungen wegen des Zusammenspiels der elastischen und elektrodynamischen Kräfte nicht symmetrisch verlaufen.

HEILBRUN hat die Rogetsche Spirale dadurch zur Wellendemonstration geeignet gemacht, daß er zur elektrodynamischen Anziehung die elektrodynamische Abstoßung hinzufügt. Dies gelingt nicht, wenn man den Windungssinn der Spule an mehreren Stellen ändert. Denn diese Umbiegungsstellen erweisen sich stets als vollständig unelastisch und verhindern die beabsichtigte Wirkung. Man muß vielmehr mehrere Spulen verwenden, von denen immer die folgende entgegengesetzt gewunden ist, wie die vorhergehende. Auch wird die Spulenachse horizontal gelegt und zur Vergrößerung der Amplituden ein Eisenkern (Gasrohr) durch die Windungen geschoben. Durch die Horizontallegung verliert man freilich den Vorteil der selbsttätigen Unterbrechung und muß einen besonderen Stromunterbrecher bei  $u$  ansetzen, und zwar eignet sich dazu ein elektrischer Wecker ohne Glocke, der mit einigen Trockenelementen betrieben wird. An den Klöppel befestigt man isoliert und in einigen Windungen federnd den Leitungsdraht, der den Strom einiger Akkumulatorenzellen zu einer Unterbrechungsstelle (Platinplättchen und platinierter Stift) führt. Durch Verstellen des Kontaktstiftes und Änderung des Klöppelmoments kann man genau auf die richtige Spulenperiode einstellen. In diesem Fall schwingt jede Spirale in einer halben Wellenlänge, in der Mitte liegt der Knoten, an den beiden Enden Bäuche. Mit zwei Spiralen erhält man also eine ganze, mit vieren zwei Wellenlängen.



Als Draht wird elastischer Messingdraht von 0,6 mm Dicke, in Windungen von etwa 5 cm Durchmesser empfohlen; die Spiralen werden auf Drahtbeine von etwa 16 cm Länge gesetzt und rot lackiert, während man den Eisenkern weiß anstreicht oder mit Papier beklebt. P.

Eine Vorrichtung zum Nachweis oszillierender Entladungen beschreibt A. WINKELMANN in der *Zeitschr. f. Instr.* 23, 149; 1903. Zwei Kugeln, die unten in Zylinder auslaufen und durch ein Querrohr verbunden sind, tragen oben die Elektroden  $a$  und  $b$ . Die eine Kugel enthält einen Korund  $K$  und die andere einen Scheelit  $S$ , der erstere wird durch Kathodenstrahlen rot und der andere blau leuchtend. Läßt man nicht oszillierende Entladungen durch die ausreichend evakuierte Vorrichtung gehen, so leuchtet nur der Krystall, der sich unter der Kathode befindet. Beim Durchgang oszillierender Entladungen hingegen leuchten beide Krystalle. Um bequem von der einen zu der anderen Entladungsart übergehen zu können, verbindet man die beiden Elektroden mit den Entladern einer kleinen Wimshurstmaschine von 30 cm Scheibendurchmesser oder eines kleinen Induktors von 1 cm Schlagweite, der mit 2 V betrieben wird. Entfernt man die Entlader so weit auseinander, daß sich zwischen ihnen keine Funken bilden, so geht eine nicht oszillierende Entladung durch die Vorrichtung und nur einer der beiden Krystalle leuchtet. Nähert man die Entlader bis zur Funkenbildung, so weist das Aufleuchten beider Krystalle das Vorhandensein oszillierender Entladungen nach. Letztere Erscheinung wird stärker, d. h. das Aufleuchten der Krystalle kräftiger, wenn man die Elektroden  $a$  und  $b$  mit den äußeren Belegungen der beiden Leydener Flaschen der Maschine verbindet und dann eine Funkenbildung zwischen den Entladern eintreten läßt. H.-M.



**Darstellung elektrischer Kraftlinien.** Von M. SEDDIG (*Ann. d. Physik* 11, 815; 1903). In einem flüssigen Dielektrikum wird ein Pulver suspendiert, das sich in einem elektrischen Felde in den Kraftlinien einstellt. Als Dielektrikum eignet sich am besten ganz reines, wasserfreies, farbloses Terpentinöl, als Pulver Holzpulver, Chininsulfat oder Glycin. Namentlich Glycin, das durch ein Musselinbeutelchen in die Flüssigkeit gebracht wird, gibt Kraftlinien von außerordentlicher Feinheit, es verdirbt aber in der Suspension rasch. Die Flüssigkeit muß sich in einer gut isolierenden Schale von Glas oder Hartgummi befinden. In die Flüssigkeit tauchen die durch eine Leydener Batterie mit einer Influenzmaschine verbundenen Elektroden; das Feld darf nicht zu kräftig sein. Man erhält in dieser Weise sehr deutlich den Verlauf der Kraftlinien zwischen kugel- oder plattenförmigen Elektroden. Ein zwischen die Elektroden gebrachter Metallring läßt das Einbiegen der Kraftlinien und die Schirmwirkung des Metalls deutlich erkennen; im Gegensatz dazu läßt ein Hartgummiring das Kraftlinienbild unverändert.

Um einen Körper mit sehr hoher Dielektrizitätskonstante in den Weg der Kraftlinien bringen zu können, wurde eine Glaskugel mit Methylalkohol ( $D = 32,6$ ) gefüllt; die Leitfähigkeit desselben konnte, wie es Hertz mit Benzin gemacht hatte, durch wiederholtes Laden und Entladen eines eingetauchten Kondensators so weit herabgesetzt werden, daß sie der Leitfähigkeit der Suspension gleich war. Wurde die Glaskugel mit dem so behandelten Methylalkohol in das Kraftfeld gebracht, so sah man deutlich das Einbiegen der elektrischen Kraftlinien. Im Gegensatz dazu sah man bei Einführung einer Glaskugel, die mit einem Stoff von geringerer Dielektrizitätskonstante (Luft,  $D = 1$ ) gefüllt war, das Ausbiegen der Kraftlinien. Die Versuche können auch durch Projektion sichtbar gemacht werden.

Die Kraftlinien lassen sich auch durch Suspension von feinem Kohlenpulver in geschmolzenem Paraffin herstellen. Als Schale kann hier eine einfache Glasplatte dienen, deren Mitte man erwärmt hält, sodaß das Paraffin während des Versuchs flüssig bleibt. Sobald es erstarrt, bleiben die Kraftlinien fixiert; die dünne Schicht kann zur Projektion wie ein Diapositiv verwandt werden und läßt sich direkt photographisch vervielfältigen. Der Verf. konnte auch zwischen Lichtenbergschen Figuren eine Ausbildung von Kraftlinien beobachten.

Schk.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die Druckkräfte der Schallwellen.** Von W. ALTBURG (*Ann. d. Physik* 11, 405; 1903). Nachdem Lebedew das Vorhandensein der Druckkräfte des Lichtes nachgewiesen (d. Ztschr. XV, 172), lag es nahe, auch die Druckkräfte anderer oszillatorischer Bewegungen zu bestimmen und mit den Ergebnissen der Theorie zu vergleichen. Auf Lebedews Veranlassung hat ALTBURG im Moskauer Laboratorium die Druckkräfte der Schallwellen gemessen und daraus die Schallintensität in absolutem Maße bestimmt. Die Schallwellen wurden in einer Kundtschen Röhre erzeugt und trafen in 50 cm Entfernung auf eine konkave Zinkwand, die in ihrer Mitte eine kreisförmige Öffnung von etwa 22 mm Durchmesser hatte; diese Öffnung wurde durch einen 21 mm im Durchmesser besitzenden zylindrischen Stempel aus Palmenholz, der an einer Drehwage angehängt war, bis auf einen ringförmigen Schlitz verschlossen. Die auf den Stempel ausgeübten Druckkräfte wurden durch die Ablenkungen der Drehwage gemessen. Die als Schallquelle dienende Kundtsche Röhre wurde nach dem Vorgange von R. König durch eine ununterbrochen rotierende Reibvorrichtung erregt. Vermöge einer besonderen Anordnung konnte die Röhre gegen die Reibvorrichtung gepreßt werden; die hierzu dienenden Gewichte wurden der für die Versuche geeigneten Stärke und Regelmäßigkeit des Tones angepaßt. Das Reibzeug bestand aus einer Holzscheibe von 10 cm Durchmesser und 6 cm Breite, über die zuerst koaxial 2 Gummiringe gelegt waren; auf den Gummiringen wurden mehrere Lagen Tuch, auf diesem ein Streifen rohen Seidengewebes befestigt. Das Reibzeug wurde mit einem Elektromotor angetrieben und dabei ununterbrochen mit einer wässerigen Alkohollösung benetzt. Die in dieser Weise erzielte Schallintensität war so groß, daß die Messungen mit verstopften Ohren vorgenommen werden

mußten. Die Ablenkungen des Druckapparates konnten bis zu 80 Skt. gebracht werden, während man bei der stärksten Erregung mit der Hand nur 1,5 Skt. erreichte. Die mit Staubfiguren bestimmte Wellenlänge der Schwingung war 10 cm. Um die Stärke der Schallerregung zu überwachen und die Beobachtungen auf eine bestimmte Erregung reduzieren zu können, diente ein Wiensches Manometer. Dieses sowie der Druckapparat waren mit Spiegeln versehen, deren Drehungen durch 2 Fernrohre abwechselnd beobachtet wurden.

Die aus den Messungen berechnete Größe der Druckkräfte der Schallwellen ergab sich zu  $p = 0,24$  Dynen pro qcm = 0,00018 mm Quecksilber = 0,2 Milliontel Atmosphäre. Da nach Lord Rayleigh  $p = 2 E/V$ , wo  $E$  die pro Sekunde auffallende Energiemenge,  $V$  die Schallgeschwindigkeit bedeutet, so erhält man für  $V = 34200$  cm  $E = \frac{1}{2} pV = 4100$  Erg/cm<sup>2</sup> sec =  $5,6 \cdot 10^{-7}$  P.S./cm<sup>2</sup>. Nimmt man an, daß die Schallwellen sich nach allen Richtungen mit gleicher Intensität fortpflanzen, so erhält man für eine Kugel mit 50 cm Radius (der Entfernung des Kundtschen Rohres von der Druckplatte) die gesamte ausgestrahlte Energiemenge = 0,02 P.S. Für die betäubend große Schallintensität ist die Energiemenge also recht gering. Die Versuche beweisen, daß Schallwellen auf reflektierende Wände Druckkräfte ausüben, die den Maxwell-Bartolischen Druckkräften des Lichtes analog sind.

Im Anschluß hieran sei einer Arbeit erwähnt, in der NICHOLS und HULL die Druckkräfte des Lichts in einer etwas anderen Weise als Lebedew auch mit Hilfe einer Drehwaage bestimmten (*Ann. d. Physik* 12, 225; 1903). Sie fanden den Strahlungsdruck etwas größer, aber von derselben Größenordnung wie Lebedew. Es ergab sich ferner, daß jener Druck nur von der Intensität der Strahlung und nicht von der Wellenlänge abhängt. *Schk.*

**Anomale Dispersion der Metaldämpfe.** Die Beobachtung der anomalen Dispersion des Natriumdampfes hatte große Bedeutung gewonnen, als Julius damit verschiedene Phänomene der Sonnenatmosphäre zu erklären versuchte. (*d. Ztschr.* XIV, 354.) Zur Bestätigung der Julius'schen Theorie würde eine Untersuchung auch der anderen in der Sonnenatmosphäre vorkommenden Gase und Dämpfe nötig sein. Von LUMMER und PRINGSHEIM wird eine Methode angegeben, die Dispersion bei allen den Substanzen zu untersuchen, die in der Flamme des Sauerstoffgebläses oder im elektrischen Flammenbogen ein Linienspektrum geben (*Phys. Ztschr.* 4, 430; 1903). So wurde z. B. Natriumsalz in einem löffelartigen Eisenblech mittels des Sauerstoffgebläses geschmolzen und die Stichflamme dabei so auf die Oberfläche des geschmolzenen Salzes gerichtet, daß sich eine Natriumflamme von großer Steifigkeit bildete, aus der sich durch Blenden leicht eine prismatische Schicht aussondern ließ. Mit der Methode der gekreuzten Spektra ließ sich dann die anomale Dispersion stundenlang beobachten. Setzte man dem geschmolzenen Natriumsalz Thalliumchlorid zu, so erschien auch die anomale Dispersion der grünen Thalliumlinie. Zu demselben Zweck eignet sich auch der elektrische Flammenbogen. Die mit den betreffenden Salzen getränkten Kohlen wurden schräg nach unten gerichtet, sodaß der Bogen frei unter den Kohlenspitzen schwebte. Der Bogen hat dann ebenfalls eine prismatische Form, sodaß Lichtstrahlen der Sonne oder einer gewöhnlichen Bogenlampe, die den farbigen Bogen durchsetzen, die anomale Dispersion zeigen. Die Verf. konnten in dieser Weise die anomale Dispersion bei Strontium, Calcium und Baryum nachweisen.

Eine andere Methode, um Prismen von Metaldämpfen zu erzeugen, beschreibt EBERT (*Phys. Ztschr.* 4, 473; 1903). Um eine Oxydation und die damit verbundene Temperaturerhöhung zu vermeiden, entwickelte er die Dämpfe lieber in einer Wasserstoffatmosphäre. Aus einer Stahlbombe wurden unter hohem Druck zwei Ströme vorerhitzten Wasserstoffgases innerhalb einer wagerechten Röhre schräg gegeneinander geblasen; unterhalb der Treffstelle beider Ströme wurde das Metall verdampft. Dabei bildete sich ein prismatischer Teil des Dampfes, dessen begrenzende Ebenen etwa 90° einschlossen. Die Dämpfe wurden zugleich mit dem Wasserstoff durch einen Schornstein abgesaugt. Die Röhre war an den Enden durch Glimmerplatten geschlossen, durch welche hindurch die das Dampfprisma durchsetzenden Lichtstrahlen mit der Methode der gekreuzten Spektra untersucht werden konnten. In dieser Weise ließ sich die anomale Dispersion der roten und blauen Kalium-

linien beobachten, die besonders bei der roten Linie *K* sehr auffallend durch zwei nach entgegengesetzter Richtung gebogene Äste hervortrat. Da die Natriumlinie immer mit auftritt, so bemerkt man gleichzeitig die anomale Dispersion an der *D*-Linie; doch beobachtet man hier eine umgekehrte Ausbiegung der beiden Äste als sonst, da die Dichte des Natriumdampfs geringer ist als die des umgebenden Kaliumdampfes. — Die vorliegenden Beobachtungen deuten darauf hin, daß das Phänomen der anomalen Dispersion eine allgemeine Eigenschaft aller selektiv absorbierenden Medien, namentlich der Metall-dämpfe ist.

*Schk.*

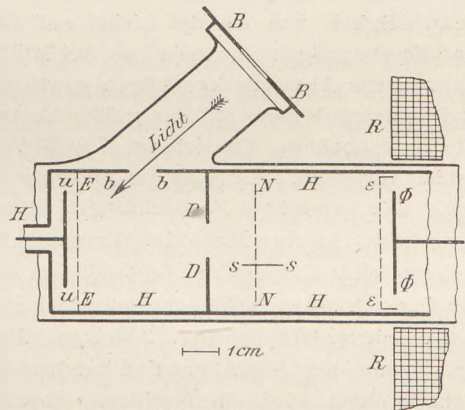
**Langsame Kathodenstrahlen und die Konstitution der Materie.** Von P. LENARD [*Ann. der Physik* 8. 149 (1902); 12. 449, 714 (1903)]. Wie in dieser Zeitschrift (*XIII*, 285) berichtet wurde, fand LENARD, daß ultraviolettes Licht an festen Körpern Kathodenstrahlen von außerordentlich geringer Geschwindigkeit hervorbringt. Die Erzeugung dieser Strahlen ist unabhängig von dem Vorhandensein eines Gases und geht auch im äußersten Vakuum vor sich. Elektrische Kräfte beeinflussen die Erzeugung der Strahlen nicht; ein Ansteigen der Kraft an der negativ geladenen belichteten Oberfläche von 100 Volt bis zu 45 000 Volt änderte nichts an der Menge der Ausstrahlung. Die Strahlen entstehen wahrscheinlich im Innern des Körpers, wo das Licht absorbiert wird, wodurch negative „Quanten“ mit bestimmter Anfangsgeschwindigkeit in fortschreitende Bewegung versetzt werden. Unter „Quanten“ versteht LENARD Teile negativer Elektrizität, die aber nicht materiell sind, obwohl sie aus der Materie entstehen; die Bahn der Quanten ist der Kathodenstrahl. Von den Quanten unterscheidet er elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen, die er „Träger“ nennt.

Wenn auch die Menge der Strahlen nicht von äußeren elektrischen Kräften beeinflußt wird, so wirken solche doch sehr auf die Geschwindigkeit. Negative Potentiale der belichteten Platte vergrößern die Geschwindigkeit der Strahlen, positive verringern sie. Eine gegenüberstehende unbelichtete Platte wirkt, wenn sie geladen wird, ebenfalls beschleunigend oder verzögernd. LENARD benutzte als Strahlen erzeugenden Körper eine mit Terpentinruß überzogene Aluminiumscheibe, ihr gegenüber stand eine ebenfalls berußte Metallscheibe. Beide Platten wurden auf einer bestimmten Potential-Differenz gehalten. Das ultraviolette Licht fiel durch ein seitliches Quarzfenster auf die erste Platte, ohne die zweite zu streifen. Die Platte, deren Ladungsänderung durch das Licht beobachtet werden sollte, wurde mit einem Quadrantelektrometer verbunden. Durch große verzögernde Kräfte wurde die ganze Strahlung wieder zu der belichteten Platte zurückgetrieben. Bei geringerer verzögernder Kraft verliert diese wohl dauernd Ladung, doch gelangt dieselbe nicht bis zur zweiten Platte. Bei noch geringerer verzögernder Kraft beginnen die Strahlen die zweite Platte zu erreichen, doch gehen noch viele an die Seitenwände verloren. Bei genügender Größe der beschleunigenden Kraft gelangen dann alle Quanten zu der zweiten Platte, weiteres Ansteigen der Kraft ändert nichts mehr daran. Der Fall, in dem die Strahlen die zweite Platte gerade erreichten, eignete sich zur Bestimmung ihrer Anfangsgeschwindigkeit. Dieselbe zeigte sich als unabhängig von der Lichtintensität, woraus zu folgen scheint, daß das Licht bei den Vorgängen der Ausstrahlung eine nur auslösende Rolle spielt für Bewegungen, die innerhalb der Körperatome schon in voller Geschwindigkeit vorhanden sind. Dagegen gaben verschiedene Lichtarten verschiedene Anfangsgeschwindigkeiten, Kohlebogenlicht größere als Zinkbogenlicht, Funkenlicht stand zwischen beiden. Ein vorgesetztes Glimmer- oder Glasstück hält jede Wirkung ab.

Befindet sich der belichtete Körper in gaserfülltem Raum (Dichte nicht mehr als 0,03 mm Quecksilber), so erhält man die von Hertz und Hallwachs gefundene Wirkung des ultravioletten Lichtes. LENARD fand, daß zur Erregung der Leitfähigkeit der Gase eine gewisse Minimalgeschwindigkeit der Strahlen gehört. Da die größten Anfangsgeschwindigkeiten der durch das Licht allein erzeugten Strahlen unter dieser Grenze liegen, so kann bei positiver Ladung, die ja nur eine verzögernde Kraft gibt, keine Leitfähigkeit eintreten, während die beschleunigende negative Ladung das Gas leitend macht.



