20. 5. 1926

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 20 (SEITE 441—464) 14. MAI 1926 VIERZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Heike Kamerlingh Onnes. 1853—1926. Von G. L. de Haas-Lorentz, Leiden 441

Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels. Von Adolf Naef, Zürich. (Mit 9 Figuren) . . . 445

Fragen zur Mechanik der Erdkrusten-Struktur. Von Edw. Hennig, Tübingen 452

Neue Wege der Quantentheorie. Von A. Landé, Tübingen 455

Besprechungen:

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und Karl Scheel. Bd. X. Thermische Eigenschaften der Stoffe, redig. von F. Henning. Von F. Henning, Berlin 458

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgegeben von W. Wien und F. Harms. Bd. II. Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper, redigiert von A. Haas. Von F. London, Stuttgart 459

Chemiker-Kalender 1926. Herausgegeben von W. A. Roth. Von Otto Liebknecht, Berlin 460

Sapper, Karl, Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie. Von W. Tuckermann, Mannheim 460

Maull, Otto, Politische Geographie. Von W. Vogel, Berlin 462

Titius Arthur, Natur und Gott. Von Wilhelm Ostwald, Großbothen 463

Hierzu Nr. 2/3 der Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte

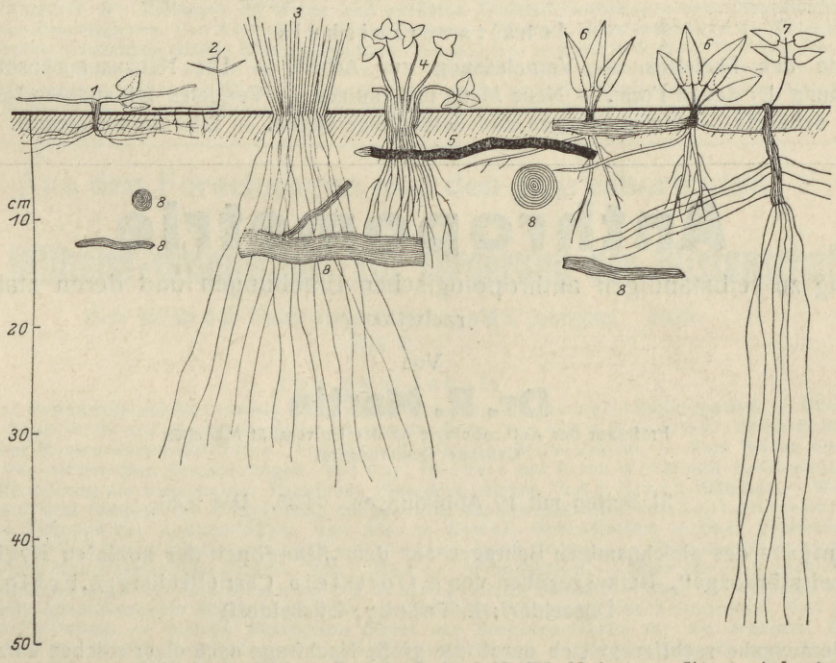


Abb. 29. Wurzelabstich in einem Laubwald (Bredower Forst bei Berlin, 3. V. 1925. Nach eigener Skizze). 1. Lamium galeobdolon. 2. Stellaria holostea. 3. Brachypodium silvaticum. 4. Anemone hepatica. 5. A. nemorosa. 6. Pulmonaria officinalis. 7. Lathyrus vernus. 8. Wurzeln von Bäumen und Sträuchern.

Aus: **Kleines Praktikum der Vegetationskunde.** Von Dr. **Friedrich Markgraf,** Assistent am Botanischen Museum Berlin-Dahlem. 70 Seiten mit 31 Abbildungen. 1926. RM 4.20, gebunden RM 5.40

Band IV der **Biologischen Studienbücher.** Herausgeber Walter Schoenichen, Berlin

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

26

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften" erfolgt von Leipzig aus!

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 RM 7.50. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bezw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 0.75 zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

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

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank, Berlin, Depositen-Kasse C.
Postscheckkonto Nr. 118 935.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Der Schädel des eiszeitlichen Menschen von Le Moustier

in neuer Zusammensetzung

Von

Dr. Hans Weinert

Berlin-Potsdam

58 Seiten mit 38 Abbildungen. 1925. RM 6.60

Inhaltsverzeichnis

Geschichte des Skelettes. — Veranlassung zur Arbeit. — Die Neuzusammensetzung. — Beschreibung der neuen Form. — Neue Maße und Indizes. — Vergleich mit anderen Neandertalschädeln. — Betrachtungen und Schlußfolgerungen. — Literaturverzeichnis.

Anthropometrie

Anleitung zu selbständigen anthropologischen Erhebungen und deren statistische Verarbeitung

Von

Dr. R. Martin

Professor der Anthropologie an der Universität München
Geheimer Regierungsrat

51 Seiten mit 19 Abbildungen. 1925. RM 2.40

(Sonderausgabe des gleichnamigen Beitrages aus dem **„Handbuch der sozialen Hygiene und Gesundheitsfürsorge“.** Herausgegeben von A. Gottstein, Charlottenburg; A. Schloßmann, Düsseldorf; L. Teleky, Düsseldorf)

Die Sonderausgabe rechtfertigt sich durch die große Nachfrage nach einer solchen kurzgefaßten Anleitung. — Es sei ausdrücklich betont, daß anthropometrische Erhebungen nur dann vergleichbare Resultate ergeben können, wenn sie nach streng einheitlicher Methode durchgeführt und in gleicher Weise statistisch verarbeitet werden.

Aus dem Inhaltsverzeichnis:

Allgemeine Bemerkungen. — Instrumentarium. — Körpermaße. — Kopfmaße. — Verhältniszahlen und Indices. — Beschreibende Merkmale. — Das Beobachtungsblatt. — Veranschaulichung der Resultate.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang 14. Mai 1926 Heft 20

Heike Kamerlingh Onnes.

1853—1926.

Von G. L. de Haas-Lorentz, Leiden.

Der Name von Heike Kamerlingh Onnes ist unzertrennlich mit dem Leidener physikalischen Institut verbunden. Das kryogene Laboratorium verdankt ihm sein Entstehen, seine Entwicklung und seinen Ruhm.

Sehr jung als Professor in der Experimentalphysik und der Meteorologie nach Leiden berufen, hat Kamerlingh Onnes sofort für das damals nur kleine physikalische Institut Großes geplant.

In Deutschland hatte schon viel früher der Königsberger Physiker-Geologe Franz Neumann auf das Notwendige von gut ausgestatteten physikalischen und chemischen Laboratorien hingewiesen, leider mit wenig Erfolg. Die Zeiten waren offenbar noch nicht reif, um dieNaturwissenschaften ihrem Wert nach anzuerkennen, und der so energische und zu gleicher Zeit idealistisch gesinnte Neumann stattete aus eigenen, nicht großen, Mitteln selbst sein Haus als Laboratorium aus und begnügte sich mit einem Dachzimmerchen als Wohnung.

Kamerlingh Onnes hatte zwar in seinem Leben mit viel besseren Umständen zu tun als die oben geschilderten, aber doch hatte er noch ein richtiges Überbleibsel der „guten alten Zeit" erlebt, als er genötigt war, die Versuche für seine Doktorarbeit „Neue Beweise für die Rotation der Erde" in einem feuchten Kellerraum zu machen. Diese Dissertation enthält Theorie und Resultate einer verbesserten Foucaultschen Pendelmethode[1]) und zeichnet sich sowohl in mathematischer als in experimenteller Hinsicht aus.

Auch schon während seiner Schul- und Studienzeit in Groningen (1870—1878) hatte Kamerlingh Onnes sich als sehr begabt nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch in der Mathematik herausgestellt. Als Student erhielt er die goldene Medaille der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Utrecht und die silberne der nämlichen Fakultät der Universität Groningen. Nach den ersten Groninger Studienjahren verbrachte Kamerlingh Onnes das Wintersemester 1871 in Heidelberg bei Bunsen, das Sommersemester bei Bunsen und Kirchhoff und das Wintersemester 1872 bei Kirchhoff. Bei dem letzteren erwarb er den Seminarpreis.

Nach seiner Promotion war er einige Jahre Assistent an der damaligen Polytechnischen Schule (jetzt Technischen Hochschule) Delft, um 1882 seine Professur an der ältesten niederländischen Universität Leiden anzutreten.

Seit 5 Jahren bekleidete H. A. Lorentz hier den für ihn neu gegründeten ersten holländischen Lehrstuhl für theoretische Physik. Die Professur von Kamerlingh Onnes war also die erste in der reinen Experimentalphysik.

Jetzt, nach fast einem halben Jahrhundert, über die seitdem vergangenen Jahre zurückblickend fühlt man, von wie großem historischen Wert diese beiden Ernennungen sind. Wieviel verdankt die Physik diesen beiden Männern, die mit einer seltenen idealistischen Lebensanschauung, großer Energie und — außerordentlicher, wenn auch sehr verschiedener, Begabung sich der Wissenschaft hingaben!

In seiner Inauguralrede muß man die festen Linien, mit denen der junge Kamerlingh Onnes seinen für die Zukunft gewählten Lebensgang skizziert, bewundern. Aber auch das artistische Temperament des jungen Gelehrten fühlt man deutlich aus der außerordentlich gut stilisierten Rede. Aus diesen beiden Gründen erlaube ich mir, zwei Stellen aus dieser Rede, wenn auch von der Übersetzung ins Deutsche etwas geschädigt, folgen zu lassen:

„Nach meiner Meinung muß bei der Ausübung der Experimentalphysik das Streben nach quantitativen Untersuchungen, d. h. das Auffinden von Maßbeziehungen in den Erscheinungen im Vordergrund stehen.

Durch Messen zum Wissen möchte ich als Sinnspruch über jedes physikalisches Laboratorium schreiben."

„Verborgen sind oft die Wege, welche die größten Geister zur Wahrheit geführt haben. Mit der Beseelung des Künstlers sehen sie ihr Licht, erschaffen sie die Probleme, an deren Lösung ganze Geschlechter von Beobachtern und Mathematikern arbeiten können, und ziehen sie die Grundlinien, auf denen das Gebäude der Wissenschaft sich erhebt. Es ist nicht jedem gegeben, zu den oberen Baumeistern zu gehören. Aber viele sind nötig, deren Arbeit die Sorge für die Haltbarkeit des Ganzen anvertraut wird. Und für ihn, dessen Urteil geschärft, dessen Hand geübt und dessen Charakter geformt ist, bleibt die Genugtuung hingelegt, mitarbeiten zu dürfen an der großartigen Schöpfung eines Newton und eines Huygens, eines Volta und eines Fresnel, eines Faraday und eines Kirchhoff. Ihrem Geist kann die Form, die man jedem Baustein gibt, entsprechen.

Aber dazu muß man, mit neuer Erfahrung zugerüstet, stets zu dem Studium ihres Gedankengangs in dem Experiment zurückkehren. Und

[1]) Siehe H. A. Lorentz, Physica, März 1926.

fühlt man in ihrem Streben nach quantitativer Kenntnis zwar nicht die einzige Richtschnur zu selbständiger Arbeit, gewiß doch diejenige, welche am ersten zur Klarheit führt und welche den Weg zeigt, wo Arbeit sicherlich nicht verloren ist und wo Irrlichter weit entfernt bleiben."

„Durch Messen zum Wissen." Ein schöner Spruch, aber einer, dessen Ausführung eine zähe Geduld, eine eiserne Ausdauer erfordert.

Die Richtung, in der das Messen des Leidener Laboratoriums stattfinden würde, wurde durch den Enthusiasmus, mit dem KAMERLINGH ONNES der damals neuen, VAN DER WAALSschen Theorie begegnete, bestimmt. Die Anschauungsweise von VAN DER WAALS von der Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes, worauf er seine berühmte Zustandsgleichung gründete, war wohl imstande, einen Mann wie KAMERLINGH ONNES zu fesseln. Dieser plante denn auch sofort eine ganze Serie Untersuchungen an Gasen, womit er die VAN DER WAALSsche Gleichung prüfen und die Koeffizienten a und b bestimmen wollte, und wenn dies letztere sich durch Unvollkommenheit der Formel als unmöglich erweisen sollte, die Formel zu verbessern.

Die Untersuchungen sollten sich natürlich über einen so großmöglichen Temperaturbereich erstrecken und sich sowohl auf den gasförmigen wie auf den flüssigen Zustand beziehen. So wurde KAMERLINGH ONNES zu seinem Streben nach niedrigen Temperaturen geführt.

Eine kurze Übersicht über die wichtigsten Untersuchungen, im Institut von KAMERLINGH ONNES ausgeführt, möge hier am Platze sein.

Wie KAMERLINGH ONNES seine niedrigen Temperaturen erreichte? Nicht anders als andere. Die Methodik der Verflüssigung von Gasen wurde von CAILLETET, PICTET, LINDE, HAMPTON u. a. entwickelt und ist schon Gemeingut geworden. Nur Eingeweihte wissen, wieviel Mühe, Zeit, Entwerfers- und Organisatorsbegabung nötig waren, um, wie KAMERLINGH ONNES, sicher und ununterbrochen fortzuschreiten, Gase verdichtend, von welchen dies bis dahin noch nicht gelungen war, und so die Möglichkeit zu Untersuchungen bei stets niedrigeren Temperaturen eröffnend.

Dazu müssen die Gase in so großer Menge verflüssigt werden, daß man einen Beobachtungsapparat in sie untertauchen kann. Man fühlt, wie der Schritt von der ersten Kondensationserscheinung des Sauerstoffs z. B. zu der Möglichkeit, flüssigen Sauerstoff aus dem einen Vakuumglas in das andere zu gießen, ein schwerer sein mußte. Dies letztere gelang KAMERLINGH ONNES erst 1892.

1894 verfügte er über ein Bad von flüssigem Sauerstoff von $-182°$ und niedriger. Seit 1906 stehen im Leidener Laboratorium zur Verfügung Bäder von flüssigem Wasserstoff von $-252°$ bis $-259°$, während bekanntlich 1908 der letztmögliche Schritt gemacht und das Helium verflüssigt wurde. Diese so außerordentlich wichtige Tatsache ist seitdem so oft in Zeitungen und Zeitschriften besprochen worden, daß wir sie hier bloß vermelden. Nur sei bemerkt, daß die Möglichkeit, dies zu erreichen, nicht ohne weiteres vorausgesehen werden konnte. Nur jahrelange, genaue und systematische Untersuchungen über die Eigenschaften des gasförmigen Heliums und Anwendung des Gesetzes der übereinstimmenden Zustände hatten KAMERLINGH ONNES zu diesem Entschluß geführt.

Erst vor einigen Jahren gelang die Verflüssigung des Heliums auch MACLENNAN in Toronto, nachdem ihm die Zeichnungen des Leidener Laboratoriums zugeschickt worden waren. Und vor kurzem hat auch in Berlin MEISSNER flüssiges Helium gemacht.

Seitdem ist die Apparatur noch so viel weiter vervollkommnet worden, daß man jetzt das flüssige Helium von dem einen Teil des Instituts nach dem anderen transportieren kann in genügend großen Mengen, so daß man nicht länger nur in der unmittelbaren Nähe der Maschinen mit diesen Bädern arbeiten kann.

Wie gesagt, schließt sich ein großer Teil der Untersuchungen von KAMERLINGH ONNES an die VAN DER WAALSsche Zustandsgleichung an, und viele Isothermen wurden im kryogenen Laboratorium bestimmt zu ihrer Prüfung. Aber nicht nur wurden die Abweichungen der Gleichung festgestellt, auch versuchte KAMERLINGH ONNES eine verbesserte Zustandsgleichung anzugeben. Schon viele Versuche waren gemacht worden, die VAN DER WAALSsche Gleichung durch einige Änderungen besser mit den experimentellen Tatsachen übereinstimmen zu lassen. Da aber kein befriedigendes Resultat gefunden war und da die verschiedenen an der Formel vorgeschlagenen Änderungen oft ganz empirischer Natur sind, geht der ursprüngliche, rein physikalische Charakter der Gleichung verloren. Deshalb, meinte KAMERLINGH ONNES, gäbe es keinen Grund, die ursprüngliche Gestalt nicht aufzugeben und für den Zweck einer empirischen Darstellung der Isothermen, mit inbegriff des Kondensationsgebietes, eine ganz neue Form der Gleichung, und zwar eine Reihenentwicklung, zu versuchen. Verschiedene Formen einer Reihenentwicklung stellte er auf die Probe, und schließlich fand er als die geeignetste die Form:

$$pv = A + \frac{B}{v} + \frac{C}{v^2} + \frac{D}{v^4} + \frac{E}{v^6} + \frac{F}{v^8}.$$

Die hierin auftretenden Koeffizienten nennt KAMERLINGH ONNES die Virialkoeffizienten. Durch Einführung der reduzierten Größen kommt man zu der entsprechenden reduzierten Gleichung mit den „reduzierten Virialkoeffizienten".

Zunächst wurde diese Gleichung bei den vier von AMAGAT genau untersuchten Substanzen, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, geprüft und die sich am besten mit den Beobachtungen vertragenden Werte der genannten Koeffizienten bestimmt. Da diese Koeffizienten

sich als temperaturabhängig und am besten durch eine Formel von der Gestalt

$$B = b_1 \Theta + b_2 + b_3 \cdot \frac{1}{\Theta} + b_4 - \frac{1}{\Theta^3} + b_5 - \frac{1}{\Theta^4}$$

darstellbar ergaben, hatte man 25 Koeffizienten zu bestimmen, eine äußerst langwierige und komplizierte Rechenarbeit.

Da das Gesetz der übereinstimmenden Zustände jedoch nur annähernd gilt, findet man bessere Übereinstimmung mit den Beobachtungen und einen regelmäßigeren Verlauf der Kurve, wenn man die reduzierten Koeffizienten für die Stoffe gesondert bestimmt. Deshalb war es wichtig, diese Größen für solche Stoffe zu bestimmen, mit welchen man über einen so groß möglichen reduzierten Temperaturbereich messen konnte. So wurde das B für Wasserstoff bestimmt aus Messungen von $\tau = 17$ bis $\tau = 0{,}5$ und das für Helium aus Isothermenmessungen von $\tau = 3$ an.

Ein zweiter wichtiger Teil der Untersuchungen im kryogenen Laboratorium bezieht sich auf die Eigenschaften von Gas- und Flüssigkeitsgemischen und schließt sich aufs engste an die VAN DER WAALSsche Theorie der Gemische an. Das Resultat dieser Theorie ist, kurz gefaßt, daß die Zustandsgleichung und deshalb auch die freie Energie bei Gemischen die nämlichen Eigentümlichkeiten zeigt wie bei reinen Substanzen. Ferner setzt die Theorie uns einigermaßen instand, Vorhersagungen zu machen über den Einfluß der Mischung von zwei Stoffen, speziell von nicht zu großer Dichte, auf das Volumen und den Druck. Überdies könnte man hoffen, durch sie aus dem Vergleich von Mischungen und ihren Bestandteilen ein Urteil zu gewinnen über die relativen Werte der Kräfte zwischen den Molekülen von verschiedenen Substanzen und zwischen solchen von ein und demselben Stoff.

KAMERLINGH ONNES plante eine systematische Reihe von Isothermenmessungen an Gasgemischen. Er wollte anfangen mit Gemischen von zwei einatomigen Gasen, dann von einem einatomigen und einem zweiatomigen Gas, endlich von zwei zweiatomigen Gasen usw. Leider zwangen technische Schwierigkeiten, die Reihe mit einem zweiatomigen und einem dreiatomigen Gas anzufangen. Gewählt wurden die Gemische: Kohlensäure-Wasserstoff und Kohlensäure-Sauerstoff. Außerdem wurde ausführlich untersucht das Gemisch Kohlensäure-Chlormethyl, weil hierfür die zu untersuchenden Erscheinungen unter möglichst günstigen Umständen beobachtet werden konnten.

Die Isothermen von einem Gemisch von bestimmter Zusammensetzung wurden gewöhnlich in einem Freie-Energie-Volum-($\psi - v$) Diagramm dargestellt. Die ψ-v-Kurve kann verschiedene Formen haben; oberhalb der kritischen Temperatur des Gemisches kehrt sie überall ihre konvexe Seite der v-Achse zu und, wie leicht ersichtlich, stellen all ihre Punkte Gleichgewichtszustände vor. Anders ist es unterhalb der kritischen Temperatur. Da kehrt ein Teil der ψ-v-Kurve ihre konkave Seite nach der v-Achse, welcher Teil also labilen Zuständen entspricht. Bekanntlich findet man die zwei Phasen, in welche das einem dieser labilen Zustände entsprechende Gemisch auseinanderfällt, indem man die Doppeltangente der Kurve zieht und auf diese den Punkt mit dem betreffenden v-Wert nimmt. Die Stücke, in welche dieser Punkt die Doppeltangente zwischen den beiden Berührungspunkten verteilt, sind den Mengen der entstehenden Phasen umgekehrt proportional.

