

13.10.1928

Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

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 41 (SEITE 765—776)

12. OKTOBER 1928

16. JAHRGANG

INHALT:

Der Charakter der Quantenphysik. Von P.

JORDAN, Hamburg 765

ZUSCHRIFTEN:

Ein neues h-Fructose-anhydrid. Von H. H.

SCHLUBACH und H. ELSNER, Hamburg . . . 772

Eine neue Erscheinung bei der Lichtzerstreuung

in Krystallen. Berichtigung 772

BESPRECHUNGEN:

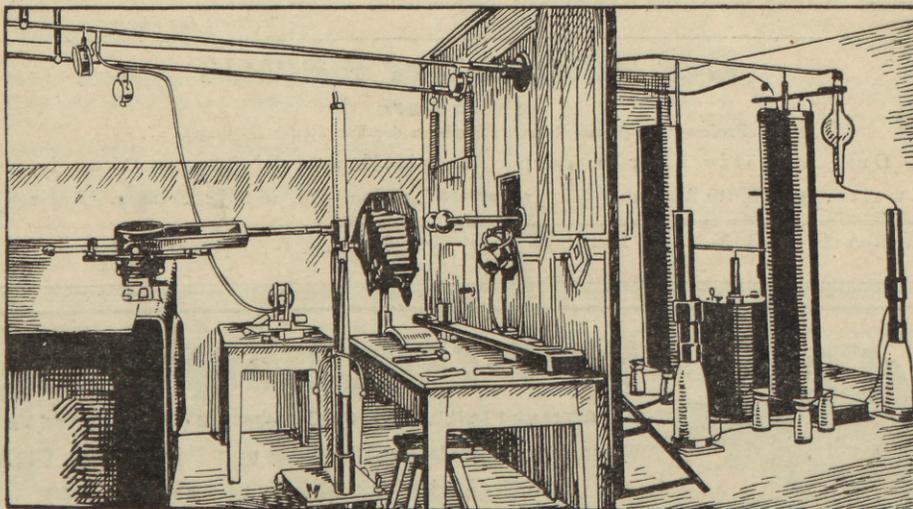
SCUPIN, H., Ostbaltikum. I. Teil. (Ref.: S. v. Bubnoff, Breslau) 772

KRAUS, E., Ostbaltikum. II. Teil: (Ref.: S. v. Bubnoff, Breslau) 773

KOSSMAT, FRANZ, Übersicht der Geologie von Sachsen. (Ref.: Hans Becker, Leipzig) . . . 774

MITTEILUNGEN AUS VERSCHIEDENEN GEBIETEN:
Alexander von Wolkoff. Das Überleben von Geweben nach dem Tode des Individuums . . 775

Material-Prüfungen durch Röntgenstrahlen



Eresco-Großeinrichtung in einem technischen Betriebe

Rich. Seifert & Co., Hamburg 13
Spezialfabrik für Röntgenapparate

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.60. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an
Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{1}$ Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53 und 6326—28
sowie Amt Nollendorf 755—57

Anregung von Quantensprüngen durch Stöße

Dr. J. Franck
Professor an der Universität Göttingen

Von
und

Dr. P. Jordan
Assistent am Physikalischen Institut
der Universität Göttingen

Mit 51 Abbildungen. VIII, 312 Seiten. 1926. RM 19.50; gebunden RM 21.—

Inhalt: Einleitung. — Kinetik sehr langsamer Elektronen in Gasen und Dämpfen. — Methoden zur Bestimmung kritischer Potentiale durch Elektronenstoß. — Kritische Potentiale und Spektraltermen von Atomen. — Ausbente an Quantensprüngen bei Elektronenstößen. — Umsatz von kinetischer Energie und Wärmeenergie atomarer Gebilde in Anregungsenergie. — Umsatz von Anregungsenergie. — Kritische Potentiale von Molekülen. — Verknüpfung von Quantensprüngen mit chemischen Reaktionen. — Namen- und Sachverzeichnis.

(Band III der „Struktur der Materie in Einzeldarstellungen“)

Probleme der Atomdynamik

Von **Max Born**

Professor der Theoretischen Physik an der Universität Göttingen

Erster Teil: **Die Struktur des Atoms**

Zweiter Teil: **Die Gittertheorie des festen Zustandes**

Dreißig Vorlesungen, gehalten im Wintersemester 1925/26 am Massachusetts Institute of Technology

Mit 42 Abbildungen und 1 Tafel. VIII, 183 Seiten. 1926. RM 10.50; gebunden RM 12.—

Aus den Besprechungen: Der Verfasser des vorliegenden Buches ist in diesem Schrifttum seit langem hervorragend vertreten und einer der besten Kenner dieses Gebietes. Auf Grund dieser Tatsache wurde er eingeladen, in der Zeit vom 14. November 1925 bis zum 27. Januar 1926 in Massachusetts Institute of Technology in Cambridge (Mass.) Vorlesungen über dieses Gebiet zu halten. Die Vorlesungen bilden die Grundlage des vorliegenden Buches. Es ist bezeichnend, daß in der kurzen Zeit vom Ende der Vorlesungen bis zum Druck des Buches die neue Quantenmechanik sich in solchem Maße weiterentwickelte, daß es dem Verfasser nicht angänglich erschien, die neuen Resultate unberücksichtigt zu lassen, so daß sich die deutsche Ausgabe erheblich von der früher erschienenen englischen unterscheidet.

„Zentralblatt für die gesamte Radiologie.“

Der Aufbau der Materie

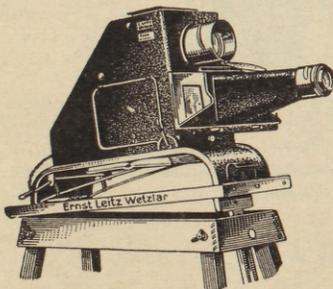
Von **Max Born**

Professor der Theoretischen Physik an der Universität Göttingen

Drei Aufsätze über moderne Atomistik und Elektronentheorie

Zweite, verbesserte Auflage. Mit 37 Textabbildungen. VI, 86 Seiten. 1922. RM 2.—

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9



Epidiaskop Vc
4—8 m Projektionsdistanz

Leitz-Epidiaskope Vc u. Vf

Anerkannt erstklassige Projektionsapparate für Schulen und Vereine
Helle, randscharfe Projektionen von Papier- und Glasbildern
Ergänzbar mit Mikro- und Filmansätzen

Moderne, geschlossene Bauart • Bestkorrigierte Optik

Fordern Sie kostenlos Liste No. 3590

Wir warnen vor minderwertigen Nachahmungen!

Ernst Leitz, optische Werke, Wetzlar

Lieferung durch die Fachgeschäfte

Der Charakter der Quantenphysik¹.

VON P. JORDAN, Hamburg.

Ein sonderbarer Zufall der Geschichte hat es gefügt, daß genau im Jahre 1900 die Entdeckung der Energiequanten geschah. Von vornherein war auf diese Weise unser Jahrhundert bezüglich der Entwicklung der Physik gekennzeichnet als das Jahrhundert der Quantentheorie. Wir haben ja neben der Entstehung der Quantentheorie noch eine andere Leistung auf dem Gebiete der theoretischen Physik erlebt, welche für sich allein schon ausreichen würde, um unsere Zeit als gleichberechtigt neben die Zeiten der GALILEI und NEWTON oder FARADAY und MAXWELL zu stellen: nämlich die Relativitätstheorie. Wenn wir uns aber den Charakter der Relativitätstheorie vergegenwärtigen und wenn wir einmal nicht das Ausmaß der in ihr enthaltenen Gedankenleistung, sondern eben diesen Charakter der Fragestellungen und Antworten der Relativitätstheorie als Kriterium für ihre Einordnung in die geschichtliche Entwicklung der Physik betrachten, dann muß wohl zweifelsohne die Relativitätstheorie nicht als ein Anfang, sondern gerade als ein Abschluß in einer langen Entwicklungslinie betrachtet werden.

Wenn wir zunächst daran denken, mit welcherlei Experimenten und Beobachtungen die Relativitätstheorie empirisch begründet wurde, so sind es vor allem drei Gruppen von Feststellungen: Erstens rein optische Versuche, wie die von FIZEAU und MICHELSON, zweitens Versuche zur Elektrodynamik bewegter Körper; und drittens endlich Feststellungen über die Gravitation, wie der Nachweis der Proportionalität von träger und schwerer Masse oder die bekannten astronomischen Beobachtungen zur Relativitätstheorie. In allen diesen Fällen handelt es sich um Versuchsanordnungen und um Fragestellungen, die in ganz enger und organischer Verbindung stehen mit den Experimenten aus der klassischen Periode der Physik: alle hierbei benutzten Apparate und Versuchsmethoden bieten im Prinzip nur Verfeinerungen und weitere Umformungen derjenigen Verfahren, mit denen schon die Begründer der klassischen Mechanik, Optik und Elektrizitätslehre gearbeitet hatten.

Entsprechend liegen auch die theoretischen Fragestellungen, um welche sich diese Experimente drehen, gewissermaßen in der geradlinigen Fortsetzung klassischer Probleme. Wie man weiß, geht die Problematik des absoluten Raumes ebenso wie das Gravitationsgesetz bis auf NEWTON zurück; Experimente in der Art des MICHELSONSchen oder FIZEAUSchen bilden naturgemäße Fortsetzungen der älteren Messungen der Lichtgeschwindigkeit;

¹ Hamburger Antrittsvorlesung.

und die elektromagnetischen Probleme und Experimente zur Relativitätstheorie schließen sich unmittelbar an die MAXWELL-HERTZschen Untersuchungen an.

Was nun endlich die Beantwortung der um das Relativitätsproblem gelagerten Fragen anbetrifft, so sind es bekanntlich zwei sehr kühne, und zugleich vollendet einfache und klare Gedanken, die im wesentlichen die ganze Antwort enthalten: die Annahme einer Relativität der Gleichzeitigkeit und die Annahme einer Äquivalenz von Gravitations- und Beschleunigungsfeld. Auch diese Gedanken zeigen — trotz ihrer überraschenden Neuartigkeit — eine ganz enge Verwandtschaft ihres inneren Charakters mit den tragenden Gedankengängen der klassischen Theorien. Diese Verwandtschaft verrät sich in der Leichtigkeit, mit der die neuen Gedanken mit den älteren Theorien in Verbindung gesetzt werden konnten: die MAXWELLSche Theorie enthielt gewissermaßen implizit schon die spezielle Relativitätstheorie; und für das EINSTEINSche Äquivalenzprinzip fand sich in der von RIEMANN entwickelten verallgemeinerten Geometrie das passende mathematische Darstellungsmittel.

Vollkommen anders verhält sich demgegenüber die Quantentheorie. Ihre wichtigsten empirischen Unterlagen stammen aus Gebieten, wie dem der Wärmestrahlung, der Spektralanalyse, der Elektrizitätsleitung in Gasen, also aus Gebieten, welche größtenteils lange Zeit hindurch gewissermaßen in das Raritätenkabinett der Physik gehört haben.

Die Spektralanalyse hat von ihrer Entdeckung an ein wertvolles analytisches Hilfsmittel des Chemikers gebildet; sie hat die Begründung einer Chemie der Sterne möglich gemacht. Die Untersuchung der Frequenzen der verschiedenen Spektrallinien hatte eine Reihe seltsamer Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen, wie vor allem die BALMERformel und die verwandten Gesetze anderer Spektren. Die Methoden der empirischen Frequenzbestimmung waren zu solcher Vollkommenheit ausgebildet worden, daß ihre Genauigkeit mit der Genauigkeit astronomischer Messungen wetteifern konnte. Aber dies ganze Gebiet der Spektralforschung blieb völlig außerhalb des Systems der klassischen Physik; es gelang nicht, irgendeine nähere Verbindung zwischen den hier gefundenen Erscheinungen und den Gesetzmäßigkeiten der klassischen Mechanik, Optik und Elektrizitätslehre herzustellen.

Bezüglich der Elektrizitätsleitung in Gasen lagen die Dinge wenigstens teilweise günstiger. Zwar tritt auch hier eine Fülle zum Teil sehr verwickelter Erscheinungen auf, für die erst später

von quantentheoretischen Erfahrungen aus Aufklärung gewonnen werden konnte. Aber wenigstens unter gewissen speziellen Bedingungen konnte man sich in diesem Gebiet zurecht finden, ohne schon die charakteristischen Quantenerscheinungen zu kennen. Die Entdeckung der Kathodenstrahlen hat dann nicht nur die e/m -Bestimmung für die Elektronen ermöglicht, sondern auch darüber hinaus — im Verein mit den aus der Radioaktivität gewonnenen Einsichten — einige der wichtigsten Unterlagen der heutigen Atomtheorie zu gewinnen geholfen.