Weiterhin gelang es LENARD, die langsamen Kathodenstrahlen durch Phosphoreszenz sichtbar zu machen. Die Figur zeigt die dazu benutzte Vorrichtung. Durch die Blenden  $B$  und  $b$  hindurch gelangt das Licht einer Zink-Kohlebogenlampe auf die emittierende Elektrode  $U$ . Dieser gegenüber befindet sich ein geerdetes Drahtnetz  $E$ , welches eine beliebige Abänderung der Anfangsgeschwindigkeit der Strahlen ermöglicht.  $\phi$  ist ein mit phosphoreszierender Masse bedecktes Metallblech, das auch elektrisch geladen werden kann;  $\varepsilon$  ebenfalls ein geerdetes Drahtgitter. Das Ganze befindet sich in einem Glasrohr innerhalb einer Metallhülle  $H$ , die aus Drahtnetz besteht, damit man durch dasselbe die Phosphoreszenz beobachten kann. Das geringe durch Reflexion bei  $U$  in die Röhre tretende Licht beeinträchtigt die Beobachtung nicht erheblich. Sobald  $U$  auf 1000 und mehr Volt geladen ist, sieht man sehr helle Flecke auf dem Phosphoreszenzschirm, die sich durch einen Magneten leicht bewegen lassen; sie verschwinden bei Erlöschen des Lichts und bei Entladung von  $U$ . Ist  $U < 500$  Volt, so sind die Flecke nicht mehr sichtbar, erscheinen aber wieder bei Ladung von  $\phi$ . Hierdurch lassen sich auch die langsamsten Strahlen sichtbar machen. Ist  $U = 4$  Volt, so werden sie in  $d = 14$  cm Entfernung sichtbar, wenn  $\phi = 4000$  Volt ist. Bei  $U = 0$ , wo also nur die Anfangsgeschwindigkeit besteht, läßt sich der Strahl mit geladenem Schirm bis  $d = 8$  cm verfolgen. Durch die Stromrolle  $RR$  können die Strahlen achsial konzentriert und in größerer Menge durch das Diaphragma  $D$  gebracht werden; die Lichtwirkungen werden dann noch deutlicher. Bei Anwendung der Stromrollen erscheinen auf dem Wege der Strahlen Knoten und Bäuche: bei  $U = 4000$  Volt ein, bei 1000 Volt zwei, bei 200 Volt drei, bei 100 Volt vier Knoten, die sowohl durch Verschieben des Schirms wie der Rolle aufgesucht werden konnten und mit der Theorie übereinstimmten. Erteilt man dem Strahl durch eine Metallplatte  $ss$  eine seitliche Geschwindigkeitskomponente, so winden sie sich im starken Magnetfelde zu Schraubenlinien; durch Verstärkung des Feldes legen sich die Windungen dichter an einander, und das Strahlenende macht eine Kreisbewegung. Auch bei positiver Ladung von  $U$  ließ sich der Phosphoreszenzfleck beobachten, wenn nur  $\phi$  groß genug war und eine Stromrolle benutzt wurde. Durch an dem Netz  $N$  angebrachte verzögernde Kräfte ließen sich aber alle Strahlggeschwindigkeiten vernichten.



Messungen der Stärke des Phosphoreszenzlichts ergaben, daß diese der Strahldichte (Menge negativer Elektrizität, die in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit geht) proportional ist. Intermittierendes Licht änderte daran nichts. Bei gleichbleibender Strahldichte war die Phosphoreszenzhelligkeit proportional der um 300 Volt verminderten Strahlggeschwindigkeit. Bei dem Schwellenwert von 300 Volt lassen Strahlen von beliebig großer Dichte den Körper dunkel, bei noch geringerer Geschwindigkeit bemerkt man nach einiger Zeit ein kurzes Nachleuchten. Eine Berechnung des Lichteffekts gab ca. 10 Hefereinheiten für 1 Watt, mehr als bei allen anderen Lichterzeugungsarten; die elektrische Glühlampe liefert nur 0,3 HE für 1 Watt. Eine Energieberechnung ergab, daß das eine fast vollkommene Umwandlung elektrischer Energie in die von sichtbarem Lichte ist.

LENARD beobachtete auch die Ausbreitung der langsamen Kathodenstrahlen in Gasen mit Hilfe des Phosphoreszenzschirms. Dabei wurde das Vorhandensein diffuser sekundärer Strahlen von geringer Geschwindigkeit festgestellt, indem trotz der absorbierenden Wirkung des Gases der Schirm heller erschien als im Vakuum. Ist die Geschwindigkeit der primären Strahlung unter 11 Volt, so tritt keine merkliche sekundäre Strahlung ein. Bei zunehmender Geschwindigkeit steigt sie und erreicht bei  $U = 2000$  Volt ein Maximum. Wie

aus Versuchen von Austin und Starke hervorgeht, dürften auch feste Körper sekundäre Strahlen aussenden.

Zur Messung der Absorption der langsamen Kathodenstrahlen wurde der Phosphoreszenzschirm durch eine mit dem Quadrantelektrometer verbundene zylindrische Büchse ersetzt. Es wurde dann sowohl die hier ankommende als die von  $U$  entweichende Elektrizitätsmenge gemessen. Aus dem Verhältnis beider für den leeren und für den gaserfüllten Raum berechnete LENARD das Absorptionsvermögen des Gases. Es kamen nur geringe Gasdrücke (von ca. 0,0025 bis 0,014  $Hg$ ) zur Anwendung. Alle durch sekundäre oder diffuse Strahlen durch Reflexion und Inhomogenität etwa entstehenden Fehler wurden eingehend berücksichtigt. Die Messungen wurden für Luft, Wasserstoff, Kohlensäure und Argon ausgeführt. Bei allen zeigte sich eine sehr erhebliche Abnahme des Absorptionsvermögens mit zunehmender Strahlgeschwindigkeit. Dabei stellt  $U = 6$  Volt eine Strahlgeschwindigkeit von ca.  $\frac{1}{270}$  Lichtgeschwindigkeit, 100 Volt  $\frac{1}{70}$ , 1000 Volt  $\frac{1}{20}$ , 4000 Volt  $\frac{1}{10}$  Lichtgeschwindigkeit dar. Zur Ergänzung nahm LENARD auch frühere Messungen der Absorption gewöhnlicher Kathodenstrahlen in Entladungsröhren (von ca.  $\frac{1}{3}$  Lichtgeschwindigkeit), sowie die aus Angaben Strutts berechneten entsprechenden Werte für die von Radium mit Lichtgeschwindigkeit ausgesandten  $\beta$ -Strahlen. So ergab sich z. B. das Absorptionsvermögen der Luft für Strahlen von  $\frac{1}{270}$  Lgschw. = 30, von  $\frac{1}{20}$  Lgschw. = 3,9, von  $\frac{1}{10}$  Lgschw. = 0,85, von  $\frac{1}{3}$  Lgschw. = 0,005, von Radiumstrahlen = 0,000 009. Bei allen 4 Gasen nimmt die Absorption mit abnehmender Strahlgeschwindigkeit steigend zu; sinkt die Geschwindigkeit von der des Lichts auf den hundertsten Teil derselben, so wächst das Absorptionsvermögen auf mehr als das Millionenfache. Doch gibt es einen Wendepunkt, von dem an das Absorptionsvermögen gewissen Grenzwerten zustrebt. Bei kleinen Geschwindigkeiten zeigte Wasserstoff das größte Absorptionsvermögen, das also nicht von der Masse des Mediums abhängt. Da sich bei  $U = 10$  Volt alle Gase bei gleichem Drucke einander nahezu gleich verhalten, so scheint die Absorption durch die Molekülzahl bestimmt zu werden.

Die gemachten Beobachtungen führten LENARD zu eigenartigen Ansichten über die Konstitution der Materie. Er nimmt an, daß die verschiedenen Atome aller Stoffe aufgebaut sind aus einerlei Bestandteilen in verschiedener Zahl, die er Dynamiden nennt. Zwei gleich schwere Körper bestehen hiernach aus der gleichen Anzahl Dynamiden, nur in verschiedener Gruppierung. Alle Dynamiden sind gleich schwer und gleich träge. Zwischen den Dynamiden jedes Atoms sind freie Zwischenräume, durch die die Strahlenquanten hindurchgehen; dabei wird ein bestimmter Bruchteil der Quanten, dem Absorptionsvermögen entsprechend, an Atomen festgelegt. Jede Dynamide hat einen „absorbierenden Querschnitt“; die auf einen solchen Querschnitt treffenden Quanten werden zurückgehalten, während die daneben vorbeigehenden mit fast unveränderter Geschwindigkeit hindurchgelassen werden. Die spezifischen Absorptionsvermögen geben die Summen der absorbierenden Querschnitte der in 1 ccm Gas bei 1 mm Druck vorhandenen Dynamiden in qcm an. Da nach den Beobachtungen diese Querschnittssumme der Geschwindigkeit der Quanten umgekehrt proportional ist, so betrachtet LENARD die Dynamiden als elektrische Kraftfelder: der absorbierende Querschnitt ist dann der Teil des Kraftfeldes, in dem die elektrischen Kräfte groß genug sind, Quanten der betreffenden Geschwindigkeit festzuhalten. Der wahre Querschnitt der Dynamiden ist natürlich kleiner als der kleinste für die schnellsten Strahlen gefundene absorbierende Querschnitt. Aus den für Wasserstoff gefundenen Konstanten berechnet LENARD den wahren Dynamidenradius kleiner als  $0,3 \cdot 10^{-10}$  mm, das Verhältnis des gesamten Dynamidenvolumens im Atom zum Atomvolumen kleiner als  $10^{-9}$ . In einem Körper vom Volumen  $V$  ist dann nicht mehr Dynamidenvolumen als  $10^{-9} V$ , sodaß z. B. in 1 cbm festen Platins nur 1 cmm wahres Dynamidenvolumen vorhanden wäre, während der übrige in dem einen cbm vorhandene Raum gleich dem Weltraum leer wäre. Bei abnehmender Strahlgeschwindigkeit wachsen die Dynamidensphären an, sodaß sie schließlich zur Deckung kommen. Dadurch erklärt sich das bei den geringsten Geschwindigkeiten verringerte Anwachsen der Absorption, indem bei der Deckung absorbierender Querschnitt verloren geht.

Die Deckung wird bei verschiedenen Atomsorten in verschiedenem Grade stattfinden und abhängig sein von dem durch das Verhältnis zwischen Molekularvolumen und Molekulargewicht gemessenen, einer Dynamide zur Verfügung stehenden Raum. Hiermit ist der Verlauf der Absorption bei allen 4 Gasen in Übereinstimmung. Für die Geschwindigkeitsgrenze Null wird infolge der Deckung der absorbierende Querschnitt aller Dynamidensphären eines Moleküls gleich dem aus der kinetischen Gastheorie sich ergebenden Molekularquerschnitt. In der Tat stimmen beide Zahlen um so besser überein, je größer das Molekulargewicht des betreffenden Gases ist. Für Wasserstoff ist die aus Absorption der Kathodenstrahlen sich ergebende molekulare Querschnittssumme 3—4 mal größer, woraus hervorgeht, daß das Wasserstoffmolekül außerhalb seines undurchdringlichen Raumes noch gewaltige elektrische Kräfte ausübt. Bei größeren Strahlgeschwindigkeiten gibt das Verhältnis zwischen Absorptionsvermögen und Dichte ein relatives Maß für den absorbierenden Querschnitt einer einzelnen Dynamide. Da dieses Verhältnis für alle Körper wohl nahezu, aber nicht ganz gleich ist, so muß man annehmen, daß die Dynamiden der verschiedenen Atomgattungen geringe Verschiedenheiten besitzen, die in einem verschiedenen Moment der als neutrale elektrische Doppelpunkte zu betrachtenden Dynamiden gefunden werden können. Die Dynamiden besitzen ferner Bewegung, worauf die gegenseitige Undurchdringlichkeit der Materie und das dauernde Bestehen der Dynamidenkraftfelder beruht; auf heftige Bewegungen im Innern der Atome weisen die lichtelektrischen und radioaktiven Erscheinungen hin. Die Dynamide als rotierendes Quantenpaar würde sich Lord Kelvins Wirbelatomen nähern.

Schk.

**Strahlenwirkung auf Selen.** Wie Himstedt und Bloch gezeigt haben, wird die elektrische Leitfähigkeit des Selens durch Radiumstrahlen ebenso beeinflußt wie durch Röntgen- und Lichtstrahlen, nur tritt die Wirkung langsamer ein. Die von verschiedenen Forschern beobachteten Wirkungen des Wasserstoffsuperoxyds (*d. Ztschr. XVI, 164*) veranlaßten E. van AUBEL, zu untersuchen, ob dieser Körper nicht auch die Leitfähigkeit des Selens beeinflusse. (*C. R. CXXXVI, 929 u. 1189; 1903*) Eine für Licht sehr empfindliche Selenzelle wurde im Dunkeln über eine mit Wasserstoffsuperoxydlösung gefüllte Schale gebracht; der Widerstand wurde mit der Wheatstoneschen Brücke bestimmt. Befand sich zwischen der Selenzelle und dem Wasserstoffsuperoxyd eine Messingplatte, so war der Widerstand der Zelle 496 000 Ohm, nahm man die Messingplatte fort, so fiel der Widerstand in 3 bis 4 Minuten auf 324 000 Ohm. Eine ähnliche Wirkung auf das Selen zeigte Terpentinöl: hier fiel der anfangs 461 000 Ohm betragende Widerstand nach 15 Minuten langer Einwirkung auf 386 000 Ohm. Auch mit Ozon behandelte Stoffe setzen den Leitungswiderstand des Selens herab. Roter Kautschuk, der 12 Minuten lang einem trocknen Ozonstrome ausgesetzt war, verminderte den Widerstand in 15 Minuten von 599 000 auf 556 000 Ohm, ebenso behandelte Kampferstücke brachten ihn von 591 000 auf 510 000 Ohm herab. Wurde wieder die Messingplatte zwischen die wirkenden Stoffe und die Selenzelle gebracht, so ging der Widerstand allmählich wieder auf die alte Höhe zurück. Aus den Versuchen geht hervor, daß Wasserstoffsuperoxyd, Terpentinöl und ozonisierte Körper Strahlen aussenden, die ebenso wie das Licht auf das Selen wirken.

Dieselbe Beobachtung machte A. B. GRIFFITHS, als er das Selen alkoholischen Lösungen einiger pflanzlichen und tierischen Pigmente aussetzte. Der mit der Wheatstoneschen Brücke bestimmte Widerstand einer Selenzelle ging z. B. unter dem Einfluß einer aus *Verbena* extrahierten Lösung binnen 15 Minuten von 340 000 auf 290 000 Ohm herab. Ähnliche Wirkungen hatten Lösungen aus *Helianthus*, *Geranium* u. s. w. Derartige Pigmente scheinen also auch Strahlen auszusenden. (*C. R. CXXXVII, 647; 1903*).

Schk.

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Zur Geschichte des Thermometers.** In den *Verh. der Naturf. Ges. zu Basel 1903* hat Prof. Fritz Burckhardt, Rektor des Gymnasiums daselbst, „Berichtigungen und Ergänzungen“

zu seinen früheren Forschungen über die Geschichte des Thermometers veröffentlicht. (Ein Teil davon ist auch in dem Jahresbericht des Gymnasiums in Basel 1902 abgedruckt.)

In Bezug auf Cornelius Drebbel stimmt der Verfasser mit E. Wohlwill (d. Ztschr. XVI, 304) darin überein, daß er nicht als Erfinder des Thermometers angesehen werden könne. Was Robert Fludd betrifft, so stellt er gegenüber den Behauptungen von E. Renou (*Annuaire météor.* XXIV) von neuem fest, daß diese jedes Anhalts und jeder Glaubwürdigkeit ermangeln. Ebenso wird auch der Versuch von Renou, die Erfindung des geschlossenen Alkoholthermometers in die Jahre 1611 oder 1612 zu verlegen, auf mangelhafte Auslegung des betreffenden Briefwechsels zwischen Sagredo und Galilei zurückgeführt.

Die erste Spur der Verwendung eines Flüssigkeitsthermometers findet sich bei Jean Rey, einem französischen Arzt und Chemiker, in einem Brief an Mersenne vom 1. Januar 1632; er bediente sich des Wassers als thermometrischer Flüssigkeit und benutzte das Instrument wohl vorherrschend zu ärztlichen Zwecken. Ob diese Erfindung auf die des Florentiner Thermometers, die dem Großherzog Ferdinand II. von Toskana zugeschrieben wird, einen Einfluß gehabt hat, wird sich schwer entscheiden lassen. Florentiner Thermometer sind auch von den Akademikern del Cimento (1657—1667) benutzt worden und noch heut u. a. in der Sammlung der Tribuna di Galilei zu Florenz erhalten. Sie waren mit Weingeist gefüllt und verschlossen und hatten verschiedene Skalen, die in 50 oder 100 oder 300 Grade eingeteilt waren. Die mit 50 Graden stellten sich in schmelzendem Eise auf  $13\frac{1}{2}^{\circ}$ , bei stärkster Sonnenhitze auf  $40^{\circ}$  ein. Diese Instrumente haben keine sehr allgemeine Verbreitung gefunden, doch ist eins von J. Boulliau (Bullialdus) in Paris 1658—1660 zu fortlaufenden Temperaturbeobachtungen benutzt worden (vgl. Hellmann in „Himmel und Erde“ 1890), ein anderes hat Huygens 1660 in Händen gehabt.

Eine erste Verbesserung erfuhren die Florentiner Thermometer durch Robert Hooke, der im Jahre 1663 eine größere Zahl vergleichbarer Thermometer herstellte. Sein Verfahren beschreibt er in der *Micrographia* 1665. Er nahm dicke, gleichmäßige Glasröhren von engem Lumen und bis zu vier Fuß Länge, an die eine Kugel aus gleichem Glase angeschmolzen wurde. Er füllte sie mit rektifiziertem Weingeist, der mit Cochenille gefärbt war, die Temperatur des gefrierenden Wassers bezeichnet er mit Null und bestimmte die Grade der Skala auf Grund der Ausdehnung der Flüssigkeit. Zu diesem Zweck nahm er ein zylindrisches, aus dünnen Silberplatten hergestelltes Gefäß von 2 Zoll Durchmesser und 2 Zoll Höhe; in die Mitte der Deckplatte war eine Glasröhre eingesetzt, deren Lumen den hundertsten Teil vom Querschnitt des Gefäßes hatte. An dieser Röhre war eine Marke in 2 Zoll Höhe angebracht und deren Abstand vom unteren Ende in zehn gleiche Teile geteilt, sodaß jede Teilstrecke  $\frac{1}{1000}$  des Zylinderinhalts darstellte. Hooke tauchte dies Gefäß gleichzeitig mit dem zu eichenden Thermometer in erwärmtes Wasser und bezeichnete an letzterem durch Einritzen mit einem Diamanten die Stellen, die den Teilstrichen des Zylindergefäßes entsprachen. Die Methode ist ganz scharfsinnig und auch zur Herstellung übereinstimmender Thermometer bei Benutzung desselben Normalgefäßes geeignet. Die Mängel des Verfahrens liegen freilich auf der Hand: Die Schwierigkeit, ein Rohr von durchweg gleicher Weite zu finden, die ungleich schnelle Erwärmung des Metallgefäßes und des Glasthermometers, die ungleiche Ausdehnung von Weingeist verschiedener Stärke, die ungleichmäßige Ausdehnung des Weingeists bei steigender Temperatur — dies alles sind Fehlerquellen, die das Resultat beeinträchtigen mußten. Gleichwohl bedeutet Hookes Skala gegenüber den Florentiner Thermometern, bei denen die Punkte größter Winterkälte und größter Sommerwärme zugrunde gelegt waren, einen entschiedenen Fortschritt, und es ist auch geraume Zeit lang keine Methode angewendet worden, die bessere Resultate erzielt hätte.

