

22. 5. 1925

Stadtbücherei  
Elbing

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON  
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 21 (SEITE 445—468)

22. MAI 1925

DREIZEHNTER JAHRGANG

## INHALT:

Relativität und Aberration. Ein Dialog. Von HANS THIRRING, Wien . . . . .	445
Biogeographie vom Tier aus. Von HJALMAR BROCH, Oslo (Norwegen) . . . . .	447
Der Tertiärmensch in England. Von WILHELM FREUDENBERG, Heidelberg-Schlierbach . . . . .	452
Die Beziehungen der Metallographie zur physikalischen Forschung. Von J. CZOCHRALSKI, Frankfurt a. M. (Schluß). (Mit Figur 30—49) . . . . .	455
27. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Von E. DOBERS, Hannover . . . . .	464

BESPRECHUNGEN:	
KOLHÖRSTER, W., Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. Bd. 5 der Probleme der kosmischen Physik. Von K. Kähler, Potsdam	467
KÄHLER, K., Die Elektrizität der Gewitter. Bd. 3. Von Werner Köhlhörster, Berlin . . . . .	467
FRÉCHET und HALBWACHS, Le calcul des probabilités à la portée de tous. Von R. v. Mises, Berlin . . . . .	468
MÜLLER-BRESLAU, HEINRICH, Die neuen Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen. 5. durchgesehene Auflage. Von L. Hopf, Aachen . . . . .	468

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

## **Festschrift zur Jahrhundertfeier des Physikalischen Vereins in Frankfurt am Main**

Dargeboten

von den Dozenten seiner Institute

159 Seiten. 1924. Preis 5 Goldmark

Aus dem Inhalt:

Die Entwicklung des Physikalischen Vereins. — P. Epstein: Goethe und die exakten Naturwissenschaften. — R. Wachsmuth: Der elektrodenlose Ringstrom bei gedämpfter und ungedämpfter Erregung. — M. Seddig: Stereoskopische Projektions-Diapositive mittels Zweifarbenplatte. — W. Gerlach: Über neue spektrographische Absorptionsmethoden. — J. von Braun: Zur Kenntnis des Kodeins. — A. Sieverts (gemeinsam mit Ernst Roell): Zirkonium und Wasserstoff. — B. Helferich: Synthetische Probleme der Zuckergruppe. — F. Mayer: Über die Verwendung von Tetralinabkömmlingen als Farbstoffkomponenten. — F. Hahn: Über den Nachweis kleinster Stoffmengen bei größter Verdünnung. — E. Speyer: Beiträge zum Nachweis einer aliphatischen Doppelbindung im Kodein. — C. Déguisne: Brückenmessungen mit dem „Phasenschlitten“. — F. Linke: Die Abhängigkeit der Luftdichte von der Meereshöhe. — M. Brendel: Unsere Kenntnisse von der Natur und den Bewegungen der dunklen Himmelskörper. — R. Lorenz: Die Gesetze der idealen Gase und die Thermodynamik. — W. Fraenkel: Zur Kenntnis der Gleichgewichte bei der Reduktion von Metalloxyden durch Kohlenoxyd. — E. Madelung: Über die Verwendung der Vektor- und Tensoranalysis in der Theorie des Kreisels.

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

26

## DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland 7.50 Goldmark (1 Gm. =  $\frac{10}{42}$  Dollar nord-amerikanischer Währung). Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft 0.75 Goldmark zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen:  $\frac{1}{4}$  Seite 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0.20 Goldmark. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigepreise 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. Telegrammadr.: Springerbuch  
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

# Fortschritte in der anorganisch-chemischen Industrie

an Hand der Deutschen Reichspatente dargestellt

Herausgegeben von

**Adolf Brüer** und **J. D'Ans**

**Zweiter Band: 1918—1923**

**Erster Teil:**

Bearbeitet mit Unterstützung von

**Josef Reitstötter**

und unter Mitwirkung von

**W. Bertelsmann, J. Billiter, H. Pauling, F. Pollitzer, B. Waeser**

1200 Seiten mit zahlreichen Textfiguren. 96 Goldmark

Früher erschien:

**Erster Band: 1877—1917**

Erster Teil. 1921. Mit zahlreichen Textfiguren. 1192 Seiten. 90 Goldmark

Zweiter Teil. 1922. Mit zahlreichen Textfiguren. 1448 Seiten. 108 Goldmark

Dritter Teil. 1923. Mit zahlreichen Textfiguren. 1190 Seiten. 100 Goldmark

Das Werk stellt sich zur Aufgabe, die Patente der anorg.-chem. Industrie ebenso zu sammeln und nach sachlichen Gesichtspunkten zu ordnen, zu besprechen und laufend herauszugeben, wie es im „Friedländer“, „Fortschritte der Teerfarbenfabrikation“ für die Patente der org.-chem. Fabrikationszweige durchgeführt ist:

Der Gesamtstoff wurde unter Anlehnung an die amtliche Klassen- und Gruppenfolge in entsprechende Abschnitte eingeteilt, die mit den erforderlichen Einleitungen versehen sind. Die Anordnung der Patente in den einzelnen Kapiteln selbst ist nach technologischen Gesichtspunkten durchgeführt worden. Sachlich Zusammengehörendes ist dann in den so entstandenen Untergruppen soweit als möglich nach der Zeitfolge geordnet. Diese sachliche Einteilung des ganzen Stoffes hat wertvolle Vorteile für die bequeme Benutzung des Werkes. Sie findet sich zusammengefaßt in Übersichtstabellen, die den Einleitungen folgen und deren Durchsicht bei Benutzung des Werkes als erstes zu empfehlen ist, da sie eine außerordentlich schnelle Orientierung über bestimmte Wissensgebiete ermöglichen. An diese Tabellen schließen sich die Patentschriften in der gleichen Reihenfolge an, wie sie in denselben aufgeführt sind.

Die Patente sind mit den wichtigsten amtlichen Daten (Beginn und Ende sowie Löschungen und Übertragungen der Schutzrechte) versehen. Bei den neueren Patenten sind auch das Aktenzeichen, Auslegungs- und Erteilungsdatum angegeben. Die Veränderungen werden fortlaufend nachgetragen. Alle 1910 noch bestehenden und von da an erteilten Patente wurden im Wortlaut und die anderen gemäß ihrer Bedeutung mehr oder weniger gekürzt wiedergegeben, wobei aber wenigstens der Patentanspruch stets wortgetreue Aufnahme fand. Am Schluß der Patente sind, soweit es erforderlich war, eine kurze Kritik sowie Hinweise auf die entsprechenden Auslandspatente beigelegt. Von den Zeichnungen der Originale sind solche aufgenommen, die das Wesentliche der Erfindung charakterisieren. Durch die Beschaffung des Werkes kann man sich mit verhältnismäßig geringen Mitteln in den Besitz der gesamten einschlägigen Patentliteratur setzen, die zudem in technologisch geordneter und gesichteter Form, mit Einleitungen und Übersichtstabellen versehen, vorliegt.

Inhaltsverzeichnis zu Teil I des zweiten Bandes.

Wasserstoff. Salzsäure und Sulfat, Chlor. Chlor-Sauerstoff-Verbindungen. Brom, Jod, Fluor und deren Verbindungen. Sauerstoff und Ozon. Perverbindungen. Selen. Schwefel. Schweflige Säure. Schwefelsäure. Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalien. Chlorhaltige Schwefelverbindungen. Sulfite, Thiosulfate, Hydrosulfite. Edelgase. Stickstoff. Salpetersäure, Stickoxyde und Alkalinitrate, Nitride. Ammoniak und seine Verbindungen. Cyan und seine Verbindungen. Hydroxylamin, Hydrazin. Stickstoff-Wasserstoffsäure.

## Relativität und Aberration.

Ein Dialog.

VON HANS THIRRING, Wien.

In EINSTEINS gemeinverständlicher Schrift über die Relativitätstheorie<sup>1)</sup> findet sich ein Satz, der schon mehrfach zu Mißverständnissen Anlaß gegeben hat. Er sagt in dem Kapitel über spezielle Relativitätstheorie und Erfahrung folgendes (l. c. S. 33): „Ich erwähne hier als besonders wichtig, daß die Relativitätstheorie in überaus einfacher Weise in Übereinstimmung mit der Erfahrung die Einflüsse abzuleiten gestattet, welche das von den Fixsternen zu uns gesandte Licht durch die Relativbewegung der Erde gegen jene Fixsterne erfährt. Es ist dies die jährliche Wanderung des scheinbaren Ortes der Fixsterne infolge der Erdbewegung um die Sonne (Aberration).“

Auf diesen Satz gründet sich die von mehreren Autoren vertretene irrice Auffassung, daß der Aberrationseffekt nach der Relativitätstheorie auch bei periodischen, also ungleichförmigen Bewegungen nur von der Relativgeschwindigkeit abhängen müßte. Wenn aber die Aberration von der Relativgeschwindigkeit allein abhänge, dann müßte, wie von LENARD, TOMASCHEK und anderen<sup>2)</sup> betont wird, auch die Eigenbewegung der Doppelsterne zu einem Aberrationseffekt Anlaß geben, indem unter Umständen bedeutende scheinbare Winkeltrennungen der beiden Komponenten auftreten müßten, und zwar gerade dann, wenn das Fehlen von Spektrallinienverschiebungen das Gegenteil erwarten ließe, nämlich wenn beide Komponenten und die Erde sich annähernd in einer geraden Linie befinden.

Verfasser hat nun in einer unlängst erschienenen Notiz<sup>3)</sup> dargelegt, daß eine korrekte Anwendung der Relativitätstheorie in Übereinstimmung mit der Erfahrung zu keinem solchen von der Eigenbewegung der Doppelsterne herrührenden Aberrationseffekt führt. Trotzdem zieht sich das erwähnte Mißverständnis auch noch weiter durch die seither erschienene Literatur. Der achte Tätigkeitsbericht des radiologischen Institutes der Universität Heidelberg<sup>4)</sup> enthält einen etwas voreiligen Nekrolog auf die durch das Fehlen der Doppelsternaberration widerlegte Relativitätstheorie und auch in astronomischen Arbeiten findet man die erwähnte irrice Auffassung. HR. H. OSTEN<sup>5)</sup> meint z. B., daß „die Relativitätstheorie ihren

Standpunkt in der Sache revidieren müsse, nicht wegen des unbeobachtbaren relativistischen Effektes von der Ordnung  $1/c^2$ , sondern wegen Verwendung der Relativgeschwindigkeit.“

Es scheint daher nicht unangebracht zu sein, diese Frage ein wenig ausführlicher zu behandeln als es in der obenerwähnten Notiz des Verfassers geschehen ist. Damit die Anschauungen von beiden Richtungen zur Geltung kommen, wollen wir die Form eines Dialoges wählen, wobei E. den Relativisten und L. den Antirelativisten bedeuten soll.

L.: Die\*Thirringsche Notiz, nach der die Relativitätstheorie keinen von der Eigenbewegung der Doppelsterne herrührenden Aberrationseffekt liefern soll, scheint mir unklar und anfechtbar zu sein. Eine nähere Prüfung ihres Inhaltes erübrigt sich aber, denn wenn er recht hat, ist es um so schlimmer für die Relativitätstheorie. Es würde ja damit implizit zugegeben werden, daß die Bewegung des Beobachters absoluten Charakter hat, wodurch das Relativitätsprinzip durchbrochen wird.

E.: Ihr Einwand ist typisch für eine bestimmte Klasse von Widerlegungsversuchen der Relativitätstheorie, die dadurch gekennzeichnet sind, daß ein Satz der speziellen Relativitätstheorie auf Bewegungen *längs einer geschlossenen Bahn* angewendet wird. In dieselbe Kategorie gehört auch der bekannte Einwand wegen des Uhrenparadoxons<sup>1)</sup>. Wenn von zwei ursprünglich gleichgehenden und gleichgerichteten Uhren die eine auf Reisen geschickt wird, so muß sie gemäß der Relativitätstheorie nach ihrer Rückkehr gegenüber der anderen Uhr nachgehen. In diesem Nachgehen hat man nach GEHRCKE ein Kriterium für den absoluten Charakter der Bewegung zu erblicken, genau so wie man nach Ihnen in der Aberration ein Kriterium dafür hat, daß die Erde sich absolut bewege.

Bevor ich auf die Frage eingehe, ob damit das Relativitätsprinzip tatsächlich durchbrochen ist, möchte ich Sie darauf hinweisen, daß in beiden Beispielen im Falle *gleichförmig geradliniger* Bewegung, auf den sich ja die spezielle Relativitätstheorie ausdrücklich bezieht, kein Bewegungssystem vor dem anderen ausgezeichnet ist. Hinsichtlich der Uhren läßt sich für diesen Fall zeigen<sup>2)</sup>, daß je nach dem Wege, auf dem eine Vergleichung der Zeigerstellungen vorgenommen wird, entweder die eine oder die andere der beiden Uhren nachgeht . . .

<sup>1)</sup> EINSTEIN, Spezielle und allgemeine Relativitätstheorie. 14. Aufl. Vieweg 1922.

<sup>2)</sup> P. LENARD, Ann. d. Physik 73, 89. 1924; R. TOMASCHEK, Ann. d. Physik 74, 136, 1924 u. M. LA ROSA, Ann. d. Physik 75, 195. 1924.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. Physik 30, S. 63, Nr. 1. 1924.

<sup>4)</sup> Zeitschr. f. techn. Physik 6, 81. 1925.

<sup>5)</sup> Astron. Nachr. 224, S. 68, Nr. 5356. 1925.

<sup>1)</sup> Vgl. diese Zeitschr. 1, 62. 1913; 6, 697. 1918; 7, 147. 1919 u. 9, 209. 1921.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschr. 9, 210. 1921.

L. (unterbricht): Zu hübschen Resultaten kommt da die Relativitätstheorie! Die Logik und der Satz des Widerspruches kümmern Sie wohl gar nicht?

E.: Die Frage, ob man hierin einen logischen Widerspruch zu erblicken hat, ist schon vielfach diskutiert worden. Ich darf mich daher wohl mit einem Hinweis auf einige diesbezügliche Literaturstellen<sup>1)</sup> begnügen. — Während der geradlinig gleichförmigen Bewegung ist also keine Uhr vor der anderen ausgezeichnet; erst nach der *Umkehr* der einen hört ihre Gleichberechtigung auf.

Beim Aberrationsproblem haben wir es mit einem analogen Falle zu tun: Wenn die Lichtquelle oder der Beobachter eine geradlinig gleichförmige Bewegung ausführt, ist der Aberrationseffekt nur von der Relativgeschwindigkeit abhängig. Er besteht einfach darin, daß die Visionsrichtung nicht mit der Verbindungslinie der Momentanstellung von Lichtquelle und Beobachter zusammenfällt, sondern mit der Verbindungslinie zwischen der Momentanstellung des Beobachters und der um die Latenzzeit in der Vergangenheit zurückliegenden Stellung der Lichtquelle. Dieser „translatorische“ Aberrationseffekt, wie wir ihn kurz nennen wollen, erfüllt natürlich das spezielle Relativitätsprinzip; es ist für ihn einerlei, ob sich die Lichtquelle oder der Beobachter bewegen. Der „translatorische“ Aberrationseffekt würde aber als konstantes Korrektionsglied aus den Beobachtungen herausfallen; er spielt darum für die Astronomie keine Rolle.

Wenn die Bewegung aber nicht geradlinig gleichförmig, sondern auf einer geschlossenen Bahn stattfindet, kann man selbstverständlich das spezielle Relativitätsprinzip nicht mehr anwenden; die Fälle: bewegte Lichtquelle, bzw. bewegter Beobachter sind getrennt zu behandeln. Wir fassen zunächst den ersten Fall ins Auge, der bei Doppelsternen realisiert ist: Die Lichtquelle bewege sich periodisch längs einer geschlossenen Bahn, ihre Geschwindigkeit sei klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit und der Gesichtswinkel, unter dem der Bahnradius vom Beobachter gesehen wird, sei unmeßbar klein. Den Beobachter selbst wollen wir der Einfachheit halber in einem Inertialsystem ruhen lassen. Das Aberrationsphänomen läßt sich in diesem quasistationären Fall in erster Näherung wieder so beschreiben, daß die Visionsrichtung zusammenfällt mit der Verbindungslinie zwischen der Momentanstellung des Beobachters und der um die Latenzzeit vorhergehenden Stellung des Sternes. Diese Stellung unterscheidet sich aber wegen der vorausgesetzten visuellen Kleinheit des Bahnradius von irgendeiner früheren oder späteren Stellung so wenig, daß keine Aberration zustande kommt.

L.: Ausgezeichnet, bitte lassen Sie mich jetzt

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 9, 482, 550 u. 551. 1921; Monatsh. f. Math. u. Phys., Literaturberichte 33, 53. 1923 u. H. THIRING, Die Idee der Relativitätstheorie. 2. Aufl., S. 60ff. Springer 1922.

fortsetzen. Betrachten wir den zweiten Fall: Ruhender Stern, Beobachter mit der Erde bewegt. In einem *Bezugssystem*, daß die jährliche Erdbewegung drehungsfrei mitmacht, ruht der Erdmittelpunkt, während der Stern eine geschlossene Bahn periodisch durchläuft. Durch Einführung dieses Bezugssystemes wird also nach dem Relativitätsprinzip der Fall 2 auf den Fall 1 zurückgeführt, für den Sie soeben scharfsinnig gezeigt haben, daß keine Aberration auftritt. In Wirklichkeit beobachten wir aber seit BRADLEY eine jährliche Aberration der Fixsterne, also ist das Relativitätsprinzip widerlegt.

E.: Diese Widerlegung zeichnet sich durch ihre bestechende Einfachheit aus. Die Argumentation ist aber fehlerhaft, denn das von Ihnen benutzte Bezugssystem ist kein Inertialsystem. Die Koeffizienten des Linienelementes werden in ihm nicht mehr gleich Null, bzw. Eins sein und die Lichtfortpflanzung ist nicht mehr geradlinig. Ihr Bezugssystem erfährt periodische Beschleunigungen, die sich nach dem Äquivalenzprinzip durch periodisch variable Gravitationsfelder ersetzen lassen. Die von diesen Feldern bewirkte Lichtablenkung ist nun gerade so groß wie die beobachtete jährliche Aberration. Durch Einführung eines mit der Erde mitbewegten Bezugssystemes kann man also den Aberrationseffekt als solchen zwar „wegtransformieren“, erhält aber dafür den äquivalenten Effekt der Lichtstrahlkrümmung. (Überlegungen dieser Art haben sogar geradezu den ersten Anlaß zu der Voraussage der Lichtstrahlkrümmung am Sonnenrande gegeben.) Die Relativitätstheorie liefert also für den ungleichförmig bewegten Beobachter auf alle Fälle einen Effekt, der je nach der Wahl des Bezugssystemes als „Aberration“ oder als „Einsteinische Lichtstrahlkrümmung“ interpretiert werden kann.

L.: Man sieht daraus, daß es die Verfechter der Relativitätstheorie immer wieder verstehen, ihre Hypothesen durch mathematische Ausflüchte, bzw. Schiebungen den Erfahrungen anzupassen. Wir wollen aber nach der von Ihnen eingeschlagenen Abschweifung vom Thema wieder auf die Hauptsache zurückkommen. Es ist also, wie Sie selbst zugeben müssen, für die Aberrationserscheinung nicht einerlei, ob sich die Lichtquelle oder der Beobachter bewegt. Diese Tatsache steht in vollem Widerspruche mit dem Sinn der Relativitätstheorie, der offenbar dahin geht, daß die Welt darauf eingerichtet sei, eine absolute Feststellung von Bewegungen unmöglich zu machen, daß stets nur relative Bewegungen erkennbar seien<sup>1)</sup>.

