Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1916

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0004|log9

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik
(Zugleich Fortsetzung der von W. Sklarek begründeten Naturwissenschaftlichen Rundschau.)

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 1. **7. Januar 1916.** **Vierter Jahrgang.**

INHALT:

Die neueren Fortschritte in der Physik der Röntgenstrahlung. Von *Prof. Dr. A. Sommerfeld, München.* S. 1.

Die Kgl. Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau (Berlin, Schleuseninsel). S. 8.

Besprechungen:

Die Kultur der Gegenwart. Allgemeine Biologie Von *P. Mayer.* S. 11.

Steinmann, P., Praktikum der Süßwasserbiologie. Von *P. Mayer.* S. 12.

Verlag von Julius Springer in Berlin

Soeben erschien:

Chemiker-Kalender 1916

Herausgegeben von

Dr. Rudolf Biedermann

XXXVII. Jahrgang

In zwei Bänden

In Leinwand gebunden Preis zusammen M. 4.40

In Leder gebunden Preis zusammen M. 5.40

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 24.— für den Jahrgang, M. 6.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 60 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer
in Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Verlag von Julius Springer in Berlin

Die radioaktive Strahlung als Gegenstand wahrscheinlichkeitstheoretischer Untersuchungen

Von

L. von Bortkiewicz

a. o. Professor an der Universität Berlin

Mit 5 Textfiguren. — Preis M. 4.—

Zur Krise der Lichtäther-Hypothese

Rede, gehalten beim Antritt des Lehramts an der Reichs-Universität zu Leiden

Von

Prof. Dr. P. Ehrenfest

Preis M. —.60

Die Atomionen chemischer Elemente

und ihre Kanalstrahlen-Spektra

Von

Dr. J. Stark

Professor der Physik an der Technischen Hochschule Aachen

Mit 11 Textfiguren im Text und auf einer Tafel

Preis M. 1.60

Einführung in die Mikroskopie

Von

Professor Dr. P. Mayer

in Jena

Mit 28 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 4.80

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung.
1. Handhabung des Mikroskopes.
2. Anfertigung und Beobachtung einiger einfacher Präparate.
3. Anfertigung schwierigerer Präparate.
4. Fertigmachen der mikroskopischen Präparate.
5. Fixieren und Härten der Objekte.
6. Schneiden der Objekte und Weiterbehandlung der Schnitte.
7. Färben der Objekte.
8. Schleifen, Entkalken, Bleichen und Mazerieren der Objekte.
9. Beobachtung lebender Wesen mit dem Mikroskope.
10. Zeichnen und Messen der Objekte.
11. Alphabetisches Verzeichnis der Farbstoffe und anderen Reagenzien, sowie der Geräte für die praktischen Übungen.
12. Verzeichnis des Materiales an Tieren, Pflanzen und anorganischen Gebilden zu den Übungen.

Register.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Vierter Jahrgang. **7. Januar 1916.** **Heft 1.**

Die neueren Fortschritte in der Physik der Röntgenstrahlung.

Von Prof. Dr. A. Sommerfeld, München.

Zurzeit sind es gerade 20 Jahre her, daß uns *Röntgen* die Eigenschaften seiner neuen Strahlen beschrieb (Dezember 1895). Trotz der beispiellosen Vollständigkeit und Zuverlässigkeit der Röntgenschen Forschung ging zunächst die Meinung der Physiker über das Wesen der Röntgenstrahlen weit auseinander. Die einen sahen darin einen transversalen, dem Licht analogen Wellenvorgang, nur von viel höherer Schwingungszahl wie das sichtbare Licht und von besonders unregelmäßigem, impulsartigem Charakter, andere sprachen die Röntgenstrahlen als longitudinale Wellen ähnlich den Schallwellen an, aber natürlich wiederum von außerordentlich viel höherer Schwingungszahl; verhältnismäßig lange hat sich die Meinung gehalten, daß wir es in den Röntgenstrahlen mit fortgeschleuderten Teilchen zu tun haben, wie in den Kathodenstrahlen, aber nicht von elektrisch geladenen Teilchen (Elektronen), sondern von elektrisch neutralen Partikeln. Etwa 10 Jahre nach der Röntgenschen Entdeckung gewann die erste dieser Ansichten, diejenige von der lichtartigen transversalen Natur der Röntgenstrahlen, eine wesentliche Stütze durch den Nachweis der (teilweisen) Polarisation der Röntgenstrahlen, welcher zuerst dem Engländer *Barkla* gelungen ist. Weitere Aufschlüsse waren von den fortgesetzt verbesserten Versuchen über die Beugung der Röntgenstrahlen zu erwarten. Während aber beim Licht die Beugungsversuche das beste Mittel sind, um die Größenverhältnisse des Lichtes, seine Wellenlänge quantitativ zu bestimmen, konnten die Beugungsversuche mit Röntgenstrahlen (wegen der Schwierigkeit der Herstellung und Justierung der erforderlichen äußerst feinen Spalte) nur zu einem qualitativen Nachweis der Beugung und zur Bestimmung einer ungefähren Grenze für die Wellenlänge dienen.

Diese Sachlage änderte sich mit einem Schlage, als *M. v. Laue* auf den genialen Einfall kam, den erforderlichen Beugungsapparat für Röntgenstrahlen von der Natur selbst zu beziehen, in Gestalt der feinsten und regelmäßigsten Struktur, welche die Natur aufzubauen imstande ist, der Kristalle. Die ersten Aufnahmen wurden Frühjahr 1912 in meinem Institute von den Herren *Friedrich* und *Knipping* gemacht und sind zusammen mit der Laueschen Theorie, in der Münchener Akademie, Sommer 1912, veröffentlicht; sie konnten, trotzdem alsbald von den verschiedensten Seiten und in den verschiedensten Ländern auf dem neuen Gebiete gearbeitet wurde, an Schönheit und Exaktheit kaum übertroffen werden. Wir geben unten einige Proben davon.

Seit der Laueschen Entdeckung sind die Zweifel über die Natur der Röntgenstrahlen behoben, wir sprechen heute mit Sicherheit von „Röntgenlicht“ und können es vom gewöhnlichen Licht durch genaue Angabe seiner Wellenlängen unterscheiden. Der Spektralanalyse des sichtbaren Lichtes ist eine Spektralanalyse des Röntgenlichtes an die Seite getreten. Als Spektralapparat dient dabei — an Stelle von Prismen und Linsen — irgendein Kristall. Wir haben damit ein Mittel gewonnen, die Struktur der Röntgenstrahlen zu erforschen, indem wir sie mit den Entfernungen der Atome im Kristall vergleichen, und zugleich umgekehrt die Struktur der Kristalle in der Skala der Wellenlängen der Röntgenstrahlen auszumessen. Hiernach hat nicht nur die Physik der Röntgenstrahlen durch die Lauesche Entdeckung ihre entscheidendste Förderung erfahren, sondern auch die Kristallographie sieht ihre kühnsten Träume verwirklicht, indem sie den lange vermuteten Aufbau der kristallisierten Mineralien aus regelmäßig angeordneten Atomen messend verfolgen kann; endlich kann auch die Chemie aus den neuen Erkenntnissen fundamentale Schlüsse ziehen über die Art und Weise, wie die chemischen Kräfte, die Valenzen, den Kristallaufbau zusammenhalten.

Naturgemäß werden die an *Laue* anschließenden Ergebnisse den Hauptinhalt des folgenden Berichtes bilden. Indessen werden auch die früheren Untersuchungen über Polarisation und Beugung darzustellen sein. Auf die Gefahr hin, Bekanntes zu wiederholen, werden wir dabei so vorgehen, daß wir die wichtigsten Begriffe zunächst für den Fall des Lichtes auseinandersetzen. Die Übertragung auf Röntgenstrahlen wird dann nur in einer Verfeinerung des Maßstabes, in einer Verkleinerung aller Dimensionen zu bestehen haben. Diese Art der Darstellung war vorgezeichnet durch den Interessenkreis, an den sich unser Aufsatz in seiner ursprünglichen Fassung wandte (Münchener medizinische Wochenschrift 1915, Nr. 42). Wir hoffen, daß unsere Darstellung auch den Lesern dieser Zeitschrift willkommen sein wird, namentlich dem biologisch interessierten Teile dieser Leser, denen die physikalischen Kunstausdrücke nicht völlig geläufig und die mathematische Ausdrucksweise nicht leicht verständlich ist; für den eigentlichen Fachmann ist unsere Darstellung naturgemäß teils zu weit-

schweifig, teils zu wenig eindringend. Leser dieser letzteren Kategorie erlaube ich mir, wegen tiefer liegender Einzelheiten, auf meinen Vortrag „Unsere gegenwärtigen Anschauungen über Röntgenstrahlung", diese Zeitschrift 1913, 1. Jahrgang, Heft 30, zu verweisen.

1. Die Erzeugung der Röntgenstrahlen durch die Kathodenstrahlen.

Die von dem negativen Pol einer Vakuumröhre ausgehenden Kathodenstrahlen bestehen aus fortgeschleuderten elektrisch geladenen Teilchen, den sogen. Elektronen. Ihre Masse ist fast 2000 mal kleiner, als die Masse des leichtesten materiellen Teilchens, des Wasserstoffatoms, ihre Geschwindigkeit wächst mit der Spannung, mit der die Vakuumröhre betrieben wird, und ist unter allen Umständen ungeheuer groß. Sie beträgt bei 30 000 Volt Spannung 100 000 km in der Sekunde, also ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit, bei 70 000 Volt etwa die Hälfte der Lichtgeschwindigkeit. Bei ihrem Aufprall auf die Antikathode wird die in den Elektronen der Kathodenstrahlen enthaltene große Energie gebremst. Der weitaus größte Teil dieser Energie geht in Wärme über und droht das Material der Antikathode zu schmelzen. Deshalb die Wasserkühlung bei den kräftigen Röntgenröhren, deshalb auch bei den neuen Coolidgeröhren die Wahl von Wolfram als Antikathodenmaterial mit seinem besonders hohen Schmelzpunkt. Nur etwa der tausendste Teil der ursprünglichen Kathodenstrahlenenergie wird in die Energie der von der Antikathode ausgehenden Röntgenstrahlen umgesetzt.