Von Huygens, der sich 1664 ein solches Thermometer hatte schicken lassen, rührt der Vorschlag her, an Stelle des Eispunktes den Siedepunkt des Wassers als festen Punkt einzuführen, doch bleibt die Frage offen, ob Huygens sich bei der Annahme der Konstanz des Siedepunktes auf genaue Versuche gestützt hat. [Dementsprechend ist die von Gerland für Huygens in Anspruch genommene Priorität, vgl. d. Ztschr. VII, 34, einzuschränken.] Auch

empfahl Huygens, die Kapazität der Glasröhre in ein bestimmtes Verhältnis zu der der Kugel zu setzen. —

Von der Anwendung des Quecksilbers als Thermometerflüssigkeit findet sich die erste Spur schon bei den Akademikern del Cimento. Diese erkannten bereits, daß es zur Erwärmung des Quecksilbers einer kleineren Wärmemenge bedürfe als zu der einer gleich großen Menge Wassers, und auch, daß die Ausdehnung geringer sei als die des Wassers; aus dem letzteren Grunde ist die Verwendung des Quecksilbers zunächst unterblieben. Auch der schon erwähnte Boulliau machte 1659 Versuche mit Quecksilberthermometern und bezeichnet sie als zu träge (*pareseux*); wahrscheinlich hatte er Weingeistthermometerröhren mit Quecksilber gefüllt und erhielt wegen des 5 bis 6 mal kleineren Ausdehnungskoeffizienten einen ebensovielfachen Ausschlag. Die wissenschaftliche Erforschung der Ausdehnung des Quecksilbers beginnt erst mit E. Halley (1688), der das Verhalten verschiedener Flüssigkeiten beim Erwärmen und Abkühlen untersuchte, um die geeignetste thermometrische Flüssigkeit ausfindig zu machen. Er fand, daß das Quecksilber sich bis zum Siedepunkt des Wassers um den 74. Teil ausdehne, in kochendem Wasser auf gleicher Höhe bleibe und die Temperatur der Umgebung rasch annehme und verliere. Er zuerst hat die „von früheren Forschern geahnte oder angenommene“ Konstanz des Siedepunktes des Wassers nachgewiesen. Den Gefrierpunkt dagegen hielt er für kaum genau bestimmbar.

Auch Amontons, der Erfinder des Luftthermometers (d. Ztschr. II, 142) fand die relative Konstanz des Wassersiedepunktes (1699). An ihn knüpft Fahrenheit an, der sich ebenso durch geschickte Glastechnik wie durch Genauigkeit im Beobachten physikalischer Vorgänge auszeichnete (vgl. Mombert, d. Ztschr. IV, 263). Die Konstruktion guter und vollkommener Quecksilberthermometer durch Fahrenheit ist nach Burckhardt in die Zeit um 1718 zu verlegen. Fahrenheit modifizierte auch die bereits vor ihm gefundene Konstanz des Siedepunktes, indem er diesen auch als abhängig vom Luftdruck erkannte.

Der Entstehung der Fahrenheit'schen Skala widmet der Verfasser eine ausführliche Erörterung. Fahrenheit hat seine ältesten Thermometer mit der Skala der Florentiner Thermometer versehen, die in der Mitte  $0^{\circ}$  (*Tempéré*) hatten und nach unten und oben je  $90^{\circ}$  bis zur größten Sommerhitze und Winterkälte umfaßten; er hat dabei wahrscheinlich schon die Temperatur einer Mischung von Schnee mit Salz und die normale Körpertemperatur als Kontrollpunkte verwendet. Um dieser Skala die negativen Grade zu nehmen, hat der Danziger Michael Christian Hanow an seiner Skala den tiefsten Punkt statt  $-90^{\circ}$  mit  $0^{\circ}$  bezeichnet, *Tempéré* mit  $45^{\circ}$  und den höchsten Punkt mit  $90^{\circ}$ . Mit dieser Skala sind in Danzig noch von 1739—1752 Beobachtungen angestellt worden. Durch Olaf Roemer wurde Fahrenheit bewogen, den Nullpunkt ebenfalls an die tiefste Stelle zu legen und seiner Skala die noch heute nach ihm benannte Einteilung zu geben. Nach einer Mitteilung in den *Act. Erud.* 1714, wahrscheinlich von Chr. Wolff, umfaßte die Skala anfänglich von der größten Kälte bis zur größten Wärme 24 Grade, von denen der 4. *frigus ingens*, der 8. als *frigidum*, der 12. *temperatum*, der 16. *calidum*, der 20. *calorem ingentem*, der 24. *aestum intolerabilem* angab. Dem entspricht, daß an den späteren, 1724 von Fahrenheit selbst beschriebenen, Thermometern für meteorologische Beobachtungen die Skala  $96^{\circ}$  umfaßte, derart, daß je 1 Grad der älteren Skala in 4 Teile zerlegt war. Als Kontrollpunkte benutzte er die Temperatur von Schnee mit Salmiak ( $0^{\circ}$ ), die Temperatur einer Mischung von Eis mit reinem Wasser ( $32^{\circ}$ ) und die normale Körpertemperatur ( $96^{\circ}$ ) in der Mundhöhle oder Achselhöhle gemessen. Eine solche Skala soll (nach Hanows Angabe von 1737) Fahrenheit bereits 1708 an einem Weingeistthermometer angebracht haben. An den später angefertigten Quecksilberthermometern mit derselben Skala fiel der Siedepunkt des Wassers auf  $212^{\circ}$ . Die Wahl des Nullpunkts, den man als tiefste Temperatur der Natur ansah, hatte ihren Hauptgrund darin, daß auf diese Art negative Grade bei den wissenschaftlichen und besonders meteorologischen Beobachtungen vermieden wurden. Dies macht in der Tat einen großen Vorzug der Fahrenheit'schen Skala aus.

Von einem englischen Schriftsteller Samuel Wilks ist neuerdings (1900) vermutet worden, daß Fahrenheit die Skala Newtons gekannt und bei seiner Einteilung benutzt habe. Es ist in der Tat auffallend, daß auch Newton bei seinem Leinölthermometer neben der Schmelzwärme des Eises die Körpertemperatur als festen Punkt benutzt und den Abstand (entsprechend dem englischen Duodezimalsystem) in 12 Teile geteilt hat (*Phil. Trans.* 1701). Eine Verdopplung dieser Zahl und Verlegung des Nullpunktes, wie oben angegeben, mußte auf Fahrenheits ältere Skala von  $24^{\circ}$  führen. Uns scheint, daß Burckhardt diesen Zusammenhang zu schroff abweist; die Möglichkeit eines solchen wird man nicht in Abrede stellen können, umsoweniger als eine zureichende Aufklärung über den Ursprung der 24 Skalenteile an Fahrenheits älteren Thermometern nicht gegeben wird. Newtons Verdienst um die Wärmemessung liegt übrigens, wie der Verf. mit Recht hervorhebt, nicht in der Wahl der festen Punkte und der Zahl 12, sondern in dem Versuch, die Temperaturen zu bestimmen, die weit über dem Siedepunkt des Weingeists liegen. Ihm diente dazu einestheils das Leinöl mit seinem hohen Siedepunkt, andernteils das von ihm erkannte Gesetz der Abkühlung einer glühend gemachten Eisenstange. Auch Fahrenheits Verdienst besteht nicht in der eigentümlichen Skala, sondern in der Herstellung übereinstimmender Wärmemeßinstrumente und in der Erkenntnis der Abhängigkeit des Siedepunktes vom Luftdruck. —

Über den Ursprung der hundertteiligen Skala herrschen noch immer unzutreffende Meinungen. Die Fahrenheitschen Thermometer scheinen keine allzu weite Verbreitung gefunden zu haben. Réaumurs Weingeistthermometer aber bedeutete ihnen gegenüber einen Rückschritt. Jean Pierre Christin, ein Lyoner Arzt, griff daher 1740 wieder zum Quecksilberthermometer und gab ihm 1743 die hundertteilige Skala, indem er den Schmelzpunkt des Eises mit  $0^{\circ}$ , den Siedepunkt des Wassers mit  $100^{\circ}$  bezeichnete. Unabhängig von ihm führte der Astronom Celsius in Upsala eine Skala ein, bei der der Gefrierpunkt mit  $100^{\circ}$ , der Siedepunkt mit  $0^{\circ}$  bezeichnet war. Er stützte sich auf die Erfahrungen Fahrenheits, bemerkte aber auch, daß man den Siedepunkt nicht durch Eintauchen in siedendes Wasser, sondern durch Einführen in den ausströmenden Dampf bestimmen müsse. Auch beobachtete er, daß bei raschem Herausnehmen aus dem Dampfe das Quecksilber anfänglich stieg. Die Umkehrung der Skala in die heut gebräuchliche Form wird häufig Strömer zugeschrieben, doch zeigt Burckhardt, daß der Botaniker Linné schon vor Strömer im Jahre 1740 Temperaturangaben nach der umgekehrten Skala gemacht hat. Hiernach ist Linné die Umkehrung zuzuschreiben. Auch ist es demzufolge gerechtfertigt, das zentesimale Thermometer, wie schon Van Swinden tat, als schwedisches Thermometer zu bezeichnen. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Die Sichtung des physikalischen Lehrstoffs und die Lehrbuchfrage.** Über diese Gegenstände hat Herr J. NORREBERG einen Aufsatz in der *Zeitschr. f. d. Gymnasialwesen* (1903 S. 545—555) veröffentlicht. Er knüpft an die durch alle preußischen Lehrpläne seit 1882 hindurchgehende Mahnung an, daß bei der gewaltigen immer noch wachsenden Fülle des Stoffs und der geringen dafür verfügbaren Zeit auf eine angemessene Auswahl die größte Sorgfalt zu verwenden sei, und stellt sich die dankenswerte Aufgabe, die leitenden Gesichtspunkte für eine solche Auswahl zu ermitteln. Er beschränkt seine Ausführungen zunächst auf das Gymnasium und will der formalen Seite des Lehrgebiets gar keinen Einfluß auf die Sichtung des Stoffes einräumen. Wenn er aber dennoch hervorhebt, daß gerade am einfachsten Stoff die formalen Aufgaben des Unterrichts — Erziehung zur Beobachtung, zum wissenschaftlichen Denken, zur Fertigkeit im sprachlichen Ausdruck am nachhaltigsten gelöst werden können, so dürfte gerade hierdurch die Bevorzugung der einfachsten Stoffe auch von der formalen Seite her ihre Rechtfertigung erfahren. Auch ist es wohl der Anfechtung ausgesetzt, daß kein Kapitel der Physik, kein Gesetz und keine Tatsache in jener formalen Hinsicht irgendwie bevorzugt zu werden verdiene. Der Verfasser sucht die

Sichtung ausschließlich auf das materiale Lehrziel zu begründen, das in den preußischen Lehrplänen bezeichnet ist als Kenntnis der wichtigsten Erscheinungen und Gesetze, und zwar insbesondere soweit sie als Unterlage vor allem für die Einsicht in den gesetzmäßigen Zusammenhang der Naturerscheinungen dienen können. Hier wäre nun eine schärfere Begriffsbestimmung dessen, was unter den „wichtigsten“ Erscheinungen und Gesetzen zu verstehen ist, sehr erwünscht gewesen. (Einen Ansatz hierzu findet man weiter unten bei der Behandlung der Lehrbuchfrage erwähnt.) Es wird jedoch wesentlich nur nach der negativen Seite hin ausgeführt, daß bei der Sichtung des physikalischen Lehrstoffs auf systematische Vollständigkeit keine Rücksicht zu nehmen sei. Immerhin seien die wichtigsten einfachen Gesetze aus allen Teilen des physikalischen Wissensbereichs nicht nur zum Verständnis, sondern auch zum dauernden Besitz zu bringen.

Die Erreichung dieses Zieles wird dem Verf. zufolge erschwert durch die Einrichtung unserer Lehrbücher, die den Stoff zu breit und zu unübersichtlich behandeln. Er will hierauf zum großen Teil die Erscheinung zurückführen, daß die Klagen über mangelhaftes physikalisches Wissen der Schüler nicht verstummen. Was in allererster Linie not tue, sei eine „knappe das Lehrbuch ersetzende Zusammenstellung der eine feste Einprägung erfordernden positiven Kenntnisse ohne alles methodische Beiwerk“. „Ein derartiges Lernbuch wird sich im wesentlichen beschränken auf die Nominaldefinitionen, die Postulate, die wichtigsten zur Erkenntnis des Energieprinzips hinführenden oder mit dem Alltagsleben und der Natur in unmittelbarem Zusammenhang stehenden Gesetze, erforderlichenfalls ihre mathematische Begründung in stenographischer Darstellungsweise, besonders wichtige Zahlenwerte, und endlich kurze Hinweise auf die wichtigsten Erfahrungstatsachen und auf technische Anwendungen durch Angabe von Stichwörtern und durch schematische Abbildungen“. Eine solche Zusammenstellung solle keineswegs ein erstarrter Kanon des Memorierstoffes, vielmehr ein Mittel zur festeren und einheitlichen Gestaltung des physikalischen Unterrichtes überhaupt sein. Mit einem solchen knapp bemessenen, dafür um so handlicheren Rüstzeug versehen, werde der Schüler einer leichter zu bewältigenden Aufgabe gegenüberstehen und ein stärkeres Gefühl der Sicherheit gewinnen.

Gegen die allzu ausführlichen Lehrbücher macht der Verfasser geltend, daß sie es dem Schüler immer schwerer machen, das Behaltenswerte herauszuschälen, und daß sie die Erziehung zur Selbsttätigkeit vereiteln, indem sie den Stoff bereits verarbeitet und zurechtgeschnitten darbieten und dadurch die Denkarbeit auf ein Mindestmaß beschränken. Auch wir verkennen nicht, daß hier ernstliche Schwierigkeiten vorhanden sind, es fragt sich nur, ob sich nicht an das vorgeschlagene kurze Lernbuch andere ebenso große Bedenken anknüpfen. Es dürfte wenig bekannt sein, daß ein solches Schriftchen bereits seit langer Zeit existiert; es ist der Leitfaden für den physikalischen Unterricht an der K. S. Gewerbschule zu Chemnitz von A. Weinhold<sup>1)</sup>. Ein solcher nur als Resumé der Unterrichtsstunden gedachter Leitfaden hat für die Repetition sicher einen großen Wert, hauptsächlich allerdings dann, wenn er vom Lehrer für seinen eigenen Gebrauch zusammengestellt ist; er verliert schon viel an Brauchbarkeit, wenn er sich nicht eng an den Vortrag des Lehrers anschließt. Vor allem aber hängt an ihm der Fluch des Abstrakten, der nur reiferen Köpfen nichts anhaben kann. Wer, wie der Referent jahrelang die Schüler genötigt hat, das Ergebnis jeder Unterrichtsstunde, oft nur in wenigen Zeilen, festzuhalten, der wird auch die Beobachtung gemacht haben, daß nach einiger Zeit oft nicht viel mehr als das so Fixierte im Gedächtnis haften geblieben ist und daß das ursprünglich konkret Aufgefaßte zur Formel und Schablone wird. Auch die Anschauung will aufgefrischt sein, sei es durch Skizzen, die während des Unterrichts gemacht werden, sei es durch Abbildungen und Beschreibungen im Lehrbuch. Darum möchte Referent ein Lehrbuch, das nicht nur das Knochengestüst, sondern auch Fleisch darbietet, nicht von der Hand weisen;

<sup>1)</sup> Der Leitfaden (107 S., 15. Aufl. 1902) ist als Manuskript auf Schulkosten gedruckt und wird gegen Wiedererstattung der Herstellungskosten an die Schüler abgegeben.

darin aber stimmt er Herrn Norrenberg durchaus bei, daß das Lehrbuch nicht übersichtlich genug sein kann, und daß es insbesondere die Hauptdefinitionen, Gesetze u. s. f. deutlich hervortreten lassen muß. Neuere Lehrbücher, wie das von Kleiber und das im Erscheinen begriffene von A. Höfler, lassen auch hierin einen erfreulichen Fortschritt erkennen. Zu wünschen bleibt immer, daß sich Lehrer und Lehrbuch hinsichtlich der einzuschlagenden Methode nicht allzuweit von einander entfernen, sodaß der Schüler beim Nachlesen im Lehrbuch die lebendigen Züge des im Unterricht unmittelbar Aufgenommenen wiederfindet. Auch ein etwas ausführlicher gehaltenes Lehrbuch läßt dem Lehrer, wenn er nur selbst beweglich genug ist, hinreichende Freiheit; ihm wird es auch niemals störend sein, daß eifrige Schüler schon Kenntnisse aus dem Physikbuch in die Unterrichtsstunde mitbringen; denn seine Fragestellung und Behandlung wird doch der Regel nach den Gegenstand im neuen Lichte erscheinen lassen. Das vom Verfasser zitierte Fichtesche Wort „Mit dem Wissen erstirbt die Begeisterung“ ist, wenn überhaupt, nur mit starker Einschränkung auf den vorliegenden Fall anwendbar.