E.: Herr Kollege haben offenbar eine radikalere Auffassung der Relativität als ich. Sie dürfen nicht vergessen, daß bei einer ungleichförmigen Bewegung zweier Körper die Erscheinungen, die sich auf ihnen abspielen, nicht bloß von der Relativbewegung dieser Körper gegeneinander abhängen, sondern auch noch von ihrer Relativ-

<sup>1)</sup> P. LENARD, Zeitschr. f. techn. Physik 6, 82. 1925.

bewegung gegen die übrigen Massen des Weltalls, also gegen den Fixsternhimmel. Wenn zwei Körper gegeneinander rotieren, so kann man durch Messung der Zentrifugal- und Corioliskräfte auch ohne Beobachtung der Umwelt feststellen, welcher von beiden eine raschere Winkeldrehung gegen den Fixsternhimmel ausführt. Diese Tatsache wurde von NEWTON als Beweis für den absoluten Charakter der Rotationsbewegung aufgefaßt; nach MACH hingegen hat man in den Zentrifugal- und Corioliskräften eine Wirkung der Relativdrehung gegen den Fixsternhimmel zu erblicken. Diese letztere Auffassung, die erkenntnistheoretisch befriedigender erscheint, hat sich die Relativitätstheorie zu eigen gemacht. Wie immer wir aber interpretieren mögen, eines steht fest: in einem gegen den Fixsternhimmel ungleichförmig bewegten Bezugssystem treten Wirkungen wie Trägheitswiderstände nach Art der Zentrifugalkraft, Lichtstrahlkrümmung usw. auf, die in Inertialsystemen bei Abwesenheit von Gravitationsfeldern fehlen. Hr. OSTEN<sup>1)</sup> hat also vollkommen recht, wenn er betont, daß man sich bei der Berechnung der jährlichen Aberration auf ein Inertialsystem beziehen müsse, um einfache Relationen zu erhalten. Er ist aber im Irrtum, wenn er meint, daß die Relativitätstheorie ihren Standpunkt hinsichtlich der Abhängigkeit der Aberration von der Relativbewegung revidieren müsse, denn sie hat ja diesen Standpunkt nie eingenommen. Allerdings fordert die spezielle Relativitätstheorie bezüglich des obenerwähnten translatorischen Aberrationseffektes, daß nur die Relativbewegung maßgebend sei. Die jährliche Aberration gehört aber in die allgemeine Relativitätstheorie und in dieser zeichnen sich die Inertialsysteme durch die besonders einfachen Werte der Koeffizienten des Linienelementes in rechtwinkligen Koordinaten aus, die auf das Trägheitsgesetz und die geradlinige Lichtausbreitung führen. Natürlich kann man prinzipiell auch alles für ein mit der Erde bewegtes Bezugssystem rechnen, dann hat man aber, wie oben erwähnt, den Einfluß der Lichtstrahlkrümmung zu berücksichtigen.

L.: Sie kommen also doch nicht um die Tatsache herum, daß gewisse Bezugssysteme ausgezeichnet sind. Wozu also dann der ganze Aufwand an mathematischen Fiktionen und das Gerede über allgemeine Relativität, wenn sich bei näherer Betrachtung Ihre Inertialsysteme doch nur als

<sup>1)</sup> H. OSTEN, I. c.

der mit gelehrten Decknamen wie „pseudo-euklidische Maßbestimmung“ verkleidete absolute Raum entpuppen. Gerade das Beispiel der Aberration lehrt deutlich, um wieviel einfacher es ist, von vorneherein den geraden Weg zu gehen und mit dem absoluten Raum, bzw. dem Äther zu rechnen.

E.: Die Konzeption des absoluten Raumes mag in manchen Fällen ein guter Notbehelf sein — insbesondere für jene, denen das Studium der mehrdimensionalen Differentialgeometrie Schwierigkeiten bereitet. Die Identifizierung von Inertialsystem und Äther ist aber aus dem einfachen Grunde abzulehnen, weil es nicht bloß *ein* Inertialsystem gibt, sondern eine dreifach unendliche Mannigfaltigkeit solcher Systeme, die durch die Gruppe der Lorentztransformationen auseinander hervorgehen. Ihr Äther müßte also gleichzeitig dreifach unendlich viele Geschwindigkeiten haben und das ist schließlich auch der Grund dafür, daß die Versuche der Anpassung der Äthervorstellung an das Tatsachenmaterial dazu geführt haben, neben einem Uräther noch soviel Privatäther zu supponieren als es Weltkörper gibt.

Die allgemeine Relativitätstheorie hat sich von der Bevorzugung irgendwelcher Bezugssysteme formal dadurch freigemacht, daß sie die Grundgleichungen in allgemein kovarianter Form aufstellte. Diese Kovarianzforderung hat ihren heuristischen Wert durch die Erklärung der Merkurperihelbewegung erwiesen. Es ist aber ein großer Irrtum, wenn man glaubt, aus diesem allgemeinerem Prinzip der Relativität die Folgerung ableiten zu müssen, daß in beliebig gegeneinander bewegten Systemen die Naturvorgänge sich in gleicher Weise abspielen sollen. Diese Forderung steht mit der allgemeinen Relativitätstheorie nicht weniger in Widerspruch als mit der Erfahrung. Wer sich einmal die Mühe genommen hat, die Formeln der allgemeinen Relativitätstheorie auf beschleunigte Bezugssysteme zu transformieren, wird sehr wohl wissen, daß sie für solche Systeme neben den Trägheitswirkungen auch Lichtstrahlableitungen ergeben, die in feldfreien Inertialsystemen fehlen. Dieser Umstand ist von vielen Autoren nicht beachtet worden und so kam es, daß gestützt auf den eingangs zitierten Einsteinschen Satz, die irriige Meinung entstand, daß nach der Relativitätstheorie der Aberrationseffekt auch bei periodischen Bewegungen nur von der Relativgeschwindigkeit abhängig sei.

## Biogeographie vom Tier aus.

Von HJALMAR BROCH, Oslo (Norwegen).

Wer die Biogeographie historisch betrachtet, dem wird es auffallen, daß die „Tiergeographen“ der älteren Generationen unter Tiergeographie lediglich Faunistik verstanden. Mit der Feststellung der Verteilung der rezenten Tiere über der Erdkugel war ihr Programm erschöpft. Im übrigen handelte es sich dann nur noch darum, eine regionale Einteilung zu schaffen, als deren

Basis hauptsächlich die augenblickliche Verteilung der größeren rezenten Tierarten diente. Nach und nach drängte sich dann die Frage „wie“ vor und führte zu einer Anknüpfung an paläontologische Daten. So entstanden Konglomerate vieler faunistischer und paläogeographischer Daten, die zu einer etwas breiteren, geschichtlichen Grundlegung der Biogeographie beitrugen und zu Modifi-

zierungen der regionären Einteilungen und Auffassungen führten.

Auf dieser Stufe hatte die biogeographische Forschung jedoch keine Aussicht, sich zu einem selbständigen und bedeutungsvollen Zweige der Biologie zu erheben. Sie erscheint deswegen auch gewöhnlich nur als Anhang zu den systematischen Abhandlungen, meist begnügt sie sich mit einigen kursorischen „tiergeographischen Bemerkungen“ in der Einleitung oder gibt sich, wenn's hoch kommt und etwas ausführlichere Auseinandersetzungen angestrebt werden, als größerer abschließender Abschnitt. Nur in sehr seltenen Fällen begegnen wir rein biogeographischen Abhandlungen, und diese münden dann meist in ganz allgemeine Diskussionen über die große, regionäre Einteilung der Erde aus. Als glänzende Ausnahmen notieren wir hier einige Darstellungen begrenzter Gebiete, wie A. APPELLÖFS Erörterungen über die Bodenfauna des Nordmeeres<sup>1)</sup> und SVEN EKMANS Arbeit über die Fauna von Skandinavien<sup>2)</sup>; die letztere darf als der Gipfel bezeichnet werden, den diese Richtung erreicht hat.

Seither hat sich eine andere Richtung der Forschung angebahnt, die *ökologische Tiergeographie*, die in mehreren Beziehungen auch in den genannten Darstellungen vorschimmert, und die in der Meeresforschung, obschon nicht immer zielbewußt, als besondere wissenschaftliche Forschungsrichtung seit Anfang der Fischereiuntersuchungen betrieben worden ist. Das Studium der Fischwanderungen und die Planktonstudien<sup>3)</sup>, d. h. die *Untersuchungen der ozeanischen Biocönosen*, sind in der Tat rein ökologische biogeographische Untersuchungen, obwohl ihr Zweck und Ziel der Geldbeutel ist. Nach und nach haben sich *ähnliche Untersuchungen der terrestrischen Verhältnisse herauskristallisiert*. Das erste zielbewußte Handbuch der ökologischen Tiergeographie hat uns F. DAHL gegeben<sup>4)</sup>; kurz nachher erschien die prachtvolle Darstellung von der Hand R. HESSES<sup>5)</sup>, wo die ganze Forschungsrichtung in voller Breite gegeben ist.

Und doch ist es sehr auffällig, daß auch hier die zweite Frage der Wissenschaft — „*warum*“ — nur zur Hälfte beleuchtet, die dritte Frage — „*wodurch*“ — fast überhaupt nicht berührt wird. Die tieferen analytischen Studien, die als Grund-

lage einer vollen Beantwortung dieser Fragen dienen müssen, werden auch heute noch meist vermißt. Hierin müssen wir auch die Ursachen suchen, weshalb sich die Biogeographie bisher nicht als selbständiger Wissenschaftszweig neben Anatomie, Systematik, Embryologie und Physiologie — und diesen Zweigen gleichwertig — entwickelt und bewährt hat.

Die erste Grundlage der „Tiergeographie“ ist auch jetzt noch die Verbreitung der Tiere in Raum und Zeit. Dabei ist aber die Erklärung der Erscheinungen, sind die Ursachen, und zwar in immer stärkerem Maße, nur in allerlei äußeren Bedingungen gesucht worden, bis man z. B. in der marinen Tiergeographie das Ziel der Forschung so gänzlich vergaß und verlor, daß man nach den hydrographischen Verhältnissen ohne weiteres „tiergeographische“ Regionen aufstellte, denen sich die Tiere zu fügen hatten. Die Einteilung ist somit nicht nur arbeitstheoretischer Art; Individuen, die sich dem Bilde nicht pünktlich einordnen, sind „Ausnahmen“, Arten, die nicht an den theoretisch konstruierten Grenzen haltmachen, stellen „Übergangsformen“ oder allerlei „Zwischenstufen“ dar. Dem Organismus wird mit anderen Worten jede Selbständigkeit abgesprochen.

Und doch können wir die Biogeographie sehr gut mit einem Schachspiel vergleichen: die äußeren Faktoren stellen die Spieler dar, die Organismen aber, die einzelnen Schachfiguren, haben individuelle Fähigkeiten (eine gewisse Autonomie) und fügen sich nur nach ihren besonderen Bewegungsmodifikationen in das gesamte große Spiel ein, das das große Mosaikbild der Biogeographie aufbaut. Wir sind bei diesem Spiele die Zuschauer — wer ein Schachturnier beurteilen will, der muß nicht nur die Individualitäten der Spieler, sondern auch die „innere Kraft“ der einzelnen Schachfiguren durchaus kennen. Trotzdem die letztere Seite die elementare ist, so ist sie in der bisherigen biogeographischen Forschung fast nicht berücksichtigt worden.

Wenn man aber, wie bisher, die Tiere nur *von außen her* in der Tiergeographie behandelt, so läßt sich in der Tat kaum die Hälfte der Fragen der kausalen Erforschung beantworten. *Die tiergeographische Forschung muß zielbewußt anfangen, die artlichen Phänomene von innen zu analysieren*. Das heißt, wir müssen die *Arten* — auch die Individuen — *als gewissermaßen autonome Existenzen* betrachten, die zwar durch von außen wirkende Kräfte geregelt werden, die aber wegen der innenwohnenden Fähigkeiten mit diesen äußeren Kräften in ununterbrochenem Kampfe leben.

Damit diese Behauptungen nicht als nebelige Postulate dastehen, werden wir hier einige Beispiele betrachten, die gleichzeitig zeigen, daß die biogeographische, kausalanalytische Forschung auf breiter Basis fußend ebenso umfangreich und bedeutungsvoll wie jeder andere Zweig der biologischen Wissenschaften ist. —

Die Fähigkeit, durch Bildung von Dauer-

<sup>1)</sup> In MURRAY und HJORT, *The Depths of the Ocean*. London 1912. (Der Abschnitt liegt fast in derselben Abfassung schon in „*Norges Fisherier. I Norsk Havfiske*“ Iste Del. Bergen 1905 vor.)

<sup>2)</sup> *Djurvärdens utbredningshistoria på Skandinaviska halvön*. Stockholm 1922.

<sup>3)</sup> Vgl. z. B. H. H. GRAN, *Das Plankton des norwegischen Nordmeeres. Report on the Fishery- and Marine-Invest.*, Bd. II, Bergen 1902, oder *Résumé des observations sur le plancton des mers explorées par le conseil pendant les années 1902—1908. I—II. Bull. trimestriel*. Copenhague 1910, 1911.

<sup>4)</sup> *Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie*. I. und 2. Teil. Jena 1921—1923.

<sup>5)</sup> *Tiergeographie auf ökologischer Grundlage*. Jena 1924.

stadien („Wintereiern“, Ruhesporen, Gemmulae usw.) auf „ungünstige“ Lebensverhältnisse zu reagieren, ist sicher nicht eine Fähigkeit, die durch den Einfluß äußerer Faktoren erworben ist, sondern sie gehört zu den primitiven Eigenschaften der Organismen. Wir finden denn auch, daß diese Eigentümlichkeit eben den niedrigeren Organismen zukommt, bei höheren Tieren dagegen verlorengegangen ist. Die große Bedeutung dieses Phänomens für die Planktonforschung hat GRAN schon 1902 (l. c.) klargelegt. Das (winterliche) Aufblühen arktischer Diatomaceen in dem Plankton des Kattegats und Skagerraks wurde früher als Resultat polarer Strömungen erklärt, die den Golfstrom im Winter durchquerend in die genannten Gewässern hineindrängen. Die Dauersporen geben uns aber, wie GRAN zeigt, eine einfachere und näherliegende, natürliche Erklärung: die „eismeer-ähnlichen“ Verhältnisse der Winterzeit sind für das Aufblühen dieser arktischen Diatomaceen günstig, im Frühjahr bilden sie bei den für sie ungünstigeren Temperaturverhältnissen wiederum Dauersporen, die „übersommern.“

Ähnliche Ruhestadien werden aber auch von anderen Tierarten gebildet; sie sind besonders bei Süßwassertieren allgemein bekannt und auch bereits ausgewertet, scheinen aber bei den Organismen der Küstengewässer des Meeres ebenso häufig zu sein, sind aber hier weniger beachtet worden. Allgemein bekannt dürften die Wintereier von Cladoceren, wie *Podon* und *Evadne*, sein, die den Dauersporen der Diatomaceen in biologischer Beziehung analog sind. Überdauerungszustände sind bei den marinen Bryozoen gut bekannt, tiergeographisch aber nicht ausgewertet worden. Die Dauerstadien vieler Coelenteraten sind zwar beobachtet, oft aber mißverstanden worden; einige Erörterungen über diese dürfen deswegen hier angebracht sein.

Aus der Adria finden wir gelegentlich „überwinternde Hydroidenstolone“ in der Literatur erwähnt, worauf meine Aufmerksamkeit durch meinen Freund Herrn Professor Dr. JOVAN HADŽI gelenkt wurde, der die *Podocysten einiger Scyphomedusen* näher erörtert hat. In dem Oslofjorde (Kristianiafjorde) hat BJÖRN FÖYN (an dem Zoologischen Laboratorium der Universität Oslo) bei Dröbak die Winterstolone von *Clava* studiert. Während des Winters sterben die Polypen ab; die Stoloneflechte bleiben aber bestehen, das Cönosark scheidet allseitig Perisark ab und ruht, gut eingekapselt, bis günstige Witterung einsetzt; dann blüht es wiederum auf und läßt eine neue Kolonie aus sich vorsprossen. Solche „Winterstolone“ haften den Algen nur lose an und werden sehr gewöhnlich weggeschwemmt, oft auch wegen Vermoderung der Algen frei und demnach fortgetrieben; man erhält somit bei *Clava* ein Stadium, das zeitweise semipelagisch auftritt. Etwas höher spezialisierte „Dauersporen“ finden wir bei mehreren *Campanulariiden*; sie sind schon im Jahre 1871 von ALLMAN erwähnt worden, vor einigen

Jahren auch von P. L. KRAMP näher besprochen<sup>1)</sup>. Mehrere Jahre hindurch habe ich das Schicksal von *Laomedea longissima* im Bootshafen der biologischen Station (Dröbak) studiert und besonders Kolonien beobachtet, die sich unter dem Motorboot der Station angesiedelt hatten. Sie siedeln sich im Frühsommer an (das Fahrzeug wird jedes Frühjahr gereinigt und auch unten neu gestrichen) und entwickeln sich im Laufe des Sommers und des Herbstes zu großen Rasen oder Büscheln. Wenn aber die Winterkälte im Oktober-November stärker wird, ist die Bildung von „frustules“ besonders lebhaft, d. h. die Zweigenden erzeugen keine Polypen, sondern das Cönosark der Zweigspitze trennt sich innerhalb der perisarkalen Hülle als eine langgestreckt ovale oder vielmehr walzenförmige „Spore“ ab. Die übrigen Weichteile der Kolonien mit Polypen und Gonanthen sterben ab und zerfallen, so daß von dem Cönosark oft die „Sporen“ alleinig bestehen bleiben. Das zeigt, daß die meist als biologisch rätselhaft betrachteten „frustules“ tatsächliche Dauersporen oder Dauerstadien sind. Entsprechende Bildungen wurden unter dem Motorboot auch bei *Bougainvillia ramosa* jeden Herbst gefunden. Wenn aber das Motorboot im Frühjahr in der Werft gründlich gereinigt wurde, fanden sich fast oder gar keine Reste von *Laomedea* oder *Bougainvillia* am Rumpfe vor; sie waren von den Wellen zerrissen und mit ihren Dauerstadien weggespült worden.

Diese biologischen Beobachtungen sind in tiergeographischer Beziehung von Bedeutung. Sie zeigen, daß das Auftreten einer Art an dieser oder jener Stelle während begrenzter Zeiträume nicht ohne weiteres auf Einwanderung oder Stromtransport zurückgeführt werden darf, auch nicht wenn sie nur ganz gelegentlich an einer Lokalität beobachtet wird. Wir kennen von anderen Organismengruppen her Beispiele, daß solche Dauerstadien ihr latentes Leben jahrelang bewahren können. Das gelegentliche Aufblühen oder das plötzliche Auftreten solcher Arten zeigt lediglich, daß eine ganz besondere Konstellation verschiedener biophysikalischer Faktoren im Augenblick zusammengekommen ist, die für das Aufblühen dieser Art günstig ist; andererseits daß diese Konstellation an der betreffenden Lokalität keine gewöhnliche ist. In dieser Weise müssen wir wahrscheinlich auch die gelegentlichen Funde von arktischen Hydroiden, wie *Halecium muricatum* in dem Oslofjord bei Dröbak erklären und nicht unsere Zuflucht zur Annahme wenig wahrscheinlicher Transport durch arktische Stromzweige durch die Nordsee und das Skagerrak nehmen.

Eingehendere Studien über die Bildung und Biologie der Dauerstadien sind für das Verständnis vieler biogeographischer Phänomene unumgänglich nötig. Überhaupt können wir schon hier feststellen, daß die Erforschung der normalen Biologie der einzelnen Tierarten die notwendige

<sup>1)</sup> Spontaneous Fission in Hydroids. *Vidensk. Meddel. fra Dansk naturh. Foren.* Bd. 67, 1915.

Grundlegung ist, wenn die Biogeographie wirklich gefördert und vertieft werden soll. Eine Bereicherung durch faunistische Listen allein ist wenig wertvoll; auch nicht die ökologische Seite läßt sich durch solche Listen ausbauen, sondern sie kann nur durch biologische Untersuchungen gefördert werden, wie aus HESSÉS Darlegungen sehr schön erhellt.

Das Auftreten von Dauerstadien ist zwar, wie oben gezeigt, von eingreifender Bedeutung; jedoch muß man nicht dadurch alles zu erklären versuchen — es gibt auch Arten ohne Dauerstadien. Während der Untersuchungen über *nordische Cirripedien* wurden mehrmals schöne Beispiele dafür gefunden, daß die Autonomie der Tierart für ihre Verteilung im Gebiete in ganz anderer Weise ausschlaggebend ist. Es erhellt oft auch sehr schön aus den Studien, wie ein ständiger Kampf besteht zwischen den Individuen der Art und den verschiedenen Faktoren der umgebenden Natur.