Man kann bei einer bestimmten Temperatur für die Untersuchungen Gemische verschiedener Zusammensetzung nehmen. Das Ergebnis dieser Messungen läßt sich wieder graphisch darstellen, jetzt nicht von einer ψ-v-Kurve, sondern von einer ψ-v-x-Fläche (wo x das Maß der Zusammensetzung ist). Horizontalachsen sind dann Volum und Zusammensetzung, und ψ wird Vertikalachse.

Der Einbiegung der ψ-Kurve entspricht eine Falte in der ψ-Fläche, der Doppeltangente eine Doppeltangentialebene, die über die Falte rollen kann. Die zwei gleichzeitigen Berührungspunkte geben wieder die zwei Phasen an, in welche ein einem Punkte innerhalb der Falte entsprechendes Gemisch auseinanderfällt.

Die Verbindungslinien je zwei solcher Berührungspunkte sind der v-Achse nicht parallel, so daß während der isothermischen Volumänderung im Gebiet der koëxistierenden Phasen die Zusammensetzung von Flüssigkeit und Dampf nicht konstant bleibt.

Liegt die Meßtemperatur zwischen den kritischen Temperaturen der Bestandteile des Gemisches, so dehnt die Falte sich nicht über die ganze Breite (die x-Richtung) der ψ-Fläche aus.

Der Punkt, in dem dann die beiden Berührungspunkte zusammenfallen, stellt den Zustand vor, in dem Flüssigkeit und Dampf in allen Hinsichten gleich sind. Es ist also der kritische Punkt des Gemisches. Die Verbindungslinie von zwei gleichzeitigen Berührungspunkten schrumpft hier zusammen zu einer Tangente im kritischen Punkte an der durch die Berührungspunkte der über die Falte rollenden Tangentialebene gebildete Kurve, der sog. Faltenpunktskurve.

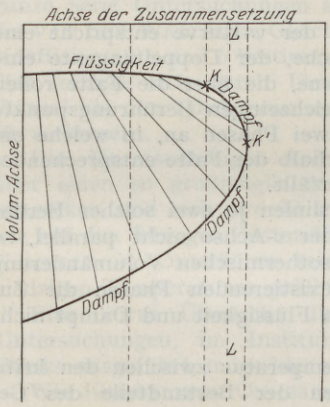
Diese Tangente ist offenbar der v-Achse nicht parallel und der Berührungspunkt k fällt also nicht zusammen mit dem Punkt k', in dem die Tangente an der Faltenpunktskurve der v-Achse parallel ist. Dieser letztere Punkt entspricht der Grenze der Gemische, welche bei der gewählten Temperatur kondensierbar sind.

Die nachstehende Figur gibt die Projektion der Faltenpunktskurve auf die horizontale Koordinatenebene. Die vollgezogenen Linien sind die schon genannten Verbindungslinien von zwei zusammengehörigen Berührungspunkten. Aus der Figur ist ersichtlich, wie während einer isothermen Kompression längs einer Linie wie L,

welche die Faltenpunktskurve zwischen K und K' schneidet, im Koexistenzgebiet der Flüssigkeitsgehalt zuerst zu-, dann wieder abnimmt und schließlich in P = null wird. Diese von J. P. KUENEN entdeckte und eingehend untersuchte Erscheinung ist bekannt unter dem Namen von retrograder Kondensation. Sie gehört zu den schönsten Resultaten der Untersuchungen an Gemischen.

Von den vielen anderen Untersuchungen, an Gemischen gemacht, können wir hier nur einige kurz erwähnen.

Die Folgerung aus der Theorie, daß für ein Gemisch bestimmter Zusammensetzung die kritischen Erscheinungen nur bei einer bestimmten Temperatur auftreten, stellte sich als nicht richtig heraus. Diese Abweichung läßt sich aus dem Einfluß der Gravitation erklären. Hat man doch ein vertikales Säulchen des Gemisches, so wird der Schwerkraft wegen nicht nur der Druck von oben nach unten zunehmen, sondern auch die Zusammensetzung des Gemisches sich ändern, so daß auf verschiedenen Höhen der Säule bei verschiedenen Temperaturen die kritischen Erscheinungen auftreten. Bei Gemischen von Äthan und Stickstoffoxydul fand man das merkwürdige Ergebnis, daß während Äthan und Stickstoffoxydul resp. die kritischen Temperaturen 32° und 36° haben, die kritischen Temperaturen von ihren Gemischen zum Teil unterhalb 32° und sogar bis 26° liegen. Denken wir uns die ψ-Flächen für dieses Gemisch für verschiedene Temperaturen konstruiert, so muß oberhalb einer gewissen Temperatur die Falte sich in zweien spalten.



Projektion der Faltenpunktskurve.

Bei Gemischen von Kohlensäure und Wasserstoff fand man ein bemerkenswertes Resultat. Da diese beiden Gase in entgegengesetztem Sinne von dem BOYLEschen Gesetz abweichen, war es zu erwarten, daß man, mit fast reiner Kohlensäure anfangend und allmählich Wasserstoff hinzufügend, eine abnehmende Abweichung dieses Gesetzes wahrnehmen würde. Ehe die Abweichung in eine vom entgegengesetzten Sinne umschlagen würde, sollte man einen Augenblick ein Gemisch haben, das dem BOYLEschen Gesetz genau folgte. In der Tat wurde dies wahrgenommen, und zwar für ein Gemisch, das ungefähr 80% Wasserstoff enthält.

Schließlich möge noch erwähnt werden, wie KAMERLINGH ONNES die ψ-Flächen für einige Gemische nicht nur berechnete, sondern auch aus Gips ausführen ließ. In seiner Vorliebe für die Behandlung der betreffenden Fragen mit Hilfe dieser Flächen tritt wieder seine Liebe und Begabung für die Mathematik zum Vorschein.

Die Bedeutung einer ψ-Fläche liegt nämlich hierin, daß man, da jeder geometrischen Größe eine physikalische entspricht, aus ihren geometrischen Eigenschaften korrespondierende Eigenschaften des von ihr dargestellten Gemisches ableiten kann.

Als im kryogenen Laboratorium untersuchte Erscheinungen, welche von Molekularattraktionen abhängen, müssen wir noch nennen die Viscosität und die Capillarität. Da die letztere von dem Unterschied zwischen den Attraktionen, welche ein Flüssigkeitsmolekül von einem anderen Flüssigkeitsmolekül und von einem Gasmolekül erleidet, abhängt, werden die capillären Erscheinungen im kritischen Punkte verschwinden. Die Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Capillaritätskonstante sind deshalb von der größten Wichtigkeit in der Nähe des kritischen Punktes, in welchem Gebiet VAN DER WAALS eine Theorie für sie gegeben hat.

Auch die Capillarität von Gemischen in der Nähe des Faltenpunktes wurden untersucht, speziell in Anschluß an die KUNDTsche Aussprache, daß es möglich sein muß, eine Flüssigkeit in Dampfform überzuführen, indem man sie bloß dem Druck eines Gases unterwirft. Da eine Flüssigkeitsoberfläche bekanntlich immer mehr oder wenig Gas absorbieren kann, und zwar um so mehr je größer der Dampfdruck ist, so kommt die betrachtete Erscheinung nach der VAN DER WAALSschen Theorie hierauf hinaus, daß man die Flüssigkeit zu einem Gemisch macht, für welches die Beobachtungstemperatur die Faltenpunktstemperatur ist.

Die Viscosität, speziell ihre Abhängigkeit von der Temperatur, wurde untersucht nach der Methode von POISEUILLE und mit einer Rotationskugelpendel.

Obgleich der Schwerpunkt der Arbeit im Institut von KAMERLINGH ONNES ins Gebiet der Thermodynamik fällt, so wurden doch auch auf manchem anderen Gebiet schöne Experimente angestellt.

Wir mögen hier nennen die Untersuchungen
über die magnetische Drehung der Polarisationsebene,
über das KERRsche Phänomen,
über den HALL-Effekt,
und als wichtigste die, welche zu der Entdeckung des ZEEMAN-Effektes führten.

Seitdem in späteren Jahren Messungen bei sehr niedrigen Temperaturen möglich geworden waren, umfaßt das Arbeitsprogramm alle diejenigen Untersuchungen, welche in diesen niedrigen Temperaturregionen Interessantes zu ergeben versprechen.

In erster Linie gehören zu dieser Gruppe von Untersuchungen diejenigen über die Temperaturabhängigkeit des Thermoeffektes und der elektrischen Leitfähigkeit von reinen Metallen und von Legierungen. Diese beiden und speziell die letzteren wurden zur Temperaturmessung und dabei anschließender Temperaturregulierung (während der Messungen mußte die Temperatur der Bäder auf 0,01° konstant gehalten werden können) verwendet. So wie überhaupt die Temperaturmessung einen sehr wichtigen Unterteil der vielen thermodynamischen Messungen bildet, so ist immer viel Sorge an die Kalibrierung und gegenseitigen Vergleich von Gas- und Widerstandsthermometern gewidmet worden.

War die Abnahme des elektrischen Widerstandes mit der Temperatur an sich schon interessant und hatte KAMERLINGH ONNES immer spezielles Interesse für die elektrische Leitfähigkeit, nie hatte man das wunderschöne Resultat erwarten können, in dem die Untersuchungen 1911 gipfelten, nämlich die Entdeckung des supraleitenden Zustandes.

Mißt man den elektrischen Widerstand eines Drahtes einer supraleitenden Substanz bei sehr niedrigen Temperaturen mittels einer Potentiometermethode, so kann man während der genügend großen Abnahme der Temperatur die nachfolgenden Phasen wahrnehmen. Zunächst verhält das Metall sich wie jedes beliebige Metall, man findet eine gewöhnliche Widerstandskurve; in der zweiten Phase sinkt die Spannung, an den Endpunkten des Drahtes gemessen, plötzlich tief herab, obgleich sie meßbar bleibt; in der dritten, der eigentlichen supra-konduktiven Phase verschwindet jeder meßbare Potentialunterschied zwischen diesen Punkten. In der ersten Phase behält das Wort elektrischer Widerstand seine gewöhnliche Bedeutung, in der zweiten Phase, welche wir die Übergangsphase nennen können, definieren wir den Widerstand des Drahtes als Ganzes als den Quotienten der elektromotorischen Kraft und der Stromstärke. Der so definierte Widerstand sinkt in der dritten Phase bis auf Zweihundertmillionstel seines ursprünglichen Wertes herab.

Das gewöhnlich angewandte Mittel, einen Suprastrom hervorzurufen, ist das folgende. Ein in sich geschlossener Stromring befindet sich zwischen den Polen eines Elektromagneten. Setzt man das Magnetfeld an, so wird in den Ring ein Strom induziert. Dann läßt man die Temperatur abnehmen bis unter den Grenzwert des supraleitenden Zustandes und stellt schließlich das Magnetfeld ab. Das Merkwürdige an der Sache ist, daß jetzt ein Wiederanbringen des Magnetfeldes denselben Einfluß hat wie eine Temperatursteigerung. Ein reiches Forschungsgebiet war mit dieser Entdeckung eröffnet, und augenblicklich sind verschiedene, sehr interessante Experimente in diesem Sinne im Gang.

Wie gesagt, stehen jetzt kalte Bäder zur Verfügung für Untersuchungen von sehr verschiedenen Erscheinungen. Und nicht nur die Leidener Physiker und andere Niederländer profitieren hiervon. Auch viele ausländische Gelehrte haben von dieser Gelegenheit einen dankbaren Gebrauch gemacht und tun dies immer mehr. Die Gastfreundlichkeit des kryogenen Instituts in dieser Hinsicht ist allgemein bekannt.

Neben seinen physikalischen Arbeiten hat KAMERLINGH ONNES sich noch verdient gemacht um die Errichtung der Schule für Mechaniker, welche, mit dem Leidener kryogenen Institut in einem Gebäude vereinigt, dieses Institut dauernd mit guten technischen Hilfskräften versieht und von wo aus, nach vollendeter Lernzeit, gut geschultes technisches Personal über die ganze Welt ausgezogen ist. Auch für „l'institut international du froid" hat KAMERLINGH ONNES viel getan.

Groß ist die Anzahl der Beweise von Ehrerbietung und Bewunderung, welche ihm sowohl im Inlande als vom Auslande zuteil wurden. Wir erwähnen hier nur, daß er den Nobelpreis erwarb und den Baumgartenpreis, die Rumfordmedaille und die Franklinmedaille, daß er Ehrendoktor war der Universität Berlin und der Technischen Hochschule Delft, daß er Ehrenmitglied war der Royal Society London und der Akademie von Wissenschaften Edinburg, Mitglied der Akademien von Wissenschaften Amsterdam, Rome, Kopenhagen, Washington, Paris, Upsala, Turin, Wien, Oslo, Rußland, Halle, Göttingen und korrespondierendes Mitglied von der Berliner Akademie von Wissenschaften.

Zumal sie, welche unter der persönlichen Leitung und in der unmittelbaren Nähe von KAMERLINGH ONNES gearbeitet haben, werden die Erinnerung an diesen merkwürdigen, energischen und begabten Physiker und Organisator immer bewahren, dankbar für das, was der Umgang mit ihm ihnen für ihr eigenes Leben Wertvolles gegeben hat.

Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels.

Von ADOLF NAEF, Neapel.

I.

Alpha und Omega vergleichender Betrachtung innerhalb der organischen Welt ist das *natürliche System* (vgl. II., Fig. 16!). Seine engeren und weiteren Kreise, mannigfach ineinander gefügt, dienten zunächst rein praktischer Übersicht vielgestaltiger Objekte. Weiterhin aber eröffneten sie den Einblick in einen Ordnungszusammenhang, dessen letzte Deutung noch aussteht. Diese Deutung kann nur in Form von *Gesetzen* des *Seins* und *Werdens* geleistet werden, denen wir uns schrittweise zu nähern streben.

Eine erste Erhellung des Problems ergab sich aus der Bildung von Reihen, in denen niedere und höhere Formen zu natürlicher *Stufenleiter* verbunden schienen. Vollkommener wurde das wirkliche Verhältnis ausgedrückt durch das Bild eines Baumes, das die Vorstellung allmählichen Wachsens und Aufsteigens langsam vorbereiten mußte. Die durch Tatsachen aufgedrungene *Stammbaummäßigkeit* des in manchen Teilen schon sorgfältig und umsichtig ausgebauten Systems führte schließlich zur *allgemeinen Abstammungslehre*, für die sie den fundamentalen Beweisgrund bildet (an den sich alle anderen anschließen). — Nach ihrer Annahme glaubte man die rein ordnende Betrachtung durch eine *genealogisch-historische* ersetzen zu können, die ERNST HAECKEL mit seinem weitaus bedeutendsten Werk (Generelle Morphologie 1866) gedanklich zu bahnen versuchte. Historisch *mußte* die Morphologie allerdings werden, freilich nicht deshalb, wie HAECKEL meinte, weil nun etwa die Abstammungslehre und die Selektionstheorie zum *Fundament* der Biologie geworden wären (Das ist natürlich eine böse Verwirrung des Verhältnisses zwischen Tatsachen, Prinzipien der Wissenschaft und daraus abgeleiteter Theorie), sondern weil die versteinerte, aber wirklich vorliegende Lebewelt einer Jahrhundertmillionen dauernden Vergangenheit schichtenweise in das Gesamtbild einzubeziehen ist. (Wenn nämlich, wie wir feststellten, gerade die systematische Relation der Formen untereinander als Beweis der Abstammungslehre gilt, kann doch die Abstammungsbeziehung nicht wieder zum Kriterium des systematischen Verhältnisses werden.)

Systematische Biologie stellt auch nach Annahme der allgemeinen Deszendenztheorie zunächst reine Tatsachen und weiterhin nicht Stammbäume und Ahnen, sondern *abstrakte Typen* und deren tatsächliche und begriffliche *Sukzession* fest, nämlich ein objektiv-logisch zu begründendes, unabhängig von allen genealogischen Hypothesen bestehendes *Verhältnis abgestufter Ähnlichkeit* der für die Organismen geltenden Bildungs- und Verhaltungsnormen. Eben dieses wird im natürlichen System ausgedrückt. Seine stammesgeschichtliche *Umdeutung* ergibt sich nachträglich von selbst; doch kann die Abstammung unmöglich als solche Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung sein, die sich notgedrungen an Gegenwärtiges zu halten hat.

Wenn die Stammbaummäßigkeit des natürlichen Systems, in Verbindung mit den sie unterstreichenden Tatsachen der stratigraphischen Aufeinanderfolge und geographischen Verbreitung als *Beweis* der allgemeinen *Abstammungslehre* gelten darf, dann muß freilich denknotwendig weiter gefolgert werden, daß die tatsächliche Entwicklung nach Maßgabe dieses Systems, d. h. seinen Stufen folgend, stattgefunden habe. An die allgemeine Abstammungs*lehre* knüpft sich dann doch eine spezielle Abstammungs*geschichte*, die, wie sie selber, auf den Resultaten systematischer Forschung fußt und dieselben nur in hypothetisch-genealogischer Form ausdeutet. Sie kann keine selbständige Disziplin sein.

Das natürliche System bezeichnet aber jedenfalls die *Stufen*, auf denen irgendein Wesen zu seinem gegenwärtigen Zustand gelangen konnte, oder die Phasen, welche die anzunehmende Ahnenreihe desselben durchlaufen mußte. Täte sie das nicht, so könnte sie auch nichts zugunsten einer Abstammung überhaupt beweisen. Erst unter dieser Voraussetzung ist auch der S. 90 formulierte Satz ein wirkliches *Gesetz* der *Stammesentwicklung:* Die Teile eines Organismus schreiten im Verlauf persönlicher Entwicklung tatsächlich (d. h. vor unseren Augen oder doch unserer Beobachtung zugänglich) nur von systematisch *allgemeineren* zu immer *besonderen* Bildungen fort (sozusagen *als ob* eine Kenntnis der systematischen Stufenfolge sie beherrschte). Erst bei phylogenetisch deutender Betrachtung gewinnt man dann den Eindruck, daß eine *Erinnerung* an die im Verlauf der Erdgeschichte nacheinander erreichten Ziele im Keimling schrittweise auftauche und die Richtung des Werdens lenke. (Vgl. K. E. v. BAER 1828!)

Es treten nämlich Embryonal-, Larven- und Jugendzustände ein, die in der Norm vorangehender Stufen des Systems *direkt* in die fertigen Formen übergehen und dies also auch bei den vorauszusetzenden Ahnen tun mußten. Sie machen die individuelle Entwicklung zur bedeutsamsten und (bei richtiger Lesart) absolut zuverlässigen, wenn auch keineswegs vollständigen *Urkunde* stammesgeschichtlichen Werdens, welche durch feinere Abstufung der *Übergänge* die aus dem System allein zu erschließenden Vorstellungen in vielen Teilen zu ergänzen vermag.

Von der Stammesgeschichte eines Wesens wissenschaftlich handeln, heißt zunächst den Gang seiner persönlichen individuellen Entwicklung (Ontogenese) feststellen und damit für jede Bildung den *Vorzustand*, schließlich die *Anlage*, aus der sie wirklich entsteht. Die Reihe der Vorzustände *jedes Teiles* ist zu betrachten als der Ausdruck eines stufenmäßig gegliederten, sozusagen geschichteten Ahnenerbes, dessen Elemente in der Stammesgeschichte *in gleicher Folge* umprägend zur Geltung gekommen sein müssen, in der sie sich heute auswirken. Die durchlaufenen ontogenetischen Phasen sind aber nicht etwa undeutlich gewordene Ahnenbilder oder Organe fertiger Vorfahren, sondern bloße Anlagezustände derselben, die heute ihre früheren Ziele nicht mehr erreichen, sondern durch neu hinzugekommene Faktoren bis zuletzt weiter abgeändert werden. Die einstigen Endzustände sind z. T. durch Analogieschluß zu ermitteln, nämlich durch Vergleich mit Formen, welche die spätere (ontogenetische) Abänderung nicht mitmachen.

Anderseits heißt es, vom engsten zum weitesten systematischen Umkreis weiter- (erdgeschichtlich rückwärts) schreitend das Typische, morphologisch Primäre, feststellen und das Objekt betrachten als

Fig. 1. *Älterer Mann vom Kongo-Schimpansen* (*Pan Schweinfurthi*), etwa $^1/_3$ nat. Größe. Das Bild wurde mir vom Hersteller[1]) in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt, ebenso wie die beiden folgenden.

das Endglied einer *Stufenleiter*, die es mit allereinfachsten Wesen in denk- und auch wohl naturnotwendigen Schritten verbindet.