Obwohl der Verfasser zugibt, daß es bedenklich wäre, für die Sichtung des Lehrstoffs allgemein gültige Prinzipien aufzustellen, weist er doch zum Schlusse auf einige spezielle Gegenstände hin, die seiner Ansicht nach aus dem Unterricht wegbleiben könnten. Dahin gehört die Lehre vom absoluten Nullpunkt der Temperatur, der in der Tat nur, wenn auch nicht gerade ein logisches Phantom, so doch eine wissenschaftliche Fiktion bedeutet, und Doves längst überwundene Lehre vom Kampf der äquatorialen und polaren Strömungen. Auch hinsichtlich der Lichtenbergschen Figuren stimmen wir dem Verfasser bei, nicht aber in Bezug auf den Heronsball, die älteren Photometer, die Hygrometer von Regnault und Daniell, den Elektrophor. Mindestens möchten wir diese nicht zu den „abtrennbaren Zöpfen“ zählen, sondern messen ihnen teils in sachlicher, teils in methodischer Hinsicht einige Wichtigkeit bei, was auszuführen hier zu weit führen würde. Die Lehre von den Dimensionen geben wir für das Gymnasium preis, ohne sie in einigen der einfachsten Fälle entbehren zu wollen; auch die theoretische Ableitung der elektrischen Maßeinheiten, die mathematische Theorie des Potentials, die quantitative Behandlung der Kraftlinien dürften auszuschließen sein. In der Mechanik sind „gekünstelte Deduktionen“ wie Varignons Hebelbeweis gewiß entbehrlich, ebenso die Lehre von den Kräftepaaren, die Berechnung des Trägheitsmoments (die möglichenfalls in die mathematischen Stunden gelegt werden kann) u. a. m. Nicht ausgeschlossen sehen möchten wir das so einfach zu behandelnde konische Pendel und die Herleitung des Pendelgesetzes; auch der Zusammenhang zwischen den beiden galileischen Fallgesetzen wird nicht weggelassen werden können, da hierauf die wichtige Einsicht in den Zusammenhang von Arbeit und lebendiger Kraft sich gründet. Man kann über manches Einzelne verschiedener Meinung sein, gerade darum aber ist nicht zu wünschen, daß irgend welche normative Bestimmungen getroffen würden, wie sie in Österreich in der Form ausführlicher Instruktionen seit Jahren bestehen. Selbst die idealste Festlegung dieser Art würde sich in kurzer Zeit als eine Fessel für die freie Bewegung erweisen; auf dieser aber beruht vornehmlich die noch immer steigende Vervollkommnung der Unterrichtsmethode wie im allgemeinen, so besonders auf naturwissenschaftlichem Gebiete. P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

Über Quarzglas veröffentlicht H. HERAEUS unter Zugrundelegung seines Vortrages auf dem V. internationalen Kongreß für angewandte Chemie zu Berlin wertvolle Mitteilungen in der *Deutschen Mechaniker-Ztg.* 1903, S. 173. Die Herstellung des Quarzglases ist dem Wesen nach nichts Neues und seit 1839 bekannt. Gaudin, Gautier, Boys, Dufour war es bereits früher gelungen, Quarz zu einem überall gleichartigen Glas zu schmelzen und teilweise auch daraus kleine Gefäße herzustellen. Der Fortschritt, den man in den letzten Jahren gemacht hat, ist nur klein, doch hat er die Wirkung, daß Heraeus jetzt jeden beliebigen Apparat, den der Glasbläser aus gewöhnlichem Glas vor der Lampe machen kann, auch aus Quarz-



glas herzustellen vermag. Heraeus hatte bereits 1899 größere Mengen Bergkristall auf einmal im Knallgasofen geschmolzen. Er verwandte dabei Gefäße aus reinem Iridium, dem einzigen bekannten Stoff, der die zum Schmelzen nötige Temperatur von wenigstens 1850° C aushält und dabei das Schmelzgut nicht verunreinigt. Abbe bestimmte an einem großen Stück des so erhaltenen Glases den Brechungsindex und die Dispersion. Fast gleichzeitig war es auch Schott & Gen. gelungen, im elektrischen Lichtbogen größere klare Stücke geschmolzenen Bergkristalls herzustellen, die auf der Pariser Weltausstellung zu sehen waren. Später unternahm es Heraeus, das in der erwähnten Weise erschmolzene Glas mit Hilfe von Dr. Siebert & Kühn zu Kassel vor dem Knallgasgebläse zu Gefäßen zu verarbeiten, mit denen er zuerst 1902 auf der Würzburger Versammlung der Deutschen Bunsengesellschaft an die Öffentlichkeit trat. Inzwischen hatte auch W. A. Shenstone sehr schöne und bemerkenswerte Ergebnisse erzielt, über die er im März 1901 in einem Vortrag vor der Royal Institution of Great Britain berichtete. In neuerer Zeit hat dann noch Hutton seine Versuche veröffentlicht, rohe und dicke Röhren aus Quarzglas im elektrischen Lichtbogen zu formen (Versammlung der American Electrochemical Society im September 1902).

Die Herstellung von Gefäßen aus Quarzglas erfordert die Lösung zweier Aufgaben: erstens die Erschmelzung des Glases und zweitens die Formung des Glases zu Gefäßen. Der Bergkristall findet sich häufig in so vollkommener Reinheit und Klarheit, daß man es auf das lebhafteste bedauern muß, daß es nicht möglich ist, die großen klaren Stücke, die z. B. aus Brasilien kommen, und aus denen man zahlreiche optische Apparate schleift, einfach einem Erweichungsverfahren zu unterwerfen, um daraus ein ebenso gleichartiges und klares Glas zu erhalten. Der Bergkristall aber muß bei der Erhitzung ein Warmheitsgebiet durchlaufen, in denen eine plötzliche Änderung seiner vorher stetigen Ausdehnung eintritt, die mit einer Änderung der optischen Eigenschaften in merkwürdiger Weise parallel läuft. In diesem bei 570° liegenden Gebiet zersplittern einigermaßen große Stücke in zahlreiche Bruchstücke. Aus diesem Grunde gelang es Shenstone nicht, im Knallgasgebläse größere Stücke zu erweichen. Er erhitzte daher größere Stücke auf  $\approx 1000^\circ$ , warf sie in Wasser und erhielt so einen Stoff, der zwar seine Klarheit vollkommen verloren hatte, den er aber, ohne daß er weiter zerfiel, im Knallgasgebläse verglasen konnte. Heraeus dagegen schmilzt den Bergkristall, wie ihn die Natur liefert, in Iridiumgefäßen. Er erhitzt diese in einem aus feuerfesten Stoffen (Kalk oder Magnesia) bestehenden Ofen mit einer großen Knallgasflamme und überwacht dabei die Temperatur mittels Thermoelementen, die aus Iridium und einer Iridium-Ruthenium-Legierung bestehen. Die Temperatur, bei der Quarz verglast, liegt nach Heraeus bei 1700°, also noch  $\approx 80^\circ$  unter dem Platinschmelzpunkt. Das von Heraeus erhaltene Glas enthält nur einzelne größere Luftblasen, da der Bergkristall zunächst in kleine Stücke zerspringt, und die dazwischen liegenden Luftmengen zum Teil mit eingeschlossen werden, ist aber im übrigen vollkommen klar und durchsichtig. Der Versuch, die Luftblasen durch lang andauerndes Erhitzen des Glasflusses zum Aufsteigen zu bringen, verspricht wenig Erfolg, da das Quarzglas sehr zähe ist, und eigentliche Dünnpflüssigkeit erst bei einer Temperatur eintritt, bei der es gleichzeitig sehr lebhaft verdampft.

Shenstone formte aus dem Quarzglas Hohlkörper durch mühsamen Aufbau aus kleinen Stückchen. Auf diese Weise zu einer eigentlichen Fabrikation beliebiger Gefäße fortzuschreiten, war von vornherein aussichtslos. Heraeus hingegen gelang es unter Mitwirkung von Kühn, Hohlkugeln von  $\approx 50 \text{ cm}^3$  Inhalt aus einem einzigen Stück Quarzglas auf einmal aufzublasen, und die bewunderungswerte Geschicklichkeit Kühns vermag beliebige Gefäße durch Zusammensetzen solcher Kugeln herzustellen. Auch heute noch ist die Ausübung dieser Kunst mühsam und höchst anstrengend. Das Getöse der großen Knallgasgebläse erfordert starke Nerven und das Arbeiten bei Temperaturen über 2000° in nächster Nähe große Hingabe des Künstlers an seine Aufgabe, selbst wenn sie von so schönen Erfolgen wie bisher gekrönt ist.

Mylius hat gezeigt, daß alkalische Flüssigkeiten das Quarzglas angreifen. Wasser, Säuren und Salzlösungen hingegen nicht. Bei hohen Temperaturen sind alle Oxyde dem Quarzglas gefährlich. Gefäße daraus sind daher sehr sorgfältig zu reinigen und dann nicht mehr mit den Fingern zu berühren, da die Schweißteilchen wegen ihres Alkaligehalts bei hohen Temperaturen die Bildung von unentfernbaren Flecken aus Alkalisilikat veranlassen. Erhitzt man ein Quarzglasrohr, das frei im Innern eines elektrisch heizbaren Porzellanrohres sich befindet, einige Stunden auf  $\approx 1300^\circ$ , so ist es, aus dem Ofen genommen, zunächst vollkommen klar und durchsichtig, bei weiterem Abkühlen wird es plötzlich trüb und undurchsichtig. Es handelt sich dabei um eine ganz geringe Verunreinigung der Oberfläche des Rohres etwa durch verbrannte Staubteilchen, deren Asche bei der hohen Temperatur mit dem Quarzglas zusammen geschmolzen ist; es findet also keine Entglasung des Quarzglases, sondern Bildung eines hauchdünnen Silikat-Schmelzflusses statt. — Phosphorsäure greift bei hohen Temperaturen das Glas an unter Bildung kristallisierter Kieselposphorsäure. — Auf dieses Verhalten ist Rücksicht zu nehmen bei dem Arbeiten mit Tiegeln aus Quarzglas, die im übrigen wegen ihrer Durchsichtigkeit und Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel für Laboratoriumsuntersuchungen so außerordentlich vorteilhaft sind. — Oxydfreie Metalle greifen das Quarzglas nicht an. — Villard und Chappuis haben eine schwache Durchlässigkeit des Quarzglases für Wasserstoff bei hoher Temperatur festgestellt. — Shenstone berichtet, daß ein Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff, in Quarzglasgefäßen über Platinschmelzhitze erwärmt, sich zu Untersalpetersäure vereinigt. In den Räumen, wo man Hohlkörper aus Quarzglas herstellt, kann man diesen Stoff, von dem jedes geblasene Gefäß merkbare Mengen enthält, durch den Geruch deutlich wahrnehmen.

Die Umwandlung des Bergkristalls in den glasigen Zustand geschieht bei  $\approx 1700^\circ$ . Der Erweichungspunkt ist nicht genau festzulegen. Bei  $1330^\circ$  kann man noch einigermaßen starkwandige luftleere Gefäße stundenlang benutzen, ohne daß sie ihre Gestalt ändern. Bei  $1500^\circ$  ist das Glas schon merkbar plastisch. Die Temperatur, bei der die Gefäße hergestellt werden, schätzt Heraeus auf über  $2000^\circ$ . Dabei dürfte die Temperatur, auf die das Glas im Gebläse selbst erhitzt wird, noch wesentlich höher, etwa bei Iridiumschmelzhitze ( $\approx 2300$  bis  $2400^\circ$ ) liegen. Bei dieser Temperatur verdampft die Kieselsäure sehr stark; der Dampf verdichtet sich zu einem flockigen Mehl. — Die Dichte des Glases beträgt nach Chappuis und Holborn  $2,2 \text{ gr/cm}^3$ ; seine Härte liegt zwischen Feldspat und Quarz. Sein Ausdehnungskoeffizient ist außerordentlich klein, weit kleiner als der aller bekannten Körper; er beträgt nach Le Chatelier, Chappuis, Holborn und Henning und Scheel bis zu  $1000^\circ$  nur  $\approx \frac{1}{17}$  desjenigen von Platin. Daher ist das Quarzglas ganz unempfindlich gegen jeden Temperaturwechsel. Man kann das weißglühende Glas, ohne daß es springt, in Wasser tauchen. Diese geringe Ausdehnung durch die Wärme macht diesen Stoff für thermometrische Zwecke außerordentlich geeignet, und Dr. Siebert & Kühn hoffen, demnächst Thermometer aus Quarzglas in den Handel bringen zu können.

Nach Abbe ist der Brechungsindex des Quarzglases für D 1,4585 und die Dispersion von C bis F 0,00676. Das Quarzglas ist für den ultravioletten Teil des Spektrums vollkommen durchlässig. Man kann Vakuumröhren beliebiger Form daraus herstellen und mit metallischen Zuleitungen versehen, die aus eingeschmolzenen Iridiumdrähten bestehen und mit Siegellack oder dergleichen nachzudichten sind. Läßt man durch eine evakuierte Röhre aus Quarzglas die Entladungen eines Induktorkiums gehen, so verbreitet sich alsbald ein deutlicher Ozongeruch. Bei einer von Heraeus aus Quarzglas hergestellten Quecksilberlampe nach Arons war die Ozonbildung so stark, daß der Experimentierende sich nicht längere Zeit in der Nähe der Röhre aufhalten konnte.

Die Herstellungskosten dieses edelsten aller Gläser sind leider außerordentlich hoch und demgemäß auch die Preise. Sollte es auch im Laufe der Zeit gelingen, namentlich durch Verbilligung der Sauerstoffherstellung die Preise etwas zu ermäßigen, so ist doch, soweit sich dies heute überblicken läßt, nicht zu erwarten, daß sie in eine andere Größenordnung übergeführt werden.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Fortschritte der Physik im Jahre 1902**, dargestellt von der deutschen physikalischen Gesellschaft. 58. Jahrgang. I. Abteilung: Physik der Materie, red. von K. Scheel. 496 S. M 20. — II. Abt.: Physik des Äthers, red. von K. Scheel. 905 S. M 34. — III. Abt.: Kosmische Physik, red. von R. Abmann. 679 S. M 26. — Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1903

Das Anwachsen der Produktion auf dem Gebiete der Physik zeigt sich in diesen Jahresberichten aufs deutlichste darin, daß trotz aller Bemühungen, die Referate möglichst kurz zu halten, und trotz der vor zwei Jahren erfolgten Abzweigung mehrerer großer Abschnitte der Umfang doch in diesem Jahrgang wiederum nicht unerheblich zugenommen hat. Redaktion und Verlagshandlung verdienen sich den Dank aller Fachgenossen für dieses der historischen Forschung wie der Wissenschaft selber nützliche und unentbehrliche Unternehmen. P.

**Namen-Register nebst einem Sach-Ergänzungsregister** zu den Fortschritten der Physik. Band XLIV (1888) bis LIII (1897). Unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe bearbeitet von Dr. G. Schwalbe. XVIII und 1044 S. M 60.

Dieses Namen-Register ist im Anschluß an das von 1865—1887 reichende von Bernhard Schwalbe hergestellte Generalregister bearbeitet. Die Söhne des Genannten, E. und G. Schwalbe, haben in pietätvollster Weise das von dem Vater bereits in Angriff genommene Werk zu Ende geführt und dabei dieselben Grundsätze befolgt, die für das frühere maßgebend gewesen sind. Es sind nicht etwa lediglich die Register der einzelnen Bände zusammengetragen, sondern es sind auch Band für Band die Register mit dem Text verglichen worden, sodaß etwaige Ungenauigkeiten ausgemerzt werden konnten. Die mühevollen Arbeit, durch die erst die Litteratur des ganzen behandelten Jahrzehnts der allgemeinen Benutzung erschlossen ist, darf des Dankes und der vollen Anerkennung der Fachmänner gewiß sein. P.

**Sammlung naturwissenschaftlich-pädagogischer Abhandlungen**, herausgegeben von Otto Schmeil und W. B. Schmidt. Leipzig, B. G. Teubner, 1903. Heft 1: Zweck und Umfang des Unterrichts in der Naturgeschichte an höheren Mittelschulen mit besonderer Berücksichtigung des Gymnasiums. Von F. Mühlberg, 52 S. M 1,20. Heft 2: Schülerübungen in der elementaren Astronomie. Von Paul Schlee. 15 S. M 0,50.

Die neu eingerichtete Sammlung ist ein erfreuliches Zeichen von der Intensität der heutigen Bestrebungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Für die Leser dieser Zeitschrift ist namentlich Heft 2 von Interesse. Der Verfasser geht von dem gesunden Gesichtspunkt aus, daß die Schüler die wichtigsten Erscheinungen, statt sich über das Drehen des Telluriums zu amüsieren, erst einmal selbst beobachtet haben müssen, er knüpft damit an ähnliche Vorschläge an, die in letzter Zeit mehrfach laut geworden sind und in d. Zeitschr. seit Jahren von M. Koppe vertreten werden. Er bietet nichts wesentlich Neues, bringt aber eine zweckentsprechende Auswahl der einfachsten Hilfsmittel und Methoden zur Erlangung der grundlegenden astronomischen Beobachtungstatsachen. Unter den Hilfsmitteln verdient die halbkugelförmige Fliegenglocke aus Drahtgaze, zuerst von Rektor Böttcher in Leipzig empfohlen, besondere Beachtung. P.

**Meteorologische Optik** von J. M. Pernter, Professor an der K. K. Universität und Direktor der K. K. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Mit zahlreichen Textfiguren. I. Abschnitt. Seite 1—54 und Titelbogen. II. Abschnitt. Seite 55—212. Wien u. Leipzig. W. Braumüller. 1902.

Der erste Abschnitt der meteorologischen Optik, d. h. der „Lehre von den Lichterscheinungen, welche für das beobachtende menschliche Auge auftreten infolge des Eindringens eines Lichtstroms von außen (Sonne, Mond, Sterne) in die Atmosphäre der Erde“, behandelt den Schauplatz der meteorologisch-optischen Erscheinungen: das Himmelsgewölbe. Dies hat allem Anscheine nach die Gestalt einer Kugelkalotte, doch ist es nicht ausgeschlossen, daß es die Kalotte eines Rotationsellipsoides sein könnte. Es wird nun nach Drobisch und Reimann gezeigt, daß der Annahme einer Kugelkalotte das vorliegende Beobachtungsmaterial, nämlich die Messungen Reimanns, nicht widerspricht. Darauf wird die Gestalt dieser Kalotte näher bestimmt. Aus den Tabellen und Figuren, die den Zusammenhang zwischen wahrer und scheinbarer Winkelhöhe eines Punktes der Kalotte anzeigen, ergibt sich, daß vom Horizont bis etwa 35° Winkelhöhe gleiche Bruchteile des wahren Winkelmaßes überschätzt, von da aufwärts aber unterschätzt werden. Infolgedessen müssen Berge, Wolken, Meteore und auch die Sonne zu hoch geschätzt werden, daher muß sich auch die scheinbare Größe der Sternbilder, der Sonne und des Mondes in ihrem täglichen Laufe ändern. Die Hauptursache für die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes und die damit zusammenhängenden Erscheinungen findet der Verf. mit Gauß

und Zoth darin, daß uns bei stirnwärts gerichtetem Blick die Gegenstände verkürzt erscheinen gegenüber der normalen Blickrichtung beim Geradeaussehen. Als sekundäre Ursachen treten hinzu die Einwirkung von intermediären Objekten und Vergleichsgegenständen in der Horizontalen und die Luftperspektive.

Im zweiten Abschnitt werden die Erscheinungen behandelt, die den gasförmigen Bestandteilen der Atmosphäre allein ihre Entstehung verdanken. Auf die astronomische und terrestrische Refraktion und die Depression des Horizontes, Erscheinungen, die durch die normale Dichteabnahme der Luftschicht von der Erdoberfläche nach oben hervorgerufen werden, wird nur soweit eingegangen, wie zur Erklärung der Erscheinungen notwendig ist, die in abnormalen Zuständen der Dichteverhältnisse in den Luftschichten ihre Ursache haben (Kimmung, Luftspiegelung), oder bei denen ein mehr oder weniger rascher Wechsel der Dichte in den Luftschichten als Ursache mitwirkt (Fata Morgana, Scintillation). Diese Erscheinungen werden sehr ausführlich behandelt. Auf die genaue Beschreibung jeder Erscheinung folgt, soweit möglich, eine leicht verständliche Erklärung und dann die gründliche Theorie. Für das Problem der „Sichtbarkeit“, „Nähe“ und Vergrößerung von Objekten, das bisher noch nicht behandelt war, gibt der Verf. eine Erklärung, die auf der Größe des Gesichtswinkels im geometrisch-optischen Sinne basiert. Zur Erhärtung der Erklärung der Kimmung und der damit verwandten Erscheinungen werden besonders die Messungen Biots benutzt. Bei den Luftspiegelungen nach oben werden die Untersuchungen von Vince und Tait, bei den Luftspiegelungen nach unten die Arbeiten von Gruber und Biot der Erklärung zu Grunde gelegt. Die Scintillationserscheinungen werden mittels der Montigny-Exnerschen Theorie erklärt. Dabei werden entgegenstehende Ansichten nicht stillschweigend übergangen, sondern auf ihre Richtigkeit genau untersucht. Man wird den Gründen, die der Verf. für oder gegen die einzelnen Erklärungsversuche vorbringt, fast ausnahmslos zustimmen. Bei der Beurteilung der Gauß-Zothschen Blickrichtungstheorie will es jedoch dem Ref. scheinen, als ob die Gründe, die gegen diese Theorie geltend gemacht worden sind oder werden können, nicht hinreichend hervorgehoben worden sind. Eine solche Ausstellung schmälert aber durchaus nicht den Wert des klar geschriebenen, überall selbständige Durcharbeitung und völlige Beherrschung des Stoffes zeigenden Buches. Es muß jedem empfohlen werden, der in diesem schwierigen Grenzgebiet von Meteorologie und Physik heimisch werden will.