Die erste deutliche und entscheidende Erkenntnis der wunderbaren Naturgesetze, die sich verbargen unter der gleichsam chaotischen Fülle seltsamer Erscheinungen in der Spektroskopie, der Elektrizitätsleitung in Gasen und anderen, verwandten Gebieten, ist im Jahre 1900 von PLANCK aus der Untersuchung des Gesetzes der schwarzen Strahlung gewonnen worden. Man konnte an diesem Problem zum ersten Male deutlich sehen, daß ganz bestimmte Behauptungen der klassischen Theorien empirisch unrichtig sind; vor allem der sog. Gleichverteilungssatz der klassischen statistischen Mechanik. Die eindringliche Verfolgung dieser Schwierigkeiten hat PLANCK zu jener Entdeckung geführt, die auf lange Zeit hinaus das erstaunlichste und aufregendste Thema unserer Wissenschaft liefern sollte.

Die weitere Entwicklung hat immer klarer erkennen lassen, daß die von PLANCK aufgespürten Wirkungsquanten von beherrschender Bedeutung sind für alle Gesetze der Atomphysik: Wir wissen heute, daß eine Atomphysik nicht möglich ist ohne Quantenphysik. Wir könnten aus diesem Grunde die vor 1900 geschehene Entwicklung der Atomphysik als eine Vorstufe der Quantentheorie betrachten. Aber auch die Atomtheorie ist als ein Zweig der exakten Physik fast ebenso jung, wie die Quantentheorie, wenn sie auch als philosophische Spekulation schon bei den Griechen aufgetreten und in der Entwicklung der modernen Naturwissenschaft von der Renaissance an nicht wieder aus dem Denken der Physiker verschwunden ist. Ernsthafte theoretische Untersuchungen zur Atomlehre sind vor der Zeit von CLAUDIUS, BOLZMANN und MAXWELL kaum zu verzeichnen; und die empirischen Existenzbeweise der Atome sind so neu, daß noch zu Anfang unseres Jahrhunderts bedeutende Forscher die Realität der Atome bezweifelt haben.

Heute freilich wissen wir mit voller empirischer Gewißheit, daß die makroskopische Materie, die dem naiven Anblick so vollkommen kontinuierlich erscheint, die Flüssigkeiten beispielsweise, die so ganz homogen zu sein scheinen, in Wirklichkeit aus zahlreichen, unsichtbar kleinen, diskreten Korpuskeln zusammengesetzt sind. Das ist eine Tatsache, die sich der Vorstellungswelt der klassischen Physik, etwa der FARADAY-MAXWELLSchen Elektrizitätslehre, niemals befriedigend hat einfügen lassen. Die LORENTZsche Elektronentheorie ent-

hielt zwar einen Versuch, beides miteinander zu verbinden: In einem rein kontinuierlichen MAXWELLSchen Äther schwimmen nach LORENTZ die corpuscularen Elektronen. Die große Fruchtbarkeit dieser LORENTZschen Theorie ist allgemein bekannt. Aber sie enthielt doch nur eine lockere und oberflächliche Verbindung zweier heterogener Vorstellungen; und es ist viel Mühe darauf verwandt worden, diesen grundsätzlichen Mangel auszugleichen. Die alten spekulativen Atomistiker hatten in radikaler Folgerichtigkeit auch dem „Weltäther“ eine atomistische Struktur zugeschrieben. Aber dieser Gedanke hat sich nicht als fruchtbar erwiesen; und nach der späteren Relativitätstheorie wurde er endgültig unmöglich. Andererseits ist versucht worden, die Elektronen als natürliche Ausgeburten des kontinuierlichen Feldes zu verstehen; aber auch das ist nicht gelungen — nicht einmal dann, als man später die Hilfsmittel der allgemeinen Relativitätstheorie zur Verfügung hatte.

Der Inhalt der PLANCKschen Entdeckung ist nun bekanntlich der, daß die Natur gewissermaßen noch viel atomistischer ist, als die radikalsten Atomistiker jemals geträumt hatten. Die Natur begnügt sich nicht mit jener Atomistik der Materie, die seit zwei Jahrtausenden spekulativ vermutet und in unserer Zeit empirisch-greifbar nachgewiesen wurde — und deren Einfügung in das Vorstellungsgebäude der klassischen theoretischen Physik bereits so unüberwindliche Schwierigkeiten machte. Es gibt noch eine andere Art von Atomistik, die kein Mensch geahnt hat, bevor PLANCK ihre Spur entdeckte. Die Erfahrung zeigt, wie PLANCK als erster sah, daß nicht nur die Materie aus diskreten, durcheinanderbewegten Teilchen besteht, sondern daß auch in der Bewegung dieser Teilchen diskrete Unstetigkeiten auftreten, daß es sogar in der Energie eine Art von Atomistik gibt.

Wir sind heute schon fast um ein Menschenalter von dem Zeitpunkt dieser ersten Entdeckung entfernt; was damals überraschend hervortrat, ohne jedoch seinen Charakter schon anders zu zeigen, als in einem Gestrüpp dunkler und unverständlicher Merkwürdigkeiten, das liegt heute ausgebreitet im hellen Lichte unserer Erkenntnis. Wir kennen und beherrschen heute die Mechanik der Atome und der inneratomaren Elektronenbewegungen genau so sicher, wie seit NEWTON und LAGRANGE die Mechanik der Himmelskörper. Aber die Aufklärung, die wir in diesem Gebiete gewonnen haben, ist in ganz wesentlicher Weise verschiedenartig von derjenigen Aufklärung, die wir beim Relativitätsproblem erhalten haben. Während die Frage, wie man das Relativitätsprinzip in der klassischen Physik durchführen könnte, der Hauptsache nach durch zwei ganz klar und einfach auszusprechende Gedanken beantwortet wurde, gibt es auf die andere Frage, wie man die quantenhaften Unstetigkeiten des Naturgeschehens übersehen und theoretisch beherrschen kann, keine in zwei oder drei Sätzen klar auszusprechende Antwort. Gerade

in diesem Umstand offenbart sich die Weite des Weges, den wir von 1900 bis jetzt zurückgelegt haben. Nämlich — daß es möglich ist, den physikalischen Inhalt der Relativitätstheorie so deutlich in wenigen, knappen Worten zu erläutern, das zeigt eben, wie eng diese Theorie noch mit der klassischen Gedankenwelt verwandt und verbunden ist. Die Begriffsbildungen, die Ausdrucksweisen und die Wortbedeutungen, die mit den klassischen Theorien entwickelt waren, eignen sich dazu, die physikalischen Grundgedanken der Relativitätstheorie in ganz knapper und durchsichtiger Form darzustellen. In der Quantenphysik dagegen liegen die Dinge anders. Alle die wunderbaren Begriffe und Vorstellungen, die von der klassischen Physik in Verbindung mit der mathematischen Entwicklung zu so hoher Vollendung ausgebildet sind — man denke z. B. an so extrem abstrakte Dinge, wie etwa die Vorstellung schwingender Kontinua, oder physikalischer Kraft- und Zustandsfelder, oder den klassischen Kausalitätsbegriff — alle diese hochentwickelten Begriffsbildungen, wollte ich sagen, erweisen sich als unpassend oder unzulänglich gegenüber der Wirklichkeit der quantenhaften Unstetigkeiten im mikrophysikalischen Geschehen. Und die primitiveren älteren Begriffe, aus denen diese klassischen Begriffe erst durch eine lange physikalische und mathematische Entwicklung herausgewachsen sind, konnten erst recht nicht eine adäquate Darstellung der neuentdeckten Wirklichkeit geben. Man kann sogar, wie von BOHR einmal geäußert wurde, unsere ganze Sprache, die doch die Erinnerung an den Jahrtausende langen Umgang mit den Dingen der makroskopischen Welt in sich trägt, als ein eigentlich zur Beschreibung der Mikrophysik nur unvollkommen geeignetes Gedankenmittel betrachten.

Wenn es also in der Natur der Sache liegt, daß das Quantenproblem nicht eine Lösung haben kann, die mit klassischen Begriffen zu erläutern oder etwa gar in wenigen Sätzen klar auszusprechen ist, dann erhebt sich die Frage, wie und in welchem Sinne dies Problem denn überhaupt gelöst werden kann, und wieso man sogar behaupten darf, daß es heute schon im wesentlichen seine Lösung gefunden hat. Wir haben ein wenig erkenntnistheoretische Besinnung nötig, um uns diese Frage beantworten zu können.

In der erkenntnistheoretischen Auffassung der Physik hat es keineswegs immer eine einheitliche Meinung gegeben. Immerhin scheint es, daß die Entwicklung der letzten Jahrzehnte immer mehr Anhänger für eine Auffassung gewonnen hat, die ihre entschiedenste Formulierung durch MACH erhielt. Zwar haben sich hervorragende Physiker lebhaft gegen einzelne Wendungen der MACHschen Gedanken ausgesprochen. Faßt man aber einmal nur den Grundgehalt der MACHschen Lehren ins Auge, so kann man sagen, daß gerade die heutige Quantenphysik ein vortreffliches Beispiel zu MACHS erkenntnistheoretischen Lehren liefert; und umgekehrt, daß nur eine mit MACHS Ansichten

im wesentlichen übereinstimmende Erkenntnistheorie eine Rechtfertigung geben kann für das Verfahren, welches die Quantentheoretiker tatsächlich eingeschlagen haben.

Der Grundsatz dieser MACHschen Erkenntnistheorie — der übrigens auch von anderen Physikern in kurzen, aber betonten Bemerkungen ausgesprochen ist, und der letzten Endes gar nichts anderes bezeichnen soll, als dasjenige, was die führenden Denker der Physik zu allen Zeiten tatsächlich getan haben — dieser Grundsatz ist der, daß die Theorien der Physik nicht in irgendeinem philosophischen oder metaphysischen Sinne eine „Erklärung“ der beobachteten Erscheinungen zu geben versuchen sollen, daß sie nicht „Rückschlüsse“ auf eine *hinter* der „Erscheinung“ liegende Wirklichkeit enthalten, sondern daß sie statt dessen die Aufgabe haben, ein Begriffssystem zu entwickeln, welches eine *Beschreibung der erfahrbaren Tatsachen* ermöglicht; und zwar eine solche Beschreibung, die möglichst genau und vollständig und zugleich möglichst einfach und übersichtlich ist.

Also das sind die Aufgaben der wissenschaftlichen Forschung: die Feststellung von Tatsachen durch Beobachtung und Experiment; das Sammeln und Ordnen dieser Tatsachen; und ihre zusammenfassende Beschreibung. Bei den meisten der zahllosen neuen Feststellungen und Entdeckungen, die den Besitzstand der Wissenschaft bereichert haben und noch bereichern, ist es nun so, daß sie, wenn gleich sie vielleicht zunächst überraschend und mit früher erkannten Gesetzmäßigkeiten nicht zusammenpassend scheinen, schließlich doch eine Aufklärung finden, durch die sie in das schon bestehende System theoretisch-physikalischer Begriffe und Vorstellungen eingeordnet werden — ohne daß es nötig ist, dies Vorstellungssystem selber aufzugeben oder einschneidend abzuändern: es genügt ein speziellerer Ausbau oder eine quantitative Verschärfung der vorhandenen Vorstellungen oder Vorstellungsmöglichkeiten. Gerade dieser Verlauf der theoretischen Bearbeitung einer neuen Entdeckung gewährt eine besondere intellektuelle Befriedigung: Wir gewinnen in solchen Fällen das höchste Maß von Gewißheit, daß wir die eindeutig *richtige* „Erklärung“ des Effektes gefunden haben.

Aber diese intellektuelle Befriedigung darf uns nicht darüber hinwegtäuschen, daß zu diesem am häufigsten auftretenden Typus von Entdeckungen nicht diejenigen gehören, die — wenn ich so sagen darf — den Ruhm der theoretischen Physik begründet haben. Alle Entdeckungen vom höchsten Rang — von GALILEI und NEWTON über FARADAY und MAXWELL bis zur heutigen Relativitätstheorie — waren von solcher Art, daß es nicht möglich war, sie unter das Schema schon geläufiger Begriffe zu bringen, sondern daß eine tiefgehende Umstellung und Umgewöhnung des ganzen physikalischen Denkens ihre Folge gewesen ist.