Als Beispiel ziehen wir zuerst *Balanus improvisus* heran. Soweit bisher festgestellt werden konnte, hat diese *Seepocke* ihre Nordgrenze in dem östlichen Nordsee-Skagerrakgebiete in dem Oslofjorde. Jedes Jahr im Mai-Juni siedeln sich unzählige Schwärme dieser Art unter den Ruderbooten und Motorbooten des Fjordes an, und zahlreiche Individuen lassen sich auch auf seichter wachsende, aber immer untergetaucht lebende Algen nieder. Im November-Dezember gehen die jetzt erwachsenen Individuen des Fjordes der Kälte wegen wiederum ein. Dauerstadien fehlen den *Cirripedien* durchaus, und die Besiedelung geschieht deutlich jedes Jahr durch larvale Neueinwanderung von außen her. Diese alljährlich wiederkehrende massenhafte Einwanderung ist nur durch lang andauernde, pelagische Larvenentwicklung ermöglicht und wäre ohne diese undenkbar. Wo die enorm effektive Brutstätte liegt, von woher der Oslofjord mit Larven von *Balanus improvisus* versorgt wird, wissen wir zur Zeit noch nicht; wir müssen aber annehmen, daß sie im Bereich des baltischen Stromes gesucht werden muß. — Es bleiben auch sonst noch zahlreiche biologische Fragen zu erörtern übrig, bevor wir hoffen dürfen, die „biogeographische Mechanik“ bei *Balanus improvisus* zu erkennen und zu verstehen; wir stehen hier einem Tiere gegenüber, dessen Biogeographie als wohl bekannt angesehen wurde, und eben diese Art und ihre Verhältnisse in den nordischen Grenzgebieten können als besonders gute Illustration dafür dienen, wie oberflächlich die bisherige Behandlung der biogeographischen Fragen gewesen ist.

Beiläufig wurde schon bemerkt, daß die Lage der nördlichsten sehr effektiven Brutstätten erst entdeckt werden muß. Es konnte zur Zeit des Absterbens bei dem Fjordbestand bei Dröbak (während der letzten Tage des November) festgestellt werden, daß *Balanus improvisus* während dieser Zeit Larven im ersten Nauplius-Stadium in der Mantelhöhle beherbergt. Ins Laboratorium

gebracht haben beschädigte Exemplare ihre Larven schon in diesem Stadium ausgestoßen; unter normalen Bedingungen aber entschlüpfen die Larven, soweit bekannt, erst im zweiten Naupliusstadium, zeitlich kaum früher als die zweite Hälfte von Dezember oder etwa bei dem Jahreswechsel, d. h. geraume Zeit nachdem die Tiere des Fjordes normalerweise schon eingegangen sind. Wieweit die sterbenden *Seepocken* ihre Brut abortiv abgeben und die letztere weiterleben kann, wissen wir gar nicht. Das Vorkommen solcher Larven im freien Zustande, wie das zahlreichere Auftreten von *improvisus*-Larven in dem Fjordplankton während der ersten Monate des Jahres muß erst nachgewiesen werden; Andeutungen solcher Phänomene scheinen bisher nicht bemerkt worden zu sein. — Eine andere Fragenreihe, deren Beantwortung nicht weniger wichtig ist, wird von der postembryonalen Entwicklung (der Metamorphose) gegeben. Wie lange Zeit beansprucht die Entwicklung vom Ausschlüpfen der Nauplii bis zur Ansiedelung der Puppen und welchen Einfluß üben verschiedene Temperaturen auf die Entwicklungsgeschwindigkeit aus? Wo liegt die morbide Temperatur während der verschiedenen Stadien? Welche Faktoren veranlassen die Ansiedelung der Larve, ist sie irgendwie zeitlich determiniert, oder wird sie durch eine oder mehrere, nachweisbare äußere Faktoren bewirkt? Solche und ähnliche Fragen müssen erst noch beantwortet werden, ehe wir der biogeographischen Mechanik dieser einen Art einigermaßen auf den Leib rücken können.

Es wäre eine völlig falsche Annahme, wenn man glauben wollte, daß die Auseinandersetzung dieser einen Art die kausalen Seiten der gesamten *Cirripedien*-Biogeographie erschließen könne. Die Neigung zur Verallgemeinerung ist ein Grundfehler der menschlichen Natur, ein Fehler, worunter die Wissenschaft sehr zu leiden hat. Die Natur ist ein Kaleidoskop von unendlichen Konstellationen; *jede Art ist biologisch etwas für sich* und wird von keiner anderen Art in der Weise „gedeckt“, daß man von einer vollständigen geographischen Identität sprechen darf. *Solange man aber die Arten nur von der Außenseite betrachtet und nur „die großen Züge“ der Biogeographie gibt, treibt man fortwährend auf der Oberfläche.*

Die *Cirripedien* geben gute Beweise dieser Behauptung und zeigen die Notwendigkeit einer tiefer greifenden Analyse. Man findet gewöhnlich und ganz allgemein angegeben, daß den *Cirripedien* pelagische Larven zukommen, und noch im Jahre 1921 führt NILSSON-CANTELL<sup>1)</sup> einige *Scalpellum*-Arten als „Ausnahmen“ an, insofern sie pelagischer Larven entbehren. Das merkwürdig lokale Auftreten der meisten *Scalpellum*-Arten ist von zahlreichen Forschern hervorgehoben worden, ohne daß sie jedoch dem Gegensatz zwischen dem geographischen Charakter und der angenehmen Larvenbiologie besondere Beachtung geschenkt

<sup>1)</sup> Cirripeden-Studien. *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, Bd. 7. 1921.

zu haben scheinen. Und doch ist eine gute Erklärung sehr naheliegend: die *Scalpellum*-Arten machen fast oder ganz ausnahmslos ihre Larvenentwicklung bis zu dem Puppenstadium (*Cyprisstadium*) in der Mantelhöhle des Muttertieres durch und zeigen somit kein pelagisches Stadium, da die Puppe zu Schwimmbewegungen nur äußerst wenig befähigt ist. Somit gibt uns die Larvenbiologie den Schlüssel zur Biogeographie, zur lokalen Ausbreitung der meisten *Scalpellum*-Arten.

Wir werden uns aber an andere biologische Züge halten und unsern Ausgangspunkt bei solchen Arten wählen, die nicht zu kurz andauernde pelagische Larvenstadien haben. Die *Cirripedien* sind bekanntlich im erwachsenen Stadium fest-sitzende Tiere. Einige von ihnen siedeln sich, wie unsere schiefe, nordische *Verruca stroemia*, immer nur am Meeresboden an, trotzdem ihre Larven auch dem Oberflächenplankton angehören; *Balanus improvisus* wählt ebenso häufig flottierende Gegenstände wie den Meeresboden selbst als Sitz, und die *Lepas*-Arten haften immer nur flottierenden Gegenständen an, leben nicht als Bodentiere. Hierdurch werden schon sehr verschiedenartige biogeographische Züge hervorgerufen. Unsere *Lepas*-Arten weisen, ontogenetisch genommen, ganz gleichartige Metamorphosen auf. Dadurch wird denn auch eine gemeinsame Grundlage für unsere gewöhnlichen Entenmuscheln *Lepas fascicularis* und *Lepas anatifera* gegeben, und doch, wie verschiedenartig gestalten sich ihre biogeographischen Züge! Die Fortpflanzung der Arten ist im Nordmeere nicht effektiv. Es ist möglich, daß die erste Larvenentwicklung verhindert wird; ebenso wahrscheinlich erscheint aber eine Inaktivierung der Geschlechtsprodukte o. dgl. Obwohl die Grundlage unseres Wissens hier sehr lückenhaft ist, so können wir doch die — ontogenetisch — spätere Geschichte schon vorhandener Larven etwas besser verfolgen. Entwicklungsfähige Larven gelangen in das Nordmeer mit dem Golfstrom durch die Färöer-Rinne und siedeln sich hier in der Nähe der Färöer- und Shetlandinseln an allerlei geeigneten, flottierenden Gegenständen an. Die angesiedelten Individuen zeigen aber ganz verschiedenartige Naturen. *Lepas fascicularis* zieht so hohe Temperaturen vor, daß ihre Einwanderung und ihr Gedeihen in den Nordseegebieten nur von Mai bis November möglich ist; *Lepas anatifera* ist dagegen im festsitzenden Stadium für herabgesetzte Temperaturen so wenig empfindlich, daß sie auch bei den strengen Wintertemperaturen in den nördlichsten norwegischen Gewässern zu leben vermag. Wir finden andererseits, daß die letztere Art für herabgesetzte Salzgehalte sehr empfindlich ist, wogegen *Lepas fascicularis* sehr euryhalin ist und auch in brackigem Wasser (z. B. der Beltgewässer) mitunter, jedenfalls eine Zeitlang, leben kann. Hierdurch ergeben sich dann sehr verschiedenartige geographische Bilder dieser Arten in unseren nordischen Meeren. *Lepas fascicularis* wird das Sommerzeichen der Nordsee-

gewässer und kommt alljährlich massenhaft auch in der deutschen Bucht vor; ihre Nordgrenze liegt etwa bei Stat an der norwegischen Westküste. *Lepas anatifera* ist nicht sehr häufig in der nördlichen und mittleren Nordsee und gehört zu den seltenen Erscheinungen der deutschen Bucht und des Skageraks; die Art ist andererseits eine alljährliche und häufige Erscheinung an der norwegischen Küste, besonders nördlich von Stat, und wird lebend mitunter sogar an der Küste von Spitzbergen angeschwemmt. Um das in wenigen Worten zusammenzufassen: wegen der verschiedenradigen inneren Resistenzfähigkeit der Arten Temperaturerniedrigungen und Salzgehaltreduktionen gegenüber ist *Lepas fascicularis* das Sommerzeichen der Nordseegebiete, *Lepas anatifera* dagegen Zeuge der Beimischungen salzreichen Golfstromwassers bis in die spitzbergischen Gewässer.

Es erhellt aus den angeführten Daten sehr schön, wie die physiologischen Anforderungen der Larven für die Verbreitung der erwachsenen Individuen in den Randgebieten ausschlaggebend sind, während das Auftreten der Larvenstadien von dem Vorkommen der erwachsenen Individuen gar nicht deduziert werden kann. Wir berühren hier die Definition einer Hauptgruppe, der „Gäste“ streng genommen: das sind Tiere, die in einem Bezirk als erwachsene Individuen auftreten, die sich aber hier nicht effektiv fortpflanzen können und sich somit hier auch nicht fest einbürgern.

Die Frage wurde oben beiläufig berührt, welche Faktoren Hindernisse für eine effektive Fortpflanzung darstellen können. Wir müssen hier gestehen, daß uns nur durch zufällige Beobachtungen ein erster Einblick in diese Frage gewährt worden ist. Von besonderem Interesse erscheint hier TH. MORTENSENS Beobachtung<sup>1)</sup>, daß eine Herabsetzung des Salzgehaltes bis 28‰ die Samenfäden von *Amphiuira Chiajei* inaktiviert, indem sie von einer Starre ergriffen werden. Viele Arten von *Aglaopheniiden* und *Plumulariiden* sind in vereinzelt Exemplaren in der kalten Nordmeertiefe dann und wann erbeutet worden, mehrmals auch mit anscheinend völlig normalen Gonangien. Hier muß irgendwie eine Hemmung der normalen, effektiven Fortpflanzung bestehen — möglicherweise etwa in ähnlicher Weise, wie MORTENSEN beobachtet hat — da sich die Arten nicht einbürgern können. Weshalb und in welcher Phase der Entwicklung, können wir aber zur Zeit nicht mit Sicherheit beurteilen. —

Die herangezogenen Beispiele werden genügen, um zu zeigen, daß die Biogeographie mit zwei großen Faktorengruppen rechnen muß, wenn sie sich zu einer selbständigen, kausalitätsuchenden Wissenschaft entwickeln soll. Die erste und bisher fast allein gewürdigte Faktorengruppe ist die externe, d. h. die von außen wirkenden Lebens-

<sup>1)</sup> Notes on the development and the larval forms of some Scandinavian Echinoderms. *Vidensk. Medd. fra Dansk naturh. Foren.* Bd. 71. 1920.

bedingungen der Umgebung. Das Studium dieser Faktoren ist die Grundlage der Art „ökologischer Tiergeographie“, wie sie uns in den schönen Darstellungen von F. DAHL und R. HESSE entgegentritt. Wer aber diese Darstellungen studiert, dem muß es auffallen, wie die ökologischen Tiergeographen fast ausschließlich mit äußeren Faktoren rechnen und alles übrige übersehen. Hierdurch sind die Kausalitätsfragen teilweise verschleiert worden, indem das Tier zu einem willenlosen Spielzeug der physikalischen Bedingungen gemacht worden ist. Und doch zeigten uns die herangezogenen Beispiele, daß eine zweite Faktorengruppe, die internen Fähigkeiten und Kräfte der Organismen, ebenso wichtig für die Beurteilung ist. Man kann den Tieren nicht eine gewisse Autonomie absprechen.

Die Schiefheit der bisherigen Forschung beruht zum Teil darauf, daß man die Tiere in der Biogeographie sozusagen kollektiv behandelt

hat und nicht eine in Einzelheiten durchgeführte Analyse anstellte. *Jede Art muß für sich studiert und behandelt werden, immer auch von dem Gesichtspunkte aus, daß die ihr innewohnenden Kräfte, ihre besondere Biologie (ihre ontogenetische Physiologie wie die der erwachsenen Individuen) biogeographisch ebenso ausschlaggebend wie die von außen her einwirkenden Kräfte sind.*

Ein Hindernis bei der Durchführung dieser Analysen besteht darin, daß die normale Biologie der einzelnen Arten auch jetzt meist fast oder ganz unbekannt ist. Die genaue Erforschung dieser Seite muß deswegen die erste Aufgabenstufe der Biogeographen sein; erst dann läßt sich eine vollständige kausalanalytische Biogeographie aufbauen. Man muß selbstverständlich deswegen nicht die ökologischen biogeographischen Studien vernachlässigen; auch diese gehören in den gesamten Mechanismus der Biogeographie hinein.

## Der Tertiärmensch in England.

VON WILHELM FREUDENBERG, Heidelberg-Schlierbach.

Die Zeiten sind vorüber, da man glaubte mit einem mitleidigen Lächeln die Existenz des tertiären Menschen leugnen zu können. Freilich darf man nicht mit einem frühtertiären Menschen auf europäischem Boden rechnen, wie die natürliche Entstehung der oligocänen Pseudeolithen von BONIELLES unzweideutig gezeigt hat, sondern vorerst nur mit einem mittel- bis jungtertiären Vorfahren des Menschengeschlechts. An körperlichen Resten, die für die Zeit des Pliocän in Frage kommen, steht an erster Stelle *Eoanthropus Dawsoni Smith Woodward*, von dem nach dem ersten Schädel- und Unterkieferfunde, von scheinbar ganz heterogener Zugehörigkeit sich ein 2. Exemplar fand in Gestalt eines Stirnbeinfragmentes vom Sapienstypus und eines isolierten Unterkieferzahns von denselben Charakteren, wie sie die Zähne zeigen, die in dem so schimpansenähnlichen Unterkieferknochen mit dem äffischen Eckzahn wurzeln. Dieser zweite Fund wurde im gleichen Schotter gemacht, der vorwiegend reintertiäre Säugetiere liefert oder solche, die dem Pliocän und dem Quartär, ja sogar der Jetztzeit angehören, an einer zwei Meilen vom ersten Fundort entfernten Stelle. Das war im Frühjahr 1915. (*Quarterly Journal of the Geological Society* 73, I. 1917.)

Es wäre nun ein geologisches Wunder, wenn uns wieder ein tertiärer Schimpanse, der ein Novum ersten Ranges wäre, den Gefallen getan hätte, zum zweitenmal einen seiner Mahlzähne bei einem menschlichen Schädelrest zurückzulassen. Das wäre doch eine ganz eigentümliche Symbiose. Wie irrig übrigens die von der Geologie losgelösten Anthropologen und Zoologen zu urteilen imstande sind, zeigen am besten RAMSTRÖMS und MILLERS Arbeiten über den Gegenstand. Zum Glück hat aber eine bessere Erkenntnis Platz gegriffen insbesondere in Amerika,

wo man in Paläontologenkreisen an Überraschungen mehr gewöhnt ist. Daß viele deutsche Anthropologen noch heute an der Unwandelbarkeit bestimmter Korrelationen festhalten, die doch nur vorläufige Erfahrungstatsachen sind, braucht nur nebenbei erwähnt zu werden. Das Schicksal des Pithecanthropus mit seinen scheinbar unzusammengehörigen Skelettelementen spricht dieselbe Sprache. So ist auch die Ablehnung meiner belgischen Funde von mitteltertiären Fußabdrücken fossiler Hominiden zu verstehen, trotzdem gerade die Zehenabdrücke völlig das Bild eines in schlammigem Grunde einer Lache vorwärtsschreitenden langzehigen Kinderfußes zeigt, der nicht nach Großaffenart die Zehen mehr oder weniger einschlug, sondern sie zum Abstemmen benutzte unter Zuhilfenahme des Ballens an der Wurzel der kleinen Zehe. Das Wesen war also aufrechtgehend, und zum Überfluß ließen sich noch nach meiner Veröffentlichung in der prähistorischen Zeitschrift von 1919 (20) die Tastleisten der Haut und die Phalangengrenzen nachweisen.

Einen ähnlichen Fall von Ablehnung aus Unkenntnis und Vorurteil machte 1921—1922 H. F. OSBORN, der Präsident des American Museum of Natural History in New York, bekannt vor einem weiteren Forum im Journal of the American Museum of Natural History. Bereits im Jahre 1855 war von Dr. COLLYER, Arzt in London und Freund des amerikanischen Kraniaologen Dr. MORTON in Philadelphia, ein Menschenkiefer von einem Apotheker in Ipswich gekauft worden, der ihm von einem Arbeiter aus dem 16-Fußniveau des Red-Crag von Foxhall bei Ipswich übergeben worden war. Der Unterkiefer stimmte auch in der Erhaltung und der Art der Fossilisation gut überein mit den jungtertiären Säugetieren desselben Fundortes, und zwar mit denen der Stufe des *Elephas meridionalis* Nestl.

Da die gleichalterige Marinfauuna des Red Crag durch viele boreale Molluskenarten gekennzeichnet ist, so kann man im Red Crag und Norwich Crag Äquivalente der alpinen Günzeiszeit erblicken, die dann nach der allgemein durchgeführten Tertiärstratigraphie ein oberpliocänes Alter haben würde. Hiergegen ist um so weniger etwas einzuwenden, als es niemals auf der Erde einen einheitlichen Anfang der Eiszeiten gegeben hat. Nun zeigt jene Red Crag Mandibel rein menschliche Züge, etwa so wie die des gleichfalls den vereinigten Epigonen so unbequemen Galleyhillfundes, der nach dem zuverlässigen Originalbericht unter dem Schotter einer 90—100 Fuß hoch gelegenen Diluvialterrasse mit Chelléen-geräten ruhte.