Bei dem Übergang von Kathodenstrahlen in Röntgenstrahlen haben wir zwei nebeneinander herlaufende Vorgänge zu unterscheiden: einerseits strahlen die Kathodenstrahlelektronen, während sie an der Antikathode gebremst werden, ein elektromagnetisches Feld aus, ähnlich wie ein in seiner Intensität abnehmender Strom Induktionswirkungen in den Raum hinausstrahlt, andererseits werden die das Antikathodenmaterial aufbauenden Elektronen durch den Anprall der Kathodenstrahlen zu Schwingungen angeregt, die ebenfalls von Ausstrahlung begleitet sind. Die von der Antikathode ausgehende Gesamtstrahlung setzt sich daher aus zwei verschiedenen Bestandteilen zusammen, welche den beiden unterschiedenen Vorgängen ihren Ursprung verdanken: einerseits der *Bremsstrahlung* oder *Impulsstrahlung* als unmittelbarer zwangläufiger Folge der Vernichtung der Kathodenstrahlgeschwindigkeit, andererseits der *Eigenstrahlung* des getroffenen Antikathodenmaterials als eines mehr sekundären selbständigen Vorganges. Beide Bestandteile sind voneinander verschieden, sowohl durch Härte wie durch Polarisation, und werden durch die Methode der Spektralanalyse an Kristallen glatt voneinander gesondert. Die auf letzterem Wege gewonnenen Erfahrungstatsachen, welche erst die Unterlage bilden für die vorangehenden Auffassungen, werden unten mitgeteilt werden.

2. Transversalität und Polarisation der Röntgenstrahlen.

In jedem Lichtstrahl finden die Lichtschwingungen senkrecht gegen die Strahlrichtung statt, sie sind *transversal*. (Beim Schall liegen die Schwingungen der Luftteilchen in der Ausbreitungsrichtung des Schalles, sie sind *longitudinal*.) Haben wir es mit natürlichem Licht zu tun, wie es uns die Sonne oder eine beliebige Flamme liefert, so sind alle Schwingungsrichtungen um den Lichtstrahl herum gleichberechtigt; im Mittel der Zeit kommt jede dieser Richtungen gleich oft vor. Das Licht wird *vollkommen polarisiert* genannt, wenn es nur in einer Richtung schwingt, *teilweise polarisiert*, wenn eine Schwingungsrichtung häufiger vorkommt wie die anderen. Das natürliche Licht ist *unpolarisiert*.

Die Frage, was eigentlich im Lichte schwingt, ist zwar für die Mehrzahl der Erscheinungen ziemlich belanglos, möge aber dennoch gestreift werden. Früher sah man die Lichtschwingungen als wirkliche Bewegungen eines hypothetischen elastischen Mediums an, das man „Äther" nannte. Der Äther sollte sich wie ein vibrierender elastischer Körper bewegen, ein Lichtstrahl wäre hiernach mit einer schwingenden Saite zu vergleichen. Heutzutage wissen wir, daß das Licht ein elektromagnetischer Vorgang ist, daß sich längs des Lichtstrahls ein elektrisches Wechselfeld vorschiebt, welches von einem im gleichen Tempo wechselnden Magnetfelde begleitet ist. Wir können also nicht mehr von einer Bewegung irgendwelcher materieller Teilchen sprechen und haben gute Gründe, die Existenz eines Lichtäthers überhaupt zu leugnen. Die Transversalität des Lichtes besteht nach der elektromagnetischen Auffassung darin, daß die elektrische Kraft ebenso wie die zugeordnete magnetische Kraft senkrecht gegen die Strahlrichtung steht, ohne daß sich in dieser Richtung etwas Materielles zu bewegen braucht. Wir haben also nur an Zustandsänderungen oder Feldänderungen zu denken, nicht an materielle Schwingungen. Im polarisierten Lichte sind die elektrischen Kräfte längs des ganzen Lichtstrahls einander parallel, ebenso die magnetischen Kräfte, im natürlichen Licht kommen alle Richtungen rund um den Lichtstrahl gleich oft als Kraftrichtungen vor.

Den Nachweis der Transversalität erbringt man in der Optik durch irgendeine Polarisationsvorrichtung, z. B. durch einen Nicol (Kalkspathprisma, welches nur die Schwingungen einer bestimmten Richtung durchläßt). Indem man natürliches Licht durch einen ersten Nicol gehen läßt (Polarisator), erzeugt man vollkommen polarisiertes Licht; läßt man dieses durch einen zweiten Nicol gehen (Analysator), dessen Hauptebene senkrecht zur Hauptebene des ersteren steht, so löscht man das Licht vollkommen aus. Wäre

nun das Licht kein transversaler Vorgang, sondern kämen darin auch longitudinale Schwingungen vor, so würden letztere offenbar ungehindert durch beide Nicols hindurchgehen und es fände keine vollständige Auslöschung statt.

Ganz ebenso haben wir uns den Schwingungsvorgang bei den Röntgenstrahlen zu denken. Von dem Brennfleck der Antikathode, in dem die Kathodenstrahlen auftreffen, gehen nach allen Seiten hin Röntgenstrahlen aus und längs jedes dieser Strahlen pflanzen sich elektromagnetische Störungen fort, deren Kräfte senkrecht gegen den betreffenden Strahl gerichtet sind. Das so ausstrahlende Röntgenlicht ist im wesentlichen dem natürlichen Licht einer Flamme zu vergleichen, d. h. die verschiedenen Schwingungsrichtungen um den Röntgenstrahl sind im wesentlichen gleichberechtigt. Des genaueren haben wir dabei zwischen den beiden Bestandteilen des Röntgenlichtes zu unterscheiden, die am Schlusse der vorigen Nummer unterschieden wurden, der Eigenstrahlung und der Bremsstrahlung. Die erstere ist vollkommen unpolarisiert, entsprechend ihrer Entstehungsweise aus den ungeregelten und zufälligen Anstößen, welche die Atome der Antikathode von den Kathodenstrahlen erleiden. Die Bremsstrahlung dagegen ist teilweise polarisiert; sie hat eine Vorzugsrichtung nach der Ebene, die man durch die Richtung des ankommenden Kathodenstrahles und des gerade in Betracht gezogenen Röntgenstrahles legen kann. Diese Polarisation ist für das Verständnis des Bremsvorganges sehr interessant, indessen ist sie so schwach, daß sie nur den feinsten physikalischen Messungen zugänglich ist und für die praktische Verwendung der Röntgenstrahlen kaum in Betracht kommt. Wir werden weiterhin davon absehen und das ursprüngliche oder „primäre" Röntgenlicht, wie schon gesagt, dem natürlichen einer Flamme vergleichen.

Leider gibt es im Gebiete der Röntgenstrahlen keinen so einfachen Apparat wie das Nicolsche Prisma der Optik, um Polarisation zu erzeugen. Daher wird auch der wirkliche experimentelle Nachweis der Transversalität des Röntgenlichtes weniger einfach und direkt wie der entsprechende Nachweis für das sichtbare Licht. Zur Erklärung des Weges, aus welchem dieser Nachweis tatsächlich gelingt, müssen wir vielmehr folgendes vorausschicken.

Wenn Röntgenstrahlen auf irgendeinen Körper auffallen, so bewirken sie dort das Auftreten neuer Röntgenstrahlen, die von der Erregungsstelle geradlinig nach allen Seiten hin ausgehen. Man nennt sie *sekundäre* Röntgenstrahlen, die ursprünglichen *primäre*. Läßt man die sekundären Röntgenstrahlen wiederum neue Strahlen erregen, so erhält man *tertiäre* Röntgenstrahlen. Das Verständnis der Eigenschaften dieser sekundären und tertiären Röntgenstrahlen wird nun durch folgende Vorstellung ermöglicht. Den von Röntgenstrahlen getroffenen Körper (wir wollen ihn kurz den Radiator nennen) denkt man sich aus Atomen und diese irgendwie aus Elektronen (Elementarladungen, wie in den Kathodenstrahlen) aufgebaut, von denen wir irgendeines ins Auge fassen. Die elektrische Kraft des auftreffenden primären Röntgenstrahls greift an unserem Elektron an und bewegt dasselbe in ihrer Richtung. Eine in wechselnder Bewegung begriffene elektrische Ladung sendet aber elektromagnetische Strahlung aus, und zwar vorzugsweise senkrecht gegen die Richtung der Bewegungsänderung; in dieser Richtung selbst strahlt sie nicht aus. Die Fig. 1 gibt ein Bild

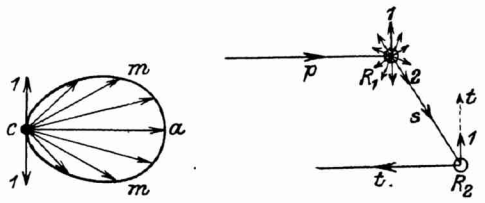


Fig. 1. Fig. 2

dieser Strahlungsverteilung: c ist die Ruhelage des Elektrons, 1 1 die Richtung, in der es gestört wird. Die Hauptausstrahlung findet transversal gegen 1 1 statt und möge ihrer Intensität nach durch den Pfeil ca dargestellt werden; in der longitudinalen Richtung 1 1 selbst ist die Intensität null, in einer mittleren Richtung cm hat die Intensität eine mittlere Größe. Natürlich hat man sich die Figur rund um 1 1 als Achse gedreht zu denken, da die Zeichenebene nichts vor irgendeiner Ebene durch 1 1 voraus hat. Die Begründung der Fig. 1 stützt sich auf die Gesamtheit unserer elektromagnetischen Erfahrungen, wie sie in der mathematischen Theorie der Elektrizität niedergelegt ist. Eine Erläuterung großen Maßstabes können wir in den drahtlosen Stationen sehen, indem wir 1 1 mit einer Antenne (teils über der Erde, teils als Gegengewicht unter der Erde angeordnet), ca mit dem Erdboden vergleichen; auch eine in Betrieb gesetzte Antenne strahlt nicht in ihrer eigenen Richtung und maximal in der dazu senkrechten.