Je weiter sich die neuen Vorstellungsweisen entfernen von den früheren, desto schwieriger wird es,

den Grundgedanken der neuen Theorie in einigen kurzen Sätzen auszusprechen; desto schwieriger wird es übrigens auch, gegenüber den Anhängern der alten Vorstellungen die Überzeugung zu begründen, daß mit der Einführung der neuen Gedanken das Problem seine sinngemäße Erledigung gefunden hat.

Daß wir die Grundgedanken der NEWTONSchen Mechanik und Gravitationslehre heute in wenigen Sätzen ganz klar und scharf aussprechen können, liegt wesentlich daran, daß uns die Vertrautheit mit der Infinitesimalanalysis längst zur Selbstverständlichkeit geworden ist. Aber NEWTON hat Infinitesimalrechnung und Mechanik zusammen entwickelt; mit den zuvor geläufigen mathematischen Begriffen war es nicht möglich, seine Gedanken in wenigen Sätzen deutlich auszusprechen. Seine Gravitationstheorie überschritt den Rahmen der damaligen Auffassungsweise, nach der alle physikalischen Wirkungen durch Druck und Stoß geschehen sollten, und hat deshalb einen Forscher wie HUYGHENS nicht zu überzeugen vermocht. Als später MAXWELL in FARADAYS Gedanken die Mittel zur Aufklärung über das Wesen des „Lichtäthers“ fand, war es wieder eine grundsätzlich neue Auffassungsweise, die sich den früheren mechanischen Äthertheorien gegenüberstellte — eine Auffassungsweise, deren Sinn und Bedeutung nicht in wenigen Sätzen ausgesprochen, sondern nur durch allmähliche Eingewöhnung verstanden werden konnte, und die übrigens wiederum auf langen Widerstand traf. Es erübrigt sich wohl, weiterhin zu erinnern an die tiefgehende Umwandlung unserer Vorstellungsformen, die mit der Relativitätstheorie Platz gegriffen hat.

In allen diesen Theorien aber wird der rückschauenden Betrachtung ein einheitliches Thema sichtbar: die immer vollkommener Herausbildung der Vorstellung des stetigen Naturgeschehens, des physikalischen Kontinuums. Wenn demgegenüber die Quantenphysik elementare Unstetigkeiten des physikalischen Geschehens erkennen läßt, so ist es nur naturgemäß, daß sich hier in besonderem, vielleicht einzigartigen Maße die Unmöglichkeit erweist, die neuen Erkenntnisse in der alten Sprache auszudrücken; und die Notwendigkeit, neue Formen des physikalischen Denkens und der physikalischen Anschauung zu entwickeln.

In diesem Sinne ist es zu verstehen, wenn gesagt wird, das Quantenproblem sei im wesentlichen heute gelöst. Es ist nicht möglich, die Lösung, welche das Problem gefunden hat, in einigen einfachen Sätzen zusammenzufassen, welche sich auf die klassischen Begriffsbildungen stützen. Aber es ist gelungen, ein neues Begriffssystem zu entwickeln, welches als eine Verallgemeinerung des zu eng gefaßten klassischen Begriffssystems anzusehen ist, und welches den neuen Tatsachen Rechnung trägt. Es scheint möglich, von diesem Begriffssysteme aus alle die Gesetzmäßigkeiten deduktiv zu verstehen, welche von den Experimentatoren in den quantenphysikalischen Re-

aktionen der Elektronen und Atome festgestellt sind. Selbstverständlich gibt es immer noch ungelöste Probleme in der Atomphysik; solche Probleme, die wegen rein mathematischer Schwierigkeiten noch nicht bewältigt werden können, und solche, die infolge der Unvollständigkeit unseres empirischen Wissens oder unseres theoretischen Gedankenschatzes unerledigt sind. Jedenfalls aber haben die eigentümlichen quantenhaften Unstetigkeiten des Naturgeschehens heute aufgehört, ein grundsätzliches Hindernis zu bieten für die vollständige theoretische Erfassung der Quantenphysik.

Wir wollen nun den Prozeß der allmählichen Umgewöhnung unserer Gedanken und der Konstruktion neuer Begriffe zur Erfassung der quantenphysikalischen Erscheinungen an einigen Beispielen näher verfolgen.

Eine Frage, deren Untersuchung sehr dazu beigetragen hat, das Vertrauen zu dem von PLANCK 1900 eingeschlagenen Wege zu bestärken, ist die nach der spezifischen Wärme der festen Körper. Der Gleichverteilungssatz der klassischen statistischen Mechanik liefert für diese spezifische Wärme einen bestimmten, von der Temperatur unabhängigen konstanten Wert, der durch viele Beobachtungen empirisch bestätigt wurde. Aber der Gleichverteilungssatz war ja, wie erwähnt, schon bei der Untersuchung der Wärmestrahlung als unzuverlässig erkannt worden; und als nun die Erfahrungen zeigten, daß die spezifische Wärme der festen Körper nur für genügend hohe Temperaturen konstant ist, aber nach tieferen Temperaturen hin abzunehmen beginnt, da war bewiesen, daß er auch in diesem Fall nicht allgemein richtig ist. Eine quantitative Erklärung der spezifischen Wärme der festen Körper hat sich dann ergeben aus der Annahme einer engeren Analogie zwischen der Thermodynamik der festen Körper und der Hohlraumstrahlung. Nach den Vorstellungen der kinetischen Wärmetheorie wird die bei der Erwärmung eines festen Körpers aufgenommene Energie in innere elastische Schwingungen dieses Körpers umgesetzt, deren Wellenlänge unsichtbar klein ist. Ein erwärmter fester Körper, etwa ein Krystall, ist vom Standpunkt der statistischen Mechanik ein schwingendes elastisches Atomgitter, während der Strahlungshohlraum das schwingende Kontinuum des elektromagnetischen Vakuums enthält. Abgesehen also vom Unterschiede der atomistischen Struktur einerseits und der kontinuierlichen andererseits zeigt sich in beiden Systemen eine enge formale Ähnlichkeit; und es liegt nahe, zu vermuten, daß deshalb auch die an den beiden Systemen festzustellenden Quanteneffekte einander ähnlich sind. Das ist in der Tat der Fall. Besonders augenfällig wird diese Ähnlichkeit, wenn wir den festen Körper bei sehr tiefer Temperatur betrachten. Dann treten in ihm praktisch nur solche elastische Wellen auf, deren Wellenlänge groß gegenüber den Atomabständen ist; und der Körper verhält sich ohne Rücksicht auf seine

atomistische Struktur praktisch wie ein schwingendes Kontinuum. Man darf infolgedessen bei tiefen Temperaturen z. B. das von der Wärmestrahlung bekannte STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz ohne weiteres auf den festen Körper übertragen: Der gesamte thermische Energiegehalt ist proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur; die spezifische Wärme also proportional der dritten Potenz der Temperatur.

Wenn man die Bedeutung dieses Problems der spezifischen Wärme fester Körper für die Entwicklung der Quantentheorie würdigen will, so muß man versuchen — was uns Heutigen vielleicht schon schwer fällt — sich zurückzudenken in die damalige Lage der Physik, und in den Eindruck, welchen eine im Geiste der klassischen Theorien geschulte Forschergeneration von der PLANCKschen Entdeckung erhalten mußte. Nichts gibt uns *a priori* eine Gewißheit, daß die Natur Gesetzen folgen muß, die unserem menschlichen Denken zugänglich und faßbar sind. Mit der Entdeckung der Quanten schienen die Theorien der klassischen Physik in Trümmer zu sinken. Die Aufklärung des Problems der spezifischen Wärmen durch die Quantentheorie hat die erste und stärkste Zusage gegeben, daß die Physik nicht dauernd ein chaotisches Trümmerfeld logisch unzusammenhängender Einzeltatsachen bleiben sollte. Die klassische, auf den Begriff der Stetigkeit gegründete Theorie versagt sowohl beim Hohlraum als auch beim festen Körper; aber trotz dieses doppelten Versagens bleibt doch die *Analogie* der beiden Probleme unverändert erhalten: Es ist dieselbe Erscheinung, die in beiden Fällen die Gültigkeit der klassischen Theorie begrenzt. Damit wird hinter dem Chaos überraschender Merkwürdigkeiten eine einheitliche Linie neuer, einfacher Gesetze fühlbar.

Im Jahre 1913 machte BOHR die wunderbare Entdeckung, daß die Quantentheorie berufen war, endlich auch die rätselhaften Funde der Spektroskopiker zu deuten und in sich aufzunehmen. Wir wollen aus dem Gedankengang, durch den er damals die Deutung der BALMERSchen Formel gab, jetzt nur einige Annahmen herausgreifen, die besonders eng an PLANCKS und EINSTEINS Gedanken anknüpfen, und die auch für alle anderen Atome oder Moleküle gelten.

Ein Atom kann nach der Quantentheorie nicht beliebige Energiewerte innerhalb eines gewissen Intervalls annehmen, sondern war in einer Reihe diskreter stationärer Zustände auftreten. Die Energiewerte der verschiedenen Anregungszustände konvergieren gegen bestimmte Grenzen, welche einer Ionisierung des Atoms entsprechen. Die Emission und Absorption von Licht ist nach der EINSTEIN-BOHRschen Frequenzbedingung mit un stetigen Übergängen zwischen den stationären Zuständen verknüpft. Die Spektraltermen der Spektroskopiker sind proportional den Energien der verschiedenen Zustände des Atoms. Auch durch andere Einwirkungen, z. B. durch Zusammenstöße, können solche Übergänge veranlaßt werden.

Bei allen derartigen Prozessen gilt der Energie-Impulssatz.

In diesen ganz elementaren und primitiven Formulierungen ist schon so viel enthalten, daß eine ganz ungeheure Fülle von Erfahrungstatsachen dadurch zum großen Teil verständlich wird. Obwohl diese Dinge jedermann geläufig sind, mag es doch erlaubt sein, einmal kurz daran zu erinnern.

Nach diesen Aussagen wird z. B. ein Dampf oder Gas bei nicht zu hoher Temperatur nicht an sämtlichen Linien seines Spektrums Absorption zeigen, sondern nur an denjenigen, in welchen der tiefste Spektralterm des betreffenden Atoms als Kombinationsterm auftritt. Ebenso leicht, wie das Absorptionsspektrum, können wir die mannigfaltigen Fluoreszenzerscheinungen übersehen und voraussagen, die an einem solchen Dampf zu erzeugen sind; wir müssen wieder nur im Auge behalten, daß die Spektraltermen nichts anderes als Energien bedeuten. Wenn wir die Atome des Gases mit Elektronen beschießen, so können wir aus dem Termschema entnehmen, welche Energieverluste die Elektronen bei den Zusammenstößen erleiden können; und andererseits, welche Lichtemissionen oder sonstigen sekundären Prozesse an den getroffenen Atomen ausgelöst werden können. Diese Beispiele könnten noch wesentlich vermehrt werden. Es sei z. B. erinnert an die besonderen Verwicklungen, welche oft durch das Hereinspielen metastabiler Atomzustände veranlaßt werden, und welche sich gleichfalls ganz einfach übersehen und verstehen lassen. Man kann endlich statistisch die Anzahlen von angeregten oder ionisierten Atomen berechnen, die bei einer bestimmten Temperatur vorhanden sind, und die bei genügend hoher Temperatur merkbar werden; und man kann auf diese Weise verstehen, wie sich das spektrale Verhalten der Gase ändert mit zunehmender Temperatur; ein Problem, das ganz besonders für die Astrophysik von grundlegender Wichtigkeit ist.

In allen diesen, hier nur durch flüchtige Andeutungen bezeichneten Dingen handelt es sich um Fragen, denen mit klassischen Begriffen in keiner Weise beizukommen war. Die klassische Theorie stand, wie schon früher betont wurde, den spektroskopischen Gesetzen, wie etwa der BALMER-Formel, und überhaupt dem ganzen Problem der Struktur der Spektren ratlos gegenüber. Aber die Ratlosigkeit hatte gewissermaßen noch eine andere Größenordnung gegenüber der Aufgabe, einen Sinn und eine innere Ordnung zu erkennen in den Abhängigkeiten der spektralen Emissionen ein und desselben Elementes von den Anregungsbedingungen. Obwohl die Frequenzen der Linien, die ein Atom emittieren kann, ein für allemal bestimmt sind, so hat doch das Spektrum je nach den Umständen immer wieder ein anderes Aussehen infolge verschiedener Intensitätsverhältnisse. Die einfachsten und primitivsten Aussagen der Quantentheorie sind genügend, um die ganze Mannigfaltigkeit dieser Effekte wenigstens qualitativ

abzuleiten aus der Kenntnis der Spektraltermen selbst. Wenn wir uns daran erinnern, daß aus denselben Ansätzen beispielsweise auch das Gesetz des lichtelektrischen Effektes oder die Grenze des Röntgenbremspektrums abzuleiten ist, so dürfen wir wohl sagen, daß schwerlich ein aus der klassischen Physik bekanntes Gesetz diese quantentheoretischen Formulierungen zugleich an Einfachheit und an vielseitigster Leistungsfähigkeit übertreffen kann. Diese Formulierungen bilden zudem ein wunderbares Beispiel für physikalische Begriffsbildungen, welche nicht durch die allmähliche Umformung früherer Begriffe entstanden, sondern unmittelbar aus der Natur und aus der Erfahrung heraus entwickelt sind.