*E. Tonn.*

**Was ist Elektrizität?** Eine Studie über das Wesen der Elektrizität und deren kausalen Zusammenhang mit den übrigen Naturkräften für Gebildete aller Stände. Von Prof. Wilh. Biscan, Direktor des städt. Elektrotechnikums in Teplitz. IV und 80 S., 17 Fig. i. Text. Leipzig, Hachmeister und Thal, 1902. M 1,50.

In der vorliegenden kleinen Schrift versucht der Verfasser, nicht unter Benutzung von leicht mißzuverstehenden Gleichnissen eine populäre Darstellung zu geben, sondern, sich streng an das von der Wissenschaft als richtig Erkannte haltend, dieses dem Verständnis größerer Kreise zugänglich zu machen. Bei all solchen Darstellungen wird immer der Anfang Schwierigkeiten bereiten, dies zeigt sich auch im vorliegenden Falle. Der Verf. geht aus von den einfachsten mechanischen Erscheinungen, welche ihm dazu dienen, die Begriffe Kraft, Energie und Arbeit zu erklären. Hier kann nun Ref. sich mit der Fassung einiger Definitionen nicht einverstanden erklären, so wird z. B. gesagt (S. 9) „Stoff in Bewegung ist als Kraft zu bezeichnen“, ferner (S. 10) „Kraft nennen wir Masse mit Geschwindigkeit“ und (S. 11) „Kraft ist die Zustandsänderung eines Körpers“. Weiter wird gezeigt, daß es sich in den verschiedensten Erscheinungsgruppen immer wieder um jene drei Größen handelt, daß durch Kräfte Arbeit geleistet wird und daß ohne Energieaufwand eine Arbeitsleistung nicht zustande kommen kann. Die elektrischen Erscheinungen werden dann zurückgeführt auf Kraftwirkungen des Äthers. Ref. wünscht der kleinen Schrift, daß sie recht viel zur Verbreitung richtiger Ansichten über die elektrischen Erscheinungen beitragen möge.

*W. Biegou von Czudnochowski.*

**Lehrbuch der Physik.** Zum besonderen Gebrauche für technische Lehranstalten sowie zum Selbststudium. Im Vereine mit Dr. B. Karsten, Oberlehrer am Technikum der freien Hansestadt Bremen, bearbeitet von Johann Kleiber, Reallehrer an der städt. Handelsschule München. Mit zahlreichen Figuren, durchgerechneten Musterbeispielen und Übungsaufgaben samt Lösungen. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1902. VIII u. 352 S. M 4,00.

Das Buch ist in seinen einzelnen Teilen von verschiedenen Mitarbeitern verfaßt: die Mechanik der festen Körper von J. Kleiber, Akustik und Optik von Dr. O. Gerlach, die Dampfmaschine von M. Lilge, strömende Elektrizität von Dr. J. Müller. Die Redaktion des Ganzen lag in der Hand Kleibers, und er hat sie so geschickt durchgeführt, daß man beim Lesen, falls man die Vorrede überschlagen hat, glaubt, die Arbeit eines einzigen Verfassers vor sich zu haben. Das Werk besitzt alle die anerkannten Vorzüge der Kleiberschen Lehrbücher: eingehende Gliederung des

Stoffes, Hervorhebung wichtiger Formeln durch Einrahmung, Erläuterung schwieriger Teile durch Vergleiche und Bilder, Reichtum an Figuren und Musterbeispielen. Dabei ist es den besonderen Anforderungen der technischen Mittelschulen dadurch angepaßt, daß es einerseits an die Erfahrungen der Schüler aus der Praxis anknüpft, andererseits die physikalischen Grundlagen für den eigentlichen Fachunterricht schafft. Es kommt zwar mehr darauf an, daß die Vorstellungen, die aus einem Buche mit solchen Zielen gewonnen sind, im späteren Leben praktisch zu richtigen Anwendungen führen, als daß die Schüler überall scharf unterscheiden lernen, was Annahmen und was Tatsache ist. Da man jedoch nicht voraussehen vermag, ob nicht gewisse Annahmen sich in der Zukunft als haltlos herausstellen, und ob nicht die eine oder andere hypothetische Vorstellung, die sich in dem Kopf des Schülers eingenistet hat, den Befangenen später hindert, eine wertvolle technische Erfindung oder Verbesserung zu machen, so ist es gut, alles Hypothetische, soweit es entbehrlich ist, wegzulassen oder mindestens als solches scharf zu kennzeichnen. Das ist in diesem Werk nicht überall geschehen, und einiges nicht so vorsichtig und einwandfrei abgefaßt wie in den früheren Büchern Kleibers. Es ist ziemlich gleichgültig, ob der Schüler einer technischen Mittelschule scharf zwischen Körper und Stoff unterscheidet, von Bedeutung jedoch ist es, daß er einwandfreie Begriffe von den wissenschaftlichen und technischen Einheiten hat, die gerade wegen ihrer Bedeutung für das praktische Leben durch Gesetz oder Vereinbarung festgelegt worden sind. In dieser Hinsicht ist das Buch an einigen Stellen einer Durchsicht zu unterwerfen. Auch empfiehlt es sich, die in dem Werke enthaltenen Konstanten nochmals mit den Zahlen in Kohlrauschs Lehrbuch der praktischen Physik und den Tafeln von Landolt und Börnstein zu vergleichen. Auf S. 11 ist der Ausdruck „kubizierter Glaszylinder“ zu ändern und auf S. 297 und 298 der Text nachzuprüfen. Die praktisch erfahrenen Verfasser haben das Buch den Bedürfnissen der technischen Mittelschulen mit glücklicher Hand angepaßt, und es ist daher zu wünschen, daß auch dieses Lehrbuch, oder besser gesagt Lernbuch, den gleichen Erfolg habe wie die früheren Werke Kleibers.

H.-M.

**Grundzüge der theoretischen Chemie.** Von Lothar Meyer. Dritte Auflage, neu bearbeitet von Prof. Dr. E. Rimbach (Bonn). Leipzig, Breitkopf & Härtel. XII u. 253 S. Ungebunden M 5.

Die Neubearbeitung der „Grundzüge“ von Lothar Meyer ist auf das freudigste zu begrüßen. Denn ein Buch, das ohne schweren mathematischen Apparat die Hauptsachen der theoretischen Chemie leicht faßlich und in anregender und gefälliger Form bringt, ist neben den größeren Compendien und Spezialwerken von Ostwald, van 't Hoff, Nernst, Arrhenius u. a. ein Bedürfnis. Das Buch hat in seiner jetzigen Gestalt nichts von seiner Eigenart eingebüßt, hat aber durch eine eingehendere Berücksichtigung der „modernen Theorien der Chemie“ sehr gewonnen. Den von van 't Hoff, Arrhenius, Nernst eingeführten modernsten Anschauungen stand Lothar Meyer, in seiner Jugend selbst ein Reformator und Vorkämpfer für das „Moderne“, bis zu seinem Tode etwas skeptisch gegenüber. Professor Rimbach hat nun mit feinem Takt und pädagogischem Gefühl, ohne den Grundcharakter des Buches zu ändern, die in den ersten beiden Auflagen (1890 und 1893) etwas knappen Abschnitte über Thermochemie, Elektrochemie und chemische Dynamik von Grund aus neu bearbeitet. Auch in den ersten Abschnitten ist manches geändert; die neuesten Ergebnisse der Forschung sind in sehr geschickter Auswahl benutzt; auf Zahlenbeispiele, Experimentaldaten und Untersuchungsmethoden, auch auf kurze mathematische Diskussionen elementarer Natur ist mehr Wert gelegt worden, sodaß das Buch mehr als früher den Charakter eines Lehrbuches erhalten hat. Daß es als solches sehr gute Dienste leistet, kann der Referent aus seiner eigenen Lehrpraxis bestätigen.

In Bezug auf die Auswahl des Stoffes kann man in einzelnen Punkten anderer Meinung sein. Dem Referenten ist es aufgefallen, daß nirgends auf die Ausnahmestellung der monatomen Luftgase hingewiesen ist: das so wichtige Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen der Gase wird nur sehr kurz behandelt und allgemein zu 1,4 angegeben! Das ist die einzige tatsächliche Ausnahmestellung, die der Ref. machen möchte. Sonst ist das Buch Lehrern wie Schülern auf das wärmste zu empfehlen.

W. Roth.

**Die Grundzüge der chemischen Didaktik,** eine Studie über das Studium der Chemie und den Laboratoriumsunterricht, von Dr. A. Wolfrum, Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1903. IV u. 147 S. M 3.

Das vorliegende Buch, das sich ausschließlich auf den Unterricht an Universitäten bezieht, geht von der richtigen Erkenntnis aus, daß die Entwicklung jeder Wissenschaft Fortschritte didaktischer Art zur Folge haben muß, und daß einmal für jeden Wissenszweig der Zeitpunkt kommt, wo „der Unterricht vom empirischen Lehrschema zum didaktisch begründeten System übergeht“. Dieser Fall sei für die Chemie — die ja tatsächlich in den letzten Jahrzehnten durch die außerordentliche Entwicklung der physikalisch-chemischen und der technologischen Untersuchungen eine völlige Um-

gestaltung erfahren hat — gegenwärtig eingetreten. Demgemäß bemüht sich der Verfasser, gegenüber der „konservativen Auffassung“, die nur „ein selbstgefälliges Verharren auf einem eingenommenen Standpunkt“ sei, das neue Unterrichtsgebäude zu begründen, für welches „nicht mehr Erfahrungen, sondern logisch gerechtfertigte Urteilsmomente“ entscheidend sein sollen. Die beiden Hauptarbeitsgebiete der Wissenschaft, die allgemeine und die technische Chemie, werden für völlig gleichwertig — und zwar aus Gründen der Logik, nicht der Erfahrung — erklärt. Die erstere soll „die Gesamtheit der Erscheinungen, welche der Chemie angehören, in ihrer Gesetzmäßigkeit erkennen“; hingegen hat die letztere „den Postulaten unseres Seins zu entsprechen und ihnen eine festere Gestaltung zu geben“. Dieser hohen Schätzung der technischen Chemie trägt der vom Verfasser aufgestellte, bis in die Einzelheiten gehende Studienplan Rechnung: er erstreckt sich auf neun Semester, umfaßt auch die Hilfswissenschaften einschließlich der Mathematik und Philosophie und soll zur Folge haben, daß die Praktikanten auf der Universität wirklich die Befähigung für selbständige Untersuchungen auf wissenschaftlichem wie technischem Gebiete erwerben. Wer sich durch die oft schwerverständliche und an die Art spekulativer Philosophen erinnernde Schreibweise des Verfassers nicht abschrecken läßt, wird aus dieser höchst zeitgemäßen und in ihren Zielen dankenswerten Studie reiche Anregung zum Nachdenken über Frage der chemischen Didaktik schöpfen.

*J. Schiff.*

**Einführung in die praktische Chemie.** Unorganischer Teil und organischer Teil. Von Prof. Dr. Felix B. Ahrens. Bd. 3 und 4 der „Bibliothek der Naturkunde und Technik“. Stuttgart, E. H. Moritz (ohne Jahreszahl des Erscheinens). 160 S. u. 144 S. Jeder Bd. M 1.

Ausgehend von seinen bei Volkshochschulkursen gemachten Erfahrungen, konzentriert sich der Verf. auf die Erklärungen der Dinge und Erscheinungen, mit denen uns das tägliche Leben umgibt. Es sind aber keine nüchternen Beschreibungen, die dort über „die Luft, das Wasser, das Chlor, die Bleichflüssigkeiten, die Glasätzung, über die Schwefelsäure, die Eisenbearbeitung“ und viele andere, insbesondere technologische Themata gegeben werden, sondern von einer gewissen poetischen Begeisterung getragene, in gediegen-populärem Ton gehaltene Ausführungen. Man merkt allenthalben, daß der Verfasser aus dem Vollen schöpft. Die Überschriften der ersten beiden Kapitel des unorganischen Teiles, „Der Weltenbau“ und „Zwischen Himmel und Erde“, sind symbolisch für die Art, wie der Stoff behandelt ist. Es erscheint zwar etwas kühn, im ersten Anfang mit einer eingehenden Darstellung der Spektralanalyse gleich in medias res hineinzuführen — aber so wie es geschehen und wie es zur Gewinnung einer umfassenden Anschauung verwendet wird, kann man alles nur gutheißen. Im organischen Teile, der, mit dem Kohlenstoff beginnend, die Leuchtgasgewinnung, die Kohlehydrate, die Alkohole und Fette und vieles Physiologische behandelt, erscheint eine reizvolle, kurzgedrängte, gewissermaßen ab ovo beginnende und bis in die Gegenwart führende historische Übersicht besonders bemerkenswert. Leider fehlt hier wie dort ein Register. Beiden Bändchen ist eine weite Verbreitung zu wünschen.

*O.*

**Internationale Atomgewichte von 1903.** Nach den Beschlüssen der internationalen Atomgewichtskommission. Herausgegeben von Karl Seubert. 1) Norm: H = 1. 2) Norm: O = 16. Leipzig, 1903, Breitkopf und Härtel. à M 1.

Jede der beiden für die Wand des Laboratoriums geeigneten Atomgewichtstabellen besteht aus zwei Blatt in Plakatformat, die zusammen eine Höhe von 1,25 m und eine Breite von 80 bis 90 cm — eine recht zweckmäßige Größe — ergeben. Die einzelne Tabelle enthält in drei Kolonnen nur die Namen der Elemente in alphabetischer Reihenfolge, die zugehörigen Symbole und die Atomgewichte. Bemerkenswert ist, daß unter den 78 aufgeführten Elementen sich bereits das Radium befindet und zwar mit dem Curieschen Atomgewicht 225. Für die Zwecke stöchiometrischer Berechnungen sind die Tabellen auch den höheren Schulen zur Anschaffung zu empfehlen.

*O.*

### **Programm-Abhandlungen.**

**Über das erste Problem der Dioptrik.** Von H. R. G. Opitz. Wissensch. Beilage z. Jahresbericht des Königstädt. Realgymn. zu Berlin. Ostern 1903. 26 S. Pr.-No. 109.

Der Verfasser behandelt das Problem der Brechung eines von einem Punkte ausgehenden Strahlenbündels an einer Ebene (Wasserfläche). Insbesondere untersucht er das dünne ins Auge gelangende Bündel nach den von Kummer für allgemeine Strahlenbündel entwickelten Methoden. Dabei findet er, daß die beiden Brennlinien  $B_1$  und  $B_2$ , d. h. die Stellen, wo die Dichtigkeit des Bündels unendlich groß ist, sich durch die Ordnung des Unendlichwerdens unterscheiden. Die Dichtigkeit ist für  $B_1$ , die in dem Lote zur brechenden Fläche liegt, unendlich von der zweiten, für die in der Diakustik liegende  $B_2$  aber von der ersten Ordnung, was sich übrigens auch leicht

elementar zeigen läßt. Der Verfasser schließt daraus, daß nur die  $B_1$ , nicht aber die  $B_2$  für die Erzeugung der Bilder eines Gegenstandes in Frage kommen. Er sucht das auch durch einen hübschen Versuch zu beweisen.

Dieser Schluß aber scheint nicht genügend begründet. Ob die Ordnung des Unendlichwerdens der Strahlendichte einen für das Auge merkbaren Einfluß auf Schärfe und Lichtstärke der Brennlinien hat, kann bezweifelt werden. Von Einfluß ist jedenfalls die Farbenzerstreuung, die der Verfasser nicht berücksichtigt. Man muß außerdem Abbildung von einzelnen Punkten und ausgedehnten Objekten unterscheiden. Für den Bildort der letzteren kommt bei der Abbildung durch astigmatische Bündel auch die Gestalt des Objektes in Frage (vergl. die Ausführungen des Referenten in dieser Zeitschr. IX, 236). Bei dem Versuche des Verfassers begünstigen die vertikalen Linien des Objektes die Entstehung eines scharfen Bildes durch die  $B_1$ , er beweist also noch nicht, daß in anderen Fällen nicht auch die  $B_2$  ein Bild geben können. Er läßt aber sehr schön erkennen, wie man sich beim Sehen mit einem Auge über den Ort des Bildes täuschen kann, da man ja auch den geneigten Stab nicht geknickt sieht, wie er mit dem durch die  $B_1$  erzeugten Bilde erscheinen müßte. Das ist auch zu berücksichtigen, um die Behauptung auf Seite 25 über das Sehen mit zwei Augen, deren Verbindungslinie senkrecht zum Wasserspiegel liegt, einzuschränken. Man kann also nur sagen, daß die Entstehung eines Bildes durch die  $B_2$  bei den ins Auge gelangenden dünnen Bündeln noch nicht erwiesen ist. So gibt die vorliegende Abhandlung zwar einen wichtigen Beitrag, aber noch keine vollständige Lösung des behandelten Problems. Götting.

## Versammlungen und Vereine.

### 75. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Kassel 1903. (Schluß.)

V. Abteilung für Physik, einschließlich Instrumentenkunde und wissenschaftliche Photographie.

2. Sitzung, 22. September, vormittags. Herr DRUDE (Gießen) zeigte: „Demonstration von Meßapparaten für elektrische Schwingungen“. Zuerst zeigte der Vortragende einen Apparat zur Messung der Wellenlänge elektrischer Schwingungen. Der Erreger des Apparates besteht aus fünf kreisförmigen Drahtwindungen von 10 cm Durchmesser mit einer Zinkfunkenstrecke, die einerseits mit einem in Petroleum getauchten Plattenkondensator mit meßbar variablem Plattenabstande, andererseits mit einem Induktorium (an der Funkenstrecke) verbunden sind. Hiermit ist eine Leitung von 2 parallelen, über einen Maßstab gespannten Drähten, die mit einem Kondensator verbunden sind und durch einen verschiebbaren Bügel überbrückt werden, schwach magnetisch gekoppelt. Die Resonanzlage des Bügels, die bis auf  $\frac{1}{4}$  Prozent genau bestimmt werden kann, wird durch das Aufleuchten einer Vakuumröhre, die elektrolytisch eingeführtes Natrium enthält, erkannt. Man kann mit dem Apparate Wellenlängen von 2–400 m messen. Die Eichung der Kondensatoren geschieht mit Hilfe von Normalspulen genau bestimmter Schwingungsdauer. Es wird der Plattenabstand des Kondensators im Erreger allmählich verändert, bis an den Spulendenenden Tesla-Büschel auftreten. An einer 40 cm langen Spule treten außer der Grundschwingung die beiden ersten Oberschwingungen deutlich wahrnehmbar auf. Ferner führte Redner einen Apparat zur Messung der Dielektrizitätskonstante und der elektrischen Absorption kleiner Substanzmengen mittels kurzer elektrischer Wellen vor.