Betrachten wir nun in Fig. 2 den primären Strahl p, der auf einen ersten Radiator R_1 (etwa eine Paraffinplatte oder einen Pappkarton) auffällt. Die längs p fortgepflanzten elektrischen Kräfte, die irgendwie transversal gegen p gerichtet sind, können wir immer in die zwei senkrechten Komponenten 1 und 2 auflösen. Die zeitlichen Durchschnittswerte beider sind gleich stark, wenn das primäre Röntgenlicht unpolarisiert war. Betrachten wir nun das sekundäre Röntgenlicht s, welches in der Richtung 2 ausgesandt wird. Nach Fig. 1 verdankt dieses seine Entstehung lediglich den primären elektrischen Kräften der Richtung 1 und den dadurch in R_1 hervorgerufenen Elektronen-

bewegungen. Die elektrische Kraft dieser Sekundärstrahlung ist der Richtung 1 parallel, so daß in der anderen zu s transversalen Richtung 3 (parallel zu p) keine Kräfte auftreten. Die sekundäre Strahlung s ist daher bereits vollkommen polarisiert. In dem Radiator R_2, auf den der Strahl s weiterhin auffallen möge, werden daher nur Elektronenbewegungen von der einheitlichen Richtung 1 hervorgerufen. Diese senden tertiäre Strahlen t aus, deren Vorhandensein durch Schwärzung einer photographischen Platte oder durch den Ausschlag eines Elektroskops nachgewiesen werden kann. Solche Strahlen t können nun z. B. in der Richtung t parallel p nachgewiesen werden, aber nicht in der zur Elektronenbewegung 1 longitudinalen Richtung. Um dies anzudeuten, ist die Strahlung t für die letztere Richtung in der Figur punktiert eingezeichnet. Das Fehlen von tertiärer Strahlung in dieser letzteren Richtung ist der experimentelle Nachweis für die Polarisation der sekundären Strahlung und damit zugleich für die Transversalität der primären Strahlung (vgl. hierzu die obigen Ausführungen über den gleichzeitigen Nachweis von Polarisation und Transversalität beim sichtbaren Licht).

3. *Wellenlänge und Beugung der Röntgenstrahlen.*

Die verschiedenen Farben des Lichtes charakterisiert man bekanntlich durch die verschiedenen Wellenlängen desselben. Die Wellenlänge nimmt von Rot nach Blau hin ab. Die Wellenlänge des gelben Natriumlichtes ist etwa 600 $\mu\mu$[1]), die des blauen Lichtes etwa 400 $\mu\mu$. Im weißen Licht sind alle möglichen Wellenlängen oder Farben durcheinander gemischt. Durch ein Prisma oder durch die Wassertröpfchen im Regenbogen werden die Farben auseinandergelegt.

Zur Erläuterung des Wortes Wellenlänge betrachten wir Fig. 3 a. Sie stellt den Schwingungszustand bei einfarbigem Licht längs eines Strahles zu einer bestimmten Zeit dar. Die Wellenlänge λ ist die Strecke, nach deren Durchschreitung sich der Zustand wiederholt. Indem sich der ganze Zustand mit der (sehr großen) Lichtgeschwindigkeit in der Strahlrichtung verschiebt (in der Figur durch den Pfeil angedeutet), erhalten wir an jedem Punkte des Strahles ein in der Zeit schnell pulsierendes Wechselfeld, durch das wir am Anfang der vorigen Nummer das Licht in elektromagnetischer Auffassung erklärten.

Während Fig. 3 a den regelmäßigen Vorgang des einfarbigen Lichtes darstellt, möge Fig. 3 b den regellosen Vorgang des weißen Lichtes veranschaulichen. Wie sich mathematisch zeigen läßt und wie trotz *Goethes* Farbenlehre aus der spektralen Zerlegung des weißen Lichtes durch ein Prisma augenfällig wird, läßt sich ein derartiger Vorgang bei all seiner Regellosigkeit immer durch passende Zusammensetzung von regelmäßigen „Sinusschwingungen" nach Art der Fig. 3 a herstellen; indem man die verschiedenen Wellenlängen λ von Fall zu Fall in geeigneten Stärken nimmt, kann man jeden Vorgang von der Art der Fig. 3 b erhalten. Die längs der Farbenskala wechselnden Stärken der Einzelfarben definieren das Spektrum des zusammengesetzten oder weißen Schwingungsvorganges.

Die sprichwörtliche geradlinige Ausbreitung der Lichtstrahlen, wie wir sie in der (scheinbar) scharfen Schattengebung eines undurchsichtigen Körpers beobachten, besteht streng genommen zu Recht nur in dem idealen Grenzfall eines Lichtes von der Wellenlänge $\lambda = 0$. Das wirkliche Licht mit seiner zwar kleinen, aber doch meßbaren Wellenlänge λ wird durch jedes Hindernis etwas aus seiner geradlinigen Bahn abgelenkt, „gebeugt", und zwar um so mehr, je größer seine Wellenlänge ist. Die Farbenringe, die man an einer beschlagenen Fensterscheibe beobachtet, sind Beugungserscheinungen an den Wassertröpf-

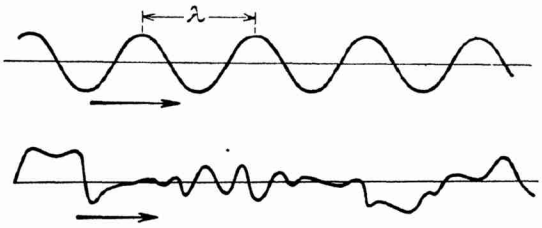


Fig. 3a, b.

chen oder den Eiskristallen des Niederschlages. Sie zeigen allemal Rot außen, Blau innen, d. h. Rot wird mehr gebeugt wegen seiner größeren Wellenlänge als Blau. Würde man die Größe der abbeugenden Tröpfchen kennen, so könnte man aus der Größe des Beugungswinkels für jede Farbe deren Wellenlänge bestimmen. Da diese Tröpfchengröße aber nicht bekannt ist, so wird man zu einem scharf ausmeßbaren Beugungshindernis greifen, z. B. einem feinen Spalt (oder noch besser zu einem System von Spalten, einem Gitter, vgl. Nr. 4). Aus der Messung des Spaltes und der Ausmessung des Beugungsbildes ergibt sich dann die Wellenlänge, also z. B. die eingangs genannten Zahlen für Gelb und Blau.

Alles dieses läßt sich unmittelbar auf den Fall der Röntgenstrahlen übertragen. Fig. 3 a und 3 b können bei entsprechend kleiner gedachtem Maßstabe die beiden Bestandteile der Röntgenstrahlung veranschaulichen, die am Schlusse von Abschnitt 1 unterschieden wurden. Die „Eigenstrahlung", welche in einem regelmäßigen Ausschwingen der von den Kathodenstrahlen getroffenen Elektronen des Antikathodenmaterials besteht, kann durch Fig. 3 a dargestellt werden.

[1]) Bekanntlich bedeutet die in der Mikroskopie ständig benutzte Einheit des μ ein tausendstel Millimeter, die Einheit des $\mu\mu$ ein millionstel Millimeter oder ein tausendstel μ. Zur Orientierung sei bemerkt, daß die Größe der roten Blutkörperchen 7 μ = 7000 $\mu\mu$ beträgt.

Jeder solchen Eigenstrahlung entspricht eine bestimmte Wellenlänge; jede Eigenstrahlung ist einer Spektrallinie eines leuchtenden Gases, also einer bestimmten Farbe zu vergleichen. Die „Bremsstrahlung", welche von dem Aufprall je eines Kathodenteilchens ausgeht, wird in einer einmaligen kurzen Störung, einem „Impulse" bestehen, eine Folge von solchen Vorgängen also wird durch die Fig. 3 b des weißen Lichtes dargestellt sein. Die Aufgabe, die der Spektralanalyse der Röntgenstrahlen zu stellen ist, wird darin bestehen, die Wellenlänge λ der Eigenstrahlung und die Zusammensetzung des „weißen Röntgenlichtes" aus verschiedenen Wellenlängen zu ermitteln.

Schon lange ehe man an eine wirkliche Spektralanalyse der Röntgenstrahlen denken konnte, hat man die Anschauung begründet, daß die weichen Röntgenstrahlen den größeren Wellenlängen oder den breiteren Impulsen, die harten Röntgenstrahlen den kleineren Wellenlängen oder den jäheren Impulsen entsprächen. Daß auch bei den weichsten Röntgenstrahlen die Wellenlänge viel kleiner sein müsse, als beim sichtbaren Licht, zeigt ihre gegenüber dem Licht immer noch große Durchschlagskraft.

Das gegebene Mittel zur Bestimmung der Wellenlänge ist auch bei den Röntgenstrahlen die Beugung. Diese wird allerdings wegen der kleineren Wellenlänge viel geringer sein wie beim Licht; oder anders ausgedrückt, man muß viel engere Spalte benutzen, um eine merkliche Beugung zu erhalten. Die bei den Beugungsaufnahmen (von *Haga* und *Wind* u. a.) benutzten Spalte hatten eine keilförmige Gestalt; sie verengen sich von einigen 20 μ bis zu wenigen μ. Die Beugungsbilder selbst können natürlich nicht mit dem Auge, sondern nur mit der photographischen Platte beobachtet werden. Statt farbiger Ränder zeigen sie nur größere oder geringere Schwärzungen, die ausphotometriert werden müssen.

Herr Kollege *P. P. Koch* hat solche Beugungsphotogramme mit den von ihm ausgebildeten verfeinerten Photometermethoden ausgemessen. Aus den von ihm ermittelten Schwärzungsverteilungen konnte ich die durchschnittliche Wellenlänge, die von einer harten Röntgenröhre ausgesandt wird, aus dem Photogramm eines keilförmigen Spaltes zu etwa $\lambda = 0{,}04$ $\mu\mu$ berechnen. Diese Wellenlänge ist also noch 10 000 mal kleiner als die des kurzwelligen sichtbaren Lichtes. Ich will sogleich vorweg nehmen, daß die alsbald folgenden, nach der Laueschen Methode ausgeführten, viel sichereren Wellenlängenbestimmungen die gefundene Größenordnung bestätigt haben.

Zur Veranschaulichung dienen Fig. 4 a und 4 b, die aus einer Arbeit von *Koch* entnommen sind. Sie geben beide die linke Hälfte der Aufnahme eines keilförmigen Spaltes, dessen geometrischer Schattenriß durch die gestrichelte Linie angedeutet ist (die rechte Hälfte ist symmetrisch zu der Mittellinie *MM* des Spaltes hinzuzudenken). Die eingezeichneten ausgezogenen Linien stellen Kurven gleicher Schwärzung auf der photographischen Platte dar, wobei die Größe der Schwärzung von der Mitte *MM* nach der Seite hin abnimmt. Bei fehlender Beugung (Wellenlänge $\lambda = 0$) würde Schwärzung nur innerhalb des geometrischen Schattenrisses vorhanden sein. Wir erkennen also in beiden Bildern das Vorhandensein einer Beugung. Das Charakteristische ist aber, daß Fig. 4 a mit einer sehr weichen, Fig. 4 b mit einer harten Röhre aufgenommen ist, und daß bei ersterer die seitliche Ausdehnung des Bildes viel größer ist als bei letzterer. Zu der weicheren Röhre gehört also stärkere Beugung und größere Wellenlänge resp. breitere Impulse, zu der härteren Röhre schwächere Beugung und kleinere Wellenlänge resp. schmälere Impulse.