Freilich lassen Ansätze und Überlegungen der erläuterten Art zunächst in jedem Fall nur eine Anzahl verschiedener Möglichkeiten von Reaktionsverläufen erschließen, während es offen bleibt, welche dieser Möglichkeiten in einem konkreten Einzelfall verwirklicht wird. Die heutige Theorie gibt aber eine weitere Auskunft: sie sagt bestimmte statistische *Wahrscheinlichkeiten* für das Eintreten der verschiedenen möglichen Reaktionen voraus. Es schien zunächst naheliegend, zu denken, daß auch mit der Gewinnung dieser Aussagen die Aufgabe der Theorie erst zum Teil gelöst sei, und daß man weiterhin versuchen müßte, streng deterministische Gesetze ausfindig zu machen, die auch im Einzelfall das Geschehen eindeutig vorherbestimmen, und dann im statistischen Mittel die richtigen Wahrscheinlichkeitsgesetze ergeben. Aber nachdem es gelungen war, die Wahrscheinlichkeitsgesetze der Quantenphysik allgemein und exakt zu formulieren, da zeigte es sich, daß es nicht mehr möglich ist, einen kausalen Mechanismus hinter dieser Statistik zu vermuten. Die heutige Quantenmechanik enthält eine ausdrückliche Absage an das Kausalprinzip in seiner klassischen Form.

Es wird nicht überflüssig sein, mit einigen Worten auf die Frage einzugehen, ob denn wirklich diese Ablehnung des klassischen Kausalprinzips als notwendig und als endgültig gelten muß. Wir haben uns dieser Frage gegenüber vor allem klar zu machen, daß im Grunde nicht die Theorie, sondern das Experiment zur Aufgabe des Kausalprinzips geführt hat. Die Theorie hat ja, wie wir festgestellt hatten, gar kein anderes Ziel, als das einer Beschreibung der im Experiment aufgefundenen Tatsachen. Und die experimentelle Erfahrung der Quantenphysik hat nicht nur keinerlei Anhaltspunkte für die Gültigkeit eines exakten Kausalprinzips geliefert, sondern geradezu das Vorhandensein einer Kausalität äußerst unwahrscheinlich gemacht. Aus allen Experimenten, die gemacht worden sind, konnten niemals andere Gesetzmäßigkeiten entnommen werden, als Abhängigkeiten der Wahrscheinlichkeitsgrößen von den Bedingungen des Experiments. Und man kann sich im Rahmen des heute Bekannten überhaupt kein atomphysikalisches Experiment vorstellen, in welchem etwas anderes als ein Wahrscheinlich-

keitsgesetz zutage treten könnte. Man müßte das Vorhandensein bislang ganz unbekannter Eigenschaften der Atome, oder die künftige Entdeckung neuer Naturkräfte annehmen, wenn man trotzdem die Hoffnung auf eine künftige Wiederherstellung des Kausalprinzips aufrecht erhalten wollte.

Wenn also die heutige Theorie den Kausalitätsgedanken verlassen hat, so hat sie damit zunächst nur — ihrer Aufgabe entsprechend — den heutigen Stand unseres experimentellen Wissens beschrieben. Aber darüber hinaus vermag sie nun in zweifacher Hinsicht die Überzeugung von der Unrichtigkeit des Kausalprinzips in der Quantenphysik wesentlich zu unterstützen. Erstens nämlich kann nicht etwa die Vermutung gehegt werden, daß die Aussagen der Quantenmechanik zwar richtig seien, daß aber ein kausaler Mechanismus dahinter steckt. Denn man kann mathematisch beweisen, daß diese Vermutung einen logischen Widerspruch enthält. Wenn man glauben will, daß es doch Kausalität gibt, so muß man notwendig folgern, daß die heutige Quantenmechanik trotz ihrer vielfältigen empirischen Bestätigungen großen Teils unrichtig ist. Zweitens gibt die Quantenmechanik eben dadurch eine starke Stütze der kausalitätsleugnenden Auffassung ab, daß sie die logische Entbehrlichkeit der Kausalität im System der theoretischen Physik erweist. Man kann wirklich ein folgerichtiges und lückenlos in sich geschlossenes physikalisches Begriffssystem entwickeln, in welchem die Kausalität keinen Platz findet; ein solches System besitzen wir in der heutigen Quantenmechanik.

Es ist also die Stellung der Quantenmechanik zum Kausalitätsprinzip ähnlich, wie die der Relativitätstheorie zur Ätherhypothese. Die experimentelle Erfahrung hat gezeigt, daß ein absoluter Bewegungszustand nicht definiert werden kann, also ein Äther nicht zu existieren scheint. Die Relativitätstheorie hat dann erwiesen, daß man wirklich eine logisch einheitliche und abgeschlossene Theorie der optischen und mechanischen Erscheinungen geben kann, ohne einen ruhenden Äther anzunehmen. Natürlich kann man glauben, daß künftige Experimente die Quantenmechanik widerlegen und die Kausalität wiederherstellen werden. Ebensogut kann man die Meinung haben, daß künftige Experimente die Relativitätstheorie widerlegen und den Äther wiederherstellen werden. Aber der Physiker will nicht Meinungen haben, sondern Feststellungen machen.

Die heutige Theorie der quantenphysikalischen Erscheinungen, die in einheitlicher Weise die Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten der Elementarprozesse quantitativ vorauszusehen lehrt, hat sich daraus ergeben, daß man versuchte, trotz der grundsätzlichen Verschiedenheit von klassischen Vorstellungen und quantenhafter Wirklichkeit gewisse formale Analogien zwischen klassischer und Quantentheorie aufzufinden, welche Anhaltspunkte für die Gewinnung einer exakten Beschreibung der

Gesetze der Quanten liefern konnten. Eine solche Analogie wird in sinnfälliger Weise dadurch gezeigt, daß für den Sonderfall makroskopischer Massen eben die klassischen Gesetze innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtung gültig sind, so daß die klassische Physik als ein Grenzfall in der Quantenphysik enthalten ist. Aber auch im mikroskopischen Gebiet, wo die Verschiedenheit der Quantentheorie von der klassischen schroff hervortritt, bleiben andererseits formale Ähnlichkeiten bestehen, welche durch diese Verschiedenheit nicht verwischt werden. Dies Verhältnis ist von BOHR in seinem Korrespondenzprinzip betont worden. Alle diese Ähnlichkeiten werden dadurch sichtbar, daß man seine Aufmerksamkeit eben auf die Wahrscheinlichkeiten der unstetigen Übergänge unter den verschiedenen Veranlassungen richtet. Mit diesen Wahrscheinlichkeiten und den zugehörigen Mittelwerten sind auch für die Quantentheorie stetig variable Größen gegeben, in deren Gesetzmäßigkeiten symbolische Ähnlichkeiten zur klassischen Theorie möglich sind.

Es muß darauf verzichtet werden, im Rahmen dieser Ausführungen eine nähere Erläuterung der Prinzipien dieser in den letzten Jahren entwickelten Theorie zu versuchen. Hervorgehoben sei jedoch, daß sie ihre mathematischen Unterlagen in der Theorie der linearen Transformationen und Operatoren, der quadratischen Formen und Eigenwertprobleme findet: Es gehört zu den merkwürdigsten Konvergenzerscheinungen in der modernen Entwicklung der Wissenschaften, daß diejenigen mathematischen Probleme, auf welche die Physiker durch die Erforschung der Quantenerscheinungen geführt wurden, auch von seiten der Mathematiker gerade in neuester Zeit besonders lebhaft und erfolgreich bearbeitet sind.

Man kann in der Problematik dieser Theorie zwei Schichten unterscheiden. Man kann erstens fragen: Wie verhalten sich die Elektronen oder Atomkerne unter bestimmten Einwirkungen? Die Theorie, welche für Fragen solcher Art zuständig ist wird gewöhnlich als Quantenmechanik (im engeren Sinne) bezeichnet. Man kann aber weiter fragen: Warum gibt es überhaupt Elektronen und Atome? Gibt es einen inneren Zusammenhang zwischen dieser Diskontinuität der Materie und den sonstigen charakteristisch quantenphysikalischen Unstetigkeiten; und von welcher Art ist dieser Zusammenhang? Daß ein solcher Zusammenhang wirklich bestehen müsse, ist seit langer Zeit deshalb vermutet worden, weil, wie erwähnt, für die klassischen Theorien die atomistische Struktur der Materie unauflösbare Schwierigkeiten bereitete.

Die Quantenmechanik im engeren Sinne ist heute wohl als ein in seinen Grundlagen im wesentlichen abgeschlossener Zweig unserer Wissenschaft anzusehen — in der Fortentwicklung der speziellen Anwendungen ist natürlich noch kein Ende abzusehen. Historisch entstand sie aus zwei Quellen: aus der sog. Wellenmechanik (DE BROGLIE-SCHRÖDINGER) und aus der Matrizenmechanik (HEISEN-

BERG u. a.). Die weitere Entwicklung hat die zwei verschiedenartigen ursprünglichen Formulierungen als Spezialisierungen einer allgemeineren Theorie aufzufassen gelehrt; und im Zusammenhange dieser allgemeinen Theorie konnte dann der Beweis für die lückenlose Abgeschlossenheit des Systems der quantenmechanischen Begriffsbildungen erbracht werden.

Unabgeschlossen ist dagegen heute noch die *Quantenelektrodynamik*, für welche die Aufklärung der corpuscularen Natur der Elektrizität zu den wichtigsten Zielen gehört. Erfreuliche Ergebnisse zur Quantenelektrodynamik sind gewonnen; wesentliche Schwierigkeiten sind andererseits noch ungelöst. Man kann heute nicht sagen, ob der weitere Fortschritt schnell oder langsam gehen wird. Aber man kann sagen, daß das Problem der Elektronenexistenz heute schon ein anderes Gesicht gewonnen hat, als in der Zeit der LORENTZschen Theorie, wo die Elektronen gewissermaßen als Fremdkörper im Äther schwammen.

Gesichtspunkte zu einer quantentheoretischen Aufhellung dieses Grundproblems der Atomistik haben sich ergeben aus den Gedanken, die EINSTEIN in der Fortsetzung der PLANCKschen Untersuchungen zur Theorie der Wärmestrahlung entwickelt hat, und die in seiner Lichtquantenhypothese ihren Ausdruck gefunden haben. Die Analogie der Lichtstrahlung mit einer corpuscularen materiellen Ausstrahlung hatte schon NEWTON zu der Annahme von diskreten Lichtatomen geführt; erst die später entdeckten Interferenzen haben zur allgemeinen Aufgabe dieser Annahme zugunsten der Vorstellung einer wellenförmigen Strahlung geführt. Aber die damit zunächst ganz in den Hintergrund geschobene Analogie ist in der neueren Entwicklung wieder stärker hervorgetreten, z. B. — wie von EINSTEIN betont worden ist — mit dem Ergebnis der Relativitätstheorie, daß das Licht ebenso wie eine materielle Corpuscularstrahlung nicht nur Energie, sondern auch träge Masse transportiert. Endlich hat EINSTEIN 1905 aus der Untersuchung der Wärmestrahlung schlagende Argumente gewonnen für die Notwendigkeit einer Wiederherstellung der alten NEWTONschen Hypothese in einer durch das PLANCKsche Wirkungsquantum gekennzeichneten Form. Es ist also die quantenphysikalische Wirklichkeit in einer sonderbaren Weise *einfacher*, als die Gedankensysteme, durch welche die klassischen Theorien sie nachzubilden suchten. Im klassischen Vorstellungssystem sind wellenförmige und corpusculare Strahlung zwei grundsätzlich völlig verschiedene Dinge; in der Wirklichkeit aber gibt es statt dessen nur einen einzigen Typus von Strahlung, und *beide* klassischen Vorstellungen geben nur teilweise ein richtiges Bild davon. Bekanntlich hat die neuere Entwicklung dazu geführt, daß auch z. B. für einen Elektronenstrahl gewisse Interferenzen theoretisch vermutet und empirisch bestätigt worden, die aus der DE BROGLIESchen Wellenzuordnung vorauszuberechnen sind.