Der Foxhall-Kiefer wurde den größten englischen Anthropologen und Geologen seiner Zeit vorgelegt, so HUXLEY, BUSK, MURCHISON, LYELL. Doch obwohl auch PRESTWICH, der ein vorzüglicher Kenner des Red Crag war, den Kiefer zu sehen bekam, so nahm sich doch weder er noch einer der anderen Gelehrten die Mühe, die Original-lokalität aufzusuchen und die nötigen Vergleiche anzustellen, um das Alter des Kiefers endgültig festzulegen. HUXLEY und BUSK würdigten zwar das „sehr hohe Alter“ des Kiefers und der erstere seine Eigentümlichkeiten, doch schienen sie ihm im Mai 1863 „nicht groß genug, um den Knochen einer ausgestorbenen oder abweichenden Rasse zuzuschreiben“. Denn er gehörte ja offenbar in den Kreis der Sapiensformen. Das war Grund genug ihn abzulehnen, damit das Schema einer schrittweisen und gleichmäßigen Entwicklung siegreich bliebe. Welcher Paläontologe, der etwas tiefer eingedrungen ist, würde nicht lächeln über derartige Vorurteile? Nun die unverantwortliche Vernachlässigung des Fundes hatte ihr Nachspiel. Dem bedeutenden Diluvialarchäologen REID MOIR in Ipswich gelang es in den Jahren seit 1909 eine stattliche voralpolithische Silexindustrie in den „Detritusbeds“, des ostenglischen Pliocän, nachzuweisen, also in terrestren Abschwämmungs- und Kehrausablagerungen an der Basis der jeweiligen Marinschichten, die den Südosten Englands — in gewissen Intervallen von beträchtlicher Zeitdauer und bei einer merklichen Schaukelbewegung der festen Erdrinde — unter Wasser setzten. Diese Detritusbeds führen vom Lande eingeschwemmte Gesteinstrümmer zerstörter Formationen von der Kreide bis zum tiefsten Pliocän (Boxstones). Es fehlen nur die Gesteine der Oligocänperiode und des Miocäns, die beide in Ostengland nicht zur Ablagerung kamen. Dafür aber finden sich Säugetierknochen aus der Wendezeit von Miocän und Pliocän, ferner mahagonifarbene Feuersteine an der Basis des „warmen“ Coralline Crag, die in allen Eigentümlichkeiten — zufolge einer Grabung von REID MOIR bei Sutton — mit den seit 1889 bekannten Kentplateau Eolithen übereinstimmen. Daß darunter sich prächtige Bearbeitungsweisen finden, erläutern die Text-

figuren in REID MOIR'S Schrift: „Tertiary Man in England“. Ferner haben KLAATSCH, RUTOT u. a. gute Stücke abgebildet. Ich besitze vom Kentplateau einen „Biöder“, der ganz einem meiner flandrischen Tertiärartefakte gleicht und durch tiefrotes anhaftendes Gestein seinen tertiären Mutterboden verrät. Mit dieser altpliocänen Datierung der Kentplateaus Eolithen stimmt nun vorzüglich die geologische Tatsache, daß die mit Eolithen vom Kent (vgl. TASMAN)-Typus bestreuten Kreideplateaus der *North* und *South Downs* nachträglich eine intensive Aufwölbung erfahren haben. Diese hatte zur Folge, daß die altkretazischen *Weald*-Schichten im Sattelkern auf weite Strecken zutage traten, wodurch die Eolithenlager in zwei weitgetrennte Gebiete zerlegt wurden, die doch ursprünglich eine große zusammenhängende Ebene bildeten und von den monsumartigen Regenwinden mit ihrer Ferritisierungswirkung befeuchtet wurden. Hier lebten die tetrabelodonten Mastodonten der pontischen Stufe und das Hipparion.

Nach und während dieser subtropischen Periode kam in Ostengland die Meeresüberflutung des *Coralline Crag*, den eine Korallen- und Bryozoenfauna aufbaut. Die nächste Hebung Ostenglands fand die Flintbearbeiter nahe der Küste selbst. Auf dem London Thon des Untereocäns siedelte sich bei Bramford unweit Ipswich der Mensch an, und seine Ateliers werden zur Zeit von den berühmtesten Archäologen wie BREUIL, der nun auch die Kantaleolithen, von Prof. VERWORN gelten läßt, anerkannt. Das New Yorker Museum ist finanziell an den Grabungen in *Bramford* (Suffolk) beteiligt, neben einer großen Anzahl privater Gönner. Einen mandelförmigen Schaber aus der Abfallschicht von der Basis des entkalkten Crag reproduziert REID MOIR als Fig. 9 A und 9 B. Die Farbe ist hellbraun, also weniger tief patiniert als die mahagonifarbenen Kentplateaus Silex, die aber in dieser Zeit oft nachgearbeitet wurden und dann ältere und jüngere Flächen aufweisen. Die Bearbeitung des vorliegenden Instruments stammt jedoch aus einer einzigen Periode, und es mag die immer wiederkehrende Steilheit der Randfacetten hervorgehoben werden, die in gleicher Weise an den Kantaleolithen wiederkehrt. Ein weiteres Kennzeichen der zahllosen von MOIR ausgegrabenen Schaber, mandelförmigen und spitzenartigen Geräte ist es, daß sie alle nach der Verwornschen Regel geschlagen sind, d. h. die Randbearbeitung ist von der flachgewölbten Hauptschlagfläche abgekehrt, so daß ein einheitlicher sägeartiger Rand entsteht.

Das dritte in den Tertiärschichten von Südostengland gefundene Niveau geschlagener Feuersteine ist das von *Foxhall* und *Thoringtonhall*. Am erstgenannten Orte ist es das 16-Fußniveau, welches im Jahre 1855 die menschliche Mandibel geliefert hatte. Feuerspuren sollen nach MOIR dieser oberpliocänen Fundschicht eigentümlich sein. Es hätte das nichts Erstaunliches, da ja nach

meinen Funden in Jockgrim in der Pfalz, dort an der Basis des altdiluvialen Tonlagers mit der Fauna von Mauer, Lagen mit gebrannter Erde, gebrannten Knochen und Holzkohlen in deutlichen Resten vorkommen. Es war das zur Zeit des Günzmindelinterglacials, das REID MOIR bei Cromer in England, dem vierten Niveau, auf Artefakte ausgebeutet hat und mir an der gleichen Fundstelle einen Elfenbeinfästel mit geschlagener Spitze und einer prächtigen Bucht für den Daumen unter alter Patina im Jahre 1900 (publiziert 1913 in dem Versammlungsbericht des Niederrheinischen Geologischen Vereins) geliefert hat. Im Niveau der Sande von Mauer sind inzwischen von mir verschiedene gute Pre- oder Frühchellenkeile gefunden worden, darunter ein Schlaginstrument für beide Hände aus schwarzem Muschelkalksilex mit der bekannten Netzäderung und blauer Farbe durch Brandwirkung.

Zum Schlusse möchte ich noch auf die Bedeutung der Red Crag Artefakte für die Altersfrage des *Pitldown*-Fundes hinweisen, für dessen pliocänes Alter gleich dem Verfasser auch REID MOIR eingetreten ist. Es finden sich nämlich im *Pitldown*-schotter zwei Sorten von Silexartefakten. Die nach WOODWARDS Abbildungen von 1913 etwas gerollten Exemplare haben die Mahagonifarbe der von BENJAMIN HARRISON entdeckten Kentplateau-Artefakte, sind also nach MOIRs Grabungen bei Sutton wohl unterpliocänen Alters. Die zweite Sorte, die ein helleres Gelb und scharfe Muschelbrüche aufweist, nennt WOODWARD „Paläolith von *Pitldown* (Sussex)“. Das sind vielleicht die von *Eoanthropus Dawsoni* hergestellten Geräte. Erinnerung sei hier auch an einen Knochendolch aus dem Schenkelbein eines Proboscidiens, der sich in dem Sand unter dem Schotter gefunden hat. Diesen feinen lehmigen Sand muß man wohl als die ursprüngliche Schicht ansehen, in die *Eoanthropus* eingebettet wurde, ehe rascherfließendes Wasser ihn mit so viel anderem tertiären Detritus in den Schotter einspülte. Nun sind diese vom klassischen Chelléen des Themsetales recht verschiedenen „Paläolith“ genau die Artefakte aus dem Detritusbed an der Basis des Red Crag von *Bramford* (Suffolk), während das höhere 16-Fuß-Niveau die Sapiens-Mandibel geliefert haben soll. Das 16-Fuß-Niveau würde darum wohl der Schotterflut von *Pitldown* entsprechen und der ersten Pluvialperiode, der *Günzzeit*, äquivalent sein, die aber nach der üblichen Chronologie des Tertärs ein oberpliocänes Alter hätte. *Eoanthropus* aber wäre älter, was vorzüglich mit dem ganz gleichen Erhaltungszustande des *Stegodon*zahnes stimmen würde, von dem inzwischen ein zweites Exemplar gefunden worden ist. Das ist die bezeichnende Leitform eines mittelplicänen Horizontes, indem noch nicht die Entwicklungsstufe des *Elephas meridionalis* erreicht worden ist. Die Funde des *Elephas planifrons* bei Wien würden der nämlichen Stufe angehören wie der *Eoanthropus*. Auch dort erscheint erstmalig

ein Flußpferd. Die Fauna ist indoafrikanisch. In der Meridionalisstufe jedoch erscheinen die ersten paläarktischen Säugetiere wie nordischer Fuchs, nordischer Wolf, Biber und *Homo sapiens*, der darnach eine *uralte nordische Hominidenspecies* sein würde und sicher verschieden ist von *Pithecanthropus*, dem Ostasiaten, und dem Vorfahren der kontinentaleuropäischen Neandertalformen, dem *Homo Heidelbergensis*, wie auch von dem afrikanischen *Pithecanthropinen* (?), dem *Homo Rhodesiensis* Smith Woodward.

#### Literatur:

- MARCEL BAUDOIN, La Mandibule de *Pitldown* est préhumaine, mais humaine. Bull. Soc. prehist. française 18, 10. 1918.
- R. H. COLLYER, The fossil human jaw from Suffolk. Anthropological Review 5, 17. 1867 (April), 221 bis 229.
- W. FREUDENBERG, Zwei Werkzeuge des Menschen vom Beginn der Eiszeit. Bericht über die Versammlung des niederrheinischen geologischen Vereins 1913, S. 99—103, Fig. 1—2.
- W. FREUDENBERG, *Eoanthropus Dawsoni*, A. S. Woodward. Neues Jahrb. f. Mineral., Geol. u. Paläontol. 1, 416—420. 1915.
- W. FREUDENBERG, Die Entdeckung von menschlichen Fußspuren und Artefakten in den tertiären Geröllschichten und Muschelhaufen bei St. Gilles-Waes, westlich Antwerpen. Prähist. Zeitschr. 11 u. 12, 1—56. 1919/20.
- Sir RAY LANKESTER, On the discovery of flint implements below the base of the Red Crag of Suffolk, proving the existence of skilles workers of flint in the pliocene age. Philosoph. Transactions, Royal Soc. London 202, 283—336. 1912.
- J. REID MOIR, On some further flint implements of pliocene age, discovered in Suffolk. Prehistoric Society of East Anglia 4, 1. S. 46—56.
- J. REID MOIR, Further discoveries of humanly fashioned flints in and beneath the Red Crag of Suffolk. Prehistoric Soc. East Anglia 1920/21, S. 1—42, Taf. 1, 3, 5.
- J. REID MOIR, Tertiary man in England. Natural history 24, 6. 637—654. 1924.
- TH. MOLLISON, Neuere Funde und Untersuchungen fossiler Menschenaffen und Menschen. Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. 25, S. 696—771.
- E. T. NEWTON, On a human skull and limbones found in the paleolithic gravel at Galley Hill. Kent 1895. Quarterly Journ. of the Geol. Soc. 51, 505—527. 1895 (Taf. 16).
- H. F. OSBORN, The pliocene Man of Foxhall in East Anglia. Natural history. Americ. Museum of Natural history 6, 565—576. New York 1922.
- H. F. OSBORN, The Dawn man of *Pitldown* Sussex. S. 577—590. Natural history 24, 6. 577—590. 1924.
- CHARLES DAWSON and A. SMITH WOODWARD, On the discovery of a palaeolithic skull and mandible in a flint bearing gravel overlying the Wealden (Hastings beds) at *Pitldown* Fletching (Sussex). Quarterly Journ. of the Geol. Soc. of London 49 (March), 1913, with an appendix by Prof. GRAFTON ELLIOT SMITH.
- CHARLES DAWSON and A. SMITH WOODWARD, Supplementary note on the discovery of a paleolithic skull and mandible at *Pitldown* (Sussex). Quarterly Journ. of the Geol. Soc. 70 (March), 1914.

- CHARLES DAWSON and A. SMITH WOODWARD, On a bone implement from Piltown (Sussex). Quarterly Journ. of the Geol. Soc. 71, 1. 1915.  
A. SMITH WOODWARD, On a second skull from the Piltown gravel with an appendix by Prof. GRAFTON ELLIOT SMITH. Quarterly Journ. of the Geol. Soc. 73, 1. 1917.

- A. SMITH WOODWARD, A guide to the fossil remains of man in the department of Geology and Palaeontology in the British Museum (Natural history). Taf. 1-6, Fig. 1-14. London 1922.  
A. SMITH WOODWARD, A new Cave man from Rhodesia, South Africa. „Nature“, Nov. 17. 1921, S. 1-4. Fig. 1.

## Die Beziehungen der Metallographie zur physikalischen Forschung.

Von J. CZOCHRALSKI, Frankfurt a. M.

(Schluß.)

### Retorsion.

So instruktiv die angeführten Beispiele auch sein mögen, so beweisen sie zunächst doch nur, daß man einen plastischen Krystall in der Weise umgestalten kann, daß man ihn in corpore von Stelle zu Stelle so zu verdrehen vermag, daß ein jeder Teil des Krystalls gegen einen anderen verdreht erscheint. Gewollt könnte man diese Erscheinung also noch mit nicht mehr wahrnehmbaren Zertrümmerungen im Zusammenhang bringen und zu erklären versuchen. Dem kann aber noch mit weiterem Beweismaterial entgegengetreten werden. Dieser Nachweis beruht im wesentlichen ebenfalls auf der Bestimmung der topischen Reflexion. Folgende Beispiele mögen dies dartun:

Der in Fig. 30 wiedergegebene Aluminiumkrystall (ursprüngliche Orientierung  $22^\circ$  in der Richtung Phi und  $3^\circ$  in der Richtung Rho) wurde in folgender Weise tordiert: Der obere Teil des Stabes wurde um genau  $360^\circ$  verdreht, das mittlere Stück blieb untordiert, während das untere Ende ebenfalls um  $360^\circ$  verdreht wurde, um darauf in die Nullage zurücktordiert zu werden.

An diesem Stab konnten nun folgende bemerkenswerte Feststellungen gemacht werden. Das obere Ende des Stabes zeigte das typische Deformationsbild eines tordierten Einkrystalls. Entsprechend der Neigung der Hauptachsen zu der Stabachse weicht dieses Deformationsbild von dem der Fig. 28 ab. Das Mittelstück sowie das untere Ende zeigen einheitliche Reflexion, wenn auch die Reflexionsintensität des unteren Endes des Stabes geringer ist als die des Mittelstückes. Außerdem können im unteren Teil des Stabes charakteristische Streifungen wahrgenommen werden, auf die noch zurückgekommen werden soll.

Die Fig. 35 zeigt nun die mittlere Partie des gleichen Stabes in etwas stärkerer Vergrößerung, das dazugehörige Lauediagramm die Fig. 32. Das Diagramm zeigt die übliche Zonenausbildung und eine Anordnung, wie sich dies aus der Orientierung des Krystalls röntgenometrisch ableiten läßt. Die Reflexionspunkte sind etwas verzerrt.

In Fig. 31 ist das Lauediagramm des tordierten oberen Teiles der Probe (Fig. 30), der in Fig. 34 stärker vergrößert wiedergegeben ist, veranschaulicht. Der Unterschied zwischen diesem Diagramm und dem Diagramm des ungestörten Teiles ist sehr augenfällig. Der Asterismus ist von ausgesprochener Prägung. Viele der Strahlen zeigen schrau-

benförmige Gestaltung und geben so gewissermaßen ein Spiegelbild der schraubenförmig verdrehten Netzebenen. Man kann im Lauediagramm die Art der Beanspruchung bei einfachen Deformationen auf diese Weise wiedererkennen, in welcher Hinsicht die Röntgenanalyse vielleicht noch in erheblichem Maße ausbaufähig sein dürfte. Es ist nun recht bemerkenswert, daß die in Fig. 19-21 wiedergegebenen Sternfiguren noch in deutlicher Beziehung zu dem Diagramm des unbeanspruchten Krystalls stehen. Die Reflexe sind nur stark verwischt, indem sie zu Strahlen bestimmter Gangrichtung ausgezogen worden sind.

Am interessantesten auf sein Verhalten hin dürfte wohl der zurücktordierte Teil des Stabes sein. Das Diagramm dieses Teils des Stabes, der in Fig. 36 stärker vergrößert wiedergegeben ist, zeigt die Fig. 33. Es ist in der Tat höchst überraschend, daß die zu erwartende charakteristische Prägung des Bildes bis auf Spuren durch die Retorsion wieder rückgängig gemacht worden ist. Das Diagramm stimmt nunmehr mit dem des unbeanspruchten Krystalls fast überein. Es ist sogar in der Ausbildung exakter als das des unbeanspruchten mittleren Teiles. Dieser scheinbare Widerspruch liegt jedoch nur in der Versuchsausführung begründet. Die Erscheinung ist auf Einwirkung der Einspannbacken, die bei der kurzen Einspannlänge von Einfluß waren, zurückzuführen. Durch sorgfältige Einspannung der Proben kann man diesen Einfluß eliminieren. Die Vorgänge, wie sie die gegebenen Figuren zum Ausdruck bringen, dürften für die quantitative Auswertung der Gitterdeformationen wohl noch von ausschlaggebender Bedeutung werden. Aus ihnen läßt sich eine Gitterdeformation mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit in dem hier vertretenen Sinne quali- und quantitativ ableiten.

Diese Diagramme beweisen also erneut, daß von einer Zertrümmerung des Krystallkörpers nicht mehr die Rede sein kann, zugleich aber auch, daß die Raumgitterstörung als solche nicht als die Ursache der Verfestigung angesprochen werden kann (da der Krystall sich auch nach Rekonstruktion des ursprünglichen Gitteraufbaus als verfestigt erweist), sondern offenbar noch andere mit der Raumgitterstörung einhergehende irreversible Vorgänge. Den Ansatz zu einer solchen Hypothese glaubte der Verfasser in der Vorstellung labiler Atombindungen gegeben zu haben<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Ver. dtsh. Ing. 1923, S. 592.

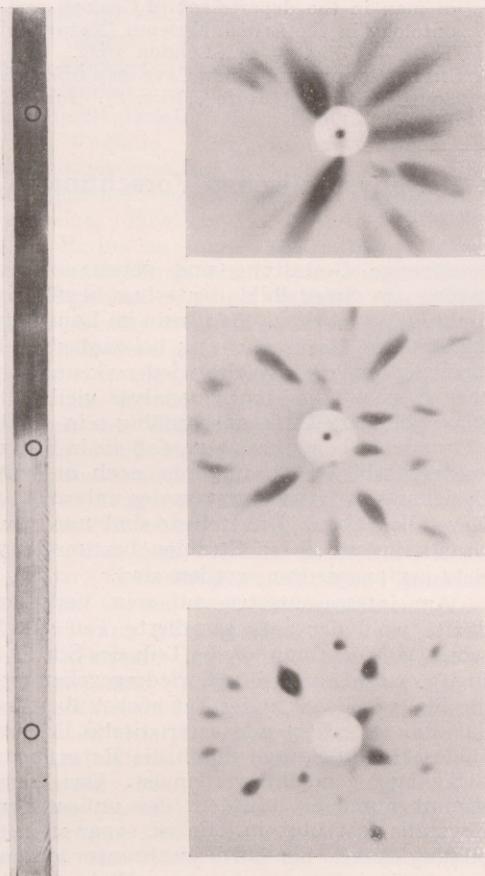


Fig. 30. Aluminiumeinkristallstab. Mitte: Untordiert. Oberer Teil: Um  $360^\circ$  tordiert. Unterer Teil: Um  $360^\circ$  tordiert und darauf um den gleichen Betrag zurücktordiert. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.

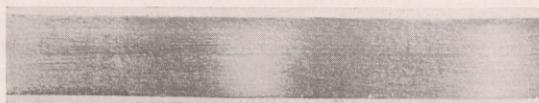


Fig. 34. Oberes Ende des in Fig. 30 dargestellten Aluminiumeinkristallstabes, stärker vergrößert. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.



Fig. 35. Mittlerer Teil des in Fig. 30 dargestellten Aluminiumeinkristallstabes, stärker vergrößert. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.



Fig. 36. Unterer Teil des in Fig. 30 dargestellten Aluminiumeinkristallstabes mit deutlich ausgeprägten Zwillingen, die regelmäßig bei der Retorsion auftreten. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.