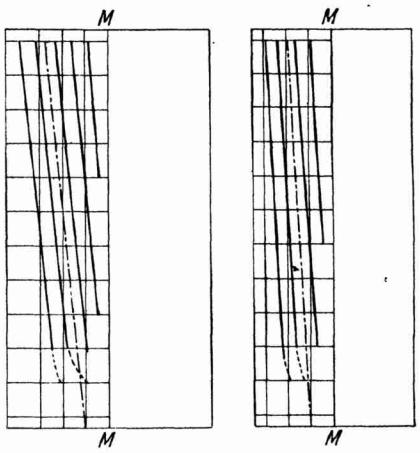


Fig. 4 a. Fig. 4 b.

Die Beugungsaufnahmen haben also zu einer erstmaligen Schätzung der Wellenlänge der Röntgenstrahlen geführt, und zwar von der Ordnung $^1/_{10\,000}$ der Lichtwellenlänge; überdies haben sie den lichtartigen Charakter der Röntgenstrahlen und den schon früher vermuteten Unterschied zwischen harten und weichen Röntgenstrahlen nach der Größe ihrer Wellenlänge bestätigt.

4. *Der Kristall als Beugungsgitter.*

Einer der wirksamsten Spektralapparate der Optik ist das Gitter (Strichgitter, Rowlandgitter). Seine Güte (Auflösungsvermögen) hängt von der Anzahl seiner Striche ab. In Fig. 5 sind die Gitterstriche senkrecht zur Zeichenebene zu denken; ihr Abstand ist *a* genannt. Die Lichtwelle fällt in der Figur senkrecht gegen die Gitterstriche, also in der Zeichenebene und beispielsweise zugleich senkrecht gegen die Gitterebene ein. Das Gitter kann entweder als Reflexionsgitter verwandt werden, in welchem Falle das Spektrum des auffallenden Lichtes im reflektierten Lichte entworfen wird, oder als durchsich-

tiges Gitter, in welchem Falle das hindurchtretende Licht zur Beobachtung kommt. In der Figur ist der letztere Fall angenommen, der für die Übertragung auf die Röntgenstrahlinterferenzen zunächst Interesse hat. Dementsprechend sind die Gitterstriche als durchsichtige Streifen zu denken, die auf einen undurchsichtigen Metallbelag geritzt sind. Auf die Breite dieser Streifen kommt es nicht wesentlich an, sondern auf ihren Abstand a und ihre regelmäßige Aufeinanderfolge.

Indem man sich von jedem Gitterstrich nach allen Seiten Strahlen ausgehen denkt, erkennt man aus der Figur, daß es eine bestimmte Richtung gibt, in der sich diese Strahlen vorzugsweise verstärken werden, diejenige nämlich, für welche der „Gangunterschied" AC zweier Nachbarn gerade gleich λ ist. Zur Begründung dessen müssen wir an das wohlbekannte Interferenzprinzip der Optik erinnern. Indem man sich zwei Wellenlinien nach Art der Fig. 3 a übereinandergelegt denkt, sieht man, daß sie sich vollständig aufheben, wenn Berg auf Tal fällt, der Gangunterschied also eine halbe Wellenlänge beträgt, daß sie sich dagegen auf das Doppelte verstärken

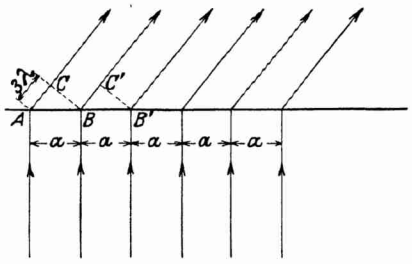


Fig. 5.

beim Gangunterschied λ, wo Berg auf Berg fällt. Haben die beiden Wellenzüge irgendeinen Gangunterschied, so wird die gegenseitige Schwächung oder Verstärkung keine so vollständige sein, wie in den beiden vorangestellten Fällen. Handelt es sich nun nicht um zwei, sondern um außerordentlich viele Wellenzüge, die von außerordentlich vielen Gitterelementen ausgehen, so wird der Fall größtmöglicher Verstärkung so sehr alle anderen Fälle an Wirksamkeit der Lichterscheinung überwiegen, daß wir sagen können: im allgemeinen werden die von den einzelnen Gitterstrichen ausgehenden Strahlen durch gegenseitige Interferenz ausgelöscht. Nur wenn ihr Gangunterschied genau eine Wellenlänge beträgt (Spektrum erster Ordnung) oder ein genaues Vielfaches davon Spektrum höherer Ordnung), wird eine lichtstarke Beugungserscheinung wahrgenommen. In der Fig. 5 ist angenommen, daß der Gangunterschied AC je zweier Nachbarstrahlen beispielsweise gleich 3λ sei; die Richtung AC, BC' usw. gibt also die Richtung, in welcher Licht von der Wellenlänge λ im Spektrum 3. Ordnung abgebeugt wird.

An unsere einfache Figur schließen mehrere Bemerkungen an, die auch für die Interferenz und Beugung der Röntgenstrahlen entscheidend sind: 1. Jede Wellenlänge wird nach einer anderen Richtung abgebeugt, im Beugungsspektrum erscheinen die verschiedenen Farben auseinandergelegt, gerade so wie im Beugungsspektrum der Wassertröpfchen oder wie im Regenbogen. 2. Das Beugungsspektrum zweiter Ordnung wird stärker abgebeugt, wie dasjenige erster Ordnung, das Beugungsspektrum dritter Ordnung stärker wie das der zweiten Ordnung usf. Ist etwa a gleich 10λ, so wird es 10 solche Beugungsspektren geben, wobei die Richtung des 10. Spektrums in die Gitterebene selbst fallen würde und nicht mehr beobachtet werden könnte. 3. Der Strichabstand a darf nicht kleiner sein als λ; denn sonst gäbe es überhaupt keine Beugungsspektren. Er darf aber auch nicht sehr groß gegen λ sein; denn sonst würde z. B. das Spektrum erster Ordnung, welches das wirksamste und lichtstärkste ist, zu nahe mit dem direkt durchgehenden Lichte seiner Richtung nach zusammenfallen und von diesem nicht zu unterscheiden sein. 4. Mißt man a unter dem Mikroskop und beobachtet den Beugungswinkel z. B. im Spektrum erster Ordnung für die gelbe Natriumlinie, so kann man daraus die Wellenlänge dieser Linie nach der Figur berechnen oder konstruieren.

Eine Beugungserscheinung, die jedermann schon oft beobachtet hat, besteht darin, daß man durch ein feines rechteckiges Gewebe nach einer starken, nicht zu ausgedehnten Lichtquelle visiert. Man sieht dann die Beugungsfigur des „Kreuzgitters", d. h. eine Folge von Wiederholungen der Lichtquelle in der einen und der dazu senkrechten anderen Fadenrichtung des Gewebes sowie in den Diagonalrichtungen, wobei jedes Beugungsbild farbig umsäumt ist (Rot nach außen, weil es stärker gebeugt wird). Die Erklärung ist ganz dieselbe wie beim einfachen Strichgitter; man muß nur eine räumliche Konstruktion statt der ebenen Zeichnung der Fig. 5 machen.

Schließlich denken wir uns statt des ebenen ein räumliches Gewebe hergestellt, ein „Raumgitter", indem wir eine große Zahl von gleichbeschaffenen Gewebelagen mit gleichen Zwischenräumen übereinanderschichten, wobei wir uns noch zum Überfluß ein drittes System von Fäden senkrecht zu den beiden ersten eingezogen denken können, welches die aufeinanderfolgenden Lagen verbindet. Auch dieses Gebilde wird besondere Richtungen aufweisen, in denen eine Verstärkung des Lichtes durch Interferenz stattfindet. Diese Richtungen müssen die richtige Lage im Sinne der Fig. 5 (resp. der räumlich erweiterten Konstruktion, von der soeben die Rede war) haben, und zwar sowohl hinsichtlich der Gitteröffnungen zwischen der einen und der anderen Lage der Fäden sowie hinsichtlich derjenigen Zwischenräume, die bei der Schichtung unserer Gewebe nach der Tiefe offen bleiben. Da die Auswahl

dieser Richtungen nunmehr durch eine weitere hinzukommende Bedingung eingeschränkt ist, wird es nicht mehr für jede Wellenlänge, sondern nur noch für einzelne passend ausgewählte Wellenlängen solche Richtungen geben, in denen eine Verstärkung durch Interferenz stattfindet, d. h. unser Raumgitter entwirft keine vollständigen Spektren für alle in der auffallenden Strahlung enthaltenen Wellenlängen mehr, sondern wählt einzelne, seinen Dimensionen entsprechende Wellenlängen aus und wirft sie nach einzelnen Strahlenrichtungen in den Raum hinaus. Eine photographische Platte, welche hinter dem Raumgitter aufgestellt wird, zeigt daher einzelne Flecke, deren einer z. B. rot, der andere grün usw. gefärbt wäre, wenn die Platte wie eine Lumièreplatte farbenempfindlich wäre. Die Flecke werden symmetrisch zu den Symmetrieebenen des Gewebes auftreten, wenn das einfallende Licht senkrecht zu den Gewebeschichten eintritt, es werden also bei einem rechteckigen Gewebe je 4 Flecke von entsprechender Lage und Farbe auftreten, entsprechend den beiden Symmetrieebenen des Gewebes parallel zu den Rechteckseiten, bei einem quadratischen Gewebe sogar je 8 entsprechende Flecken, entsprechend den 2 Paaren von Symmetrieebenen parallel den Seiten und den Diagonalen des Quadrates, beidemal vorausgesetzt, daß auch die Tiefenanordnung der Schichten dieselbe Symmetrie gegen die Einfallsrichtung des Lichtes hat.

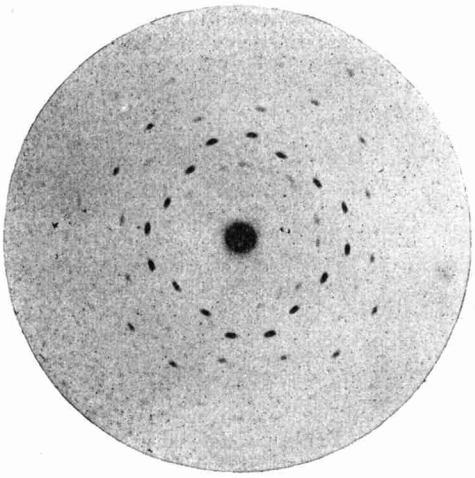


Fig. 6.