Diese Entdeckungen sind für die Entwicklung der Quantenmechanik von nicht geringerer Bedeutung gewesen, als auf der anderen Seite das BOHRsche Korrespondenzprinzip. Man kann die Quantenmechanik etwa eines Elektrons sogar so formulieren, daß man dem corpuscularen Teilchen ein Wellenfeld an die Seite stellt, und die Wellenintensität an einem bestimmten Orte als die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Elektrons an diesem Orte deutet.

Aber die Fragestellungen der Quantenelektrodynamik fangen genau dort an, wo die Quantenmechanik abschließt. *Warum* besteht dieser sonderbare Dualismus von Wellen und Korpuskeln?

Warum ist es so, daß ein quantenphysikalisches Interferenzfeld — völlig abweichend von einem klassischen Wellenfeld — stets und notwendig corpusculare Teilchen aus sich herauswirft? Auf diese Frage eine Antwort zu finden im Sinne der allgemeinen quantentheoretischen Begriffe und Gesetze, und dann von da aus eine deduktive, einheitliche Theorie der Elektronen und der Lichtquanten zu entwickeln, das ist das Ziel der Quantenelektrodynamik. Freilich wird es — trotz bemerkenswerter, schon erreichter Teilerfolge — noch viel ernster Arbeit und glücklichen Findens bedürfen, bis es endgültig gelingen wird, die Atomistik der Materie zu begreifen aus den Gesetzen der Quanten.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die *Zuschriften* hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Ein neues h-Fructose-anhydrid.

VON J. C. IRVINE und CH. G. GARRETT¹ ist durch Einwirkung von Aceton auf Fructose ein Sirup erhalten worden, der bisher als 2.3-Monoaceton-fructose angesprochen wurde. Eine genaue Untersuchung dieses Sirups zeigte, daß er neben einer Mono-aceton-fructose zwei acetonfreie Verbindungen in beträchtlicher Menge enthält.

Die erste dieser Verbindungen ließ sich als ein Anhydrid der h-Fructose identifizieren, die zweite als eine Di-h-fructose, die leicht in ein Difructose-anhydrid übergeht.

Die Konstitution des Fructose-anhydrids wurde durch die Methylierungsmethode bestimmt. Es ist ein Fructose-anhydrid (1.2) (2.5), denn sein Trimethyl-derivat erwies sich als mit der von W. N. HAWORTH und A. LEARNER² aus Inulin erhaltenen 3.4.6-Trimethyl-fructose (2.5) identisch. Das von uns synthetisch aus Fructose erhaltene Anhydrid bzw. das Difructose-anhydrid sind also die Grundkörper des Inulins. Wir werden an anderer Stelle über diese Untersuchungen demnächst ausführlicher berichten.

Hamburg, den 20. August 1928.

H. H. SCHLUBACH. H. ELSNER.

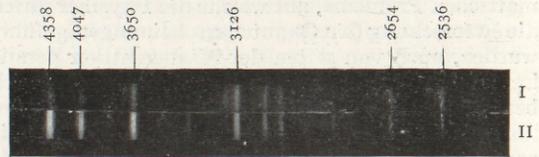
¹ J. chem. Soc. 97, 1282 (1910).

² J. chem. Soc. 1928, 619.

Eine neue Erscheinung bei der Lichtzerstreuung in Kristallen.

Berichtigung.

Das in Heft 28 S. 557 (*Zuschrift* von G. LANDSBERG und L. MANDELSTAM) wiedergegebene Spektrum des zerstreuten Lichtes und das dazugehörige Vergleichsspektrum sind bei dem Druck des Heftes unendlich wiedergegeben worden. Die von den Verfassern gebilligte Wiedergabe der beiden Spektre sieht so aus, wie es die folgende Abbildung zeigt.



I. Das Spektrum des zerstreuten Lichtes.
II. Das Vergleichsspektrum.

Besprechungen.

SCUPIN, H., *Ostbaltikum* (I. Teil). Algonkium, Palaeozoicum und Mesozoicum. Die Kriegsschauplätze 1914—1918 geologisch dargestellt, herausgegeben von J. WILSBER, Heft 9. Berlin: Gebr. Borntraeger 1928. VII, 270 S., 2 Karten, 3 Taf. und 13 Profile. Preis RM 36.—.

Eine moderne geologische Schilderung der „Ostseeprovinzen“, d. h. der heutigen Randstaaten Eesti und Latwija hat bisher, trotz der Fülle der dortselbst in den letzten Jahrzehnten geleisteten Spezialarbeit, gefehlt; die Darstellung von SCUPIN ist daher um so mehr zu begrüßen, als die das Ostbaltikum betreffende Literatur für den Mitteleuropäer schwer zu beschaffen und zum Teil nicht lesbar ist. Für die Entwicklung unserer stratigraphischen und paläogeographischen Kenntnisse kann das Gebiet aber direkt als klassisch bezeichnet werden. Ref. hat in seiner Geologie von Europa 1926 auch nur die großen Züge der Entwicklung

schildern können, ohne auch nur im entferntesten die recht wichtigen Einzelheiten zu bewältigen.

Der Schwerpunkt des Buches liegt in der eingehenden Darstellung der Schichtenfolge (Stratigraphie) mit sehr ausführlicher Aufzählung des Faunenbestandes der einzelnen Schichten. In dieser Hinsicht bildet das Buch ein unentbehrliches Hilfswerk für jeden, der paläontologisch und stratigraphisch das ältere Palaeozoicum bearbeitet.

Im einzelnen ergeben sich, besonders bei dem Vergleich mit den silurischen Ablagerungen Schwedens, gewisse Abweichungen von früheren Darstellungen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann, obwohl sie für das spezielle paläogeographische Bild dieser Zeit und auch für Fragen der Faunenwanderung nicht unwesentlich sind. Es sei bemerkt, daß SCUPIN, ebenso wie SEDERHOLM, RÜGER u. a., das unterste Glied der Schichtenfolge, den blauen Ton, vom Kambrium ab-

trennt und als ingrische Formation bezeichnet. Ref. würde den von SEDERHOLM eingeführten Namen Eokambrium vorziehen und möchte besonders auf die analoge Stellung der Sparagmit-Formation Norwegens hinweisen; durch diese nachjotnischen, aber vorkambrischen Ablagerungen wird ein Saum von Sedimenten angedeutet, welcher den ältesten Block Fenno-skandias umkränzt.

Weiterhin ist zu betonen, daß SCUPIN (wie schon RUEGER) den Obolus-Sandstein nun auch endgültig dem Untersilur zuweist. Die kleinen Diskordanzen innerhalb des Untersilurs sind, besonders beim Vergleich mit Schweden, von recht großem Interesse. Die oberste Stufe des Obersilurs fehlt, könnte aber im Süden des Gebietes unter jüngeren Ablagerungen noch vorhanden sein. Das Devon beginnt mit dem mitteldevonischen Altrotsandstein. Die Heraushebung im Unterdevon deutet Verf. als rein epirogenetischen Vorgang, im Gegensatz zum Ref., der hier schwache Äußerungen der kaledonischen Faltung Norwegens zu erkennen glaubt. Ref. konnte sich von der zwingenden Schlüssigkeit der SCUPINSchen Anschauungsweise nicht überzeugen, da seines Erachtens die KARPINSKISCHE Darstellung des weiter südöstlich anschließenden Gebietes doch kaum anders, als im Sinne allerdings sehr schwacher orogenetischer Bewegungen zu deuten ist, die durchaus dem allgemeinen Verhalten der russischen Tafel entsprechen. Er möchte aber der Ansicht Ausdruck geben, daß es sich bei dieser Differenz zum Teil nur um einen Streit um Worte handelt, der vielleicht durch den STILLESchen Ausdruck Synorogenese behoben werden kann (Übergänge zwischen Orogenese und Epirogenese). Dasselbe gilt dann auch für die von SCUPIN ebenfalls bestrittenen Bewegungen an der Grenze von Jura und Kreide. Eine starke Gebirgsbildung in der weiteren Umgebung wird sich in einem so stabilen Gebiet, wie die russische Tafel, nur in ganz schwachen Verbiegungen äußern, die keineswegs überall den Charakter einer Winkeldiskordanz besitzen, wohl aber durch ihren Verlauf und ihre Anlage die Zugehörigkeit zu dem gleichen Faltungsprozeß dokumentieren.

Die devonische Formation, ihre Dreigliederung in Sandsteine oben und unten und Dolomite bzw. Kalke in der Mitte wird dann auch ausführlich besprochen, die wahrscheinlich kontinentale Entstehung und die Analogie zur deutschen Trias betont. Im einzelnen sind hier noch Spezialstudien erwünscht.

Den Schluß des Bandes bildete eine Übersicht über die jüngeren Formationen des Perm, des oberen Jura und der Kreide, welche im Baltikum nur eine spärliche Verbreitung, vorwiegend im Süden, besitzen. Als Bindeglied zwischen der russischen und der westeuropäischen Entwicklung haben sie aber erhebliches Interesse und es ist die moderne, zusammenfassende Darstellung des Verf. sehr zu begrüßen.

Das Buch ist mit einer Übersichtskarte, sehr instruktiven Bildern und Profilen vorzüglich ausgestattet und bildet eine wertvolle Bereicherung unserer Literatur, zumal Verf. eigene Ergebnisse vieljähriger Tätigkeit mit verarbeitet hat.

S. v. BUBNOFF, Breslau.

KRAUS, E., *Ostbaltikum* (II. Teil). Tertiär und Quartär des Ostbaltikums. Die Kriegsschauplätze 1914 bis 1918 geologisch dargestellt, herausgegeben von J. WILSER, Heft 10, I. Teil. Berlin: Gebr. Borntraeger 1928. 142 S., 20 Textfig. und 2 Photogr. Preis RM 16,80.

Die Arbeit bildet eine Fortsetzung des Buches von SCUPIN, welches die älteren Formationen des Baltikums behandelt. Da tertiäre Ablagerungen

für dieses Gebiet kaum in Frage kommen, liegt der Schwerpunkt in der Schilderung der eiszeitlichen Geschichte des Landes. Die Zusammenstellung ist zu begrüßen, weil die Literatur über das Ostbaltikum oft schwer zu beschaffen ist. Im übrigen ergibt sich aus der Arbeit, daß auch heute noch große Lücken in unserem Wissen klaffen, besonders in bezug auf die Stratigraphie der diluvialen Sedimente.

Stratigraphisch ist wichtig, daß südlich einer Linie Lublin-Grodno-Mogilew nur ein, nördlich davon zwei Geschiebemergel vorkommen. Das Ostbaltikum liegt demnach ganz im Gebiete der letzten Vereisung und ihrer Rückzugsstadien. Der obere Geschiebemergel ist rotbraun, der untere grau, zwischen beiden liegt eine wechselnd mächtige Serie von geschichteten Sanden, die auch typische interglaziale Ablagerungen (Torfmoore) mit Anzeichen eines warmen Klimas enthalten. Gelegentlich treten auch drei Geschiebemergel auf (Telsche, Petersburg). Bei Petersburg wird der oberste als spätglazial betrachtet. Zwischen den beiden unteren liegt dort ein mariner Yoldia-Ton, den Verf. dem Yoldia-Ton von Elbing gleichstellt. Diese Parallelisierung dürfte noch unbewiesen sein, da der Elbinger Ton von anderer Seite in ein älteres Interglazial gestellt wird (BEURLÉN). Falls aber auch die Gleichstellung stimmt, wäre es immerhin möglich, daß der Petersburger Ton dem ersten norddeutschen Interglazial angehört, wie das einige russische Autoren (POTULOVA) annehmen. Man erkennt schon daraus, daß die Stratigraphie noch lückenhaft ist und jedenfalls zu keinerlei Schlüssen über die Gültigkeit der neuerdings von SOERGEL unternommenen Vollgliederung der Eiszeit berechtigt; nebenbei bemerkt ist es eine Verkennung der SOERGELSchen Methode, Gegenargumente ausgerechnet in den Gebieten zu suchen, welche dem Vereisungszentrum naheliegen.

