

28. 7. 1926

Stadtbücherei  
Pankow

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON  
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE  
UND  
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 28 (SEITE 653—676)

9. JULI 1926

VIERZEHNTER JAHRGANG

## INHALT:

Einiges über optische Bilder. Von ALLVAR GULLSTRAND, Upsala. (Mit 7 Figuren und 3 Tafeln) . . . . .	653	MAYER, HERMANN, Das Wasserglas, seine Eigenschaften, Fabrikation und Verwendung. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik. Heft 79. Von I. Koppel, Berlin-Pankow . . . . .	668
Der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik. Von E. SCHRÖDINGER, Zürich. (Mit 2 Figuren) . . . . .	664	SCHMIDT, JULIUS, Synthetisch-organische Chemie der Neuzeit. Zweite, neu bearbeitete Auflage. Von F. Mayer, Frankfurt a. M. . . . .	668
<b>BESPRECHUNGEN:</b>		GOTTLÖB, KURT, Technologie [der Kautschukwaren. 2. Auflage. Von R. Weil, Hannover	668
ROTH, WALTHER A., Grundzüge der Chemie mit besonderer Berücksichtigung der anorganischen Chemie und Technologie. Von I. Koppel, Berlin-Pankow . . . . .	667	LEHMANN, RICHARD, Die Gestaltung der Erdoberfläche. Von A. Wunschik, Halle a. S. . . . .	669
STAVENHAGEN, ALFRED, Der Wasserstoff. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Heft 76. Von I. Koppel, Berlin-Pankow . . . . .	667	MEYER, RICHARD, Chemie in Natur und Kultur. Volkstümliche Vorträge. Von I. Koppel, Berlin-Pankow . . . . .	670

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe Seite II!

# ZEISS

## Neue astronomische Fernrohrobjektive Typus AS

Bei Verwendung der zweiteiligen Fernrohrobjektive aus gewöhnlichen Gläsern Typus E sind die sekundären Farbenreste (blauen Ränder) für viele Beobachtungen sehr störend. An Stelle dieser Objektive werden deshalb häufig die zweiteiligen apochromatischen Fernrohrobjektive Typus A verwendet. Diese erhöhen wegen ihrer größeren Brennweite das Gewicht der Instrumente. Der neue Fernrohrobjektivtyp AS hat gleiche Brennweite wie die E-Objektive. Bei den AS-Objektiven liegt die chromatische Korrektur ungefähr in der Mitte zwischen den E- und A-Objektiven, und die Brennweite stimmt mit der des dreiteiligen Apochromattypus (B) überein. In bezug auf die Bildschärfe und die sphärische Korrektur sind die AS-Objektive mit den E-Objektiven vollständig gleichwertig und den A-Objektiven sogar überlegen. In der nebenstehenden Abbildung stellen die Längen in der Richtung x die chromatische Abweichung vom Brennpunkt für die Wellenlänge 486 vom Nullpunkt aus gemessen in Hunderttausendsteln der Brennweite dar. Die Längen in der Richtung y sind die Wellenlängen in millionstel Millimetern. Rechts oben im Bilde ist eine schematische Darstellung über die gegenseitige Lage der Brennpunkte für die verschiedenen Farben gegeben.

Druckschriften und weitere Auskünfte kostenfrei!

**CARL ZEISS  
JENA**

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

## Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses!

- WALTER, BERNHARD, Die physikalischen Grundlagen der medizinischen Röntgentechnik. Von R. Glocker, Stuttgart . . . . . 670
- RONA, PETER, Praktikum der physiologischen Chemie. I. Teil: Fermentmethoden. Von K. Spiro, Basel . . . . . 671
- HAECKER, VALENTIN, und THEODOR ZIEHEN, Zur Vererbung und Entwicklung der musikalischen Begabung. Von O. Kuttner, Berlin 671
- ZUSCHRIFTEN UND VORLÄUFIGE MITTEILUNGEN:
- Ein Wort zur Ameisenmimikry. Von FRANZ HEIKERTINGER, Wien . . . . . 672
- BOTANISCHE MITTEILUNGEN: Lang- und kurzgrifflige Sippen bei *Veronica gentianoides*. Untersuchungen über relative Sexualität. Über den Einfluß des Alters der Keimzellen. Neue Fälle von Geschlechtschromosomen bei Pflanzen. Untersuchungen über polygame Blütenpflanzen. Über Lichtkrümmungen bei Laubblättern. Die ökologische Bedeutung des Wachses im Wasserhaushalt der Pflanzen . . . . . 673

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

**Methoden der mathematischen Physik****R. Courant**ord. Professor der Mathematik an der  
Universität GöttingenVon  
und**D. Hilbert**Geh. Reg.-Rat, ord. Professor  
der Mathematik an der Universität Göttingen**I. Band**

463 Seiten mit 29 Abbildungen. 1924 — RM 22.50; gebunden RM 24.—

(Band XII der Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Gemeinsam mit W. Blaschke-Hamburg, M. Born-Göttingen, C. Runge-Göttingen herausgegeben von R. Courant-Göttingen.)

Dieser Band, der aus Göttinger Universitätsvorlesungen entstanden ist, behandelt die wichtigsten Methoden besonders der klassischen mathematischen Physik in einer neuartigen, auf möglichste Einfachheit abzielenden Darstellung. Hierbei werden viele, bisher nur in Originalabhandlungen vorhandene und schwer zugängliche Gedankengänge zum ersten Male für einen weiteren Kreis dargelegt. Der vorliegende erste Teil enthält eine kurze Theorie der quadratischen Formen, die Lehre von den Reihenentwicklungen willkürlicher Funktionen, die Theorie der linearen Integralgleichungen, die Grundlehren der Variationsrechnung, die Lehre von den Eigenschwingungen und die Theorie spezieller Funktionen, z. B. der Besselschen Funktionen. Fast überall in der Durchführung sind neue, besonders einfache Wege besprochen.

Der zweite Band wird in kurzem erscheinen.

Er wird allgemeine Ausführungen über partielle Differentialgleichungen, besonders über die klassischen Differentialgleichungen der Physik, und ein ausführliches Kapitel über die direkten Methoden der Variationsrechnung und die Hamilton-Jakobische Theorie nebst ihrer Anwendung auf die Quantentheorie enthalten.

**Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers**

Von

**Dr. Erwin Madelung**

ord. Professor der theoretischen Physik an der Universität Frankfurt a. M.

296 Seiten mit 20 Textfiguren. 1925 — RM 13.50; gebunden RM 15.—

(Band IV der Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Gemeinsam mit W. Blaschke-Hamburg, M. Born-Göttingen, C. Runge-Göttingen herausgegeben von R. Courant-Göttingen.)

Das Werk soll dem Mathematiker und vor allem dem Physiker eine Übersicht geben über das mathematische Handwerkszeug, welches die exakte Behandlung physikalischer Fragen erfordert. Es enthält ohne Beweise eine Zusammenstellung von Formeln, Lehrsätzen, Methoden, kleinen Tabellen, deren sich der Physiker ständig bedienen muß. Neben der eigentlichen mathematischen Analysis, der Lehre von den Vektoren und Tensoren, der Wahrscheinlichkeitsrechnung, erfahren auch die wichtigsten Kapitel der mathematischen Physik ihre Behandlung.

## Einiges über optische Bilder<sup>1)</sup>.

VON ALLVAR GULLSTRAND, Upsala.

Die allgemeine Vorstellung von optischen Bildern ist wohl immer noch, daß die von einem Objektpunkte ausgehenden Lichtstrahlen nach der Brechung in einem zentrierten optischen Instrumente sich in einem Bildpunkte schneiden, und daß auf diese Weise eine objektähnliche Abbildung stattfindet. Tatsächlich trifft dies aber nur bei der optischen Abbildung durch eine spiegelnde Ebene zu. Die gewaltigen Fortschritte der technischen Optik haben allerdings die Herstellung von Instrumenten ermöglicht, deren Bilder dem durch die allgemeine Vorstellung angegebenen Ideale sehr nahekommen, so daß man in vielen Fällen mit einer für praktische Zwecke hinreichenden Genauigkeit derartige optische Bilder erhält, wie sie nach dieser Vorstellung sein sollten. Aber sobald es sich um die exakten tatsächlichen Verhältnisse handelt, ist diese Approximation unzulässig. In der wissenschaftlichen geometrischen Optik kann davon keine Rede sein, und wenn andere Wissenschaften die Resultate der Messungen an optischen Bildern benutzen — wie beispielsweise die Astronomie an Photographien von Fixsternen — so ist es notwendig zu wissen, was tatsächlich gemessen wird, damit sich nicht Fehler einschleichen, welche dieselbe Größenordnung haben wie die Meßresultate.

Die Bedeutung materieller Bedürfnisse für die Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaft ist in der Geschichte der menschlichen Kultur unverkennbar. So haben auch die Ziele der technischen Optik einen großen Einfluß auf die Lehre von den optischen Bildern gehabt: man hat vor allem die Konstruktion verbesserter optischer Instrumente ins Auge gefaßt und dabei von einer wissenschaftlichen Untersuchung der tatsächlichen Verhältnisse abgesehen. So ist man von dem erstrebten Ideale ausgegangen und hat die ermittelten Tatsachen als Abweichungen, Aberrationen oder sogar Fehler beschrieben. Leider hat man dabei vergessen zu erwähnen, daß mit dieser Nomenklatur kein anderes Instrument als die spiegelnde Ebene fehlerfrei ist. Was lediglich geometrische, die Strahlenbündel charakterisierende Größen darstellt, hat man nur unter der Fiktion unendlichkleiner Blenden zu genaueren Approximationen verwendet. Diese Fiktion des Unendlichkleinen ist ein treffendes Beispiel der Macht der Sprache über den Gedanken und hat unter anderem zu der Vorstellung geführt, daß es in zentrierten optischen Systemen einen die Achse umgebenden fadenförmigen Raum gäbe, in welchem die ideale Abbildung stattfände, eine Fabel,

<sup>1)</sup> Akademievortrag, gehalten in Berlin am 13. März 1926.

welche immer noch in den deutschen Handbüchern erzählt wird.

Eine wissenschaftliche Darstellung der Theorie der optischen Bilder erfordert in erster Linie, daß dieselben so beschrieben werden, wie sie sind und nicht wie sie sein sollten. Man darf deshalb nicht, wie es allgemein geschieht, von dem speziellen Falle eines auf der Achse eines zentrierten optischen Systems gelegenen Objektpunktes ausgehen, sondern es muß im Gegenteil eine exakte Untersuchung des allgemeinen Falles eines exzentrisch gelegenen Objektpunktes zugrunde gelegt werden.

Die am Rande der Blendenöffnung auftretenden Beugungserscheinungen spielen eine um so unbedeutendere Rolle, je größer die Blende ist. Deshalb muß in einer wissenschaftlichen Theorie mit einer endlich großer Blendenöffnung gerechnet werden, wobei die Beugungserscheinungen zunächst beiseitegelassen werden können, um in den Fällen, wo sie von praktischer Bedeutung sind, berücksichtigt zu werden.

Die Grundlagen der Theorie bilden zwei Erfahrungstatsachen, nämlich die geradlinige Fortbewegung des Lichtes in homogenen Medien und das Gesetz der Brechung des Lichtes beim Übergang zwischen zwei Medien. Da hierbei Licht verschiedener Farbe verschieden stark gebrochen wird, so können die Gesetze zunächst nur für einfarbiges Licht ermittelt werden. Im konkreten Falle hat man bei der Anwendung derselben auf gewöhnliches zusammengesetztes Licht den besonders zu ermittelnden chromatischen Differenzen der geometrischen Größen Rechnung zu tragen.

Die Entwicklung der Theorie erfordert einen gewissen mathematischen Apparat, und es kann sich deshalb hier nicht darum handeln, die Beweise anzuführen. Ich werde aber versuchen, einige Resultate ohne Anwendung der Mathematik verständlich zu machen. Dabei ist es aber, weil von einer unendlich kleinen Blende nicht die Rede sein kann, unumgänglich, den Begriff eines Differentialquotienten einzuführen. Dies wird nun glücklicherweise durch die jetzt allgemein verbreitete Bekanntschaft mit dem Automobil und seinem Geschwindigkeitsmesser erleichtert. Letzterer gibt in der Tat einen Differentialquotienten an. Eine Geschwindigkeit ist allgemein der Quotient der zurückgelegten Wegstrecke in der angewendeten Zeit, und eine konstante Geschwindigkeit kann deshalb durch die Messung von Strecke und Zeit bestimmt werden. Wenn aber die Geschwindigkeit nicht konstant ist, und wenn dieselbe in einem bestimmten Punkte der Strecke ermittelt werden soll, so ist es einleuchtend, daß man der Wahrheit um so näher kommt, eine je

kleinere Strecke nebst der angewendeten Zeit gemessen wird. Der Grenzwert, dem man sich auf diese Weise nähert, ist im gegebenen Punkte der Differentialquotient der Wegstrecke in bezug auf die Zeit und wird direkt durch den Geschwindigkeitsmesser angegeben. Wird die Geschwindigkeit des Automobils erhöht, so bewegt sich der Zeiger des Geschwindigkeitsmessers, und die Geschwindigkeit dieser Bewegung gibt die Beschleunigung an, welche somit einen Differentialquotienten der Geschwindigkeit in bezug auf die Zeit darstellt. Da aber die Geschwindigkeit selbst ein Differentialquotient der Wegstrecke in bezug auf die Zeit ist, so wird die Beschleunigung auch als der Differentialquotient zweiter Ordnung der Wegstrecke in bezug auf die Zeit bezeichnet. Diese einfachen Begriffe werden genügen, um das Folgende zu verstehen.

Hält man einen geraden Draht in dem von einer

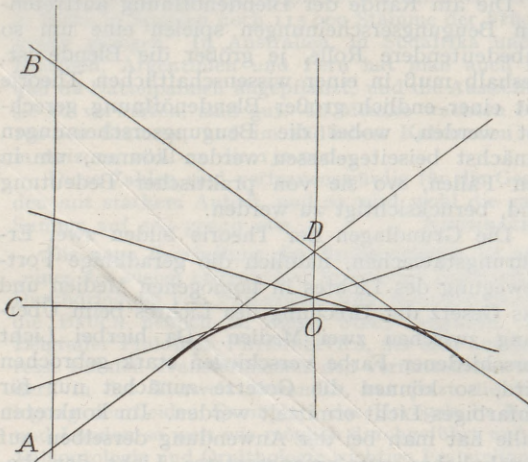


Fig. 1.

punktförmigen Lichtquelle ausgehenden Lichte, so findet man auf einer beliebig gehaltenen Schirmebene einen geradlinigen Schatten. Dieser gewöhnlichen Projektion entspricht in optischen Instrumenten die *optische Projektion*, bei welcher sich Lichtquelle, Draht und Schirmebene in verschiedenen Medien befinden können, und welche die zunächst hervortretende Grunderscheinung bei der optischen Abbildung darstellt.

Nun lehren sowohl die analytischen Untersuchungen wie die Versuche mit punktförmiger Lichtquelle und Draht in einem Medium, Schirmebene in einem anderen, daß das durch die optische Projektion erhaltene Bild im allgemeinen nicht dem Objekte geometrisch ähnlich ist, daß also ein gerader Draht einen krummen Schatten wirft. Ausnahmen hiervon bieten nur gewisse durch Symmetrieverhältnisse gekennzeichnete Fälle dar.

Die neben der optischen Projektion für die optische Abbildung grundlegende Erscheinung ist die *Strahlenvereinigung*. Es ist zwar längst bekannt, daß man durch die Anwendung nicht-

sphärischer Flächen bewirken kann, daß alle von einem Achsenpunkte in einem zentrierten optischen Systeme ausgehenden Strahlen sich in einem Bildpunkte schneiden, aber dies gilt dann nur von einem bestimmten Achsenpunkte. Im allgemeinen Falle handelt es sich nur um eine relative Lichtkonzentration im Bildpunkte, deren Wesen darin besteht, daß sich nächstliegende Strahlen schneiden. Die Untersuchung muß sich demnach auf den Verlauf der Lichtstrahlen in der nächsten Umgebung eines ausgewählten Strahles richten.

Die Verhältnisse lassen sich am einfachsten veranschaulichen, wenn man sich zunächst auf Strahlen beschränkt, die in einer Ebene verlaufen (Fig. 1). Die von einem exzentrisch gelegenen Objektpunkte ausgehenden Strahlen, welche die Achse eines zentrierten optischen Systems schneiden, bleiben nach der Brechung in derselben Ebene und haben allgemein den hier dargestellten Verlauf. Wenn Unebenheiten in optischen Systeme ausgeschlossen sind, so berühren sämtliche Strahlen eine Kurve, deren Punkte die Schnittpunkte nächstliegender Strahlen darstellen. Der Berührungspunkt eines Strahles mit der Kurve repräsentiert also eine Lichtkonzentration und heißt deshalb ein *Fokalfunkt* auf diesem Strahle.

Der Charakter der Strahlenvereinigung im Fokalfunkte  $O$  auf dem Strahle  $CO$  wird auf folgende Weise leicht verständlich. Wenn  $OD$  eine Schirmebene repräsentiert, und auf der Linie  $AB$  ein undurchsichtiger Punkt mit konstanter Geschwindigkeit von unten nach oben verschoben wird, so muß sich dementsprechend ein Schatten auf der Linie  $OD$  bewegen, und es geht aus der Figur hervor, daß dieser Schatten sich zunächst von  $D$  nach  $O$  bewegt, um dort umzukehren und wieder nach  $D$  zu wandern. Im Augenblicke des Umkehrens hat der Schatten die Geschwindigkeit Null, während die Geschwindigkeit des undurchsichtigen Punktes auf der Linie  $AB$  konstant bleibt. Da nun beide Geschwindigkeiten Differentialquotienten von Weglängen in bezug auf eine gemeinsame Zeit sind, und da der Quotient von zwei solchen Differentialquotienten wiederum einen Differentialquotienten darstellt, so ist das Resultat, daß der Differentialquotient der vom Schatten zurückgelegten Strecke in bezug auf die vom undurchsichtigen Punkte zurückgelegten Strecke im Fokalfunkte  $O$  den Wert Null hat.

Dies ist die exakte Wahrheit betreffs der allgemeinen Strahlenvereinigung in optischen Systemen. Man hat sie so ausgedrückt, daß bei unendlichkleiner Blende alle in der Ebene verlaufenden Strahlen sich im Fokalfunkte schneiden, aber wenn auch eine solche Aussage für den geschulten strengen Mathematiker keine Unwahrheit enthält, so stellt sie für andere eine gefährliche Falle dar, welche tatsächlich zu allgemein verbreiteten Wahnvorstellungen geführt hat. Im allgemeinen Falle, wo die Strahlen nicht in einer Ebene verlaufen, ist die von den Strahlen berührte

Kurve doppelt gekrümmt, und die Strahlen bilden zusammen eine Fläche, welche auf eine Ebene ohne Dehnung ausgebreitet werden kann, wobei dieselbe Figur entsteht.

Daß der Differentialquotient zweiter Ordnung einen endlichen Wert hat, ist leicht einzusehen. Die Geschwindigkeit des Schattens auf  $OD$  verhält sich ja zur Geschwindigkeit des undurchsichtigen Punktes auf  $AB$  wie die Abstände beider Punkte vom Berührungspunkte des Strahles mit der Kurve. Die Bewegung des Schattens wird deshalb in der Richtung von  $D$  nach  $O$  immer langsamer, in der Richtung von  $O$  nach  $D$  aber immer schneller. Dies bedeutet in beiden Fällen eine in der Richtung nach oben positive Beschleunigung, welche auch im Fokalphunkte  $O$  durch die Verschiebung des Berührungspunktes angegeben wird. Die Beschleunigung des Schattens ist also bei konstanter Geschwindigkeit des undurchsichtigen Punktes nirgends Null, und der Differentialquotient zweiter Ordnung hat einen endlichen Wert.

Die allgemeine Strahlenvereinigung wird deshalb eine *Strahlenvereinigung erster Ordnung* genannt, weil der Differentialquotient erster Ordnung, nicht aber derjenige zweiter Ordnung verschwindet.

Die *Konstitution des allgemeinen, in optischen Systemen vorkommenden Strahlenbündels* ist dadurch charakterisiert, daß der Leitstrahl — und als solcher kann ein beliebiger Strahl gewählt werden — zwei solche Fokalphunkte hat, in welchen er von nächstliegenden Strahlen geschnitten wird, wobei die Ebenen, welche den Leitstrahl und die ihn schneidenden Strahlen enthalten, senkrecht aufeinanderstehen.

Das allgemeine Strahlenbündel mit zwei getrennten Fokalphunkten auf dem Leitstrahle wird astigmatisch genannt, und die Konstitution desselben wird auf der ersten Stufe der mathematischen Untersuchung exakt durch das Verschwinden der beiden Fokalphunkten entsprechenden Differentialquotienten erster Ordnung definiert. Seit STURM hat man aber dieselbe so dargestellt, daß bei unendlichkleiner Blende sämtliche Strahlen durch zwei in den Fokalphunkten den Leitstrahl senkrecht schneidende und zugleich aufeinander senkrecht stehende Fokallinien gehen. Die Gerade, welche im Punkte  $O$  die Figurebene senkrecht schneidet, ist eine dem Leitstrahle  $CO$  zugehörige *Fokallinie*. Die Gesamtheit der vermeintlich durch die beiden Fokallinien gehenden Strahlen heißt das STURMSche Konoid, und die in demselben enthaltene Fabel wird immer noch in den Handbüchern erzählt. Ich werde im Laufe dieses Vortrages photographische Querschnitte von Strahlenbündeln zeigen, an welchen ein jeder die tatsächlichen Verhältnisse mit der Vorstellung vom STURMSchen Konoide vergleichen kann.