Wenn wir diese Betrachtungsweise zunächst auf die *Pongiden* (Menschenaffen) anwenden wollen, so müssen wir zuerst die beobachteten Zustände vergleichen und versuchen, für jedes Element das typische Verhalten auszumachen, d. i. die Norm oder *Urform*, von der aus alle vorliegenden in der einfachsten und natürlichsten Weise entstanden *gedacht* werden können. Es hat keinen Sinn, darüber zu diskutieren, ob der Schimpanse vom Gorilla oder Orang abstamme, oder dergleichen; auch die fossilen Vettern dieser Gattungen können sich auf keine Weise als tatsächliche Ahnen ausweisen, wohl aber als Glieder derselben Familie, also (prinzipiell) als Zweige am gleichen Ast, und zwar solche von mehr oder weniger bestimmbarem Alter. — Wenn wir dann die einzelnen als primär erkannten Züge zum Bilde zusammenfügen, erhalten wir die Vorstellung eines *Urpongiden*. (Vgl. 1925, S. 705–707; 1926, S. 89–97!)

Wir müssen uns hier auf die Beurteilung des Kopfes beschränken, für die wir bereits die wichtigsten Grundlagen gewonnen haben. Sie sollen zunächst durch einige hochinteressante Bilder ergänzt werden, welche die individuelle Entwicklung des Schimpansen betreffen. — Fig. 1 zeigt denselben im völlig ausgewachsenen Zustand, im „besten Mannesalter", und zwar in einer Variante mit noch besonders wohlentwickelter Nase (vgl. 1925 S. 707).

Die sekundäre Kopfentwicklung ist hier zu Ende gediehen, stellt aber keineswegs ein Extrem innerhalb der Pongiden dar. Die Altersverblödung, besonders der Weibchen, liefert auch beim Schimpansen weit scheußlichere Bilder und der Orang weiß die primäre Menschenähnlichkeit als altes Männchen noch viel besser zu verbergen. Jedenfalls aber fällt es schwer zu glauben, daß dies der Vater des Kindes der Fig. 4 sein könnte. Man beachte besonders das (menschliche) Ohr, die mächtigen Brauenwülste, die Pongidennase, vor allem die mächtige Schnauze mit den vor- und aufwärts geschobenen Lippen! Die Glatze hat bereits starke Fortschritte gemacht, wie bei den meisten älteren Schimpansen.

Viel sympathischer erscheint der junge Schimpansenmann der Fig. 2 und 3. Die besonderen Pongidenmerkmale sind hier erst in mäßiger Weise zum Ausdruck gekommen, daher die für ein erwachsenes Tier besonders hohe Menschenähnlichkeit. Sie wird noch betont durch ein zierlich kleines Ohr, gewölbte Stirn und schwache Brauenbögen.

Dieses Tier verhält sich überhaupt so, wie man sich die Urform der Pongiden-Familie etwa vorzustellen hat. Diese Auffassung wird durch die Vorderansicht (Fig. 3) bestätigt. Auch sie zeigt

Fig. 2. Seitenansicht eines erwachsenen, aber noch jungen Schimpansenmannes derselben Art (vom gleichen Forscher stammendes Bild), ca. $^1/_3$ nat. Größe. Die sehr deutliche Verschiedenheit von dem Tier der Fig. 1 ist z. T. auf Kosten individueller Variation zu setzen (kleines Ohr, relativ hohe, breite Stirn).

[1]) Photo by HERBERT LANG, oft the American Museum, Congo Expedition.

Fig. 3. Dasselbe Tier von vorn gesehen.

nichts von extremen Differenzierungen, sogar noch einen sehr bemerkenswerten menschlichen Zug mehr: Die Schleimhaut der Lippen, beim Menschen rötlich durchscheinend, ist hier deutlich sichtbar und in charakteristischer Weise gefältelt. Sie verstärkt sehr den primitiv-human anklingenden Ausdruck.

Einen besonderen Eindruck muß auch auf den Nichtmorphologen das junge Schimpansenkind der Fig. 4 machen. Es gehört zur gleichen Art und ist vom selben Forscher in der gleichen Gegend erbeutet und aufgenommen worden. Die Photographie zeigt nicht die mindeste Retusche und ist das menschenähnlichste Bild von einem Tier, das mir bekannt geworden ist. Niemand, der Sinn für Naturformen hat, wird sich dem geradezu rührenden Ausdruck entziehen können, den dieses kleine Wesen hat.

Auffallend ist, bei der fast menschlichen Form, die runzlige Haut, die auch andere Affenkinder haben, und die an den greisenhaften Hautcharakter auch der menschlichen Embryonen und Neugeborenen erinnert. Von dem spezifischen Formtypus erwachsener Pongiden ist sonst kaum eine Spur zu entdecken, es sei denn der leicht vorgeschobene Mund. Die ganze Erscheinung ist eine solche, die wir für Anthropomorphen*kinder überhaupt* als typisch ansehen müssen, an deren Stelle jedenfalls die bei menschlichen Kindern beobachtete allmählich getreten sein mag. Das Ohr ist allerdings, im Gegensatz zu dem Exemplar der vorigen Figur, wieder sehr groß, eine Besonderheit der meisten Schimpansen. Augen, Nase, Mund sind dagegen durchaus urtypisch für alle Anthropomorphen. Die *Schädelwölbung* ist normaler als die S. 94 abgebildete, kuppelförmige, und die freie *Stirn* besonders beachtenswert. Sie trägt zwar noch schütteres Haar, aber nicht das speziell ausgezeichnete, dichte und verlängerte *Kopfhaar*, das man auch an Embryonen schon beobachtet hatte. Eine besondere Behaarung nimmt die Stelle des menschlichen *Bartes* ein, während die Vorderseite des Rumpfes fast kahl ist. Der Leib und Pelz der Mutter, an die das Junge sich vorn anklammert, versieht hier den Wärmeschutz.

Wenn der Mensch ein weitergebildeter Menschenaffe aus dem Kreise der Pongiden wäre, müßte man erwarten, daß die Entwicklung derselben sich ihm schrittweise nähern würde. Die obigen Bilder und die ganze Schädelentwicklung zeigen, daß in geradezu verblüffender Weise das Umgekehrte der Fall ist. Aber auch innerhalb der Familie nehmen die Unterschiede im Verlauf des späteren Wachstums zu; die frühen Jugendstadien haben noch die größte Ähnlichkeit; später kommen in steigendem Grade die Besonderheiten der einzelnen Gattungen, Arten und Varietäten zur Geltung. Von diesen sekundären Veränderungen darf nichts als typischer Pongidencharakter gelten, was auch ausbleiben kann, also jedenfalls nicht der Helmkamm des Gorilla u. dgl.

Unsere bisherigen Andeutungen dürfen keineswegs so aufgefaßt werden, als ob die frühe Jugend-

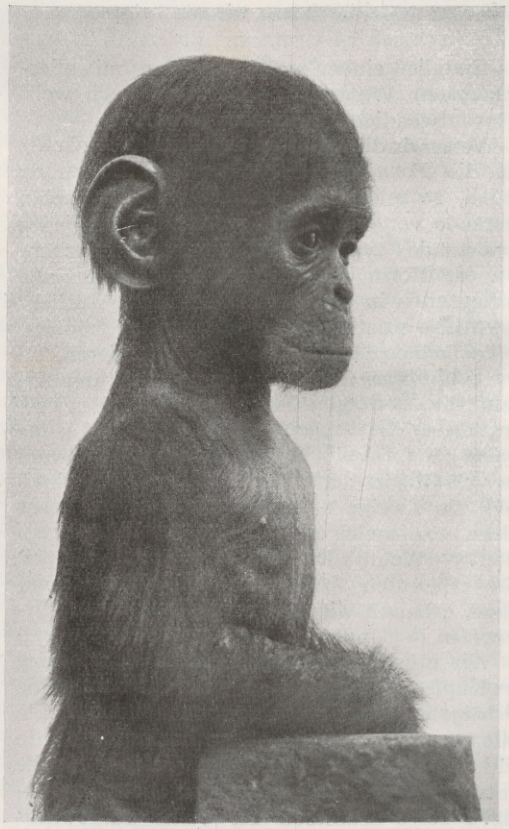


Fig. 4. Junges Kind (wohl noch Säugling) vom Kongoschimpansen (*Pan Schweinfurthi*), ca. $^1/_3$ nat. Gr.

form (Fig. 4) etwa der *erwachsenen* Urform der Pongiden entspräche. Die geringe Entwicklung der Schnauzenpartie z. B. ist natürlich in der Unvollständigkeit des Gebisses mitbegründet, die auch bei niederen Säugern (Fig. 91) embryonal relativ kurze Kiefer bedingt, die später erst allmählich ihre volle Länge erreichen (in dem Maße nämlich, als die Zahnbildung fortschreitet). Tatsache ist aber, daß der Zahnbogen junger Pongiden (mit fertigem Milchgebiß) relativ breiter und kürzer ist als bei niederen Affen und ganz dem (erwachsenen) menschlichen gleicht; die Kiefer gestalten sich also nachträglich um, wobei die ganz besondere Größe der Zähne die Verlängerung, das starke Hervortreten der Eckzähne die charakteristische Winkelbildung bewirkt. Natürlich hat aber das Mindestmaß dieser sekundären Veränderung als urtypisch für die Familie zu gelten.

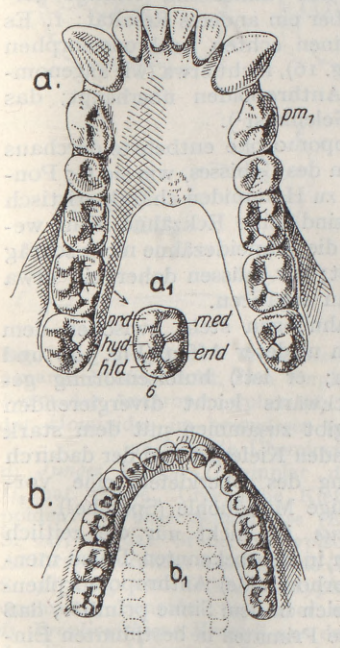


Fig. 5. Vorderteil des *Unterkiefers* mit *Gebiß* vom *Gorilla* und *Menschen* (nach SELENKA 1899, Taf. XXVII und XXX gezeichnet), $^1/_2$ nat. Größe. Man beachte zunächst den Zahnbogen als Ganzes, der beim Menschen (*b*) eine weit offene Hufeisenform mit divergierenden Ästen zeigt, beim Gorilla (*a*) aber, infolge der sekundären Verlängerung der Kiefer zur Aufnahme des viel massigeren Gebisses, relativ schmaler, fast parallelästig und durch die heraustretenden Eckzähne winklig geworden ist. Das ist eine bei allen Pongiden *im Lauf der späteren Entwicklung* sich einstellende Veränderung, die von sehr menschlicher Jugendform ausgeht. Auch die Form der Zähne zeigt Besonderheiten; vor allem ist der hinter dem Eckzahn liegende erste Backenzahn (auf den der obere Eckzahn auftrifft) vergrößert und eigentümlich primitiv geformt. — Die Nebenfigur (a_1) schematisiert einen linken Mahlzahn, die für alle Anthropoiden (gegen heutige Hundsaffen) charakteristische (ältere!) Verteilung der Höcker zeigend, wie sie auch beim Menschen noch mehr oder minder deutlich zu erkennen ist. Die 2. Nebenfigur (b_1) zeigt (punktiert) den Zahnbogen (Oberkiefer) von *Callicebus*, einem Neuweltaffen; $^3/_5$ nat. Größe. (Nach GREGORY 1922, Taf. 11, Fig. 184.) Das ist die für Simiae als urtypisch anzusehende Form, wie sie schon bei den Halbaffen unter Verkürzung des Kiefers und Verbreiterung erreicht wird. Der Verlust der vordersten Backenzähne bei den Vorfahren der Schmalnasen mußte noch eine weitere relative Verkürzung bringen und den Zahnbogen der menschlichen Norm nähern. In der Tat zeigen auch kleinere und weibliche Altweltaffen ein derartiges Verhalten, im Gegensatz zu ihren größeren und männlichen Genossen. Auch der älteste Anthropomorphe (*Propliopithecus*) zeigt ähnliche Verhältnisse, unter weiterer Annäherung an die menschliche Form.

Ähnlich verhält es sich mit der relativen Verkleinerung der Hirnkapsel:

Von der jugendlich-menschenartigen Schädelwölbung ausgehend, kommen schließlich Zustände wie die des erwachsenen Orang- und Gorillamannes zustande (Fig. 8, 13, S. 93 und 96). Der Prozeß kann aber auch bei denen des Schimpansen (Fig. 2, 3, S. 94) stehenbleiben, die wir demnach für typisch halten müssen. Zur richtigen Beurteilung dieses wichtigsten Schädelmerkmals sind aber noch ein paar allgemeinere Feststellungen nötig, jedenfalls dann, wenn wir die Schlußfolgerungen später auf die Anthropomorphen überhaupt und damit den Menschen ausdehnen wollen:

Bei allen Wirbeltieren, insbesondere aber den Säugern, gelten gewisse Gesetzmäßigkeiten für das Verhältnis zwischen Gehirn- und Körpermasse:

Unter Individuen einer Rasse oder den Rassen einer Art oder den Arten einer Gattung (usw.) haben die kleineren ein relativ größeres Gehirn. Dasselbe beträgt z. B. beim Riesenwal nur $^1/_{10\,000}$, beim Elephanten schon $^1/_{560}$ und beim Hund $^1/_{90}$ bis $^1/_{350}$ des Gesamtgewichtes. Beim Menschen $^1/_{46}$ bis $^1/_{35}$.

Unter den Affen sind die Unterschiede besonders auffallend. Während die großen Hundsaffen (Paviane) etwa auf die Proportionen des Haushundes sinken, steigt die Norm bei kleinen sogar über die beim Menschen beobachtete. Bei dem südamerikanischen Klammeraffen fand man das Gehirn $^1/_{15}$ des Körpergewichtes! Offenbar beansprucht *unter sonst ähnlichen Bedingungen* der größere Körper für seine Leistungen kein der Masse nach proportionales Gehirn. (Eine genaue Relation ist nicht festgestellt.) Doch übersteigt die Entwicklung desselben bei manchen Formen augenscheinlich den rein physiologischen Bedarf und dürfte dann eine Vermehrung der „Intelligenz" bedingen. So wog ein Elefantenhirn mit 5 kg etwa $^1/_{560}$ des Körpers (also ganz unverhältnismäßig viel!), das eines Löwen mit 0,2 kg (vergleichsweise) $^1/_{546}$, das eines Orangmannes mit 0,4 kg $^1/_{183}$. (Vgl. DUBOIS 1916, Zeitschr. Morph. Anthr. v. 18.)

In der postembryonalen Entwicklung aller Säuger (und der meisten niederen Tiere) nimmt das relative Hirngewicht mit dem *Wachstum* rasch ab; es hat bei der Geburt seine gröbere morphologische Differenzierung abgeschlossen, auch beim Menschen. Beim Löwen fand man mit 5 Wochen das Gehirn von $^1/_{18}$ Körpergewicht, mit 3 bis 4 Monaten $^1/_{80}$, mit 11 Monaten $^1/_{184}$ und zuletzt (ausgewachsen) $^1/_{546}$. Ähnlich verhalten sich andere Typen.

Nun haben bei der Geburt die Säugetiere einen sehr verschiedenen, keineswegs entsprechenden Entwicklungsgrad erreicht und auch eine sehr ungleiche relative Größe. Nähere Vergleiche sind daher nur innerhalb enger Gruppen berechtigt. Alle *Anthropomorphen* verhalten sich ähnlich wie der

Mensch, soweit die spärlichen Beobachtungen an Pongiden urteilen lassen; bei der Geburt dürften auch die relativen Hirngewichte recht ähnlich sein und viel bedeutender als bei absolut gleich großen (gleich schweren) anderen Säugern. Mit 2 bis 4 Jahren beträgt der Index bei Pongiden noch $^1/_{22}$ bis $^1/_{25}$, beim Menschen $^1/_{16}$ bis $^1/_{18}$ (Wiedersheim). Später sinkt diese Zahl beim Orangmann auf $^1/_{183}$, beim Schimpansen auf $^1/_{75}$, beim Menschen auf $^1/_{46}$.

Das Wachstum des großen und hochorganisierten Gehirns bleibt also bei Pongiden bald zurück, während es beim Menschen, obwohl in der Hauptsache ebenfalls mit dem 3. Jahre vollendet, langsam bis zum 20. weitergeht. Dafür ist die sekundäre Steigerung der Körpermasse bei Pongiden viel bedeutender, insbesondere beim Orang- und Gorillamann. Der erstere erreicht etwa das Gewicht eines normalen Europäers, der letztere weit mehr (bis 350 kg; vgl. BREHM). Ihre Gehirne werden 0,4 bis 0,5 kg schwer. Dabei sind die *entsprechenden* jugendlichen Stadien wesentlich kleiner als die des Menschen (vgl. Fig. 6 u. 14 mit S. 91[1]) und 95), ihre

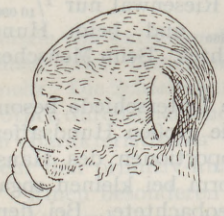


Fig. 6. Kopf eines nahezu ausgetragenen Embryos von *Presbytis auratus* (*Semnopithecus maurus*), eines meerkatzenartigen Hundsaffen von Java. $^1/_3$ nat. Größe. Nach SELENKA 1892, Taf. 40, Fig. 5; umgezeichnet. Die rechte Hand beeinträchtigt etwas das Bild der Kinngegend. Das übrige Profil ist genau zu erkennen und auffallend menschenähnlich, wie bei allen Simiae auf entsprechendem Stadium. Man beachte vor allem die schöne Kurve des Hirnschädels! Auch die Ohrmuschel gleicht bei diesen und vielen anderen Affengattungen durchaus menschlichen „Henkelohren"; ihre verbogene Form ist auf Rechnung des Präparats zu setzen.

typische (ursprüngliche) Größe ist sicher weit geringer, höchstens der des Schimpansen gleich (aufrecht etwa 1,2 m). Der Sondercharakter der Pongiden innerhalb des Kreises der Anthropomorphen besteht überhaupt in einer sekundären Steigerung der Körperkraft, Gewandtheit und natürlichen Wehrhaftigkeit, unter Verzicht auf die Erhaltung und Weiterbildung höherer Leistungen. Alle Beobachter sind darüber einig, daß die jungen Tiere weit intelligenter sind, als die alten.

Eine weiter ausgreifende Untersuchung würde zeigen können, daß schon auf der Stufe der Anthropoidea (*Hylobatidae*), ja der der Simiae (Hundsaffen) stark menschenartige Verhältnisse des Hirnschädels sozusagen *vorbereitet* waren, wie die obenstehende Figur dartut. Dieselbe stellt nämlich nicht etwa eine seltsam menschenähnliche Art dar, sondern das urtypische Verhalten der Alt- und Neuweltaffen, das also in der Anlage längst da war, ehe es sich (beim Menschen) zum dauernden und funktionierenden Zustand erheben konnte.

Statt so weit auszuholen, wollen wir zunächst den Kreis der *Anthropomorphae* in seiner *Gesamtheit* ins Auge fassen, d. h. Pongiden und Hominiden nebst ihrem problematischen fossilen Anhang. Die weitaus *älteste* Form dieses Kreises ist *Propliopithecus Haeckeli* aus dem mittleren Tertiär (unt. Oligocän) Ägyptens, von dem SCHLOSSER 1911 den auf Fig. 7d dargestellten Unterkiefer beschrieben hat. Man könnte nun glauben, daß mit einem so unvollständigen Rest nicht viel anzufangen wäre; eine genaue Untersuchung und Vergleichung und eine wenn auch nur annähernd richtige Ergänzung ergeben aber ein anderes Resultat: 1. Es handelt sich um einen echten Anthropomorphen in unserem Sinn (Fig. 16), nicht etwa (wie angenommen wird) einen Anthropoiden überhaupt; das beweist der hohe Gelenkast[1]).

2. Dieser Anthropomorphe entbehrte durchaus der Spezialisierungen des Gebisses, wie sie für Pongiden im Gegensatz zu Hominiden charakteristisch sind, insbesondere sind seine Eckzähne nicht wesentlich vergrößert, die Schneidezähne nicht schräg gegen vorn gerichtet; wir müssen daher ein etwa urmenschliches Kinn ergänzen.

3. Auch der Zahnbogen steht zwischen dem wenig spezialisierten niederer Affen (Fig. 5b_1) und dem des Menschen; er ist[2]) hufeisenförmig gekrümmt, mit rückwärts leicht divergierenden Schenkeln; das ergibt zusammen mit dem stark und breit aufsteigenden Kieferast und der dadurch bestimmten Bildung des Oberkiefers eine vormenschlich geräumige Mundhöhle (Sprache!).

4. *Propliopithecus* ist nicht nur die zeitlich älteste und zugleich in den bekannten Teilen menschenähnlichste (vorhominide) Anthropomorphenform, sondern zugleich in dem Sinne primitiv, daß er an niedere älteste Primaten in bestimmten Einzelheiten der Zähne (Basalband) erinnert, die unter höheren nirgends mehr ebenso deutlich auftreten (vgl. immerhin *Pliopithecus!*).