Weit ausführlicher wird demnach die äußere Gestaltung der Landschaft in ihrem vermutlichen Zusammenhang mit den Rückzugstafeln der letzten Eiszeit beschrieben. Die Großgliederung zeigt 4 Elemente: einen südlichen Höhenrücken, der als Fortsetzung des baltischen Höhenrückens zu gelten hat, aber hier im Osten gegen Nordost abdreht; die ihm parallel im Norden verlaufende ostbaltische Tiefenzone, die ebenfalls in großen Zügen bis Ostpreußen zu verfolgen ist; die Zone isolierter Erhebungen, welche von Samland über Hochzamaiten, Kurland bis Mittellivland fortsetzt; die estnische Platte bis zum Gebiet am Finnischen Meerbusen — eine glazial wenig modellierte Landschaft.

Wichtig ist die, allerdings schon von MORTENSEN scharf betonte Erkenntnis, daß der baltische Höhenrücken hier im Osten nicht mit einer Stillstandslage des Eises zusammenfällt, sondern, daß zahlreiche Endmoränenstufen quer über den Rücken verlaufen. Während die Grenze der letzten Vereisung SW—NO orientiert ist, zeigen die Rückzugstafeln auf dem Baltischen Höhenrücken ganz vorwiegend eine Orientierung in Ost-West. Daraus, aus der Richtung der Rinnen, der Osar usw., leitet Verf. für den Baltischen Höhenrücken eine lokal und zeitlich wechselnde Eisbewegung ab, deren Ursache in dem subglazialen Relief zu suchen ist. Dieses wiederum soll, wie Verf. das auch für Ostpreußen nachzuweisen versucht hat, nicht eine aus vorglazialer Zeit übernommene Form sein, sondern wäre durch Bodenbewegungen, zum Teil während der letzten Eiszeit, d. h. unter dem Eis, entstanden. Der komplizierte Abschmelzmechanismus des Eises im Ostbaltikum, gekennzeichnet durch eine starke Auflösung des Eisrandes in Lappen, Zungenbecken usw., sei nur aus dieser jugendlichen Tektonik (baltische Phase) zu

verstehen. Darin offenbart sich ein grundlegender Unterschied gegen die viel einheitlichere Eisbewegung in Skandinavien und Finnland.

Auf Grund der morphologischen Einzelheiten: hochgelegener Grundmoränenplatten, Staubecken, bogenförmiger Eisrandlagen, rückläufiger Schmelzwasser-rinnen usw., zerlegt Verf. das Gebiet in Hebungs- und Senkungszonen, die indessen in ihrer schachbrettartigen Anordnung nicht unbedingt überzeugend wirken. Da eben die Tektonik aus dem Relief abgeleitet wird, so ist der Schluß auf die enge Beziehung des Reliefs zur diluvialen Tektonik in gewissem Sinne ein Zirkelschluß; d. h. Verf. entnimmt seinem Koffer das, was er selber hineingepackt hat.

Damit soll die jungdiluviale Tektonik, welche nach KRAUS von Ostpreußen gegen den Finnischen Meerbusen fortschreitend abklingt, nicht bezweifelt werden. Im Prinzip haben auch neuere Untersuchungen in Ostpreußen die Ansicht von KRAUS vom Bestehen einer solchen Tektonik bestätigt. Aber ihre Einzelheiten und ihr Wesen werden durch die vom Verf. angewandte Methode nicht genau genug erfaßt. Die auf stratigraphischer Grundlage geführte schöne Untersuchung von BEURLEN im nördlichen Ostpreußen hat demgegenüber neuerdings ein exakteres und von den Ansichten von KRAUS doch wesentlich abweichendes Bild geliefert. Solange wir durch zahlreichere Bohrungen und Profilbeschreibungen das baltische Diluvium und seine Unterlage nicht genauer kennen, bleibt die anregende Synthese des Verf.s hypothetisch.

Diese methodischen Bedenken mahnen auch zu einer gewissen Vorsicht gegenüber dem Versuch, die angenommene Tektonik in den Rahmen eines großzügigen Gesamtmechanismus einzuordnen. Insbesondere gilt das gegenüber KRAUS' Kritik der Belastungstheorie, d. h. dem Bestreben, die jungdiluviale Tektonik durch Belastung durch das Eis bzw. Entlastung beim Abschmelzen des Eises zu erklären. Der Beweis, daß die Störungen unter dem Eis und nicht in der vorletzten Zwischeneiszeit entstanden sind, scheint mir keineswegs erbracht, und gerade die obengenannte Arbeit von BEURLEN hat gezeigt, daß in Ostpreußen die zwischenzeitliche Stellung der Tektonik exakt bewiesen werden kann. Ohne mich daher rückhaltlos der Belastungstheorie zu verschreiben, möchte ich doch hervorheben, daß sie vieles besser erklärt, als die plötzlich, nach fast drei geologischen Ären, wieder erwachende endogene Mobilität der sonst immerhin recht stabilen baltischen Scholle.

Unbeschadet dieser prinzipiellen Bedenken bleibt das Verdienst des Verf.s, ein großes tatsächliches Material zusammengebracht und verarbeitet zu haben.

S. VON BUBNOFF, Breslau.

KOSSMAT, FRANZ, **Übersicht der Geologie von Sachsen.** Erläuterung zu den vom Sächs. Geologischen Landesamt herausgegebenen Übersichtskarten. 2. erweiterte Auflage. Leipzig: G. A. Kaufmanns Buchhandlung in Dresden, Hauptvertriebshandlung des Geologischen Landesamtes, 1925. IV, 130 S., 6 Textfiguren und 2 Tafeln. 12 × 23 cm. Preis RM 2.50.

Nach weniger als zehn Jahren folgt die zweite Auflage der KOSSMATschen „Geologie von Sachsen“ der ersten, an Umfang verdoppelt, bedeutend reicher mit Profilen und Skizzen ausgestattet und auch inhaltlich stark verändert. Besonders die Abschnitte über den kristallinen Unterbau des variscischen Gebirges und die tektonische Übersicht sind völlig neugestaltet worden.

Von großem Interesse ist das Kapitel, in dem der

Wandel der Anschauungen über Art und Entstehung der Erzgebirgsgneise dargelegt wird bis zur Ausbildung der neuen, auf den eigenen Untersuchungen des Verfassers fußenden Ansichten. Nach dieser Auffassung kommt der tangentialen Fließbewegung der Gesteine eine ausschlaggebende Rolle bei der Entstehung der kristallinen Schiefer zu; die linsenförmige Gestalt vieler Mineralaggregate wie ganzer Gesteinskörper und ebenso die häufigen Gesteinswiederholungen sind eine Folge dieser Bewegungen. Andererseits ist von großer Bedeutung das während der Faltung erfolgte Empordringen granitischer Schmelzflüsse, die schon im Erstarren zu Gneisen umgeformt werden und durch ihre Einwirkung die benachbarten Sedimente in kristalline Schiefer umwandeln. Die Bildung des kristallinen Grundgebirges in der uns jetzt vorliegenden Form erfolgt also während der variscischen Faltung, d. h. etwa im unteren Carbon; was an älteren (archaischen) Gneisen sicher einmal vorhanden war, ist im Erzgebirge und in den übrigen, gleichalten Stücken des kristallinen Grundgebirges Sachsens völlig umgeprägt worden.

Nur in den eigentümlichen, inmitten und auf unveränderten palaeozoischen Schichten gelegenen Schollen kristalliner Schiefer liegen uns bei Wildenfels und Frankenberg noch erkennbare Reste vom Grundgebirge eines „prävariscischen“, wohl algonkischen Gebirges vor. Über die Zuordnung dieser lange umstrittenen Gebilde enthält die „Tektonische Übersicht“ wichtige Hinweise. In der Umrandung der Böhmisches Masse sind schon früher von F. E. SUESS Anzeichen dafür erkannt worden, daß sich die von ihm als „moldanubisch“ bezeichneten Gesteine dieser Region auf weniger stark metamorphe Bildungen geschoben haben. Im Osten, in Mähren ist diese Überschiebung von ihm selber zuerst festgestellt worden. Im Westen, bei Münchberg vor dem Fichtelgebirge, liegt dann eine Gneisscholle als Fremdkörper auf Palaeozoikum. Eine ganz ähnliche Erscheinung sind ferner die sog. „Zwischengebirge“ von Wildenfels und Frankenberg in Sachsen. KOSSMAT zeigt nun, daß nicht nur diese Schollen, sondern auch die Gneissmasse der Eule in den Sudeten ursprünglich vorgeschobene Teile der Böhmisches Masse waren, aber durch die Erosion von ihr abgetrennt wurden. Bei der Faltung des variscischen Gebirges, das sich in großem Bogen im NW, NO und SO um Böhmen herum-schlingt, herrschte im Inneren dieses Bogens großer Raummangel, und seine Gesteine schoben sich von allen Seiten unter die des böhmischen Kernes. Die genannten Schollen sind also die von der Abtragung verschont gebliebenen Reste der vom werdenden variscischen Gebirge unterschobenen böhmischen Masse. Weitere Beobachtungen, die sich aus diesen Betrachtungen ergeben, hat der Verfasser in einer besonderen Arbeit niedergelegt (im Centralbl. f. Mineralogie usw. 1925, Abt. B.).

Beachtung verdient ferner noch die zeitliche Gliederung der variscischen Faltung. Nach einigen Vorfassen erfolgte die bedeutsamste Bewegung am Ende des Kulms, noch vor Ablagerung der jetzt als tiefstes Obercarbon aufgefaßten Schichten von Hainichen-Berthelsdorf. Diese wie die folgenden Ablagerungen von Obercarbon und Rotliegenden sind nur noch eingemuldet und haben nichts mehr von der gewaltigen Beanspruchung der kulpischen und vorkulpischen Gesteine. Ihre allmählich geringer werdende Verbiegung zeigt das langsame Ausklingen der variscischen Gebirgsbildung. Vergleiche mit benachbarten Gebieten lassen erkennen, daß es sich nicht so sehr um einzelne, scharf begrenzte Bewegungsphasen handelt, als um eine „großwogige Auf- und Abbewegung der Gebirgsoberfläche“, die bald

hier, bald dort Sedimentation gestattet, um dann wieder der Abtragung Raum zu geben. Die Diskordanzen sind somit auch in eng benachbarten Gebieten nicht gleichalt.

Es möge genügen, wenn aus der reichen Fülle des Neuen nur dies Bedeutsamste herausgegriffen wird. Der Fachmann findet auch sonst überall bemerkenswerte Hinweise und Aufklärungen. Das Buch ist aber so geschrieben, daß auch der geologisch etwas vorgebildete Laie es mit Gewinn in die Hand nehmen wird. Für ihn sind eine Mineraltabelle und eine Formations-

übersicht — verbunden mit einem Überblick über die Erdgeschichte Sachsens — beigegeben und auch der Text ist so gehalten, daß sich die unvermeidbaren Fremdwörter aus dem Zusammenhang erklären. So ist ein Werkentstand, das ohne zu popularisieren, doch weiten Kreisen zugänglich ist, und es ist nur zu bedauern, daß wir nicht für mehr Teile Deutschlands solche für Fachmann und Laien gleich wertvolle, nicht zu umfangreiche und dabei tiefgreifende, vom besten Kenner des Gebietes verfaßte geologische Landeskunden besitzen. HANS BECKER, Leipzig.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Alexander von Wolkoff. Der Pflanzenphysiologe ALEXANDER VON WOLKOFF ist am 21. Mai d. J. (1928) zu Venedig in seinem 85. Lebensjahre verstorben. Ich sage, der Pflanzenphysiologe, obschon der Verstorbene noch manches andere war, u. a. auch ein bedeutender Landschaftsmaler, dessen Werke in England zu erstaunlich hohen Preisen reißenden Absatz fanden und die Pflanzenphysiologie in dem ungewöhnlich reichen Leben des Verstorbenen nicht Hauptlebensinhalt, sondern nur Episode war. Nicht einmal ein Jahrzehnt seines wechselreichen Lebens hat er dieser Wissenschaft gewidmet. Aber diese kurzen Jahre waren so fruchtbar, daß sein unsteter Geist, der wie der Mongole TEMUDSCHIN über die weite Erde hinwegstürmte mit immer neuen Plänen auf dem Gebiete der Landwirtschaftswissenschaft, der Malerei, der Musik und deren ästhetischer Begründung — sogar eine Oper hatte der Tausendkünstler noch in seinen siebziger Jahren geschrieben — noch unverwischbare Spuren auch für die Lehre vom Leben der Pflanzen zurückgelassen hat. Und deshalb ziemt ein Nachruf in diesen der Wissenschaft gewidmeten Blättern, wenn er auch der Kürze dieses Wirkens entsprechend, kurz sein darf.