Fig. 31. Laue-Diagramm des oberen Teiles des in Fig. 30 dargestellten Stabes mit stark asteristischem Gepräge als Kennzeichen starker Raumgitterverlagerung.

Fig. 32. Laue-Diagramm des mittleren, untordierten Teiles schwach verzerrt, da durch den Angriff der Spannbacken auch in diesem Teile leichte Deformationen aufgetreten waren.

Fig. 33. Laue-Diagramm des unteren, zurücktordierten Teiles, ähnlich dem von völlig unbeanspruchten Kristallen, da die Raumgitterstörungen bis zu einem gewissen Grade wieder rückgängig gemacht wurden.

Es dürfte nun von Interesse sein, zu verfolgen, in welcher Weise die Rekrystallisation des in Fig. 30 wiedergegebenen Stabes sich vollzieht. Die Gefügeumbildung des Stabes nach einer mehrstündigen Rekrystallisation bei  $620^\circ$  veranschaulichen die Figs. 37, 38 und 39, und zwar Fig. 37 das obere Ende des Stabes, dessen Torsionsgrad  $360^\circ$  betrug, Fig. 38 den unbeanspruchten Teil des Stabes, während Fig. 39 dem zurücktordierten Stabteil entspricht. Bemerkenswert ist, daß nur in dem um  $360^\circ$  tordierten Teil starke Rekrystallisationswirkungen wahrgenommen werden können, während sie in dem retordierten Teil des Stabes in viel schwächerem Maße auftreten und auch nur auf der von Zwillingen durchsetzten Seite. In der mittleren Partie traten Rekrystallisationswirkungen nicht auf. Es ist ferner bemerkenswert, daß die Rekrystallisation zur Ausbildung schraubenartiger Zonen entlang der Mantelfläche des tordierten Teiles geführt hat. Es ist dies ein Beweis für die verschiedenartige Verhalten des Einkrystalles in den verschiedenen Achsenrichtungen. Die Rekrystallisationsfelder zeigen noch deutliche Überdeckung mit der ursprünglichen Deformationsfigur, wie dies leicht an den noch nicht rekrystallisierten Teilen des Querschnittes zu erkennen ist.

Es ist ferner bemerkenswert, daß die neu gebildeten Krystalle in der Nähe der Zwillinge des unteren zurücktordierten Stabteiles einheitliche Orientierung zeigen, und daß ihre Orientierung sowohl von der ursprünglichen des Stabes, sowie von der bei der Beanspruchung entstandenen Zwillingslamellen verschieden ist.

Die gesetzmäßig angeordneten Streifen in der unteren Stabhälfte sind als eine ziemlich seltene Erscheinung anzusprechen. Daß es sich hierbei um Zwillingslamellen handelt, konnte einwandfrei unter Zuhilfenahme der topischen Reflexion bestimmt werden. Bei einer um  $90^\circ$  veränderten Beleuchtung kann ein gesetzmäßiges Umschlagen der topischen Reflexion festgestellt werden, wie dies aus den Figs. 40 und 41 zu ersehen ist. Zwillingsbildungen in Aluminium scheinen nur bei der Retorsion aufzutreten, das ist also bei einem Wechsel des Kraftangriffes. Unter Beachtung dieser Maßnahme läßt sich ihre Ausbildung allerdings regelmäßig reproduzieren.

Erreicht die Torsion genügend hohe Beträge, so gelangt der ganze Querschnitt zur Rekrystallisation, wie dies Fig. 42 an einem dreimal um  $360^\circ$  tordierten Einkrystallstab veranschaulicht. Derartig hoch beanspruchte Krystalle zeigen auch nach der Retorsion um den gleichen Betrag die gleiche Neigung zur Rekrystallisation, wie dies Fig. 43 an der anderen Hälfte des in Fig. 42 wiedergegebenen Aluminiumeinkrystalles veranschaulicht. Während also bei dem schwach beanspruchten Einkrystall ein Widerspruch mit dem Rekrystallisationsgesetz besteht, kann bei stärkerer Deformation ein Einklang mit dem Rekrystallisationsgesetz festgestellt werden. Erfolgt die Beanspruchung von Einkrystallen durch Zug, so kann ebenfalls ein gesetzmäßiger

Verlauf der Rekrystallisationserscheinungen beobachtet werden. Fig. 44 veranschaulicht dies für 3 Aluminiumeinkristalle verschiedener Orientierung, die nach der Zugbeanspruchung der Rekrystallisation unterworfen worden. Die eingeschnürten Teile des Querschnittes entsprechen den Fließkegelpartien.

Bei den Rekrystallisationsversuchen an Einkristallen kann nun ganz allgemein beobachtet werden, daß das rekrystallisierte Korn stets eine bevorzugte Orientierung aufweist, also sich gewissermaßen durch eine statistische Anisotropie auszeichnet. Diese Bevorzugung in der Orientierung wird aber immer mehr verwischt, je weiter der Rekrystallisationsprozeß fortschreitet. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt auch auf Grund röntgenographischer Untersuchungen GLOCKER<sup>1)</sup>. Hierin liegt aber eines der wichtigsten Gegenargumente gegen die von Polanyi und seiner Schule getroffenen Auswertung ihrer Ergebnisse. Winzige Rekrystallisationskerne, die weit unterhalb der Schwelle mikroskopischer Sichtbarkeit liegen, täuschen Fließvorgänge vor, die in Wirklichkeit mit dem Fließvorgang in keinem Zusammenhang stehen, sondern vielmehr typische Kennzeichen des bereits begonnenen Rekrystallisationsprozesses sind. Soweit das Beobachtungsmaterial hinreicht, scheint die von POLANYI und seiner Schule festgestellte Abhängigkeit der Achsenrichtung von der Deformationsrichtung die gleiche Abhängigkeit zu ergeben, wie dies bei der einfachen Rekrystallisation festgestellt werden kann. Die statistische Auswertung der Beziehungen, die zwischen Deformationsrichtung und der resultierenden Orientierung von nach dem Rekrystallisationsverfahren hergestellten Einkristallen bestehen, ergibt eine ausgesprochene Bevorzugung in der Richtung der Dodekaedernormalen, das ist in der Richtung des ausgiebigsten Fließens. Aus diesem Beispiel dürfte es erhellen, welche Rolle der Metallographie als Beraterin vorläufig noch immer zukommt.

#### *Verschiebung des Achsenwinkels.*

Aber auch diese Ergebnisse dürften wohl spekulativer Undeuterei noch nicht jede Angriffsbasis nehmen. Sind alle diese hinzugezogenen kristallgeometrischen Überlegungen richtig, so müssen die Achsenwinkel derart verformter Krystalle sich einschneidend verändert haben. Die Beweiskette wäre vielleicht erst dann geschlossen, wenn es gelingen würde, diese Veränderungen zahlenmäßig zu bestimmen. Durch die topometrische Methode konnte nun in der Tat auch dieser letzte Beweis beigebracht werden.

In Fig. 45 ist ein Aluminiumeinkrystall wiedergegeben, in dem die Lage des Achsenkreuzes durch Markierungen sichtbar gemacht worden ist. Nach dem Zerreißversuch konnte eine mittlere Neigung der Hauptachsen X Y Z in der Richtung zu III von ca.  $6^\circ$  festgestellt werden. Bei einem anderen Aluminiumkrystall wurde eine mittlere Neigung von

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. Metallkunde 1924, S. 377.

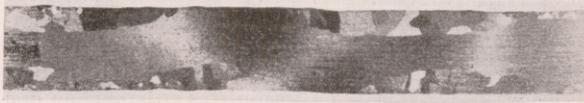


Fig. 37. Oberes Ende des in Fig. 30 dargestellten Aluminiumeinkrystallstabes nach mehrstündiger Rekristallisation bei  $620^{\circ}$ . Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.



Fig. 38. Mittlerer, unbeanspruchter Teil des in Fig. 30 dargestellten Aluminiumeinkrystallstabes, ausgeglüht bei  $620^{\circ}$ . Die Rekristallisation ist ausgeblieben. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.

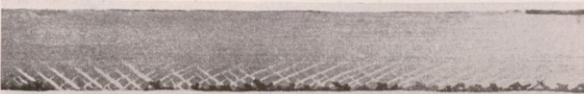


Fig. 39. Unteres Ende des in Fig. 30 dargestellten Aluminiumeinkrystallstabes, bei  $620^{\circ}$  ausgeglüht. Nur die von Zwillingen durchsetzte Partie ist zonenweise rekristallisiert. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.



Fig. 40. Unterer Teil des in Fig. 30 dargestellten Aluminiumeinkrystallstabes mit deutlich ausgeprägten Zwillingsstreifen, stärker vergrößert. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.



Fig. 41. Der in Fig. 40 dargestellte Aluminiumkristall bei verändertem Einfallswinkel der Lichtquelle. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.



Fig. 42. Aluminiumeinkrystall um  $3 \text{ mal } 360^{\circ}$  tordiert und darauf bei  $620^{\circ}$  rekristallisiert. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.



Fig. 43. Aluminiumeinkrystall um  $3 \text{ mal } 360^{\circ}$  tordiert und um den gleichen Betrag zurücktordiert. Darauf bei  $620^{\circ}$  rekristallisiert. Die Korngröße ist entsprechend dem Rekristallisationsschema kleiner wie bei der in Fig. 42 wiedergegebenen Probe. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.

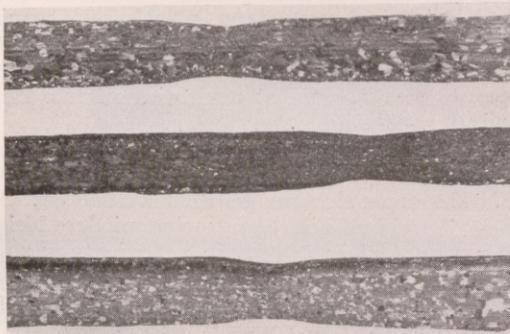


Fig. 44. Drei Aluminiumeinkrystallzerreißstäbe mit Fließkegeln nach der Rekristallisation bei  $620^{\circ}$ . Die Korngröße steht in gesetzmäßigem Zusammenhang mit dem Rekristallisationsschema; sie steht in umgekehrtem Verhältnis zur Festigkeit und Dehnung. Geätzt mit Flußsäure-Salzsäure.

$\approx 16^\circ$  ermittelt (vgl. schematische Fig. 46.). Eine Reihe von Meßergebnissen ist in der Zahlentafel 2 zusammengestellt. Eine große Anzahl besonderer Messungen läßt es ferner glaubhaft erscheinen, daß bei freiem Zug eine Neigung der Hauptachsen von mehr als  $45^\circ$  nicht erreicht werden kann, ohne daß der Krystall seinen Zusammenhang aufzugeben vermöchte. Dieses Material spricht unabweisbar für gesetzmäßige und tiefgreifende Störungen des

Zahlentafel 2.

Stab	Dehnung %	Achsenwinkel°
I	30	83/82/80
II	50	80/70/68
III	im Fließkegel	bis 60

Raumgitters und gestattet die quantitative Messung eben dieser Störungen. Der Ausbau der Ergebnisse wird technologisch sowie wissenschaftlich zweifellos noch bedeutungsvoller werden. Art und Betrag der Störung können numerisch exakt befragt werden.

#### VI. Räumliche Darstellung der Eigenschaften.

Über die wahren physikalischen Eigenschaften der Metallkrystalle waren seither kaum einige Zahlenwerte bekannt. Auch die Messungen, die in der jüngsten Zeit durchgeführt wurden, betrafen nur vereinzelte Sonderwerte in dieser oder jener nicht einmal kristallographisch definierten Richtung. Ein umfassender Einblick in die Physik der Metallkrystalle dürfte wohl erst dann zu erschließen sein, wenn es gelänge, ähnlich wie dies W. VOIGT bei Mineralien gezeigt hat, die Eigenschaften in Abhängigkeit der Krystallorientierung körperlich darzustellen. Die vorgezeichnete Lösung des Problems dürfte auch die gesamte Fragestellung dem Gedankenkreis der exakten Wissenschaft näherbringen. Es wurde daher vom Verfasser versucht, eine solche Darstellung der physikalischen Eigenschaften zunächst einmal an einem Kupferkrystall in Angriff zu nehmen. Es gelang denn auch dieses Problem, das in vielerlei Hinsicht zu überraschenden Ergebnissen geführt hat, in erster Annäherung, wie im folgenden gezeigt werden soll, zu lösen.

In Fig. 47 ist ein vollständiger Körper der Festigkeit an einem Modell veranschaulicht. Bekanntlich kristallisiert das Kupfer regulär. Das Achsenkreuz des Modells entspricht also den drei Hauptachsenrichtungen des regulären Krystallsystems. Zunächst fallen die großen Unterschiede der Festigkeit in den verschiedenen Achsenrichtungen des Körpers besonders stark ins Auge. Senkrecht zur Oktaederfläche liegen die Festigkeitsmaxima, senkrecht zur Würfelfläche unter Einschluß eines gewissen Streubereiches die Festigkeitsminima, während senkrecht zur Dodekaederfläche etwa die mittleren Festigkeitswerte sich ergeben.

In der Fig. 48 ist weiter der vollständige Körper der gleichförmigen Dehnung wiedergegeben. Auch an diesem Körper fallen die großen Unterschiede

der Dehnungswerte in den verschiedenen Krystallrichtungen auf. In Übereinstimmung zum Festigkeitskörper fallen die Dehnungsminima mit den Minima der Festigkeit zusammen, den maximalen Festigkeitswerten senkrecht zur Oktaederfläche stehen mittlere Dehnungswerte gegenüber, während den mittleren Festigkeitswerten senkrecht zur Dodekaederfläche die Dehnungsmaxima zugeordnet sind.

Welche Schlußfolgerungen vermag man nun aus dem dem Bilde zugrunde liegenden Modell zu ziehen? Praktisch bedeutet dies, daß es durch entsprechendes Aufteilen eines großen Kupferkrystalls möglich ist, Materialien von den verschiedensten Eigenschaften zu gewinnen. Ein Stab senkrecht zur Würfelfläche wäre ausgezeichnet (vgl. Zahlentafel 3) durch eine Festigkeit von 14,6 kg/qmm (Höchstlastgrenze) und einer gleichförmigen Dehnung von 10%. Ein gleicher Stab senkrecht zur Oktaederfläche entnommen würde neben der sehr hohen Festigkeit von 35 kg/qmm noch eine Dehnung von 33% aufweisen usw. Das überraschendste ist hierbei vielleicht, daß die Festigkeits- und Dehnungsminima im großen und ganzen einander zugeordnet sind, während man nach den üblichen Vorstellungen wohl Entgegengesetztes zu erwarten hätte. Bei der Prüfung von Vielkrystallproben stehen Festigkeit und Dehnung stets in umgekehrtem Verhältnis zueinander. Die Festigkeitsmaxima zeichnen sich aber nicht in gleicher Weise durch Dehnungsmaxima aus, sondern durch mittlere Dehnungszahlen, nämlich 35 kg/qmm Festigkeit bei 33% Dehnung. Umgekehrt sind den Dehnungsmaxima mittlere Festigkeitswerte zugeordnet, 50/50/55% Dehnung bei 20/23/25/ kg/qmm Festigkeit.

Neu an diesen Feststellungen ist vor allem auch der Minimalwert der Festigkeit von 12,9 kg/qmm, der zum erstenmal bei Kupfer beobachtet wurde. Auch der Dehnungswert von 10% ist für weiches Kupfer durchaus ungewöhnlich.

Bis jetzt wurde nur die Veränderung der physikalischen Eigenschaften bei überelastischen Beanspruchungen, wie sie beim *Zerreißversuch* auftreten, erörtert. Bei dieser Beanspruchungsart werden die Eigenschaften nur in gewissen eng bemessenen Grenzen verändert. Bei den Beanspruchungsarten, wie sie im Wirkungsbereich der Werkstätten auftreten, also Beanspruchung in mehr oder weniger geschlossenen Kalibern, z. B. im Ziehisen oder Walzwerk können die Eigenschaften weit über diese Grenzen hinaus beeinflusst werden. Bei dieser Art der Beanspruchung wird den Metallen eine höhere Festigkeit gewissermaßen aufgenötigt. Der auf diese Weise erzielte Festigkeitszuwachs wird allgemein mit „Verfestigung“ bezeichnet.

Welchen Einfluß nun diese Verfestigung auf die Eigenschaften eines Kupferkrystalles in den verschiedenen Achsenrichtungen ausübt, veranschaulicht die Fig. 49. Die Senkungen auf den ursprünglichen Würfelflächen, gemäß Fig. 47 erscheinen

fast zu einer Kugel angeschwollen. Die ursprünglichen Dodekaederflächen werden durch kleine Senkungen eben noch angedeutet. Die äußerste Begrenzung der neuen Oberfläche geht etwas über die früheren Höchstwerte der Festigkeit hinaus. Der Dehnungskörper läßt sich in gleichem Maßstabe wie der Körper der Verfestigung kaum noch wiedergeben, da die Dehnungsbeträge hierfür zu klein sind.

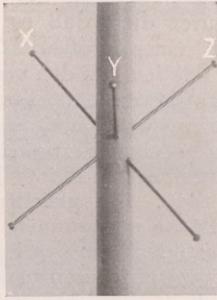


Fig. 45. Aluminiumeinkristall mit markierten Kristallachsen.

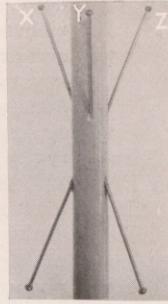


Fig. 46. Der in Fig. 45 wiedergegebene Kristall nach der Deformation. Die Achsenwinkel haben eine weitgehende Verschiebung erlitten.

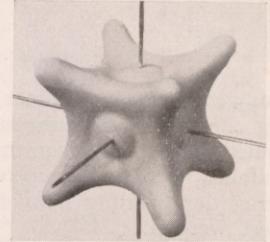


Fig. 47. Festigkeitskörper eines Kupferkristalls.

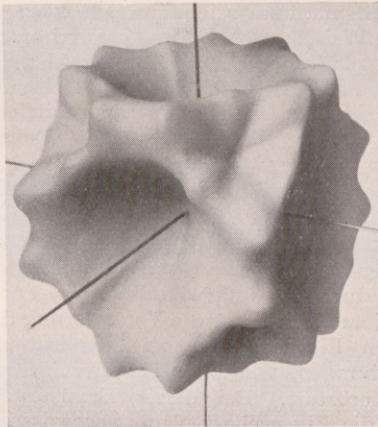


Fig. 48. Dehnungskörper eines Kupferkristalls.

Ein auf diese Weise verfestigter Kristallkörper verhält sich demnach Zugbeanspruchungen gegenüber schlechthin ähnlich einem isotropen Stoff; seine Festigkeit ist in allen Kristallrichtungen praktisch gleich, seine Dehnbarkeit für Zug erschöpft. Der Körper hat also seine Kristallnatur fast völlig eingebüßt, sein Verhalten ist ähnlicher dem eines isotropen Körpers denn eines Kristalls.

#### Widersprüche der Beobachtungen mit der Translationshypothese.

Welche Schlußfolgerungen ergeben sich nun aus diesen Versuchsergebnissen für das Verhalten

metallischer Stoffe bei überelastischer Beanspruchung? In erster Linie folgt aus ihnen die wichtige Tatsache, daß die Erscheinungen in augenfälligem Widerspruch mit der Translationshypothese stehen. Von dieser wird bekanntlich die Fähigkeit der Kristalle, Gleitflächen auszubilden, zur Klärung der inneren Fließvorgänge herangezogen. Nach den Untersuchungen von MÜGGE u. a. tritt die Gleitflächenbildung beim Kupfer parallel zu den

Oktaederflächen und am leichtesten bei einem Kraftangriff parallel zu den Seiten dieser Flächen ein. Im Einklang mit dieser Tatsache müßten nun die größten Dehnungen in den Achsenrichtungen

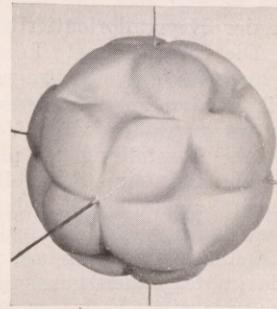


Fig. 49. Verfestigungskörper eines Kupferkristalls.

aufzutreten, in denen die Lage der Ebenen am meisten einem Winkel von rund  $45^\circ$  entspricht<sup>1)</sup>. Dieser Forderung genügen in erster Linie die Stäbe in der Richtung der Hauptachsen. Wie aus den vorliegenden Versuchsergebnissen aber hervorgeht, finden sich in diesen Achsenrichtungen die Mindestwerte der Dehnung. In den Richtungen geringer, ja geringster Möglichkeit der Bildung von Gleitflächen, also senkrecht zu den Oktaeder- und Dodekaederflächen treten in vollem Gegensatz zu dieser Theorie die Höchstwerte der Dehnung auf. Die

<sup>1)</sup> CZOCHRALSKI, Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 1923, S. 534.

größte Dehnung tritt also bei Kupfer entgegen den herrschenden Anschauungen in den Achsenrichtungen auf, in denen die Möglichkeit der Gleitflächenbildung am geringsten ist.