Propliopithecus ist zugleich der *kleinste* bekannte Anthropomorphe. Wenn wir für die Herleitung der Pongiden, Australopitheciden und Hominiden eine ideale Urform konstruieren müßten, würden wir auch in diesem Punkte nicht anders bestimmen können, als das Fossil es tut, dessen Rekonstruktion also auch darin mit der Konstruktion des Urtypus des ganzen Kreises völlig zusammenfällt.

Die Ergänzung des Gesichtsschädels von *Propl.* ist durch den Unterkiefer weitgehend bestimmt;

[1]) Zu dieser Figur ist einschränkend zu sagen, daß beim Orang die sekundäre Schnauzenentwicklung schon vor der Geburt kräftig einsetzt, im Gegensatz zu Schimpanse und Gorilla. (Vgl. die Fig. S. 93.)

[1]) Auch die jüngere Form *Pliopithecus antiquus* aus dem europäischen Miocän und Pliocän gehört hierher, zeigt aber z. T. bereits deutlich ausgesprochene Pongidenmerkmale. Mit Hylobatiden hat sie nur urtypische Züge gemein, keine auf spezielle Verwandtschaft weisenden!

[2]) Nach einem Gipsabguß im zool. Museum in Zürich.

darüber hinaus sind die vorstehend skizzierten Tatsachen und Überlegungen zu berücksichtigen. Die relative Größe des Hirnschädels muß die der Pongiden übertreffen, weil eine viel kleinere Form gegeben ist, und die gleichgroßen Hylobatiden, weil

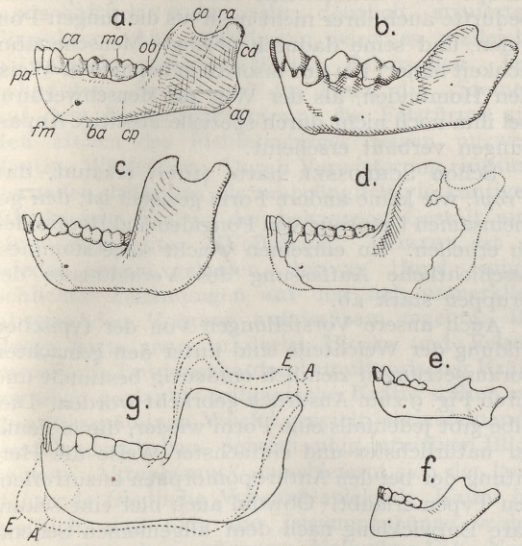


Fig. 7. *Unterkiefer verschiedener Anthropoiden* in genauer Profilansicht, zum Vergleich mit der ältesten Form der Anthropomorphen (*d*) im allgemeinen und der Hominiden im besonderen (*g*). Man beachte die auffallende Übereinstimmung!
a) *Junger Gibbon* (Exemplar der Fig. 5, S. 92), $^1/_2$ nat. Größe. Urtypische Kieferform der Anthropoiden! *b*) *Junger Schimpanse* (Exemplar der Fig. 9, S. 94), $^1/_2$ nat. Größe. Urtypische Jugendform der Anthropomorphen! c) *Gorillaweib* (Exemplar der Fig. 13, S. 96), $^1/_5$ nat. Größe. Urtypische Kieferform erwachsener Pongiden (vgl. aber auch Fig. 10, S. 94). *d*) *Propliopithecus Haeckeli* aus dem unteren Oligocän des Fayum (Ägypten), die punktierten Teile von mir ergänzt. Man beachte die menschlich regelmäßigen Zähne! $^1/_2$ nat. Größe. Urtypische Kieferform erwachsener Anthropomorphen! *e*) Jüngstes Gibbonkind (Exemplar der Fig. 5, S. 92), $^1/_2$ nat. Größe. Urtypische Form aller Simiae auf frühen Stadien! *f*) Etwa 3jähr. Menschenkind (vgl. Fig. 14!), $^1/_4$ nat. Größe. *g*) *Protanthropus Heidelbergensis* ($^1/_4$). Der älteste sichere Hominidenkiefer aus dem Anfang der Eiszeitperiode. Zum Vergleich sind punktiert darüber gezeichnet: 1. das Profil eines normalen Europäer- (E), und 2. eines ebensolchen Australier-(A)-Kiefers ($^2/_5$); ferner der Durchschnitt in der Mitte der Kinngegend, der sehr deutlich von dem bei Pongiden (*c*) beobachteten Verhalten abweicht, was durch den Ansatz bestimmter Muskeln der Zunge (Sprache!) bedingt ist. Man unterscheide bei Fig. *a* die typischen Teile eines Säugetier-Unterkiefers, der in Körper (*cp*) und aufsteigenden Ast (*ra*) zerfällt. Das Gebiß besteht hier zunächst aus den 5 Milchzähnen: Eckzahn (*ca*), davor 2 Schneidezähne, dahinter 2 Backenzähne (Milchmolaren), *mo* ist der erste bleibende Mahlzahn, *pa* der zahntragende Teil, *fm* ein Loch für die Nerven und Gefäße des Kinns. *ba* Basis, *ag* Processus angularis, *cd* Proc. condyloideus, *co* Proc. coronoideus, *ob* Linea obliqua.

eine höhere Stufe vorliegt; doch darf die Wölbung die der ältesten Hominiden (*Pithecanthropus*) wohl nicht deutlich übersteigen. Sie ist damit ebenfalls ziemlich fest bestimmt.

Eine besondere Beachtung verdient die punktierte (obere) Schläfenlinie (S). Sie bezeichnet die Grenze, bis zu der ein starker Kaumuskel, vom Kronfortsatz des Unterkiefers ausgehend, an der Seite des Schädels nach oben reicht. Je mächtiger das Gebiß, desto stärker ist auch dieser Muskel und desto höher greift er nach dem Scheitel. Da nun die Kraft eines Muskels von seinem *Querschnitt* abhängt, würde er unter sonst gleichen Bedingungen bei der bloßen einfachen Vergrößerung eines Tiertyps (unter Wahrung geometrischer Ähnlichkeit) seiner Aufgabe nicht mehr genügen können; denn die Beanspruchung steigt etwa mit der *Masse* des Tieres. Darum nimmt er dabei *unverhältnismäßig* zu, was hier bedingt, daß sich der Kaumuskel an der Schädelseite ausdehnt, wobei zugleich die Schläfenlinie zur Leiste und Kante wird, die schließlich bis zum Scheitel hinaufrückt. Dieser Prozeß ist schon

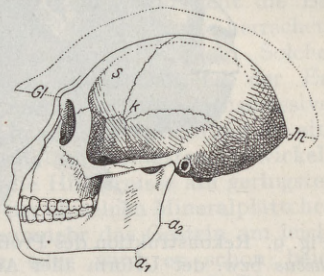


Fig. 8. Rekonstruktion des Schädels von *Propliopithecus*. $^1/_3$ nat. Größe. Die Figur gibt Vorstellungen wieder, wie sie durch eine methodische Vergleichung des gesamten rezenten und fossilen Materials zustande kommen müssen, wenn wir berücksichtigen: a) daß *P.* der älteste *bekannte* Anthropomorphe ist; b) daß sogar echte Hundsaffen aus älterer Zeit nicht bekannt geworden sind, so daß die Wahrscheinlichkeit, daß sich noch wesentlich ältere *Menschen*affen finden sollten, äußerst gering ist; c) daß alle an *P.* beobachteten Merkmale auch aus rein *morphologischen* Gründen für seinen Kreis als *ursprünglich* angesehen werden können und z. T. müssen. Es treffen daher die Konstruktion einer idealen Urform der Anthropomorphen, wie sie nach den Prinzipien vergleichender Morphologie möglich ist, und die Ergänzung dieses Fossils weitgehend zusammen. Andererseits ergibt ein Vergleich mit den Fig. 5, 7, 8, 10, 12, S. 92—95, daß *P.* über die Stufe der *Hylobatiden*, d. h. der Anthropoiden im weiteren Sinne, hinaus ist. Man beachte den viel niedrigeren Unterkiefer bei Fig. 7*a*, *c*, den auch jüngste Anthropomorphen besitzen, aber später umbilden (Fig. 1, S. 91 z. B.). Die punktierte Linie über dem Scheitel ist die Kurve der Pithecanthropuskalotte in $^2/_9$ nat. Größe (vgl. Fig. 2, S. 91).

bei niederen Säugern im Gang und bringt unabhängig von besonderer Verwandtschaft auf ähnlicher Grundlage ähnliche Resultate hervor.

Schon bei Hundsaffen können die Schläfenleisten am Scheitel ziemlich nahe (seltener völlig) zusammenkommen, bei den primitiven Anthropoiden (*Hylobatidae*) geschieht dasselbe, natürlich im Verlauf des individuellen Wachstums. Die Fig. 5 S. 92 zeigt, daß zuletzt der Scheitel kaum noch über die

sehr deutliche Schläfenlinie hinausragt. Bei Anthropomorphen verzögert sich der Prozeß in unverkennbarer Annäherung an den Menschen. Man vergleiche S. 93 und 95 die Bilder des jungen Orang und Gorilla! Trotz bedeutenderer Körpergröße ist der Schläfenmuskel noch auffallend mäßig entwickelt, der Beißapparat also sozusagen zurückgestellt. Sogar der bedeutend größere Schimpanse geht oft kaum so weit wie die (heutigen) Hylobatiden. Um so weniger dürfen wir das von der (kleineren!) Urform der Anthropomorphen annehmen!

Bei männlichen Pongiden stoßen allerdings später die Schläfenlinien, zunächst im hinteren Teil, auf dem Scheitel zusammen und aus der auch beim Schimpansen hier (bei größten Exemplaren) gebildeten Leiste entwickelt sich beim Orang und Gorilla der charakteristische *Helmkamm*, der also die Folge

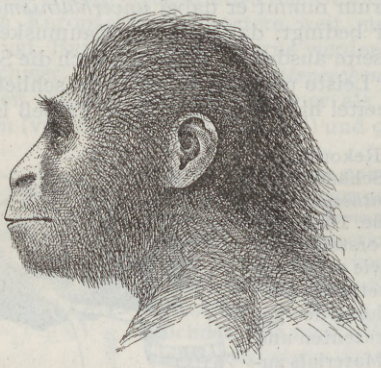


Fig. 9. Rekonstruktion des Profilbildes von *Propliopithecus* bzw. der Urform aller Anthropomorphen nach den Voraussetzungen, die für die vorige Figur gemacht wurden. Natürlich spielt hier etwas Phantasie mit, neben systematisch-morphologischer Abstraktion. Doch sind auf Grund feststehender Tatsachen folgende Züge für Anthropomorphen durchaus als ursprünglich anzusehen und bestimmen damit das Bild weitgehend: Vormenschliche Bildung, Stellung und Umrandung der Augen (Augenbrauen, Lider, Wimpern usw.). Freier Nasenrücken, aufwärts gezogene Nasenlöcher, Oberlippenhaar, Mangel verbreiterter (roter) Lippen. Kinnhaare, im übrigen von stärkeren Haaren entblößtes Gesicht und relativ freie Stirne. Stärkerer Haarwuchs auf Kopfdach und Wangen. Menschlich eingerollter Ohrrand, Ohrläppchen. Vgl. die Fig. 4 eines typischen Anthropomorphen-(Pongiden-)-Kindes, wie es auch bei *Propl.* anzunehmen ist.

gesteigerter Körpergröße bei zugleich mächtiger Beißmuskulatur ist. — In ähnlicher Weise entsprechen die auf den Fig. 8, 10, 13, S. 93, 94 und 96 zu erkennenden Hinterhauptswülste den Nackenmuskeln, die das schwere und vornüberhängende Haupt im Gleichgewicht halten. *Propliopithecus* bedurfte auch ihrer nicht mehr als die jungen Pongiden, und seine dadurch bedingte Menschenähnlichkeit nähert ihn nur insofern in besonderer Weise den Hominiden, als der Weg zur Menschwerdung bei ihm noch nicht durch spezielle, abseitige Anpassungen verbaut erscheint.

Schon SCHLOSSER hatte (1911) erkannt, daß *Propl.* wie keine andere Form geeignet ist, den gemeinsamen Ursprung von Pongiden und Hominiden zu erhellen. Im einzelnen weicht seine stammesgeschichtliche Auffassung des Verhältnisses der Gruppen stark ab.

Auch unsere Vorstellungen von der typischen Bildung der Weichteile sind unter den gemachten Voraussetzungen ziemlich eindeutig bestimmt und durch Fig. 9 zum Ausdruck gebracht worden. Dieselbe gibt jedenfalls eine Form wieder, die in denkbar natürlichster und einfachster Weise die Herleitung der bei den Anthropomorphen anzutreffenden Typen erlaubt. Obwohl auch hier eine sekundäre Entwicklung nach dem allgemeinen Schema (S. 93, 94) angenommen ist, wurde offenbar viel weniger als bei Pongiden von dem primären, kindlich-vormenschlichen Typus preisgegeben.

Biologisch gesehen liegt hier ein viel harmloserer, wehrloserer Tiertypus vor als bei den *späteren* Menschenaffen, Langarmaffen, ja auch Hundsaffen. Er hatte ja weder mit ihrer Konkurrenz noch mit der Bedrohung durch hochentwickelte Raubtiere zu rechnen, von denen nur erste Vorläufer (in Afrika) etwa zu gleicher Zeit auftreten! Aufrechter Gang dürfte wie bei den Hylobatiden überhaupt eine der normalen Bewegungsarten gewesen sein. Jugendliche Hyl. dürften im ganzen ein richtiges Bild vom natürlichen Wesen dieses Urmenschenaffen geben. Doch können ihm deren gesteigerte Turner- und Kletterkünste ebensowenig wie andere Spezialisierungen zugeschrieben werden, anderseits stand seine Schädelbildung dem Menschen um eine deutliche Stufe näher, was an eine spielerische Vielseitigkeit der ganzen Lebensbetätigung denken läßt.

(Schluß folgt.)

Fragen zur Mechanik der Erdkrusten-Struktur.

Von EDW. HENNIG, Tübingen.

Wer je einen Steinbruch betreten hat, in welcher Felsart auch immer, hat bemerken können, daß glatte Wände auftreten, längs derer die Erd- oder Steinmassen niederbrechen. Als das Gestein noch an ihnen haftete, waren es also Spalten, die hindurchsetzten. Der Steinbrucharbeiter weiß sie sich nutzbar zu machen. Zuweilen fällt auf, daß in zwei Richtungen, die vom rechten Winkel miteinander nicht fern zu bleiben pflegen, solche senkrechten Klüfte auftreten, daß zwei Systeme einander durchkreuzen, die Spalten sich in gewissen Abständen wiederholen. Daß hier Risse vorliegen, die der mechanischen Beanspruchung der Erdkruste im weiteren Bezirke ihren Ursprung verdanken, ist unschwer einzusehen. Welcher Art aber diese Einwirkung ist, ergibt sich dem Fragenden nicht alsbald.

Auch im härtesten Gestein, dort sogar zuweilen besonders klar, machen sich die Linien geltend. Ja hier tritt oft genug noch eine dritte Richtung

auf, die quer zu den einander im rechten Winkel schneidenden, senkrecht stehenden Spalten steht, also mehr oder weniger wagerecht gelagert ist. Der Granit wird gern als „richtungslos körnig" bezeichnet. Sind die Augen erst auf die Erscheinung eingestellt, so gewinnt er aber schon rein landschaftlich einen sehr deutlich struierten Charakter. Am auffälligsten wird es vielleicht bei einzeln herausgewitterten Felspartien. Die bekannten „Schnarcher" im Harz, die „Steine" auf dem Riesengebirgskamm, die Felstürme auf den Höhen des Fichtelgebirges zeigen unzweideutige Würfelform. Durch Verwitterung ringsum gerundet erscheinen die ursprünglich vierkantigen Blöcke sehr bald in der bekannten Gestalt aufeinandergepackter „Wollsäcke". GOETHE ist es wieder einmal gewesen, der an Hand einiger schlichter Zeichnungen auf den sich unmerklich abspielenden Vorgang aufmerksam machte. Bis dahin hatte man in derlei Block- und Felsenmeeren die Trümmerhaufen tumultuarischer Kräfte zu sehen geglaubt: vulkanische Kräfte sollten mit den Riesensteinen Würfel gespielt, sie aufeinander geschleudert haben. Seinem ruhig-intuitiven Blick, seinem „Aktualismus" entschleierte sich der langdauernde friedliche Vorgang spielend. Kaum begreiflich, daß man die Zusammenhänge vorher hatte übersehen können: Kolumbus-Ei! Noch unbegreiflicher, daß es nochmals 100 volle Jahre schnellster Entwicklung der Naturwissenschaften dauerte, bis wir dasselbe allenthalben in Granitgebirgen sehen lernten! Heut messen wir Fallen und Streichen der granitischen Leitlinien fast wie bei irgendeinem Schichtgestein, und der einmal erwachte Blick kann sich kaum mehr in den vorherigen Zustand zurückversetzen.

Die Steinhauer wissen mehr: auch das unzerklüftete Granitgestein gehorcht jenen Linien; in gewissen Richtungen spaltet es sich bedeutend leichter, und wieder schneiden die drei Richtungen des Raumes in drei aufeinander senkrecht stehenden Systemen Würfel aus dem Rohmaterial. Zwei von diesen zeichnen sich vor der dritten sogar gern durch eine stärkere Spaltfähigkeit aus. So ist es nicht wunderbar, daß die Praxis dieser einfachen Leute aus der sprachlichen Schöpferkraft des Volkes heraus besondere Bezeichnungen gewählt, neue feine Wortbildungen hervorgebracht hat. Unsere Bergmannssprache ist die Mutter der geologischen Fachausdrücke; der Born sprudelt noch immer. So wird die horizontale Spaltbarkeitsfläche oder Kluft in Deutschland allenthalben als „Lager" bezeichnet, eine deutliche und berechtigte Erinnerung an Bodenschätze in ungestörten Schichtgesteinen. Die andere, gleichfalls gute Spaltfähigkeitsrichtung heißt in den einzelnen Gauen verschieden, ebenso auch die dritte, schlechter spaltende Richtung, wobei insbesondere das Wort „Unspalte" eine unnachahmliche Treffsicherheit atmet. Ich verdanke Herrn cand. geol. HEERMANN die folgende Zusammenstellung:

		Schlesien	Harz	Schwarzwald
Gute Spaltbarkeit	1. wagerecht	Lager	Lager	Lager
	2. senkrecht	Faser	Spalte	Gang oder Stich
Schlechte Spaltbarkeit	3. senkrecht	Kopf (Hirnseite)	Unspalte	Stutz

Das Verdienst, den Sinn der eigenartigen Erscheinung erkannt und sie wissenschaftlich tiefschürfend ausgedeutet zu haben, gebührt Prof. CLOOS-Breslau. Die gute Spaltbarkeit ist in einer feinen inneren Baueigentümlichkeit begründet; zuweilen kann diese sehr deutlich werden, indem sich auf den zugehörigen beiden Flächen einzelne Mineralien in einer bestimmten Richtung gestreckt oder angeordnet finden, ebenso kleinere Schlieren oder Fremdgesteinsschollen, die der granitische Gesteinsbrei unaufgeschmolzen aufnahm.

Diese einheitliche Streckung bedeutet Ausweichmöglichkeit bzw. Wachstumsmöglichkeit in vorbedingter Richtung. Und zwar geht die Bedingung aus von dem in der Erdkruste herrschenden seitlichen oder tangentialen Druck. Solcher herrschte nachweislich schon während der Erstarrung so mancher unserer Tiefengesteinsmassive. Es ist klar, daß sich in seiner Wegrichtung die einzelnen Mineralkrystalle am wenigsten entwickeln konnten, quer dazu die Hindernisse am geringsten sein mußten. Längs der einzelnen Mineralplättchen oder -nadeln wird nunmehr das Gestein am leichtesten aufgespalten oder wird es schon beim Erkaltungs- und Schrumpfungsprozeß Risse erhalten haben. Zudem hat altes Erstarrungsgestein natürlich ständig weitere Beanspruchung erfahren so gut wie jüngere Sedimente.