Herr SIMON (Göttingen) sprach: „Über Erzeugung hochfrequenter Wechselströme und ihre Verwendung zur drahtlosen Telegraphie“. Der Redner entwickelte die Bedingungen für die Erzeugung ungedämpfter Schwingungen von hoher Frequenz. Während man bisher zur drahtlosen Telegraphie nur solche Funkenstrecken benutzt, welche stark gedämpfte, schnell abklingende Schwingungen erzeugen, hat der Vortragende in der Quecksilberbogenlampe ein Mittel gefunden, um unter Benutzung einer hochgespannten Gleichstromquelle Schwingungen zu erzeugen, die mit unverminderter Amplitude beliebig lange unterhalten werden können. Man muß nur dafür sorgen, daß die jeder Einzelentladung folgenden Teilentladungen dadurch in Wegfall kommen, daß die Frequenz der Einzelentladungen genügend gesteigert wird. Das kann man dadurch erreichen, daß man den vorgeschalteten Widerstand und die Selbstinduktion genügend verkleinert und die Spannung der Gleichstromquelle genügend erhöht. Außerdem muß man durch passende Form der Quecksilberlampe und stetige Abkühlung derselben das Entstehen eines kontinuierlichen Flammenbogens verhüten. [Redner demonstrierte die den Vortrag erläuternden Versuche am Freitag nachmittag in Göttingen bei Gelegenheit der Besichtigung der wissenschaftlichen Institute durch die Mitglieder der Abteilung für Physik.]

Dann führte Herr NEESEN (Berlin) einen Versuch vor: „Über die Frage der Beeinflussung von Kathodenstrahlen“. In einer Röhre waren zwei Kathodenstrahlenbündel dicht nebeneinander in entgegengesetzter Richtung mittels zweier getrennten Entladungen erzeugt. Da bei dieser Anordnung die elektrodynamische und die elektrostatische Wirkung sich gegenseitig unterstützen mußten, so war eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Kathodenstrahlenbündel wahrscheinlich; — doch zeigte der Versuch, daß keine Abstoßung eintrat, jedenfalls liegt dieselbe unterhalb der Beobachtungsgrenzen. — Derselbe demonstrierte dann noch „Eine doppelt wirkende Quecksilberluftpumpe“, welche ein andauerndes Saugen bewirkt, indem zwei gleiche Pumpenhälften durch einen Hahn, der durch eine Hilfspumpe gesteuert wird, abwechselnd mit einer Vorpumpe in Verbindung gesetzt wird. Ferner betonte Redner, daß es in der heißen Jahreszeit vorteilhaft sei, die Quecksilbersammelgefäße der Luftpumpe künstlich zu kühlen.

Herr J. CLASSEN (Hamburg) demonstrierte: „Fresnelsche Interferenzen an zwei planparallelen Platten als Vorlesungsversuch“. Wenn von einem Lichtpunkte Strahlen ausgehen und auf eine planparallele Platte fallen, so werden die Lichtstrahlen auf der vorderen und auf der hinteren Fläche reflektiert: Läßt man die reflektierten Strahlen auf eine zweite, der ersten kongruente planparallele Platte fallen, so zerfällt jeder Strahl wieder in zwei an der Vorder- und Hinterseite der zweiten Platte reflektierte Strahlen. Die auf der Vorderfläche der ersten und auf der Hinterfläche der zweiten Platte, sowie die auf der Hinterfläche der ersten und auf der Vorderfläche der zweiten Platte reflektierten Strahlen haben, wenn die beiden Platten nur eine geringe Neigung gegeneinander haben, eine geringe Phasendifferenz, welche zur Entstehung von Interferenzstreifen Veranlassung gibt. Diese sogenannten Brewsterschen Streifen wurden dadurch vom Vortragenden objektiv vorgeführt, daß er das Licht eines Projektionsapparates streifend auf die beiden Platten fallen ließ, wodurch eine starke Helligkeit erzeugt wurde. Die Streifen waren bis auf den letzten Platz deutlich sichtbar. Durch Abblenden des einen Strahlensystems konnte die Entstehung der Streifen durch Interferenz deutlich gemacht werden. Durch Veränderung der Neigung der Platten war die Breite der Streifen veränderlich. Diese Anordnung hat vor anderen Anordnungen den Vorteil, daß hier die reinen Interferenzwirkungen ohne Beugungsstreifen entstehen, was bei dem Fresnelschen Zweispiegelversuche kaum völlig zu erreichen ist. Man bedarf zu dem Versuche nur zweier tadellosen absolut gleichen Planparallelplatten. (Vgl. auch d. Heft S. 35).

Im Anschluß an die Abteilung für Physik fand am 22. Sept. nachmittags in den Räumen der Ausstellung von Zeiß (Jena) der Vortrag des Herrn SIEDENTOPF (Jena) statt: „Demonstrationen von Einrichtungen zur Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen“. Es wurden hier unter Benutzung des Prinzipes der fokalen Beleuchtung und der dadurch erzeugten Beugungsscheibchen die Teilchen im Goldrubinglas und in einer Farbstofflösung und eine Bakterienkolonie im Mikroskop vorgeführt. Über das Prinzip der Anordnung ist schon früher in ds. Ztschr. (XVI 104) berichtet. Hinzugefügt mag noch werden, daß in der Tat diese neue Beobachtungsanordnung geradezu überraschende Resultate gibt und berufen zu sein scheint, vielleicht auf dem Grenzgebiete der Physik und Chemie einen unmittelbaren Einblick in das Getriebe der Atome und Moleküle zu eröffnen.

3. Sitzung, Mittwoch, den 23. September. Herr R. Wachsmuth (Rostock) trug vor über „Schneidentöne und Labialpfeifen“. Mit dem Namen Schneidentöne bezeichnet Redner Töne, die dadurch entstehen, daß ein Luftstrom aus einem Windkasten mit rechteckiger Öffnung austritt und gegen die scharfe Schneide eines der Spaltöffnung parallelen Keils anschlägt. Hierbei zeigt sich, daß bei Entfernung des Keils von der Spaltöffnung in einem kurzen Abstände ein hoher Ton entsteht, der bei gleichbleibendem Abstände vom Luftdruck abhängt. Mit wachsender Entfernung wird der Ton tiefer, dann springt er plötzlich um eine Oktave auf die frühere Höhe, sinkt dann bei zunehmendem Abstände wieder, springt plötzlich wieder um eine Quinte auf die ursprüngliche Höhe. Zuweilen gelingt noch ein dritter Sprung. Redner hat die Ursache dieser Tonfolge dadurch zu finden gesucht, daß er den Luftstrom zwischen Spalt und Schneide kinematographisch aufnahm, nachdem er dem Luftstrom Ätherdämpfe beigemischt hatte. Die Aufnahmen haben ergeben, daß das aus dem Spalt austretende Luftband kurz nach Verlassen des Spalts eigentümliche Pendelbewegungen ausführt. Dieser pendelnde Luftstrom schlägt nun an die beiden Seitenflächen der Schneide und erzeugt so den Schneidenton. Je nach der Stellung des Keils dem pendelnden Luftstrom gegenüber erfolgen die Anschläge des Luftstromes mehr oder weniger häufig. Über diese Frage wurde in der Diskussion sehr lebhaft verhandelt, doch kam die Diskussion zu keinem den Vorgang völlig erklärenden Abschluß. Zum Schluß führte der Vortragende noch den Einfluß des die eigentliche Orgelpfeife bildenden Resonanzrohres vor. Es stellte sich hierbei heraus, daß der Einfluß des Resonanzrohres bei kleinen und großen Pfeifen nicht genau derselbe ist, obgleich im wesentlichen der Resonanzraum in beiden Fällen der zwischen Spalt und Schneide herrschenden Pendelung die dem Resonanzraume eigene Periode aufzwingt.



Herr Grimsehl (Hamburg) sprach über „Analyse und Synthese von Schwingungen“. Die Analyse schnell verlaufender oder oszillatorischer Bewegungen wird durch die photographische Aufnahme auf bewegter Platte ausgeführt. Der vom Vortragenden konstruierte und vorgeführte Apparat bestand aus einem auf einem Stative aufgestellten astronomischen Fernrohr, durch welches an der Stelle, wo das vom Objektiv erzeugte reelle Bild entsteht, wo also gewöhnlich das Fadenkreuz ist, eine schmale photographische Platte hindurchfällt. Zu dem Zwecke ist an dieser Stelle das Fernrohr mit einer rechteckigen Hülse versehen, auf welche oben und unten schmale Blechkassetten aufgesteckt werden können. Ist die obere Kasette mit einer photographischen Platte versehen, so kann diese in dem Augenblick, wo man eine zu analysierende Erscheinung beobachtet, auf pneumatischem Wege durch Druck auf einen Gummiball ausgelöst werden, sodaß sie durch das Gesichtsfeld hindurchfällt. Redner führte die Aufnahme einer schwingenden Saite während des Vortrages in dem Bruchteile einer Minute aus und zeigte die fertig entwickelte Aufnahme noch in derselben Sitzung. Redner zeigte dann noch einige mit dem Apparate ausgeführte Aufnahmen vor, nämlich die Lochreihe einer rotierenden Sirenen Scheibe, eine schwingende Stimmgabel, die Schwingungen einer Saite mit den verschiedenen Obertönen, elektrische Entladungen mit eigentümlichen Teilentladungen, die singende Bogenlampe. Darauf wurde noch eine Wellenmaschine vorgeführt, die die Synthese komplizierter Schwingungsfiguren aus ihren Elementen, den reinen Sinusschwingungen, gestattet. Die Wellenmaschine, die sich in ihrem Grundprinzip der Pfaunderschen Wellenmaschine anschließt, zeichnet sich dadurch aus, daß beliebige Sinusschwingungen mit beliebiger Phasenverschiebung und in verschiedenster Mannigfaltigkeit und Wiederholung durch einfache Addition der Ordinaten zur resultierenden Schwingung zusammengesetzt werden können. (Vgl. auch d. Heft S. 33).

Herr E. ZSCHIMMER (Jena) berichtete „Über neue Glasarten von gesteigerter Ultraviolett durchlässigkeit“. Es ist dem Vortragenden gelungen, Glasarten herzustellen, welche für Strahlen von der Wellenlänge  $305 \mu\mu$  noch bei 1 cm Dicke 50% Durchlässigkeit, für Strahlen von der Wellenlänge  $288 \mu\mu$  noch bei 1 mm Schichtdicke 50% Durchlässigkeit haben. Astrophotographische Aufnahmen mit Objektiven aus diesen Gläsern, welche vom Jenaer Glaswerk hergestellt werden, haben eine erheblich größere Sternzahl und feineres Detail ergeben als Aufnahmen mit Objektiven gewöhnlicher Glasarten. Ferner zeigte Redner noch ein Filterglas für kurzwellige Strahlen, welches von Rot bis Blau stark absorbiert, aber jenseits des Blau bis etwa  $280 \mu\mu$  die Strahlen in 1 mm Dicke gut durchläßt.

Hierauf demonstrierte Herr F. MARTENS (Berlin) „Zwei praktische Photometer“, die in erster Linie dazu dienen sollen, die Flächenhelligkeit zu bestimmen. In dem ersten Photometer wurde die Normalbeleuchtung einer Benzinkerze mit der Flächenhelligkeit dadurch verglichen, daß die Strahlen der Benzinkerze durch ein totalreflektierendes Prisma zweimal reflektiert wurden. Durch Verschieben des totalreflektierenden Prismas wurde die Weglänge für das Licht der Benzinkerze so lange meßbar verändert, bis Gleichheit der Flächenhelligkeit eintrat. Bei dem zweiten Photometer wurde das Licht einer Normalglühlampe durch Polarisation so weit geschwächt, bis Helligkeitsgleichheit eintrat.

Endlich beschrieb Herr O. PASCHE (Bern) „Ein Verfahren zur Elimination der Sekundärstrahlung in der Röntgen-Technik“. Das Verfahren besteht darin, daß durch zwei passend angebrachte Blenden, von denen die eine oberhalb, die andere unterhalb des Objektes angebracht ist, die Sekundärstrahlen der Röntgenstrahlen ausgeschlossen werden. Hierdurch soll eine klarere Aufnahme von größeren Objekten mit harten Strahlen erreicht werden.

#### VI. Abteilung für Chemie einschl. Elektrochemie.

Von den Vorträgen dieser Abteilung behandelten die meisten Spezialuntersuchungen, die für den größten Teil der Leser dieser Zeitschrift von geringerem Interesse sind. Es mögen nur einige Vorträge von allgemeinerem Interesse besprochen werden.

1. Sitzung am 21. September. Herr Graebe (Genf) empfiehlt in seinem Vortrage über „Die Darstellung des Chlors im Laboratorium“ als bequemste Methode der Chlordarstellung diejenige aus Salzsäure und Kaliumpermanganat. Auch die Darstellung des Chlors aus Salzsäure und chlorsaurem Natrium, die noch billiger als die vorige ist, wird als gut brauchbar empfohlen.

2. Sitzung am 22. September. Herr Biltz (Göttingen) sprach über „Adsorptionsverbindungen der Kolloide“. Aus diesem Vortrage ist zu erwähnen, daß sich ergeben hat, daß die Beständigkeit kolloidaler Lösungen von einer bestimmten elektrostatischen Ladung der Kolloidteilchen gegen die Flüssigkeit abhängt. Daraus folgt, daß Kolloide von entgegengesetzter elektrostatischer Ladung beim Vereinigen unter Elektrizitätsaustausch als gemischtes Gel sedimentiert werden. An mehreren Beispielen wurde diese Tatsache erläutert und demonstriert. Bei der Untersuchung städtischer Abwasser hat sich ergeben, daß die organische Substanz gegen das Wasser negativ geladen ist. Hieraus

erklärt es sich, das Kolloide, die positiv gegen Wasser geladen sind, wie z. B. Eisenhydroxyd, die Klärung der Abwässer bewirken.

Herr NERNST (Göttingen) sprach über „Theorie des Ozons“. In seinem Vortrage diskutierte Redner die Entstehung des Ozons aus Sauerstoff. Aus dem Potential des Ozons, das mit Hülfe einer Ozon-Sauerstoff-Kette bestimmt ist, folgt, daß nur dann eine Ozonbildung möglich ist, wenn die Konzentration der freien Sauerstoffatome 10—20 mal so groß ist wie bei reinem Sauerstoff. Die ozonisierende Wirkung der stillen Entladung ist durch die hierbei eintretende Entstehung von großen Mengen freier Sauerstoffatome zu erklären. Es kann eine spontane Ozonisierung des Sauerstoffs auch dadurch herbeigeführt werden, daß gewöhnlicher Sauerstoff gleichzeitig hohem Druck und hoher Temperatur ausgesetzt wird.

3. Sitzung am 22. Sept. nachm. Vortrag des Herrn Runge (Hannover): „Über die spektroskopische Bestimmung des Atomgewichts“. Der Vortragende untersuchte die Beziehungen der Linienspektren der Elemente zu ihrem Atomgewicht. Es ergibt sich z. B., daß die Linien der Alkalien mit wachsendem Atomgewicht dem roten Ende des Spektrums zuwandern. Ferner ergibt sich, daß man bei passender Gruppierung der Linien zu sogenannten Serien jede Linie des einen Elements einer bestimmten Linie des anderen zuordnen kann. Für diejenigen Linien, die sich nicht in Serien ordnen lassen, gelten als Kriterien der Zuordnung das Verhalten und Aussehen der Linien bei Druckänderung, bei verschiedenen Temperaturen, im elektrischen Lichtbogen, im Funken, das Gesetz konstanter Schwingungsdifferenzen und namentlich das Verhalten im magnetischen Felde. Die Schwingungszahlen der entsprechenden Linien einer Familie von Elementen sind eine Funktion des Quadrates des Atomgewichts. Daher ist es möglich, das Atomgewicht eines Elementes aus den Atomgewichten verwandter Elemente zu bestimmen. Unter Benutzung dieser Beziehungen hat der Vortragende in Gemeinschaft mit Herrn Precht (Hannover) das Atomgewicht des Radiums zu 257 gefunden, während Frau Curie die Zahl 225 gefunden hat. Der Unterschied der beiden Zahlen ist vielleicht auf die Unreinheit des von letzterer untersuchten Materials zu schieben (vgl. d. Ztschr. XVI 356). Herr E. Erdmann (Halle) sprach in derselben Sitzung „Über Erzeugung hoher Vakua für chemische Destillation“. Das Vakuum wird dadurch erhalten, daß der zu evakuierende Apparat erst mit Kohlensäure gefüllt, dann mit der Wasserstrahlluftpumpe evakuiert wird. Endlich werden die vorhandenen Kohlensäurereste mittels flüssiger Luft zum Gefrieren gebracht. Da die Tension der Kohlensäure bei der Siedetemperatur der Luft nur 0,026 mm beträgt, so ist die Herstellung eines Vakuums bis auf Bruchteile von Zehnteln Millimetern Quecksilber möglich. — Aus dem Vortrage von Herrn Studte (Berlin) über „Die Bedeutung der Kontaktzahlentheorie für die Chemie“ mag erwähnt werden, daß Redner unter der Annahme, daß die Atome kugelförmig sind, mit Hilfe der Lehre von den Berührungsmannigfaltigkeiten versucht, die räumliche Anordnung der Atome darzustellen. In der Diskussion wurde hervorgehoben, daß sowohl die Kugelform der Atome, wie auch die Annahme, daß eine Berührung derselben vorhanden wäre, so sehr unseren sonstigen Kenntnissen über die Atome entgegen wäre, daß mit der vorgetragenen Lehre von den Kontaktzahlen für die Chemie wenig gewonnen sein dürfte. —

In einer besonderen Sitzung, zu der fast alle naturwissenschaftlichen Abteilungen eingeladen waren, sprach Herr Harperath (Cordoba) über das Thema: „Sind die Grundlagen der heutigen Astronomie, Physik, Chemie haltbar?“ Dieser Vortrag, welcher einen Beitrag zur Lösung des Welträtsels, gestützt auf Berzelius und Kopernikus, darstellen sollte, war, als Manuskript gedruckt, schon vorher verteilt. Der Inhalt des Vortrages ist zu umfangreich, als daß er im Referat angegeben werden kann. Die dargestellten Anschauungen weichen sehr erheblich von unseren Grundanschauungen ab.

Aus den übrigen Abteilungen muß noch berichtet werden über den Vortrag von Herrn E. Raehlmann (Weimar): „Weitere Mitteilung über ultramikroskopische Untersuchung von Farbstoffmischungen und ihre physikalisch-physiologische Bedeutung“. Dieser Vortrag, welcher in der Abteilung für Augenheilkunde (am 23. Sept. nachm.) gehalten wurde, berichtete besonders über die Untersuchung der Farbstoffmischungen von Preußisch-Blau und Naphtolgelb mit Hülfe des Szigmondy-Siedentopfschen Mikroskops mit fokaler Beleuchtung. Während die einzelnen Farbstoffpartikelchen des Preußisch-Blau und des Naphtolgelb in getrennten Lösungen violettrot bzw. messinggelb erscheinen und dabei fortwährend vibrierende und pendelnde Bewegungen ausführen, nimmt in der Farbstoffmischung das Preußisch-Blau-Teilchen eine gelbrote, das Naphtolgelb-Teilchen eine intensiv grüne Färbung an. Redner erklärt diese Färbung dadurch, daß die einzelnen Teilchen jedes einzelnen Farbstoffs sich mit einer sehr dünnen Hülle des anderen Farbstoffs überziehen. Die Ursache dafür sucht Redner in elektrostatischer Anziehung der Farbstoffteilchen. Um die elektrischen Eigenschaften der Teilchen zu untersuchen, ist dann ein Farbstoffgemisch, sowie auch die einzelnen

Farbstoffauflösungen der Elektrolyse unterworfen. Hierbei stellt sich heraus, daß das Preußisch-Blau vollständig an die positive Elektrode wandert, während das Naphtolgelb keine Wanderung ausführt\*).