Um tiefer in das Wesen der Fließvorgänge eindringen zu können, muß man sich also zunächst von der Vorstellung der sichtbaren Gleitebenen befreien und für die Erklärung der Vorgänge ganz andere Gesichtspunkte hinzuziehen. Gesichts-

Winkel, in dem stets die ersten bleibenden Materialverschiebungen auftreten, wenn Einflüsse vektorieller Natur nicht in Betracht zu ziehen sind. Über die Schubvorgänge in Krystallen war bisher nur wenig oder gar nichts bekannt.

Wertet man den in Fig. 48 veranschaulichten Dehnungskörper, der die Dehnungszahlen in den verschiedenen Krystallrichtungen des Kupfers wiedergibt, analytisch aus, so gelangt man, da

Zahlentafel 3.

Bezeichnung der Proben	Orientierung des Krystallstreifens zur Zugrichtung	Prüfungsergebnisse der unbeanspruchten Krystallproben				Prüfungsergebnisse der kaltgereckten Krystallproben			
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Abmessungen der Probe (Messlänge) mm	Höchstlastgrenze kg/mm <sup>2</sup>	Gleichförmige Dehnung %	Härte (Brinell) kg/mm <sup>2</sup>	Dickenabnahme beim Walzen mm	Abmessungen der Probe mm	Höchstlastgrenze kg/mm <sup>2</sup>	Dehnung %
1	Senkrecht zur Dodekaederfläche . . . . . (senkrecht zu 110 und parallel zu 110)	1,5 × 2,00 × 10	20,15	50	37,2	1,46/0,15	0,15 × 3,60 × 30	34,0	< 1
2	In der Zone Würfel- zur Dodekaederfläche um 22½° zur Würfelnormale geneigt . . . . . (Um 22½° geneigt gegen die Senkrechte auf 001 in der Zone 001 zu 100 gegen 101 hin und parallel zu 010)	1,44 × 2,00 × 10	12,9	20	37,5	1,44/0,175	0,175 × 3,0 × 30	36,2	< 1
3	Senkrecht zur Oktaederfläche . . . . . (Um 35° geneigt gegen die Senkrechte auf 110 in der Zone 110 zu 001 gegen 001 hin und parallel zu 110 gleich senkrecht zu 111)	1,46 × 2,00 × 10	35,0	33	35,0	1,36/0,12	0,12 × 4,25 × 30	39,6	< 1
4	In der Zone Dodekaeder zur Oktaederfläche um 18° zur Dodekaedernormale geneigt . . . . . (Um 18° geneigt gegen die Senkrechte auf 110 in der Zone 110 zu 001 gegen 111)	1,47 × 2,00 × 10	24,4	55	—	1,44/0,13	0,13 × 3,7 × 30	34,0	< 1
5	In der Zone Würfel zu Oktaederfläche um 25° zur Würfelfläche geneigt . . . . . (Um 25° geneigt gegen die Senkrechte auf 001 in der Zone 110 zu 001 gegen 111 hin und parallel zu 110)	1,49 × 2,00 × 7,0	22,6	50	35,5	1,49/0,25	0,25 × 3,2 × 30	39,5	< 1
6	Senkrecht zur Würfelfläche (Senkrecht zu 001 und parallel zu 010)	1,49 × 1,98 × 10	14,6	10	38,3	1,49/0,15	0,15 × 3,9 × 30	36,8	< 1

punkte dieser Art bietet das Schubgesetz. Im Rahmen der technologischen Mechanik werden die Schubvorgänge so dargestellt, als ob das Fließen ebenfalls nach Gleitebenen vor sich ginge. Diese Ebenen haben aber weder mit Translations-, Zwillingen- noch mit irgend welchen kristallographischen Ebenen etwas gemein. Sie sind reine Vorstellungsbilder und haben nur den Wert eines Gedankenexperimentes; dennoch kann an ihrer Wirksamkeit bei dem Fließvorgang nicht gezweifelt werden. In der Regel verlaufen sie ungefähr um 45° zur Richtung des Kraftangriffes, d. i. der

die Krystallrichtungen größter Dehnung und das stärkste Fließen zusammenfallen, zu dem Ergebnis, daß auch die Lage der mechanischen Gleitebenen (fiktiven Gleitebenen) in diesen Richtungen sehr günstig gewesen sein muß. Es läßt sich leicht übersehen, daß sie am günstigsten ist bei den senkrecht zu der Dodekaederfläche und nahe dieser nach der Oktaederfläche hin gelegenen Zerreißstäben, nicht ganz so günstig bei einer Neigung um 25° zur Würfelnormale nach der Oktaederfläche hin. In der Richtung senkrecht zu der Oktaederfläche, in der ein schwächeres Fließen auftritt, müssen die

mechanischen Schubebenen schon eine ungünstigere Lage und endlich eine ganz ungünstige in der Richtung senkrecht zur Würfel­fläche eingenommen haben.

Hieraus läßt sich leicht ableiten, daß die Ebenen, in denen die ersten bleibenden Materialverschiebungen aufgetreten waren, einen Winkel von etwa  $45^\circ$  mit den Richtungen größter Dehnungen einschließen dürften. Freilich verlaufen in einem Streuungsbereich von etwa  $30^\circ$  hierzu dann noch ganze Scharen von Ebenen fast ebenso günstiger Orientierung. Im Mittel nähern sie sich mehr oder weniger der Würfel­fläche. Stellt man diese mechanischen Schubebenen den kristallographischen Gleitebenen gegenüber, so gelangt man zu der in Zahlentafel 4 wiedergegebenen Übersicht ihrer Lage in den geprüften Krystallstäben. Bei den Proben der ersten Zahlenreihe besteht keine Gesetz-

graphischen Gleitebenen (Translationsebenen) wohl einnehmen mögen, denn als bevorzugte Ebenen sind die durch manche Anzeichen zweifellos gekennzeichnet.

Nach diesen Darlegungen findet aber ein bevorzugtes Fließen in der Richtung der kristallographischen Gleitebenen überhaupt nicht oder in um so geringerem Maße statt, je günstiger diese Ebenen zur Richtung des Kraftangriffes liegen. Umgekehrt tritt das Fließen in um so stärkerem Maße auf, je mehr sie sich aus dieser Lage entfernen.

Man gelangt also notgedrungen zu dem Ergebnis, daß die kristallographischen Gleitebenen die Gleitungen nicht begünstigen, sondern ganz im Gegenteil in stärkstem Maße hemmen. Sie sind also ganz das Gegenteil dessen, was man als einen Teil ihrer Wesenseigenheit bezeichnet, also nicht Gleit-, sondern ausgesprochene „Hemmungs-

Zahlentafel 4.

Bezeichnung der Proben	Orientierung des Krystallstreifens zur Zugrichtung	Winkel der vermeintl. kristallogr. Gleitebenen „Hemmungsebene H“ zur Zugrichtung	Winkel der „Fließe­benen F“ zur Zugrichtung	Gleichförmige Dehnung %
1	Senkrecht zur Dodekaederfläche	$55^\circ$ (2 Systeme) $0^\circ$ (2 Systeme)	$45^\circ$ (2 Systeme) $0^\circ$ (1 System)	50
2	In der Zone Würfel- zur Dodekaederfläche um $22\frac{1}{2}^\circ$ zur Würfelnormalen geneigt.	$18^\circ$ (2 Systeme) $48^\circ$ (2 Systeme)	$67\frac{1}{2}^\circ$ (1 System) $22\frac{1}{2}^\circ$ (1 System) $0^\circ$ (1 System)	20
3	Senkrecht zur Oktaederfläche	$90^\circ$ (1 System) $20^\circ$ (3 Systeme)	$35^\circ$ (3 Systeme)	33
4	In der Zone Dodekaeder- zur Oktaederfläche um $18^\circ$ zur Dodekaedernormalen geneigt	$10^\circ$ (2 Systeme) $37^\circ$ (1 System) $73^\circ$ (1 System)	$42^\circ$ (2 Systeme) $18^\circ$ (1 System)	55
5	In der Zone Würfel- zur Oktaederfläche um $25^\circ$ zur Würfel­fläche geneigt	$10^\circ$ (1 System) $30^\circ$ (2 Systeme) $60^\circ$ (1 System)	$65^\circ$ (1 System) $18^\circ$ (2 Systeme)	50
6	Senkrecht zur Würfel­fläche	$35\frac{1}{4}^\circ$ (4 Systeme)	$0^\circ$ (1 System) $90^\circ$ (2 Systeme)	10

mäßigkeit der Dehnung zur Lage der kristallographischen Gleitebenen. Die Reihe wird willkürlich durchbrochen. Schlechthin ist die Dehnung um so geringer, je günstiger die Lage dieser Ebenen zur Richtung des Zuges ist, d. h. je mehr sie sich dem Winkel von  $45^\circ$  zur Zugrichtung nähert. Ein ganz anderes Bild ergibt sich aus der Lage der mechanischen Schubebenen. Die Zahlenwerte der zweiten Reihe stehen in gesetzmäßiger Beziehung zur Dehnung; die Dehnung ist um so größer, je mehr sich die Lage der mechanischen Schubebenen dem Winkel von  $45^\circ$  zur Richtung des Zuges nähert. Vergleicht man die Stäbe 3 und 6, so erscheint die Dehnung des Stabes in der Richtung der Oktaederfläche etwas niedrig.

So sehr die aus dieser Übersicht gewonnenen Ergebnisse zugunsten der mechanischen Schubebenen sprechen, so sehr beweisen sie auch die Unwirksamkeit der vermeintlichen kristallographischen Gleitebenen beim Fließen. Es drängt sich daher die Frage auf, welche Stellung neben den mechanischen Schubebenen die kristallo-

ebenen“ . Ihre Kennzeichnung als „Hemmungsebenen“ vermittelt erst eine geordnete Behandlung der Vorgänge beim Fließen. Diese Hemmungsebenen stimmen mit den Spaltebenen, wie sie die Mineralogie kennt, wahrscheinlich überein. Bei plastischen Krystallen wird ihre Ausbildung durch den Einfluß der Fließe­benen  $F$  verhindert. Die Fähigkeit der Teilchenverschiebung ist in der Richtung der kristallographischen Gleitebenen am geringsten, in der Richtung der Fließe­benen  $F$  am größten. Die Verschiebbarkeit der Netzebenen des Raumgitters ist also am geringsten parallel den Oktaederflächen und am größten parallel den Würfel­flächen.

#### *Einklang mit den Voraussetzungen der Verlagerungshypothese.*

Die analytische Auswertung des Dehnungskörpers im Hinblick auf die Richtungen leichtesten Fließens führt offensichtlich zu dem Ergebnis, daß diese Ebenen sich mehr oder weniger den Würfel­flächen anlehnen. In einem Streuungs-

bereich von etwa  $30^\circ$  hierzu verlaufen, wie erwähnt, aber noch ganze Scharen von Ebenen fast ebenso günstiger Orientierung. Würde nun die Lage der Gleitebenen genau den Würzelflächen entsprechen, so wären damit die Fließvorgänge in Krystallen hinreichend geklärt. Infolge des großen Streuungsbereiches dieser Ebenen müßten aber immer weitere Fließebenen in Wirksamkeit treten. Man gelangt alsdann zu völlig widersprechenden Ergebnissen. Eine geschlossene Erklärung der Fließvorgänge mit Hilfe von Gleitebenen ist demnach überhaupt nicht möglich. Aus Gründen der Einfachheit können aber in roher Annäherung die Würzelflächen als Gleitebenen in Ansatz gebracht werden, man gelangt dann zu einer gewissen Gesetzmäßigkeit im Hinblick auf die Lage der Ebenen leichtesten Fließens beim Auftreten überelastischer Beanspruchungen.

Die Annahme exakt ausgezeichneter Fließebenenysteme schließt sich auch aus der Geometrie des Dehnungskörpers von selbst aus. Man gelangt vielmehr zu einer unbegrenzten Mannigfaltigkeit dieser Ebenen, die fast jede Lage zu den kristallographisch rationellen Ebenen (Würfel-, Dodekaeder-, Oktaederflächen, Spaltebenen usw.) einnehmen können, wenn sie auch in gewissen Krystallrichtungen, aber unter Einschluß großer Streuungsbereiche bevorzugt auftreten können. Diese Fließebenen verändern bei der Beanspruchung nach Maßgabe der Orientierung fortgesetzt ihren Winkel zur Richtung des Kraftangriffes, daher hat der eine Forscher geglaubt, sie in diese, der andere in jene rationellen Krystallebenen versetzen zu müssen. Die Literaturangaben dieser Art sind äußerst widerspruchsvoll. Die Vorstellung der scharenweise auftretenden veränderlichen Fließebenen legt aber sofort nahe, daß bei den Fließvorgängen der regulär kristallisierenden Metalle, wie Kupfer und Aluminium, nicht so sehr die rationellen kristallgeometrischen als die *kräftegeometrischen* Beziehungen (Beziehungen im Aufbau des Gitters zu den Gitterkräften) eine entscheidende Rolle spielen; mit anderen Worten, das Verhalten eines Massenpunktes (Atoms) ist von der Lage der Nachbarpunkte abhängig. Auf Grund dieser Betrachtung lassen sich für die kristallographischen Hauptrichtungen sehr einfache Schubelemente angeben, und zwar das reguläre Oktaeder für die Würfelnormale, eine zusammengedrückte vierseitige Bipyramide für die Dodekaedernormale und schließlich ein reguläres Tetraeder in der Richtung der Oktaedernormalen. Obwohl sich jedes dieser Schubelemente aus dem anderen aufbaut, sind sie doch mechanisch ungleichwertig. Die Atombindungen verlaufen beim ersten alle in einem Winkel von  $45^\circ$ , beim zweiten von  $45^\circ$  und  $60^\circ$  und beim Tetraeder in einem solchen von  $30^\circ$ . Bei Schubbeanspruchungen ist dieser Neigungswinkel von einem Massenteilchen zum anderen ausschlaggebend für das Verhalten. Die günstigste Schubrichtung ist zugleich immer auch die Richtung geringer Atomdichte. Darin liegen ganz neuartige Ausblicke.

Die Schubvorgänge müssen also im einfachsten Falle in Beziehung zu diesen Winkeln stehen. Da aber in einem System von Massenteilchen die Gesamtheit der Einzelemente über das Verhalten bestimmt, kommt dieser einfache Ansatz praktisch nicht in Betracht, vielmehr entscheidet über das Verhalten eines solchen Systems die resultierende Kräftekomponente. Diese kann wohl auch mathematisch abgeleitet werden, ergibt sich aber unmittelbar aus der Gestalt des Dehnungskörpers. Versieht man ein Symmetrieelement dieses Körpers mit Linienzügen gleichen Abstandes vom Mittelpunkt des Körpers, so erhält man Niveaulinien gleicher Dehnung. Die Dehnung steht in umgekehrtem Verhältnis zur inneren Reibung und diese wird in erster Linie durch die Lage der Fließebenen bestimmt. Die jeweilige Lage der Fließebenen und die innere Reibung stehen in gleichem Verhältnis zueinander. Um die Lage der Gleitebenen zu erfahren, muß man die der Orientierung zugeordnete Dehnung in den entsprechenden Betrag der inneren Reibung umwandeln, um aus dieser Zahl die Lage der Fließebenen ableiten zu können. Wie man auf Grund dieser Überlegungen die spezifische Schiebung und die innere Reibung und mit Hilfe dieser die sogenannten Fließkurven ableiten kann, ist anderorts gezeigt worden<sup>1)</sup>.

Die Vorgänge beim Fließen widersprechen mithin allen kristallographischen Deutungsversuchen und sie scheinen wohl nur dann verständlich, wenn ihnen Störungen im gesetzmäßigen Aufbau des Gitters zugrunde gelegt werden. Gestützt auf reichhaltiges Beweismaterial wird dieser Standpunkt von der Verlagerungshypothese seit langem nachdrücklich vertreten. In erster Linie sind es die Reflexionsbilder, die eigenartigen Verformungserscheinungen, das widersprechende Verhalten im Hinblick auf die kristallographischen Gleitebenen, sowie die Beziehungen der physikalischen Eigenschaften zueinander, wie sie durch die körperliche Darstellung anschaulich gemacht werden, die diese Annahmen beweiskräftig stützen. Die Beziehungen die sich zwischen den Eigenschaften und der Geometrie des Raumgitteraufbaues ergeben, erscheinen wohl geeignet, in besonderer Weise die Vorgänge der Umgestaltung des Raumgitters zu erhellen. Sie sprechen vielleicht dafür, daß die Atome nach und nach in der Weise verlagert werden, daß die Abstände der Gitterpunkte zunächst einmal mehr oder weniger stark ausgeglichen werden. Dadurch wird die ursprüngliche Symmetrie der Netzebenen und des Raumgitters zerstört. Das Wesen des Fließens und der Verfestigung würde also gewissermaßen in einem Ausgleich der Atomabstände zu erblicken sein, vielleicht in loser Anlehnung an die Geometrie der dichtesten Kugelpackung. Dieser Vorstellung scheinen auch Ergebnisse der Röntgenforschung keineswegs zu widersprechen.

Die ersten Untersuchungen, die mit Hilfe des Debye-Scherrer-Verfahrens erhalten wurden, haben

<sup>1)</sup> CZOCHRALSKI, Moderne Metallkunde 1924, S. 241 (Verlag Springer, Berlin).

in der Problemstellung eine Krisis hervorgerufen. Die Möglichkeit von Raumgitterströmungen schien nach diesen Ergebnissen so gut wie ausgeschlossen. Allmählich kam eine deutliche Wendung im Hinblick auf die Deutung dieser Ergebnisse. Unter vielfachen Einschränkungen wird auch von Gross<sup>1)</sup> dieser Standpunkt geteilt. Er kommt zu dem Schlußergebnis: „Es gibt keine Möglichkeit, durch Parallelverschiebungen irgendwelcher Art das kontinuierliche Herumschwenken der Achsen (beim Einkrystall-Biegeversuch) zu erklären. Das muß als Grundsatz allen Verlagerungsstudien an die Spitze gesetzt werden.“

Mit der Möglichkeit der Gitterverlagerung wird man sich also mutatis mutandis abfinden müssen, daran ändern auch gelegentliche Anschauungen nichts, die für die Erhaltung des Krystallgitters sprechen. Man wird künftighin diese Erscheinungen, die für die Entwicklung der Vorstellungen über die inneren Vorgänge beim Fließen von größter Tragweite sind, nicht auf Grund rein theoretischer Erwägungen beurteilen dürfen, sondern wird sie, nachdem die Wege zu fruchtbringender Arbeit auf Grund der Verlagerungshypothese erschlossen worden sind, mit der ihnen gebührenden wissenschaftlichen Aufmerksamkeit verfolgen müssen.

Es kann heute keinem Zweifel unterliegen, daß POLANYI und seine Schule eine ganz beiläufige Erscheinung als Ausgangspunkt ihrer Hypothese genommen haben, ohne das Gros der Erscheinungen auch nur entfernt mit in Betracht gezogen zu haben. Dies wird die zukünftige Forschung noch in vollem Umfange zu erweisen haben. Gegen die Translationshypothese und damit gegen die Annahme von Parallelverschiebungen lassen sich also folgende

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. Metallkunde 1924, S. 18.