Das in optischen Systemen vorkommende, ursprünglich von einem Objektpunkte ausgegangene Strahlenbündel hat also auf jedem Strahle zwei Fokalphunkte. Es ist ferner dadurch charak-

terisiert, daß durch jeden beliebigen Punkt eines Strahles eine Fläche gelegt werden kann, welche von sämtlichen Strahlen senkrecht geschnitten wird. Alle Fokalphunkte liegen auf zwei sog. *kaustischen Flächen*, welche von sämtlichen Strahlen berührt werden. Nur wenn diese Flächen einen gemeinsamen Punkt haben, verschwindet der Astigmatismus auf demjenigen Strahle, welcher die beiden kaustischen Flächen im gemeinsamen Punkte berührt. Die beiden Fokalphunkte fallen dann auf diesem Strahle zusammen, und die Brechung desselben wird anastigmatisch genannt. Da eine Lichtkonzentration nur auf den kaustischen Flächen vorkommt, so leuchtet es ein, daß die Schnitte einer Schirmebene mit diesen Flächen für die Beschaffenheit des auf derselben aufgefangenen Bildes ausschlaggebend sind. Eine exakte Untersuchung der optischen Bilder setzt deshalb eine Untersuchung der kaustischen Flächen voraus.

Da das Konoid von STURM nicht als Modell eines Strahlenbündels dienen kann, so scheint es wünschenswert, die tatsächlichen Verhältnisse, welche durch das Verschwinden der erwähnten Differentialquotienten erster Ordnung in den beiden Fokalphunkten angegeben werden, auf irgendeine anleiderere chtaßliche, aber exakte Weise zu illustrieren. Wenn wir den Punkt  $O$  als den ersten Fokalphunkt auf dem Leitstrahle  $CO$  bezeichnen, so repräsentiert die Linie  $OD$  den entsprechenden ersten dünnsten Querschnitt des Strahlenbündels, und wenn hier eine photographische Platte senkrecht zu der Figurebene gehalten wird, so entsteht ein negatives Bild dieses Querschnittes (Bild 1, Tafel I). Der Fokalphunkt  $O$  der Fig. 1 ist der Mittelpunkt der linken scharfen Begrenzungslinie, welche die Schnittlinie mit der ersten kaustischen Fläche darstellt, und die Tangente dieser Linie im Mittelpunkte ist die erste Fokallinie. Da die Tangente vollständig außerhalb der geschwärtzten Figur gelegen ist, so wird die erste Fokallinie überhaupt nur im Fokalphunkte von Licht getroffen. Es ist demnach auf den ersten Blick klar, daß die Aussage, daß bei unendlichkleiner Blende sämtliche Strahlen durch die erste Fokallinie gehen, keine Vorstellung von den tatsächlichen Verhältnissen bei endlich großer Blendenöffnung zu geben imstande ist. Im Gegenteil: es braucht eine besondere Erklärung, wie eine solche Aussage dennoch in der Sprache des Unendlichkleinen entstehen kann. Bei sukzessiver Einengung der Blende bleibt in dem Augenblicke, wo das Loch vollständig verschwindet — von der Beugung abgesehen — nur der Berührungspunkt der linken Begrenzungslinie mit ihrer Tragente, d. h. mit der Fokallinie, zurück. Da nun aber in der mathematischen Sprache eine Kurve zwei Punkte mit ihrer Tangente gemeinsam hat, so bilden diese zwei Punkte zusammen eine unendlich kurze erste Fokallinie.

Leider aber braucht es drei Punkte, um eine Gerade von einer krummen Linie zu unterscheiden,

und das Konoid ist also auch in der Sprache des Unendlichkleinen mathematisch falsch. Man hätte ebensowohl behaupten können, daß sämtliche Strahlen durch zwei Kreise gehen. Kein Wunder, daß das Konoid als Modell für die tatsächlichen Verhältnisse unbrauchbar ist und mißverstanden wird!

Wir sehen in der Figur zwei helle gekrümmte Linien, welche die linke Begrenzungslinie im Fokalkpunkte und folglich auch die erste Fokallinie berühren. Diese Linien sind Schatten von Drähten, welche zwischen dem leuchtenden Punkte und dem optischen Systeme in diagonaler Richtung so gespannt worden sind, daß sie den Leitstrahl schneiden. Da das Bild ein Negativ ist, müssen ja die Schatten hell sein. Die krummen Linien sind somit optische Projektionen von geraden Linien mit dem leuchtenden Punkte als Projektionszentrum und geben zunächst ein treffendes Beispiel dafür ab, daß die optische Projektion eines Gegenstandes demselben nicht geometrisch ähnlich ist. Die beiden Schattenlinien schneiden sich im Berührungspunkte, so daß der obere schiefe Schatten sich in den unteren, mehr horizontalen fortsetzt und umgekehrt. Die Projektion der Blendenöffnung stellt die Begrenzungslinie des helleren Teiles der geschwärtzten Figur dar. Man sieht, daß die Projektionen der Drähte im ersten Fokalkpunkte die erste Fokallinie berühren. Letzteres ist auch dann der Fall, wenn die Drähte eine beliebige Krümmung haben, die Bedingung ist nur, daß sie den Leitstrahl schneiden. Daß das hier vorgeführte Strahlenbündel eine Symmetrieebene besitzt, hat gar keinen Einfluß auf diese Erscheinung, welche in bezug auf die zweite Fokallinie identisch dieselbe ist. Die Gesamtheit der Strahlen, welche vom leuchtenden Punkte zu einer beliebigen, den Leitstrahl schneidenden Linie gehen, stellt eine allgemeine konische Fläche dar; nach der Brechung im optischen Systeme bildet die Gesamtheit derselben Strahlen eine windschiefe Strahlenfläche, welche den Leitstrahl enthält. Es folgt also aus den Versuchen, wie auch mathematisch bewiesen werden kann, daß jede den Leitstrahl enthaltende Strahlenfläche die beiden demselben zugehörigen Fokallinien in den Fokalkpunkten berührt. Diese Definition der Konstitution des allgemeinen Strahlenbündels und der in demselben vorhandenen Strahlenvereinigung erster Ordnung ist bei beliebig großer Öffnung mathematisch exakt. Sie stellt in der Tat nur eine andere Form der durch das Verschwinden der beiden Differentialquotienten gegebenen Definition dar, und hat den Vorteil, daß dieses gelehrte Wort nicht gebraucht wird.

Wenn der hier in starker Vergrößerung gezeigte Strahlenbündelquerschnitt in einem zentrierten optischen Systeme einem exzentrisch gelegenen leuchtenden Punkte entspricht, und wenn man diesem Punkte eine Rotationsbewegung um die Systemachse erteilt, so führt die ganze Figur eine entsprechende Bewegung aus und es entsteht,

wenn die Figurebene achsensenkrecht ist, ein kreisrunder Ring. Trifft die Achse die Figurebene nach links in der Fortsetzung der horizontalen Mittellinie, so ist der innere Rand des Ringes scharf begrenzt und stark leuchtend, während außerhalb desselben schwächeres, in der Richtung nach außen schnell abnehmendes Licht in einer von der Blendenöffnung abhängigen Breite vorhanden ist. Es entsteht auf diese Weise ein nach außen unscharfes Bild des vom leuchtenden Punkte beschriebenen Kreises, wobei jedoch die Unschärfe durch mäßige Verengung der Blende praktisch unschädlich gemacht werden kann. Der den verschiedenen Punkten des Objektkreises entsprechende Leitstrahl geht dabei zu denselben Punkte auf der Systemachse wie der ursprüngliche Leitstrahl.

Es folgt hieraus, daß in einem zentrierten Systeme ein auf einer achsensenkrechten Ebene konzentrisch zur Achse gelegener Kreis unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung auf einer achsensenkrechten Ebene abgebildet wird. Die Strahlenvereinigung ist dadurch charakterisiert, daß jede von einem Punkte des Objektkreises ausgehende, den Leitstrahl enthaltende Strahlenfläche nach der Brechung im optischen Systeme den Bildkreis berührt. Die Abbildung ist aber nicht punktuell, so daß etwa einem bestimmten Punkte des Objektkreises ein bestimmter Punkt des Bildkreises entspreche. Die Abbildung eines Punktes als Punkt kommt überhaupt nur dann vor, wenn die beiden Fokalkpunkte auf dem Leitstrahle zusammenfallen, was im allgemeinen zentrierten Systeme nur auf der Achse geschieht.

Ich habe hier an dem einfachsten Falle versucht, verständlich zu machen, wie die Abbildung von Linien unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung stattfindet, und was unter einer solchen Strahlenvereinigung verstanden wird. In der Tat ist eine solche Abbildung von Linien charakteristisch für jedes optische System mit Flächen beliebiger Form und beliebiger Orientierung. Auf einer beliebigen Objektfläche gehen durch jeden Punkt zwei, einen endlichen Winkel miteinander bildende, abbildbare Linien, deren Bildlinien durch die betreffenden Fokalkpunkte gehen, und die Abbildung findet unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung statt, wie ich sie soeben definiert habe. Wenn in einem zentrierten optischen Systeme die Objektfläche eine achsensenkrechte Ebene oder eine Umdrehungsfläche um die Systemachse ist, so stellen die Meridianlinien und die Parallelkreise die abbildbaren Linien dar. Dieselben stehen also in diesem Falle überall senkrecht aufeinander. Außerdem ist die Abbildung in den sukzessiven Flächen des zentrierten Systems zusammensetzbar, so daß die durch Brechung in der ersten Fläche entstehenden Bildlinien abbildbare Linien für die nächste Fläche sind usw., was im allgemeinen Falle nicht zutrifft.

Da allgemein keine Abbildung von Punkten als Punkte vorkommt, so kann allgemein keine

*Rede von konjugierten Punkten sein. Dagegen gibt es allgemein konjugierte Fokallinien* auf einem beliebigen Leitstrahle. Wenn man auf beiden Seiten eines beliebigen, nicht zentrierten optischen Systems einen leuchtenden Punkt hat und den einen so lange auf dem Leitstrahl verschiebt, bis er einen Fokalfunkt im anderen leuchtenden Punkte hat, so ist auch das Umgekehrte der Fall. Da nun der Fokalfunkt eine Fokallinie definiert, so geht durch jeden der beiden leuchtenden Punkte eine dem anderen zugehörige Fokallinie, und diese beiden Fokallinien sind einander konjugiert. In der Nähe ihrer Schnittpunkte mit dem Leitstrahle im betreffenden Medium sind sie ineinander abbildbar. In zentrierten optischen Systemen ist auf einem die Achse schneidenden Leitstrahle das eine Paar konjugierter Fokallinien in der Meridianebene gelegen, während das andere Paar senkrecht auf derselben steht. Beide Paare schneiden im betreffenden Medium den Leitstrahl senkrecht.

Ohne die Kenntnis dieser nicht punktuellen Abbildung von Linien ist die exakte wissenschaftliche Behandlung der Bildentstehung in optischen Instrumenten unmöglich. Es ist sehr zu bedauern, daß immer noch mit der Fiktion sog. ebener Büschel gearbeitet wird. Dieselben verhalten sich zu den Tatsachen wie zwei einander schneidende Linien zu einer Fläche.

Wenn man bei der optischen Projektion unter Anwendung eines leuchtenden Punktes auf der einen Seite des optischen Systems und einer Schirmebene auf der anderen Seite an Stelle eines Drahtes einen undurchsichtigen Punkt verwendet, der so verschoben wird, daß er den ausgewählten Leitstrahl passiert, so wandert auf dem Schirme der Schatten durch den Schnittpunkt desselben mit dem gebrochenen Leitstrahle. Das Verhältnis der Geschwindigkeiten des Schattens und des undurchsichtigen Punktes in dem Augenblicke, wo beide den Leitstrahl passieren, stellt, wie wir schon wissen, einen Differentialquotienten dar. Wenn sowohl die Ebene, in welcher sich der undurchsichtige Punkt bewegt, wie die Schirmebene senkrecht auf dem Leitstrahl stehen, wird dieser Differentialquotient als *linearer Projektionskoeffizient* bezeichnet.

Wird derselbe Versuch in zentrierten optischen Systemen wiederholt, indem die Ebenen, in welchen der undurchsichtige Punkt verschoben bzw. der Schatten beobachtet wird, ein Paar konjugierter Fokallinien enthalten, und die Bewegung senkrecht auf diese Linien und auf den Leitstrahl vor sich geht, so stellt der lineare Projektionskoeffizient den diesen konjugierten Fokallinien zugehörigen *Vergrößerungskoeffizienten* dar. Die beiden einem Objektpunkte zugehörigen Vergrößerungskoeffizienten besagen also nichts über das Längenverhältnis abbildbarer Linien und Bildlinien, sondern beziehen sich ausschließlich auf die Abstände derselben voneinander.

Ist der leuchtende Punkt auf der Achse des

zentrierten Systemes gelegen, so hat das gebrochene Strahlenbündel den in der Fig. 2 durch einen Meridianschnitt dargestellten Typus. Die Linie *ACB* repräsentiert eine Öffnungsebene, *CFO* ist die Achse und *O* der Fokalfunkt auf derselben. Die Kurve, welche von den Strahlen berührt wird, hat in *O* eine Spitze. Der Krümmungsradius in den verschiedenen Punkten der Kurve nimmt nach *O* hin stetig ab, um dort durch Null zu gehen und das Vorzeichen zu wechseln. Wenn, wie früher, ein undurchsichtiger Punkt auf der Linie *AB* mit konstanter Geschwindigkeit von unten nach oben verschoben wird, so wandert der Schatten auf der Linie *DOE* von oben nach unten, wobei sich die Geschwindigkeiten wie die Abstände des Punktes *O* vom Berührungspunkte des betreffenden Strahles mit der Kurve verhalten. Die Geschwindigkeit des Schattens muß deshalb auf der Strecke von *D* nach *O* stetig abnehmen und in *O*, wo der achsiale Strahl die Kurve berührt, Null sein, um dann von *O* nach *E* stetig zuzunehmen. Die Beschleunigung des Schattens in der Richtung nach unten ist deshalb oberhalb von *O* negativ, unterhalb dieses Punktes aber positiv, muß also beim Durchgange des Schattens durch *O* Null sein. Die Differentialquotienten erster und zweiter Ordnung der auf *DE* gemessenen Strecke in bezug auf die auf *AB* gemessene haben also auf der Achse den Wert Null. Dies ist das Charakteristicum einer Strahlenvereinigung zweiter Ordnung, und dieselbe ist vollständig, da das ganze Strahlenbündel durch Drehung der Figur um die Achse *CO* erhalten wird. Die durch die Kurve hierbei entstehende trichterförmige Fläche ist die erste kaustische Fläche, während derjenige Teil der Achse, welcher zwischen dem Punkte *F*, wo sich die äußersten Strahlen schneiden und dem achsialen Fokalfunkte gelegen ist, die zweite kaustische Fläche darstellt. Es gibt also nur einen einzigen Strahl, auf welchem die beiden Fokalfunkte zusammenfallen, nämlich die Achse; jeder andere Strahl hat seinen ersten Fokalfunkt im Berührungspunkte mit der trichterförmigen kaustischen Fläche und seinen zweiten Fokalfunkt im Schnittpunkte mit der Achse.

Ich werde jetzt die auf der photographischen Platte aufgenommenen, in der Figur mit verschiedenen Ziffern bezeichneten Querschnitte des Strahlenbündels zeigen (Tafel I). Der erste Querschnitt geht durch den Rand der kaustischen Fläche und weist (Bild 2) in Übereinstimmung hiermit eine stärkere Schwärzung an der Begrenzungslinie auf. Auf dem in der Fig. 2 mit 2 bezeichneten Querschnitte kommen in der Peripherie Strahlen vor, welche sich schon geschnitten haben. Wir finden (Bild 3) in Übereinstimmung hiermit innerhalb der schwarzen Begrenzungslinie eine ringförmige Zone, die dunkler ist als die von ihr eingeschlossene zentrale Partie. Geht man nun in der Fig. 2 mit fortgesetzten Querschnitten von 2 bis zu 3, so breitet sich die dunklere ringförmige Zone immer mehr nach der Mitte hin

aus, und im Querschnitte 3 sieht man zum erstenmal denjenigen Teil der Achse, welcher die zweite kaustische Fläche darstellt (Bild 4) und dementsprechend als schwarzer Punkt auftritt. Im folgenden in der Fig. 2 durch 4 bezeichneten Querschnitte gibt es eine zentrale Partie, in welcher sich überall drei Strahlen schneiden, während im äußeren, der kaustischen Fläche anliegenden Ringe nur zwei Strahlen jeden Punkt kreuzen. Man sieht auf dem Bilde (5) die die Achse umgebende dunklere Stelle. Der in der Fig. 2 mit 5 bezeich-

sei. Ich habe aber schon längst einen Versuch angegeben, durch welchen sich ein jeder überzeugen kann, daß der dünnste Querschnitt der kaustischen Fläche, nicht derjenige des Strahlenbündels, maßgebend ist. Wenn man mit einer Bikonvexlinse von sehr großer Öffnung das Bild des glühenden Fadens einer elektrischen Lampe auf einer weißen Fläche entwirft, so erhält man die beste Schärfe bei einer Einstellung, welche der Spitze der kaustischen Fläche entspricht, obwohl das Bild von einem Schleier umgeben ist. Wird aber die Ein-

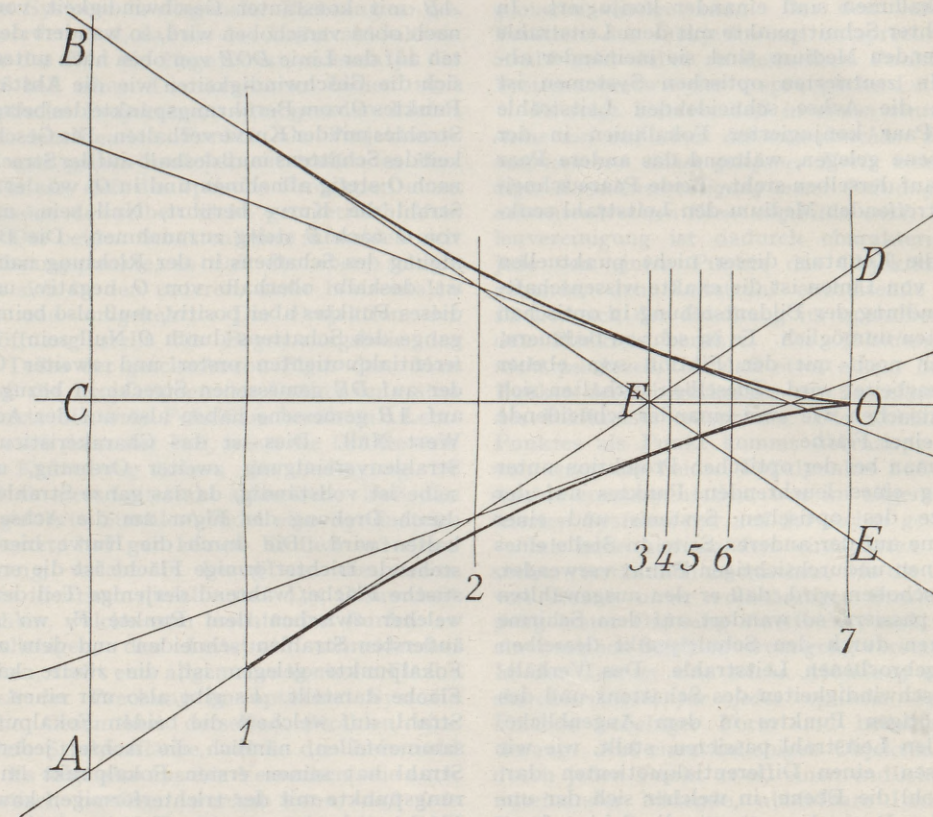


Fig. 2.

nete Querschnitt ist der dünnste, indem hier die äußersten Strahlen die kaustische Fläche schneiden. Innerhalb der schwarzen Begrenzungslinie sieht man (Bild 6) ein gleichmäßig beleuchtetes Feld, in dem sich in jedem Punkte drei Strahlen schneiden, und in der Mitte die Achse. Dies ist der letzte Querschnitt, in dem die kaustische Fläche die Begrenzungslinie erzeugt. Im Querschnitte 6 (Fig. 2) sieht man ausserhalb derselben einen Zerstreuungskreis (Bild 7), welcher sich fernerhin immer mehr erweitert, bis im letzten Querschnitte die letzte Spur der kaustischen Fläche in der Gestalt eines dem achsialen Fokalfunktes entsprechenden schwarzen Punktes (Bild 8) sichtbar ist.

Man hat geglaubt, daß der dünnste Querschnitt des Strahlenbündels für die Abbildung maßgebend

stellung so verändert, daß der Schleier verschwindet, wobei die dünnsten Querschnitte der Strahlenbündel angewendet werden, so ist das Bild je nach der Öffnung der Linse wesentlich schlechter oder gar nicht zu erkennen. Diesen Versuch kann ich hier an Photographien zeigen. Bei der Einstellung, bei welcher die Spitze der kaustischen Fläche bei punktförmiger Lichtquelle auf der Platte erscheint — bei der also Bild 8 entstand — wurde an Stelle des leuchtenden Punktes eine Glühlampe aufgestellt, wobei Bild 9 erhalten wurde. Der Schleier tritt hier wegen kürzerer Exposition nicht sehr hervor. Dasselbe Experiment wurde bei der Einstellung, bei welcher der dünnste Querschnitt des Strahlenbündels auf der Platte erscheint — bei der also das Bild 6 eines leuchten-



den Punktes entstand — wiederholt. Auf dem dabei erhaltenen Bilde so sieht man keine Spur von der Struktur der Lampe. Interessant ist aber, daß bei so kleiner Winkelgröße des Objektes der Querschnitt der mit der Achse zusammenfallenden zweiten kaustischen Fläche imstande ist, bei Unterexposition eine Andeutung der Form des glühenden Fadens zu geben. Es wird aus diesen Photographien ersichtlich sein, daß ein Studium der optischen Bilder die Kenntnis der kaustischen Flächen voraussetzt.