WOLKOFF hat sich um Erforschung der Assimilation und Atmung der grünen Pflanzenteile verdient gemacht. Er kam mit landwirtschaftlichen Studien beschäftigt in den sechziger Jahren von Dorpat nach Deutschland, wo damals JULIUS SACHS in Blüte stand, nach Würzburg und Heidelberg und holte sich an letzterem Orte den damals bequem zu erreichenden Doktorhut, arbeitete daselbst über die Produktion der organischen Substanz im Sonnenlichte, widerlegte die vorgefaßte Meinung Anderer die ausschließliche Beteiligung der „chemischen“ Strahlen bei diesem Vorgange mit BUNSENSCHEN Methoden auf dem Turme des Königstuhles, dort die von allen Seiten freie Bestrahlung durch die Sonne benutzend und unbequeme Besucher des Aussichtsturmes mit unverfrorenen Scherzen hinwegscheuchend. Dort bewies er auch die Proportionalität der Sauerstoffausscheidung, (des seit SACHS untrüglich als Symptom der Assimilation benutzten Vorganges) von Wasserflanzen umgekehrt mit dem Quadrate der Entfernung. Und so charakteristisch waren die damals gewonnenen Zahlen, daß dieselben in das im Jahre 1870 in erster Auflage erschienene „Lehrbuch der Agrikulturchemie“ des Verfassers dieser nekrologischen Skizze aufgenommen werden konnten und in den vielen Auflagen, die dieses Werk erleben sollte, immer wieder abgedruckt worden sind¹. Erst in den siebziger Jahren, 1873, sollte ich die persönliche Bekanntschaft des jungen russischen Pflanzenphysiologen machen, der plötzlich in meinem Laboratorium in Heidelberg erschien, um über *negativen Heliotropismus* zu arbeiten, den zu studieren in der

epeureichen Neckarstadt so besonders günstige Gelegenheit sich darbietet. Wir arbeiteten nachher längere Zeit zusammen, und als Frucht dieser gemeinschaftlichen Arbeit erschien bald eine größere Untersuchung über Pflanzenatmung, die in den Landwirtschaftl. Jahrb.¹ veröffentlicht wurde, und worin die Unabhängigkeit dieser Atmung vom Lichte experimentell erwiesen wurde. Diese Arbeit hat mir die Charakterisierung als Extraordinarius und WOLKOFF einen Ruf nach der Universität Odessa eingetragen, den er auch annahm. Aber merkwürdig, die unwissenschaftliche Umgebung des neuen, auch klimatisch wenig anziehenden Wohnortes ließ bei WOLKOFF bald das Behagen an der dortigen Tätigkeit verkümmern. Die bornierte zünftige Gelehrsamkeit der russischen Professoren fand er abscheulich, und in diesem Konflikte kam es bald so weit, daß der etwas hochfahrende junge Professor sein Amt niederlegte, was mit den temperamentvollen aber wenig zweckdienlichen Worten geschah, daß vielleicht die Enkel seiner russischen Zuhörerschaft einmal in der Kultur so weit sein würden, um den Inhalt seiner Vorlesungen würdigen zu können. Nachher kam der Krieg mit der Türkei, die dem immerfort in den entgegengesetztesten Richtungen Beschäftigten eine bedeutende Tätigkeit in den Angelegenheiten des Roten Kreuzes in den Schoß warf. Dann zwangen bedeutende Vermögensverluste WOLKOFF sich für seine langsam heranwachsende Familie, die eines standesgemäßen Unterhaltes bedurfte, sich nach einem einträglichen Gewerbe umzusehen, und dazu wählte er, kurz entschlossen, die Malerei, die er bis dahin schon dilettantisch ausgeübt hatte. Er zog nach kurzer Lehre bei einem ihm von LENBACH angewiesenen Maler nach Venedig und malte dort 20 Jahre lang² prächtige Aquarelle von der Umgebung der Lagunenstadt, von Ägypten, Konstantinopel und was man sonst zu Schiffe erreichen konnte, für die er sich in England mit Hilfe der Verwandten seiner Frau, die Engländerin war, sicheren Absatz zu fürstlichen Preisen zu erzielen mußte, bis — ihn eine reiche russische Erbschaft plötzlich zum Großgrundbesitzer machte.

Da legte er mit derselben Leichtigkeit des Gemütes, mit der er den Pinsel aufgenommen, denselben nieder, und schrieb ein Prachtwerk über Malerei in französischer Sprache, das von einem berühmten französischen Kritiker als „chef d'oeuvre“ bezeichnet zu werden das Glück hatte³. Endlich kam der große Krieg, der auch WOLKOFF schwer traf, und ihn seiner Güter in Rußland beraubte. Der älteste Sohn in Moskau interniert, der mit Mühe entkam nach Hungersnot und Krankheit, der älteste Enkel gefallen im Wrangellheer, ein zweiter

¹ 1874, S. 481.

² Unter dem Pseudonym: Rousoff.

³ Eine kritische Besprechung von seiten des Verfassers in Dessoirs Zeitschr. f. Ästhetik 1914. S. 282.

Sohn Admiral, der dritte bei der Gesandtschaft zu London, beide nun stellenlos. Aber der Vater lebt weiter in seinem Palazzo in Venedig und wird in seinen alten Tagen — Opernkompunist, dies allerdings ohne äußeren Erfolg — ein guter Cellist war er schon in der Jugend gewesen. Zuletzt diktiert er seine Memoiren, seiner unverheirateten, ihm treu ergebenen Tochter, in unverwüster Beharrlichkeit, schon des Morgens um 6 Uhr beginnend. Sie werden in englischer Sprache erscheinen, in französischer im Auszug.

Das ist der Lebenslauf in kurzen Zügen. In Wirklichkeit war er noch viel reicher. WOLKOFF war auch Intimus von RICHARD WAGNER, um die Darstellung seiner Totenmaske bemüht, ebenso von der berühmten Schauspielerin DUSE, auch in Berührung mit zahlreichen fürstlichen Persönlichkeiten von der Großfürstin Helene bis zur unglücklichen letzten Kaiserin. Jetzt endlich ist der kurze schwarze Strich gemacht durch dieses farbenreiche Leben.

Aber warum dies alles erwähnt? Weil WOLKOFF etwas bedeutet, weil man etwas von ihm lernen kann in Gutem wie nicht minder aus seinen Unzulänglichkeiten.

Wenn einer nur eine kurze Spanne Zeit um eine Sache sich müht, denen die meisten ein ganzes Forscherleben weihen, ohne sichtbare Spuren in dem Bestande ihrer Wissenschaft zurückzulassen, und dennoch Kreise nach sich zieht, wie z. B. WOLKOFFS Bemühungen um die Frage des Heliotropismus, denen SACHS ganze volle Seiten seines Lehrbuches der Botanik in der 3. und 4. Auflage widmet, so muß etwas Besonderes an ihm sein, und dies Besondere ist bei WOLKOFF leicht nachzuweisen, wenigstens für jemand, der längere Zeit mit ihm zusammen gearbeitet. Es sind die Eigenschaften, die bei ihm besonders ins Auge fielen, um so mehr als sie neben der Gewissenhaftigkeit, Gründlichkeit und der strengen schulmäßigen Durchbildung aber auch Gebundenheit von uns Deutschen besonders ins Auge fallen. WOLKOFF hatte zunächst ein wunderbares Beobachtungstalent, das durch die Vielfachheit seiner Betätigung außerordentlich geschärft war, eine Gabe die ihn auch zum Maler befähigte, aber ihn hier auch freilich in den eng gezogenen Kreis des Naturalismus bannte, in dem auch seine ästhetischen Theorien befangen blieben. Sein kleines tatarisches Auge entdeckte blitzschnell jede Besonderheit des Objektes. Dazu kam dann sein genialer Blick für dies Besondere, für das Wichtige, während alle Nebenumstände mit einem souveränen, mitleidslosen Lächeln fallen gelassen wurden. Hiermit im Verband steht auch seine Großzügigkeit im Gegensatze zu der deutschen Spießbürgerlichkeit, die auch das Unbedeutende immer wieder in den Kreis der Beobachtung zu ziehen sich verpflichtet meint und damit viel gute Zeit verliert. Er ging immer zur Quelle, die am reichsten sprudelte, als er über das Spektrum des Chlorophylls arbeitete, direkt zu VIERORDT in Tübingen, der den betreffenden Spektralapparat erfunden hatte, als er Maler werden wollte, zu LENBACH, als er viel Epheu für seine Untersuchungen brauchte, nach Heidelberg mit den epheumspannenen Ruinen. Von Lausanne, wo er längere Zeit wohnte, reiste er einmal in eine Pfälzer Tapetenfabrik, bloß weil diese für ihre Zwecke eine sehr vollständige Farbenskala hatte drucken lassen. Korrespondieren tat er eigentlich nie, er telegraphierte nur immer.

Und zu diesem raschen Blick und der Zielsicherheit kam dann noch ein drittes, die gänzliche beinahe bis zur Pietätlosigkeit gesteigerte Individualität, die Verachtung weltbekannter Autoritäten. Alles Soziale war

ihm von Grund aus verhaßt, er verachtete die Massen, und nicht bloß im Alter, da ihm die Sowjets seinen Besitz geraubt, sondern von vornherein mit demselben Radikalismus, der all sein Denken beherrschte, und der ihn, aus einer höheren Warte betrachtet, jenen geradezu ähnlich machte.

Kurz: scharf, großzügig, rücksichtslos, in allen diesen Dingen im Gegensatz zu deutschem Wesen, das von diesem Pfeffer und Salz der Gemütswürze zu wenig hat. Und deshalb ist von dem merkwürdigen Manne zu lernen: *Der Mut der eigenen Meinung. Das Wagnis des Unerhörten.* Ich wenigstens habe von ihm gelernt, und da WOLKOFF mit mir über Pflanzenatmung arbeitete, da bog er den BUNSENSCHEN Eudiometer, in dem wir den veratmeten Sauerstoff maßen, mit einer glücklichen Idee herum ins aufsteigende Quecksilber und schuf damit den klassischen *Atmungsapparat*, mit dem es mir später vergönnt war, die Sauerstoffausscheidung der Sukkulente zu entdecken, die (abweichend von der herrschenden durch die SACHSSCHE Schule leidenschaftlich verteidigten SAUSSURSCHEN Assimilationstheorie) ohne Kohlensäure vor sich geht¹.

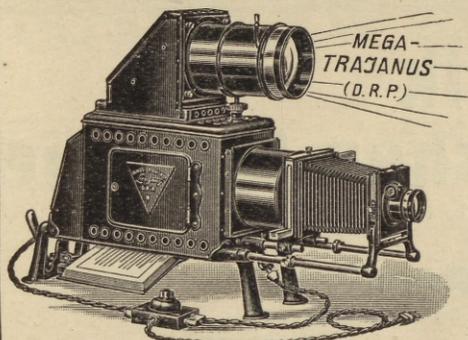
Als ich den jetzt nach einem rastlosen Leben Dahingeschiedenen das letztmalig sah, sagte er noch zu mir: Zwei Dinge bleiben mir noch zu tun übrig. Zwei Fragen muß ich noch erledigen „jusque je suis un metre sous terre“. Die eine ist, warum erscheint die Sonne größer beim Untergang?, die andere die vom negativen Helio- oder wie man jetzt sagt, vom negativen Phototropismus. Nun die erstere ist längst gelöst. Aber WOLKOFF kannte ja niemals die zugehörige Literatur. Die andere scheint sich zu lösen aus chemischen Gesichtspunkten, die er zu unvollkommen beherrschte. Scharfsinn allein tuts eben nicht. Es gehört dazu auch Beharrlichkeit in anscheinend langweiligen Dingen. Aber interessant bleibt er doch dieser Temudschin auf dem weiten Gebiete von Kunst und Wissenschaft.