Nicht nur die potentielle Spaltbarkeit aber hat zu tatsächlichem Aufreißen geführt, sondern wir stellen fest, daß auch quer dazu, d. h. aber parallel der wirkenden Hauptkraft, Klüfte entstanden sind, die eben nur „Unspalten" mit rauheren Wänden werden konnten. CLOOS hat sie, als rechtwinklig zur Streckung stehend, *Quer-* oder *Q-Klüfte* genannt gegenüber den *Streckungs-* oder *S-Klüften* und dem angenähert horizontalen *Lager* (*L-Klüfte*). Es spricht sich in ihnen ein Zerbersten selbst ohne strukturelle Vorbestimmung aus, das ein Zerreißen (oder selbst Zerrung) unter höchster Druckbeanspruchung genannt werden kann und nicht selten mit spannender Aufwölbung im Zusammenhang steht. Mit gewisser Vorliebe sind es gerade die Q-Klüfte, welche sich mit magmatischem Nachschub oder in Sedimenten als Calcitadern mit chemischen Absätzen erfüllt zeigen. Denn quer zum Druck ist ja weiteres Klaffen ausgeschlossen, also eine geringere Aufnahmefähigkeit gegeben. Der Druck preßt die Wände der Haarspalten aneinander, wo immer er sie seitlich trifft. Es ist leicht einzusehen, daß solche Betrachtung für den Bergmann und seine erzerfüllten Gänge nicht ohne

praktische Bedeutung bleiben kann. Bis vor kurzem wurde meist nur den vergleichsweise wenigen Klüften Beachtung geschenkt, an denen sich Nachbarschollen gegeneinander bewegt hatten, den Verwerfungen. Sie sinken jetzt zur Bedeutung des bloßen Spezialfalles herab.

Nun haben die Hauptdruckkräfte der Erdrinde im Laufe langer geologischer Zeiten ihre Richtung gelegentlich gewechselt. Es ist also klar, daß die Natur, mindestens in älteren Gesteinen, selten eindeutig dem gegebenen Schema entsprechen wird. Noch weitere Komplikationen aber entstehen durch Aufspaltung der Druckkräfte im Parallelogramm: auch schräg zum Normaldruck stellen sich Risse ein; sie werden gegenüber den CLOOSschen die MOORschen Flächen oder Klüfte genannt und waren in der Mechanik bekannt, ehe CLOOS sie in der Erdhaut nachzuweisen unternahm.

Was sich im mikroskopischen Schliffbilde, im Gesteinshandstück und über größere Massive regional verfolgen und sinnvoll verknüpfen ließ, lockt nun, den Blick noch weiter schweifen zu lassen. Im Antlitz der Erde sind längst große Züge bekannt, deren Gesetzmäßigkeit leicht aufzuweisen, schwer in letzten Gründen einzusehen ist. Die Kontinente zeigen sich nach Süden zugespitzt; wie für die Südenden von Afrika, Südamerika, Australien gilt es von Indien, von Grönland. Im Innern der Festländer, im Verlauf der Meeresküsten lassen sich Parallelen finden. Die alte Welt, doch nicht sie allein, zeigt sich beherrscht von tektonischen Leitlinien: vor allem Mitteleuropa und ganz Afrika weisen zwei Hauptstreichrichtungen für Verwerfungen und kleinere Fältelungen auf und verraten diesen Bau auch morphologisch weitgehend, eine SO—NW- (herzynische bzw. erythräische) und eine SW—NO- (niederländische bzw. Somali-) Richtung. Unsere mitteldeutschen Gebirge (Harz, Thüringer Wald) zeigen gern erstere im Umrißbilde, letztere im Streichen der Schichten oder Falten. Es war ungenau, wenn man zunächst meinte, erstere allgemein als junge Auswirkung der tertiären, letztere als alleiniges Überbleibsel der karbonen Faltungsrichtung ansehen zu müssen. Das Schwergewicht mag sich in diesem Sinne etwas verschoben haben, fremd ist keine der beiden Streichrichtungen jenen zwei Faltungsakten. Insgesamt sind sie Zwillingserscheinungen. Die geradlinige Fortsetzung des uralten Böhmisch-Bayrischen Waldgebirges mit seinem eigenartigen „Pfahl", der massiv herausgemeißelten Quarzfüllung einer streichenden Spalte, über Fichtelgebirge—Frankenwald—Thüringer Wald, die, erst im Tertiär aus ganz anderen Zusammenhängen gelöst, diese morphologische Erstreckung erhielten, bis zu den schon zur Kreidezeit angelegten Ketten des Wesergebirgslandes, ja bis in die vorspringende Ecke der noch in Bildung begriffenen Nordseeküste hinein zeigt die zeitliche Mannigfaltigkeit in der tektonischen Gemeinsamkeit aufs klarste. Schon 1892 hat EDUARD SUESS mit seinem alles klärenden Blick die beiden Streichrichtungen, die sich in unserem Boden vergittern, als Aufspaltung einer beherrschenden S-N-Kraft angesprochen! Die strukturell-immanente Vorbestimmung eines schon unter Druck erstarrten Tiefengesteins fällt bei der inhomogenen Zusammensetzung der vielfach sedimentär aufgebauten größeren Erdrindenteile ja fort, das stärkere Hervortreten diagonaler Richtungen hätte also nichts durchaus Unbegreifliches an sich.

Die S-N-Richtung selbst kennen wir aus ganz anders gearteten Narben im Antlitz der Erde: die großen Grabenzonen Ostafrikas und Westeuropas werden von ihr mindestens beherrscht, wenn sie auch gern gegen die schrägen NW- oder NO-Komponente hin abschwenken. Von Südafrika her aus Natal durch Mozambique, die zentral- und ostafrikanischen Seenketten bis nach Abessinien, durchs Rote Meer, den Golf von Akaba und das Jordantal hinauf weit nach Syrien hinein, können wir das größere der beiden Systeme verfolgen. Das Rhonetal aufwärts, die Oberrheintalebene entlang, unter dem Vogelsbergvulkangebiet hindurch bis in die Kasseler Senke hinauf zeigt sich ein europäisches Gegenstück mit zahlreichen Parallelen zeitlicher und genetischer Art und mit ähnlichem seitlichen Abspringen.

Abgeschnitten und getrennt werden beide durch den mediterranen Faltengürtel, der als Ganzes wesentlich O-W-Erstreckung hat. Er ist nur Erbe und Ergänzung eines gleichgebauten, gleichgewunden verlaufenden, insgesamt aber ebenfalls O-W gerichteten jungpaläozoischen Vorläufers. Hier enthüllte sich, unserem Fassungsvermögen zeitweilig geradezu vorauseilend, jenes ungeheure Übermaß gebirgsbildender Faltungskräfte, die uns heute den alpinen Bautyp der Kettengebirge kennzeichnen. Ein Zusammenschub um Hunderte von Kilometern ist unserem Blick ersichtlich geworden, keine kühne Hypothese mehr. *Um den entsprechenden Betrag müssen sich Afrika und Europa einander genähert haben.* In S-N- und N-S-Richtung walten Schub und Gegendruck, wenn auch allseitige Einspannung in alte Rahmenmassive und entsprechend geringere Bewegungen und Faltenvergitterung in anderen Richtungen (besonders auch ostwestlich) stratigraphisch, tektonisch und morphologisch nunmehr festgelegt sind.

Quer zum Hauptdruck die Streckung:
Hochgebirgsketten = *S-Linien*;
wagerecht und oft in sich verbogen und aufgewölbt: Überschiebungsflächen = *L-Linien*;
parallel dem Hauptdruck die Zerreißung: Grabenbrüche, besonders gekennzeichnet durch vulkanische Ausfüllung = *Q-Linien*;
diagonal aufgespalten die Bruchlinien aller Art, oft genug mit Blattverschiebung und seltsamen Zerrungen = *Mohrsche Linien*.

So drängt sich eine Übertragung empirisch gefundener Strukturen und ihrer theoretischen

Deutung ins Gesamterdbild auf. Die Ursache des N-S-Druckes aber ließe sich in der durch Polabplattung, d. h. Rotation bedingten Deformierung des Erdballes unschwer vermuten.

Nur stehen wir mit derartiger Fragestellung noch durchaus im Stadium der Arbeitshypothese und dürfen unseren Blick vor Gegenargumenten nicht verschließen: Läßt sich die pazifische Welt solchem Vorstellungskreise ungezwungen eingliedern? Wie erklären sich die abweichenden Streichlinien des Altpaläozoikums und noch älterer Perioden, wo finden wir Anzeichen oder Wirkungen etwaiger Polverlagerungen? Natürlich muß auch der Riesenkomplex von Problemen wie Kontinentalverschiebung, Kontraktionstheorie, Isostasie, Schwereverteilung usw. sein Echo finden. Es sei einstweilen am bloßen Fragezeichen genug.

Neue Wege der Quantentheorie.

Von A. LANDÉ, Tübingen.

Vor kurzem erschienen in der Zeitschr. f. Physik einige Untersuchungen von HEISENBERG, BORN und JORDAN, die einen gewissen Abschluß der Bemühungen bilden, durch eine in sich geschlossene *Quantenmechanik* die inneren Widersprüche der bisherigen halbklassischen, halb quantentheoretischen Grundsätze der Atomphysik zu überwinden.

Ein Hinweis auf die Unzulänglichkeit der üblichen Quantenregeln bei atomaren Elektronensystemen wäre kaum nötig, wenn wir uns noch im Jahre 1913 befänden, in welchem BOHR seine Grundpostulate veröffentlichte. Denn der damals allgemeine Widerspruch des physikalischen Gefühls gegen die Kühnheit der BOHRschen Annahmen hat sich erst allmählich unter dem Eindruck ihrer großen Erfolge in einen Glauben an die Unfehlbarkeit der Grundannahmen verwandelt. Erst die in letzter Zeit sich häufenden, mit der Theorie nicht in Einklang zu bringenden Einzelerfahrungen (die „Anomalität" des Zeemaneffektes, die Unganzzahligkeit und Zweideutigkeit der Quantenzahlen, das Versagen der Störungstheorie u. a. m.) haben allgemein zu der von BOHR schon lange vorher ausgesprochenen Überzeugung geführt, daß die Grundpostulate wesentlich abzuändern sind. In der Tat: erst Lösung der Bewegungsgleichungen des Atommodells im Rahmen der klassischen Mechanik, dann Einschränkung der zugelassenen Bewegungen durch Quantenvorschriften, endlich Berechnung der Strahlungsfrequenzen aus den Energiesprüngen und Abschätzung der Intensitäten mit Hilfe korrespondenzmäßiger Überlegungen, dies alles bedeutet eine Reihe miteinander organisch gar nicht verbundener Rezepte, die der Natur gewiß nicht angemessen sind und die doch, wie der Erfolg zeigt, einen wahren Kern enthalten müssen, wenn auch belastet mit überflüssigem Beiwerk.

Es war deshalb ein Schritt von großer Tragweite, als bei der Suche nach einer Abänderung der Theorie die scharfe Fragestellung erhoben wurde, welche Bestandteile der BOHRschen Grundannahmen denn eigentlich zur Deutung der spektroskopischen *Erfahrungen* verwendet werden, und welche Züge der Theorie in der Erfahrung kein Gegenstück finden und somit abänderungsfähig oder überflüssig sind. Schon vor Jahren hat BORN gesprächsweise die damals ketzerische Ansicht vertreten, daß die raumzeitlich ablaufenden mechanischen Atommodelle keine physikalische Realität besitzen, d. h. durch keine *Erfahrung* gestützt werden; denn die Erfahrung gebe Auskunft nur über Zustandsenergien (Termwerte), Frequenzen und Intensitäten, niemals aber über momentane Lagen und Geschwindigkeiten der Elektronen; Momentanphasen seien vielmehr *prinzipiell unbeobachtbar*[1]), und alle Bilder über die raumzeitlichen Änderungen der Momentanphasen, also alle Modellvorstellungen, seien somit überflüssig oder gar mit den Beobachtungen unvereinbar.

Die großen Erfolge der BOHRschen Modellvorstellungen lenkten jedoch zunächst von einer Weiterverfolgung dieses Gedankens ab und ließen jedenfalls den heuristischen Wert der Atommodelle mit ihren Elektronenbahnen außer Zweifel. In der Tat kann man sich schwer der Überzeugungskraft z. B. von SOMMERFELDS Feinstrukturtheorie des Wasserstoffs und der Röntgenspektren entziehen; man meint hier die Elektronen mit ihrer von der Momentangeschwindigkeit abhängenden relativistischen Massenkorrektion förmlich umlaufen zu *sehen*. Erst als neuere Erfahrungen und ihre Deutungsversuche (das Versagen aller exakten Berechnungen von Termwerten bei höheren Atomen, die Gesetze der Multipletts und ihrer magnetischen Aufspaltungen und der dabei zutage tretende Widerspruch zwischen Neigungstheorie und relativistischer Theorie) die Unzulänglichkeit bereits der Grundpostulate erkennen ließen, wurde die von BOHR selbst aus prinzipiellen

[1]) Zur Bekräftigung einer *prinzipiellen* Unbeobachtbarkeit von Momentanphasen eines Elektronensystems könnte man noch anführen, daß die eventuellen Hilfsmittel ja selbst aus atomaren Systemen bestehen, in denen die Phase ebenso definiert oder undefiniert sei wie in dem zu untersuchenden System. Hier wäre einzuwenden, daß die Untersuchung ja auch geschehen könnte mit Hilfe einzelner isolierter Elektronen oder α-Teilchen, welche in jedem Zeitpunkt eine bestimmte Lage und Geschwindigkeit besitzen (Spur der Partikel in der WILSONschen Nebelkammer). Da aber diese Stöße erfahrungsgemäß stets quantentheoretischen Gesetzen folgen (FRANCK und HERTZ), darf man mit Recht eine *prinzipielle* Unbeobachtbarkeit von Einzelphasen in Elektronen*systemen* annehmen. Die Sachlage hat hier Ähnlichkeit mit der in der speziellen Relativitätstheorie: die relativistische Zeitdefinition steht und fällt mit der Behauptung, größere Signalgeschwindigkeiten als die des Lichtes seien prinzipiell nicht realisierbar.

Gründen stets in den Vordergrund gestellte Suche nach einer befriedigenden Quantenmechanik nun auch zu einem praktisch dringenden Problem.

Es handelte sich praktisch darum, wenigstens eine mathematisch richtige Vorschrift (Gesetzmäßigkeit) zu finden, welche die verschiedenen *beobachteten* Eigenschaften eines Atoms, die Größe seiner Zustandsenergien, Strahlungsfrequenzen und -intensitäten miteinander verknüpft. Im Anschluß an die obige Überlegung von BORN sollte dabei kein Gebrauch gemacht werden von den mit der Beobachtung unvereinbaren raumzeitlich-kontinuierlichen Mechanismen, speziell von dem Begriff der Momentanphase[1]), d. h. dem Momentbild der Lagen und Geschwindigkeiten der einzelnen Elektronen.

Die Art, wie die Verknüpfung der *beobachtbaren* Größen in der neuen Quantenmechanik geschieht, wird am besten an einem Beispiel, dem des linearen, im allgemeinen anharmonisch schwingenden Oszillators erläutert.

Führt ein mechanischer Oszillator (System von *einem* Freiheitsgrad) anharmonische Schwingungen aus, so lassen sich diese nach FOURIER darstellen als Überlagerung rein harmonischer Schwingungen ν mit den Koordinaten

$$q_\nu = Q_\nu \cdot e^{2i\pi\nu t}.$$

Die *klassische* Emission wird eine gleichzeitige Ausstrahlung aller dieser Schwingungszahlen ν sein mit *Intensitäten* proportional $Q_\nu^2 \cdot \nu^4$. In der Quantentheorie, wo jede Spektrallinie einem *Übergang* zwischen zwei Zuständen mit den Quantenzahlen m und n zugehört, kann man die Intensität und Schwingungszahl einer einzelnen Spektrallinie herrührend denken von einem gedachten („virtuellen") *harmonischen* Oszillator mit der Koordinate

$$(1) \qquad q(m, n) = Q(m, n) \cdot e^{2i\pi\nu(m, n)t}$$

welcher klassisch dieselbe Schwingungszahl $\nu(m, n)$ und Intensität ausstrahlt, wie sie in Wirklichkeit beim Übergang des *anharmonischen* Oszillators vom Quantenzustand m nach n entsprechend der BOHRschen Frequenzbedingung entsteht. Das Gesamtsystem dieser harmonischen virtuellen Oszillatoren, das „virtuelle Orchester" könnte man es nennen, ist also ein klassisches Ersatzbild für die *Strahlung* des anharmonischen Quantenoszillators, indirekt also ein Ersatzbild für den mechanisch nicht faßbaren Quantenoszillator selbst. Wir stellen die Koordinaten $q(m, n)$ aller virtuellen Oszillatoren in folgendem Schema zusammen.

[1]) Sowie man über die *Interferenz* der von verschiedenen Atomen ausgesandten Strahlung Auskunft haben will, wird sich zwar noch der Begriff der Phase, nicht aber der der *Phasendifferenz* vermeiden lassen; diese Frage ist in der neuen Quantenmechanik vorläufig zurückgestellt worden, ebenso wie ja auch BOHRS erste Theorie sich zunächst nur mit *monochromatischer*, d. h. unendlich interferenzfähiger Strahlung beim *zeitlos* gedachten Elektronensprung beschäftigte.

Dieses quadratische Schema nennt man die *Matrix* der $q(m, n)$, abgekürzt die Matrix q

$$(2) \qquad q = \begin{Bmatrix} q(1,1) & q(1,2) & q(1,3) & \cdots \\ q(2,1) & q(2,2) & q(2,3) & \cdots \\ q(3,1) & q(3,2) & q(3,3) & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{Bmatrix}$$

Der formalen Vollständigkeit halber sind hier auch die Koordinaten $q(1, 1)$, $q(2, 2)$ usw. von virtuellen Oszillatoren hingeschrieben, welche dem „Übergang eines Quantenzustandes in sich selbst" entsprechen. Neben dem Schema der Koordinaten können wir auch noch das der *Impulse* $p = \mu \cdot \frac{dq}{dt}$ für die einzelnen Ersatzoszillatoren der Masse μ hinschreiben

$$(3) \qquad p(m, n) = P(m, n) \cdot e^{2i\pi\nu(m, n)t}$$

und sie zusammenstellen in der Matrix

$$(4) \qquad p = \begin{Bmatrix} p(1,1) & p(1,2) & p(1,3) & \cdots \\ p(2,1) & p(2,2) & p(2,3) & \cdots \\ p(3,1) & p(3,2) & p(3,3) & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{Bmatrix}$$

Schema (2) und (4) drückt also nichts weiter aus, als daß wir uns die vom Quantenoszillator bei verschiedenen Gelegenheiten (Sprüngen) ausgehenden *Strahlungsfrequenzen* und *Intensitäten* auch herrührend denken können von dem anschaulichen Bild des klassisch kontinuierlich strahlenden Ersatzorchesters der virtuellen Oszillatoren. Die Frequenzen der letzteren werden daher, wie die des Quantenoszillators selbst, dem *Kombinationsprinzip* gehorchen, d. h. die Schwingungszahl $\nu(m, n)$ des virtuellen Oszillators $q(m, n)$ läßt sich ausdrücken als Differenz zweier „Terme" ν_m und ν_n

$$(5) \qquad \nu(m, n) = \nu_m - \nu_n.$$

Darüber hinaus wird noch die Gültigkeit der BOHRschen *Frequenzbedingung* behauptet

$$(6) \qquad \nu(m, n) = \nu_m - \nu_n = \frac{W_m}{h} - \frac{W_n}{h}$$

d. h. der Term ν_k sei gleich der durch PLANKS Konstante dividierten Energie W_k eines stationären Zustandes des anharmonischen Quantenoszillators.

Gesucht wird jetzt mit Hilfe einer neuen Quantenmechanik der Zusammenhang zwischen *Intensitäten*, *Schwingungszahlen* und *Termen*, oder, was dasselbe ist, der Zusammenhang zwischen den *Koordinaten* $q(m, n)$ der virtuellen Oszillatoren — deren Amplitudenquadrate sind proportional den Intensitäten —, den *Impulsen* $p(m, n)$ — diese drücken sich nach (3) durch die Frequenzen $\nu(m, n)$ und Koordinaten $q(m, n)$ aus — und den *Energien* W_k — diese sind nach BOHR durch (6) mit den Termen ν_k verknüpft.