Bei der Untersuchung der optischen Abbildung werden die dem Brechungsgesetze entsprechenden algebraischen Gleichungen und die Gleichungen eines Strahles differenziert, wobei eine einmalige, zweimalige usw. Differentiation *die Gesetze erster, zweiter Ordnung usw.* ergibt. Aus den Gesetzen erster Ordnung erhält man die Lage und Orientierung der Fokallinien, sowie die Differentialquotienten erster Ordnung, welche wir als Projektionskoeffizienten und Vergrößerungskoeffizienten kennen. Wenn die Gesetze so zusammengefaßt werden können, daß dieselben ohne Bezugnahme auf die einzelnen Flächen eines optischen Systems durch Systemkonstanten ausgedrückt werden können, sprechen wir von *Systemgesetzen* der betreffenden Ordnung.

GAUSS entdeckte die ersten Systemgesetze, nämlich diejenigen erster Ordnung auf der Achse eines zentrierten Systems, indem er die Formeln angab, mit welchen die Lage des einem Achsenpunkte konjugierten Punktes und der Vergrößerungskoeffizient in demselben direkt berechnet werden können. Mit diesen Formeln läßt sich das optische Bild einer kleinen zentrisch gelegenen Objektfläche in erster Annäherung ermitteln, was dadurch ermöglicht wird, daß die praktischen Ansprüche an die Abbildung sich nicht zur mathematisch exakten punktuellen Abbildung erstrecken. Die so berechnete optische Abbildung heißt mit Recht die GAUSSISCHE. Leider hat man aber entdeckt, daß die Lage der konjugierten Punkte und die Vergrößerungskoeffizienten mit den Gesetzen der kollinearen Abbildung übereinstimmen, wenn man nur Vergrößerung an Stelle des Vergrößerungskoeffizienten setzt und vergißt, daß es außerhalb der Achse allgemein keine konjugierte Punkte gibt. Die sog. kollineare Abbildung ist ein rein mathematischer Begriff, welcher nichts mit der optischen Bilderzeugung zu tun hat. Man setzt zwei Räume in solche Beziehung zueinander, daß jeder Punkt in dem einen Raume einem Punkte im anderen Raume zugeordnet wird, und fügt die Bedingung hinzu, daß auf diese Weise jede Gerade in dem einen Raume durch eine Gerade im anderen Raume repräsentiert wird. Das Wort „Abbildung“ hat hier einen rein mathematischen Inhalt.

Auch wenn man vergißt, daß es außerhalb der Achse eines zentrierten optischen Systems überhaupt keine allgemeine punktuellen Abbildung unter Strahlenvereinigung auch nur erster Ordnung gibt, so muß doch mit der Verzeichnung

gerechnet werden, welche bewirkt, daß eine die Achse nicht schneidende Gerade allgemein nicht als Gerade abgebildet wird. Um zu der Fabel von einer kollinearen Abbildung in einem fadenförmigen, die Achse umgebenden Raume zu gelangen, muß man deshalb sagen, daß Geraden als Geraden abgebildet werden, wenn man annimmt, daß eine Gerade nicht von einer krummen Linie unterschieden werden kann. Eine solche Annahme wird natürlich nicht bewußt gemacht, sondern man hat vergessen, daß drei Punkte nötig sind, um eine Gerade von einer krummen Linie zu unterscheiden. Die sog. Theorie einer kollinearen optischen Abbildung hat deshalb überhaupt keine wissenschaftliche Berechtigung, um so weniger, wenn sie an Stelle der Tangentialebenen von Strahlenflächen mit sog. ebenen Büscheln arbeitet. Will man das Wort notwendig gebrauchen, so kann man nur sagen, daß der mathematische Begriff der kollinearen Abbildung das Ideal definiert, dem man sich bei der Konstruktion optischer Instrumente praktisch zu nähern sucht, und daß die GAUSSISCHE Abbildung bei enger Blende und kleinem zentrisch gelegenen Objekte in zentrierten Systemen die erste grobe Annäherung an dieses Ideal darstellt, daß aber das Ideal, auch in einem fadenförmigen Raume, nur von der spiegelnden Ebene erreicht wird.

Ich würde mich bei dieser Gelegenheit nicht hiermit aufgehalten haben, wenn ich nicht in einer deutschen, von den Autoren zitierten Arbeit<sup>1)</sup> das Nötige über die kollineare Abbildung schon vor zwanzig Jahren gesagt hätte — leider aber zu bescheiden — und wenn ich es nicht für eine Ehrensache der Wissenschaft hielte, die kollineare optische Abbildung und die „ebenen Büschel“ nebst dem STURMSCHEN Konoide auszumerzen. Daß meine Bewunderung der Leistung deutscher Forscher bei der Konstruktion von optischen Instrumenten, deren Bilder dem Ideale sehr nahe kommen, trotzdem keine Einbuße erleidet, habe ich schon eingangs angedeutet.

Was die Gesetze erster Ordnung betrifft, so braucht nur noch hinzugefügt zu werden, daß die Systemgesetze auf einem Leitstrahle, welcher in einem zentrierten Systeme die Achse schneidet, auf dieselbe Weise erhalten werden wie die GAUSSISCHE Systemgesetze, indem, wie schon erwähnt, die in der ersten Fläche entstehenden Bildlinien als Objektlinien für die zweite Fläche angewendet werden können usw. Dagegen sind die Systemgesetze im allgemeinen Falle<sup>2)</sup> viel komplizierter, was um so mehr zu bedauern ist, als dieselben das Sehen mit astigmatischen Brillen beherrschen,

<sup>1)</sup> Die reelle optische Abbildung. Berlin: Friedländer & Sohn 1906. (Aus den Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar.)

<sup>2)</sup> Das allgemeine optische Abbildungssystem. Berlin: Friedländer & Sohn 1915. (Aus den Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar.)

sobald die Blicklinie nicht durch eine Symmetrieebene der Brille geht.

Unter den *Gesetze zweiter Ordnung* soll hier nur auf diejenigen der Strahlenvereinigung eingegangen werden, sofern der Leitstrahl in einem zentrierten Systeme die Achse desselben schneidet. In der Fig. 3 ist  $O, F, F''$ , der Leitstrahl, welcher im ersten Fokalfunkte  $F$ , die Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche berührt. Jeder andere in dieser Ebene verlaufende Strahl des gebrochenen Strahlenbündels muß, wie wir schon wissen, dieselbe Kurve berühren. Werden nun auf allen solchen Strahlen die zweiten Fokalfunkte markiert, so ergibt sich die durch den zweiten Fokalfunkt  $F''$ , des Leitstrahles gehende Kurve, welche die Strahlen unter endlichen Winkeln schneidet. Die Figurebene ist eine Meridianebene des zentrierten Systems und folglich auch eine Symmetrieebene der kaustischen Flächen. Da die zweite kaustische Fläche von den Strahlen berührt werden muß, so besitzt sie eine in der Symmetrieebene gelegene Kante, nämlich die durch  $F''$ ,

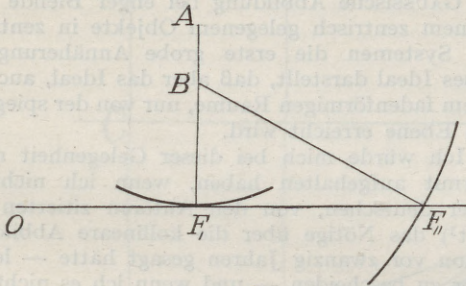


Fig. 3.

gehende Kurve. Auf einem gegen die Figurebene senkrechten Schnitte muß deshalb die Schnittlinie der zweiten kaustischen Fläche eine solche Spitze haben, wie ich für ein achsiales Strahlenbündel gezeigt habe. Im ersten Fokalfunkte besteht also nur eine partielle Strahlenvereinigung erster Ordnung, während im zweiten Fokalfunkte die partielle Strahlenvereinigung von der zweiten Ordnung ist. Die Formeln ergeben zwei *Asymmetrienwerte*, welche auf der Stufe der Gesetze zweiter Ordnung die Strahlenvereinigung charakterisieren. Der direkte Asymmetrienwert ist der Krümmungsradius  $AF$ , der Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche im Fokalfunkte  $F$ . Zieht man im zweiten Fokalfunkte  $F''$ , die Normale der durch denselben gehenden Kantenlinie der zweiten kaustischen Fläche, und ist  $B$  der Punkt, wo dieselbe die erste Fokalebene trifft, so stellt  $BF$ , den transversalen Asymmetrienwert dar. Derselbe bestimmt nicht nur die Neigung der Kante gegen den Leitstrahl, sondern auch die Krümmung der ersten kaustischen Fläche in einem durch die Linie  $AF$ , senkrecht auf die Figurebene gelegten Schnitte. Der Krümmungsmittelpunkt dieser Schnittlinie ist nämlich auf der im Punkte  $F''$ , gezogenen Tangente der Kanten-

linie der zweiten kaustischen Fläche gelegen, so daß in diesem Beispiele die erste kaustische Fläche eine sattelförmige Krümmung hat. Der erste dünnste Querschnitt des Strahlenbündels befindet sich, wie schon gezeigt wurde, bei  $F$ , während der zweite dünnste Querschnitt in der Nähe der durch  $F''$ , gehenden Kante einen schrägen Verlauf hat. Wird die Fokalstrecke  $F, F''$ , verkürzt, so neigt sich die Kante der zweiten kaustischen Fläche immer mehr, bis sie, wenn die Fokalfunkte zusammenfallen, die Strahlenbrechung somit auf dem Leitstrahle anastigmatisch ist, den Leitstrahl und die Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche im gemeinsamen Fokalfunkte berührt. Der transversale Asymmetrienwert kann dabei unverändert bleiben, und die Krümmung der Kante ergibt sich bei aufgehobenem Astigmatismus durch eine die beiden Asymmetrienwerte enthaltende Formel. Der Querschnitt eines solchen Strahlenbündels in der Fokalebene hat im Fokalfunkte eine Spitze mit zwei Tangenten, welche einen endlichen, durch die Asymmetrienwerte bestimmten Winkel einschließen.

Ich werde nun zunächst eine Schnittserie durch ein astigmatisches Strahlenbündel demonstrieren (Tafel II). Im ersten Schnitt (Bild 11) sieht man links die schwärzere Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche. Rechts davon treffen sich auf einem Teile des Querschnittes zwei Strahlen in jedem Punkte, während ganz nach rechts jeder Punkt des Querschnittes nur von einem Strahle getroffen wird. Der nächste Schnitt (Bild 12) ist der erste dünnste Querschnitt, den wir schon kennen. Dann folgt ein Schnitt, welcher links immer noch die erste kaustische Fläche trifft, rechts aber in eine Spitze endet (Bild 13). Dieselbe ist der erste Schnittpunkt mit der Kante der zweiten kaustischen Fläche. In den folgenden Schnitten (Bild 14 und 15) sieht man die Einschnürung, welche den schräg verlaufenden dünnsten Querschnitt repräsentiert und dementsprechend in jedem folgenden Schnitte mehr nach links wandert. Die stärkere Schwärzung in der Nähe der Einschnürung ist der Schnitt der zweiten kaustischen Fläche. Am letzten Querschnitte (Bild 16) sieht man im äußersten Punkte links den letzten Punkt der Kante der zweiten kaustischen Fläche. Der übrige Teil der Figur sieht in gewissen Instrumenten aufgefaserter aus, so daß eine gewisse Ähnlichkeit mit Haaren entsteht — eine Interferenzerscheinung. Koma ist das lateinische Wort für Haar, und die ganze Erscheinung, die weit früher beobachtet als verstanden worden ist, trägt immer noch in der Literatur der technischen Optik den Namen Koma oder Komafehler. Ein von anderer Seite gemachter Versuch, diese dreidimensionale Erscheinung unter Anwendung der sog. ebenen Büschel mit den Mitteln der zweidimensionalen Geometrie zu behandeln hat zu teilweise falschen Resultaten geführt.

Die Gesetze dritter Ordnung auf der Achse eines zentrierten Systems sind einfacher als die Gesetze

zweiter Ordnung und wurden schon von SEIDEL in der Sprache der Abweichungen ermittelt. Auf der Fig. 2 habe ich gezeigt, daß bei Änderung der Strahlneigung die Differentialquotienten erster und zweiter Ordnung der auf der Fokalebene *DOE* gemessenen Strecke in bezug auf die in der Öffnung *ACB* gemessenen Strecke im Fokalfunkte *O* den Wert Null haben. Der Abstand *DO*, welcher die Lateralaberration des Strahles *AD* genannt wird, ergibt sich entweder exakt durch trigonometrische Rechnung oder approximativ unter Anwendung der Differentialquotienten höherer Ordnung im Fokalfunkte *O*. Der Differentialquotient dritter Ordnung ergibt also die erste Approximation, und wird nach dem Vorgange SEIDELS allgemein nur zu diesem Zwecke verwendet, wobei in der Regel der Unterschied des exakten und des approximativen Wertes vergessen wird. Der betreffende Differentialquotient hat aber eine geometrische Bedeutung für die Form der kaustischen Fläche, welche an der Fig. 4 illustriert wird. Zieht man in jedem Punkte der Schnittlinie der kaustischen Fläche die Normale, so berühren sämtliche Normale eine Kurve, welche durch den Fokalfunkt geht. Der Krümmungsradius dieser Kurve im Fokalfunkte ist der Differentialquotient dritter Ordnung der in der Fokalebene gemessenen Strecke in bezug auf den Neigungswinkel des Strahles. Durch den Namen *Aber-*

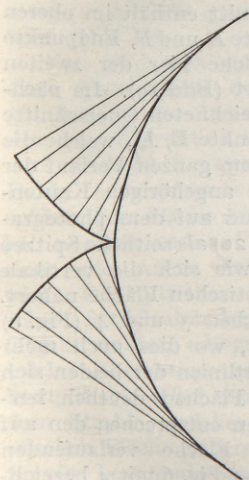


Fig. 4.

*rationswert* habe ich ausgedrückt, daß es sich hierbei um eine exakte geometrische Größe handelt, welche die Form der Spitze der kaustischen Fläche angibt, während die Benutzung desselben zu einer Approximation der Lateralaberration eines Strahles wissenschaftlich nichts aussagt und auch zur Verwechslung des annähernd Wahren mit den Tatsachen Anlaß gibt.

Ähnlich verhält es sich mit den übrigen sog. SEIDEL'SCHEN Bildfehlern. In der Fig. 5 ist der durch *B* gehende Strahl der mit der Achse zusammenfallende Leitstrahl eines achsialen Objektpunktes, während der durch *B*, gehende Strahl von einem nahegelegenen Objektpunkte ausgegangen ist, und die Kurven *CB*, *DB* mit ihren Spitzen auf den betreffenden Strahlen Schnittlinien der kaustischen Flächen darstellen. Indem bei zunehmendem Abstände des Objektpunktes von der Achse die beiden Fokalfunkte sich voneinander entfernen, entstehen zwei, sich auf ziemlich komplizierte Weise schneidende kaustische Flächen mit zwei Kanten, von welchen die in der Meridia-

ebene gelegene durch die Kurve *EGF* bezeichnet ist, während die andere senkrecht auf der Figurebene steht und im Durchschnitt die Spitze *B*, aufweist. Man sieht, daß im äußersten Strahlenbündel die beiden kaustischen Flächen einander in zwei Punkten berühren, was damit gleichbedeutend ist, daß der Astigmatismus auf den betreffenden Strahlen verschwindet. Zwei solche anastigmatische Fokalfunkte sind immer auf den kaustischen Flächen in der Nähe der Achse vorhanden. Es gibt aber außer dem in der Figur dargestellten Typus noch einen zweiten, bei welchem die anastigmatischen Punkte auf den kaustischen Flächen in einer die Meridianebene senkrecht schneidenden Ebene enthalten sind, und in Über-

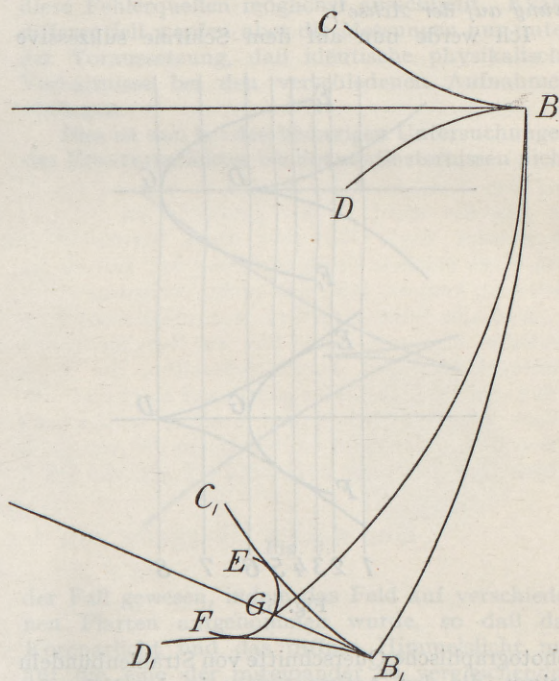


Fig. 5.

einstimmung hiermit die in der Figurebene gelegene Kante nicht, wie die Linie *EGF* innerhalb der Linie *C, B, D*, gelegen ist, sondern ganz außerhalb derselben verläuft und den die Spitze *B*, berührenden Strahl auf der anderen Seite schneidet.

Die SEIDEL'SCHEN Bildfehler gelten für eine unendlich kleine Blende an einem bestimmten Orte. Die Leitstrahlen, welche verschiedenen Objektpunkten entsprechen, müssen dabei durch den Mittelpunkt dieser unendlich kleinen Blende gehen. Die Blende schneidet deshalb unendlich kleine Stücke der kaustischen Flächen aus, welche verschiedenen, von dem Blendenorte abhängigen Krümmungen der beiden Bildflächen entsprechen und auch verschiedene Distorsionswerte ergeben. Wenn der Durchmesser der Blende klein ist im Verhältnis zum Abstände des Objektpunktes von



standen sind. Diese Photographie müßte nach der Vorstellung vom Sturmischen Konoide eine vertikale Linie darstellen, durch welche alle Strahlen gehen müßten. Einen schlagenderen Beweis für die Unbrauchbarkeit des Konoides als Modell für astigmatische Strahlenbündel in zentrierten optischen Systemen könnte es wohl kaum geben. Rechts vom Querschnitte 6 in der Fig. 6 ist nur die zweite kaustische Fläche vorhanden, bildet aber nirgends die Grenze des Strahlenbündelquerschnittes. In dem mit 7 bezeichneten Querschnitte sieht man die der Kante  $E$ ,  $G$ ,  $F$ , entsprechenden seitlichen Spitzen an der Schnittlinie der zweiten kaustischen Fläche (Bild 25). Endlich haben wir im letzten, durch den in der Fig. 6 mit  $D$  und  $G$ , bezeichneten zweiten Fokalkpunkt gehenden Querschnitte die zweite horizontale Fokallinie, welche auch bei endlicher Öffnung zur Abbildung von Linien verwendet werden kann (Bild 26).

Nun wird man sich vielleicht vorstellen, daß diese Querschnitte der Strahlenbündel nicht in gut korrigierten Instrumenten vorkommen. Bei der sog. Korrektur der sphärischen Aberration wird aber die kaustische Fläche nicht auf einen Punkt reduziert, was die Anwendung einer nicht-sphärischen Fläche erfordern würde, sondern erhält nur eine andere Form, die in der Fig. 7 durch einen die Achse enthaltenden Schnitt gezeigt wird. Die optischen Querschnitte der astigmatischen Strahlenbündel, welche seitlich gelegenen Objektpunkten entsprechen, werden durch eine solche Korrektur verkleinert und noch mehr kompliziert. Und auch der Astigmatismus auf dem Strahle, welcher die Schnittlinie der kaustischen Fläche in ihrer Spitze berührt, kann nur für eine bestimmte Strahlneigung behoben werden, so daß die beiden in der Fig. 5 gezeichneten Kurven  $BB$ , und  $BG$  wohl einen gemeinsamen Schnittpunkt erhalten, nicht aber zusammenfallen können. Ähnliche Verhältnisse wie in der gezeigten Schnittserie durch ein astigmatisches Bündel liegen also immer vor, obwohl die quantitative Bedeutung des Effektes von der Konstruktion des Instrumentes abhängig ist.

Für die meisten praktischen Zwecke können die Strahlenbündelquerschnitte in modernen optischen Instrumenten hinreichend klein gemacht werden. Wenn aber größere Ansprüche an die optischen Bilder gestellt werden, darf man nicht vergessen, daß dieselben nicht so beschaffen sind, wie sie nach dem vorgestellten Ideale sein sollten.