Argumente, um dies umfassend zu resümieren, ins Feld rücken:

1. Der mikroskopische Befund, der auf keinerlei Krystallzertrümmerungen schließen läßt.
2. Das Auftreten von Ätzfiguren, die beweisen, daß die Größe der Trümmerteilchen, falls solche auftreten sollten, endlich begrenzt sein müßten.
3. Der ausgeprägte Asterismus der Lauediagramme.
4. Der Charakter der Fließbilder als Analogon der Fließbewegung.
5. Die anderorts erwiesene Unwirksamkeit der Gleitebenen.
6. Das isotrope Verhalten von höchst verfestigten Krystallen.
7. Die Schwächung bzw. Beseitigung der dislozierten Reflexion durch überelastische Beanspruchung einerseits und ihre Unzerstörbarkeit andererseits.
8. Die Rekonstruktionsfähigkeit des Gitters bei der Retorsion.
9. Die Übereinstimmung des Verdrehungsgrades der Gitterebenen mit dem Grade der Torsion, und als Hauptargument
10. Die gestörten Achsenwinkel.

Die Tragweite der sich aus diesen Feststellungen ergebenden Schlußfolgerungen kann heute noch nicht übersehen werden. Die Auswertungsgrundlagen der Röntgenverfahren sind, soweit sie Raumgitterstörungen betreffen, überhaupt noch nicht geschaffen. Dies wird eine der wichtigsten zukünftigen Aufgaben der Erforschung der Debye-Scherrer-Methode bleiben müssen. Bis dahin muß aber die Metallkunde noch ihre eigenen Wege gehen, die, wie gezeigt werden konnte, nicht erfolglos zu sein scheinen.

## 27. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Die diesjährige Tagung des *Förderungsvereins* fand in Hannover statt. Nach einem stark besuchten Begrüßungsabend eröffnete der Vorsitzende der Ortsgruppe Hannover, Studiendirektor Dr. WOLFF, die Versammlung am Morgen des 5. April im größten Hörsaal der Technischen Hochschule. Es folgten eine ganze Reihe von Begrüßungsansprachen der Vertreter der Behörden. Unter anderem sprach Ministerialrat Professor Dr. METZNER für das preußische, Oberregierungsrat FREYTAG für das bayerische und eine ganze Reihe von anderen deutschen Kultusministerien, welche sich hatten vertreten lassen.

Der Eröffnungstag brachte dann noch eine Reihe allgemeiner Vorträge. Zuerst sprach Hochschulprofessor Dr. KULKA-Hannover, zugleich Direktor beim Eisenhoch- und Brückenbau L. EILERS, über *Die Forderungen der Technik an die Schule*. Von den Ausführungen des Redners sei, da das Thema den Rahmen dieser Zeitschrift überschreitet, nur so viel mitgeteilt, daß er zunächst begründete, warum gerade die Technik berechtigt sei, Forderungen an die höhere Schule von heute zu stellen. Diese Forderungen beziehen sich einmal auf die rein geistige Ausbildung (mathematisches Denken), weiterhin aber auch auf die Ausbildung

von Körper und Charakter, denn die Technik braucht für ihre Führerstellungen Männer der Tat. An zweiter Stelle referierte Hochschulprofessor Dr. ROTHE-Berlin über *Die Ausbildung der Mathematiker und Naturwissenschaftler*. Er erörterte die nach seiner durch reiche Erfahrung unterstützten Meinung bestehenden Mängel des bisherigen Systems und wies Wege zu ihrer Beseitigung. Als dritter Redner war der derzeitige Rektor der Tierärztlichen Hochschule zu Hannover gewonnen worden. Professor Dr. MIESSNER sprach über *Die moderne Immunitätslehre*. Den Beschluß machte an diesem Tage Professor Dr. GEBHARDT-Dresden mit seinem Vortrage über *Goethe als dichtender Physiker*. Goethe, der schon in der Jugend Newtons Werke kennen gelernt hatte, beginnt erst 1786 Physiker, d. h. Forscher der Farbe zu werden, zu einer Zeit, wo er auf klassischem Boden eine Wiedergeburt erlebte. Die Kunst war es, die ihn veranlaßte, den Gesetzen des farbigen Sehens nachzuspüren. Aber auch die wunderbaren Farbenercheinungen der italienischen Landschaft regten ihn in gleicher Weise an. Daher eignete er sich die Methoden der Wissenschaft an, trieb umfangreiche Literaturstudien und vernachlässigte auch das Experiment nicht. Und doch war

ihm dieses nur eine mangelhafte Quelle der Erkenntnis. Über allen Apparaten stand ihm das Auge, das ihm eine Schöpfung des Lichtes dünkte, das allein in stande sei, göttliche Wahrheit zu vermitteln. Alles wirkliche Erkennen der Naturgesetze entstamme dem „aperçu“, der Eingebung von oben. Daher war ihm die nüchterne exakte Forscherarbeit Newtons zuwider. Er bekämpfte ihn mit den stumpfen Waffen des Spottes und der Grobheit und konnte ihn nie verstehen. Goethe blieb eben auch dort *unbewußt* Poet, wo er *bewußt* Physiker von Fach sein wollte. Seine Versuche paßte er seinen eigenen voreingenommenen Anschauungen immer von neuem an. Poesie schwebt ihm über den Vorgängen der Natur ebenso wie über Menschenschicksalen. Die Phänomene, die Herrlichkeiten der Natur werden ihm entweicht durch das Hineintragen nüchterner Verstandeschlüsse oder gar durch Verquickung mit der gehaßten Mathematik. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Gestalt der Makarie in Wilhelm Meisters Wanderjahren. Trotz alledem hat Goethe überall dort in seiner Farbenlehre unvergänglich Schönes und Wertvolles geleistet, wo er die allgemeinen Zusammenhänge der Wissenschaften mit der Gesamtheit der Kultur darstellte und in dichterisch vollendeter Form ausspricht. Ferner dort, wo er die subjektive Farbe und deren „sinnlich-sittliche“ Wirkung darlegt. Wenn also auch Goethes Ehrgeiz, sich als Physiker den Kranz der Unsterblichkeit zu erringen, nicht in Erfüllung gegangen ist, so hat doch der Physiolog und Psycholog Goethe, noch mehr aber der unsterbliche Dichter Teilen seiner Farbenlehre einen Glanz verliehen, der nicht vergehen wird.

Die Veranstaltungen des nächsten Tages (6. April) standen unter dem Thema: *Unterricht und Technik*. Das heißt, es wurden aus der modernsten Wissenschaft, soweit sie auch für die Technik von Wichtigkeit ist, ausgewählte Kapitel von berufter Seite in Form wirklich glänzender Experimentalvorträge den etwa 600 Teilnehmern der Tagung vorgeführt, um sie zu der Überlegung anzuregen, was hiervon für den Unterricht an der heutigen höheren Schule brauchbar sei. Zunächst sprach Hochschulprofessor Dr. QUINCKE über *Einige Experimente zu den Verfahren der Luftstickstoffbindung*. Im Überblick wurden die 5 Verfahren, den Luftstickstoff in chemischen Verbindungen zu gewinnen, geschildert: 1. Die Bildung von Stickoxyd durch Sauerstoff in der elektrischen Flamme, die CAVENDISH 1781 fand; 2. die Bindung durch die Wurzelbakterien der Pflanzen, mit der HELLRIEGEL 1890 LIEBIGS Anschauungen bestätigte; 3. die Entstehung von Cyanverbindungen, die BUNSEN und PLAYFAIR 1845 feststellten; 4. die Erzeugung von Stickstoffverbindungen einzelner Metalle, die besonders SERPEK 1905 mit dem Aluminiumnitrid technisch verwertete; 5. die Vereinigung mit Wasserstoff zu Ammoniak, die HABER und BOSCH 1912 durchführten. Das erste Experiment gab sodann BUNSENS Anordnung, im glühenden Rohr ein Gemenge von Pottasche und Kohle mit Stickstoff zu Cyankalium umzusetzen. Der zweite Versuch führte die von FRANK und CARO gefundene Bildung des Kalkstickstoffs aus Carbid durch Aufnahme von Stickstoff bei 900° vor. Durch Aufblasen von Wasserdampf entbindet dieser Kalkstickstoff, wie der nächste Versuch zeigte, Ammoniak. Die Stickoxydverbrennung der Luft demonstrierte der vierte Versuch mit der Flamme BIRKELANDS, die durch Magnete auseinandergezogen ist, Versuch 5 mit dem wirbelnden Luftstrom im Rohre SCHÖNHERRS, Versuch 6 im Hörnerlichtbogen nach PAULING. Die Schwierigkeit der Ammoniakbildung aus den Elementen erläuterte der 7. Versuch,

bei dem Eisendraht beim Erhitzen in Wasserstoff nur Spuren von Ammoniak gibt. Der letzte Versuch führte die Verbrennung von Ammoniak und Luft zu salpitrigen Gasen vor, nach der heute die Salpetersäure in Deutschland gewonnen wird. Das Ammoniak nach HABER und BOSCH hat den Kalkstickstoff FRANKS überflügelt, die Flammenverbrennung ist nur noch von örtlicher Bedeutung, und ob die Zukunft ein rentables Verfahren mittels Metallnitriden bringt, bleibt ungewiß. Dagegen sollte sich die Stickstoffbindung durch Bodenbakterien in weiterem Studium noch ganz wesentlich erweitern lassen.

Anschließend sprach Dr. WILCKENS-Hannover: *Über die Kali- und Ölvorkommen von Hannover*. Die Salzlager Norddeutschlands sind entstanden in der Zechsteinzeit durch den Einengungsprozeß eines vom offenen Meere zeitweise getrennten Randbeckens unter der Einwirkung eines Trockenklimas. Entsprechend der verschiedenen Löslichkeit der verschiedenen Meeresalze haben sich diese bei dem allmählichen Verdunsten des Meereswassers in gesetzmäßiger Reihenfolge abgeschieden. Anhydrit, Steinsalz, Kalisalze. Eine Wiederholung der Bildungsbedingungen durch abermaligen Einbruch des Meeres schuf 2 Salzfolgen: die ältere und die jüngere. In jenem bildet das Hartsalz, in diesem der Sylvinit das Kalilager. Die Salze befinden sich in Nordwestdeutschland keineswegs mehr in ihrer ursprünglichen Lagerung. Normalerweise müßten sie in horizontaler Lagerung von dem weit über 1000 m mächtigen Sedimentkomplex des Mesozoikums überdeckt sein. Statt dessen sehen wir das Salz als Kern steil aufgefalteter Sättel bis in die Nähe der Erdoberfläche aufragen. Diese sog. Salzhorste zeigen eine ausgesprochene Längserstreckung bei relativ geringer Breite und sind in nord-südlichen (rheinischen) oder nordwestlich-südöstlichen (herzynischen) Systemen, oft perlschnurartig (Salzlinien) angeordnet, in Übereinstimmung mit den in Nordwestdeutschland vorherrschenden tektonischen Strukturlinien. Die Salzhorste werden begrenzt von steilen Randverwerfungen und sind flankiert von stark geneigten, nach außen, also „salzab“, fallenden Sedimentkomplexen des Mesozoikums. Überdeckt sind sie von flachliegendem Diluvium und Tertiär. Durch Einwirkung des Grundwassers sind die Firstzonen der aufsteigenden Salzpfiler ausgelaugt und bestehen nur noch aus den Lösungsrückständen, dem sog. Trümmergips (Gipshut), der auf der Ablagungsfläche des Salzstockes, dem sog. Salzspiegel aufliegt. Bei der tektonischen Aufpressung sind die Salzsichten dank ihrer außerordentlichen Plastizität in überaus komplizierte Falten zusammengestaucht, wobei eine starke Anreicherung der Kalisalze in den Scharnieren der Mulden und Sättel und dementsprechend eine Ausquetschung in den Schenkeln eintrat. Die verwickelte Faltung der Salzmassen, in denen die Edelsalze nur geringmächtige Lagen darstellen, bildet naturgemäß einen erschwerenden Faktor für einen rationellen Abbau des wertvollen Rohstoffes. In enger Nachbarschaft zu solchen Salzhorsten liegen unsere hannoverschen Erdölgebiete, von denen das bei Wietze-Steinförde und das bei Hänigsen-Nienhagen am besten erschlossen ist. Eine genetische Verknüpfung der Öl- und Salzentstehung, wie sie wegen dieses benachbarten Auftretens früher vermutet wurde, besteht nicht; doch läßt sich sagen, daß die Salzhorste indirekt die Entstehung und Ansammlung des Petroleum begünstigt haben. Die ursprüngliche Bildungsstätte des Öles ist der Boden eines flachen küstennahen Meeres, wo reichlich sedimentierte Reste von Meerestieren, vorwiegend Kleinorganismen durch Fäulnis

unter Luftabschluß zum Ausgangsmaterial für Öl wurden. Durch Überdeckung mit dicht abschließenden Tonschichten wurden diese Ölbildungsstätten „versiegelt“; unter dem Druck der auflastenden späteren Sedimentpakete und dem der tektonischen Vorgänge vollzog sich die langsame Umwandlung der organischen Fette in Kohlenwasserstoffe. Innerhalb von porösen Schichten (Sandstein), auch auf tektonisch aufgerissenen Spalten erfolgte ein Wandern des spezifisch leichten Öles, insbesondere da, wo durch Aufrichtung der Schichten der Anlaß zu einer Trennung von dem schwereren miteingeschlossenen Meereswasser und einem Hochsteigen des leichten Öles gegeben ist. So können ursprünglich nicht ölführende Schichten durch Infiltration von unten zu Ölträgern werden (sekundäre Lagerstätte). Während des Mesozoikums stellte Nordwestdeutschland ein flaches Randbecken mit häufig oszillierender Meeresbedeckung dar; in dem die bereits aufsteigenden Sattelhorste Gebiete flachen Wassers oder Festland waren. Die mit dem späteren Aufsteigen verbundene Aufrichtung der Schichten schuf dann die Bedingungen zur Ölwanderung. Jedenfalls festigen die in den letzten Jahren in großer Zahl unternommenen Ölaufschlüsse die Ansicht, daß das nordwestdeutsche Petroleum seine ursprüngliche Bildungsstätte in mesozoischen Schichten hat und daß es keineswegs aus älteren Schichten, wie z. B. den Steinkohlen des Carbons, herzuleiten ist.

An dritter Stelle folgte ein Vortrag von Privatdozent Dr. BACHMANN über *Adsorption und ihre technischen Anwendungsformen*. Man versteht unter Adsorption die Verdichtung von gasförmigen, flüssigen oder gelösten Stoffen an der Oberfläche von festen Körpern. Die Adsorption bildet im Gebiete der hochgradigen stofflichen Zerteilungsformen eine der wichtigsten Erscheinungen. Sie ist ein Oberflächen- oder Grenzvorgang und tritt daher besonders bei hochentwickelten Oberflächen hervor. Solche treffen wir namentlich im Reiche der Kolloide. Ein in neuester Zeit zur Geltung kommender Zweig der Kolloidtechnik befaßt sich mit der Adsorption von Gasen, Dämpfen und gelösten Bestandteilen aus Flüssigkeiten aller Art. Infolge der ihr zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten erlaubt die Adsorption gerade aus hochverdünnten homogenen Gemischen die wertvollen Bestandteile anzureichern und zu gewinnen. Darin liegt ihre hervorragende technische Bedeutung. Nicht nur wertvolle Bestandteile lassen sich aus solchen Gemischen entfernen und in konzentrierter Form verfügbar machen, sondern auch unerwünschte Beimengungen sind mit Hilfe der Adsorption solchen Gemischen zu entziehen, wodurch unter Umständen deren Wert ganz außerordentlich steigt. Die Ausbeute der Adsorption hängt in erster Linie von der Oberfläche des Adsorbers ab. Unter Oberfläche ist hier nicht nur die äußere in Erscheinung tretende Oberfläche verstanden, sondern vor allem die hochentwickelte Oberfläche im Innern des betreffenden Körpers. Diese Innenoberfläche besteht aus Hohlräumen, deren Abmessungen ganz außerordentlich klein sind. So haben die Hohlräume des in allerneuester Zeit so berühmt gewordenen Kieselgels einen Durchmesser von durchschnittlich  $5 \mu$ . Daraus geht ohne weiteres die ungeheure Oberflächenentwicklung im Innern dieser Gebilde hervor. 1 g Kieselgel hat eine durchschnittliche Innenoberfläche von 450 qm.

Die neueren Adsorptionstheorien denken sich die Adsorption zustande kommend durch die Wirkung eines Kraftfeldes, welches sich um die Oberfläche der Adsorber ausbreitet. Das Vorhandensein eines solchen

Kraftfeldes wird verständlich, wenn man bedenkt, daß z. B. im Innern eines Krystalles die zwischen den einzelnen Molekülen wirkenden Kräfte sich gegenseitig selbst absättigen, während sie an der Oberfläche des Krystalles ungesättigt frei in den Raum hineinragen. Diese frei in den Raum hineinragenden Kräfte sind Restvalenzen vergleichbar. Die Adsorption kommt nun dadurch zustande, daß die Restvalenzen durch die Nebenvalezen der adsorbierten Moleküle abgesättigt werden, wobei ganz wie bei einer chemischen Verbindung eine Wärmetönung, die sog. Adsorptionswärme auftritt. Vorherrschend sind unter den Adsorbenten der Gegenwart die aktive Kohle und das Kieselgel. Sind Gasgemische oder Lösungsgemische gegeben, so bevorzugen diese Adsorber je nach ihrer Natur und je nach den äußeren Bedingungen (Art des Lösungsmittels, Konzentration, Temperatur usw.) den einen oder anderen Bestandteil (selektive Adsorption). Der bevorzugte Bestandteil läßt sich dann anreichern und gewinnen. Hierin liegt die technische Wichtigkeit der Adsorption. Der Adsorptionsvorgang vollzieht sich nach einem Exponentialgesetz, welches vom Vortragenden näher erläutert wurde. Es folgten dann Angaben über die verschiedenen Herstellungsmöglichkeiten des Kieselgels, woran sich Demonstrationen dieses Materials anschlossen. Schließlich machte er noch Angaben über die Verwendung des Kieselgels im technischen Großbetrieb, wie es z. B. schon jetzt in Amerika im größten Maßstabe zur Ölraffinade verwendet wird.

Glänzende Experimente brachte der letzte Vortrag über *Grundlegende Wechselstromerscheinungen mit dem Oszillographen* von Geheimrat Professor Dr. KOHLRAUSCH-Hannover. Da es sich im wesentlichen um methodische Fragen der Demonstration handelte, erübrigt sich an dieser Stelle ein näherer Bericht, und es muß auf die fachpädagogische Zeitschriftenliteratur verwiesen werden.

Die beiden folgenden Tage der Versammlung führten mehr ins Schul- und Unterrichtsgebiet herüber. Diese Verhandlungen können daher nur ganz kurz gestreift werden, trotzdem außerordentlich wichtige und in ihren Auswirkungen weitreichende Fragen zur Besprechung standen. Am 7. April wurde über die Gestaltung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtes und über die Verknüpfung der einzelnen Fächer zu einer Einheit debattiert, ferner brachte der Nachmittag eine Aussprache über die Schulreformen der deutschen Länder im letzten Jahre und über deren verderbliche Wirkungen für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. Der letzte Tag (8. April) gab Gelegenheit zu einer Aussprache über die Ausbildung der künftigen Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften.

Alle diese Veranstaltungen wurden ergänzt durch zahlreiche Fachsitzungen, in denen Hochschullehrer und Lehrkräfte der höheren Schulen über speziellere Fragen referierten, wurden umrahmt von geselligen Veranstaltungen, Führungen, Besichtigungen und Exkursionen ins Kali- und Ölgebiet und in die Weserberge. Gleichzeitig mit der Tagung waren in der Technischen Hochschule zwei Ausstellungen veranstaltet. Die eine Ausstellung moderner Apparate und Lehrmittel war von weit über 100 führenden Firmen besichtigt, die andere, eine Ausstellung historisch wertvoller Schriften des 15. bis 18. Jahrhunderts, gab der Tagung des stark emporblühenden Vereins in diesem Jahre eine ganz besonders festliche, wenn nicht feierliche Note, denn welcher Mathematiker und Naturwissenschaftler wäre nicht von stummer Ehrfurcht erfüllt, wenn er sich in

stimmungsvollem Raume allein mit den unsterblichen Werken eines Giordano Bruno, Galilei, Newton, Kopernikus, Huygens, Leibniz und noch vieler anderer Geistesheroen befindest?