Mit der Versammlung war eine sehr reich besetzte Ausstellung verbunden. Von besonderem Interesse für die Leser dieser Zeitschrift waren die unter Gruppe A zusammengefaßten physikalischen Apparate und Erzeugnisse der Präzisionsmechanik. Hier sind besonders folgende ausstellenden Firmen hervorzuheben: Berger-Berlin (Mikrotome); Burger-Berlin (doppelt wirkende Quecksilberluftpumpe nach Neesen); Elektrotechnische Werkstätte Darmstadt (Thermosäule mit hoher elektromotorischer Kraft; eine große durch Gas geheizte Thermosäule diente zum Betriebe mehrerer Osmiumlampen); Faubel-Cassel (Kasten f. mikrosk. Arbeiten); Gesellschaft für drahtlose Telegraphie (Apparat f. drahtlose Telegraphie); Leipziger Glasinstrumentenfabrik (außer anderm: Thermoregulator nach Ostwald, Beckmannsche Apparate zur Bestimmung des Molekulargewichts, Spektralröhren); Günther u. Tegtmeyer-Braunschweig (Apparate nach Elster u. Geitel und nach Ebert zur Messung der Elektrizitätszerstreuung der Luft u. a.); Köhler-Leipzig (Apparate nach Ostwald-Luther zur Bestimmung der Leitfähigkeit der Elektrolyte und zur Messung elektromotorischer Kräfte u. a.); Peters-Berlin (Polarisationsapparate, Spektroskop, Kalorimeter); Ruhstrat-Göttingen (außer einigen Apparaten f. med. Zwecke Präzisionsgalvanometer nach Paschen, Wheatstonesche Brücke, Widerstände); Schmidt-Gießen (Demonstrationszeigerwaage, Apparate nach Drude zur Messung der Dielektrizitätskonstanten u. a.); Schmidt und Haensch-Berlin (Epidiaskop, Projektionsapparat, Photometer nach Martens, Thornerischer Augenspiegel, Polarisationsapparate nach Lippich, dgl. nach Landolt, dgl. nach Mitscherlich, verschiedene Spektralapparate und Spektrophotometer u. a.); Spindler u. Hoyer-Göttingen (Ablese-Fernrohr, Mikrowaage nach Nernst u. a.); Steeg u. Reuter-Homburg v. d. H. (Apparate und Präparate für Spektroskopie und Polarisation); Toepfer u. Sohn-Potsdam (Mikroskope); Winkel-Göttingen (div. Mikroskope); Zeiß-Jena (diese Sonderausstellung bot soviel des Interessanten, Schönen und Neuen, daß das Herz des Physikers beim Anblick der Sachen höher schlug. Leider verbietet es der Raum, die Apparate aufzuzählen, geschweige denn zu beschreiben. Ein umfangreicher Artikel würde nötig sein, um nur einigermaßen einen Einblick zu gewähren in die Fülle des Gebotenen. Zwei große Räume waren angefüllt mit den Erzeugnissen der höchsten Präzisionsmechanik. Mikroskope der verschiedensten Art, Stereomikroskope, Zeichenapparate für Mikroskopie, Projektionsapparate in höchster Vollkommenheit, mikrographische Einrichtungen, Apparate, deren Wirkungsweise auf der stereoskopischen Wirkung beruht, besonders ein Stangenfernrohr, Entfernungsmesser, Doppelzielfernrohr, Stereokomparator zur direkten geodätischen Aufnahme einer Landschaft aus zwei Stereophotogrammen u. v. a., Interferenzapparat, Spektrometer, Refraktometer, eine große Zahl photographischer Apparate und Objektive jeglicher Art, endlich eine Kollektion neuer Gläser der Glashütte von Schott und Genossen, Jena, in außerordentlicher Reichhaltigkeit).

In der Abteilung B (Medizinisch-chirurgische Apparate) waren für den Physiker interessant verschiedene Ausstellungen von Röntgen-Apparaten und -Einrichtungen. Hier sind besonders die Firmen Dessauer (Aschaffenburg), Kohl (Chemnitz), Siemens u. Halske (Berlin), Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (Berlin) zu erwähnen. Kohl (Chemnitz) hatte im Anschluß an seine Röntgen-Ausstellung eine Reihe von Apparaten ausgestellt, die wohl besser in die Abteilung A gehörten. Es sei hier erwähnt Kontakttrommel-Unterbrecher, Apparat zur Demonstration der Resonanz elektrischer Wellen, Wehnelts Oszillograph, Elektromagnet mit Nebenapparaten, Experimentierschalttafel und endlich das Kolbesche Doppel-Differentialthermoskop mit einer reichhaltigen Sammlung von Nebenapparaten. Siemens u. Halske (Berlin) hatten außer der Röntgenausstellung noch eine Reihe von elektrischen Meßinstrumenten ausgestellt.

Die Gruppe C enthielt chemisch-pharmazeutische Präparate und Apparate. Von letzteren erwähnen wir die elektrisch geheizten Laboratoriumsöfen der Firma Heraeus (Hanau), und die Geräte aus geschmolzenem Bergkristall (Quarzglas) von Siebert u. Kühn (Cassel). Letztere Firma hatte noch eine große Anzahl von Thermometern der verschiedensten Art, sowie Apparate zur Molekulargewichtsbestimmung nach Beckmann und Gasbüretten nach Meyer ausgestellt.

Aus der Gruppe D (Naturwissenschaftliche Lehrmittel und Photographie) erwähnen wir nur Petzold (Chemnitz), Diapositive mit stereoskopischer Wirkung und Photograph. Amateurrklub (Cassel) Photographien mittels Radiumstrahlen, Vollmondlicht, Leuchtpilzlicht, Röntgenlicht; Lochkamera-

\*) *Anmerkung des Referenten.* Bei dem Versuch, diese Trennung der Preußisch-Blau-Teilchen durch Einwirkung des elektrischen Stromes ebenfalls zu bewirken, also die oben angegebenen Versuche zu wiederholen, konnte Referent mit dem Preußisch-Blau aus drei verschiedenen Fabriken das im Vortrage angegebene Resultat nicht erreichen.

Aufnahme u. a. Die übrigen in dieser Gruppe ausgestellten Gegenstände hatten in erster Linie Interesse für den Biologen und den Geographen.

Am Freitag Nachmittag folgten die meisten Teilnehmer der Abteilung für Physik einer Einladung der Dozenten der Göttinger Universität zur Besichtigung der wissenschaftlichen Institute Göttingens. Besichtigt wurden hierbei besonders das physikalische Institut, das Institut für physikalische Chemie und das geophysikalische Institut. Hierbei wurden den Gästen eine große Zahl teilweise völlig neuer, teilweise alter, aber im neuen prächtigen Gewande erscheinender wissenschaftlicher und Demonstrationsversuche vorgeführt, deren ausführliche Besprechung einen besonderen ausführlichen Bericht erfordern würde. Doch sei eins hier hervorgehoben, nämlich der Arbeitsraum für die späteren Schulumtskandidaten, in denen sie angeleitet werden, mit den einfachsten Hilfsmitteln schulgemäß zu experimentieren. Hier werden den Kandidaten praktische Anleitungen gegeben in der Benutzung der Werkzeuge und der Rohmaterialien, sodaß sie in den Stand gesetzt werden, einfache Schulapparate entweder selbst zu bauen oder wenigstens in brauchbaren Zustand zu versetzen, wenn sie beschädigt sind. Diese Arbeitsstätte füllt offenbar eine große Lücke in der akademischen Ausbildung zukünftiger Lehrer aus. Herr Kaufmann (jetzt in Bonn) hat diese Arbeitsstätte eingerichtet und bis zu seiner Berufung nach Bonn die praktischen Kurse geleitet. Jetzt werden sie in demselben Sinne von Herrn Bose (Göttingen) weitergeführt. Wie Referent erfahren hat, werden jetzt ähnliche Kurse auch in Marburg durch Herrn Schaum abgehalten. Hoffentlich werden die Leser dieser Zeitschrift binnen kurzem aus der Feder der Dozenten selber näheres über diese Arbeitsstätte erfahren.

Am Sonnabend fand ein Ausflug nach Marburg statt, der ebenfalls die Besichtigung der wissenschaftlichen Institute zum Zwecke hatte. Im physikalischen Institute fanden neben einigen kleineren Demonstrationen der Herren Uhrich, Schuh und Knüpfel noch folgende Demonstrationen statt: Herr Richarz: Isothermen mittels Jodkupferquecksilber; Reflexion von Longitudinalstößen; Abkühlung gehobener Luft. — Herr Feußner: Abnormitäten beim Fresnelschen Spiegelversuch; Einfluß der Lupe auf Interferenzerscheinungen. — Herr Kießling: Elektrische Durchbohrung; Anblasestrom bei Lippenpfeifen. — Herr Schaum: Polymorphismus; Dampfstrahlversuche. — Herr F. A. Schulze: Akustische Demonstrationen; Isothermen auf Legierungen; Elektrische Drahtwellen durch Fluoreszenz. — Herr Seddig: Elektrostatische Kraftlinien.

Leider verbietet auch hier der Raum, auf einzelne sehr schöne und lehrreiche Versuche näher einzugehen.

*E. Grinsehl.*

### Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin.

Vom 6.—17. Oktober 1903.

Zu diesem, von Herrn Geh. Regierungsrat Dr. Vogel geleiteten Ferienkursus waren 34 Teilnehmer aus der gesamten Monarchie und ein Teilnehmer aus Bremen einberufen. Das Programm glich im Äußeren dem des vorjährigen Kursus, d. h. die Tagesarbeit begann mit einem zweistündigen Vortrag, woran sich für jeden Teilnehmer 2 zweistündige Übungen anschlossen. Zu den Vorträgen, die außer den einberufenen Teilnehmern nach alter Gewohnheit auch allen Berliner Kollegen zugänglich waren, behandelte Oberlehrer Hahn: die Methodik der physikalischen Schülerübungen mit besonderer Berücksichtigung der Übungen aus dem Gebiete des Lichtes und der Wärme ( $2 \times 2$  Std.), Oberlehrer Bohn: Schulapparate und Schulversuche aus dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre ( $2 \times 2$  Std.), Privatdozent Dr. Starke: Elektrizitätsentladungen in Gasen ( $2 \times 2$  Std.), Privatdozent Dr. Roth: Die Bedeutung der elektrolytischen Dissoziationstheorie für die analytische und anorganische Chemie (2 Std.) und die Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf Ionen (2 Std.), Privatdozent Dr. Kolkwitz: Die gesundheitliche Beurteilung des Wassers und die dabei in Betracht kommenden Methoden (2 Std.), Professor Dr. Plate: Schwämme und Korallen und ihre Lebensbedingungen (2 Std.), Professor Dr. Thoms: Alkohol und Tabak in chemischer, physiologischer und hygienischer Beziehung (2 Std.). Für die Übungen waren die Teilnehmer in drei Gruppen geteilt, wobei den einzelnen Teilnehmern die Wahl der Gruppe freistand. Die Übungen umfaßten bei Gruppe A einen Experimentierkursus über die wichtigsten Erscheinungen auf dem Gebiete der theoretischen und praktischen Elektrochemie (Leiter Professor Dr. Böttger) und praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt (Leiter Mechaniker und Optiker Hintze), bei Gruppe B praktische Übungen im Feldmessen (Leiter Städtischer Landmesser Radbruch) und praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt (Leiter Mechaniker und Optiker Hintze), bei Gruppe C praktische Übungen in der Mikroskopie und Physiologie der Pflanzen (Leiter Privatdozent Dr. Kolkwitz) und praktische Übungen in der Biologie und Anatomie der Tiere, verbunden mit Übungen in der Anfertigung zoologischer Präparate (Leiter Oberlehrer Dr. Röseler). Am letzten Vormittage wurde eine biologische Exkursion unter der Leitung des Privatdozenten Dr. Kolkwitz unternommen: Auf einer Dampferfahrt von Spandau nach Potsdam

wurden in den Havelseen Lotungen ausgeführt, Grundproben mit dem Schleppnetz heraufgeholt und mikroskopisch untersucht etc.

Mit dem Kursus verbunden war eine Ausstellung physikalischer und geodätischer Apparate. Es hatten ausgestellt physikalische Apparate aus allen Gebieten: Ferdinand Ernecke, SW., Königgrätzerstr. 112, Paul Gebhardt Söhne, C., Neue Schönhauserstr. 6, Leppin und Masche, SO., Engel-Ufer 17, F. A. Hintze, N., Metzgerstr. 29.

Ferner hatten ausgestellt A. Meißner, W., Friedrichstr. 71, geodätische Apparate, Otto Himmler, NW., Karlstr. 38, Mikroskope, Keiser und Schmidt, N., Johannisstr. 20/21, galvanische Apparate, L. Reimann, S., Schmidstr. 32, Wagen und Gewichte, Wilh. Niehls, N., Schönhauser Allee 171, Glasapparate, Thermometer, Apparate nach Scheffer (Jena), J. Robert Voß, O., Pallisadenstr. 20, Influenzelektriermaschinen, Franz Schmidt und Hänsch, S., Prinzessinnenstr. 16 optische Apparate, R. Burger, N., Chausseestr. 2e, Apparate zum Experimentieren mit flüssiger Luft, Röntgenröhren mit Regulierung des Vakuums, eine kontinuierlich wirkende automatische Quecksilberluftpumpe, Dörffel und Faerber, N., Friedrichstr. 105 a, Reißzeuge und geodätische Apparate.

R. Heyne.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Geryk-Luftpumpen.

Von Arthur Pfeiffer in Wetzlar.

Die Konstruktion der Geryk-Luftpumpe ist bereits in dieser Zeitschrift (XIV 285) ausführlich auseinandergesetzt und ihre Vorzüge sind an derselben Stelle gewürdigt worden, sie bestehen hauptsächlich darin, daß die Handhabung der Pumpe kein Umlegen von Hähnen erfordert, sondern durch einfaches Auf- und Abbewegen einer Handhabe nach Art einer Wasserpumpe erfolgt; die Wirksamkeit beruht auf der Füllung der Pumpe mit einer dafür besonders geeigneten Ölorte. Da alle Ventile wie auch der Kolben in Öl laufen, so arbeitet die Maschine nahezu reibungslos. Als Schulapparat ist sie, wie a. a. O. schon hervorgehoben, geradezu als unverwüsthlich zu bezeichnen und auch nach monatelangem Stehen stets sofort zum Gebrauch bereit. Die Firma Arthur Pfeiffer, die das englische Patent erworben hat, hat allein das Recht, diese Pumpen für Deutschland anzufertigen und hat sich ihrerseits bemüht, die in England mehr zu technischen Zwecken gebaute Pumpe in viel sorgfältigerer und eleganterer Ausführung herzustellen. Ferner sind durch Anbringung von Lüftschauben und Hähnen die größten Typen für den physikalischen Gebrauch geschickter gemacht; die Nebenapparate wie Teller und Repizienten sind den Leistungen der Pumpe besser angepaßt worden, die Hähne sind mit einer gesetzlich geschützten Dichtung versehen.

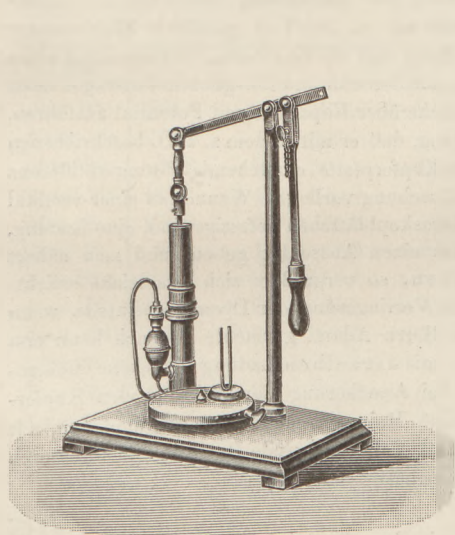


Fig. 1.

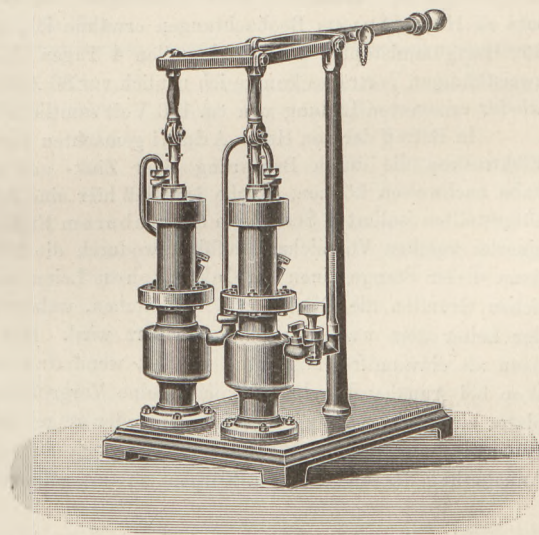


Fig. 2.

Die einstiefigen Pumpen (Fig. 1) haben je nach Größe eine Leistung von 120 ccm oder 250 ccm pro Hub, das erreichbare Vakuum geht bis 0,25 mm Quecksilber, der Preis beträgt je nach Ausstattung M 100 bis M 280.

Die zweistiefligen Pumpen (Fig. 2) (Duplex-Luftpumpen) liefern pro Hub 200 ccm und mehr, das erreichbare Vakuum geht schon bei dem einfachsten Modell bis 0,0002 mm Quecksilber. Preis von 350 M. an.

Als Nebenapparate werden Extrateller, Kniestücke mit Schlauchansatz, Trockenröhren mit Einsatz für Phosphorpentoxyd, Vakuummeter u. s. w. geliefert. Näheres in der Preisliste.

**Zwei Demonstrationsapparate für die Magnetinduktion** von F. A. Hintze in Berlin N 37. Die Apparate sind bereits im vor. Jahrgang (S. 254) beschrieben, aber versehentlich nicht in das Inhaltsverzeichnis des Jahrgangs aufgenommen. Es wird daher hier nochmals darauf hingewiesen.

### Korrespondenz.

Richtigstellung: In dem vorigen Heft d. Ztschr. (XVI 341) habe ich die Aufgabe behandelt, wie groß der Vorschaltwiderstand  $W$  gemacht werden müsse, damit sowohl in dem Widerstande  $w_1$  wie in  $w_2$  dieselbe elektrische Energie in Wärme verwandelt wird. Die richtige Bedingungsgleichung  $\frac{W + w_1}{W + w_2} = \frac{\sqrt{w_1}}{\sqrt{w_2}}$  ist aber infolge eines Rechenfehlers falsch aufgelöst. Die richtige Lösung ist  $W = \sqrt{w_1 w_2}$ . Damit wird aber auch die an die falsche Lösung geknüpfte Frage hinfällig.

E. Grimsehl.

Im letzten Heft d. Ztschr. (XVI 348) hat Herr ADAMI einen Artikel „über die Isolierfähigkeit verschiedener Körper“ veröffentlicht. Durch diesen Artikel kann leicht der falsche Verdacht erregt werden, daß Glas und Hartgummi überhaupt schlechte Isolatoren seien. Die mangelhafte Isolation dieser Körper ist aber in den weitaus meisten Fällen auf Oberflächenleitung zurückzuführen. Insbesondere gilt dieser Satz für Hartgummi, das durch Belichtung in sehr kurzer Zeit oberflächlich leitend wird. Ich habe bei sehr vielen daraufhin gemachten Versuchen stets durch Reinigung der Oberfläche vollkommene Isolation herstellen können. War die durch Belichtung oder durch Polieren mit schlechten Poliermitteln erzeugte Oberflächenveränderung schon so stark geworden, daß kräftiges Bürsten mit Wasser erfolglos blieb, so genügte zur Erreichung vollkommener Isolation stets ein Abreiben der Oberfläche mit feinem, reinem Sandpapier, bis die Oberfläche gleichmäßig dunkelbraun wurde. Bei meinem Blättchen-Elektrometer empfiehlt es sich, wie ich es jetzt stets ausführen lasse, den isolierenden, nicht polierten Hartgummistopfen mit einer auf dem Gehäuse aufstehenden, den Hartgummistopfen an seiner oberen Fläche nicht berührenden Metallkappe zu bedecken; die Elektrometerstange geht durch ein Loch in der oberen Platte hindurch, das etwas weiter als die Elektrometerstange ist. Hierdurch wird der Stopfen vor Belichtung und Bestäubung geschützt. Im Gegensatz zu Herrn ADAMIS Beobachtungen erwähne ich, daß ein mit ca. 100 Volt geladenes Elektrometer mit Hartgummistopfen noch nach vollen 4 Tagen eine Ladung von 60 Volt hatte. Gelegentlich eines zweistündigen Vortrages konnte ich neulich vor 80 Zuhörern mit der während des ganzen Vortrages nicht wieder erneuerten Ladung von ca. 100 Volt sämtliche Versuche über Kapazität und Potential ausführen.