Die größten Ansprüche an das optische Bild werden wohl bei der Ausmessung von Sternphotographien gestellt. Hier macht sich die Beugung des Lichtes geltend, so daß ein Fixstern auf der photographischen Platte stets einen geschwärtzten Fleck endlicher Ausdehnung erzeugt. Die Gesetze der Beugung des Lichtes entziehen sich bei so kompliziertem Baue der kaustischen Flächen jeder Möglichkeit einer mathematischen Berechnung. Es ist wohl aber wahrscheinlich, daß das

Maximum der Schwärzung auf dem Sternbilde von der Lage der Querschnitte der kaustischen Flächen abhängig ist und deshalb, wenn das Strahlenbündel durch eine Blende oder durch die Linsenfassungen seitlich abgeschnitten wird, nicht mit dem Mittelpunkte des photographischen Sternbildes zusammenfällt. Dann wird aber die immer vorhandene Verzeichnung nicht nur von der Genauigkeit der Einstellung bei der Aufnahme, sondern auch von der Beschaffenheit der Emulsion der Platten sowie von der Expositionszeit und von der — härteren oder weicheren — Entwicklung des photographischen Bildes abhängig sein.

Bei genaueren astrophotographischen Messungen bedient man sich einer Differentialmethode, welche diese Fehlerquellen möglichst ausschließt. Exakt differentiell werden aber die Messungen nur unter der Voraussetzung, daß identische physikalische Verhältnisse bei den verschiedenen Aufnahmen vorliegen.

Dies ist nun bei den bisherigen Untersuchungen des EINSTEINEffektes bei Sonnenfinsternissen nicht

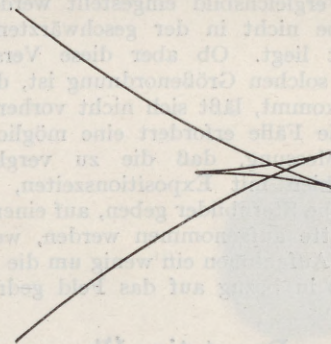


Fig. 7.

der Fall gewesen, indem das Feld auf verschiedenen Platten aufgenommen wurde, so daß das Koronarlicht und das diffuse Himmelslicht nur auf die eine der miteinander zu vergleichenden Platten einwirkte.

Durch die Güte des Herrn Dr. CAMPBELL, welcher die letzte Expedition des Lickobservatoriums zur Untersuchung des EINSTEINEffektes bei der Sonnenfinsternis von 1922 leitete, habe ich die notwendigen Daten zur Durchrechnung des angewendeten Objektivs erhalten. Dieselbe lehrt, daß die Querschnitte der Strahlenbündel von demselben Typus sind, wie die hier soeben gezeigten, wobei aber eine seitliche Abschirmung vorhanden ist, so daß erwartet werden kann, daß das Maximum der Lichtwirkung nicht im Zentrum des Beugungsbildes der Sterne gelegen ist. Da nun die Sonnenfinsternisplatten kürzer exponiert und härter entwickelt wurden als die Vergleichsplatten, so ist ein falscher Effekt durch die differentielle Messung zu erwarten. Ich habe aber den im unglücklichsten Falle möglichen falschen Effekt für dieses Objektiv berechnet und gefunden, daß derselbe für einen Stern im Abstände von  $2^{\circ}30'$

von der Achse nur einen Betrag von  $0'',18$  erreicht und dem EINSTEINEffekte entgegengesetzt ist, so daß die Resultate von CAMPBELL nicht durch denselben beeinträchtigt werden. Ich muß nur hinzufügen, daß der Einfluß der verschiedenen Tubuslänge auf die Verzeichnung hierbei nicht in Betracht gezogen wurde.

Aber auch bei der Ausmessung der Platten unter Einstellung mit einem Fadenkreuze kann das Vorhandensein des Koronarlichtes auf der einen Platte eine Fehlerquelle bedeuten. Bei der Ausmessung von Röntgenspektrographischen Platten hat BÄCKLIN im Institute von SIEGBAHN den Effekt des unsymmetrischen Kontrastes beobachtet und beschrieben. Die Folge desselben ist, daß das Messungsergebnis eine falsche Verschiebung der Spektrallinie in der Richtung des helleren Teiles des Hintergrundes angibt. Dieser Kontrasteffekt muß also bewirken, daß das Koronarlicht eine falsche Verschiebung des gemessenen Sternbildes in der Richtung von der Sonne weg zur Folge hat, während wahrscheinlich richtig auf das Vergleichsbild eingestellt werden kann, da dasselbe nicht in der geschwärzten Schicht eingebettet liegt. Ob aber diese Verschiebung von einer solchen Größenordnung ist, daß sie in Betracht kommt, läßt sich nicht vorhersagen.

Auf alle Fälle erfordert eine möglichst differenzielle Messung, daß die zu vergleichenden Photographien mit Expositionszeiten, die möglichst gleiche Sternbilder geben, auf einer und derselben Platte aufgenommen werden, welche zwischen den Aufnahmen ein wenig um die Achse des Objektivs in bezug auf das Feld gedreht wird.

Ferner muß ein gleicher Abstand der Platte vom Objektiv gesichert werden, was unmittelbar vor den Aufnahmen vom Platze der Kasette aus unter Benutzung von Spiegelbildern in den Flächen des Objektivs ohne Schwierigkeit ausführbar ist. Die Korrektur durch die sog. Plattenkonstante schließt nämlich nicht die Fehler aus, welche durch die Verschiedenheit der Verzeichnung bei verschiedener Tubuslänge bedingt werden. Außerdem muß die Einwirkung einer Temperaturdifferenz des Objektivs auf das Bild bei der bestimmten Tubuslänge bekannt sein.

Ich habe hier versucht, einige Erscheinungen der tatsächlichen optischen Abbildung auf möglichst leichtverständliche Weise zu erläutern. Daß der Unterschied der tatsächlichen Verhältnisse von den herrschenden Vorstellungen um so mehr an Bedeutung gewinnt, je größere Ansprüche an die Exaktheit bei der Ausmessung optischer Bilder gestellt werden, leuchtet ja von selbst ein. Deshalb habe ich diesen Unterschied an den Methoden der Untersuchung der von EINSTEIN vorhergesagten Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde exemplifiziert und, da diese Erscheinung zur Zeit jeden Gebildeten interessiert, die Aufmerksamkeit auf gewisse mögliche Fehlerquellen bei der Untersuchung gerichtet. Ich betone aber ausdrücklich, daß ich keine Meinung darüber ausgesprochen habe, ob diese Fehlerquellen von Bedeutung für die bisherigen Resultate gewesen sind. Im Gegenteil habe ich zeigen können, daß eine der Fehlerquellen in einem Falle ohne Belang war.

## Der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik.

VON E. SCHRÖDINGER, Zürich.

Auf Ideen DE BROGLIES<sup>1)</sup> und EINSTEINS<sup>2)</sup> fußend, hab ich zu zeigen versucht<sup>3)</sup>, daß die gewöhnlichen Differentialgleichungen der Mechanik, welche die Koordinaten des mechanischen Systems als Funktionen der Zeit bestimmen wollen, für „kleine“ Systeme nicht mehr zuständig sind; an ihre Stelle hat eine gewisse partielle Differentialgleichung zu treten, welche ein Variable  $\psi$  („Wellenfunktion“) als Funktion der Koordinaten und der Zeit bestimmt. Ähnlich wie bei der Differentialgleichung der schwingenden Saite oder irgendeines anderen schwingenden Systems ergibt sich  $\psi$  als Superposition von zeitlich reinharmonischen (d. i. „sinusförmigen“) Schwingungen, deren Frequenzen mit den spektroskopischen „Termfrequenzen“ des mikromechanischen Systems genau übereinstimmen. Z. B. für den linearen PLANCKschen Oszillator<sup>4)</sup> mit der Energiefunktion

$$\frac{m}{2} \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 + 2\pi^2 \nu_0^2 m q^2 \quad (1)$$

ergibt sich, wenn man statt der Elongation  $q$  die dimensionslose Variable

$$x = q \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m\nu_0}{h}} \quad (2)$$

einführt, die Wellenfunktion  $\psi$  als Superposition der folgenden Eigenschwingungen<sup>1)</sup>.

$$\left. \begin{aligned} \psi_n &= e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x) e^{2\pi i \nu_n t} \\ \left( \nu_n &= \frac{2n+1}{2} \nu_0; n = 0, 1, 2, 3 \dots \right) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Die  $H_n$  sind die nach HERMITE benannten

einer Geraden beweglich, gegen einen festen Punkt derselben gezogen wird mit einer Kraft, die seiner Elongation  $q$  von diesem Punkt proportional ist; nach der gewöhnlichen Mechanik führt ein solcher Massenpunkt Sinusschwingungen von der Frequenz  $\nu_0$  aus.

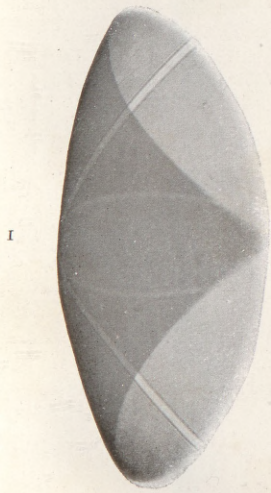
<sup>1)</sup>  $i$  bedeutet  $\sqrt{-1}$ . Rechts ist, wie üblich, der Realteil zu nehmen.

<sup>1)</sup> L. DE BROGLIE, Ann. de phys. (10) 3, 22. 1925 (Thèses, Paris 1924).

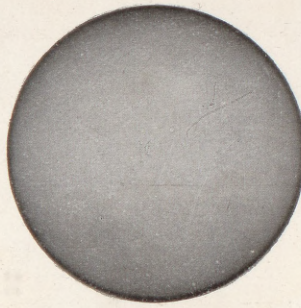
<sup>2)</sup> A. EINSTEIN, Berlin. Ber. 1925, S. 9ff.

<sup>3)</sup> Ann. d. Physik 79, 361, 489, 734. 1926; weitere Mitteilungen im Druck.

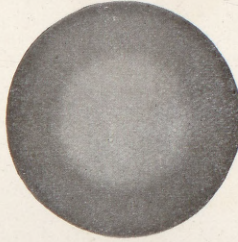
<sup>4)</sup> d. i. ein Massenpunkt von der Masse  $m$ , der, auf



2



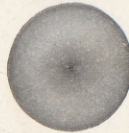
3



4



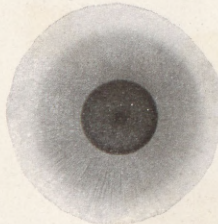
5



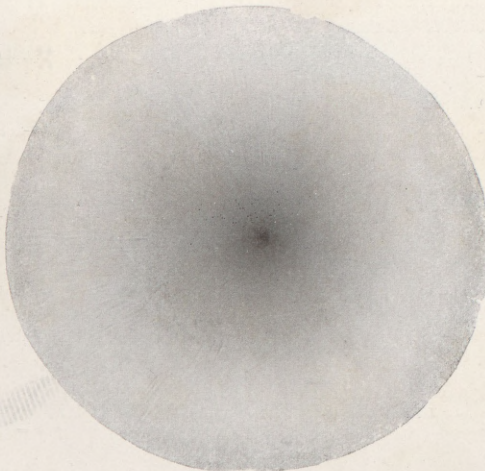
6



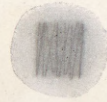
7



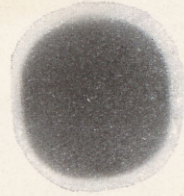
8



9



10



Stad-  
bücherei  
Elbing



11



14



12



15



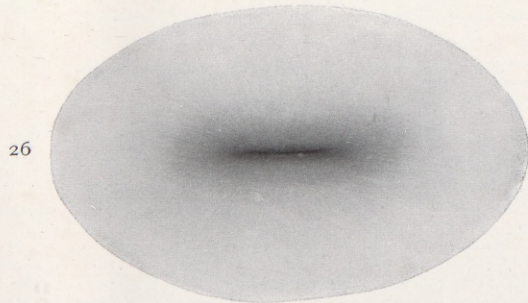
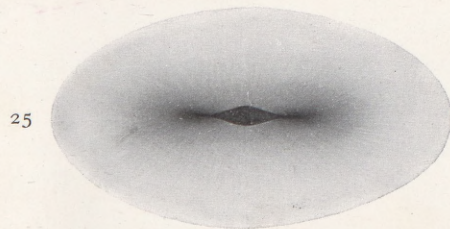
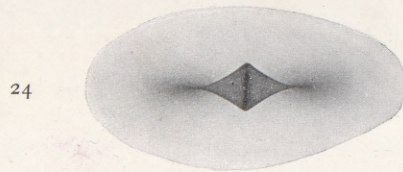
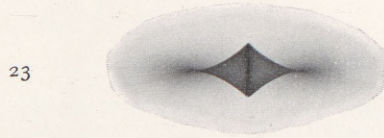
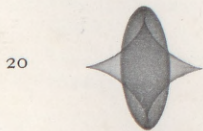
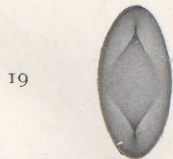
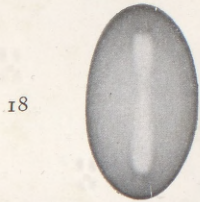
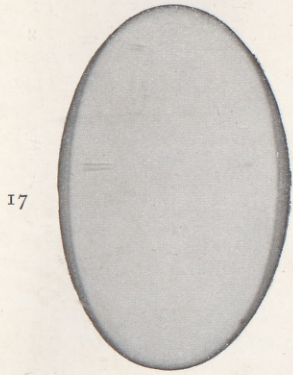
13



16



Stadi-  
büchere:  
Elbira





Polynome<sup>1)</sup>. Mit  $e^{-\frac{x^2}{2}}$  und mit dem „Normierungsfaktor“  $(2^n n!)^{-\frac{1}{2}}$  multipliziert, werden sie als HERMITESCHE Orthogonalfunktionen bezeichnet. Diese bilden also die Amplituden der Eigenschwingungen. Die ersten fünf sind in Fig. 1 dargestellt. Die Ähnlichkeit mit dem wohlbekannten Bild der Saitenschwingungen ist hier sehr weitgehend.

Es mutet im ersten Moment recht bizarr an, einen Vorgang, der nach der bisherigen Auffassung der Punktmechanik angehört, durch ein System solcher Eigenschwingungen zu beschreiben. Ich möchte hier an dem gewählten einfachen Beispiel den Übergang zur makroskopischen Mechanik in

zusammengefaßt, was, wie man leicht überlegt<sup>1)</sup>, darauf hinauskommt, eine relativ schmale Gruppe in der Umgebung des  $n$ -Wertes

$$n = \frac{A^2}{2} \quad (6)$$

herauszugreifen. Die Ausführung der Summe in (4) wird geleistet durch die in  $x$  und  $s$  identische Beziehung<sup>2)</sup>

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{s^n}{n!} e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x) = e^{-s^2 + 2sx - \frac{x^2}{2}} \quad (7)$$

Also

$$\psi = e^{\pi i \nu_0 t - \frac{A^2}{4} e^{4\pi i \nu_0 t} + Ax e^{2\pi i \nu_0 t} - \frac{x^2}{2}} \quad (8)$$

Nimmt man nun, wie vorgesehen, den reellen Teil

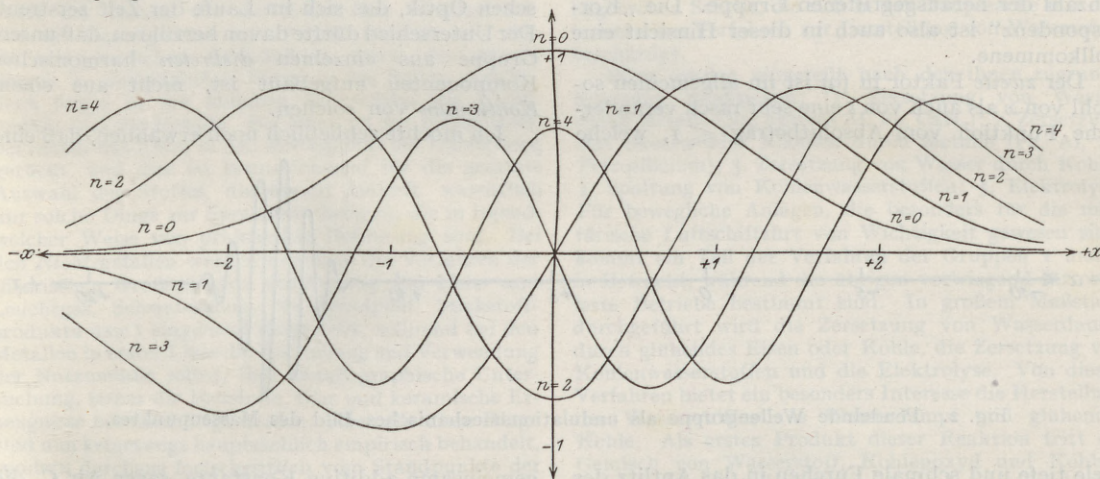


Fig. 1. Die ersten fünf Eigenschwingungen des PLANCKSchen Oszillators nach der Undulationsmechanik. (Außerhalb des dargestellten Bereiches  $-3 \leq x \leq +3$  nähern sich alle fünf Funktionen monoton der  $x$ -Achse.)

concreto demonstrieren, indem ich zeige, daß eine Gruppe von Eigenschwingungen mit hoher Ordnungszahl  $n$  („Quantenzahl“) und relativ kleinen Ordnungszahldifferenzen („Quantenzahldifferenzen“) einen „Massenpunkt“ darzustellen vermag, welcher die nach der gewöhnlichen Mechanik zu erwartende „Bewegung“ ausführt, d. h. mit der Frequenz  $\nu_0$  oszilliert. Ich wähle eine Zahl  $A \gg 1$  (d. h. „groß gegen 1“) und bilde folgendes Aggregat von Eigenschwingungen

$$\psi = \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{A}{2} \right)^n \frac{\psi_n}{n!} \quad \left. \begin{aligned} &= e^{\pi i \nu_0 t} \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{A}{2} e^{2\pi i \nu_0 t} \right)^n \frac{1}{n!} e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Es werden also die normierten Eigenschwingungen (s. o.) mit den Koeffizienten

$$\frac{A^n}{\sqrt{2^n n!}} \quad (5)$$

der rechten Seite, so kommt nach kurzer Zwischenrechnung

$$\psi = e^{\frac{A^2}{4} - \frac{1}{2}(x - A \cos 2\pi \nu_0 t)^2} \cdot \cos \left[ \pi \nu_0 t + (A \sin 2\pi \nu_0 t) \cdot \left( x - \frac{A}{2} \cos 2\pi \nu_0 t \right) \right] \quad (9)$$

Dies das *Endresultat*, an dem zunächst der erste Faktor von Interesse ist. Er stellt einen relativ hohen und schmalen „Buckel“ dar, der der Gestalt einer „GAUSSSchen Fehlerkurve“ dar, welcher jeweils in der Umgebung der Stelle

$$x = A \cos 2\pi \nu_0 t \quad (10)$$

liegt. Die Breite des Buckels ist von der Größenordnung 1, also nach Voraussetzung sehr klein gegen  $A$ . Nach (10) oszilliert der Buckel genau

1)  $\frac{z^n}{n!}$  hat für großes  $z$  als Funktion von  $n$  ein einziges extrem hohes und relativ sehr scharfes Maximum bei  $n = z$ . Durch Quadratwurzelziehen erhält man mit  $z = \frac{A^2}{2}$  die Zahlenreihe (5).

2) COURANT-HILBERT, l. c. Gleichung (58).

1) Vgl. COURANT-HILBERT, Methoden der mathematischen Physik I, Kap. II, § 10, 4, S. 76 (Berlin: Springer 1924).

nach demjenigen Gesetz, das sich für einen Massenpunkt mit der Energiefunktion (1) aus der gewöhnlichen Mechanik ergeben würde. Die Amplitude, in  $x$  gemessen, ist  $A$ , in  $q$  gemessen also

$$a = \frac{A}{2\pi} \sqrt{\frac{h}{m\nu_0}} \quad (11)$$

Für die *Energie* eines Massenpunktes  $m$ , der mit dieser Amplitude und mit der Frequenz  $\nu_0$  oszilliert, ergibt die gewöhnliche Mechanik

$$2\pi^2 a^2 \nu_0^2 m = \frac{A^2}{2} h \nu_0 \quad (12)$$

d. i. nach (6), gerade  $nh\nu_0$ , wo  $n$  die mittlere Quantenzahl der herausgegriffenen Gruppe. Die „Korrespondenz“ ist also auch in dieser Hinsicht eine vollkommene.

Der *zweite* Faktor in (9) ist im allgemeinen sowohl von  $x$  als auch von  $t$  eine sehr rasch veränderliche Funktion vom Absolutbetrag  $\leq 1$ , welche

ständig — doch möchte ich an dieser Stelle hierauf nicht näher eingehen.

Unsere Wellengruppe hält dauernd zusammen, breitet sich *nicht* im Laufe der Zeit auf ein immer größeres Gebiet aus, wie man es sonst, z. B. in der Optik, gewohnt ist. Das will freilich hier im eindimensionalen nicht viel sagen, ein Buckel auf einer Saite verhält sich ganz ähnlich. Man erkennt aber leicht, daß sich durch Multiplikation von zwei bzw. drei Ausdrücken wie (4), der eine in  $x$ , der andere in  $y$ , der dritte in  $z$  geschrieben, auch der *ebene* bzw. der *räumliche* Oszillator darstellen läßt, d. h. eine ebene oder eine räumliche Wellengruppe, die auf einer harmonischen Ellipse umläuft<sup>1)</sup>. Auch eine solche Wellengruppe bleibt dauernd beisammen, im Gegensatz z. B. zu einem Wellenpaket der klassischen Optik, das sich im Laufe der Zeit zerstreut. Der Unterschied dürfte davon herrühren, daß unsere Gruppe aus einzelnen *diskreten* harmonischen Komponenten aufgebaut ist, nicht aus einem *Kontinuum* von solchen.