Es ist also ein wesentlicher Zug der neuen Theorie, daß die Termenergien W_k das anharmonischen Quantenoszillators berechnet werden *nicht* aus gewissen klassisch-kontinuierlichen Mechanismen, welche den Quantenzustand als *mechanisches*,

wenn auch quantentheoretisch ausgewähltes System auffassen. Sondern die Eigenschaften des *mechanisch nicht faßbaren* Quantenzustandes k werden veranschaulicht und berechnet durch Eigenschaften des klassisch-kontinuierlichen Ersatzorchesters. Z. B. die *Energie* W_k des Quantenzustandes k wird, einer geistreichen Intuition HEISENBERGS entsprechend, folgendermaßen aus den $q(n, m)$ und $p(n, m)$ der virtuellen Oszillatoren in Analogie zur klassischen Mechanik berechnet:

In der klassischen Mechanik würde die Energie W des anharmonischen Oszillators durch einen Ausdruck

$$W = \text{kinet.} + \text{pot. Energie} = \frac{\mu}{2}\dot{q}^2 + V(q)$$

oder bei Benutzung des Impulses $p = \mu\dot{q}$ und der Reihenentwicklung $V(q) = a_1 q + a_2 q^2 + a_3 q^3 + \ldots$ dargestellt durch

$$W = \frac{1}{2\mu} p^2 + [a_1 q + a_2 q^2 + a_3 q^3 + \ldots] \tag{7}$$

Analog dazu behauptet HEISENBERG, die Energie W_k des Quantenoszillators im Zustand k lasse sich berechnen aus den Koordinaten $q(n, m)$ und Impulsen $p(n, m)$ der virtuellen Oszillatoren durch folgenden zu (7) analogen Ausdruck

$$\left\{\begin{aligned} W_k = \frac{1}{2\mu}\sum_l p(k, l)\, p(l, k) \\ + \Big[a_1 \cdot q(k, k) + a_2 \cdot \sum_l q(k, l)\, q(l, k) \\ + a_3 \cdot \sum_l \sum_m q(k, l) \cdot q(l, m) \cdot q(m, k) + \ldots\Big] \end{aligned}\right. \tag{8}$$

Diesen auf den ersten Blick befremdenden und komplizierten Ausdruck erhält man aus dem klassischen Ausdruck (7), indem man in letzterem ersetzt

$$\left\{\begin{aligned} &q \text{ durch } q(k, k) \\ &q^2 \text{ durch } \sum_l q(k, l) \cdot q(l, k) \\ &q^3 \text{ durch } \sum_l \sum_m q(k, l) \cdot q(l, m) \cdot q(m, k), \text{ usw.} \end{aligned}\right. \tag{9}$$

Der mit dem „Matrizenkalkül" vertraute Mathematiker sieht sofort, daß diese Art Produktbildung identisch ist mit der bekannten Regel „Zeilen mal Kolonnen" bei der Multiplikation von Determinanten. Wir brauchen aber hier nicht näher auf die abgekürzte Rechenmethode des Matrizenkalküls einzugehen, die freilich bei näherer Beschäftigung mit der Quantenmechanik sich als ebenso geeignet erweist, wie etwa die allgemein-kovarianten Tensoren für die Relativitätstheorie und die von NEWTON eigens erfundene Fluxionsrechnung für die Probleme der klassischen Mechanik.

Um nun eine Termberechnung W_k wirklich durchführen zu können, müßten in (8) die einzelnen Koordinaten und Impulse der virtuellen Oszillatoren bekannt sein. Diese werden aber bestimmt durch „Bewegungsgleichungen" und Quantenbedingungen der virtuellen Oszillatoren. Die Bewegungsgleichungen wurden wieder von HEISENBERG in Analogie zur Mechanik eines *klassischen* anharmonischen Oszillators aufgestellt:

In der *klassischen* Mechanik besteht zwischen Energie W als Funktion von Koordinate q und Impuls p der Zusammenhang der kanonischen Bewegungsgleichungen

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\partial W}{\partial p}, \quad \frac{dp}{dt} = -\frac{\partial W}{\partial q}. \tag{10}$$

Bei dem klassischen anharmonischen Oszillator (7) heißen die klassischen Bewegungsgleichungen daher speziell

$$\left\{\begin{aligned} \frac{dq}{dt} &= \frac{1}{\mu} \cdot p, \\ \frac{dp}{dt} &= -[a_1 + 2a_2 q + 3a_3 q^2 + 4a_4 q^3 + \ldots] \end{aligned}\right. \tag{11}$$

In Analogie hierzu behauptet nun die neue Quantenmechanik folgenden Zusammenhang der $q(m, n)$ mit den $p(m, n)$ der virtuellen Ospillatoren:

$$\left\{\begin{aligned} \dot{q}(m, n) &= \frac{1}{\mu} \cdot p(m, n) \\ \dot{p}(m, n) &= -[a_1 + 2a_2 q(m, n) \\ &\quad + 3a_3 \sum_k q(m, k) \cdot q(k, n) \\ &\quad + 4a_4 \sum_k \sum_l q(m, k) \cdot q(k, l) \cdot q(l, n) \\ &\quad + \ldots] \end{aligned}\right. \tag{12}$$

Der Übergang von (11) zu (12) ist wieder mit Ersetzung der klassischen q, q^2, $q^3, \ldots$ durch Summen über die $q(m, n)$ gemäß der Vorschrift (9) geschehen.

Die Gleichungen (12) sind als Bewegungsgleichungen der virtuellen harmonischen Oszillatoren anzusprechen; durch sie sind die Koordinaten $q(m, n)$ und Impulse $p(m, n)$ *eines* solchen Oszillators eng gekoppelt mit den Koordinaten und Impulsen $q(k, l)$ und $p(k, l)$ der *anderen* virtuellen Oszillatoren.

Man kann die Gleichungen (12) auch ohne Eingehen auf den Begriff der Bewegung interpretieren: Statt $\dot{q}(m, n)$ als zeitliche Ableitung von $q(m, n)$ aufzufassen, kann man $\dot{q}(m, n)$ die „punktierte Koordinate" des virtuellen Oszillators nennen und sie *definieren* durch

$$\left\{\begin{aligned} \dot{q}(m, n) &= li\,\pi\nu(m, n) \cdot q(m, n) \\ \dot{p}(m, n) &= li\,\pi\nu(m, n) \cdot p(m, n) \end{aligned}\right. \tag{12'}$$

in Übereinstimmung mit den zeitlichen Ableitungen von (1) und (3).

Die Lösungen $q(n, m)$ und $p(n, m)$ der Gleichungen (12) und damit die Zustandsenergien W_k in (8) sind erst dann bestimmt, wenn noch *Quantenbedingungen* hinzukommen. Durch eine Verallgemeinerung der in der üblichen, halbklassischen Theorie verwandten Bedingung $\int p\,dq = nh$ gelangt HEISENBERG zu der den virtuellen Oszillatoren auferlegten Quantenbedingung:

$$\left\{\begin{aligned} &\sum_k p(m, k) \cdot q(k, n) - \sum_k q(m, k) \cdot p(k, n) \\ &\qquad = \frac{h}{2i\pi} \text{ für } m = n \end{aligned}\right. \tag{13}$$

zu welcher als Folge der Bewegungsgleichungen nach BORN und JORDAN noch hinzutritt

$$(13') \begin{cases} \sum_k p(m,k) \cdot q(k,n) - \sum_k q(m,k) \cdot p(k,n) \\ \qquad = 0 \text{ für } m \gtrless n \,. \end{cases}$$

Die Quantenbedingungen verknüpfen also Koordinaten und Impulse *verschiedener* virtueller Oszillatoren miteinander. Besonders charakteristisch für die Quantenbedingung (13) ist, daß auf ihrer rechten Seite gar keine „Quantenzahl" vorkommt, sondern nur das Wirkungsquantum h für sich. Dies hat zur Folge, daß auch die Lösungen $q(m, n)$ und $p(m, n)$ der Bewegungsgleichungen (12) und Quantenbedingungen (13) keine Quantenzahl enthalten (s. u.). Die Lösung ist überdies insofern noch nicht eindeutig bestimmt, als die *Numerierung* (m, n) der Zustände durch irgendeine andere Numerierung ersetzt werden kann, so daß bei jeder der vielen möglichen Numerierungen der mit k bezeichnete Zustand („der k-te Zustand") einen anderen physikalischen Zustand repräsentiert; jedoch bleibt die Gesamtheit der Energiewerte stets dieselbe, welche Numerierung man auch wählt. Wählt man *eine* der möglichen Numerierungen, so stellen sich die W_k wegen (8) und (13) als Funktionen von h behaftet mit *Nummern* dar, die jedoch, wenn man eine andere Numerierung auswählt, anders ausfallen. Diese *Nummern* nehmen die Rolle auf, welche die *Quantenzahlen* in den Quantenbedingungen der früheren halbklassischen Termberechnung gespielt hatten, ohne aber deren unmittelbare physikalische Bedeutung zu besitzen. Alles, was aus „Quantenzahlen" in den Termausdrücken über angebliche *mechanische* Eigenschaften des betreffenden Quantenzustandes in der ursprünglichen Bohrschen Theorie ausgesagt wurde, ist also zu revidieren. Der Quantenzustand ist eben gar nicht mechanisch faßbar; sondern sein beobachteter Energieinhalt läßt sich nur in gewisser Weise aus mechanischen Eigenschaften des virtuellen Oszillatorensystems berechnen. Höchstens in sehr übertragenem Sinne darf man zur Abkürzung des Ausdruckes oder, wie der Erfolg der bisherigen Bohrschen Theorie seit 1913 zeigt, als *heuristisches Prinzip* jene Ausdrucksweise beibehalten, die den Quantenzustand durch Begriffe der kontinuierlich-klassischen Mechanik beschreiben will. Damit hat man auch eine Antwort auf die Frage, ob denn die neue Quantenmechanik „vorstellbar" sei. Eine Vorstellung ist freilich, solange man sie im Rahmen klassisch-kontinuierlicher Begriffe sucht, verwehrt, bzw. nur durch das Ersatzbild des virtuellen Orchesters ermöglicht. Ebenso kann man sich ja Sätze der ebnen nichteuklidischen Geometrie nicht unmittelbar, sondern nur durch Abbildung auf gekrümmte Flächen im euklidischen Raum vorstellen. Doch ist damit für das Verständnis der Sache nicht viel gewonnen. Erst häufige Beschäftigung mit vielen Anwendungsbeispielen kann hier zu einer Vertrautheit und Übersicht der Zusammenhänge zwischen den Beobachtungen führen, die besser als hinkende Vergleiche quantentheoretischer Tatbestände durch klassisch-kontinuierliche Bilder ist.

Die von Heisenberg zuerst entworfene, von Born und Jordan vervollkommnete neue Theorie, deren Fundamente besonders Bohr, Kramers und Slater vorbereitet hatten, ist natürlich nur ein erster Versuch, in das unbekannte Gebiet der Quantenmechanik vorzustoßen, und es ist möglich, daß schon bei dem oben gewählten einfachen Beispiel des anharmonischen Oszillators manche Einzelheiten nicht aufrechterhalten bleiben werden. Die wesentliche Erkenntnis, daß die Quantenmechanik konsequent durch virtuelle klassische Bilder faßbar ist, welche den *Übergängen*, nicht den *Zuständen* zugeordnet sind und welche somit eine exakte Formulierung des Korrespondenzprinzips geben, darf aber wohl schon jetzt als bleibende Frucht der neuen Theorie betrachtet werden.

Besprechungen.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und Karl Scheel. Band X. **Thermische Eigenschaften der Stoffe,** redigiert von F. Henning. Berlin: Julius Springer 1926. VII, 486 S. und 207 Abbildungen. Preis RM 37.50.

Die Physik der letzten Jahrzehnte ist so umfassend geworden, daß ein Handbuch im alten Sinne des Wortes mit dem Namen eines einzigen Autors auf dem Titelblatt kaum noch denkbar erscheint. Ein einzelner Forscher, mag er auch auf verschiedenen Gebieten der Physik tätig sein, kann heute von der Gesamtheit der physikalischen Erkenntnis nicht mehr als einen allgemeinen Überblick haben. Nur in den speziellen Provinzen seines Forschens kennt er alle Wege. Sobald er diese Grenzen überschreitet, findet er so viele neue Einzelheiten, daß er ein langes Studium benötigt, um sich selbst darin zurechtzufinden. In unserer schnellebigen Zeit muß es als unzweckmäßig bezeichnet werden, wenn jemand sich in ihm bisher ferner gelegene Teile der Physik einarbeitet, nur um andern dort die Wege zur Erkenntnis ebnen zu können. Ohne daß wertvolle schöpferische Kräfte allzu lange festgelegt und ihrem eigentlichen Wirkungsfelde entzogen werden, kann somit ein kritisch zuverlässiges und auf der Höhe der Zeit stehendes Handbuch, das als Ratgeber und Lehrmeister dienen soll, nur geschaffen werden, wenn sich viele Autoren zu gemeinsamem Werk zusammenschließen.

Bis zum gewissen Grade ist dieser Weg bereits bei der letzten Auflage des wohlbekannten Winkelmannschen Handbuches eingeschlagen, deren Erscheinen nun bald ein Vierteljahrhundert zurückliegt und das deshalb in vielen Teilen bereits stark veraltet ist. Vollkommen zielbewußt bis zu den äußersten Konsequenzen ist die angedeutete Marschroute aber zum erstenmal in dem neuen Handbuch der Physik verfolgt, das jetzt gerade bei Julius Springer zu erscheinen beginnt und dessen erster Band bereits vorliegt. Es unterlag von Anfang an keinem Zweifel, daß hier neben der wissenschaftlichen Arbeit noch ein gut Teil Arbeit organisatorischer Art zu leisten war, um nicht eine lose Reihe von Monographien zu schaffen, deren Summe schließlich erheblich von *dem* entfernt ist, was man unter einem Handbuch der Physik versteht. Es mußte

verhindert werden, daß jeder Autor ohne Rücksicht auf den Bearbeiter unmittelbar benachbarter Gebiete seine Entwicklungen niederschrieb.

Zu dem Zweck haben die Herausgeber den ganzen Bereich der Physik in mehrere große Gruppen gegliedert und die redaktionelle Leitung dieser Gruppen mit 6 bekannten Fachmännern geteilt. Es haben übernommen: die Redaktion der Gruppe „Allgemeines" teils K. SCHEEL, teils H. THIRRING; die Gruppe „Grundlagen der Physik" H. THIRRING; die Gruppe „Mechanik" teils R. GRAMMEL, teils F. TRENDELENBURG; die Gruppe „Wärme" F. HENNING, die Gruppe „Elektrizität und Magnetismus" W. WESTPHAL; die Gruppe „Optik aller Wellenlängen" H. KONEN, und endlich die Gruppe „Aufbau der Materie und Wesen der Strahlung" H. GEIGER. Jeder dieser Redakteure hat seine Gruppe weiter in Kapitel unterteilt und für die Bearbeitung jedes Kapitels einen Spezialisten gewonnen. Die Zahl der Mitarbeiter an dem ganzen Werk, das auf 24 Bände von je etwa 30 Bogen Umfang veranschlagt ist, beträgt 157. Es war von vornherein klar, daß nur genau ausgearbeitete Richtlinien für die allgemeinen Gesichtspunkte bei der Abfassung der Kapitel und eingehende, als Manuskript gedruckte Dispositionen aller Bände zusammen mit einer engen brieflichen Fühlungnahme zwischen Mitarbeitern und Redakteuren die Gewähr dafür bieten konnten, das hoch gesteckte Ziel einer nicht nur modernen und kritischen, sondern auch einheitlichen Darstellung zu erreichen. Die Verlagsbuchhandlung hat mit größter Bereitwilligkeit alles getan, um jeden Wunsch der Redakteure zu erfüllen.

Als Probe für das Werk liegt nun zunächst Band X mit dem Untertitel „Thermische Eigenschaften der Stoffe" vor. Er gehört zur Gruppe „Wärme", die außer dem genannten noch Band IX, „Theorien der Wärme", und Band XI, „Anwendungen der Thermodynamik", umfaßt. Demgemäß sind in Band X die Grundlagen der thermodynamischen Theorien als bekannt vorausgesetzt, und nur den speziellen Theorien der einzelnen Gebiete sind ausführliche Darstellungen gewidmet, die zusammen mit der Besprechung der experimentellen Methoden und Ergebnisse den wesentlichen Inhalt ausmachen.

Zunächst gibt E. GRÜNEISEN ein ausführliches Bild über den Zustand und die Zustandsänderungen der festen Körper, wobei besonders auf den Energieinhalt der Festkörper und auf die zwischen den Atomen wirkenden Kräfte eingegangen wird. Den Übergang vom festen zum flüssigen oder gasförmigen Zustand schildert F. KÖRBER. Er behandelt die Vorgänge des Schmelzens und Krystallisierens und widmet je einen Abschnitt sowohl dem Polymorphismus mit seinen Umwandlungserscheinungen als auch den Zwei- und Dreistoffsystemen mit besonderer Rücksicht auf die Mischkrystalle. Das gasförmige und flüssige Gebiet sowie den Übergang zwischen beiden Aggregatzuständen hat J. D. VAN DER WAALS jr. unter Betonung der klassischen Theorie seines Vaters dargestellt, während PH. KOHNSTAMM die Thermodynamik der flüssigen und gasförmigen Gemische behandelt und die verwickelten Formen der Zustandsflächen durch zahlreiche Abbildungen erläutert. Die spezifische Wärme ist von den übrigen thermischen Eigenschaften der Stoffe dadurch herausgehoben, daß ihr besondere Kapitel gewidmet sind. Es sollte hierdurch dem Umstand Rechnung getragen werden, daß die spezifische Wärme wegen ihres nahen Zusammenhanges mit den neueren physikalischen Theorien eine erhöhte Beachtung verdient. Im theoretischen Teil der „Spezifischen Wärme" führt E. SCHRÖDINGER den Leser bis tief hinein in die Quantentheorie, während im experimentellen Teil K. SCHEEL ein geschlossenes Bild der experimentellen Methoden auf diesem Gebiet beisteuert. Die Thermodynamik der chemischen Prozesse finden wir unter dem Titel „Bestimmung der freien Energie" mit allen Mitteln der neuzeitlichen Theorie von F. SIMON behandelt. Den Schluß des Bandes bildet das Kapitel über die „Thermodynamik der Lösungen" von C. DRUCKER, in dem die vielverzweigten Gesetzmäßigkeiten hauptsächlich der verdünnten Lösungen auf Grund des Gesetzes der Partialdrucke und des CLAUSIUS-CLAPEYRONschen Gesetzes hergeleitet sind.

Es ist in Aussicht genommen, den größten Teil der Bände des Handbuches noch im Laufe dieses Jahres erscheinen zu lassen. Seit kurzem vollendet ist die Drucklegung von Band XXII, „Elektronen, Atome, Moleküle", unter der Presse befinden sich außerdem die Bände XXIII, „Quanten", und die oben bereits genannten beiden Bände IX und XI aus der Gruppe „Wärme". F. HENNING, Berlin.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS. Bd. II. **Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper**, redigiert von A. HAAS. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. XIV, 355 S. und 236 Abb. 17 × 24 cm. Preis geh. RM 28.—, geb. RM 30.—.

Im Rahmen eines „Handbuches der *Experimental*physik" hat eine Darstellung der Mechanik einen schweren Stand. Man kann sich über die Möglichkeit streiten, ob man überhaupt den Tatsachen der heutigen Physik gerecht zu werden vermag, wenn die zusammenfassenden Gesichtspunkte theoretischer Vorstellungen weitgehend unberücksichtigt bleiben. Auf jeden Fall wird eine solche Darstellung der *Mechanik* am allerstärksten der Gefahr ausgesetzt sein, in ein Raritätenkabinett lose zusammenhängender Tatsachen zu zerfallen. Der Fortschritt vollzieht sich in der Mechanik weit weniger als in irgendeiner anderen Disziplin der Physik durch Entdeckung neuer Erscheinungen; die Hauptetappen ihrer Entwicklung sind durch die Ausgestaltung ihrer theoretischen Gesichtspunkte und Methoden bestimmt, und ihre großen Meister waren keine Experimentatoren, sondern Mathematiker.

Die vorliegende „Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper" von A. HAAS (der II. Band des im Erscheinen begriffenen Handbuchs der Experimentalphysik, herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS) sah sich also vor eine sehr schwierige Aufgabe gestellt. Sie sucht sie durch die *Anordnung* des Stoffes zu lösen: In den Hauptabschnitten sind die empirischen Grundlagen der Theorie und ihre Resultate behandelt. Die mathematische Begründung ist in einen letzten Abschnitt verwiesen, so daß dem Leser der ersten Teile mathematische Anstrengungen erspart bleiben. Von bemerkenswerter Klarheit ist die Entwicklung der Grundprinzipe in den ersten Abschnitten, wie man sie bei dem Verfasser der „Grundgleichungen der Mechanik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung[1])" nicht anders erwarten durfte. In der Darstellung der Hauptteile wird man den „enzyklopädischen" Stil vermissen, den man bei einem Handbuch erwartet und durch welchen die Lektüre eines solchen gewöhnlich ungenießbar wird. Aber der Benutzer eines Handbuches ist ein unliebenswürdiger Leser; er legt im allgemeinen geringen Wert auf eine durchgehende angenehme Lektüre, er wünscht es als Nachschlagewerk

[1]) Leipzig 1914.

und als Vermittlung mit der Originalliteratur zu benutzen und interessiert sich vor allem für Vollständigkeit. Ich fürchte, die sehr spärlichen Literaturangaben im Texte, sowie die 6 Seiten „Zusammenstellung neuerer Literatur über einige wichtige Probleme der experimentellen Mechanik fester Körper" lassen eine solche Verwendung kaum zu. Man könnte der Darstellung des Bandes gerechter werden, wenn man ihn nicht als Teil eines Handbuches ansähe.