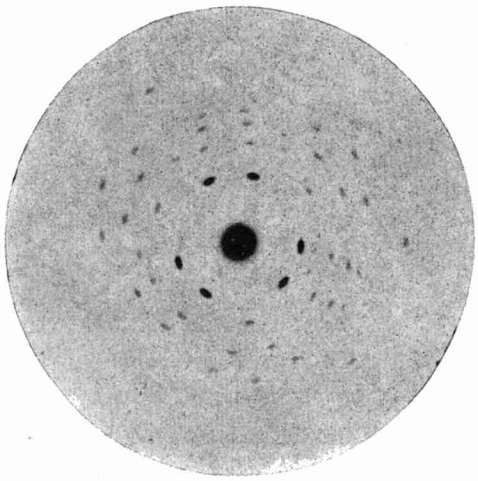


Fig. 7.

Freilich läßt uns, was die Herstellung eines solchen Raumgitters betrifft, die Webetechnik im Stich. Aber die Natur liefert uns in ihren Meisterwerken, den Kristallen, eine Raumstruktur von ganz ähnlicher Art und von viel feineren Abmessungen, wie das hier postulierte Raumgewebe. Schon lange haben die Mineralogen die Anschauung ausgebildet, daß ein Kristall eine regelmäßige Anordnung der Kristallatome im Raum sei, welche im Falle des regulären oder kubischen Systems einen würfelförmigen Aufbau haben müßte, geradeso wie unser Gewebe mit quadratischen Maschen. Wenn eine solche Atomanordnung vom Lichte getroffen wird, so strahlt jedes Atom aus, indem die Elektronen im Inneren des Atoms durch die elektrischen Kräfte des Lichtes zum Mitschwingen veranlaßt werden, und diese Strahlungen werden sich nach einzelnen Richtungen und für einzelne Wellenlinien durch Interferenz verstärken. Wir vergleichen also die Atome des Kristalles etwa den Zwischenräumen zwischen unseren Gewebemaschen.

Wir müssen nun die quantitativen Verhältnisse dieses Vorganges etwas näher betrachten im Anschluß an die Bemerkungen 1 bis 4 auf Seite 6 über die Größenverhältnisse eines Beugungsgitters. Die Abstände der Atome in einem Kristall sind verschieden, je nach dem Atomgewicht seiner Bestandteile und der Dichte des Kristalls, haben aber, wie man schon lange weiß, etwa die Größe 0,1 $\mu\mu$. Das ist viel kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes, die größer als 0,1 μ ist. Nach unserer Bemerkung 3, nach der a größer als λ sein muß, kann daher unser Kristallgitter in gewöhnlichem Licht nicht als Beugungsgitter wirken. Wir brauchen dazu vielmehr ein Licht, dessen Wellenlänge kleiner, aber — ebenfalls nach der Bemerkung 3 — nicht viel kleiner als der Atomabstand a wäre. Solches Licht sind nun die Röntgenstrahlen, deren Wellenlänge ja nach Abschnitt 3 von der Größenordnung 0,01 $\mu\mu$ sein sollte. Gerade diese quantitative Überlegung war es, die *Laue* bei seiner Entdeckung leitete. Sein Ziel war, entsprechend der obigen Bemerkung 4 aus dem bekannten a das unbekannte oder nur ungefähr bekannte λ der

Röntgenstrahlen zu berechnen, wobei nach der Bemerkung 1 für die verschiedenen Interferenzflecke der photographischen Platte verschiedene λ zu erwarten waren.

Wir betrachten nun die Fig. 6 und 7, die sich nach den ersten Vorversuchen sogleich in der hier wiedergegebenen unübertrefflichen Schönheit und Regelmäßigkeit ergaben. Der Kristall war Zinkblende (regulär kristallisierend). Von einer ziemlich harten Röntgenröhre wurde durch ein System von Bleiblenden ein dünner Strahl ausgeblendet, dessen nicht abgelenktes Bild der dunkle Fleck in der Mitte der Photogramme ist. Die photographische Platte stand 35 mm hinter dem Kristall. Die Expositionszeit betrug (die erforderlichen Pausen abgerechnet) etwa 12 Stunden. In Fig. 6 fiel der primäre Strahl senkrecht gegen die nach den Würfelflächen des Kristalls geschnittene, ½ mm dicke Kristallplatte ein, in Fig. 7 senkrecht gegen eine nach den Oktaederflächen geschnittene Platte. In Fig. 6 haben wir daher eine vierzählige Symmetrie oder 4 Symmetrieebenen; je 8 Punkte haben die entsprechende Lage, wie bei dem oben vorausgesetzten quadratischen Gewebe; in Fig. 7 haben wir dreizählige Symmetrie oder 3 Symmetrieebenen, je 6 Punkte gehören zusammen, wie es bei einem aus regelmäßigen Dreiecken gebildeten Maschensystem der Fall sein würde. Der Anblick dieser Figuren enthüllt uns mit einem Schlage die mathematische Harmonie und Gesetzmäßigkeit des inneren Kristallbaues. Jeder Fleck sagt uns etwas über die Anordnung und die Natur der Kristallatome, er gestattet uns überdies durch einfache geometrische Überlegungen die Wellenlänge derjenigen Röntgenstrahlen zu berechnen, welche ihn auf der Platte aufgezeichnet hat. Z. B. gehört zu dem stärksten Fleckensextupel in Fig. 7 die Wellenlänge 0,033 $\mu\mu$, zu den beiden stärksten Oktupeln in Fig. 6 die Wellenlänge 0,04 bzw. 0,031 $\mu\mu$. Man erkennt daraus, daß in der benutzten harten Röntgenröhre Strahlen von der Wellenlänge 0,03 bis 0,04 $\mu\mu$ besonders stark vertreten waren. Auch konnte *Friedrich* in anderen Aufnahmen zeigen, daß bei Benutzung einer weicheren Röhre andere Flecken an Stärke zunahmen, die zu einer größeren Wellenlänge gehören oder, anders ausgedrückt, daß eine weichere Röhre langwelligere Strahlung liefert als eine härtere Röhre.

Seit diesen ersten Versuchen sind natürlich eine große Reihe von Kristallen durchleuchtet worden. Die Symmetrie der zu erhaltenden Bilder wird geringer, wenn entweder der Kristall einem weniger symmetrischen System angehört oder wenn die Einfallsrichtung der Röntgenstrahlen keine Symmetrieachse des Kristalles ist. Immer aber bleibt der allgemeine Charakter der Bilder und ihre theoretische Deutung den hier mitgeteilten einfachsten Beispielen ähnlich.

(Schluß folgt.)

Die Kgl. Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau (Berlin, Schleuseninsel).

Im Anschluß an die Tagung der Schiffbautechnischen Gesellschaft in Berlin besichtigte eine große Anzahl der Teilnehmer der Versammlung die Einrichtungen der Schiffbauabteilung der Königl. Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau auf der Schleuseninsel. Diese dem preußischen Minister der öffentlichen Arbeiten unterstehende Anstalt, welche jetzt 12 Jahre im Betrieb ist und vor drei Jahren auf Grund der früher gemachten Erfahrungen einen vollkommenen Umbau sowohl in ihren Anlagen wie in ihren Versuchsapparaten erfahren hat, ist für eine gewisse bestimmt festgesetzte Zeit des Jahres in erster Linie für die Zwecke der deutschen Marine reserviert, wird aber im übrigen auch, namentlich in den letzten Jahren, in ausgedehntem Maße sowohl von den deutschen großen Privatwerften und der Binnenschiffahrtsindustrie, wie von ausländischen Marinen und Erfindern in Anspruch genommen.

Es wurden die Vorrichtungen für die Herstellung der Paraffin-Schiffsmodelle gezeigt und die verschiedenen Bearbeitungs- und Prüfungsmethoden erläutert. Die Modelle werden zunächst in der ungefähren Schiffsform mit einer gewissen Zugabe mit Hilfe von Leerspanten in einer Tongrube (Fig. 1) geformt und darin als Hohlkörper in Paraffin abgegossen. Darauf kommen sie in die Fräsmaschine, welche mit rotierenden Messern nach den Linien des Schiffsprojekts die genaue Gestalt in wagerechten Schichten einschneidet. Schließlich wird mit Hilfe von Gegenschablonen das zwischen den einzelnen Schichten stehengebliebene Material weggearbeitet (Fig. 2) und so das Modell auf seine endgültige Form gebracht (Fig. 3). Die verschiedenen Anhänge, wie Ruder, Wellen, Wellenböcke, Hosen, Schlingerkiele usw., werden aus Teakholz bzw. Bronze für sich allein angefertigt und erst nachträglich an das Schiffsmodell angesetzt. In diesem Zustande ist das Modell versuchsfertig, wird in einem Trimmtank auf den genauen, dem ausgeführten Fahrzeug entsprechenden Tiefgang gebracht und darauf in einem 150 m langen, 8 m breiten und 4 m tiefen Bassin (Fig. 4) unter einem Schleppwagen vermittels eines Dynamometers auf seine Widerstandsverhältnisse bei verschiedenen Geschwindigkeiten geprüft. Als Resultat dieser Versuche ergeben sich die sogenannten effektiven Pferdestärken, d. h. die wirklich von den Propellern auszuübende Schubleistung, welche erforderlich ist, um das betreffende Schiff bei der verlangten Geschwindigkeit vorwärts zu treiben. Die aufzuwendende Maschinenleistung an indizierten Pferdestärken ist infolge der Verluste durch den Propeller naturgemäß eine größere als die erwähnte effektive Schubleistung. Es geht hieraus schon hervor, daß Versuche zwecks Feststellung des Propellerwirkungsgrades bei einer vorliegenden Konstruktion ebenfalls von großer Wichtigkeit sind. Zu

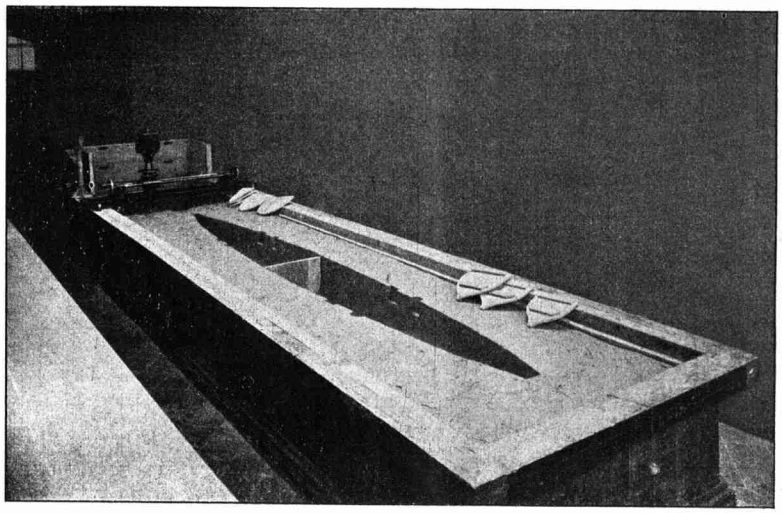


Fig. 1. Tongrube zur Einformung von Schiffsmodellen vermittels Leerspanten.