Ich möchte schließlich noch erwähnen, daß eine

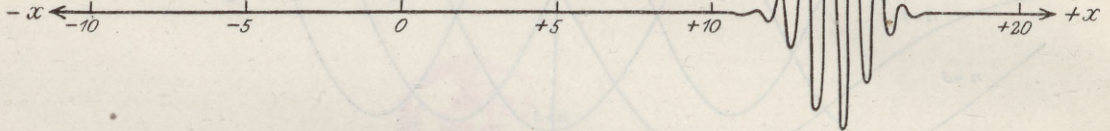


Fig. 2. Pendelnde Wellengruppe als undulationsmechanisches Bild des Massenpunktes.

viele tiefe und schmale Furchen in das Antlitz des ersten Faktors gräbt und so eine *Wellengruppe* daraus macht, deren Bild — nur ganz schematisch — in Fig. 2 wiedergegeben ist. Der Abzissenmaßstab der Fig. 2 ist natürlich viel kleiner als in Fig. 1; Fig. 2 müßte fünfmal vergrößert werden, um mit Fig. 1 direkt vergleichbar zu sein. Eine genauere Betrachtung des zweiten Faktors in (9) offenbart folgendes interessante Detail, das in der Fig. 2, die nur ein Stadium darstellt, nicht zum Ausdruck kommt. Die *Anzahl* und *Breite* der „Furchen“ oder „Wellchen“, welche den Massenpunkt durchsetzen, ist zeitlich veränderlich. Die Wellchen sind am *zahlreichsten* und *schmälsten* beim Durchgang durch die Mitte  $x = 0$ ; sie werden *völlig ausgeglättet* an den Umkehrstellen  $x = \pm A$ , weil dort nach (10) der  $\cos 2\pi\nu_0 t = \pm 1$  und daher der  $\sin 2\pi\nu_0 t = 0$  wird, so daß der zweite Faktor in (9) gar nicht von  $x$  abhängt. Die gesamte Ausdehnung der Wellengruppe („Dicke des Massenpunktes“) bleibt jedoch stets dieselbe. Die Veränderlichkeit der „Kräuselung“ ist als eine Abhängigkeit von der *Geschwindigkeit* aufzufassen und als solche nach allgemeinen undulationsmechanischen Gesichtspunkten vollkommen ver-

gemeinsame additive Konstante, sagen wir  $C$ , die eigentlich in (3) zu allen  $\nu_n$  hinzuzufügen ist (entsprechend der „Ruhenergie“ des Massenpunktes) nichts wesentliches ändert. Es tritt nur in der eckigen Klammer in (9) der Addend  $2\pi Ct$  hinzu. Dadurch werden die Oszillationen *innerhalb* der Wellengruppe *zeitlich* sehr viel rascher, während das durch (10) beschriebene Pendeln der Gruppe als *ganzer* und ebenso ihre Kräuselung davon ganz unberührt bleiben.

Es läßt sich mit Bestimmtheit voraussehen, daß man auf ganz ähnliche Weise auch die Wellengruppen konstruieren kann, welche auf hochquantigen Keplerellipsen umlaufen und das undulationsmechanische Bild des Wasserstoffelektrons sind; nur sind da die rechentechnischen Schwierigkeiten größer als in dem hier behandelten, ganz besonders einfachen Schulbeispiel.

<sup>1)</sup> Es sei hier die interessante Bemerkung eingeschaltet, daß für den *ebenen* Oszillator die Quantenniveaus *ganzzahlig*, für den *räumlichen* dagegen wieder „halbzahlig“ werden. Ähnliches gilt für den Rotator. Die spektroskopisch so bedeutungsvolle Halbzahligkeit hängt also mit der *ungeraden* Dimensionszahl des Raumes zusammen.

## Besprechungen.

ROTH, WALTHER A., *Grundzüge der Chemie mit besonderer Berücksichtigung der anorganischen Chemie und Technologie*. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VIII, 265 S. und 43 Abbildungen. 15 × 23,5 cm. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 17.50.

Diese Schrift ist hervorgegangen aus Vorlesungen, die der Verfasser seit 1920 an der Technischen Hochschule Braunschweig für Studierende des Ingenieurwesens hält. Dem besonderen Zweck entsprechend ist die Auswahl und Behandlung des Stoffes wesentlich anders als in den zahlreichen „Grundzügen“, „Grundlinien“ und „Leitfaden“, die zu einer allgemeinen Einführung in die Chemie bestimmt sind. Unter der Voraussetzung, daß der Leser bereits mit einigen Kenntnissen der Chemie von der Schule her versehen ist, sind die Grundgesetze von Physik und Chemie, die thermodynamischen Grundlehren sowie die Atomtheorie in eindringlicher Form an die Spitze gestellt; dann folgen in der üblichen Reihenfolge die Nichtmetalle und die Metalle. Bei jenen ist der Kohlenstoff, bei diesen das Eisen in den Mittelpunkt der Darstellung gerückt, und dies ist kennzeichnend für die gesamte Auswahl des Stoffes, die darauf hinzielt, wesentlich nur solche Dinge zur Sprache zu bringen, die in irgendwelcher Weise von praktischer Bedeutung sind. Bei den Nichtmetallen werden demnach die Verfahren der chemischen Großindustrie (Erzeugung von Heiz- und Leuchtgas, Schwefelsäure, Superphosphat, Stickstoffprodukte usw.) eingehend dargestellt, während bei den Metallen in erster Linie die Herstellung und Verwendung der Nutzemalle selbst, ihre metallographische Untersuchung, ferner die Baustoffe, Glas und keramische Erzeugnisse berücksichtigt werden. Aber alle diese Dinge sind nun keineswegs hauptsächlich empirisch behandelt, sondern durchaus fortschrittlich vom Standpunkte der physikalisch-chemischen Forschung. Die Tatsachen sollen als besondere Fälle allgemeiner Gesetze begriffen werden und der Lernende soll dazu erzogen werden, die Einzelercheinung von allgemeinen Gesichtspunkten zu betrachten nach dem Grundsatz, „die beste Praxis ist eine gute Theorie“. Besonders eingehend ist die Verwendung thermochemischer Daten behandelt, deren Beherrschung in der Tat für den Ingenieur noch wichtiger ist als für den Chemiker. Eine andere erfreuliche Eigenart der Roth'schen Schrift ist die starke Berücksichtigung der wirtschaftlichen Verhältnisse. Es ist viel statistisches Material mitgeteilt, das eine eindringliche Sprache redet und über die Wirtschaftsnöte unserer Zeit manche Auskunft gibt. Dem Hauptteil des Buches ist noch ein kurzer Abschnitt angehängt, der die organische Chemie des Ingenieurs, die Treib- und Schmiermittel (Petroleumprodukte) behandelt. „Dem Zuge der Zeit folgend“, wird auch einiges aus der Kolloidchemie, der Lehre von der Radioaktivität und dem Atombau, gelegentlich eingeschaltet. — Die Darstellung ist sehr lebendig und anregend; sie läßt die „Vorlesung“ deutlich erkennen.

Wenn vielfach darüber geklagt wird, daß der Mittelschulunterricht in der Chemie blutlos und weltfremd sei, so darf man vielleicht die Lehrenden darauf hinweisen, daß diese für Ingenieure bestimmte Einföhrung in ihren technischen und wirtschaftlichen Angaben vielerlei Dinge enthält, die unmittelbar zur Belebung des Unterrichts dienen können.

I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

STAVENHAGEN, ALFRED, *Der Wasserstoff*. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 76. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. 104 S. und 39 Abbildungen. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 5.—.

Vor wenigen Monaten erzählte der Leiter einer Wasserstofffabrik, daß diese Industrie in schwerer Bedrängnis sei, seitdem der Luftschiffbau verboten und die Fetthärtung infolge eines starken Verbrauchsrückganges an Margarine wesentlich eingeschränkt worden sei; die Mode der Spielzeugballons bringe nur wenig Hilfe und man suche deshalb nach neuen Verwendungsmöglichkeiten für Wasserstoff. Wie vielseitig und wie hochentwickelt in technischer Beziehung die Wasserstoffindustrie ist, ersieht man deutlich aus der Stavenhagenschen Schrift, die sich in der Hauptsache mit den technischen Verfahren zur Darstellung von Wasserstoff beschäftigt.

Diese werden eingeteilt nach den ihnen zugrunde liegenden Reaktionen: 1. Zersetzung von Wasser durch Metalle (Na, aktives Al, Fe, CaH<sub>2</sub>); 2. Zersetzung von Säuren oder Alkalien durch Metalle (Fe, Al, Si, Ferrosilicium); 3. Zersetzung von Wasser durch Kohle; 4. Spaltung von Kohlenwasserstoffen; 5. Elektrolyse. Für bewegliche Anlagen, die besonders für die militärische Luftschiffahrt von Wichtigkeit gewesen sind, kommt ein Teil der Verfahren der Gruppen 1 und 2 in Betracht, während die übrigen vorwiegend für ortsfeste Betriebe bestimmt sind. In großem Maßstabe durchgeführt wird die Zersetzung von Wasserdampf durch glühendes Eisen oder Kohle, die Zersetzung von Kohlenwasserstoffen und die Elektrolyse. Von diesen Verfahren bietet ein besonders Interesse die Herstellung des Wasserstoffes aus Wasserdampf und glühender Kohle. Als erstes Produkt dieser Reaktion tritt ein Gemisch von Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlendioxyd (Wassergas) auf, aus dem das Kohlendioxyd leicht durch Alkalien zu absorbieren ist. Das Kohlenoxyd läßt sich fortschaffen durch Verflüssigung (LINDE-FRANK-CARO) oder indem man dem Wassergas noch Wasserdampf zumischt und dann über geeignete Katalysatoren leitet, wobei das Kohlenoxyd zu Kohlendioxyd oxydiert wird ( $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ), das man dann in der angegebenen Weise beseitigen kann (Badische Anilin- und Soda-Fabrik). Nach dem letzten Verfahren wird der gesamte Wasserstoff für die Ammoniaksynthese in Oppau und Merseburg gewonnen.

Die wichtigsten Verwendungsgebiete für Wasserstoff — Luftschiffe, Hydrierung organischer Stoffe (Fetthärtung), Ammoniaksynthese — sind bereits erwähnt worden; sehr erheblich ist auch der Verbrauch für das autogene Schweiß- und Schneidverfahren und nicht eben unbedeutend bei der Herstellung von Wolframdraht.

Über diese Dinge, sowie über die Verdichtung und Verflüssigung des Wasserstoffes, seine analytische Untersuchung, die Lagerung und den Versand gibt die fleißige Zusammenstellung von STAVENHAGEN Aufschluß. Eine große Zahl von Abbildungen unterstützt die Darstellung. Leider hat der Verfasser den üblichen Fehler chemisch-technischer Werke — die kritiklose Aneinanderreihung von Auszügen aus Patentschriften — nicht vermieden und dadurch die Übersicht mehrfach erheblich erschwert.

I. KOPPEL, Berlin.

MAYER, HERMANN, **Das Wasserglas, seine Eigenschaften, Fabrikation und Verwendung.** Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik, Heft 79. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VI, 52 S. und 6 Abbild. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 2.50.

Zur Begründung für die Behandlung von „Wasserglas“ in einer den Tagesfragen gewidmeten Sammlung verweist der Verf. auf die sich immer vielseitiger gestaltende und noch ausdehnungsfähige Verwendung dieses chemischen Produktes. Im laufenden Jahre hätte Deutschland die Möglichkeit, etwa 72 000 t festes Wasserglas herzustellen, der Inlandsbedarf beträgt aber nur etwa 15 000 t, so daß viele Betriebe stillgelegt werden mußten. Wasserglas wird in großen Mengen verwendet als Wasch- und Reinigungsmittel, sowie zur „Füllung“ von Seifen. Entgegen der üblichen Auffassung vertritt der Verf. den Standpunkt, daß bei sachgemäßer Benutzung das Wasserglas als Zusatz zu Waschmitteln nicht nur nicht schädlich wirkt, sondern technische und wirtschaftliche Vorteile bietet. In der Papier- und Pappenindustrie dient Wasserglas als Klebemittel, in der Textil- und Färbereindustrie als Imprägnier- und Beizmittel. Recht umfangreich ist auch seine Anwendung als Verkieselungs- und Erhärtungsmittel bei der Verarbeitung von Zement und der Herstellung von Bausteinen. Als Bestandteil von Kittungen und Bindemitteln für Farben ist Wasserglas seit langem in Gebrauch; man kann damit auch Eier konservieren, Glasuren herstellen und sogar gewisse Pflanzen (stimulierend) düngen. Als Zwischenprodukt für die Fabrikation eines als Absorptionsmittel für Gase und Dämpfe verwendbaren kolloidalen Kieselsäuregels hat Wasserglas erst neuerdings Wichtigkeit erlangt.

Die Schilderung dieser Verwendungsarten füllt die letzten 2 Fünftel dieses Heftes, dessen erster Teil die Geschichte, Zusammensetzung und Analyse, Eigenschaften und Fabrikation des Wasserglases enthält. Die Darstellung ist knapp und übersichtlich, hält sich von der vielfach üblichen weitschweifigen und kritiklosen Aneinanderreihung technischer Verfahren und Vorschläge fern und zeigt, daß der Verf. Theorie und Praxis gleichmäßig beherrscht. Für Kolloidforscher werden hier mancherlei Anregungen zu finden sein.

I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

SCHMIDT, JULIUS, **Synthetisch-organische Chemie der Neuzeit.** Zweite neu bearbeitete Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1926. XII, 328 S. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 18.—, geb. RM 20.—.

Das Werk bringt, wie der Verf. in der aus dem Jahre 1908 stammenden Vorrede zu der ersten Auflage sagt, eine so knappe Darstellung der synthetisch-organischen Chemie der Neuzeit, daß sie auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht. Alles, was große Bedeutung hat oder zu gewinnen verspricht, soll deutlich hervortreten. Auch in der zweiten Auflage soll dieser Grundsatz beibehalten werden. Das Buch gliedert sich in 18 Abschnitte: Katalytische Prozesse, Organomagnesiumverbindungen, organische Arsenverbindungen, Zucker- und Glykosidchemie, Glyceride und Fette, Aldehyde und Ketone, Ketene, Dimethylsulfat als Methylierungsmittel, Stickstoffwasserstoff, Polypeptide, Pyrrolabkömmlinge, zyklische Basen, Alkaloidchemie, Farbstoffe, organische Radikale, Riechstoffe, Depside und Gerbstoffe und endlich elektrochemische Prozesse.

Die Aufgabe, welche sich der Verf. mit diesem Werke gestellt hat, war außerordentlich schwer, wenn sie überhaupt zu jedermanns Zufriedenheit lösbar ist. Denn wie soll man abwägen, was hier aufgenommen

werden soll und welchen Zeitraum soll man unter dem Begriff der Neuzeit verstehen? Wenn sich das Buch lediglich an die studierende Jugend wendet, so wird dieser das allermeiste neu und wissenschaftlich erscheinen; wenn sein Leserkreis vornehmlich unter den gereiften Fachleuten zu suchen ist, so wird ein großer Teil des Gebotenen als nicht neuzeitlich betrachtet werden müssen!

Auch in Einzelheiten ist die Darstellung keine solche, daß man überall das Gefühl hat, einer über der Sache stehenden Bearbeitung des Stoffes und einer völligen Durchdringung des Gebietes gegenüberzustehen. Es sei dies an 3 Beispielen erörtert. Der wichtige Prozeß der Essigsäurearrestierung ist mit ein paar Sätzen abgetan. Der Abschnitt Farbstoffe bedürfte meines Erachtens einer ganz gründlichen Umarbeitung, um ein gutes Bild der dort aufgefundenen synthetischen Prozesse zu geben. So ist die interessante von R. HERZ aufgefundenen Reaktion der Einwirkung von Schwefelchlorür auf Amine, die in vielen Patenten niedergelegt ist, mit Stillschweigen übergangen. Auf S. 69 ist die von C. MANNICH und F. HAHN gefundene Umsetzung von  $\omega$ -Halogenacetophenon mit Hexamethylentetramin besprochen, die doch nur der Vorläufer der später von C. MANNICH aufgefundenen allgemeinen Synthese von Aminoketonen aus Amin, Formaldehyd und Ketonen ist, einer milden auch nach der biologischen Seite hin interessanten Umsetzung, welcher mit keinem Wort Erwähnung getan ist.

Wir besitzen an Büchern über synthetisch-organische Chemie dasjenige von POSNER, welches heute leider veraltet ist, aber zur Zeit des Erscheinens beachtenswert war, und ferner das vierbändige Werk HOUBEN-WEYL, das in der dritten Auflage ein Standardwerk zu werden verspricht, dank der klugen Verteilung der Abschnitte auf besonders sachverständige Forscher. Ich glaube bei dem vorliegenden Buche sagen zu sollen, daß trotz der Aufwendung außerordentlichen Fleißes und vieler Mühe, trotz ehrlichen Strebens und sorgsamer Abfassung die Anordnung und Ausführung nicht völlig zu einem befriedigenden Erfolg geführt haben.

F. MAYER, Frankfurt a. M.

GOTTLOB, KURT, **Technologie der Kautschukwaren.** 2. Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. XI, 340 S. und 128 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 19.20; geb. RM 22.—.

Die deutsche Kautschuktechnik-Fachliteratur ist recht spärlich, und man kann wohl ohne Übertreibung sagen, daß das Buch von Dr. GOTTLÖB überhaupt die einzige Schrift über den Kautschuk darstellt, die auch mit den besten Büchern des Auslandes, die auf diesem Gebiete erschienen sind, verglichen werden kann. Das Buch von HEINZERLING, das im Jahre 1883 erschienen ist (Vieweg & Sohn, Braunschweig), das der damaligen Erkenntnis entsprechend zweifellos als ein gutes Werk anzusprechen ist, ist nicht mehr neu erschienen und nunmehr als gänzlich veraltet zu betrachten, wenn es auch heute noch wertvolle technische Winke gibt.

Was das Buch von GOTTLÖB, das nunmehr in der zweiten Auflage erschienen ist, so wertvoll macht, ist, daß es neben der Schilderung der Technologie des Kautschuks auch die rein chemischen Forschungen eingehend wieder gibt und die wichtigen Erkenntnisse besonders auf kolloidchemischem Gebiete bis zum Jahre 1924 eingehend berücksichtigt. In dem einleitenden Teile des Buches wird die Chemie des Rohkautschuks behandelt, wobei naturgemäß die verdienstvollen Arbeiten von HARRIES ausführlich geschildert werden. Aber auch die Untersuchungen von STAUDINGER und PUMMERER finden Beachtung. Die Akten



über den Aufbau des Kautschuks sind ja immer noch nicht geschlossen, wenn auch in letzter Zeit wesentliche Klärungen eingetreten sind.

Recht eingehend wird die Botanik des Kautschukbaumes, die Plantagenwirtschaft und die Herstellung des Kautschuks aus der Kautschukmilch geschildert. Es ist von Interesse zu hören, daß neuerdings vielfach besonders in amerikanischen Kautschukfabriken nicht nur der gefällte Kautschuk verwendet wird, sondern auch die Kautschukmilch. Auch der HOPKINSONSche Kautschuk, der nach einem Sprühverfahren hergestellt und in Amerika im großen als sprayed Rubber verwendet wird, wird geschildert.

Die Abschnitte des ersten Teiles D und F über die mechanischen Veränderungen des Kautschuks, die er bei der Verarbeitung erfährt, und über die Zusätze, die man machen muß, um ein Kautschukfabrikat zu erzeugen, zeigen, daß wir zur Zeit an einem Wendepunkt der Kautschukindustrie stehen. Wer die neuesten Arbeiten der Fachliteratur über die Erscheinungen liest, die beim Mastizieren und Kalandrieren des Gummis auftreten, findet in diesen Kapiteln von GOTTLÖB wertvolle Ergänzungen und historische Rückblicke.

Über das Wesen und die Chemie der Vulkanisation gibt GOTTLÖB eine eingehende Darstellung. Aber auch hier ist eine endgültige Klärung dieses so seltsamen Vorganges noch nicht gegeben. Es sei nebenbei hier auf die interessante Latex-Vulkanisation von SCHIDROWITZ hingewiesen, dem es gelungen ist, die Kautschukteilchen in der Milch so zu vulkanisieren, daß die Milch noch flüssig bleibt.

Das Kapitel Beschleuniger hat SCHMELKES, Hannover, in einer kurzen Darstellung behandelt. Auf diesem Gebiete haben ja der Verf. des Buches und FRITZ HOFMANN hervorragende Verdienste; sie gehören zu den ersten, die die beschleunigende Wirkung einiger organischen Basen erkannten. Unter Beschleuniger versteht man in der Gummiindustrie solche Stoffe, die die Vulkanisation, sowohl die Vulkanisationszeit als auch die Temperatur, bei der die Vulkanisation vor sich geht, herabsetzen. Man benutzte dazu früher meistens anorganische Stoffe wie Kalk, Bleiglätte, Magnesiumoxyd. Die Einführung organischer Basen ist einer der wichtigsten Fortschritte der Gummiindustrie in den letzten Jahren.

Interessant ist auch, und das gehört auch zu den Fortschritten in der Kautschukindustrie in der letzten Zeit, daß man Verfahren eingeführt hat, um die Alterung von Vulkanisaten schon frühzeitig zu erkennen und damit die Güte des Fabrikates auf mehrere Jahre hinaus sicher zu stellen.