Den Höhepunkt des ganzen Buches wird man zweifellos im letzten Abschnitt, den „mathematischen Ergänzungen zur Mechanik fester Körper" sehen. Weit über das Thema der Überschrift hinausgehend, findet man hier in konzentriertester und klarster Form eine Darstellung der analytischen Mechanik, zu der es in dieser Knappheit (70 Seiten) meines Erachtens kein Gegenstück bisher gab. Man wird hier auf schmalem aber klarem Pfade mitten in die Gedankenwelt von LAGRANGE, EULER, JAKOBI, HAMILTON geführt und in zahlreichen Rückverweisen finden manche Resultate des experimentellen Teils hier ihre theoretische Begründung und Diskussion; jedoch kann hierbei von einem wirklichen Durchdringen des ganz an der Oberfläche bleibenden experimentellen Teils kaum die Rede sein.

Der Benutzer eines „Handbuches der Experimentalphysik" wird den Vorzügen dieses Bandes wenig Verständnis entgegenbringen. Es ist sehr zu bedauern, daß diese Darstellung der Mechanik sich nicht an einen Leserkreis wendet, der ihr angemessen ist.

F. LONDON, Stuttgart.

Chemiker-Kalender 1926. Herausgegeben von W. A. ROTH, Braunschweig. Berlin: Julius Springer 1926. Preis RM 16.50.

Der neue Jahrgang des Chemiker-Kalenders liegt vor. Es ist außerordentlich erfreulich, daß in den letzten Jahren der Verlag offenbar bemüht ist, dem Werk, das seinerzeit nach dem Grundsatz des Quieta non movere behandelt wurde, erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Er läßt sich dabei offenbar von der Erkenntnis leiten, daß der Chemiker-Kalender ein wertvolles Hilfsmittel chemisch-technischer Forschungen geworden ist. Wir können in Bekräftigung dieser Auffassung nur sagen, daß es keine Erscheinung auf dem Gebiete der chemischen Literatur gibt, die einen so wichtigen Zweck zu erfüllen hat wie der Chemiker-Kalender. Er ist für den Techniker schlechterdings unentbehrlich und würde auch Wissenschaftlern sicher wertvoll werden, wenn sie sich nur der Mühe unterziehen wollten ihn kennenzulernen.

Ich sage das aus Erfahrung, da ich selbst erst gewisse Hemmungen in dieser Richtung zu überwinden hatte.

Wenn in dem oben Gesagten ohne weiteres der Wunsch an den Verlag, in den Bemühungen um eine Verbesserung in verstärktem Maße fortzufahren, enthalten ist, so möge noch auf die Neuauflage des Kalenders eingegangen werden.

Rein äußerlich ist zu bemerken, daß der Kalender nunmehr in 3 Teilen gebunden erscheint, die sich betiteln: I. Taschenbuch. II. Dichten, Löslichkeiten, Analyse. III. Theoretischer Teil mit Generalregister. Das Taschenbuch enthält außerdem „Die wichtigsten Hilfstabellen für das Laboratorium".

Für diese Dreiteilung lassen sich sicher gewisse Gründe anführen. Es sei aber darauf verwiesen, daß die Abtrennung eines Teiles der Tabellen aus Band 2 nach Band 1 immer einer gewissen Willkür unterworfen sein wird, da die Beurteilung dessen, was wichtig und nicht wichtig ist, naturgemäß durchaus subjektiv sein muß. Es würde deshalb unter Umständen eine Rückkehr zu der früheren Zweiteilung zu erwägen sein, wobei eine andere Einteilung auch des sonstigen Stoffes zu erwägen wäre.

Von den sonstigen Verbesserungen und Vervollständigungen sei insbesondere hervorgehoben ein Kapitel über „Einige Grundbegriffe des gewerblichen Rechtsschutzes" von Dr. BARSCHALL. Das ist ganz außerordentlich zu begrüßen. Es wäre für eine künftige Auflage zu empfehlen, diesen Aufsatz noch zu erweitern und ihn zu ergänzen durch kurze Festlegung der augenblicklichen Lage des Erfinderschutzes.

Wenn von den vielen Wünschen, die in bezug auf den Kalender bestehen, noch einer geäußert werden darf, so sei es der nach einer kurzen übersichtlichen Wirtschaftsstatistik, die über Preise, Produktionshöhen und über die in der chemischen Industrie Beschäftigten einigermaßen erschöpfend Auskunft gibt. Ein kurzer Überblick über die technischen und wissenschaftlichen Jahres-Ereignisse wäre anzufügen.

Bei Überprüfung des jetzt auf nahezu 1700 Textseiten des Chemiker-Kalenders befindlichen Materials wird sich sicherlich auch manche Kürzung durchführen lassen. Es sei beispielsweise verwiesen auf die sehr ausführliche Tabelle der wichtigsten Eigenschaften organischer Stoffe, die in ihren 2944 Einzelnummern für den Durchschnittsgebrauch zu weit geht, ohne doch erschöpfend zu sein. Will man von einer Kürzung absehen, so wäre, um den Umfang der Bücher nicht zu groß werden zu lassen und ohne die Handlichkeit durch Erweiterung zu gefährden, zu erwägen, ob man das Format nicht vergrößern könnte, was ohne Schaden der Handlichkeit des Kalenders um 20—30% möglich sein müßte.

Im übrigen sei als Material für die Neubearbeitung auf die entsprechenden englischen und amerikanischen Erscheinungen verwiesen.

Es ist auf den neuen Jahrgang des Chemiker-Kalenders aus dem Grunde ausführlicher eingegangen worden, weil die Bedeutung des Chemiker-Kalenders in weiten Kreisen wesentlich unterschätzt wird und keine Mühe zu groß sein darf, diesen unentbehrlichen Berater, dieses wirkliche Vademecum zu einem vollkommenen Instrument zu machen und dadurch auch zum Aufbau unserer Wirtschaft beizutragen.

Schließlich ist es noch eine angenehme Pflicht, Herrn WALTHER ROTH, dem bisherigen Herausgeber, dafür zu danken, daß er Mühe und Arbeit nicht gescheut hat, weitgehende Veränderungen und Verbesserungen erfolgreich durchzuführen, wodurch er seinem Nachfolger die Verpflichtung auferlegt hat, im gleichen Sinne weiterzuarbeiten.

OTTO LIEBKNECHT, Berlin.

SAPPER, KARL, **Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie.** Leipzig: B. G. Teubner 1925. VI, 300 S., 70 kartographische und statistisch-graphische Darstellungen. 15 × 23 cm. Preis RM 12.—.

Wir sind an Werken der allgemeinen Wirtschaftsgeographie nicht gerade arm, aber der vorliegende Versuch von KARL SAPPER verdient doch wegen der Art, wie sie ihren Stoff zu verarbeiten sucht, ganz besondere Beachtung. Er legt keineswegs Wert darauf, das ganze weitschichtige Gebiet der wirtschaftlichen Erscheinungen auf der Erde, soweit sie geographisch erfaßt werden können, in der gleichen Weise vorzuführen. Gleichsam programmäßig sagt der Verf., daß er die gewerbliche und industrielle Tätigkeit etwas zurücktreten lasse. Die Kritik hat denn auch hier eingesetzt und die ungleichmäßige Behandlung des Stoffes bemängelt. Derartige Einwände liegen ja nahe.

Tatsächlich kann man aber das Vorgehen SAPPERS angesichts des immerhin beschränkten Raumes, der ihm zur Verfügung stand, verstehen. Er legt ganz besonderen Wert auf das Problem der Nahrungsbeschaffung. Und es läßt sich doch nicht leugnen, daß gerade hier die besonders eindrucksvollen Probleme der Wirtschaftsgeographie liegen. Gerade hier muß aber der Stoff, um wissenschaftlich fundiert und verständlich zu sein, in einer gewissen Ausführlichkeit vorgetragen werden. In der Vorführung dieser Dinge liegt der besondere Wert des Buches. Weit entfernt von der Austretung viel begangener Pfade geht Verf. oftmals ganz neue Wege oder er weiß den bekannteren immer wieder neue Seiten abzugewinnen. Das wissenschaftliche Lebenswerk SAPPERS liegt in der Erforschung der mittelamerikanischen Tropen. Sie sind ihm so ans Herz gewachsen wie im letzten halben Jahrhundert keinem anderen deutschen Forscher. Er hat sich aber auf der schmalen Landbrücke zwischen den beiden amerikanischen Kontinenten nicht nur als Forscher betätigt, sondern er hat auch in seinen ersten Tropenjahren praktisch als Pflanzer gelernt und gearbeitet. So hat er in der Plantagenarbeit und auf ausgedehnten Reisen eine reiche Erfahrung erworben, um die Natur- und Kulturbedingungen der Wirtschaft in den amerikanischen Tropen zu schildern. Und da er auch tropische und tropennahe Gegenden anderer Erdteile kennt, so war er auch berufen, das schöne, kurz zusammenfassende Buch über die Tropen zu schildern.

SAPPERS Buch geht von den Einwirkungen der Natur auf die menschliche Wirtschaft aus und spricht zunächst von den kosmischen Einflüssen, denen einige Abschnitte über die Gestaltung der Oberfläche, die Lufthülle, das Wasser und das feste Land folgen. Dabei teilt es aber nur das mit, was für die wirtschaftsgeographische Auffassung wertvoll ist, und läßt damit das außer Betracht, was zwar dem Bereich der physischen Geographie angehört, aber ohne Einfluß auf die Wirtschaft ist. Bei aller Kürze und bei starker Verwendung kleinen Drucks werden wertvolle, individuell gestaltete Tatsachen und Schlüsse vorgetragen. Die einzelnen Kapitel enthalten mehr, als die knappen Überschriften vermuten lassen. So behandelt SAPPER unter dem Stichwort „Das feste Land" nicht nur die Lagerstätten, die Bodenarten und den vertikalen Aufbau, sondern er geht auch auf das weitschichtige Kapitel der Bewässerung ein. Von besonderer Wichtigkeit ist das Kapitel der Pflanzenwelt, das die urwüchsige und die Kulturvegetation in ihrer durch die natürlichen Tatsachen bedingten Anordnung schildert. Man erfährt hier aber auch manches andere; so werden in dem schönen, dem tropischen Urwald gewidmeten Abschnitt auch Schlüsse für Verkehrsanlagen gezogen. In ähnlicher Weise behandelt Verf. auch die Tierwelt.

Im 2. Hauptabschnitt spricht SAPPER über den Menschen als wirtschaftenden Faktor. Zu der für die Ausbreitung und Europäisierung der Wirtschaft so wichtigen Frage der menschlichen Akklimatisationsfähigkeit ist SAPPER dank seiner eigenen praktischen Erfahrung und seiner früheren schriftstellerischen Tätigkeit besonders befugt, Stellung zu nehmen. Ähnliches gilt von dem Kapitel der Arbeitergewinnung und der Behandlung der Arbeiter zumal in den Tropen, Fragen, die man bisher in wirtschaftsgeographischen Arbeiten vernachlässigte, die aber, wie die Ausführungen SAPPERS zeigen, in dieser Form am Platze sind. Kurz umrissen werden dann die einzelnen räumlichen Kulturreiche. Das iberische Amerika rechnet SAPPER trotz starker von ihm selbst geäußerter Bedenken zum westeuropäisch-romanischen Kulturkreis. Es scheint mir richtiger zu sein, auch das französische Untercanada dem romanischen, nicht dem germanischen Kulturkreise zuzuweisen. Das malayische Volksgebiet sondert Verf. von dem indischen als einen selbständigen Kulturkreis ab. Er scheint damit die indischen Einflüsse wohl zu gering zu veranschlagen, wie ja diese Gebiete auch keineswegs vorzugsweise von Heiden animistischer Anschauungen, die vielmehr durchaus in der Minderheit sind, bewohnt werden. Bedenken kann man vielleicht auch äußern gegen die Zuteilung einiger auf höherer Kulturstufe stehender Völker zu den Hyperboräern, wie der sibirischen Jakuten und bis zu einem gewissen Grade auch der Tungusen, wenigstens im südlicheren Teil ihrer Wohnflächen: auf einer weiter unten eingereihten Karte zeichnet ja auch SAPPER einen großen Teil der Wohnräume dieser Völker als zur Pflugkultur gehörig.

Besondere Aufmerksamkeit wendet Verf. dem Kapitel der Wirtschaftsstufen und -formen zu. Er bekämpft hier, wie so manche vor ihm, das FRIEDRICHsche System der Wirtschaftsstufen, die sich ohnehin nicht recht abgrenzen lassen, wie sich auch ihre mehr auf zeitlicher Entwicklung beruhende Gliederung nicht aufrechthalten läßt. SAPPER hat durchaus recht, wenn er sagt, daß für manche Gegenden der Erde auch die primitivste Wirtschaftsform zugleich auch die höchste sein und nicht durch eine andere „höhere" verdrängt werden kann. Man kann vielleicht noch weitergehen und sagen, daß in dem bei weitem größten Teil der Erde die europäische Pflugkultur, die man gewohnt ist, als die höchste Entwicklungsform anzunehmen, überhaupt nicht oder nur ganz vereinzelt Eingang finden kann. Auf Grund insbesondere der Forschungen von EDUARD HAHN verfolgt SAPPER die Verbreitung des Pflanzstock- (Säestock-), Grabstock- und Hackbaues über die Erde hin und bringt zunächst aus Berichten neuerer Forscher und Reisenden schöne Beispiele für die jeweilige Wirtschaftsweise in den einzelnen Tropengebieten. Diesen Beispielen folgen solche über den Garten- und Pflugbau. In ähnlicher, wenn auch kürzerer Weise behandelt SAPPER die Viehzucht und an Hand von Beispielen den Nomadismus und den Halbnomadismus, für deren Entstehung in den verschiedenen Gegenden auch verschiedene Möglichkeiten vorhanden sind. Die Almwirtschaft der höheren europäischen Gebirge möchte Verf. nicht zum Halbnomadismus rechnen, sondern ihr angesichts der festen Wohnsitze in ihren beiden Wirtschaftsräumen den Namen des „Wechselwohnbetriebs" geben. Es schließen sich kleine Abschnitte über Jagd und Fischerei sowie die Sammelwirtschaft an. Absichtlich kurz und daher auch in den Grundgedanken nicht erschöpfend ist das Kapitel, das Gewerbe, Industrie und Bergbau behandelt. Von den Karten, die dem 2. Hauptabschnitt beigegeben sind, sei noch die wirtschaftliche Ausnutzungskarte der Erde hervorgehoben. Allerdings geht sie wohl zu weit, wenn sie ganz Finnland, mit Ausnahme des nördlichen Küstengebietes, als vorwiegend der Viehzucht eingeräumtes Wirtschaftsgebiet betrachtet. Im Südwesten dürfte doch wohl der Pflugbau charakteristischer sein. Offenbar ist auch im mittleren und östlichen Sibirien die Pflugbauzone etwas zu breitflächig angelegt.

Im 3. Hauptabschnitt gibt SAPPER eine Übersicht der Gütererzeugung, freilich in gedrängter Kürze. Hier wird ein reiches Zahlenmaterial geboten, allerdings im allgemeinen auf die Vorkriegsverhältnisse

zurückgegriffen. Vielleicht wären einzelne ergänzende Bemerkungen bei den wichtigeren Kulturen zu empfehlen gewesen, zumal bei Früchten wie dem Weizen, bei dem der Krieg so mächtig anregend auf die Ausbreitung in überseeischen Ländern (Canada, Südamerika) gewirkt hat. Bei Kulturen der wärmeren Zone werden auch Nachkriegsergebnisse mitgeteilt. Die Ausführungen werden begleitet von Kartenskizzen, die hauptsächlich von G. HEISE herrühren. Diese Skizzen bedürfen wohl im einzelnen noch der Ergänzung. So ist das Flachsanbaugebiet in Osteuropa entschieden viel größer, als es auf der Karte erscheint. Es ist auch nicht recht einzusehen, warum die Karte wohl der Bedeutung der Holzwirtschaft in größeren Teilen von Skandinavien und Finnland gerecht wird, sie aber für das nördliche Rußland ignoriert. Auch die Wichtigkeit der Viehzucht in den pontischen Steppen wird zu schwach angedeutet.

Sehr bemerkenswert ist der Hauptabschnitt, der dem Handel gewidmet ist. Einleitend gibt SAPPER einen kurzen Überblick über die sachlichen Schwierigkeiten, die einer kritischen Sichtung des statistischen Materials bei der Handelsbewegung entgegenstehen. Er stützt sich bei der Bewertung des Außenhandels der einzelnen Länder auf den statistischen Atlas von ZUCKERMANN, dem die Vorkriegsverhältnisse zugrunde gelegt sind. In Tabellen werden die Länder der Reihe der kommerziellen Groß-, Mittel- oder Kleinstaaten zugeteilt. Auch hier ist zu bedauern, daß die Nachkriegstatsachen nicht eingehender berücksichtigt wurden, wenn gewiß auch die Schwierigkeiten und Bedenken groß sind. Sie würden das riesige Emporschnellen der Union zeigen, aber auch — selbst wenn man von den Staaten absieht, bei denen die Neugliederung ohnehin selbstverständlich schwerwiegende Änderungen herbeigeführt hat — für andere Länder bemerkenswerte Wandlungen in der Handelsstellung zeigen. Von den Staaten und Ländern, bei denen der Anteil am Welthandel vor dem Kriege unter 0,1% blieb, die daher als Zwerghandelsstaaten bezeichnet werden müssen, ist Neu Fundland und auch wohl die Kongokolonie in die Reihe der „kommerziellen Kleinstaaten" aufgerückt. SAPPER geht dann auf die Handelsbeziehungen zwischen und innerhalb der einzelnen Erdteile ein. Vorzüglich ist namentlich der kurze Passus zu nennen, der das Vordringen der Vereinigten Staaten in und außerhalb der Neuen Welt schildert.

Verhältnismäßig recht kurz ist der 5. Hauptabschnitt, der sich dem Verkehr zuwendet, bei aller Knappheit aber auch den neuesten Verkehrseinrichtungen einige Worte widmet. Im Anhang wird eine Übersicht der wirtschaftlichen Einheiten geboten, die nicht nur kleine Inseln getrennt aufführt, sondern auch fest mit der russischen Räteföderation verknüpfte Gebiete, die man zum größten Teil, wenn nicht sämtlich, nach außen hin ebensowenig als „Einheiten" bezeichnen kann, wie die „Länder" des Deutschen Reiches. Die Tabelle enthält Flächenraum und Einwohnerzahl der betreffenden Gebiete, die Handelsbewegung nach ihren Ergebnissen teilweise aus der Vor-, teilweise aus der Nachkriegszeit, ferner die wichtigsten Ausfuhrwaren.

Alles in allem verdient SAPPERS Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie aufmerksame Beachtung, zumal sie sich vielfach in ganz neuen Gedankengängen bewegt und ein sehr umfangreiches Material auf beschränktem Raum zu meistern sucht.

W. TUCKERMANN, Mannheim.

MAULL, OTTO, **Politische Geographie.** Berlin: Gebrüder Borntraeger 1925. XVI, 742 S. und 29 Textkarten. 17 × 26 cm. Preis RM 36.—.