So steht denn zu hoffen, daß diese bedeutsame

Tagung reichste Anregung für gedeihliche Arbeit an unserer deutschen Jugend gab, und daß sie die verheißungsvoll zwischen strenger Wissenschaft und praktischer Schularbeit geknüpften Fäden hat befestigen helfen.  
E. DOBERS, Hannover.

## Besprechungen.

**KOLHÖRSTER, W., Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre.** Bd. 5 der Probleme der kosmischen Physik. Hamburg: Henri Grand 1924. 72 S. und 5 Abb. Preis geh. 3,60 Goldmark.

Die durchdringende Strahlung hat sich in den letzten beiden Jahrzehnten aus kleinsten Anfängen zu einem wichtigen, vom theoretischen Standpunkt aus betrachtet, vielleicht sogar zum wichtigsten Sondergebiet der atmosphärischen Elektrizität entwickelt. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß von einem Fachmann, der starken Anteil an dieser Entwicklung gehabt hat, eine zusammenfassende Darstellung erschienen ist. Das Buch bringt den Stand der Forschung bis Ende des Jahres 1923 in übersichtlicher Form und erschöpfender Darstellung<sup>1)</sup>.

Dem eigentlichen Stoff ist ein Abschnitt „Radioaktivität“ vorausgeschickt worden, in dem die hauptsächlichsten Eigenschaften aktiver Substanzen und das Verhalten der Strahlen beim Durchdringen von Materie besprochen worden. In den nächsten Abschnitten „Meßmethoden“ und „Apparate“ gibt **KOLHÖRSTER**, der ja hierin große Erfahrung hat, eine Kritik des Meßverfahrens. Unter anderem wird der Einfluß der Metallgefäße, sowie der Füllgase erörtert. Es folgt dann die Besprechung der eigentlichen durchdringenden Strahlung, die **KOLHÖRSTER** nach der von ihm eingeführten einfachen und anschaulichen Bezeichnung, abgesehen von der „Reststrahlung“, in die „Luftstrahlung“, „Erdstrahlung“ und „Höhenstrahlung“ trennt. Bei der Reststrahlung wird gezeigt, daß die Wärmebewegung der Moleküle im Füllgase ohne Einfluß sein muß, von der Luftstrahlung, daß sie nur wenige Zehntel Ionen pro Kubikzentimeter und Sekunde zur Gesamtionisation beiträgt. Bei der Erdstrahlung wird bis in alle Einzelheiten der Einfluß der obersten Bodenschichten, sowie der Zusammenhang mit sämtlichen meteorologischen Vorgängen untersucht.

Im Vordergrund des Interesses steht heute die Höhenstrahlung. **KOLHÖRSTER** bringt hier die Entwicklung dieser Beobachtungen von den ersten Beobachtungen auf Kirchtürmen bis zu den neuesten, die er selber auf dem Jungfraujoch und die **MILLIKAN** und **OTIS** in Kalifornien ausgeführt haben. Diese Messungen legen bekanntlich den Schluß nahe, daß eine außerordentlich harte  $\gamma$ -Strahlung aus dem Kosmos zur Erde gelangt mit einem Absorptionskoeffizienten, der etwa eine Zehnerpotenz kleiner ist als die bisher in der Physik bekannten Strahlen. Den Abschluß des Buches bilden die „Hypothesen über die Höhenstrahlung.“ **KOLHÖRSTER** betont gleich eingangs mit Recht, daß ihnen nur die Bedeutung von Arbeits-hypothesen zukommt. Für die Nernstsche Hypothese einer strahlenden Schicht in der Milchstraße mit ihren stark radioaktiven, jungen Riesensternen scheinen

kleine Änderungen im täglichen Gang zu sprechen, die bei der durchdringenden Strahlung auf dem Jungfraujoch beobachtet wurden und nur bei bestimmten Stellen des Himmelsgewölbes zu den Gletscherspalten auftraten. Bei der Schwierigkeit der Messungen sind zur endgültigen Klärung dieser weittragenden, auch für andere Vorgänge des Universums wichtigen Annahme jedenfalls noch weitere Beobachtungen nötig.

K. KÄHLER, Potsdam.

**KÄHLER, K., Die Elektrizität der Gewitter.** Sammlung Bornträger. Bd. 3. Berlin: Gebrüder Bornträger 1924. 148 S. und 9 Abbild. 14 × 23 cm. Preis 4,50 Goldmark.

Der vorliegende Band der Sammlung Bornträger soll wie der Verfasser einleitend bemerkt, eine Einführung in die physikalischen Vorgänge beim Gewitter und zugleich eine kritische Darstellung des heutigen Standes der Forschung geben. Diese Absicht ist denn auch, wie gleich vorweggenommen sein mag, ausgezeichnet gelungen. Trotz der weitausholenden Anlage des Buches, für die gerade der dem Gebiet Fernerstehende dankbar sein muß, sind die vielen Einzelheiten zu einer zusammenfassenden Darstellung verschmolzen, die einen klaren Einblick in den heutigen Stand des Problems gibt. Der Stoff ist in zwei Hauptabschnitte geteilt, die Beobachtungstatsachen und die Erklärungen der Gewitterelektrizität. Im ersten wird über alle in Betracht kommenden meteorologischen und elektrischen Erscheinungen berichtet, im zweiten folgen die Gewittertheorien, die an Hand des dargelegten Beobachtungsmaterials diskutiert werden.

Die rein formale Auffassung des Problems in der sog. Gewitterstatistik, ihre Beobachtungsmethoden, Bearbeitung der Meldungen und die daraus sich ergebenden physikalischen Schlüsse, genügt nicht zum Eindringen in das Verständnis der Vorgänge. Dies wird erst ermöglicht durch die Betrachtung der meteorologischen Ursachen der Gewitter und der luftelektrischen Verhältnisse in der Atmosphäre. Meteorologisch gelten Gewitter als besondere Kondensationsvorgänge des atmosphärischen Wasserdampfes mit Niederschlagsbildung, wobei adiabatische Abkühlung im aufsteigenden Luftstrom die Hauptrolle spielt. Eine Beschreibung der Bildung von Gewitterwolken beschließt den Abschnitt. Es folgt nun die Einteilung und Beschreibung in Wärmegewitter, deren Wesen in Luftdichteunterschieden in der Vertikalen besteht und in Front- oder Wirbelgewitter, die beim Verdrängen warmer Luftmassen in den unteren Atmosphärenschichten durch Hereinbrechen kälterer sich bilden; daneben kommen auch die Gewitterböen und Tromben zur Darstellung. Der nächste Abschnitt befaßt sich mit der Bjerknesschen Betrachtungsweise der Bildung von Tief- und Hochdruckgebieten und mit der Anwendung dieser Anschauungen auf die Gewitterbildung. Nach der Bjerknes-Solbergsschen Einteilung der Regen entsprechen Wärmegewitter den Instabilitätsschauern, Frontgewitter den Kaltfrontregen. Warmfrontregen kommen für Gewitterbildung weniger in Betracht, fast gar nicht orographische Regen. Über die Höhe der Gewitterwolken, ihren Wassergehalt, die Größe der Wolkenelemente,

<sup>1)</sup> Herr **KOLHÖRSTER** bittet mich, darauf hinzuweisen, daß, veranlaßt durch Herausgeber und Verleger, ein Eingehen auf die mathematische Seite des Problems unterblieben ist, weil die Sammlung sich an einen weiteren Leserkreis wendet.

die Übersättigungen in den Wolken und die Unterkühlung der Wassertropfen, die Entstehung von Graupel und Hagel und die Kondensationskerne berichten die weiteren Kapitel. Auch die von SCHMAUSS angeregte Anschauung, die die Ergebnisse der Kolloidforschung für das letzte, noch unbekannt Stadium der Niederschlagsbildung heranzuziehen versucht, wird behandelt. Mit dem allgemeinen luftelektrischen Verhalten der Atmosphäre beschäftigen sich die Abschnitte über Leitvermögen, Spannungsgefälle, Vertikalstrom, Eigenladung der Niederschläge, Radioaktivität und Raumladung. Sehr eingehend wird die Ladung der Niederschläge behandelt, die ja gewissermaßen den Prüfstein für die Gewittertheorien bilden. Über Elmsfeuer, Linien- und Kugelblitz finden wir eine große Anzahl von Beobachtungen verarbeitet und allmählich gelangen wir so zu den Gewittern im kleineren Maßstabe, den Staub- und Vulkangewittern. Mit den durch atmosphärische Entladungen hervorgerufenen Störungenerscheinungen der Funkentelegraphie schließt der erste Hauptabschnitt.

Der zweite ist ausschließlich der Darstellung und Kritik der Gewittertheorien gewidmet. Ihre große Anzahl wird unter folgenden Gesichtspunkten zusammengefaßt: Elektrisierung durch die Sonne, Elektrisierung durch Adsorption von Ionen, elektrische Vorgänge beim Verdampfen und Verdichten des Wassers, Reibungsvorgänge an Niederschlägen, die Lenardwirkung in den Wolken und Influenzvorgänge an den Niederschlägen. Es würde zu weit führen, über alles das auch nur in großen Zügen berichten zu wollen; zumal alle die Theorien noch erhebliche Unstimmigkeiten mit der Erfahrung, d. h. mit den in Bodennähe oder in noch zu geringer Höhe gemachten Beobachtungen aufweisen. Von den modernen Theorien ist die Wilson-Gerdiensche heute wohl aufgegeben. Dagegen hat die Wasserfalltheorie infolge der ausgezeichneten Lenardschen Untersuchungen eine sehr beachtenswerte Stellung eingenommen, weil für sie der exakte Nachweis erbracht werden konnte, daß sie quantitativ ausreichende Werte ergibt. Zwar führen ihre Folgerungen noch zu manchen Widersprüchen mit den Erfahrungen (Ladungen von Schnee und Landregen), aber man sollte nach Meinung des Referenten den in den untersten Atmosphärenschichten gesammelten Beobachtungstatsachen nicht geradezu apodiktische Beweiskraft zusprechen. KÄHLER stellt sich nicht ganz auf diesen Standpunkt und gibt daher der Influenztheorie ELSTER und GEITELS einen gewissen Vorzug, denn nur durch sie läßt sich das bisher gesammelte langjährige Tatsachenmaterial erklären. Das ist natürlich bei einer Theorie, die, man möchte sagen, so beweglich ist wie diese, leichter möglich als bei einer, die durch exakte Laboratoriumsmessungen gewissermaßen festgelegt ist, und andererseits ist der wundeste Punkt der Influenztheorie das fast vollständige Fehlen solcher Laboratoriumsuntersuchungen. Darüber kommt auch KÄHLER nicht ganz hinweg, daher wohl sein Bemühen, die Influenztheorie durch Heranziehen von Vorgängen aus der Wasserfalltheorie unter dem Einfluß des Erdfeldes zu modifizieren. Dabei ist das von ELSTER und GEITEL in der neueren Fassung über Influenztheorie angenommene Abprallen der kleineren Wolkenelemente an der Unterseite der großen Tropfen für die Erklärung der Regenladung nicht wesentlich. Zusammenfassend schließt KÄHLER: Bildung der Wolken und Ausfällen der Nieder-

schläge erfolgt ohne sonderliche Elektrisierung der Wolkenelemente und der Tropfen. Erst mit der Bewegung der Tropfen, also hauptsächlich mit dem Fallen der Niederschläge setzen die eigentlichen elektrischen Vorgänge ein, Zusammenfließen der Tropfen ist unwirksam, stark elektrisierend dagegen das Zerfallen der Tropfen. Beim langsamen Zerfahren bewirkt die Influenz des Erdfeldes daher die Elektrisierung, beim Zerblasen außerdem noch die Lenardwirkung. Dazu treten noch die mannigfachen anderen Influenzwirkungen des Erdfeldes beim Berühren und Abquellen vor allem der festen Niederschlagsformen untereinander und an den Wolkenelementen.

WERNER KOLHÖRSTER, Berlin.

FRECHET und HALBWACHS, *Le calcul des probabilités à la portée de tous*. Paris: DUNOD 1924. XI, 297 S. 14 × 19 cm. Preis 18 Fr.

Das kleine, sehr verständlich geschriebene Buch macht einen überaus erfreulichen Eindruck, sobald man nur die Grundauffassung, von der die Verfasser ausgehen, erkannt hat. Sie stellen sich unumwunden auf den Standpunkt, daß die Wahrscheinlichkeitstheorie eine Wissenschaft ist, die der Beschreibung *wirklicher Vorgänge* dient. Der Begriff der Wahrscheinlichkeit wird als ein im Kern empirischer eingeführt: die Verfasser definieren ihn als die bei einer großen Zahl von Wiederholungen beobachtete relative Häufigkeit eines Ereignisses. Innerhalb der französischen Literatur, die bisher völlig unter dem Bann der von POINCARÉ sanktionierten LAPLACESchen Auffassung stand, wozu man „zwar nicht genau sagen kann, was Wahrscheinlichkeit ist, sie aber immerhin als Quotienten der günstigen durch die Gesamtheit der gleich möglichen Fälle definieren könne“, bedeutet diese Stellungnahme der Verfasser einen starken Fortschritt.

Die weiteren Kennzeichen des Buches sind große Klarheit der Darstellung und, vom mathematischen Standpunkt aus, elementarer Charakter aller Ableitungen. Im großen ganzen wird der traditionelle Stoff in den herkömmlichen Grenzen und ohne besondere Originalität behandelt. R. v. MISES, Berlin.

MÜLLER-BRESLAU, HEINRICH, *Die neuen Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen*. 5. durchgesehene Auflage. Leipzig: Alfred Kröner 1924. VIII, 484 S. und 321 Abb. 16 × 24 cm. Preis geh. 12, geb. 14 Goldmark.

Dieses klassische Werk, welches die Grundlage zu allen praktischen Aufgaben auf dem Gebiete der Baukonstruktionen bietet, und welches seit 1886 auch für den Unterricht und für die Forschung die beherrschende Rolle spielt, ist nach den Kriegsjahren vergriffen gewesen und nun in neuer Auflage erschienen. Eine Veränderung gegen die letzte Vorkriegsausgabe liegt nur darin, daß ein neuer Abschnitt eingefügt wurde; in diesem wird ein zweites Verfahren zur Berechnung einseitig gedrückter Gitterstäbe mit Querriegeln behandelt.

Das Werk gliedert sich in 5 Abschnitte: Theorie des ebenen Fachwerks, Biegungsfestigkeit gerader und einfach gekrümmter Stäbe, Dehnungs- und Schubfestigkeit, räumliches Fachwerk, Knickfestigkeit und einseitig gedrückte einteilige und gegliederte Stäbe. Auf Einzelheiten braucht wohl an dieser Stelle nicht eingegangen zu werden, da sowohl die Gedankengänge wie die Darstellung des Werkes allgemein bekannt und hochgeschätzt sind. L. HOPF, Aachen.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

## Struktur der Materie

in Einzeldarstellungen

Herausgegeben von

**Dr. M. Born-Göttingen** und **Dr. J. Franck-Göttingen**

Die Sammlung „Struktur der Materie“ bringt in knappen, voneinander unabhängigen Bänden eine Darstellung aller für die moderne Atomphysik wichtigen Gebiete der Physik. Sie ist nicht nur zum Studium der erforschten Gebiete bestimmt, sondern soll auch dem experimentierenden oder rechnenden Physiker bei neuen Untersuchungen helfen. Daher ist für jedes einzelne Gebiet ein Autor gewonnen worden, der durch eigene Arbeiten die Forschung gefördert hat und als Autorität gelten darf.

I. Band erschien im Januar 1925

## Zeemaneffekt

und Multiplettstruktur der Spektrallinien

Von

**Dr. E. Back**

und

**Dr. A. Landé**

Privatdozent für Experimentalphysik in Tübingen a. o. Professor für theoretische Physik in Tübingen

225 Seiten mit 25 Textabbildungen und 2 Tafeln

14.40 Goldmark; gebunden 15.90 Goldmark

II. Band erschien im Januar 1925

Vorlesungen über

## Atommechanik

Von

**Dr. Max Born**

Professor an der Universität Göttingen

Herausgegeben unter Mitwirkung von

**Dr. Friedrich Hund**

Assistent am Physikalischen Institut  
Göttingen

ERSTER BAND

367 Seiten mit 43 Abbildungen

15 Goldmark; gebunden 16.50 Goldmark

Weiter werden in dieser Sammlung erscheinen:

**Anregung von Spektrallinien durch Stöße.** Von Professor Dr. J. Franck · **Strahlungsmessungen.** Von Professor Dr. W. Gerlach · **Graphische Darstellung von Spektren.** Von Privatdozent Dr. W. Grotrian und Geh. Rat Professor Dr. Runge · **Lichtelektrizität.** Von Professor Dr. B. Gudden · **Die Bedeutung der Radioaktivität für die verschiedenen Gebiete der Naturwissenschaften.** Von Professor Dr. O. Hahn · **Atombau und chemische Kräfte.** Von Professor Dr. W. Kossel · **Bandenspektren.** Von Professor Dr. A. Kratzer · **Starkeffekt.** Von Professor Dr. R. Ladenburg · **Kern-Physik.** Von Frl. Professor Dr. L. Meitner · **Kristall-Struktur.** Von Professor Dr. P. Niggli und Professor Dr. P. Scherrer · **Periodisches System und Isotopie.** Von Professor Dr. F. Paneth · **Das ultrarote Spektrum.** Von Professor Dr. C. Schaefer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

**Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen.** Elementar dargestellt von **Max Born**. Dritte, verbesserte Auflage. 280 Seiten mit 135 Textabbildungen. 1922.  
7.35 Goldmark; gebunden 10 Goldmark

**Äther und Relativitätstheorie.** Rede gehalten am 5. Mai 1920 an der Reichsuniversität zu Leiden von **Albert Einstein**. 15 Seiten. 1920.  
1 Goldmark

**Was ist Materie?** Zwei Aufsätze zur Naturphilosophie. Von **Hermann Weyl**. 88 Seiten mit 7 Abbildungen. 1924. 3.30 Goldmark

**Raum – Zeit – Materie.** Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie. Von **Hermann Weyl**. Fünfte, umgearbeitete Auflage. 346 Seiten mit 23 Textfiguren. 1923. 10 Goldmark

**Mathematische Analyse des Raumproblems.** Vorlesungen, gehalten in Barcelona und Madrid. Von Dr. **Hermann Weyl**, Professor der Mathematik an der Eidgen. Technischen Hochschule Zürich. 124 Seiten mit 8 Abbildungen. 1923. 5 Goldmark

**Über den Bau der Atome.** Von **Niels Bohr**. Zweite, unveränderte Auflage. (Vortrag bei der Entgegennahme des Nobelpreises in Stockholm am 11. Dezember 1922. Ins Deutsche übersetzt von W. Pauli jr.) 60 Seiten mit 9 Abbildungen. 1924. 1.50 Goldmark

**Fluorescenz und Phosphorescenz im Lichte der neueren Atomtheorie.** Von **Peter Pringsheim**. Zweite, verbesserte Auflage. 236 Seiten mit 33 Abbildungen. 1923. 8.50 Goldmark

**Der Aufbau der Materie.** Drei Aufsätze über moderne Atomistik und Elektronentheorie. Von **Max Born**. Zweite, verbesserte Auflage. 92 Seiten mit 37 Textabbildungen. 1922. 2 Goldmark

**Konstanten der Atomphysik.** Herausgegeben von Dr. **Walther A. Roth**, Prof. an der Technischen Hochschule in Braunschweig, und Dr. **Karl Scheel**, Prof. an der Physik.-Techn. Reichsanstalt in Charlottenburg. Unter besonderer Mitwirkung von Dr. E. Regener, Prof. an der Techn. Hochschule in Stuttgart. (Sonderabdruck aus Landolt-Börnstein, Roth-Scheel, Physikalisch-chemische Tabellen. Fünfte Auflage.) 114 Seiten. 1923. Gebunden 8 Goldmark