Die kurze Darstellung, die der Verf. über den künstlichen Kautschuk gibt, die den Chemikern der Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Elberfeld, insbesondere FRITZ HOFMANN gelungen ist und der uns im Kriege so wertvolle Dienste geleistet hat, führt uns eine der interessantesten und schwierigsten Synthesen vor.

Für den Betriebstechniker bieten die Kapitel „Chemische Prüfung“, bearbeitet von KINDSCHER, und „Mechanische Prüfung“ von SCHOB sehr viel Wertvolles, wie überhaupt gesagt werden muß, daß das Buch auch für den Fachmann fast auf jeder Seite wertvolle Anregungen bringt. Es ist ein sehr interessantes Zeichen dieses Buches und stellt auch dem Verf. das Zeugnis aus, daß er sehr tief in die Materie eingedrungen ist, daß zwei Drittel des Gesamttextes allgemeine Kenntnisse und Betrachtungen über den Kautschuk bringen und daß nur das letzte Drittel darauf verwendet ist, die Herstellung der verschiedenen Fabrikate im

einzelnen zu schildern. Derartige Schilderungen haben naturgemäß für den, der die Fabrikation gar nicht kennt, wenig Verständnis, durch einen Gang durch eine Fabrikation wird man naturgemäß viel weiter gebracht. Aber auch hier muß gesagt werden, daß für den Fachmann Seite für Seite Anregungen bringt. Es erübrigt sich aber, in einer Buchbesprechung auf solche technischen Einzelheiten einzugehen, es sei daher nur erwähnt, daß das Buch in seinem zweiten speziellen Teil eingeht auf die Herstellung von Gummiwaren ohne und mit Gewebereinlagen, Radiergummi, Gummiabsätze und Sohlen, Gummispielwaren, gummierte Stoffe, Fahrzeugbereifungen, Gummischuhe, Hartgummi und schließlich auch noch auf die kalt vulkanisierten Waren wie Patentgummi und nahtlose Gummiwaren.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß wir in der „Technologie der Kautschukwaren“ von Dr. GOTTLÖB ein wertvolles Buch für die kautschuktechnische Fachliteratur besitzen, das jedem Fachmann, aber auch dem, der einer werden will, aufs wärmste empfohlen werden kann.

Der Verf. des Buches konnte sich des Erfolges seiner zweiten Auflage nicht lange erfreuen, er starb kurz darauf im Alter von 44 Jahren. Alle, die diesen ausgezeichneten Mann kannten, wozu auch der Verf. dieser Zeilen gehört, schätzten ihn wegen seiner großen Bescheidenheit und seiner nimmer ermüdenden Schaffenskraft. Er hat unvergängliche Dienste bei der Herstellung des synthetischen Kautschuks, vor allen Dingen aber bei der technischen Einführung dieses Fabrikates in den einzelnen Fabriken. Er war es auch, der zusammen mit FRITZ HOFMANN den ersten organischen Beschleuniger einführte. Es ist bereits gesagt worden, daß diese Beschleuniger ein Markstein in der Geschichte der technischen Kautschukverarbeitung bilden. Dr. GOTTLÖB war Schüler von HARRIES, dem hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Kautschukchemie.

R. WEIL, Hannover.  
LEHMANN, RICHARD, **Die Gestaltung der Erdoberfläche**. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VII, 240 S. und 37 Abbildungen. 14 zu 23 cm. Preis geh. RM 12,50, geb. RM 15.—.

Das vorliegende Buch des Geographen an der Universität Münster ist der erste Teil einer physischen Erdkunde, die nach der Absicht des Verf. zwei Zwecken dienen soll; einmal dem Studierenden der Erdkunde eine Einführung in sein Arbeitsgebiet zu sein, dann aber ein Hilfsbuch allen denen zu werden, welche sich, von welcher Seite der Betätigung sie auch kommen mögen, im Sinne einer Allgemeinbildung über das Wichtigste aus dem Gebiete der Geographie ein Bild machen wollen. Beiden Arten der Leser aber will das Buch die Wege zu einer eingehenderen Beschäftigung mit dieser Wissenschaft erleichtern und die weiteren Hilfsmittel aufzeigen. Diesen Absichten, mit denen sich der Verf. an einen recht großen und damit zugleich auch zum Teil recht „voraussetzungslosen“ Leserkreis wendet, wird der Verf. in äußerst glücklicher Weise gerecht, indem er das genetische Moment in den Kern aller Erörterungen hineinstellt und dadurch mit der Methode der Geologie das Belebte der scheinbar so starren Formen der Erdoberfläche seinen Lesern ungemein plastisch vor Augen führt. So erreicht er das Verständnis für das Gewordene aller Erscheinungen, für das ständig werdende aller Formen und für das Gesetzmäßige aller der Kräfte an und in der Erde, die im Gleichklang der „Evolution“, nur selten unterbrochen von örtlicher Wirkung der „Revolution“ im erdgeschichtlichen Geschehen das Bild der heutigen Erde herangebildet haben.

Der erste Band im Umfange von 240 Seiten beschäftigt sich mit den Gestaltungen der festen Erdrinde und den diese bedingenden Kräften. Den Ausgangspunkt der Betrachtungen geben diejenigen über das Innere der Erde selbst und über die Gesteinshülle als der „Erdrinde“. Genesis und Petrographie der Gesteine erfahren eine eingehende Schilderung. Die gestaltenden Kräfte und Vorgänge, deren Untersuchung den zweiten Hauptteil des Werkes einnimmt, werden in solche unterschieden, welche die großen Linien in das Antlitz der Erde zeichnen, „gestaltende Faktoren erster Ordnung“, und die Sonderformen schaffenden, modellierenden Vorgänge, „gestaltende Faktoren zweiter Ordnung“. Im Rahmen der ersten Gruppe werden unter Aufzeichnung der ursächlichen Zusammenhänge, der geologischen Bedingtheiten die großen Hebungen und Senkungen, die Gebirgsbildung als Gesamtphänomene und in ihren einzelnen Phasen und Arten, der Vulkanismus und die Erdbeben, schließlich die aufbauende Tätigkeit der Korallentiere dargestellt. Eine Fülle von Beobachtungsstoff wird dem Leser bei der Betrachtung der Kräfte und Erscheinungen der 2. Gruppe geboten — der Verwitterung, des Transportes und der Sedimentation des Verwitterungsschuttes, des wichtigen Kapitels über die Erosion in ihren so vielgestaltigen Formen. An die Beschreibung der Gletscher schließt sich die gerade den deutschen Leser so stark interessierende Schilderung der eiszeitlichen Vorgänge an. — Die Erörterung aller dieser Dinge in ihrer gestaltgebenden Vielseitigkeit erfährt ihre „Nutzanwendung“ im Abschnitt III, in dem die Hauptreliefformen der Erdoberfläche nun als jeweils Ganzes, gewissermaßen als eine „Lebensgemeinschaft“ von Form und Farbe, von innerem Bau und äußerer Erscheinung vor Augen geführt werden; das feste Land in der geschlossenen Einheit seiner Charakterformen: die „Ebene“, das „Gebirge“, die „Küste“, die „Inseln“. Schon überleitend zum zweiten Bande schließen diesen ersten Betrachtungen über das Relief des Meeresbodens und die Meeresablagerungen und über das Raumverhältnis zwischen Land und Meer. Diesem, der Lufthülle, den Gewässern auf dem Lande, der Verbreitung der Floren- und Faunenreiche soll der zweite Band gewidmet sein.

Allgemein ist der Beobachtung von Tatsachen ein möglichst breiter Raum gegeben worden; die Theorie fand daneben soweit genügende Darlegung, als sie zur sinnvollen Abrundung dieses oder jenes Bildes notwendig wurde. — Der Text scheidet in Kleindruck erweiternde Bemerkungen aus und leitet im Großdruck die großen Züge der Gesamtdarstellung fort. Eine besondere Zusammenfassung des Abschnittes II erleichtert den Überblick. — Reiches Beobachtungsmaterial wird unterm Strich geboten, das sich an den intensiver Mitforschenden und den neue, ergänzende Aufklärung Fordernden wendet. Hier ist auch eine große Auswahl der kapitelweise einschlägigen Literatur zu Zitat und Hinweis gekommen. — Die Beigabe von Abbildungen ist auf die Wiedergabe einzelner, besonders wichtig erscheinender Bildungs- und Erscheinungsmomente im Bau und in der Form der Erdoberfläche beschränkt geblieben; sie zeichnen sich durch ihr Vermögen, als „Typ“ zu wirken, besonders aus.

Das Buch erreicht auf den oben dargestellten Wegen mit Sicherheit und in ständig gleichbleibender Darstellungsfähigkeit seinen Zweck völlig. Ihn unterstützt ein mäßiger Preis, eine handliche Buchform und guter Druck auf gutem Papier, — Bucheigenschaften, für die man dem Verlag dankbar sein muß.

A. WUNSCHIK, Halle a. S.

MEYER, RICHARD, *Chemie in Natur und Kultur*. Volkstümliche Vorträge. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. VIII, 220 S. und 12 Abbild. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 10.—.

Seit FARADAY und LIEBIG haben sich immer wieder hervorragende Forscher gefunden, die es nicht für unwürdiges Tun hielten, die Grundlehren ihrer Wissenschaft einem weiten Laienkreise zugänglich zu machen; erst vor wenigen Jahren konnte hier (Naturwissenschaften 11, 75. 1923) eine Schrift von ARRHENIUS angezeigt werden, die solchen Zwecken dient. Wenn nun der bekannte Organiker RICHARD MEYER seine Vorträge in den Braunschweiger Kursen für Volksbildung durch den Druck verbreitet, so setzt er damit eine schätzenswerte Überlieferung fort. In den ersten 5 Kapiteln werden kurz die Grundlehren der Chemie entwickelt; dann folgen die Abschnitte: Chemische Vorgänge im Tier- und Pflanzenreich; Nahrungsmittel; Bedarf der Lebewesen an Mineralstoffen; Verwertung des atmosphärischen Stickstoffes; Wasser; Brennstoffe; Fette, Seifen, Kerzen; Zucker; Gärung; Faserstoffe; Halogene; Alkalimetalle; Alkalische Erdmetalle; Spektralanalyse; Radioaktivität; Metalle; Tonwaren; Glas; Explosivstoffe; Kolloidchemie.

Diese Aufstellung zeigt schon, daß es dem Verf. darum zu tun war, „ein Verständnis der chemischen Vorgänge in der Natur und im menschlichen Leben, einschließlich besonders wichtiger technischer Prozesse, zu vermitteln“. In der Tat hat er auf den größten Teil der Lehrbuchweisheit verzichtet und dafür vornehmlich in einfachster Form und durch übersichtliche Versuche erläutert, Dinge zur Sprache gebracht, die der unmittelbaren Anteilnahme eines wißbegierigen Laien sicher sein können. Man darf dem Werk mit gutem Gewissen weite Verbreitung wünschen.

I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

WALTER, BERNHARD, *Die Physikalischen Grundlagen der medizinischen Röntgentechnik*. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn 1926. VIII, 333 S. und 89 Abb. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 14.—, geb. RM 16.—.

Das bekannte Lehrbuch der „Röntgentechnik“ von ALBERS-SCHÖNBERG wird nach dem Tode des Verf. nicht mehr in neuer Auflage herausgegeben werden. Aus diesem Grunde erscheint der von WALTER bearbeitete physikalische Teil nunmehr als besonderes Buch.

Wie im Vorwort hervorgehoben wird und wie bei der Durchsicht des Buches sofort auffällt, ist insofern eine grundlegende Änderung eingetreten, als die Auffassung der Röntgenstrahlen als elektromagnetische Schwingungen zum Ausgangspunkt der Darstellung gewählt worden ist. Damit werden wesentlich höhere Anforderungen an das physikalische Begriffsvermögen des Arztes gestellt, die aber wohl nicht zu umgehen sind, wenn es sich um ein tieferes Eindringen in die moderne Röntgentechnik handelt.

In dem ersten, fast die Hälfte des Buches umfassenden Kapitel werden auf Grund der neueren Forschungen die Eigenschaften von Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen behandelt (Spektralen, Sekundärstrahlung, Absorption, Strahlenschutz). In dem Abschnitt „Deutlichkeit im Röntgenbild“ werden die physikalischen Voraussetzungen zur Erzielung möglichst kontrastreicher Röntgenbilder erörtert. Wünschenswert wäre eine Ausdehnung auf den Einfluß des Schwärzungsgesetzes der Röntgenplatten und auf die im menschlichen Auge beruhende maximale Kontrastempfindung für eine gegebene Schwärzungsdifferenz (NEEFF, Zeitschr. f. techn. Physik 6, 208. 1925).

Das 2. Kapitel beschäftigt sich mit dem Verhalten der gashaltigen Röhre im Betrieb und mit den Regeneriervorrichtungen, während das 3. Kapitel die Methoden der Härtemessung behandelt. Neben der eingehenden Behandlung der älteren Verfahren mit Härteskalen verdienen die neueren Methoden (Spektrographische Messung mit Kugelfunkenstrecke) mit Rücksicht auf ihre praktische Verwendung eine stärkere Berücksichtigung. Zum Beispiel ist der Seemannspektrograph, ein sehr brauchbares und auch in der Praxis benutztes Gerät, nicht erwähnt.

Das 4. Kapitel mit der Bezeichnung „Die Messung der Wirkung der Röntgenstrahlen“ bringt eine Darstellung der verschiedenen dosimetrischen Verfahren. Hier wären vielleicht einige Zahlenangaben über die Streuzusatzdosis in Abhängigkeit von Fokusdistanz, Feldgröße, Härte usw. dem Therapie treibenden Arzte erwünscht.

In den folgenden beiden Kapiteln werden die Gesetze des elektrischen Stromes (OHMSches Gesetz usw.) und die Wirkungsweise von Akkumulatoren besprochen. Das letzte Kapitel endlich ist der Darstellung der Hochspannungsapparate gewidmet, mit Einschluß der mehr und mehr sich durchsetzenden Apparate zur Erzeugung kontinuierlicher Gleichspannung.

Da die Behandlung des Stoffes überall bis auf den neuesten Stand ergänzt ist, so wird sich das Buch sicher in seiner neuen Form neue Freunde gewinnen, um so mehr, als den Anschauungen und Bedürfnissen des ärztlichen Röntgenologen weitgehend Rechnung getragen wird.

Zum Schluß noch eine kleine Bemerkung historischer Art: RÖNTGEN hat seinen Vornamen Conrad stets mit C und nicht mit K geschrieben.

R. GLOCKER, Stuttgart.

**RONA, PETER, Praktikum der physiologischen Chemie.** 1. Teil: Fermentmethoden. Berlin: Julius Springer 1926. XI, 331 S. und 73 Textabbildungen. 13 × 21 cm. Preis RM 15.—.

Der vorliegende Band ist der erste Teil eines auf 3 Bände berechneten Werkes, von dem die beiden anderen schon in Vorbereitung sind. Er behandelt die Fermentmethoden, und zwar zunächst in einem allgemeinen Teil: allgemeine Darstellung, der Fermente, Dialyse und Filtration, Elektrodialyse, Konservierung, Nachweis und Messung der Fermentwirkungen, Enzymmasse und Einheiten, Beeinflussung von Fermentwirkungen durch Änderung der äußeren Bedingungen, speziell die Wasserstoffionenkonzentration, dann in einem speziellen Teil Fettspaltende Fermente, Kohlenhydratspaltende Fermente (speziell auch Gärung) und Eiweißspaltende Fermente in weitestem Sinne. Inhaltlich bringt das Buch viel mehr als der Titel erwarten läßt, eine fast vollständige Übersicht über alle zur Fermentuntersuchung und Fermentforschung nötigen Methoden. Die Darstellung lehnt sich größtenteils an die Originale an, gibt aber, wie der erfahrene Leser sieht, vielfach eigenes und neues. Zu einer solchen Zusammenstellung gerade über dieses Gebiet konnte wohl auch kaum eine geeignetere Kraft gefunden werden als RONA, der auf diesem Gebiet als Forscher seit Jahren mit größtem Erfolg tätig ist, dem in der letzten Zeit ferner ein großes, sehr stark frequentiertes Laboratorium zur Verfügung steht, so daß er nunmehr über eigene umfangreichste Lehrerfahrung verfügt, und der endlich bekannt ist durch die peinlich exakte, man kann sagen skrupulös genaue Art seines Arbeitens.

Das Buch gibt den erfreulichen Beweis dafür, wie schnell und intensiv sich im letzten Vierteljahrhundert die physiologische Chemie auch nach der methodischen

Seite entwickelt hat. Die Zeiten wo ein Vertreter der Physiologie sagen konnte „Physiologische Chemie ist kein Kunststück, filtrieren kann jeder“, oder ein anderer, wie das dem Referenten noch vor nicht langer Zeit passiert ist, von der gesamten Stoffwechselmethodik nur „den Kjeldahl“ für wichtig zu halten schien, sind doch wohl, trotz der gewaltigen Trägheit festwurzelnder Tradition, definitiv verschwunden. K. SPIRO, Basel.

HAECKER, VALENTIN, und THEODOR ZIEHEN, **Zur Vererbung und Entwicklung der musikalischen Begabung.** Leipzig: Joh. Ambr. Barth 1923. 186 S. und 3 Abb. Preis RM 5.—.

Seit durch die Wiederentdeckung der MENDELSchen Regeln der theoretische Ausbau der Vererbungslehre ungemein gefördert wurde, schien es eine lockende Aufgabe, zu prüfen, wie weit die Vererbungsgesetze auf den Menschen anwendbar sind. Die große Schwierigkeit dieser Prüfung liegt in der Unmöglichkeit des Experimentes; die einzig anwendbare Methode ist die statistische. Es sind nach dieser Richtung auch mehrfach Arbeiten unternommen worden; bevorzugt wurden dabei körperliche oder funktionelle Anomalien wie Hyperdaktylie, Hypophalangie oder Farbenblindheit, degenerative Merkmale also, die zwar relativ selten, aber auffällig genug sind, um in jedem Falle eindeutig festgestellt zu werden. Der Vererbungsgang solcher Merkmale konnte innerhalb einzelner Familien oft durch mehrere Generationen verfolgt werden; dennoch blieb das Material zahlenmäßig zu gering für die theoretische Auswertung. Da es sich bei den Vererbungsregeln um eine Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung handelt, so kann eine Annäherung an die theoretisch geforderten Werte immer erst bei sehr großen Zahlen erwartet werden.

Die Verff. haben sich deshalb die Aufgabe gestellt, ein nicht degeneratives, „normales“, also weitverbreitetes, doch nicht allen Menschen zukommendes Merkmal in einer großen Zahl von Familien statistisch zu erfassen; nur so konnte man erwarten, genügend große Zahlen zu erhalten, um allgemein gültige Schlüsse zu ziehen.

Als ein solches häufiges, doch nicht allgemeines Merkmal wurde die musikalische Begabung gewählt; es wurden zum Zweck der statistischen Erfassung 1100 Fragebogen verschickt, von denen fast 300 mit ca. 5000 Individuen bearbeitet werden konnten. Trotz dieses verhältnismäßig großen Zahlenmaterials bleiben noch genug Schwierigkeiten bestehen, deren die Verff. sich durchaus bewußt sind. Die Schwierigkeiten liegen einmal in dem Merkmal selbst, bei dem eine scharfe Abgrenzung zwischen Vorhandensein und Nichtvorhandensein nicht möglich ist; dazu kommt die subjektive Beurteilung der graduellen Differenzen durch die Ausfüller der Fragebogen, die wohl je nach ihrer eigenen musikalischen Beanlagung den Begriff der musikalischen Begabung mehr oder weniger eng fassen und ihre Familienmitglieder bei der Aufnahme in die Rubriken der Fragebogen mehr oder minder streng beurteilen. Die Verff. haben dieser Schwierigkeit durch Aufstellung von 5 Begabungsklassen zu begegnen gesucht, die die Abstufungen von „stark musikalisch“ bis „ganz unmusikalisch“ umfassen und durch bestimmte Kriterien gekennzeichnet sind.

Zum andern liegen aber die Schwierigkeiten in der Methode, die immer gegenüber dem Experiment im Nachteil bleibt; es fehlt nicht nur ein im Sinn der Vererbungsforschung reines Ausgangsmaterial, sondern es kann auch immer nur die  $F_1$ -Generation (die erste Filialgeneration), beurteilt werden. Die  $F_2$ -Generation, d. h. die durch Paarung der  $F_1$ -Individuen unter sich,

die in der experimentellen Vererbungsforschung eine so wichtige Rolle spielt, ist hier naturgemäß ausgeschlossen. Wo hier in dem statistisch erfaßten Material Enkelgenerationen zur Beurteilung kommen, sind sie, vererbungstheoretisch betrachtet, als „Rückkreuzungen“ anzusehen.

Die Ehen, deren Nachkommenschaft in der Arbeit zur Beurteilung gelangt, werden in 3 Gruppen geteilt, die als „diskordant“ (der eine Elter musikalisch, der andere unmusikalisch), „positiv konkordant“ (beide Eltern musikalisch) und „negativ konkordant“ (beide unmusikalisch) bezeichnet werden. Da es nach dem vorliegenden Material wie auch nach dem zahlenmäßigen Überwiegen der musikalischen Menschen gegenüber den unmusikalischen (jedenfalls in Deutschland), sicher scheint, daß das Merkmal Musikalität dominant (D), Amusikalität recessiv (R) ist, so kann man annehmen, daß die völlig unmusikalischen Phänotypen auch genotypisch rein (RR) sind, während man von den musikalischen Phänotypen im Einzelfalle nie wissen kann, ob sie genotypisch als DD oder DR anzusprechen sind.