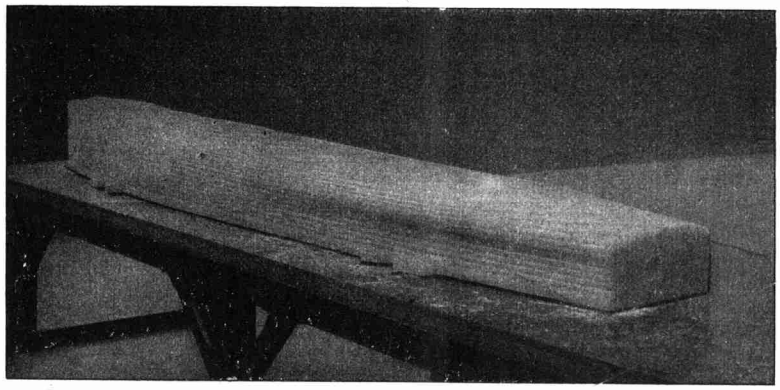


Fig. 2. Fertig gefrästes Schiffsmodell vor seiner endgültigen Bearbeitung auf die gewünschte Form.

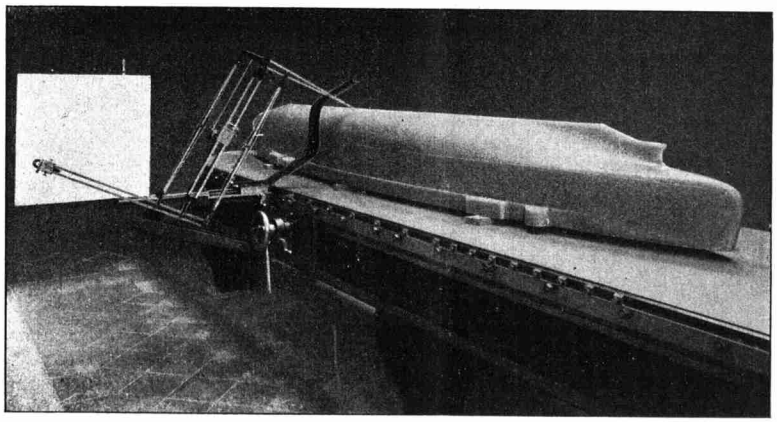


Fig. 3. Fertiges Schiffsmodell ohne Anhänge auf der Richtplatte und Aufmeßapparat zur Kontrolle der richtigen Querschnitte.

diesem Zwecke werden nach den Schiffspropellern genau ähnliche Modellpropeller in kleinem Maßstabe aus leicht zu bearbeitenden Legierungen folgendermaßen hergestellt: Nach den vorliegenden Konstruktionszeichnungen wird ebenfalls mit einer gewissen Zugabe zunächst eine zweiteilige Gußform in Gips ausgearbeitet. Nachdem dieselbe in einem Ofen genügend getrocknet worden ist, wird darin das rohe Propellermodell abgegossen, dieses in einer Fräsmaschine nach der genauen Zeichnung der peripherialen Flügelquerschnitte gefräst und das überstehende Material auf die endgültige gewählte Form durch allmähliches Abfeilen hingearbeitet. Die fertigen Modellpropeller werden bei dem Fahrtversuch hinter den Schraubenstöcken des Schiffsmodells bei der betreffenden Geschwindigkeit auf diejenigen Touren eingestellt, welche erforderlich sind, um einen nutzbaren Schub gleich dem Modellwiderstand zu liefern. Für diesen Zustand werden außer den Touren, den Geschwindigkeiten, Propellerschüben und Schiffsmodellwiderständen auch die Drehmomente der Modellpropeller graphisch aufgezeichnet, womit alle Unterlagen gegeben sind, um sowohl den Propellerwirkungsgrad wie auch die aufzuwendende Maschinendreharbeit für die projektierte Geschwindigkeit berechnen zu können. Da Versuche dieser Art selbst für ein einziges vorliegendes Projekt einen Spielraum mannigfacher Variationen in den Konstruktionsverhältnissen der Schrauben wie in denen der Schiffsformen zulassen, so werden zwecks Ermittelung des Einflusses der einzelnen Konstruktionselemente sowohl mit Propellern wie mit Schiffsmodellen systematische Versuche unter gesetzmäßiger Abänderung der verschiedenen Modelle nach einer Grundform vorgenommen. Hierfür ist naturgemäß ein umfangreiches, genau festgelegtes Versuchsprogramm erforderlich, welches sich einerseits den Bedürfnissen der Praxis nach Möglichkeit eng anschließt, anderseits aber auch diejenigen Grenzen umfaßt, die mit einiger Wahrscheinlichkeit überhaupt noch für praktische Zwecke jemals in Frage kommen werden. So bezieht sich z. B. das systematische Propellerversuchsprogramm für die nächsten Jahre auf Serienpropeller von je 25 Stück, die zunächst normale elliptische Blattform, gerade, senkrechte Erzeugende, symmetrische Flügelquerschnitte und gleiche maximale Flügelstärke, aber fünf verschiedene Steigungsverhältnisse bei fünf verschiedenen Verhältnissen des abgewickelten Flügelareals zu dem der Schraubendiskfläche aufweisen (s. Tafel). Unter genauer Einhaltung dieser Konstruktionsverhältnisse ist bei der zweiten Serie von ebenfalls 25 Stück nur die maximale Flügeldicke verstärkt, bei der dritten verringert, so daß diese einfache Variation schon 75 Modellpropeller erforderlich macht. Weitere Serien von je 25 Stück Propellern dienen dazu, den Einfluß der Flügelzahl (2, 3 und 4), den der Dicke der Nabe, der Neigung der Erzeugenden, der Kurve derselben, der Form des Flügelblattes, der Gestalt der Flügelquerschnitte, des peripherial und radial veränderlichen Steigungsverhältnisses und andere mannigfache, in der Praxis im Laufe der Jahre zur Ausführung gelangten Variationen in den Konstruktionsverhältnissen der Schrauben zu prüfen und ihren Wert für den Schiffsantrieb gegeneinander abzuwägen. Wie hieraus zu ersehen, macht die Ausführung eines derartigen systematischen Versuchsprogramms allein schon eine jahrzehntelange Arbeit erforderlich. Genau dieselben Verhältnisse sind jedoch nicht nur für

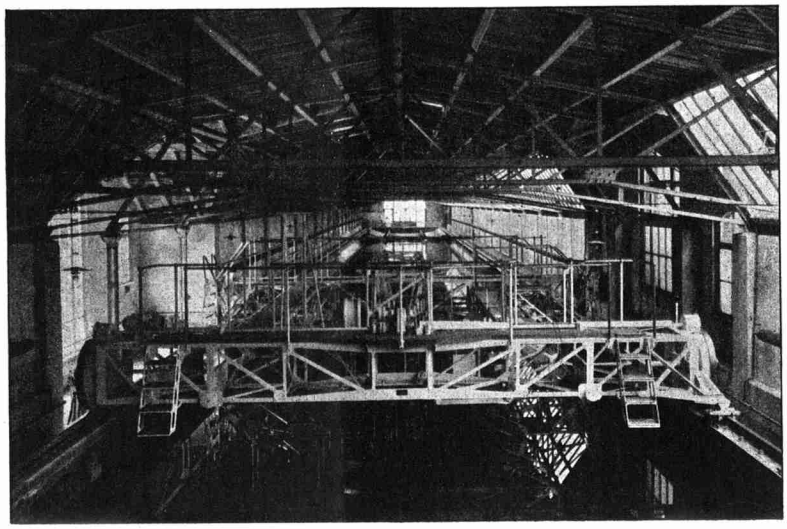
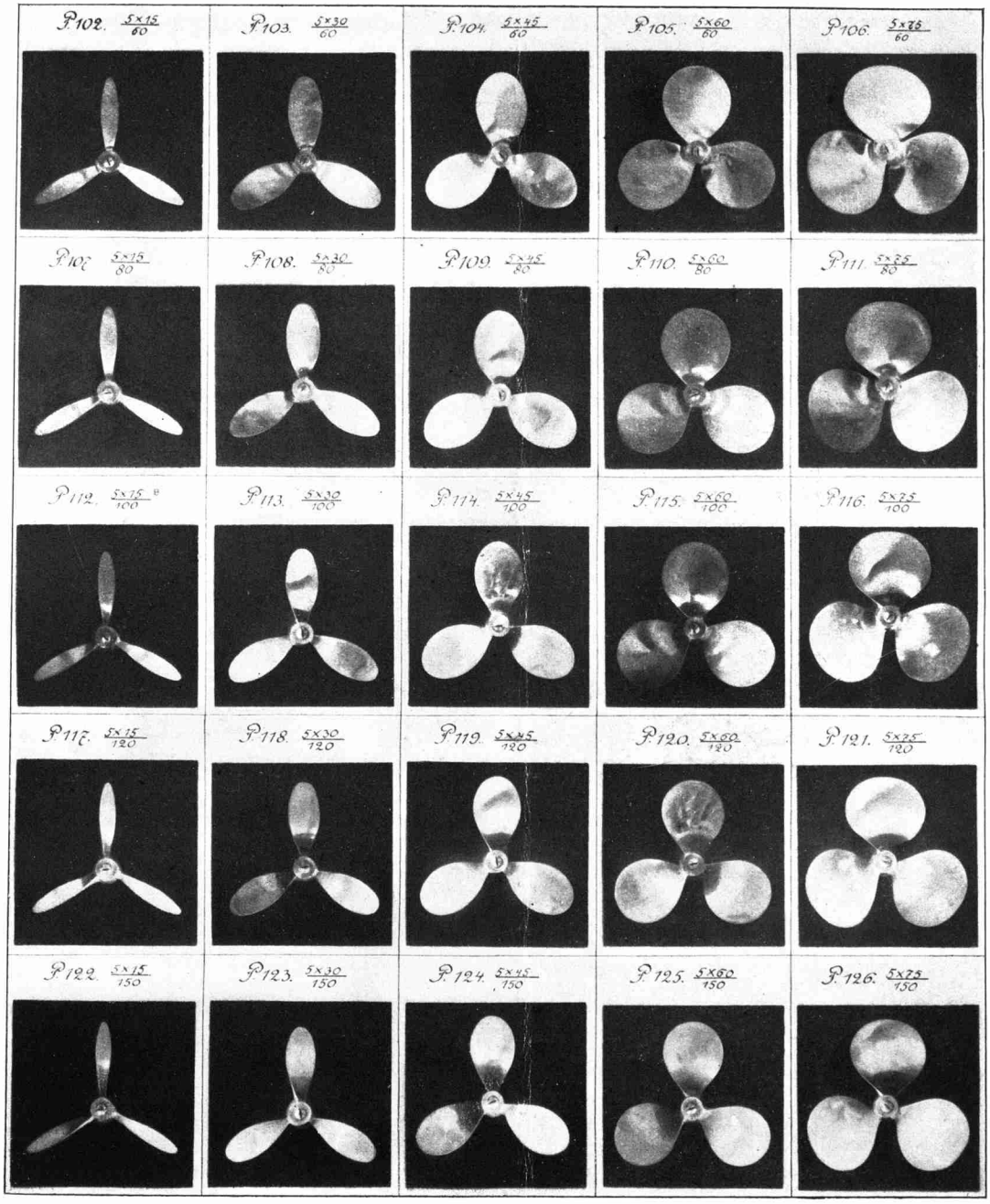