A. MAYER.

Das Überleben von Geweben nach dem Tode des Individuums. (A. H. RORFO, Prensa méd. argentina 13, 26, S. 873—892. 1927.) Der Tod des Individuums ist nur ein scheinbarer Vorgang denn das Leben der Gewebe dauert mehrere Tage hindurch fort, bis die Autolyse einsetzt. Es gibt in den Zellen nicht nur Lebensäußerungen kurze Zeit nach dem Tode des Individuums, sondern die Zellen bewahren auch das ganze energetische Vermögen, das ihren Funktionalismus kennzeichnet, und reproduzieren sich bei Züchtung *in vitro* mit ähnlicher Potenzialität, wie die von Tieren unmittelbar nach der Tötung entnommenen Gewebe. Zu Züchtungsexperimenten hat man Haut, Herz und Milz von Hühnerembryonen verschiedenen Alters verwendet. Die Organteilchen werden bis zum Augenblick der Saat in Ringerflüssigkeit aufbewahrt oder aber dem konservierten Kadaver selbst entnommen. In dem einen und dem anderen Fall verblieben sie bei verschiedenen Temperaturen zwischen 0 und 20°. Bei jedem Experiment wurden Vergleichszüchtungen mit eben getöteten Organismen gemacht. Sie zeigten Anzeichen von vollständiger Vitalität und es reproduzierten sich mit gleicher Intensität wie die Vergleichsorgane die Organteilchen, die bis zu 14 Tagen bei niedriger Temperatur aufbewahrt waren. Die pulsativen Bewegungen des Herzgewebes konnte man noch 7 Tage nach der Tötung des Tieres beobachten. (Ber. Biol. 6, H. 8.)

I. COSTERO.

¹ Jahrb. f. wiss. Botan. 1926, S. 636.



Liste und Angebot kostenlos!

Mega-Trajanus-Epidiaskop

(D. R. Patent Nr. 366044 und Ausland-Patente)

Dieser neue Bildwerfer wird mit Episkop-Objektiven

**von 150 mm Linsen-Durchmesser
und 60 bzw. 75 cm Brennweite**

geliefert. Er gestattet lichtstarke Projektionen

**von Papier- u. Glasbildern
auf 12 bis 15 m Entfernung**

Auf Grund bisher gemachter Erfahrungen für größere Hörsäle
bzw. bei Aufstellung im Rücken der Zuhörer bestens geeignet

Ed. Liesegang, Düsseldorf Postfach
124 und 164

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern

Unter Mitwirkung von Fachleuten herausgegeben von der

**Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten
des Siemens-Konzerns**

Soeben erschienen:

VII. Band

Erstes Heft (abgeschlossen am 5. Mai 1928)

Mit 1 Gravüre und 300 Bildern. VI, 383 Seiten. 1928. RM 38.—

Inhaltsübersicht:

Fr. Natalis, Kritische Betrachtungen über die Vertikalbewegung von Lasten und ihre Regelung bei elektrischen Aufzügen und Kranen. — F. Ollendorff, Studien über das Jochfeld von Transformatoren. — W. Peters, Über die Belastungsfähigkeit von Hochstromerdungen und verwandte starkstromtechnische Erwärmungsprobleme. — K. Pohlhausen, Die Feldkräfte auf die Glühdrähte von Elektronenröhren. — M. Liwschitz, Anordnungen zur Erhöhung der Überlastungsfähigkeit von Asynchronmaschinen. — A. Gyemant, Weitere Untersuchungen an den Hochohmwiderständen. — E. Weber, Das Schalten magnetisch gesättigter, fremderregter Gleichstromkreise. — H. Voigtländer, Die Bedeutung der Anfahrbeschleunigung bei elektrisch betriebenen Stadtschnellbahnen. — H. Grüss und H. Schmick, Über die Wärmeleitfähigkeit von Gasgemischen. — F. Gossiau, Rechnerische und experimentelle Untersuchungen über Wärmebeherrschung und Leistungssteigerung in luftgekühlten Flugmotorenzylindern. — R. Feldtkeller, Zur Konstruktion des Eingangswiderstandes symmetrischer Vierpole. — H. Bartels, Über den Einfluß des Phasenmaßes und der Dämpfung bei der Übertragung von modulierten Wellen. — E. Streckler, Eine Rechen tafel zur Berechnung von Schwingungskreisen. — W. Gaarz und A. Weber, Zur Frage der harmonischen Kurvenanalyse des menschlichen Elektrokardiogramms. — K. Illig und N. Schönfeldt, Untersuchungen an Diaphragmen. II. Porosität und Endomose. — N. Schönfeldt, Neuer Apparat zur Bestimmung der Elektroendomose. — E. Duhme und H. Gerdien, Eine Vorrichtung zur Elektrolyse mit hoher Stromdichte. — K. Warmuth, Über das Reflexionsvermögen von Kohle zwischen Zimmertemperatur und 1500° C. — G. Masing und C. Haase, Herstellung von Kupferguß mit hoher elektrischer Leitfähigkeit. — W. Mauksch, Verschleißversuche mit Metallen auf bewegtem Papierband. — F. Evers und R. Schmidt, Die künstliche Alterung von Mineralölen. II. Teil. — W. Nagel und J. Grüss, Untersuchungen über Kette und Vergußmassen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Elektrotechnik. II. Verarbeitungszeit.

Wirkungsweise elektrischer Maschinen

Von

Dr. techn. **Milan Vidmar**

o. Professor an der jugoslawischen Universität Ljubljana

Mit 203 Textabbildungen. VI, 223 Seiten. 1928. RM 12.—; gebunden RM 13.50

Das vorliegende Buch versucht es, die Wirkungsweise elektrischer Maschinen in knapper Form zu beschreiben. Es vermeidet, wo es nur geht, Rechnungen, beschäftigt sich mit konstruktiven Einzelheiten fast gar nicht und verfolgt nur physikalische Bilder arbeitender Maschinen. Es ist für den Studierenden und für den nicht am Konstruktions-tisch sitzenden Elektroingenieur geschrieben, hält nur das Wesentliche fest, hebt die Verwandtschaften der einzelnen Bauarten elektrischer Maschinen hervor, sucht vor allem das klare physikalische Bild der idealen elektrischen Maschine und variiert es dann, die einzelnen Bauarten beschreibend. Zweifellos ist es für das Verständnis der Wirkungsweise elektrischer Maschinen von höchstem Wert, zu wissen, daß es eigentlich nur eine elektrische Maschine gibt, daß der Transformator, die Synchronmaschine, der Asynchronmotor und schließlich die Kollektor-maschine nur Spielformen dieser einen Maschine sind. Deshalb wurde im vorliegenden Buch dieser Auffassung der Haupteinfluß zugesichert. Immer wieder wird die Abstammung der einzelnen Maschinenarten vom Transformator betont und nachgewiesen.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschienen:

Methodik der wissenschaftlichen Biologie

Bearbeitet von zahlreichen Fachgelehrten

Herausgegeben von

Professor Dr. **Tibor Péterfi**

Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem

In zwei Bänden

Erster Band. **Allgemeine Morphologie**

Mit 493 Abbildungen und einer farbigen Tafel. XIV, 1425 Seiten. 1928

Zweiter Band. **Allgemeine Physiologie**

Mit 558 Abbildungen. X, 1219 Seiten. 1928

Beide Bände werden nur zusammen abgegeben. RM 188.—; gebunden RM 198.—

Inhaltsübersicht des ersten Bandes:

Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen. Von Professor Dr. A. Walther, Darmstadt. — **Methoden der mikroskopischen Untersuchung:** Allgemeine mikroskopische Optik. Von Professor Dr. A. Köhler, Jena. — Polarisationsmikroskopie. Von Professor Dr. W. J. Schmidt, Gießen. — Ultramikroskopie. Von Privatdozent Dr. H. Zocher, Berlin. — **Allgemeine Mikrotechnik:** Lebenduntersuchungen im auffallenden Licht. Von Privatdozent Dr. P. Vonwiller, Zürich. — Vitalfärbung. Von Privatdozent Dr. P. Vonwiller, Zürich. — Elektrohologische Färbungsreaktionen. Von Dr. R. Keller, Prag. — Gewebezüchtung. Von Professor Dr. G. Levi, Turin. — Die Technik der Zelloperationen (Mikrurgie). Von Professor Dr. T. Péterfi, Berlin. — Die Herstellung mikroskopischer Dauerpräparate. Allgemeine Methodik der Fixierung, Einbettung und des Schneidens. Von Professor Dr. G. C. Heringa, Amsterdam. — Die Technik der deskriptiven Cytologie. Von Privatdozent Dr. K. Bělař, Berlin. — **Spezielle Mikrotechnik:** Untersuchung der Protozoen. Von Privatdozent Dr. K. Bělař, Berlin. — Pflanzliche Vitalfärbungen. Von Professor Dr. E. Küster, Gießen. — Botanische Dauerpräparate. Von Oberstudiendirektor Dr. H. Schneider, Stralsund. — Tierische Gewebe. Von Professor Dr. B. Romeis, München. — Histochemische Methoden. Von Professor Dr. B. Romeis, München. — Mikroskopischer Nachweis der Zellpigmente und Lipide in tierischen und menschlichen Geweben. Von Privatdozent Dr. M. Schmidtman, Leipzig. — Allgemeine und spezielle Methodik der Histochemie. Von Professor Dr. G. Klein, Wien. — **Methoden der beschreibenden Embryologie. Technik der Herstellung anatomischer Präparate.** Von Professor Dr. E. Pernkopf, Wien. — **Mikrotechnik der Wirbellosen.** Von Professor Dr. J. v. Gelei, Szeged. — Sachverzeichnis.

Inhaltsübersicht des zweiten Bandes:

Zoologische Musealtechnik. Von Professor Dr. C. Zimmer, Berlin. — **Botanische Museumskunde.** Von Professor Dr. J. Schiller, Wien. — Anhang: Herbarpflanzen. Von Konservator I. Dörfler, Wien. — **Das Sammeln zoologischer Untersuchungsobjekte.** Von Professor Dr. P. Schulze, Rostock. — **Das Halten und Züchten zoologischer Untersuchungsobjekte:** 1. Süßwasser-Aquarien und Terrarien. Von Professor Dr. L. Müller, München. 2. Meerwasser-Aquarien. Von W. B. Sachs, Berlin. 3. Insekten. Von Professor Dr. A. Hase, Berlin. Anhang: Die Zucht der Lymantriidae und Saturnidae. Von Dr. K. Pariser, Berlin. 4. Haltung und Züchtung von Säugetieren zu wissenschaftlichen Versuchszwecken. Von Professor Dr. H. Nachtsheim, Berlin. — **Das Halten und Züchten pflanzlicher Untersuchungsobjekte:** 1. Kultur der Algen und Pilze. Von Professor Dr. E. Küster, Gießen. 2. Halten und Züchten höherer Pflanzen. Von Professor Dr. Fr. Oehlkers, Tübingen. — **Methoden der Abbildung:** 1. Photographie für naturwissenschaftliche Zwecke. Von Professor Dr. H. Wachs, Rostock-Stettin. 2. Mikrophotographie. Von Professor Dr. B. Romeis, München. 3. Kinematographie und Mikrokinematographie. Von Dr. K. Höfer, Berlin. 4. Zeichentechnik. Von Privatdozent Dr. K. Bělař, Berlin. — **Methoden der Vererbungslehre.** Von Professor Dr. Günther Just, Greifswald. — **Methoden der Entwicklungsmechanik:** 1. Entwicklungsmechanik der Pflanzen. Von Privatdozent Dr. A. Th. Czaja, Berlin. 2. Entwicklungsmechanik der Tiere. Von Privatdozent Dr. O. Mangold, Berlin. Anhang: 1. Die Methoden der künstlichen Parthenogenese. Von Privatdozent Dr. J. Runnström, Stockholm. 2. Technisches über die Zellstimulation. Von Professor Dr. M. Popoff, Sofia. — **Aseptische Operationstechnik.** Von Professor Dr. H. F. O. Haberland, Köln. — **Untersuchungsmethoden der allgemeinen Reizphysiologie und der Verhaltensforschung an Tieren.** Von Professor Dr. O. Köhler, Königsberg i. Pr. — **Physikalisch-chemische Arbeitsmethoden:** 1. Methoden der Protoplasmaforschung. Von Professor Dr. J. Spek, Heidelberg. 2. Physikalisch-chemische Methoden in der Pflanzenphysiologie. Von Professor Dr. E. G. Pringsheim, Prag. 3. Elektrometrie. Von Dr. G. Ettisch, Berlin. — **Allgemeine Methoden des Stoff- und Energiewechsels:** 1. Stoffwechsel der Zellen und Gewebe. Von Dr. H. A. Krebs, Berlin. 2. Der Stoffwechsel der Pflanzen. Von Dr. O. Arnbeck, Berlin. 3. Methoden zur Untersuchung des Stoff- u. Energiewechsels der Tiere. Von Privatdoz. Dr. J. Hirsch, Berlin. Anh.: Biologische Fachausdrücke in den vier Kongreß-Sprachen. — Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Hierzu zwei Beilagen vom Verlag Julius Springer in Berlin