Prüft man unter diesen Voraussetzungen die aus den *diskordanten* Ehen hervorgegangene Nachkommenschaft unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Abstufungen der musikalischen Begabung, so ergibt sich, daß von den verschiedenen aus der experimentellen Forschung bekannten Vererbungstypen hier nur einer in Frage kommt. Die 3 Haupttypen, die nach den Versuchsobjekten als *Pisum*-, *Zea*- und *Avenatypus* bezeichnet werden, unterscheiden sich in der Weise, daß bei Kreuzung von zwei durch ein bestimmtes Merkmal unterschiedenen Individuen beim *Pisumtypus* die  $F_1$ -Generation nur das dominante Merkmal zeigt, die  $F_2$ -Generation zu 3 Vierteln das dominante, zu einem Viertel das recessive; beim *Zeotypus* ist  $F_1$  eine Mischform, die die Mitte zwischen D und R hält, während von  $F_2$   $\frac{1}{4}$  rein dominant,  $\frac{1}{4}$  rein recessiv und  $\frac{2}{4}$  wieder Mischform sind; beim *Avenatypus* schließlich zeigt die  $F_1$ -Generation alle möglichen Abstufungen von rein dominant zu rein recessiv.

Die Zahl der Nachkommen in jeder einzelnen Ehe ist naturgemäß zu gering, um den in Frage kommenden Vererbungstypen mit Sicherheit festzustellen, um so mehr, da keine Kontrolle der  $F_2$ -Generation möglich ist; man kann nur nach den beobachteten Tatsachen den einen oder anderen Typus ausschließen. Danach scheint es, daß — für die *diskordanten* Ehen — nur der *Pisumtypus* als Vererbungsmodus in Frage kommt, obwohl auch dieser nicht ganz rein auftritt. Erschwert wird die Beurteilung durch verschiedene Besonderheiten

der Vererbung; so scheint es, daß musikalische Begabung von der Mutter stärker vererbt wird als vom Vater, während die Söhne empfänglicher für die Vererbung der Begabung sind als die Töchter. Wie weit mögen bei alledem Erziehungseinflüsse sich geltend machen?

Bei den *positiv konkordanten* Ehen ergibt sich nicht nur eine prozentuale Zunahme der musikalischen Nachkommen gegenüber den *diskordanten* Ehen, sondern auch eine Verschiebung in bezug auf die Stärke der Musikalität der einzelnen. Auch hier ist wieder der Einfluß der Erziehung zu berücksichtigen, da zweifellos in Familien, bei denen beide Eltern musikalisch sind, der musikalischen Ausbildung der Kinder größere Sorgfalt gewidmet wird als in anderen.

Dem *Pisumtypus* der Vererbung, der für die bisher besprochenen Fälle einigermaßen Geltung zu haben scheint, widerspricht jedoch das Resultat der *negativ konkordanten* Ehen. Unter der Voraussetzung, daß Amusikalität ein recessives Merkmal ist, dürften hier nur unmusikalische Nachkommen auftreten; dennoch erscheinen ca. 24% musikalische, z. T. sogar stark musikalische Nachkommen. Die Verff. suchen sich mit der Erklärung zu helfen, daß vielleicht der eine der als ganz unmusikalisch bezeichneten Eltern latente Musikalität besaß, die nur infolge ungünstiger Umweltsbedingungen nicht zur Entfaltung kam.

Sind all diese theoretischen Erörterungen unter der Voraussetzung gemacht, daß die musikalische Begabung ein *einfaches*, nur der Stärke nach abgestuftes Merkmal ist, so kompliziert sich die ganze Frage noch weiter, wenn man die Musikalität in ihre einzelnen Komponenten zerlegt. Die Verff. unterscheiden deren fünf: Die *sensorielle* (Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen), die *retentive* (Gedächtnis für Melodien), die *synthetische* (Herauserkennen der Melodie, z. B. in Fugen oder mehrstimmigen Gebilden), die *motorische* (Fähigkeit der Reproduktion durch die Stimme oder ein Instrument) und die *ideative* (Verknüpfung mit nicht akustischen Ideen, besonders auch beim Komponieren).

Die Korrelationen zwischen diesen Komponenten können sehr verschieden entwickelt sein; selbst bei musikalischen Menschen kann die eine oder andere fehlen.

Die Verff. betonen zum Schluß, daß ihre bisherigen Untersuchungen vorzugsweise methodologische Ziele verfolgten; die sachlichen Ergebnisse sind noch zu unsicher und zu wenig zahlreich, um bereits sichere Schlüsse zu gestatten. Es ist sehr zu hoffen, daß die interessanten Untersuchungen fortgesetzt werden.

O. KUTTNER, Berlin.

## Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

### Ein Wort zur Ameisenmimikry.

Im vorigen Jahrgange dieser Zeitschrift (Heft 46 und 47) hat der bekannte Myrmekophilenforscher P. ERICH WASMANN S. J. eine Darstellung der Erscheinungen gegeben, die er als „*Ameisenmimikry*“ zusammenfaßt. Da er hierbei auch einige Punkte meiner Problemauffassung einer Kritik unterzog, sei mir gestattet, den Leser kurz auf meine nachstehend genannten Veröffentlichungen hinzuweisen.

Die terminologische Seite der Angelegenheit — es handelt sich um eine Meinungsdivergenz über den Geltungsbereich von Wort und Begriff „*Mimese*“ — habe ich eingehend erörtert in meinem Artikel: *Über die Begriffe „Mimikry“ und „Mimese“, mit besonderer*

*Berücksichtigung der Myrmekoidie.* Zugleich eine Antwort an E. WASMANN (Biol. Zentralbl. 45, 272—289. 1925). Die — kaum belangreiche — Frage, ob die überaus ameisenähnlichen Antichiden als Musterbeispiele von Mimikry landläufigen Sinnes bezeichnet werden dürfen oder nicht, ist behandelt im Artikel: *Die Ameisenmimese. I. Die Gesichtsmimese* (Biol. Zentralbl. 45, 707—727. 1925). Dort und in den folgenden Artikeln: *II. Die „gesetzmäßige“ Färbungsübereinstimmung zwischen Gast und Wirt (Isochromie)*, und *III. Die Tastmimese*, sind die von WASMANN vorgeführten Probleme der Ameisenmimikry sehr ausführlich beleuchtet. Der Leser findet dort eine Ablehnung aus vorwiegend folgenden sachlichen Gründen:

I. Menschensinne (es tritt nur der menschliche

*Gesichtssinn* in Aktion) sind nicht geeignet, zu beurteilen, was den fundamental anders gearteten Sinnesorganen der Ameise (deren lenkender Hauptsinn der *Kontaktgeruchssinn* ist) als „ähnlich“ erscheint oder nicht (Sinnesphysiologische Inkompetenz des Menschen). Wir wissen nicht, ob die täuschendste Ähnlichkeit für das Menschaugen irgendeinem Ähnlichkeitseindruck im Kontaktgeruchssinn des Ameisenfühlers (und im Ameisengehirn) entspricht.

2. Es liegen auch für das Menschaugen nur oberflächliche Ähnlichkeiten vor, keine genauen Detailähnlichkeiten, von denen angenommen werden könnte, die prüfende Ameise könne von ihnen getäuscht werden. Wasmann selbst betont in seinem Buche, bei 96% der Hauptkategorie der Myrmekophilen, den indifferent geduldeten Gästen, fehle jede Mimikry; ein Beweis, daß sie zum Leben als Ameisengast nicht erforderlich ist.

3. Übereinstimmend hiermit stellt Wasmann selbst fest, daß die Ameisen von keiner der von ihm vorgeführten Ähnlichkeiten tatsächlich getäuscht würden, daß sie den Gast keineswegs mit einer Ameise verwechs-

elten. Mit der fehlenden Täuschung fehlt aber auch der Nutzen, der die Herausbildung erklären sollte. Damit ist auch der Begriff der typischen Täuschtrachten „Mimikry“ oder „Mimese“ ausgeschlossen.

4. Für die Angabe Wasmanns, die Ameisen nehmen sich ungeachtet der fehlenden Täuschung genau so, als ob sie tatsächlich getäuscht würden, fehlt die sachliche Begründung. Wasmann hat Gast und Wirt tot aus den Tropen zugesandt erhalten; er hatte keine Gelegenheit, ihr gegenseitiges Verhalten und dessen mutmaßliche Beweggründe zu untersuchen.

Bezüglich alles Näheren muß ich den Leser auf meine zitierten Abhandlungen verweisen. Einige belangreiche sachliche Irrtümer Wasmanns in seiner Darstellung des „Höhepunktes der Mimikry“, der ecitophilen Aleocharinengattung *Mimeceton* habe ich in einem kleineren Artikel: *Über den Fühler von Mimeceton und seine Anpassung*. Eine Anfrage an E. Wasmann (Zool. Anz., im Erscheinen) mit Bild und Wort richtiggestellt. Ich gedenke übrigens andernorts noch gelegentlich auf das Problem zurückzukommen.

Wien, den 1. Juni 1926. FRANZ HEIKERTINGER.

## Botanische Mitteilungen.

Lang- und kurzgrifflige Sippen bei *Veronica gentianoides*. Mit einem Bindeglied zwischen den typisch heterostylen und den gewöhnlichen gleichgriffligen Pflanzen macht uns eine kurze Studie von Correns bekannt (Biol. Zentralbl. 43. 1924), die sich auf eine Ehrenpreisart, *Veronica gentianoides* bezieht. Diese Pflanze fügt sich insofern in den für die Heterostylen gültigen Rahmen ein, als zwei Sorten von Individuen auftreten, solche mit langen, und solche mit kurzen Griffeln. Auch darin besteht Übereinstimmung, daß die Griffellänge sich nach dem Schema einer einfachen Mendelspaltung vererbt, wobei Kurzgriffligkeit über Langgriffligkeit dominiert. Bezeichnet man das Gen für Kurzgriffel mit A, jenes für Langgriffel mit a, dann haben die Langgriffel die Erbformel aa, die Kurzgriffel Aa oder AA, letztere können also im homozygotischen oder im heterozygotischen Zustand auftreten. Die Kombination aa × aa gibt Langgriffel, Aa × aa gibt Kurzgriffel : Langgriffel im Verhältnis 1 : 1, Aa × Aa gibt die beiden Formen im Verhältnis 3 : 1 und schließlich AA × aa, AA × Aa sowie AA × AA gibt lauter Kurzgriffel. Das wurde durch zahlreiche Kreuzungen erhärtet. Eine Komplikation der Verhältnisse wird dadurch hervorgerufen, daß neben diesem Gen für Kurzgriffligkeit noch mehrere polymere Faktoren für leichtere Schwankungen der Griffellänge vorhanden sind, deren Wirkung durch den Faktor A überlagert wird; er wirkt als Hemmungsfaktor, der die sonst eintretende Länge etwa auf die Hälfte herabsetzt. Trotz der damit gegebenen großen Variabilität der Griffellänge findet fast nie eine Überschneidung der Streuungskurven für Lang- und Kurzgriffel statt, so daß eine Zuweisung der einzelnen Individuen zu einer der beiden Klassen fast nie Schwierigkeiten bereitet. Während nun in bezug auf die Vererbung der Griffellänge — abgesehen von dem Hinzutreten polymerer Faktoren — Einklang mit den Heterostylen besteht, ergeben sich wie gesagt auf der anderen Seite deutliche Abweichungen. Zunächst ist hervorzuheben, daß die Staubgefäße etwa die gleiche Länge aufweisen, also nicht das sonst so bezeichnende reziproke Verhalten zeigen derart, daß sie bei den Langgriffeln kurz, bei den Kurzgriffeln aber lang sind, ein Verhalten, das der Heterostylie erst die richtige ökologische Bedeutung gibt. In dieser Hinsicht weicht allerdings schon der

Lein (Linum) von der herrschenden Norm ab, so daß es sich hierbei also nicht um ein Novum handelt. Prinzipieller ist die Tatsache, daß im Experiment die illegitimen Befruchtungen (Langgriffel × Langgriffel und Kurzgriffel × Kurzgriffel) fast denselben Erfolg geben. Ob die geringfügigen Differenzen im Samenantritt, die in vereinzelt Fällen beobachtet worden sind, mehr als zufälliger Natur sind, ist noch nicht sichergestellt. Mit dieser Beobachtung steht es im Einklang, daß, soweit sich den vorläufigen Feststellungen entnehmen läßt, in der freien Natur Langgriffel und Kurzgriffel nicht, wie sonst, etwa in dem Verhältnis 1 : 1 auftreten, sondern die eine Form allein herrschend sein kann. Es sind ja bei der Möglichkeit „illegitimer“ Befruchtung, die hier eben noch nicht illegitimen Charakter trägt, Bestände existenzfähig, die bloß eine der beiden Formen aufweisen.

Untersuchungen über relative Sexualität. Es gibt sowohl auf botanischem wie auch auf zoologischem Gebiet eine Menge von Hinweisen darauf, daß bei getrenntgeschlechtigen Arten das einzelne Individuum die Anlagen für beide Geschlechter besitzt, und daß nur die besonderen Verhältnisse darüber entscheiden, ob die männlichen oder die weiblichen Tendenzen zum Durchbruch gelangen, wobei der Vorgang der Differenzierung durch einen erblichen Mechanismus oder phänotypisch geregelt werden kann. Einen sehr wertvollen Beitrag zu dieser Frage liefert eine Arbeit von Hartmann, die sich auf *Ectocarpus siliculosus* bezieht (Biol. Zentralbl. 45. 1925). Diese Braunalge vermehrt sich durch Isogameten, d. h., die miteinander kopulierenden Keimzellen sind morphologisch nicht voneinander unterschieden, wohl aber liegt in diesem Falle physiologische Differenzierung vor in der Weise, daß ein Teil der Gameten sich festsetzt und von den anderen, die ihre Beweglichkeit länger bewahren, umschwärmt wird, bis es einem von diesen gelingt, die Befruchtung zu vollziehen. Funktionell sind also männliche und weibliche Gameten sehr wohl unterschieden. Am Neapele Standort, an dem Hartmann sein Material sammelte, sind diese beiden Gametensorten streng auf verschiedene Individuen verteilt, die danach als Männchen bzw. Weibchen anzusprechen sind. Die Kreuzungsversuche Hartmanns führten aber zu dem sehr bemerkenswerten Ergebnis, daß dieser Gegensatz sich nicht allent-

halben durchführen läßt. Es wurden mehrere Dutzend Individuen gegeneinander geächtet, und dabei stellte sich heraus, daß einzelne Individuen Gameten produzieren, die sowohl mit typischen Männchen, als auch mit typischen Weibchen kopulieren, ein Verhalten, das dem entspricht, was man unter relativer Sexualität begreift. Die Erfahrung zeigte, das dieses Verhalten an solchen Individuen auftrat, die als Männchen oder Weibchen gebucht waren, bei denen aber der Grad der Kopulation bemessen nach der Zahl der im Versuche aufgetretenen Kopulationsgruppen gering war. Das gibt einen Schlüssel für die Erklärung des auffälligen Verhaltens. Offenbar handelte es sich um die Individuen, bei denen der männliche bzw. weibliche Charakter nicht so stark ausgeprägt, oder besser ausgedrückt, das Gleichgewicht nicht so stark nach der einen Seite verschoben war, wie es bei den typischen Männchen und Weibchen der Fall ist. Deshalb sind diese Individuen, die „schwachen“ Männchen bzw. Weibchen auch gegen die Vertreter ihres eigenen Geschlechtes polarisiert. Wie ein bestimmtes Individuum sich im Experiment verhalten wird, ob als reines Männchen, als reines Weibchen oder als sexuell umschlagend, das hängt von der jeweiligen Staffelung der männlichen und weiblichen Potenzen im Einzelorganismus ab. Wie man erkennt, besteht hier eine weitgehende Übereinstimmung mit den bekannten Beobachtungen GOLDSCHMIDTS über Intersexualität bei Schmetterlingen. Quantitativ gestaffelte Sexualpotenzen spielen in beiden Fällen eine Rolle. Während aber nach der Deutung von GOLDSCHMIDT hierbei ein erblicher Geschlechtschromosomenmechanismus regulierend eingreift, muß für *Ectocarpus* mit seiner anscheinend phänotypischen Geschlechtsbestimmung ein anderer Erklärungsmodus gesucht werden. Doch will HARTMANN auf die mannigfachen sich anschließenden theoretischen Fragen erst dann näher eingehen, wenn weitere Erfahrungstatsachen vorliegen.

**Über den Einfluß des Alters der Keimzellen.** Im weiteren Verfolg seiner Studien über die experimentelle Verschiebung der Geschlechtsverhältnisse ergreift CORRENS erneut das Wort zu der Frage, welchen Einfluß das Alter der Keimzellen auf die Sexualrelation besitzt. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Berlin, phys.-mathem. Kl. 1924.) Die Versuche beziehen sich durchweg auf die Taglichtnelke (*Melandrium rubrum*) und wurden nach 2 Richtungen hin variiert, einmal, indem mit verschiedenaltigen Eizellen, das anderemal, indem mit verschiedenaltigen Pollenkörnern gearbeitet wurde. Die Versuche mit Eizellen von gestaffeltem Alter fielen negativ aus. Bei der Befruchtung junger Eizellen erhielt CORRENS in seinen sehr ausgedehnten Serien, welche die notwendige zahlenmäßige Sicherheit geben, 41,74%, bei alten Eizellen 42,04% Männchen, d. h. Werte, die praktisch übereinstimmen. Die Abweichung von der normalen Relation 1 : 1 erklärt sich dadurch, daß die männchenbestimmenden Pollenkörner den weibchenbestimmenden in der Konkurrenz überlegen sind, wie dies CORRENS schon früher dartun konnte. Ein deutlicher Einfluß des Alters äußert sich aber darin, daß der Samenansatz in den späten Serien wesentlich geringer ist. Anders liegen die Verhältnisse bei den Pollenkörnern. Arbeitet man hier mit jungem Pollen und sorgt durch Beschränkung der Körnerzahl dafür, daß jedes Pollenkorn an seinen Bestimmungsort gelangen kann, daß also die Konkurrenz ausgeschaltet wird, dann erscheint in auffallend schöner Weise die Relation 1 : 1, d. h. Gleichgewicht zwischen den beiden Geschlechtern. Der Pollen wurde dann vor der Befruchtung bis zu 120 Tagen abgelagert, und es zeigte sich nun, daß in der Nachkommenschaft das männ-

liche Geschlecht um so mehr dominiert, je älteren Pollen man zur Bastardierung verwendet. Schließlich treten nur mehr Männchen auf, und zwar unter Verhältnissen, wo die Konkurrenz ausgeschaltet ist, also alle Pollenschläuche zur Befruchtung gelangen. Das kann in zweierlei Weise gedeutet werden: entweder sterben die weibchenbestimmenden Pollenkörner früher ab, oder aber, die Geschlechtstendenz schlägt bei ihnen um. Eine ganz eindeutige Entscheidung dieser Alternative steht noch aus. Wie bei den alternden Eizellen, so nimmt auch bei dem alternden Pollen die Ernte stark ab, und bei 120tägigem Pollen kommt es nicht mehr zu einer lebensfähigen Nachkommenschaft. Noch zweier auffälliger Erscheinungen muß hier gedacht werden. Die Männchen, die aus der Befruchtung mit sehr altem Pollen hervorgehen, zeigen in hohem Maße die Erscheinung der Thelygenie, d. h., die aus der Befruchtung mit ihrem Pollen hervorgehenden Pflanzen sind ausschließlich oder fast ausschließlich weibchen. Dieses Verhalten ist erblich. Ferner steigt bei den späten Befruchtungen die Zahl der auch bei früher Befruchtung vereinzelt auftretenden Zwitter; die diesbezüglichen Zahlen sind 0,32 und 1,67%. Auch die aus später Befruchtung stammenden Zwitter sind wie die entsprechenden Männchen großenteils thelygen. Bezüglich der Deutung der Zunahme der Zwitter mit der hinausgezögerten Pollenübertragung bestehen dieselben Möglichkeiten, wie bei der Männchenzunahme, es kann hier verschiedene Lebensfähigkeit oder Valenzwechsel eine Rolle spielen.

**Neue Fälle von Geschlechtschromosomen bei Pflanzen.** Die Angaben über das Auftreten von Geschlechtschromosomen bei diöcischen Pflanzen mehren sich in rascher Folge. Es wurde an dieser Stelle über die Befunde verschiedener Autoren an den Gattungen *Rumex* (Ampher), *Humulus* (Hopfen), *Melandrium* (Lichtnelke) sowie *Vallisneria* berichtet. Ganz neuerdings erscheint nun eine Untersuchung von MEURMAN, welche diese Liste wesentlich bereichert (Comment. soc. sc. Fenn. 1925). Alte Angaben anderer Forscher werden bestätigt und eine Reihe neuerer Gattungen namhaft gemacht. Im Einklang mit den älteren Beobachtungen erweist sich das männliche Geschlecht als heterozygotisch, und zwar kann man die beiden auch im Tierreiche unterschiedenen Typen auseinanderhalten, den *Lygaeustypus* (Weibchen mit 2 X-Chromosomen, Männchen mit X- und Y-Chromosom) und den *Protenortypus* (Weibchen mit 2 X-Chromosomen, Männchen mit 1 X-Chromosom, Y-Chromosom geschwunden). Zu dem *Lygaeustypus* gehören neben *Melandrium* auch *Valeriana dioica* und verschiedene Pappelarten (*Populus trichocarpa*, *P. balsamifera* und *P. Simoni*), mutmaßlich auch *Urtica dioica* (Brennnessel). Dem *Protenortypus* ist *Vallisneria* und mit Vorbehalt *Dioscorea sinuata* anzureihen. Indessen gibt es auch diöcische Pflanzen, denen morphologisch differenzierte Geschlechtschromosomen fehlen. Als Beispiele hierfür nennt MEURMAN *Ribes alpinum* (Alpenjohannisbeere), *Bryonia dioica* (zweihäusige Zaunrebe), sowie *Carica Papaya*. Es besteht gar kein Zweifel darüber, daß noch weitere Fälle von Geschlechtschromosomenführung aufgedeckt werden, nachdem einmal die Aufmerksamkeit auf diese Frage gelenkt ist.