Fig. 4. Versuchsbassin mit Schleppwagen.

Serie systematisch von einander abgeleiteter Schiffspropeller-Modelle.



Die Kgl. Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau (Berlin, Schleuseninsel).

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Schiffspropeller, sondern auch für aus konstruktiven Gründen anders geformte Luftpropeller von Flugzeugen und Luftschiffen, Torpedopropeller, Schaufelräder usw. durch Modellversuche zu bestimmen. Noch größer sind die möglichen Variationen in den Formen, Schärfegraden und Abmessungsverhältnissen der Schiffskörper. Da die Zwecke, für welche Schiffe gebaut werden, so verschiedenartige sind und die Fahrzeuge außerdem oft mit der Entwicklung der ganzen Technik in kurzer Zeit ganz wesentliche Änderungen erfahren, so wird es nur in beschränktem Maße möglich und andererseits auch nicht erforderlich sein, eine Reihe von systematischen Modellversuchen mit gesetzmäßig auseinander abgeleiteten Formen auszuführen. Die meisten der Versuche, welche der Anstalt zugewiesen werden, beziehen sich daher auf einen ganz bestimmten Konstruktionsfall und verfolgen nur das Ziel, die Unterlagen zu liefern, um unter gegebenen vorliegenden Konstruktionsbedingungen den vorteilhaftesten Kompromiß ziehen zu können.

Besprechungen.

Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Herausgegeben von *Paul Hinneberg*. 3. Teil. Mathematik, Naturwissenschaften, Medizin. 4. Abteilung. Organische Naturwissenschaften. Unter Leitung von *R. v. Wettstein*. 1. Bd. **Allgemeine Biologie.** Redaktion: † *C. Chun* und *W. Johannsen* unter Mitwirkung von *A. Günthart*. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1915. XI., 691 S. und 115 Textabbildungen. 8°. Preis geh. M. 21,—, geb. in Leinw. M. 23,—, in Halbfr. M. 25,—.

Der 1. Band der biologischen Abteilung der „Kultur der Gegenwart" ist, wie die Vorrede aus der Feder von *W. Johannsen* meldet, einer „gemeinverständlichen Darstellung der allgemeinen Biologie" gewidmet. Es ist nun freilich, wie mir scheint, nicht allen Mitarbeitern gelungen, im besten Sinne des Wortes populär zu schreiben, aber das mag zu einem guten Teil an der Schwierigkeit mancher der von ihnen behandelten Probleme liegen. Zu Worte sind gekommen etwa die gleiche Zahl Botaniker und Zoologen (mit Einschluß der Anatomen usw.) in nicht weniger als 22 Kapiteln („Steinen"), so daß eine „recht bunte Mosaikdarstellung" die Folge war.

Zuerst werden einige allgemeinere Themata behandelt. *E. Rádl* liefert auf nicht ganz 30 Seiten eine sehr lesbare Geschichte der Biologie von Linné bis Darwin, dann bespricht *A. Fischel* noch kürzer die Richtungen der biologischen Forschung mit besonderer Rücksicht auf die zoologischen Methoden. Er erwähnt zu Anfang mit Recht, der Begriff Biologie werde in zwei Bedeutungen gebraucht, vergißt aber dabei, daß man sich seiner (in der Zoologie wenigstens) in noch anderer Weise bedient, nämlich im Gegensatz zur Systematik und Anatomie. Daß die Karminsäure nicht in der Mikrotechnik verwandt werde, ist nicht richtig. — Ganz kurz und rein beschreibend ist ferner der Beitrag von *O. Rosenberg* über die Untersuchungsmethoden des Botanikers. Dagegen bringt *H. Spemann* eine sehr klare und gute Geschichte und Kritik des Begriffes der Homologie. Auszusetzen habe ich daran nur, daß er Ontogenesis und Ontogenie (ebenso Phylogenesis und Phylogenie) durcheinander gebraucht, während ihr Urheber Häckel doch scharf definiert: Ontogenie = Entwicklungsgeschichte, Ontogenesis = Entwicklung! — Sehr eingehend handelt *O. zur Strassen* von der Zweckmäßigkeit. Er stellt sich völlig auf den Boden der Mechanistik und legt dar, wie „es bis zum Beweis des Gegenteils gilt, daß alles zweckmäßige Geschehen *an sich* mechanistisch erklärbar ist". „Reiner Zufall, organisierter Zufall, konservierter Zufall, das sind die drei Stufen des zweckmäßigen Geschehens und sein gesamter Gehalt." — Leicht verständlich geschrieben ist auch der Artikel von *W. Ostwald* über die Allgemeinen Kennzeichen der organisierten Substanz. Diese wird als ein kolloides Gebilde aufgefaßt, und die Kolloidchemie geradezu als das „gelobte Land der allgemeinen Biologie" gepriesen. Dann läßt *O. Roux* (Wesen des Lebens) das Leben nur funktionell definierbar sein, und *W. Schleip* erörtert Lebenslauf, Alter und Tod des Individuums vom Standpunkte Weismanns aus, gleichfalls sehr verständlich. — Einer ebenso ausführlichen wie guten und kritischen Darstellung des „Protoplasmas" begegnen wir nun bei *B. Lidforss*. Natürlich überwiegt hier der botanische Teil. Mit Recht sagt *Lidforss*, daß wir zurzeit „nur die gewaltsam herausgerissenen Bausteine, nicht aber die Gesamtarchitektur der lebenden Protoplasmateilchen" chemisch untersuchen können. Aus der Feder des leider verstorbenen *Lidforss* rührt auch eine kurze Betrachtung des zellulären Baues, der Elementarstruktur, Mikroorganismen und Urzeugung, daran schließen sich auf wenigen Seiten die Angaben von *G. Senn* über die Bewegungen der Chromatophoren — gemeint sind allerdings nur die pflanzlichen! — Die dann folgende Auseinandersetzung von *M. Hartmann* über Mikrobiologie oder Allgemeine Biologie der Protisten wird vom Verfasser selbst einerseits als „nur eine Art Brockensammlung", andererseits als eine „Tendenz- und Programmschrift" bezeichnet; er setzt in ihr für die Zelle als elementare Lebenseinheit die Energide (im morphologischen Sinn) ein, weicht in der Auffassung des Todes von *Schleip* ab und in der des Generationswechsels von *Claussen* (s. unten): nur „mit Zwang und in voller Verdrehung des Ausdrucks Generation und Generationswechsel" könne das Schema von den höheren Pflanzen auf die meisten Algen und Pilze übertragen werden. — Es folgt *E. Laqueur* mit einer ziemlich eingehenden Studie über die wichtigsten Fragen und Ergebnisse der tierischen Entwicklungsmechanik. Aufgabe und Bedeutung dieses Zweiges der Wissenschaft betrachtet er als ein Bindeglied zwischen Morphologie und Physiologie sowie als ein Bollwerk gegen den Vitalismus. Nicht weniger ausführlich verbreitet sich *H. Przibram* über die Regeneration und Transplantation im Tierreich. Die Erscheinungen jener erheischen nach *Przibram* „keine Ausnahmegesetze von den in der anorganischen Welt uns bekannten Ursachen und Wirkungen". Schlicht deskriptiv ist wiederum der analoge Aufsatz von *E. Baur* über diese Vorgänge im Pflanzenreich. Sodann ergreift *E. Godlewski jun.* das Wort zu seiner sehr langen, rein sachlichen Besprechung der allerdings so vielgestaltigen Fortpflanzung der Tiere, und ihm tritt *P. Claussen* für die Pflanzen an die Seite, behandelt aber sein Thema kürzer, weniger einfach und etwas dogmatisch, indem er Hofmeisters Lehre vom Generationswechsel der höheren Pflanzen auf die Algen und Pilze auszudehnen sucht. Ebenfalls auf botanischem Gebiete bewegt sich *W. Johannsen* mit einem knappen Berichte über die Periodizität im Leben der Pflanze, die er tief im Wesen der Organisation begrün-

det sein läßt. Daran schließt sich nochmals ein Botaniker, *O. Porsch*, der sich erst ganz kurz über die Gliederung der Organismenwelt in Pflanze und Tier ausläßt (beide sind ihm „zwei verschiedene Endformen des Lebens mit gleichem Anfang"), darauf aber um so ausführlicher über die Wechselbeziehungen zwischen Pflanze und Tier. Besonders geht er auf Symbiose (speziell der Ameisen mit den Pflanzen), Pilzgärten, Gallen, Epiphyten usw. ein. Auch er behandelt seinen reichen Stoff sehr anschaulich. — Ganz skizzenhaft ist der Beitrag von *P. Boyen-Jensen* über die Hydrobiologie, um so reichhaltiger hingegen zum Schluß der von *W. Johannsen* über die experimentellen Grundlagen der Deszendenzlehre. Hier wird in präziser, vorsichtiger, stellenweise scharfer Form die neuere Erblichkeitsforschung oder Genetik vorgeführt; zur Erläuterung der gar nicht leichten Materie zieht Verfasser gern Vergleiche und Analogien aus der Chemie heran. Die Genetik verhält sich zu den Deszendenztheorien kritisch. Die echte Erblichkeit, d. h. die Anwesenheit gleicher Gene in den Generationen einer Deszendenzreihe, ist nicht mit der Übertragung und Tradition zu verwechseln. Die bisher bekannt gewordenen Mutationen sind so gering, daß sie kaum zum Verständnis der Entwicklung der Organismen beitragen. Die Selektion isoliert nur die schon gegebenen konstitutionell verschiedenen Wesen, ruft aber keine genotypischen Änderungen hervor. Die Bastarde sind rein physiologisch zu definieren, ohne Rücksicht auf die Vorgeschichte ihrer Bildung. Semons Mneme ist nur eine geistreiche Spekulation.