In Betreff der von Herrn ADAMI gemachten Bemerkung, daß er mit seinem a. a. O. beschriebenen Elektroskop die durch Berührung einer Zink- und einer Kupferplatte entstehende Potentialdifferenz habe nachweisen können, glaube ich, daß hier eine Selbsttäuschung vorliegt. Wenn man einer vertikal aufgestellten isolierten Stange, an deren oberem Ende Elektroskopblättchen befestigt sind, eine Ladung, einerlei welchen Vorzeichens zuführt, wodurch die Blättchen einen Ausschlag geben, und man nähert dann dieser Stange einen unelektrischen Leiter von oben, so vergrößert sich aus leicht ersichtlichen Gründen die Divergenz der Blättchen, während eine Verringerung der Divergenz eintritt, wenn der Leiter dem unteren Ende genähert wird. Der von Herrn ADAMI gemachte Versuch kann erst dann als einwandfrei angesehen werden, wenn dasselbe, mit derselben Ladung versehene Elektroskop bei Annäherung der Zinkplatte eine Vergrößerung, bei Annäherung der gleich großen Kupferplatte eine Verminderung der Divergenz oder umgekehrt zeigt. Meines Erachtens ist es unmöglich, mit Hilfe des beschriebenen Elektroskops eine noch nicht einmal 1 Volt betragende Potentialdifferenz durch Annäherung des untersuchten Körpers an das geladene Elektroskop nachzuweisen.

E. Grimsehl.

Die „Anleitung zum Gebrauch der astronomischen Tafel für 1904“ von M. KOPPE wird auch in diesem Jahr gesondert ausgegeben und von der Verlagshandlung zum Preise von M 0,30 (einschließlich der Tafel), 10 Exemplare für M 2,50, 20 Exemplare für M 4,25 versandt.

**Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.**

**J. C. Poggendorffs** biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, IV. Band, herausgeg. von A. J. von Oettingen. Lieferung 12—15 à M 3. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1903. — **Marcel Brillouin**, Propagation de l'Électricité. Histoire et Théorie. Paris, Libr. Scientif. A. Hermann, 1904. 398 S. Frs. 15. — **Schloemilchs** Handbuch der Mathematik. 2. Aufl. Herausgeg. von R. Henke und R. Heger. I. Band: Elementarmathematik. Mit 321 Fig. 611 S. M 20. II. Band: Höhere Mathematik, 1. Teil. Mit 281 Fig. und 12. Taf. 765 S. M 20. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1903. — **K. Laßwitz**, Wirklichkeiten. Beiträge zum Weltverständnis. 2. Aufl. 448 S. Geb. M 6. Leipzig, B. Elischer Nachf. — **A. Balawelder**, Mathematische Ableitung der Naturerscheinungen vom empirischen reinen Raume. Wien, K. Gerolds Sohn, 1903. M 1. — **Robert Mayr**, Einführung in das Verständnis der elektrischen Maße. München, Th. Ackermann, 1903. 50 S. — Die Einrichtungen zur Erzeugung der Röntgenstrahlen. Von **B. Donath**. 2. verm. Aufl. Mit 140 Abbildungen. Berlin, Reuther u. Reichard, 1903. 244 S. M 7. — Die Dissoziierung und Umwandlung chemischer Atome. Von **J. Stark**. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1903. 57 S. M 1,50. — Anleitung zur vereinfachten Elementaranalyse. Von **M. Dennstedt**. Hamburg, Otto Meißner, 1903. 44 S. M 1,20. — Praktische Übungen zur Einführung in die Chemie von **Alexander Smith**. Übersetzt von F. Haber u. M. Stoecker. Karlsruhe, G. Braun, 1904. 159 S. M 3,60. — **K. Fuß** und **G. Hensold**, Lehrbuch der Physik für den Schul- und Selbstunterricht. Mit Übungsaufgaben, 422 Fig., 1 Spektraltafel. 5. verb. u. verm. Aufl. Allgemeine Ausgabe, Freiburg i. B., Herder, 1903. 542 S. M 5,—, geb. M 5,70. — Dasselbe, gekürzte Ausgabe nach den bayrischen Lehrplänen von 1898. Mit 328 Fig. 376 S. M 4,—, geb. M 4,65. — **H. Hildebrandt**, Lehrbuch der anorganischen Chemie. Mit 103 Fig. Hannover, Gebr. Jänecke, 1903. 201 S. M 3,20. — **W. Doule**, Lehrbuch der Experimentalphysik für Realschulen und Realgymnasien. 2. verm. u. verb. Aufl. Mit 420 Abbildungen und 560 Übungsaufgaben. Stuttgart, Fr. Greb, 1903. 380 S. Geb. M 3,60.

**Sonderabdrücke:** Über den Einfluß der Amplitude auf Tonhöhe und Dekrement von Stimmgabeln und zungenförmigen Stahlfedern. Inaug.-Diss. von Robert Hartmann-Kempf, Frankfurt a. M. 1903. 247 S. und 7 Tafeln. — Allerlei Methoden das Wetter zu prophezeien. Von I. M. Pernter. Vorträge des Vereins zur Verbr. naturw. Kenntn. in Wien. XLIII. Heft 14. 36 S. — Physikalisch-chemisches Centralblatt, herausgeg. von Dr. Max Rudolphi. Bd. I. Nr. 1, 15. Dezember 1903. Berlin, Gebr. Bornträger. 32 S. Preis des Jahrganges M 30,—.

**Himmelserscheinungen im Jahre 1904.**

Heliozentrische Koordinaten (Länge und Breite) der Planeten für 1904  
von 30 zu 30 Tagen.

1904	♂	♀	♁	♃	♄	♅
Jan. 30	179°6 + 5°,2	210°8 + 2°,4	129°2	358°8 — 1°,4	1°,1 — 1°,3	
Febr. 29	271,1 — 4,9	258,7 — 0,2	159,5	17,3 — 1,0	3,9 — 1,3	
März 30	24,8 — 2,7	306,1 — 2,6	189,4	35,1 — 0,4	6,6 — 1,3	313°5 — 0°,9
April 29	187,4 + 4,5	353,7 — 3,4	218,7	52,1 + 0,1	9,3 — 1,3	
Mai 29	276,8 — 5,3	41,5 — 1,9	247,7	68,2 + 0,6	12,1 — 1,3	
Juni 28	36,3 — 1,3	89,8 + 0,8	276,3	83,5 + 1,1	14,8 — 1,3	316,3 — 1,0
Juli 28	194,8 + 3,8	138,4 + 3,0	304,9	98,2 + 1,4	17,6 — 1,3	
Aug. 27	282,7 — 5,8	187,1 + 3,2	333,7	112,2 + 1,7	20,3 — 1,3	
Sept. 26	48,4 + 0,1	235,3 + 1,2	2,9	125,8 + 1,8	23,1 — 1,3	319,1 — 1,1
Okt. 26	201,8 + 3,0	282,9 — 1,5	32,6	139,1 + 1,9	25,8 — 1,3	
Nov. 25	288,7 — 6,1	330,3 — 3,8	62,8	152,3 + 1,8	28,6 — 1,2	
Dez. 25	60,9 + 1,7	18,0 — 2,9	93,3	165,4 + 1,7	31,3 — 1,2	321,9 — 1,2

Mittlere Schiefe der Ekliptik für 1904,0: 23° 27' 6",13.

Durchgang der Sonne durch das

Frühlingsäquinoktium	Sommersolstitium	Herbstäquinoktium	Wintersolstitium
März 21, 1 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> M.E.Z.	Juni 21, 21 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	Sept. 23, 11 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	Dez. 22, 6 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> .

Eine, in Europa nicht sichtbare, **ringförmige Sonnenfinsternis** findet am Morgen des 17. März statt. Die Linie der zentralen Verfinsternung erstreckt sich von Deutsch-Ostafrika über Hinterindien bis in den großen Ozean.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1904.

♃ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0<sup>h</sup> = Mitternacht.

		Februar					März						
		4	9	14	19	24	29	5	10	15	20	25	30
♀	AR	19 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	19.41	20. 4	20.31	20.59	21.29	22. 0	22.32	23. 4	23.38	0.13	0.49
	D	— 20 <sup>o</sup>	— 21 <sup>o</sup>	— 21 <sup>o</sup>	— 20 <sup>o</sup>	— 19 <sup>o</sup>	— 17 <sup>o</sup>	— 14 <sup>o</sup>	— 12 <sup>o</sup>	— 8 <sup>o</sup>	— 4 <sup>o</sup>	— 0 <sup>o</sup>	+ 5 <sup>o</sup>
♀	AR	18 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	18.53	19.19	19.45	20.10	20.36	21. 1	21.26	21.50	22.14	22.37	23. 0
	D	— 22	— 22	— 21	— 21	— 20	— 19	— 17	— 16	— 14	— 12	— 10	— 8
☉	AR	21 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	21.27	21.47	22. 6	22.25	22.44	23. 3	23.21	23.40	23.58	0.16	0.34
	D	— 17	— 15	— 13	— 12	— 10	— 8	— 6	— 4	— 2	— 0	+ 2	+ 4
♂	AR	22 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	23.11	23.25	23.39	23.54	0. 8	0.22	0.36	0.50	1. 4	1.18	1.32
	D	— 8	— 6	— 5	— 3	— 1	+ 0	+ 2	+ 3	+ 5	+ 6	+ 8	+ 9
♃	AR	23 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>		23.49		23.57		0. 6		0.14		0.23	
	D	— 3		— 2		— 2		— 1		+ 0		+ 1	
♄	AR	20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>						21.13					
	D	— 18						— 17					
☉	Aufg.	7 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	7.33	7.23	7.13	7. 3	6.52	6.41	6.29	6.18	6. 6	5.54	5.42
	Unterg.	16 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	16.57	17. 6	17.16	17.25	17.34	17.44	17.53	18. 2	18.11	18.19	18.28
☾	Aufg.	21 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	1.54	6. 2	8.12	10.32	15.43	22.26	2.38	5.31	7.30	10.59	17.18
	Unterg.	8 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	11.19	15.25	20.39	1. 1	5.35	8.12	11.29	16.23	21.47	1.56	5.10
Sternzeit im mittl. Mittg.		20 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	21.12.30	21.32.13	21.51.56	22 11.38	22.31.21	22.51. 4	23.10.47	23.30.30	23.50.12	0. 9.55	0.29.38
Zeitgl.		+ 14 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	+ 14.22	+ 14.24	+ 14. 8	+ 13.35	+ 12.46	+ 11.43	+ 10.30	+ 9. 9	+ 7.42	+ 6.11	+ 4.39

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M. E. Z.	Vollmond	Letztes Viertel	Neumond	Erstes Viertel
		Febr. 1, 17 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> März 2, 3 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> März 31, 13 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	Febr. 8, 10 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> März 9, 2 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>	Febr. 16, 12 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> März 17, 6 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	nur bis zum 10. am Morgenhimmel sichtbar	zuletzt nur noch 1/2 Stunde als Morgenstern sichtbar	etwa 1 Stunde lang am Abendhimmel sichtbar	zuletzt nur noch 3/4 Stunden lang abends im W sichtbar	unsichtbar, Konjunktion am 2.
im März	unsichtbar	wird gegen Ende des Monats unsichtbar	zuletzt nur noch 1/4 Stunde lang abends sichtbar	wird in der ersten Hälfte des Monats unsichtbar. Am 27. Konjunktion	zuletzt für kurze Zeit morgens im SO sichtbar

**Phänomene der Jupitermonde.** Febr. 8, 18<sup>h</sup> 47<sup>m</sup> 37<sup>s</sup> III A. — 10, 19<sup>h</sup> 28<sup>m</sup> 11<sup>s</sup> II A. — 12, 16<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> 59<sup>s</sup> I A. — 19, 18<sup>h</sup> 39<sup>m</sup> 55<sup>s</sup> I A.

**Sternbedeckungen für Berlin:**

Febr. 24, α Tauri.	Eintr.: 19 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> , 0 M.E.Z., Q = 74°;	Austr.: 20 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> , 0 M.E.Z. Q = 271°.
29, o Leonis.	- 22 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> , 2 - Q = 135°;	- 23 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> , 0 - Q = 263°.
März 22, ρ <sub>1</sub> Tauri.	- 22 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> , 6 - Q = 118°;	- 23 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> , 2 - Q = 236°.
ρ <sub>2</sub> Tauri.	- 23 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> , 3 - Q = 147°;	- 23 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> , 1 - Q = 207°.
25, λ Gemin.	- 22 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> , 2 - Q = 96°;	- 23 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> , 4 - Q = 285°.

**Veränderliche Sterne:**

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Febr. 4	21 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	Algol-Min.	Febr. 24	23 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	Algol-Min.	März 15	21 <sup>h</sup>	β Lyrae-Max.
6	20 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	δ Librae-Min.	27	20 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	Algol-Min.	18	21 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	Algol-Min.
7	18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	Algol-Min.	29	23 <sup>h</sup>	δ Cephei-Min.	21	18 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	Algol-Min.
9	21 <sup>h</sup>	δ Cephei-Max.	März 2	23 <sup>h</sup>	β Lyrae-Max.	23	20 <sup>h</sup>	δ Cephei-Max.
13	19 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	δ Librae-Min.	5		R Lyrae-Max.	27	19 <sup>h</sup>	δ Cephei-Min.
13	21 <sup>h</sup>	δ Cephei-Min.	11		R Hydrae-Max.	30		MiraCeti-Max.
20	19 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	δ Librae-Min.	12	19 <sup>h</sup>	β Lyrae-Min.			

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.



# Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1904.

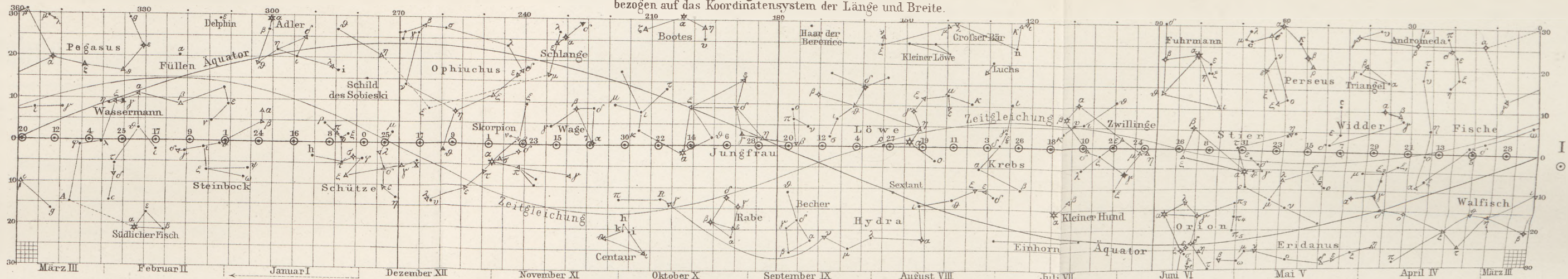
bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.

## I. Tierkreisgürtel

Orter der Sonne ☉  
(Intervall 8 Tage)

Zeitgleichung

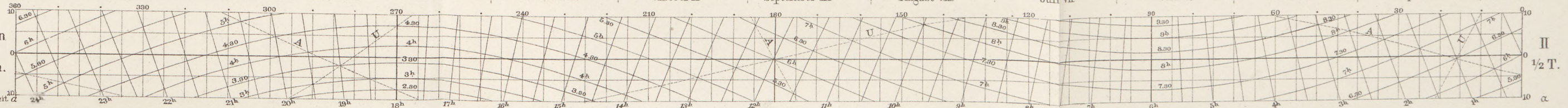
Sterngrößen  
★ ◆ ▲ ●  
1 2 3 4



## II. Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Berlin.

für die Polhöhe von Berlin.  
1/2 T.

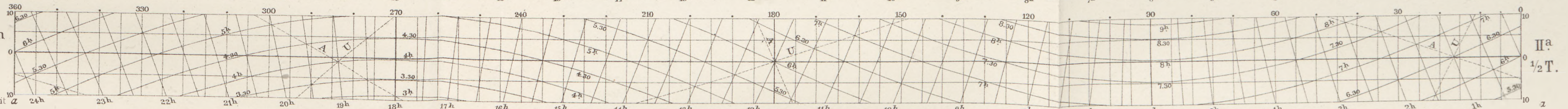
Kulmination nach Sternzeit  $\alpha$



## II<sup>a</sup> Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Wien.

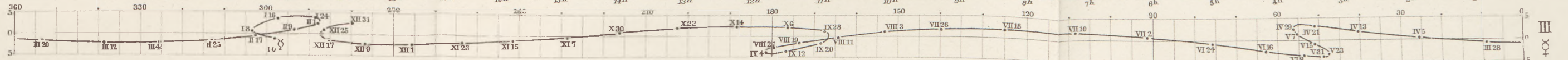
für die Polhöhe von Wien.  
1/2 T.

Kulmination nach Sternzeit  $\alpha$

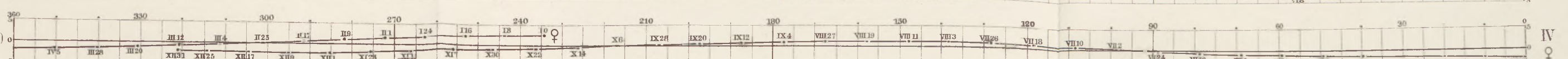


## III. Merkur ☿

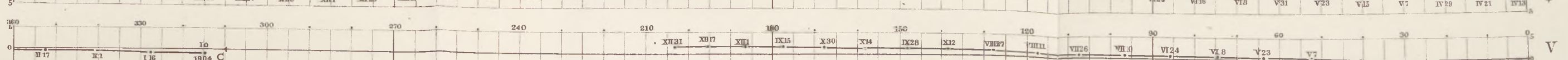
(Intervall 8 Tage)



## IV. Venus ♀ (8 Tage)



## V. Mars ♂ (16 Tage)



## VI. Jupiter ♃ (32 Tage)

Saturn ♄

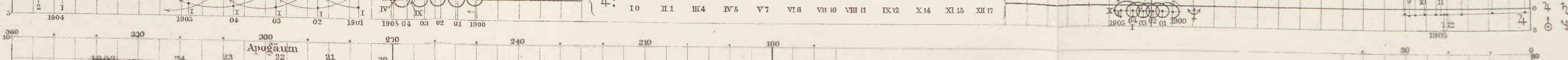
Uranus ♅ Neptun ♆



## VII. (1903)

(( 1904))

(Intervall 1 Tag)



## VIII Stellung von Merkur und Venus relativ zur Sonne.

(Intervall 16 Tage)

Doppelter Maßstab