**Untersuchungen über polygame Blütenpflanzen.** Während die Geschlechtsvererbung für die typisch diöcischen Blütenpflanzen durch die bahnbrechenden Untersuchungen von CORRENS klargestellt worden ist, verlangen die polygamen Formen noch eine eindringliche Bearbeitung, zumal bei der Mannigfaltigkeit der Geschlechtsverteilung, die hier vorliegt, die Vermutung

berechtigt ist, daß kein einheitliches Schema vorwaltet und somit von Fall zu Fall eine besondere Analyse erforderlich ist. Schon früher ist CORRENS (1916) auf diese Fragen bei der Gattung *Cirsium* (Kratzdistel) eingegangen, und er berichtet nunmehr (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Berlin, Phys.-mathem. Kl. 1925), über weitere Erfahrungen an *Silene Roemerii*. Was zunächst die Blütenverteilung anbelangt, so ist zu bemerken, daß hier zweierlei Individuen vorhanden sind: rein weibliche und  $\pm$  männliche. Das „ $\pm$  männlich“ will besagen, daß es sich hier nicht um reine Männchen handelt, daß vielmehr neben den männlichen Blüten in sehr stark wechselndem Prozentsatz auf derselben Pflanze auch Zwitterblüten anzutreffen sind; nach der üblichen Nomenklatur wären solche Individuen als andromonöisch zu bezeichnen; es treten aber vereinzelt auch trimonöische Individuen mit männlichen, weiblichen und Zwitterblüten auf. Wenn bisher von männlichen und weiblichen Blüten die Rede war, so bezieht sich das auf das funktionelle Verhalten. Morphologisch läßt sich die phylogenetische Ableitung von ursprünglichen Zwitterblüten mit Deutlichkeit noch daran erkennen, daß in den männlichen Blüten Rudimente des Gynöceums, in den weiblichen solche des Andröceums vorhanden sind. Die zahlenmäßige Beteiligung von Zwitterblüten bei den  $\pm$  männlichen Pflanzen ist von Individuum zu Individuum recht verschieden, man kann hier von einem wechselnden Grad der Zwitterigkeit reden, und Kreuzungsversuche haben gezeigt, daß dieser Grad der Zwitterigkeit erblich ist. Die hochgradig zwitterigen Individuen sind in leicht durchsichtiger Weise durch stärkere Fertilität gekennzeichnet. Die  $\pm$  männlichen und die weiblichen Pflanzen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihres Blütenbaues, sondern durch eine Reihe weiterer Merkmale: Die mehr-minder männlichen Pflanzen eilen in der Entwicklung voraus, so daß in Mischbeständen erst bei fortgeschrittener Saison die übliche Sexualrelation 1 : 1 erreicht wird, außerdem sind sie weniger lebensfähig, ihre den Zwitterblüten entstammenden Samen zeigen ein geringeres Gewicht und weisen auch schwächere Keimprozentage auf. Es handelt sich hier offenbar um sekundäre Geschlechtscharaktere. Eine Kreuzung zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen ergibt eine Nachkommenschaft, in der wieder dieselben Typen in zahlenmäßig gleicher Vertretung erscheinen. Das legt die Vermutung nahe, daß hier die Verhältnisse entsprechend liegen, wie bei den typischen Diöcisten, daß also das weibliche Geschlecht im Geschlechtsfaktor homozygotisch, das männliche heterozygotisch ist und 50% männchenbestimmende, 50% weibchenbestimmende Pollenkörner produziert werden. Eine Selbstbefruchtung der  $\pm$  männlichen Stöcke, die hier ja wegen des Vorhandenseins einzelner Zwitterblüten möglich ist, führt zu einer rein männlichen Nachkommenschaft. Wie diese auffällige Tatsache zu erklären ist, bedarf noch weiterer Analyse. Im einzelnen ergaben die Kreuzungsversuche noch, daß bestimmte Männchen die Eigenschaft haben, bei Bastardierung mit Weibchen eine fast rein weibliche Nachkommenschaft zu liefern, eine ebenfalls noch ungeklärte Erscheinung, die CORRENS als Thelygenie bezeichnet und die ihm schon bei seinen Versuchen mit der diöcischen Lichtnelke begegnet ist. Diese und andere noch schwebende Fragen sollen in weiteren Versuchen verfolgt werden.

**Über Lichtkrümmungen bei Laubblättern.** Die Beobachtung des Blattwerkes irgend eines unserer einheimischen Laubhölzer ergibt, daß die Blätter stets in der Weise am Sprosse verteilt sind, daß sie sich möglichst wenig gegenseitig beschatten. Es ist dies in-

dessen kein von vorne herein gegebener Zustand, vielmehr besitzen die einzelnen Blätter die Befähigung, sich durch phototropische Reaktionen aktiv im Raum zu orientieren und sich gegenseitig aus dem Wege zu gehen, wenn das eine durch das andere verdunkelt wird. Das gesamte Blattmosaik stellt eine Gleichgewichtslage unter möglicher Ausnutzung des Gesamtlichtes dar. Man kann im Experiment sehr leicht Bedingungen herstellen, welche diese Vorgänge veranschaulichen. Wenn man Blätter durch einen darübergehaltenen Lichtschirm einseitig beschattet, dann rücken sie seitlich aus dem Verdunkelungsfeld heraus, führen also eine Bewegung aus, die transversal zu der Einfallrichtung der Lichtstrahlen erfolgt. Für diese Reaktionen ist also nicht die Strahlenrichtung, sondern die Lichtverteilung über das Blatt maßgebend. Besonders auffällige Dimensionen nehmen sie, wie Ref. früher gezeigt hat, an, wenn man die Verdunkelungseinrichtung auf dem Blatt selbst fixiert; auch dann wendet sich die Lamina durch eine entsprechende Krümmung des Stieles nach der Lichtflanke, da der Schatten sich aber zwangsläufig mitbewegt und der Reizanlaß somit bestehen bleibt, so kommen unter Umständen richtige Schraubenkrümmungen zustande. Unter Berücksichtigung der bisherigen Literaturangaben hat GERDA RAYDT diese Vorgänge einer erneuten Analyse unterzogen und unsere Erfahrungen in mancher Richtung erweitert (Jahrb. f. wiss. Botanik 64. 1925). Ihre Versuchsobjekte waren lauter exotische Gattungen (*Sparmannia*, *Plectranthus*, *Lophospermum*, *Fittonia*). Es zeigte sich, daß die seitlichen Krümmungen sowohl auftreten, wenn man den Stiel, wie auch wenn man die Spreite einseitig verdunkelt, ebenso tut es dem Ausfall des Experimentes keinen Eintrag, wenn statt der Blattoberseite die Blattunterseite mit schwarzem Karton verkleidet wird, woran die Lichtempfindlichkeit der Unterseite erkennbar wird. Die Beschattung braucht sich auch nicht auf die ganze Laminahälfte gleichmäßig zu erstrecken, vielmehr genügt es, lediglich die Nerven zu verdunkeln, wie man dies leicht durch Berührung erreichen kann. Bei gegensinniger halbseitiger Verdunklung des Blattstieles und der Blattspreite gibt die Spreite den Ausschlag, und da die Reaktion vom Stiele ausgeführt wird, so siegt also der zugeleitete über den lokalen Reiz. Auffällig sind die Resultate, wenn man nicht eine Seitenhälfte, sondern eine Querzone entweder der Blattspitze oder der Blattbasis verdunkelt. Im ersten Fall erhebt sich die Lamina durch eine entsprechende Stielkrümmung nach oben, im zweiten senkt sie sich nach abwärts. CLARA RAYDT möchte diesen Bewegungen einen teleologischen Sinn geben, und zwar in folgender Weise: wenn im Freien die Spitze eines Blattes etwa durch ein anderes Blatt beschattet wird, dann wird es durch eine Hebung dem verdunkelten Bezirke entgehen, allerdings unter Aufgabe des optimalen Einfallswinkels, der durch sekundäre Reaktionen wieder erreicht werden kann; wenn es an der Basis verdunkelt wird, dann ermöglicht das Herabneigen der Lamina eine Ausnutzung des Seitenlichtes, wie eine solche beispielsweise am Waldrand stattfindet. Über den Mechanismus der seitlichen Ausbiegungsbewegungen hat sich vor kurzem BALL unter Anschluß an PAÁL bestimmte Vorstellungen gebildet, die auch von CL. RAYDT diskutiert werden. Nimmt man mit PAÁL an, daß durch das Licht Wuchshormone zerstört werden, dann wird es in der Lamina bei seitlicher Verdunklung zu einem Hormongefälle kommen, das in entsprechender Weise in den Stiel weitergegeben wird: die Lichtflanke erhält weniger Wuchshormone und bleibt infolgedessen im Wachstum zurück: der Stiel krümmt sich nach dem

Licht. Noch einfacher liegen die Dinge bei halbseitiger Verdunkelung des Stieles selbst. Auf die Querverdunkelungsversuche von CL. RAYDT lassen sich diese Vorstellungen freilich nicht ohne weiteres übertragen.

**Die ökologische Bedeutung des Wachses im Wasserhaushalt der Pflanzen.** Die im Pflanzenreich so weit verbreiteten Wachsüberzüge haben von ökologischer Warte aus gesehen eine recht mannigfache Beurteilung gefunden. Eine ganze Fülle von Aufgaben wird dem Wachs zugeschrieben: es soll eine Schutzwirkung ausüben gegen zu starke Transpiration, zu starke Belichtung und zu starke Erwärmung, in manchen Fällen soll es auch einer zu intensiven Benetzung und dem Aufstiege unerwünschter Tierbesuche entgegenarbeiten. Mutmaßlich treten all diese Aufgaben je und je in Kraft, aber so reich die Literatur an theoretischen Erörterungen ist, so spärlich ist der Anteil, den exakte Versuchsarbeit an diesen Problemen einnimmt. Verhältnismäßig am reichsten fließen die Angaben über den Transpirationsschutz, dem auch wohl die größte Bedeutung in der vorliegenden Frage zukommt. Vor einigen Jahren wurde an dieser Stelle über eigene Versuche des Ref. berichtet, die zum Ergebnis hatten, daß bei den Keimlingen der verschiedensten Phanerogamengattungen die Entfernung des Wachses eine erhebliche Transpirationssteigerung zur Folge hat, daß die Produktion der Wachsüberzüge bei Kultur im dampfesättigten Raum wesentlich eingeschränkt wird, was sich in einer bedeutenden Steigerung der Wasserdurchströmung äußert, daß aber beim Verbringen derartig aufgewachsenen Materials in trockene Luft nachträglich der typische Wachspanzer angelegt wird und Hand in Hand damit die Transpiration wieder in entsprechender Weise zurückgeht. In viel weiter gespanntem Rahmen hat nun jüngst REINHART CUNZE diese Fragen wieder aufgegriffen, so daß wir jetzt imstande sind, ein wesentlich vollkommeneres Bild zu zeichnen. Wertvoll ist vor allem, daß die Erfahrungen auf erwachsene Pflanzen ausgedehnt und gerade die in der ökologischen Literatur soviel behandelten Typen herausgegriffen werden (Beih. z. botan. Zentralbl. 42. 1925. Abt. I). CUNZE untersucht zunächst den Einfluß, den das Entfernen des Wachses auf die Transpirationswerte ausübt. Das Ergebnis war recht verschieden. Kein Erfolg war zu bemerken bei den gerade durch ihren üppigen Wachsüberzug ausgezeichneten, auch in sonstiger Hinsicht stark xerophytisch gebauten Crassulaceen. Das steht wohl damit im Zusammenhang, daß hier das Wachs nicht bloß oberflächlich ausgeschieden, sondern auch in die Zellmembran imprägniert wird, so daß es gar nicht möglich ist, durch Abreiben das Wachs quantitativ zu entfernen. Der negative Ausfall der Versuche steht also zu der vorgetragenen Deutung gar nicht im Widerspruch, zudem hier die Funktion des Wachses noch durch die sehr stark ausgebildete Cuticula unterstützt wird. Bei einer ganzen Reihe von Objekten gelang aber der Nachweis, daß das Wachs tatsächlich nach der vermuteten Richtung hin wirkt; so betrug die Transpirationssteigerung nach Entfernung des Wachses bei *Aechmea* (Bromeliaceen) 20%, bei *Andromeda* (Vacciniaceen) 50%, bei *Festuca ovina* (Gramineen) 80%, bei *Othonopsis* (Compositen) sogar 200%. Besonders interessant liegen die Verhältnisse bei vielen Nadelhölzern. Wie ein Vergleich von Arten aus den Gattungen *Abies* (Tanne), *Picea* (Fichte) und *Pinus* (Kiefer) ergibt, besteht hier eine auffällige

Korrelation zwischen der Ausbildung des Wachses über der Epidermis und des Hypoderms unter der Epidermis. Die oberflächlichen Wachsstreifen liegen gerade da, wo das Hypoderm, das selbst schon in stande ist, die Transpiration zu hemmen, fehlt: *Pinus Laricio* hat einen vollständigen Hypodermring und kein Wachs, *Picea pungens* var. *glauca* 4 Hypoderm- und ebenso viele alternierende Wachsstreifen, *Abies pectinata*, *Picea ajanensis* und *Pinus excelsa* 2 Hypoderm- und 2 alternierende Wachsstreifen. Bei Abreiben des Wachses ergab *Pinus* eine Transpirationssteigerung um 100%, *Pinus parviflora* um 150% und *Picea pungens* um 400%. Weiterhin stellte CUNZE Versuche mit Kultur im dampfesättigten Raum an. Es zeigte sich, daß manche Objekte auch unter solchen Verhältnissen ihren Wachsüberzug in scheinbar unvermindertem Maße anlegen. Die Wachsproduktion ist hier also offenbar erblich normiert. So verhalten sich die meisten untersuchten Crassulaceen. Auf der anderen Seite bleibt die Wachsproduktion in manchen Fällen mehr oder minder vollständig aus, und stellt man jetzt vergleichende Wägungen mit normalen Pflanzen und solchen, die wachsfrei im feuchten Raum gezogen sind, an, dann findet man oft gewaltige Differenzen in der Wasserabgabe. So belief sich die Transpirationssteigerung bei *Eucalyptus Stuartii* auf 1000%, ein Wert, der aber von manchen Individuen noch ganz wesentlich, und zwar nach den Messungen um weitere 700% überboten wurde, wenn die Blätter sich nicht nur von dem Wachsmantel emanzipierten, sondern, wie dies manchmal im dampfesättigten Raum geschieht, mit einem zartwandigen Thyllegewebe die Epidermis durchbrechen. Man darf in diesem Vorgang vielleicht geradezu eine Anpassung an ungünstige Transpirationsverhältnisse erblicken. Schon dieses eine Beispiel zeigt, daß es nicht immer bloß die Unterdrückung des Wachsüberzuges ist, die zu einer verstärkten Wasserabgabe Anlaß gibt, vielmehr wirkt in manchen Fällen nach derselben Richtung die Reduktion der Cuticula und der lockerere Aufbau des Mesophylls, das dann von einem viel reicheren Intercellularenetz durchzogen ist. Solche Fälle zeigten sich vor allem bei Keimlingen. Schließlich wendet sich CUNZE noch der Frage nach der Regeneration des Wachses zu. Bei stark wachsführenden Objekten wurde das Wachs abgewischt und dann beobachtet, ob der Überzug sich im Laufe der Zeit erneuert. Die Crassulaceen gaben wieder ein negatives Resultat, was ja vom ökologischen Standpunkt aus nicht verwunderlich erscheint, da das oberflächliche Wachs hier nicht von einschneidender Bedeutung als Transpirationsschutz ist. Andere Pflanzen dagegen ergaben positive Befunde, und zwar erfolgte die Neubildung des künstlich entfernten Überzuges bei *Hyacinthus candidus* in ca. 2 Wochen, bei *Papaver somniferum* (Schlafmohn) in 2 Tagen, bei *Macleya cordata* machte sich die Reaktion in dem verblüffend kurzen Zeitraum von 2 Stunden bemerkbar. All diese Erfolge treten aber nur bei jungen Blättern ein, also zu einem Zeitpunkt, wo die Epidermis an sich schon immer noch neues Wachs nachbildet. Eine richtiggehende „Regeneration“, d. h. Neubildung des Wachses an Blättern, die ihre Produktion schon eingestellt haben, wurde nicht beobachtet, ist aber auch vom ökologischen Gesichtspunkte aus nicht so bedeutungsvoll, da ja vor allem die zarten jugendlichen Blätter eines Transpirationsschutzes bedürfen.

STARK.





RÖNTGEN-ZAHNAUFNAHME

hergestellt auf einfach begossenem

**„Agfa“-Röntgen-Zahnfilm**

Glasklar, reiche Kontraste, neuartige saubere Packung

BERLIN



SO 36

*Leitz*

monokulare und binokulare

**Mikroskope**

mit Leitz-Optik

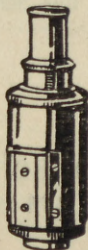
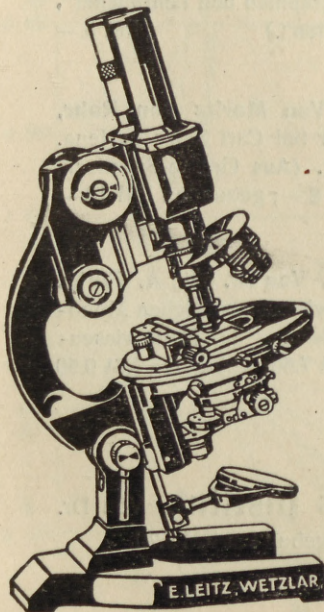
Nebenapparate für alle Untersuchungen

Dunkelfeldkondensoren höchster Apertur

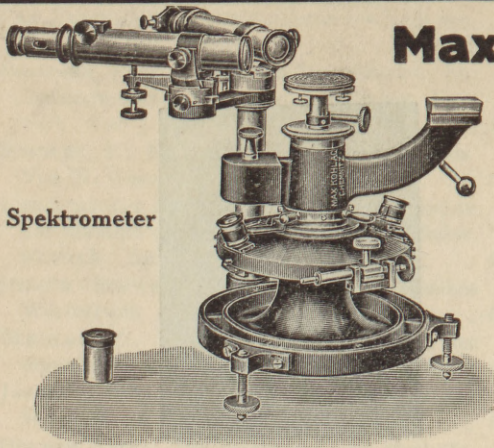
**Mikrotome**

Taschenlupen, binokulare Präparierlupen

Liste: MIKRO 452 kostenfrei



**Ernst Leitz / Optische Werke / Wetzlar**



## Max Kohl A. G. Chemnitz 6

Seit 1876 bestehend

Physikalische Apparate  
Einrichtung von Hörsälen  
Experimentier - Schalttafeln  
Luftpumpen für Laboratorien  
Funkeninduktoren

Listen, Kostenanschläge, Beschreibungen usw. auf Wunsch!  
(368)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

**Die Theorie der optischen Instrumente.** Bearbeitet von wissenschaftlichen Mitarbeitern an der optischen Werkstätte von Carl Zeiss. **I. Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkt der geometrischen Optik.** Bearbeitet von den wissenschaftlichen Mitarbeitern an der optischen Werkstätte von Carl Zeiss: P. Culmann, S. Czapski, A. König, F. Löwe, M. von Rohr, H. Siedentopf, E. Wandersleb. Herausgegeben von Moritz von Rohr. 609 Seiten mit 133 Abbildungen im Text. 1904. RM 18.—

**Die binokularen Instrumente.** Nach Quellen und bis zum Ausgang von 1910 bearbeitet. Von Moritz von Rohr, Dr. phil., wissenschaftlichem Mitarbeiter der optischen Werkstätte von Carl Zeiss in Jena und a. o. Professor an der Universität Jena. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 320 Seiten mit 136 Textabbildungen. 1920. (Band II der „Naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher“, herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“.) RM 8.—

**Die Brille als optisches Instrument.** Von Moritz von Rohr, Professor in Jena, Dr. phil., wissenschaftlichem Mitarbeiter bei Carl Zeiss in Jena. Dritte Auflage. 268 Seiten mit 112 Textabbildungen. 1921. (Aus Graefe-Saemisch, Handbuch der gesamten Augenheilkunde, 3. Auflage.) RM 8.—; gebunden RM 10.—

**Die Fernrohre und Entfernungsmesser.** Von Dr. phil. A. König. 215 Seiten mit 254 Abbildungen. 1923. (Band V der „Naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher“, herausgegeben von der Schriftleitung der Naturwissenschaften“.) RM 7.50; gebunden RM 9.50

Soeben erscheint:

**Joseph Fraunhofer und sein optisches Institut.** Von Dr. med. et phil. A. Seitz. 122 Seiten mit 6 Tafeln. RM 4.80; gebunden RM 5.70

Hierzu eine Beilage vom Verlag Julius Springer, Berlin W 9