Dem Register hat die Redaktion, wie sie selbst sagt, besondere Sorgfalt zugewandt. Da aber der Registermann sicher kein Zoologe war, so sind von den Druckfehlern im Texte — es sind ihrer zum Glück relativ sehr wenige — leider einige mit hineingelangt. Z. B. hat über Amöben nicht *Stole*, sondern *Štolc* geschrieben, und die schönen Arbeiten über die Polyembryonie rühren nicht vom Engländer *Marshall*, vielmehr vom Franzosen *P. Marchal* her. *Gerharz* muß *Gerhartz* heißen, *Brähm* wohl *Brehm*. Die Hirudinee Holobdella soll Helobdella sein. Auf S. 451 steht Lacinularia Diglena statt Lacinularia, Diglena, und so ist Diglena gar nicht ins Register gekommen. Die Erklärungen zu Fig. 2 B auf S. 409 und Fig. 3 auf S. 410 enthalten Irrtümer. Hyloecetus wird fälschlich als Hylecoetus gebracht. Für die undeutsche Wendung: Artikel Spemann (oder Hartmann, Lidforss usw.) statt Spemanns Artikel ist wohl nur die Redaktion verantwortlich.

P. Mayer, Jena.

Steinmann, P., Praktikum der Süßwasserbiologie. 1. Teil: Die Organismen des fließenden Wassers. Mit Beiträgen von *R. Siegrist* (Phanerogamen und Moose) und *H. Gams* (Kryptogamen exkl. Moose). Berlin, Gebrüder Bornträger, 1915. VIII, 184 S. und 118 Textabbildungen. 8°. Preis geb. M. 7,60.

Dem erst neulich auf S. 662 (dritter Jahrgang) besprochenen 6. Band der bei Bornträger erscheinenden Sammlung naturwissenschaftlicher Praktika hat sich schnell der 7. angereiht. Er gilt den Organismen des fließenden Wassers und setzt sich vor, diese „nach Lebensbezirken zu ordnen und die Organismengesellschaften auf ihre gemeinsamen Züge zu untersuchen"; die Systematik tritt daher etwas in den Hintergrund. Zuerst bespricht Verfasser ganz kurz das Leben im Süßwasser, ferner die Lebensbezirke der rheophilen Organismen und die Technik zu ihrem Studium (allzu knapp, mitunter unzureichend, z. B. wenn es auf S. 90 und 92 nur heißt, man solle Eisessigglyzerin anwenden, von dem sonst nirgend die Rede ist), und schildert dann im Hauptteile auf weit über 100 Seiten die Pflanzen (hier haben die zwei Botaniker geholfen) und Tiere der fließenden Gewässer. Dabei werden in der Regel von jedem Organismus Fundorte, Fang, Stellung und Anpassungen erörtert, leider nicht gleichmäßig genug. Die Angaben über die Stellung im System sind zudem oft so selt sam gehalten, daß sie schwer oder kaum noch verständlich sind. Den Schluß des Buches bildet ein Kapitel, worin die morphologischen und physiologischen Eigentümlichkeiten der rheophilen Tiere behandelt wer den. Zwar liefert es nur eine „Anregung für zukünftige Studien", ist aber selbst in dieser unvollständigen Gestalt dankbar zu begrüßen. Das gilt auch von den noch knapperen Vermutungen über die Herkunft der rheophilen Fauna, auf die ausführlicher im 2. Teil des Praktikums eingegangen werden soll.

Hauptsächlich ist das Buch für Studenten geschrieben, könnte daher nicht sorgfältig genug abgefaßt sein. Das ist aber nicht überall so geschehen, wie es im Interesse der Benutzer gelegen hätte. Das Streben nach Erklärung der Gattungs- und Artnamen ist zwar recht erfreulich — es sind sogar zwei Philologen dabei behilflich gewesen —, nur hätte es auch ordentlich durchgeführt werden müssen. So aber fragt sich der Student vergebens, warum z. B. das Wort *Planaria* gedeutet wird, nicht dagegen *Polycelis*, ebenso warum *Mentha*, nicht *Veronica*, usw. usw. Die sachlichen Kunstausdrücke werden ebenfalls bald erklärt, bald nicht. Was ist ein Ubiquist, was ist anemotaktisch, was hygropetrisch? Welcher Student soll das wissen? (Nebenbei: tychopotamisch ist wohl eher von *τυγον* als von *τυγγανω* abzuleiten.) Nereiden (und Nereïden) und Limnaeen sollte man nicht in der Weise brauchen, wie es hier geschieht, nämlich zur Bezeichnung ökologischer Gruppen; übrigens werden sogar diese Ausdrücke weder erklärt noch definiert. Sperr-, Kursiv- und gewöhnlicher Druck laufen bei den Gattungen und Arten wild durcheinander, und nicht minder wechselt in manchen Fremdwörtern das k mit dem c anmutig ab: Catharobien neben katharob, Limnokrenen und Limnocrenen, Calciumkarbonat usw. Die Elytren werden richtig auf *ἐλυτρον* zurückgeführt, aber ruhig mit einem th geschrieben. Natürlich sind auch die griechischen Bezeichnungen nicht frei von Irrtümern. Die Erklärung für autotroph („*αὐτός τρέφω*, nährend") beruht wohl auf einem Versehen des Setzers, das aber nicht korrigiert wurde. Echte Druckfehler sind in Fig. 38 Jolierte für Isolierte und in Fig. 87 Stepping statt Stebbing. Vom Register möchte ich lieber schweigen; es ist so dürftig und ungenau, daß es seinen Zweck nicht erfüllen kann. Bei einer Prüfung rein aufs Geratewohl vermisse ich darin: Catharobien, Nereiden, Ringel-, Strudel- und Plattwürmer, Blutegel, Gastropoden, Schnecken, Phyto- und Rheophile, Statoblasten, Schwämme, Moostiere, Flechten, Limicole; die ganzen Al stehen hinter An; Ri kommt vor Rh; *Helodes* und *Heptagenia* haben falsche Plätze, usw.

Wie von *Möbius* werden auch von *Steinmann* die Vergrößerungen der Abbildungen nicht angegeben, was ich hier für noch weniger angebracht halten muß als dort.

P. Mayer, Jena.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.

Verlag von Julius Springer in Berlin

Soeben erschien:

Reichsfinanzreform und Innere Reichspolitik 1906—1913

Ein geschichtliches Vorspiel zu den Ideen von 1914

Von

Dr. Hans Teschemacher

Preis M. 2.—

Soeben erschien:

Eine Kriegsvorlesung über die Volkswirtschaft

Das Zeitalter der Volksgenossenschaft

Von **Dr. Johann Plenge**

ord. Professor der Staatswissenschaften an der Universität Münster i. W.

Preis M. 0.80

Die Technik und der Krieg

Zwei Vorträge

gehalten in der Aula der Königl. Techn. Hochschule zu Danzig von

Dr. G. Roessler

(Sonderabdruck aus den Monatsblättern des Berliner Bezirksvereins deutscher Ingenieure)

Preis M. 1.—

Staatliche Mütterfürsorge und der Krieg

Von

Dr. med. Alfons Fischer

Karlsruhe

Preis M. —.40

Soeben erschien:

Der Beruf der Säuglingspflegerin

Deutsche und englische Säuglingspflege. — Die Pflegerinnenschulen Deutschlands. — Staatliche Vorschriften für die Ausbildung des Säuglingspflegepersonals. — Dienstanweisungen.

Von

Prof. Dr. L. Langstein
Direktor des Kaiserin-Auguste-Viktoria-Hauses zur Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit im Deutschen Reiche

und

Oberarzt Dr. F. Rott
Dirigent des Organisationsamtes für Säuglingsschutz im Kaiserin-Auguste-Viktoria-Hause

Preis M. 1.20

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

EN-GEE MENISKEN

sind die Brillengläser der **Gegenwart** u. **Zukunft!**

Die En-Gee-Menisken werden in Einzelherstellung seit mehreren Jahrzehnten und im Großbetrieb seit dem Jahre 1906 gefertigt. Seit dieser Zeit werden sie in verbesserter Form unter Zugrundelegung einer **Reihe systematisch abgestufter Grundkurven hergestellt.** Die Auswahl der Grundkurven erfolgte, wie in der Druckschrift „En-Gee-Menisken" vom Jahre 1909 erörtert wird, unter dem Gesichtspunkte der **Aufhebung** der bei **schiefen Blickrichtungen** auftretenden **astigmatischen Fehler.**

Mathematische Berechnungen, **die gewaltig steigende Nachfrage** im In- und Auslande und endlich **praktische Versuche,** angestellt von ophthalmologischen und militärärztlichen Autoritäten, haben bewiesen, daß **unser System richtig ist,** und daß die **En-Gee-Menisken** in ihrer optischen Güte von **keinen anderen Brillengläsern** übertroffen werden. Als einen

TRIUMPH

müssen wir es bezeichnen, daß die **En-Gee-Menisken**, sphärisch und torisch, nach **sorgfältigster Prüfung** wegen ihrer **hervorragenden optischen Güte** nunmehr allgemein in der **gesamten deutschen Armee** zur Verwendung in Schießbrillen ohne Stellvorrichtung eingeführt worden sind.

NITSCHE & GÜNTHER
OPTISCHE WERKE
RATHENOW

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.