Der Politischen Geographie oder „Geopolitik", wie sie als Glied der Staatswissenschaft nach KJELLÉNS Vorgang neuerdings oft bezeichnet wird (ein inhaltlicher Unterschied zwischen beiden Bezeichnungen ist kaum anzuerkennen), sind in den letzten Jahren energische Bemühungen gewidmet worden, um sie aus dem Stadium des durch mehr oder weniger geistreiche Aphorismen illustrierten Postulats zur wirklichen systematischen Wissenschaft zu erheben. Selbstverständlich hat vor allem der Weltkrieg mit seinen Folgen vielen die Augen für die Bedeutung der geographischen Umstände in der Politik geöffnet und den Ruf nach geographischer Begründung der Politik und geographischer Erziehung der Staatsmänner laut werden lassen. Jedoch gerade der mangelhafte wissenschaftliche Ausbau der politischen Geographie stand bisher der Erfüllung der Forderung entgegen, und jene neueren Bemühungen hatten trotz vieler guter, ja zum Teil vorzüglicher Einzelleistungen noch keinen durchschlagenden Erfolg erzielt, handelt es sich dabei doch um eine Gruppe der kompliziertesten Lebensgebilde auf der Erde, die Staaten, deren Wesen mit den bisherigen juristischen und soziologischen Methoden nur unzulänglich erforscht war. Das vorliegende Buch der Frankfurter Geographen bedeutet einen großen, freudig anzuerkennenden Fortschritt. Es zeichnet sich zunächst durch eine klare und wohldurchdachte Disposition aus, was man von vielen Versuchen auf diesem Gebiete nicht sagen konnte (namentlich das an sich zweifellos grundlegende RATZELsche Werk ließ ein einheitliches Prinzip in der Disposition überhaupt nicht erkennen). Auf eine gut unterrichtende und gerecht urteilende geschichtliche Einleitung über die Entwicklung der politischen Geographie folgt als 1. Hauptteil eine Untersuchung über das Wesen des Staates, als „Raumorganismus", wie er mit zutreffender Begründung genannt wird. Der 2. Hauptteil enthält die analytische Politische Geographie, die wieder zerfällt in die Morphographie (Beschreibung der äußeren Erscheinungsformen, als Größe, Gestalt, Grenzen, Lage) und in die Morphologie der Staaten. Letztere enthält die eigentliche — genetisch begründende — Analyse der geographischen Staatengestaltung, und zwar nach 3 Hauptgesichtspunkten, nämlich a) die Naturlandschaften in ihren einzelnen Faktoren (einschließlich des Klimas) und ihren Haupttypen als physische Unterlagen der Staatengestaltung, b) die menschlichen Gemeinschaften als Träger des Staatsgedankens, endlich c) die durch die menschliche Arbeit geschaffenen Kulturlandschaften als Staatsräume im eigentlichen Sinne, wobei insbesondere die Lage und Verteilung der Wohnzellen (Siedlungskomplexe), die Verkehrsadern und der Nährboden mit dem so wichtigen Problem der Autarkie erörtert werden. Als 3. Hauptteil macht dann eine synthetische Politische Geographie den Beschluß; sie versucht vor allem an der Hand geschichtlicher Beispiele, ja man kann geradezu sagen in Form einer kurzen geographisch gesehenen Weltgeschichte, das Zusammenwirken der aus der Analyse gewonnenen Faktoren in der geschichtlichen und gegenwärtigen Wirklichkeit verständlich zu machen. — Neben der guten Disposition und der anerkennenswerten Urteilskraft des Verf. verdient namentlich Lob die philosophische Besonnenheit, mit der er seine allgemeinen Grundsätze formuliert und die Politische Geographie in das Gesamtsystem der Wissenschaften

eingliedert; hier hatten bisher eigentlich nur HETTNER und SCHLÜTER verdienstvolle Vorarbeit geleistet, und der Fortschritt besonders über SUPAN, aber auch über RATZEL, hinaus ist gar nicht zu verkennen. Ich verweise z. B. auf den Abschnitt über die Methoden und Aufgaben der Politischen Geographie, insbesondere über das Verhältnis von Geographie und Geschichte. Mit Recht wird das angebliche Nebeneinander einer geographischen und einer geschichtlichen Kausalität verworfen. Wie alle Naturerscheinungen lassen sich auch die Lebensformen und Betätigungen der Staaten verstehen als die Aktion eines Willenszentrums, dem die Kräfte der Umwelt entgegenwirken. Aus dem Zusammentreffen der endogenen und der exogenen Energien, die sich wechselseitig beeinflussen und umgestalten, geht dann die äußere „wirkliche" Erscheinungsform hervor. Bedeutende geschichtliche Persönlichkeiten, die die Historiker gern in Gegensatz zur geographischen Kausalität bringen möchten, sind zwar gewiß besonders bemerkenswerte Äußerungen der in der Volksgemeinschaft verkörperten Willenskraft, aber sie sind in ihrem Wesen, ihrer Genesis, genau so von physisch-geographischen Verhältnissen beeinflußt und in ihrem Wirken genau so von solchen abhängig wie die Volksgemeinschaft überhaupt. — Auf weitere Einzelheiten kann im Rahmen dieser kurzen Besprechung selbstverständlich nicht eingegangen werden. Zu mancherlei kritischen Bemerkungen würde namentlich der synthetische Teil Anlaß geben. So scheint mir z. B. (S. 601ff.) der Begriff des „Einheitsgebietes" oder „Einheitsraumes" nicht klar genug definiert. Es wird nicht recht deutlich, welcher Unterschied zwischen „Einheitsgebieten" und „Ländern" besteht. Die Erläuterung auf S. 609—610 trifft meines Erachtens nicht das Richtige: nicht, wie MAULL will, in der engen organischen Verknüpfung der einzelnen Raumelemente liegt das Wesentliche der „Einheit" — diese organische Verknüpfung ist in jeder einigermaßen ausgeglichenen Gestaltung vorhanden —, sondern in der (relativ) großflächigen Ausdehnung ein und derselben Verbindung von Strukturelementen. Der Begriff des „Landes" bei MAULL (S. 607f.) ist nahe verwandt mit dem, was R. SIEGER „natürliches Verkehrsgebiet" nennt, unterscheidet sich aber von diesem durch das stärkere Hervortreten des menschlichen Zweckgedankens, was Verf. freilich nicht genügend hervorhebt. Ohne die menschliche Tendenz, bestimmte Landschaften und Landschaftsteile zu einem Ganzen zusammenzuschließen, gäbe es wohl „natürliche Verkehrsgebiete" (im Sinne SIEGERS) und „Einheitsräume" (im Sinne MAULLS), aber nicht „Länder". Dies ließe sich gerade an den von MAULL angeführten Beispielen nachweisen, doch muß ich hier darauf verzichten. Ein Irrtum MAULLS ist es auch, wenn er (S. 602, Anm. 1) meint, daß SÖLCH die Areale der geographischen Strukturelemente als „Choren" bezeichne; diese Areale heißen bei SÖLCH vielmehr „Georäume", und die „Choren" sind gleichbedeutend mit MAULLS „Einheitsgebieten".

Diese wenigen Einwände möge man nur als Beweis auffassen, daß MAULLS Werk auch da, wo man anderer Meinung ist, durch seine gründliche Art zu weiterem Nachdenken und Forschen anregt. Es ist, alles in allem genommen, gegenwärtig zweifellos das beste Handbuch der politischen Geographie, als Unterlage beim wissenschaftlichen Unterricht und als neuer Ausgangspunkt der Forschung vorzüglich geeignet; höchst dankenswert sind auch die reichen Literaturangaben, besonders im synthetischen Teil, und die ausführlichen Register. Möchte vor allem der vom Verf. selbst so trefflich begründete Wunsch, daß das Werk zur praktischen Verwertung der in ihm vorgetragenen Lehren und Erkenntnisse beitragen möge, in Erfüllung gehen! Allzu hoffnungsvoll ist Ref. in dieser Beziehung bei unserem derzeitigen Bildungsstande nicht gestimmt, handelt es sich doch zumal beim vorliegenden Buch um ein umfangreiches und nicht leicht lesbares Werk, das mit Hingabe studiert sein will. Aber wir dürfen nicht müde werden zu betonen, daß eine Staatswissenschaft, die die politische Geographie nicht ausgiebig berücksichtigt, künftig den Namen einer Wissenschaft überhaupt nicht verdient. W. VOGEL, Berlin.

TITIUS, ARTHUR, **Natur und Gott.** Ein Versuch zur Verständigung zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Göttingen: Vandenhoek & Ruprecht 1926. X, 851 S. Preis geh. RM 24.—, geb. RM 27.—.

Die Bestrebungen, von denen der Verf. dieses bemerkenswerten Buches geleitet wird, verdienen in hohem Maße Dank und Anerkennung. Sie sind auf die Herstellung eines Friedens zwischen Wissen und Glauben gerichtet. Hierfür hat der Verf. grundsätzlich den Standpunkt verlassen, von dem aus bisher seitens der Theologen die Verhandlungen geführt worden sind, nämlich den des Kampfes von oben herab, und hat den Weg der schiedlich-friedlichen Auseinandersetzung eingeschlagen. Und um auf diesem Wege das Seine zu tun, hat er sich mit einer Energie und Ausdauer in das Studium des weitschichtigen Materials vertieft, das von der Gegenseite zum Weltbegriff beigebracht worden ist, welche die höchste Achtung verdienen. Bedenkt man, welche sachlichen Schwierigkeiten bei derartigen Studien dem entgegenstehen, dessen ursprüngliche Ausbildung nach wesentlich anderer Richtung stattgefunden hatte, ganz abgesehen von den inneren Hemmungen, welche sich dem Betreten eines bisher als feindlich angesehenen Gebietes entgegenstellen, so wird man unter allen Umständen mit lebhafter Teilnahme sich darüber unterrichten wollen, welche Ergebnisse ein solches ungewöhnliches und lobenswertes Unternehmen gezeitigt hat.

Diese Bemerkungen sind vorausgeschickt worden, um von vornherein den Sinn und Geist zu kennzeichnen, in welchem die nachfolgenden Darlegungen aufgefaßt werden sollen. Wie es bei einem solchen ersten Versuch nicht anders zu erwarten ist, haben sich mancherlei Schwierigkeiten und Wiederstände herausgestellt, welche die unmittelbare Annahme der von der anderen Seite vorgeschlagenen gemeinsamen Grundlage verhindern. Um sie zu beseitigen, müssen sie zunächst in aller Klarheit gekennzeichnet werden, und dies darf man wohl als die wichtigste Arbeit ansehen, die nun im Sinne des vom Verf. Angestrebten getan werden kann und muß.

Zunächst ein Blick auf die Ökonomie des Werkes.

Nach Vorwort und Einführung wird der Gegenstand in 8 Teilen behandelt: 1. Die Bedeutung der Natur für die Religion und ihre Geschichte. 2. Wissenschaftliche und religiöse Naturanschauung in der Geschichte des Christentums. 3. Das physikalisch-chemische Weltbild. 4. Das Leben und seine Formen. 5. Der Mensch im Lichte der Naturwissenschaft. 6. Der religiöse Wert des naturwissenschaftlichen Weltbildes. 7. Religion und Naturwissenschaft im Zusammenhange mit der Kulturphilosophie und der Erkenntnistheorie. 8. Abschließende Ergebnisse und letzte Fragen. Die ersten 300 Seiten sind der geschichtlichen Vorbereitung gewidmet. Dann folgt eine Darstellung der gegenwärtigen Naturwissenschaft bis zur Physiologie des Menschen, jedoch mit Ausschluß der Psychologie, von 270 Seiten, worauf dann die naturwissenschaftlich-religiösen Zu-

sammenhänge in etwa gleichem Umfange erörtert werden.

Von diesen 3 Teilen erscheint der mittlere als das Sorgenkind. Zwar gibt er ein Zeugnis dafür, mit welcher Sorgfalt der Verf. sich bemüht hat, die gegenwärtige Physik, Chemie und Biologie kennenzulernen und hat darin seinen Wert. Ob aber diese Auszüge aus den entsprechenden Schriften den Berufsgenossen des Autors unmittelbar von Nutzen sein werden, darf zweifelhaft erscheinen. Denn sie gehen häufig viel zu weit auf Einzelheiten ein, die aus den mitgeteilten Schlagworten sachlich nicht verstanden werden können. Und als maßgebende allgemein-philosophische Zusammenfassung der Gebiete können sie nicht gelten, weil die Darstellung aus zweiter und dritter Hand, wie sie hier notwendig vorliegt, doch die innere Sicherheit und Folgerichtigkeit nicht bringen kann, die nur dem Fachmann erreichbar ist. So ist z. B. S. 394 BERTHELOT mit BERTHOLLET verwechselt und die Erkenntnis des Einflusses der Mengenverhältnisse auf chemische Vorgänge vom Ende des 18. Jahrhunderts nach 1861 verlegt worden. S. 402 ist die Dielektrizitätskonstante der Luft mit der des Wassers verwechselt; S. 407, Anmerkung, ist die Erklärung der Katalyse unzutreffend. Der Verf. hätte besser getan, auf die zahllosen an ihm angeführten Einzelheiten in diesen Kapiteln zu verzichten, da sie zur Sache selbst nichts Entscheidendes beitragen und nur Angriffspunkte für rücksichtslose Gegner liefern. Das Ideal wäre hier eine reine Herausarbeitung des Grundsätzlichen und Wesentlichen zwar auf Grund jener Einzelheiten, aber ohne ihre Einzelangabe gewesen. Dazu finden sich mancherlei Ansätze, die durchgeführt werden könnten, während sie hier noch vom Detail gestört und unterdrückt werden.

Während in einem Gebiet, wo die eigene schaffende Arbeit des Verf. notwendig zurücktritt, zuviel oder vielmehr zu mancherlei geboten wird, hat der Berichterstatter aus dessen eigenem Arbeitskreise Wesentliches vermißt.

Dies ist vor allen Dingen eine Kennzeichnung und Beschreibung des „religiösen Erlebnisses", auf welchem das Sicherheitsgefühl des Glaubens beruht. Gerade für den Kreis der Naturforscher, dessen Beeinflussung ein Hauptzweck des Buches ist, muß dies als eine unbedingte Notwendigkeit bezeichnet werden, und hier hätte der Verf. gar nicht ausführlich genug sein können. Denn es handelt sich hier um den Schwerpunkt der ganzen Angelegenheit.

Der Naturforscher stellt fest, daß die Fortschritte der Wissenschaft allgemein bindende Beschaffenheit haben. Weil sie überall nachgeprüft werden kann, findet eine neue Entdeckung Aufnahme in den allgemeinen Wissensbestand, falls sie solche Prüfungen besteht. Sie ergibt eine Wahrheit, die zwar in der Folge eingeschränkt oder erweitert, bedingt oder auch umgefaßt werden mag, die sich aber in der Hauptsache als dauerhaft erweist und der sich niemand widersetzt, der Sachkenntnis hat.

Mit der religiösen Wahrheit verhält es sich durchaus anders. Sie wird als unbedingt sicher höchstens von dem empfunden, über den das religiöse Erlebnis gekommen ist. Hat er die Fähigkeit mitreißender Überlieferung durch Rede oder Schrift, so gewinnt er eine größere oder kleinere Anzahl Anhänger, bei denen aber das Gefühl der Sicherheit viel geringer ist und häufig durch andere Einflüsse ganz aufgehoben werden kann. Kein religiöses Erlebnis, von dem die Menschengeschichte weiß, hat die Kraft besessen, die ganze Menschheit zu erfassen und zu überzeugen, wie es jede naturwissenschaftliche Entdeckung kann. Und jenen Trägern solcher Erlebnisse, von denen wir Genaueres wissen, sind niemals Zeiten des Zweifels erspart geblieben, selbst wenn es ihnen zuletzt gelang, diesem die Zugänge zu ihrem Bewußtsein dauernd abzuriegeln.

Daraus ergibt sich unsere Auffassung des Verhältnisses zwischen Wissen und Glauben. In den älteren Zeiten des Menschengeschlechtes hat es einen Unterschied zwischen beiden nicht gegeben, und wir haben uns gewöhnt, die Summe zusammenfassender Gedanken, welche die Menschheit damals erarbeitet hatte, mit dem Sammelbegriff Religion zu bezeichnen. Durch einen sehr natürlichen psychologischen Vorgang bei den Trägern jener Weisheit, den Priestern, ist die Tendenz entstanden, die vorhandenen Weistümer als unveränderlich anzusehen und sich jedem Versuch einer Änderung zu widersetzen. Andererseits entstand zuerst langsam, dann beschleunigt ein Fortschritt über jenen Standpunkt hinaus, denn der Mensch ist unter allen Mitbewohnern der Erde durch die Eigenschaft des Fortschreitens ausgezeichnet. Dies ist die Quelle des Kampfes zwischen Religion und Wissenschaft. Sein Verlauf kann kurz dahin gekennzeichnet werden, daß die Wissenschaft sich ein Gebiet nach dem anderen zu freier Verfügung erkämpft, das vorher von der Religion gehalten war, und zwar erhebt sich im Laufe der Zeit die Grenze genau nach der Ordnung der Pyramide der Wissenschaften. An die Zeit, wo Ordnungswissenschaft, Mathematik und Geometrie der Religion angehörten, haben wir kaum Erinnerungen. Vielleicht darf der alttestamentliche Bericht, daß das Verbrechen einer Volkszählung von Gott durch eine Pest bestraft wurde, hierher gerechnet werden. Gegen die Mechanik in ihrer Anwendung auf Astronomie kämpfte zu Beginn der Neuzeit die Kirche mit aller Macht, und ebenso wurde die entwicklungsgeschichtliche Einreihung des Menschen in die Gesamtheit aller Lebewesen in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts als religionswidrig bekämpft.

In dem vorliegenden Werk finden wir diesen Standpunkt aufgegeben, *und insofern kennzeichnet es religionsgeschichtlich eine neue Epoche.* Die Trennungslinie wird nunmehr dorthin verlegt, wo das Gebiet des „Geistes" beginnt. Es ist daher natürlich, daß dem Verf. die Einbeziehung der Psychologie unter die Naturwissenschaften nicht zusagt und noch weniger unser Standpunkt, daß es nur *eine* Wissenschaft gibt und daher die Entgegensetzung von Natur- und Geisteswissenschaften ein zwar geschichtlich erklärlicher aber sachlich nicht gerechtfertigter Fehler ist. Auf die Wissenschaften vom Leben, denen die Psychologie als oberste einzuordnen ist, bauen sich die sozialen oder Kulturwissenschaften auf, wo die sog. Geisteswissenschaften ihre organische Unterkunft finden. Da diese noch weit von der Rationalisierung entfernt sind, die ihnen künftig bevorsteht, kann sich hier die Religion zur Zeit noch bewegen, ohne viel anzustoßen, wenn man ihr freilich eine ausschlaggebende Stimme nicht mehr wird zuerkennen können. Strittig ist vielmehr zur Zeit hauptsächlich die Psychologie, und dort liegt auch der vorher gekennzeichnete Schwerpunkt des gegenwärtigen Gegensatzes zwischen Wissenschaft und Religion. WILHELM OSTWALD, Großbothen.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

RÖNTGEN-ZAHNAUFNAHME

hergestellt auf einfach begossenem

„Agfa"-Röntgen-Zahnfilm

Glasklar, reiche Kontraste, neuartige saubere Packung

BERLIN Agfa SO 36

Leitz

monokulare und binokulare

Mikroskope

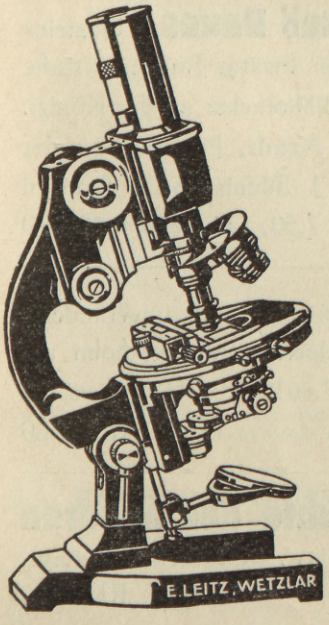
mit Leitz-Optik

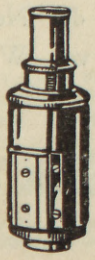
Nebenapparate für alle Untersuchungen
Dunkelfeldkondensoren höchster Apertur

Mikrotome

Taschenlupen, binokulare Präparierlupen

Liste: MIKRO 452 kostenfrei

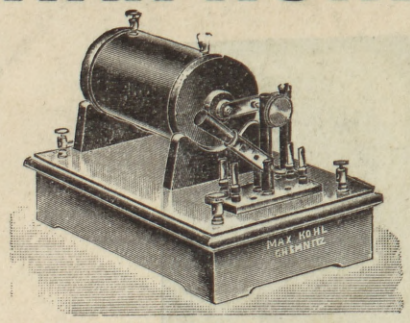




Ernst Leitz / Optische Werke / Wetzlar

MAX KOHL A.G. CHEMNITZ 6

Seit 1876 bestehend



Funkeninduktor mit Platinunterbrecher, Kondensator und Rhumkorffschem Kommutator

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

Listen, Kostenanschläge, Beschreibungen usw. auf Wunsch

(336)

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Struktur der Materie in Einzeldarstellungen. Herausgegeben von **M. Born**, Göttingen, und **J. Franck**, Göttingen.

Band I: **Zeemaneffekt und Multiplettstruktur der Spektrallinien.** Von Dr. E. Back, Privatdozent für Experimentalphysik in Tübingen, und von Dr. A. Landé, a. o. Professor für theoretische Physik in Tübingen. 225 Seiten mit 25 Textabbildungen und 2 Tafeln. 1925. RM 14.40, gebunden RM 15.90

Band II: **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. 1925. RM 15.—, gebunden RM 16.50

Das Atom und die Bohrsche Theorie seines Baues. Gemeinverständlich dargestellt von **H. A. Kramers**, Dozent am Institut für theoretische Physik der Universität Kopenhagen, und **Helge Horst**, Bibliothekar an der Königl. Technischen Hochschule Kopenhagen. Deutsch von **F. Arndt**, Professor an der Universität Breslau. 199 Seiten mit 35 Abbildungen, 1 Bildnis und 1 farbigen Tafel. 1925. RM 7.50, gebunden RM 8.70

Über den Bau der Atome. Von **Niels Bohr.** Dritte, 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. 1925. RM 1.80

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

*Hierzu eine Beilage vom Verlag **Julius Springer** in **Berlin W 9***

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 / Verantwortlich für den Anzeigenteil C. Lemke, Berlin W / Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig