

Stadl
büchere
Leipzig

4 3. 1926

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 9 (SEITE 149-172) 26. FEBRUAR 1926 VIERZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Die Synthesiologie von Martin Heidenhain als Versuch einer allgemeinen Theorie der Organisation. Von W. HUECK, Leipzig. (Mit 12 Figuren) 149	ZUSCHRIFTEN UND VORLÄUFIGE MITTEILUNGEN: Über Luminescenz hochverdünnter Flammen. Von H. BEUTLER, St. v. BOGDANDY und M. POLANYI, Berlin 164
Zur Frage nach der Existenz des Ekacaesiums. Von OTTO HAHN, Berlin-Dahlem 158	Zur Frage des analytischen Nachweises von Gold in Quecksilber. Von E. DUHME und A. LOTZ, Berlin-Siemensstadt 165
BESPRECHUNGEN: MÜLLER-POUILLETS Lehrbuch der Physik. III. Band, 2. Teil: Kinetische Theorie der Wärme. Von A. Eucken, Breslau 162	Die spezifische photochemische Wirkung bei der Kohlensäureassimilation nach den Versuchen von Wurmser. Von VICTOR HENRI, Zürich 165
WHITTAKER, E. T., Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper. Von P. P. Ewald, Stuttgart 163	Erwiderung auf vorstehenden Aufsatz. Von OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem 167
	Aus den Sitzungsberichten der preußischen Akademie der Wissenschaften 1925 168

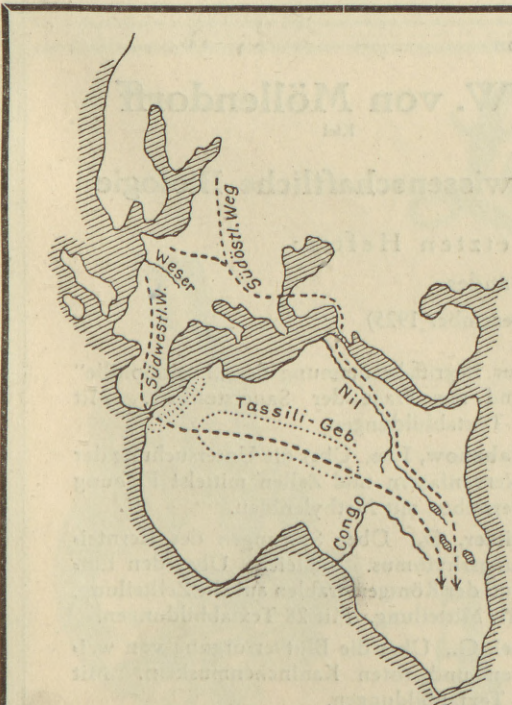


Abb. 5. Die zwei Zugwege des weißen Storches; die Weser bildet die Grenze der Wohngebiete. (Nach Lucanus, 1923. Karte 3 S. 55.)

Aus

Ergebnisse der Biologie

Herausgegeben

von

K. v. Fritsch **R. Goldschmidt**
München Berlin-Dahlem

W. Ruhland **H. Winterstein**
Leipzig Rostock

Erster Band

mit 130 zum Teil farbigen Abbildungen. 1926

678 Seiten

RM 36.—; gebunden RM 38.40

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

26

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 7.50. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. 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: $\frac{1}{2}$ 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.
Postcheckkonto Nr. 118935.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Zeitschrift für Zellforschung und mikroskopische Anatomie

Fortsetzung des Schultze-Waldeyer-Hertwigschen Archiv
für mikroskopische Anatomie
und der

Zeitschrift für Zellen- und Gewebelehre

Redigiert von

R. Goldschmidt und **W. von Möllendorff**

Berlin

Kiel

Abteilung B der Zeitschrift für wissenschaftliche Biologie

Aus dem Inhalt des letzten Heftes:

Heft 1 des 3. Bandes

(abgeschlossen am 18. Dezember 1925)

Möllendorff, Wilh. von, und Tomita, T., Durchtränkungs- und Niederschlagsfärbung bei der Wirkung der Beizenfarbstoffe. Zugleich: Untersuchungen zur Theorie der Färbung fixierter Präparate, vierter Beitrag. Mit 7 Textabbildungen.

Breslawetz, L., Die Entwicklung und allmähliche Degeneration der Plastiden in Blättern einiger Arten während des Sommers. Mit 11 Textabbildungen.

Neumann, Alfred, Über die Möglichkeit einer Postvitalfärbung der Leucocyten durch Eosin. Mit 2 Textabbildungen.

Neumann, Alfred, Über makrochemische Untersuchungen der eosinophilen Granulsubstanz der Leucocyten mit Bemerkungen

zur Begriffsbestimmung der „Eosinophilie“ und zur Frage der Sauerstofforte. Mit 2 Textabbildungen.

Balabanow, Leo, Über die Untersuchung der Nervenfasern und Zellen mittelst Färbung derselben mit Methylenblau.

Politzer, G., Über Störungen des Kernteilungsrhythmus. Zugleich: Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Zellteilung. III. Mitteilung. Mit 28 Textabbildungen.

Stoel, G., Über die Blutversorgung von weißen und roten Kaninchenmuskeln. Mit 3 Textabbildungen.

Roskin, Gr., Die Drüsenzelle von Pteropoda. Mit 19 Textabbildungen.

Preis des Heftes RM 16.—

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang

26. Februar 1926

Heft 9

Die Synthesiologie von Martin Heidenhain als Versuch einer allgemeinen Theorie der Organisation.

Von W. HUECK, Leipzig.

Als ich vor einiger Zeit (s. diese Zeitschr. 1923, Nr. 9) die Wandlungen aufzeigte, die die allgemeine Krankheitslehre in den letzten Jahrzehnten durchmacht, mußte zunächst die Stellung der Cellulartheorie in der modernen Biologie beleuchtet werden. Von den Forschern, die die Schwächen dieser Theorie am schärfsten und frühesten erkannt haben, wurde MARTIN HEIDENHAIN, der Tübinger Anatom, namhaft gemacht und zur Begründung auf ein in dieser Zeitschrift über seine Arbeiten erscheinendes Referat verwiesen. Äußere Zufälligkeiten verhinderten dies von einem Fachgenossen HEIDENHAINs in Aussicht genomme Referat. Wenn ich als pathologischer Anatom (auf Bitten des allzu früh verstorbenen BRAUS hin) es wage, dies Referat jetzt selbst zu schreiben, so tue ich es vor allem in der Überzeugung von der prinzipiellen Bedeutsamkeit der HEIDENHAINschen Lehre und zum Ausdruck meines Dankes an meinen ersten Lehrer in der Anatomie.

Die Beobachtungen und Gedankengänge HEIDENHAINs, die ihn zur Aufstellung der Synthesiologie, d. h. einer synthetischen Theorie der Organisation des tierischen Körpers, geführt haben, seien im Anschluß an eine von ihm selbst in der Klinischen Wochenschrift 1925, Nr. 3 und 11 gegebene Übersicht hier in folgender Weise wiedergegeben:

HEIDENHAIN geht aus von dem Versuch, die morphologische Verfassung des Körpers zu ergründen. Schon 1899 drückt er in einem Vortrag klar aus, daß die bisherige cellulare Theorie dazu nicht imstande sei. In Verfolg der von SCHWANN überkommenen Lehre hatte sie die Zelle zum letzten selbständigen Baustein des lebenden Organismus gemacht. Sein Ganzes war gleich der Summe der einzelnen Teile. HEIDENHAIN fühlte schon damals, daß ein Ganzes weit mehr ist. Löst man den Körper in eine Summe selbständiger Einzelindividuen auf, als welche man die Zelle betrachtet, so ist man verpflichtet zu sagen, durch welche Vorgänge sie gerade zu diesen besonderen Formen zusammenzutreten, um gerade diese besonderen Funktionen zu erfüllen. Er faßte also schon damals die heute jedem geläufige Vorstellung, daß ein Aggregat von Zellen und die Summe ihrer Eigenschaften keine Erklärung abgibt weder für die speziellen Formen, die wir im Körper beobachten, noch für die Funktionen, die wir an Gewebsverbänden und Organen beobachten. Diese zeigen zwar Eigenschaften, die auch den einzelnen Zellen zukommen, die sie zusammensetzen, aber sie zeigen auch Bau und Funktionen, die ihnen nur als einem in sich geschlossenen

und geordneten System zukommen. Es galt den Schlüssel zu dieser Ordnung zu finden.

HEIDENHAIN glaubte anfangs das Problem durch Auffindung einer bestimmten Richtungsorganisation in der Zelle lösen zu können. Er ging daher an ein umfassendes und sorgfältiges Studium der verschiedensten cellularen und protoplasmatischen Strukturen. Diese Arbeiten hatten zwar mancherlei Teilergebnisse (polare Organisation der Leukocyten 1894, polar-bilaterale Organisation der Darmepithel- und Flimmerzelle 1899), machten ihn auch zu einem unserer kenntnisreichsten und technisch überlegensten Mikroskopiker (was seinen Ausdruck in dem bekannten Werk über „Plasma und Zelle“ 1907 und 1911 fand), führten aber wegen der Schwierigkeit des Objektes noch nicht zu dem gewünschten Ziel. Erst die Untersuchung fibrillärer Strukturen, besonders des Muskels (1898 begonnen), führte zur Auffindung einer Lösung, die sich ihm in der Folgezeit als fruchtbar erwies. Es war die Entdeckung vom *Stufenbau des Organismus auf der Basis der Fortpflanzungserscheinungen der Teilkörper*.

Ihr liegt die nachfolgende Vorstellung zugrunde: Der Organismus ist kein Aggregat verschiedenartiger Bausteine, sondern ein ganz bestimmtes Ordnungssystem. Dies besteht darin, daß jeweils ein System einfacherer Ordnung in einem System höherer Ordnung enthalten ist. Nehmen wir als Beispiel den Muskel, so sind hier Systeme verschiedener Größenordnung ineinander geschachtelt: Fibrillen, Säulchen, Muskelfasern, Fleischfasern und schließlich der makroskopische Muskel. Die einzelnen Systeme sind nun dadurch gekennzeichnet, daß sie bestimmte Formstücke in ständiger Wiederholung enthalten. Dies sind die von HEIDENHAIN (in Anlehnung an WIESNER) sog. „Teilkörper“ oder „Histomeren“. Ein Histomer niedriger Ordnung tritt mit einer bestimmten Zahl anderer Histomeren zu einem „Histosystem“ höherer Ordnung zusammen. So ist z. B. das Histosystem „Zelle“ zusammengesetzt aus den Histomeren: Kern, Zentrum, GOLGISCHE Apparatur, Fibrillen, Grundmasse — das Histosystem „Kern“ wieder aus den Chromosomen und der sie enthaltenden Grundmasse — das Histosystem „Chromosom“ aus Chromiolen und Lininfäden usw. Oder anders ausgedrückt: der Kern ist ein Histomer, d. h. Teilkörper der Zelle, die Zelle ist das ihn umschließende Histosystem; der Kern selbst ist wiederum ein Histosystem, in dem das Chromosom als Teilkörper, Histomer, enthalten ist usw.

Natürlich erhebt sich die Forderung nach einer scharfen Umreißung des Begriffs „Teilkörper“. Wie der Namen sagt, sieht HEIDENHAIN als seine wesentliche Eigenschaft das *Teilungsvermögen* an.

Die histologische Forschung des letzten Jahrhunderts hat gezeigt, daß das Vermögen der Fortpflanzung durch Teilung in der belebten Natur allenthalben vorkommt, daß es keineswegs nur der Zelle anhaftet, sondern daß auch Kern, Centrosomen, Plastosomen usw. das Vermögen der Selbstteilung besitzen. Es lag deshalb nahe, in diesem Teilungsvermögen eine grundlegende Eigenschaft lebender Systeme zu sehen. Macht nun diese Eigenschaft bei der Zelle nicht halt, so drängt sich einerseits sofort die Frage nach den kleinsten Lebenseinheiten auf, die eben noch dieses Vermögen der Selbstteilung besitzen, und andererseits erhebt sich die Forderung des Nachweises der Teilbarkeit von Zellverbänden als Ganzes.

Die erste Frage glaubt HEIDENHAIN so beantworten zu sollen, daß er — wie dies bekanntlich zahl-

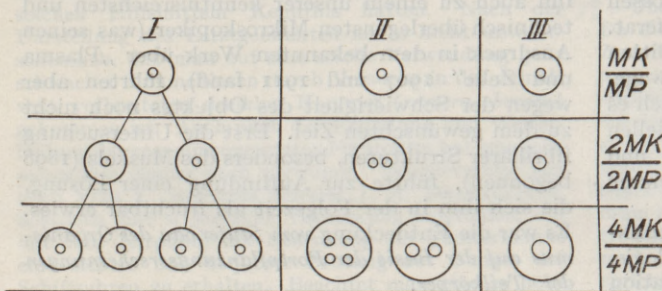


Fig. 1. Schema zum synthetischen Wachstum der Zellen durch Verdoppelung des Plasmavolumens.

reiche Forscher tun — diese kleinsten Einheiten jenseits des mikroskopisch Sichtbaren sucht. Er sieht es als ein logisches Postulat an, daß die mechanische Teilbarkeit eine Form unseres kategorialen Denkens ist. Dann muß auch das Protoplasma solange als aufteilbar *gedacht* werden können, bis man an die Grenze kommt, jenseits welcher es in seine unlebendigen Bestandteile Eiweiß, Salze, Wasser zerfällt. Unmittelbar vor dieser Grenze muß der ultimus terminus der lebendigen Substanz, der kleinste mögliche Formwert, welcher zugleich auch die gesuchte kleinste physiologische, durch Selbstteilung fortpflanzungsfähige Einheit ist, liegen. Diese bezeichnet HEIDENHAIN als „Protomer“. Die Protomerentheorie besagt also zugleich, daß die Fortpflanzbarkeit eine Eigenschaft der lebendigen Masse ist — ebensogut wie Stoffwechsel und Irritabilität —, und daß nicht das kleinste lebende Teilchen jemals von neuem entstehen könne, sondern eine lebendige Mutter haben muß, d. h. immer nur von seinesgleichen abstammt.

Diese Theorie hat ihre Brauchbarkeit zunächst als Arbeitshypothese dem Autor insofern aufs beste bewiesen, als es ihm gelungen ist, „das Gesetz des Wachstums der lebendigen Masse in kon-

stanten Proportionen“ aufzustellen und unter Mithilfe seines Schülers JACOB am Objekt durch Messung zu bestätigen. Ausgangspunkt war die von R. HERTWIG (1903) gefundene und von BOVERI (1905) experimentell ausgebaute Kern-Plasma-Regel, die besagt, daß die Masse des Kerns und die Masse des Plasmas in konstanter Relation steht,

$$\left(\frac{\text{Masse des Kerns}}{\text{Masse des Protoplasmas}} \text{ in Fig. 1} \right),$$

das Verhältnis von Kern-Protoplasma bleibt bei Wachstum und Teilung der gleichen Zellart immer dasselbe (s. Reihe I der Fig. 1). Im Sinne der Protomerentheorie würde das bedeuten, daß je im Kern- und Zellplasma eine konstante Summe teilungsfähiger Lebenseinheiten, der Protomeren, enthalten ist, welche bei Gelegenheit der Zellteilung für gewöhnlich vollkommen durchgespalten werden. Es kommen nun bekanntlich Fälle vor, wo nur der Kern sich teilt, die regelrechte Teilung des Zellleibes aber ausbleibt. Es entstehen dann mehr-

kernige Zellen mit 2, 3, 4 usw. Kernen. HEIDENHAIN bezeichnet diese als Zwillinge, Drillinge, Vierlinge, oder als Di-, Tri-, Tetra- usw., kurz als Polymere der einfachen Zelle (s. Reihe II der Fig. 1). Die vielkernige Muskelfaser im reifen Zustand ist ein solches Polymer der anfangs einkernigen, embryonalen Muskelzelle: die Kerne haben sich geteilt, das Protoplasma muß für die äußere Betrachtung als ungeteilt geblieben bezeichnet werden. Aber das Plasmavolumen ist entsprechend vermehrt, was nach HEIDENHAIN auf einer Teilung der (unsichtbaren) Protomeren im Plasma beruht. Im Gegensatz zu der „effektiven“ Teilung

des Histosystems Kern spricht HEIDENHAIN daher in diesem Falle beim Histosystem Plasma von einer „inneren“ Teilung oder einer Teilung „der Anlage nach“.

Nun gibt es Fälle (s. Reihe III der Fig. 1), wo auch die Kernteilung ausbleibt. Hier wachsen Kern und Protoplasma lediglich auf dem Wege der „inneren Teilung“. Die objektive Messung hat die Richtigkeit dieses Gedankens bestätigt: JACOB hat in sehr mühsamen und äußerst sorgfältig durchgeführten Untersuchungen zunächst die Volumina der Kerne der Leberzellen der Maus bestimmt (die der Zellen selbst sind wegen ihrer polyedrischen Form unbestimmbar) und sie nach Variationskurven geordnet. Er fand, daß 4 Kerngrößen am häufigsten sind, die sich rechnerisch fast genau wie 1 : 2 : 4 : 8 verhalten, wobei in der embryonalen Leber nur Kerngrößen der ersten Kurve (mit dem niedrigsten Maximum) vorkommen. Diese Beobachtung entspricht also der theoretischen Forderung eines rhythmischen Wachstums eines Histosystems durch Verdoppelung der gesamten, in seiner lebendigen Substanz enthaltenen, teilungsfähigen Lebenseinheiten oder Protomeren.

Wenn sich das Wachstum in konstanten Proportionen bei dem Histosystem „Kern“ leicht nachweisen läßt [JACOBY¹⁾ ist es noch an zahlreichen anderen Objekten gelungen], wird dies beim Protoplasma größere, vielleicht zunächst unüberwindbare Schwierigkeiten haben, da es — abgesehen von der oft durch die äußere Form bedingten Unmöglichkeit einer rechnerischen Volumenbestimmung — eine wechselnde Menge unlebendiger Einschlüsse enthalten kann, die nicht in Abrechnung zu bringen sein werden. Doch wird man bei der anderweitig sichergestellten konstanten Kern-Plasma-Relation vielleicht das für den Kern Gefundene auch auf das Protoplasma übertragen dürfen.

Wie steht es nun mit dem Nachweis, daß es auch der Zelle übergeordnete Histosysteme gibt, die das Vermögen der Teilbarkeit zeigen? Dies konnte HEIDENHAIN an zahlreichen Objekten in schönster Weise beobachten. Jedem Betrachter des Organismus drängt sich die Erscheinung auf, daß der typische Aufbau zahlreicher Organe durch die fortdauernde Wiederholung bestimmter Formwerte gegeben ist: die epithelialen Röhren und Lappchen der Drüsen, die Zotten der Dünndarmschleimhaut, Papillen der Zunge, Follikel der Schilddrüse, Fasersysteme der Muskeln und Sehnen usw. Diese Formwerte treten „in hoher Auflage“ auf, und schon das letzte HEIDENHAIN den Gedanken nahe, sie könnten „effektiv“ — also in sichtbarer Form, so wie sie vorlagen — oder „in der Anlage“ durch Teilung, Spaltung, Knospung bestimmter Teilkörper niederer Ordnung (Zellen und Zellkomplexe, Muskelfasern, Bindegewebsbündel usw.) entstanden sein, die dann durch eine Art Synthese zu — unter Umständen abermals teilbaren — Histosystemen einer oberen Ordnung zusammentreten. In der Entwicklung würden wir also eine aufsteigende Synthese mit stetigen Übergängen von den niederen zu den höheren Graden der Mannigfaltigkeit vor uns haben. Diese Synthese kann sich — in Analogie zu dem chemischen Begriff — in einer tatsächlichen Verbindung vorher getrennter Teile äußern (Neuronen mit Erfolgsorgan u. a.), wird aber oft nur darin bestehen, daß die sich vermehrenden Formwerte unter Aufrechterhaltung ihres primären embryodynamischen

¹⁾ Die ausführliche Arbeit JACOBYs konnte ich leider erst nach der Niederschrift dieses Referates kennenlernen. Sie ist im Arch. f. Entwicklunsmech. 106 erschienen. Die Untersuchungen belaufen sich auf die Kerne der Leberzellen von Proteus, Maus, Ratte und Echidna — des Pankreas von Ratte und Maus — der interstitiellen Zellen des Schweinehodens — der Belegzellen der Fundusdrüsen des Katzenmagens — der Niere der Maus. Abgesehen von der grundlegenden Bedeutung der ausgezeichneten Untersuchungen für die Protomerentheorie enthalten sie wertvolle Beobachtungen über die Bedeutung der Amitose für das Wachstum und für die rhythmische Periodik der lebenden Substanz.

Zusammenhangs in Kombinationen höherer Ordnung übergehen — z. B. werden die Epidermiszellen, die embryonalen Drüsenröhren, die Scheitelknospen der wachsenden Drüsenbäumchen bei ihrer „Teilung“ sich äußerlich nicht vollständig durchteilen, ihre Nachkommen verharren in einem primären Zusammenhang. Dies ergibt dann die von HEIDENHAIN sog. „Stockbildung“ oder den „Histokormus“ — in Analogie zur Stockbildung wirbelloser Tiere. Hier kommt aufs schärfste der Gegensatz HEIDENHAINs zur bisherigen „Bausteintheorie“ des Organismus zum Ausdruck. Diese ließ bei den Teilungsfolgen alles in einzelne Individualitäten zerfallen, HEIDENHAIN läßt die sich teilenden Gebilde auseinandertreten, aber in einem gegebenen lebendigen Zusammenhang bleiben. Er möchte das „Diachorese“ nennen. Vermehrung der Formwerte durch „Teilung“ und „Synthese“ sind also Bezeichnungen für den nämlichen Vorgang, der nur von zwei Seiten betrachtet wird. Und der

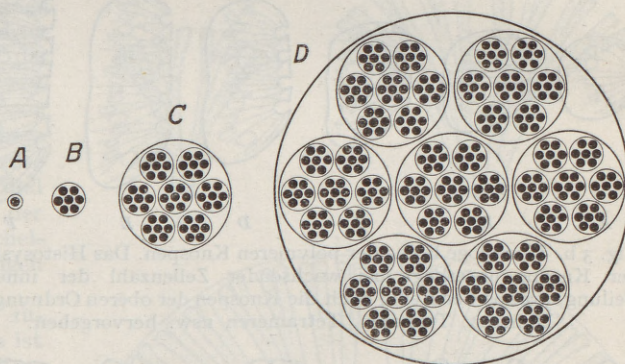


Fig. 2. Konstruktive Darstellung der Entstehung eines Schachtelsystems auf der Grundlage der fortgesetzten Spaltung eines teilbaren Formwertes bei gleichzeitiger Zunahme der Zwischensubstanz.

„lebendige Zusammenhang“ ist bei HEIDENHAIN deshalb kein unvorstellbarer leerer Terminus, Synthese also keine Phrase, weil er durch den Nachweis der abermaligen Teilungsfähigkeit des in diesem Zusammenhang stehenden Gebildes als Ganzes (siehe Scheitelknospen der Drüsenbäumchen) jederzeit demonstriert werden kann. Die Durchforschung des Organismus ließ nun zuerst am Aufbau des Muskels (1899–1902) das Prinzip der Synthese von Teilkörpern zu höheren Ordnungssystemen aufs klarste erkennen, und zwar geht hier, wie jeder Querschnitt leicht zeigt, die Zusammenfügung der Teilkörper in Form des „Schachtelsystems“ vor sich. Die Vorgänge sind an den Muskelfibrillen, die streng nach den Dimensionen des Raumes ausgerichtet sind, am besten sichtbar. Je mehr eine Faser an Kaliber zunimmt, um so mehr zeigt sie auf dem Querschnitt das Bild, das in Fig. 2 in aufsteigender Folge schematisch dargestellt ist: Zunächst sieht man bei A den Querschnitt einer Fibrille mit geringer protoplasmatischer Umhüllung; durch Teilung in eine bestimmte Zahl (im Schema sind 7

willkürlich angenommen) von Tochterelementen entsteht — die zunächst unsichtbare Protomeren- teilung im Protoplasma wird kenntlich an der entsprechenden Volumenzunahme des Protoplasmas — ein bestimmtes Histosystem höherer Ordnung *B*, das wiederum durch entsprechende Zerlegung in 7 Teilkörper in die analoge Form *C* übergeht, diese in *D* usw.

Die Muskelfasern der Insekten und Krebse zeigen dieses „Schachtelsystem“ (Enkapsis) aufs schönste, die Wirbeltiere weniger, weil bei ihnen

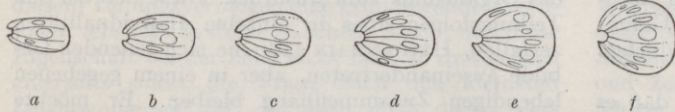


Fig. 3 a. Homologe Reihe der einporigen Knospen. Das Histosystem der Knospe wächst durch Teilung der nächst untergeordneten Histomeren, nämlich der Zellen.

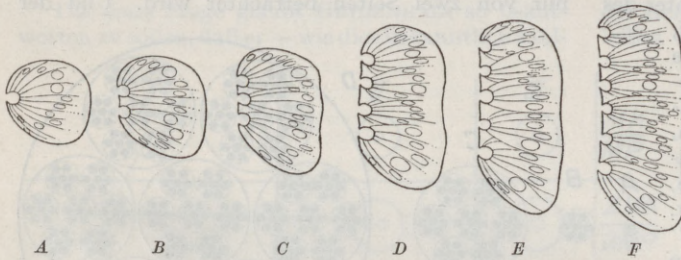


Fig. 3 b. Homologe Reihe der polymeren Knospen. Das Histosystem der Knospe unterliegt bei wachsender Zellenzahl der inneren Teilung, woraus der Reihe nach die Knospen der oberen Ordnungen, Dimeren, Trimeren, Tetrameren usw. hervorgehen.

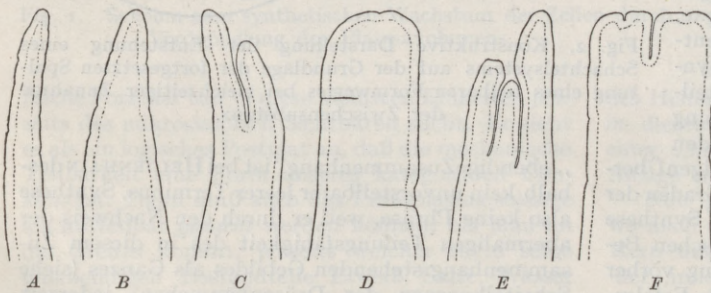


Fig. 4. Homologe Reihe der Darmzotten. *A* = Monomere; *B* = ungeteilte, *C* = geteilte Dimere; *D* = ungeteilte, *E* = geteilte Trimer; *F* = Tetramere. *A* = zylindrische, *B*–*F* = flache Formen der Dünndarmzotten aus dem Jejunum der Katze.

das die teilbaren Fibrillen enthaltende Sarkoplasma nicht in gleichem Maße zunimmt. HEIDENHAIN muß hier eine „Latenz“ des einen Teilkörpersystems annehmen. Andererseits zeigt auch bei den Wirbeltieren bekanntlich ein Querschnitt durch einen ganzen Muskel ein typisches Schachtelsystem, insofern sich Muskelfasern und interstitielles Bindegewebe gleichmäßig durch Spaltung vermehrt haben.

Es folgen, um etwa die zeitliche Reihenfolge der HEIDENHAINschen Untersuchungen einzuhalten, die

Arbeiten über die Teilkörpernatur der Dünndarmzotten (1911) und Geschmacksknospen (1914). Der Raum verbietet es leider, im einzelnen den Gang dieser Untersuchungen darzulegen. Es ist das insofern bedauerlich, als nur hierdurch der Leser ein Bild von der ungemein sorgsam und äußerst mühevollen Arbeit bekommen würde, die hier geleistet ist. Gilt es doch zunächst ein klares Bild von der räumlichen Gestalt, dem körperlichen Aufbau der zu untersuchenden Gebilde zu schaffen. Auch unabhängig von der Beurteilung der Theorie

als solcher sind hier dauernd wertvolle Tatsachen über Aufbau und Wachstum ans Licht gekommen. Die Ergebnisse können — in der Deutung natürlich, die ihnen HEIDENHAIN geben zu müssen glaubt — an dieser Stelle nur in Form der kurzen Schemata aus den Arbeiten des Verf. wiedergegeben werden. Die Geschmacksknospen (untersucht wurden die in der Papilla foliata des Kaninchens) können in der Weise wachsen, daß sich die in ihnen enthaltenen Zellen durch Teilung vermehren (s. Fig. 3a): in der Nomenklatur HEIDENHAINs: das Histosystem Geschmacksknospe wächst durch Teilung der nächst untergeordneten Histomeren, der Zellen. Man kann diese Knospen in einer homologen, aufsteigenden Reihe ordnen von den kleinsten bis zu den größten, deren Glieder etwa je um eine Zelle wachsen. Das wären die „Monomeren“, in denen der Teilkörper „Geschmacksknospe“ nur einmal vertreten ist. Daß diese durch Synthese entstanden ist und dauernd einen lebendigen inneren Zusammenhang hat, beweist das Vorkommen einer Teilung der Knospe als solcher, kenntlich an der Verdoppelung der Pore und der Ampulle der Knospe und der Zellen (s. Fig. 3b). Dabei unterbleibt häufig die vollkommene Trennung der Gebilde durch Auftreten der Scheidewand, die Tochterknospen bleiben in teilweisem Zusammenhang (s. oben), und so entstehen die Zwillings-, Drillings- usw. -Formen (Di, Tri- bis zur Hexamere) der Fig. 3b.

Eine ähnliche Reihe läßt sich für die Darmzotten aufstellen (s. Fig. 4). Hier kannte man seit langem die „zylindrischen“ (Fig. 4A) und „flachen“ (Fig. 4B–F) Zotten, und HEIDENHAIN zeigt, daß letztere in ihrer Grundfläche ein bestimmtes Vielfache (es fand sich ein mittleres Verhältnis wie 1 : 2 : 3 : 4) der zylindrischen Zotte zeigen, und daß (s. z. B. *E* und *F* in Fig. 4) viele der ungeteilten flachen Zotten äußerlich entsprechend ihrem Formwert (Vielfaches der einfachen) eingefurcht sind. Er faßt also die flachen Zotten als ent-

sprechende Mehrlinge der einfachen auf, wobei entweder die Teilung äußerlich ganz unterblieben ist oder sich partiell in den Furchen und Kerben verrät. Wieder also wie bei den Geschmacksknospen treten bei den Dünndarmzotten Histosysteme einer niederen Ordnung (Epithelzellen, glatte Muskelzellen, Bindegewebszellen usw.) zu einem Histosystem oberer Ordnung, dem Körper der Zotte, zusammen, welche ihrerseits als ein Ganzes teilbar ist. Unterbleibt die Teilung äußerlich oder findet sie nur partiell statt, so entstehen die Mehrlingsbildungen (oft kenntlich an den äußeren Furchungen und Einkerbungen), die schon das nächsthöhere Ordnungssystem zeigen, da sie das Vielfache der Knospe oder Zotte darstellen.

Die Ergebnisse der zeitlich auf die Untersuchung der Darmzotten folgenden Arbeit über die Muskelsäulchen der Forelle (1913) und die Noniusfelder der Muskelfaser (1919) können schematisch mit denen der spaltenden Drüsen vorgetragen werden. Die Durcharbeitung der Speichel-, der kleinen STENOSCHEN Nasen-, der LIEBERKÜHNSCHEN Darmdrüsen (1921) und der Niere (1923) sowie der Lunge durch HEIDENHAIN'S Schüler BENDER (1925) ergab, daß es unter den Drüsen zwei Hauptformen gibt: spaltende und sprossende (s. d. Schemata Fig. 5 und 7). Der Typus der spaltenden Drüse ist gegeben in den LIEBERKÜHNSCHEN Drüsen und den Sammelrohrsystemen der Niere, die der sprossenden am reinsten in der Lunge; die Speicheldrüsen wachsen ebenfalls durch Sprossung, zeigen gleichzeitig aber auch Röhrenspaltung.

Die Drüsen aller Art wachsen natürlich zunächst auf dem Wege der Zellteilung. Aber es ist nicht einzusehen, wie es durch die einfache Vermehrung dieser Bausteine zu so differenten äußeren Formgestaltungen der Drüsen kommen soll, wie wir sie im Körper finden. Diese werden erklärlich, wenn wir uns vorstellen, daß — infolge einer bestimmten, uns natürlich vorläufig unbekanntem embryodynamischen Verfassung — gewisse Zellkomplexe zu einem System oberer Ordnung zusammentreten, welches System dann wiederum als Ganzes teilbar ist. Dieses durch Teilung und Synthese („Diachorese“ nach HEIDENHAIN) zusammengeordnete System sieht bei einer spaltenden Drüse schematisch so aus, wie es Fig. 5 zeigt. Es stellt folgenden Entwicklungs- und Wachstumsprozeß dar: Zunächst ist in bekannter Weise durch Zellteilung und Kanalisierung eine Drüsenröhre entstanden (A). Der Querschnitt am apikalen Ende gewinnt an Ausdehnung, und es erscheint eine Einkerbung oder Einfaltung (B), welche sich allmählich in der Richtung basalwärts fortsetzt; der nämliche Vorgang wiederholt sich mehrfach vom Ende her (C, D), und so entsteht das büschelförmige Drüsenbäumchen F. Aus der Zeichnung geht ferner hervor, daß die am apikalen Ende vor jeder Spaltung auftretende Querschnittserweiterung sich basalwärts fortsetzt, so daß die Mutterröhren an Breite gewinnen; der Querschnitt eines Drüsenrohres wird also abhängig sein von der Zahl der

Endäste. Da sich die spaltenden Drüsen rein dichotomisch verzweigen, ihr Aufbau also ein radiärer ist, kommen die blinden Enden der Röhren alle in die Peripherie zu liegen (im Gegensatz zu den sprossenden Drüsen, bei denen die blinden Enden durch das ganze Parenchym hindurch zu liegen kommen).

Das Drüsenröhrchen A ist also nach HEIDENHAIN ein Histosystem, das sich durch Teilung vermehrt: B. Die Teilung führt aber nicht zur völligen Aufspaltung in zwei voneinander getrennte Röhrchen,

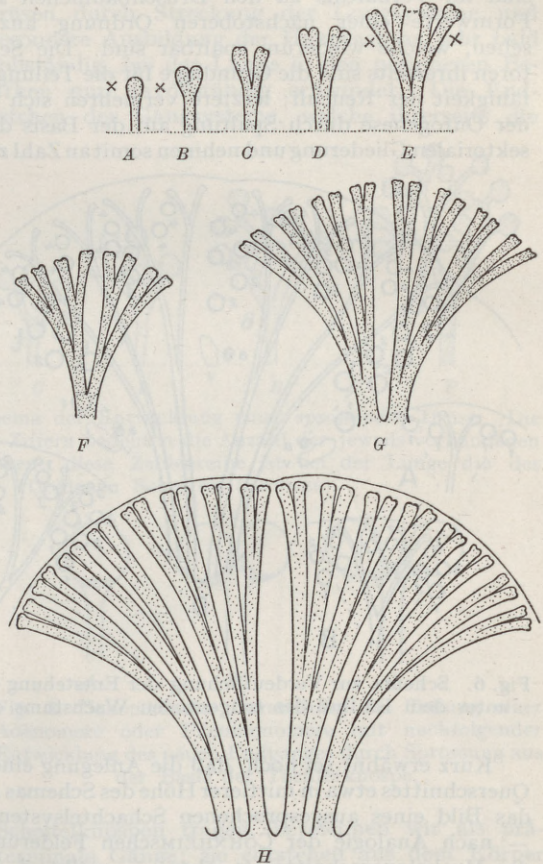


Fig. 5. Schema der Entwicklung einer spaltenden Drüse.

sondern bleibt eine partielle, es entsteht eine gewebliche Stockbildung in der Art büschelförmiger Drüsen, welche in formaler Hinsicht auch als fixierte Teilungszustände aufgefaßt werden könnten, da sie durch unvollständige Röhrenspaltung entstanden sind. Solche „fixierten Teilungszustände“ trifft man vielfach in den Darmdrüsen, die in der Reihe A—F ihr schematisches Abbild haben. Daß nun diese Polymere aber wiederum Histosysteme höherer Ordnung darstellen, geht aus der Tatsache ihrer Spaltungsmöglichkeit hervor. In dieser Weise kommt in der Reihenfolge F, G, H der Fig. 5 die Grundstruktur der Lobi renales (Renculi) zustande.

Das Drüsenbäumchen *F* verhält sich als teilbarer Formwert oberer Ordnung; es unterliegt der Reihe nach mehrfachen Spaltungen, welche sich basalwärts bis auf die Papillengegend fortsetzen, und so entstehen mehrere gleichartige Drüsenbäumchen oder Büschel, deren Mündungen nebeneinander auf der Papille liegen. Bei HEIDENHAIN sehen wir deutlich, daß mehrere solcher Büschel zu einem besonderen Sektor des Renculus gehören. Diese Sektoren sind oft durchaus symmetrisch gestellt, buckeln sich an der Nierenoberfläche hervor und sind im Verhältnis zu den Drüsenbäumchen als Formwerte einer nächstoberen Ordnung anzusehen, welche wiederum spaltbar sind. Die Sektoren ihrerseits sind die Grundlage für die Teilungsfähigkeit der Renculi; letztere vermehren sich in der Ontogenese durch Spaltung auf der Basis der sektorialen Gliederung und nehmen somit an Zahl zu.

cont. — Schleife und Schaltstück) als durchaus unspaltbar angesprochen werden müssen. Sie müssen daher im Laufe der Entwicklung immer wieder von neuem aus dem Anlagematerial, den nephrogenen Kappen, erzeugt werden: diese Teile sind also nur in der Anlage teilbar, gegenüber den „effektiv teilbaren“ Sammelröhren.

Nun wird auf das leichteste eine bisher noch recht unklare Erscheinung in der Organisation der Niere verständlich: die sog. Emporhebung der Schaltstücke (FELIX). Eine solche benötigte man nämlich, um die Tatsache zu erklären, daß die in der Entwicklung zuerst angelegten sekretorischen Abschnitte anfangs in die Sammelröhren 4. Ordnung, später in der fertigen Niere aber in solche 11. — 12. Ordnung einmünden. Nimmt man HEIDENHAIN'S Deutung von der Spaltung der Sammelröhren als Wachstumsschema an, so wandern nicht die Sam-

melnröhren herauf (die dafür nötigen Ablösungs- und Wiedereinpflanzungsvorgänge sind kaum vorstellbar), sondern ganz naturgemäß müssen bei fortschreitender Gabelung die fixierten Mündungsstellen der zuerst angelegten sekretorischen Abschnitte, eben die Schaltstücke, an den am weitesten außen liegenden Röhrrchen sich befinden: man werfe nochmals einen Blick auf die Fig. 5: Die Schaltstücke münden erfahrungsgemäß am oberen ampullären Ende der Sammelröhre; nehmen wir an, etwa an Stelle der Sternchen in *A*, diese Punkte sind fixiert, werden also z. B. in *E* an den äußeren Röhrrchen liegen, während die neu hinzukommenden Mündungen an den inneren Röhren liegen (die Punkte bei *E*). Zählt man nun die Gabelungsstellen als Ordnungszahlen für die Sammelröhrrchen, so ist klar, daß die zuerst angelegten Fixpunkte in immer höhere Ordnungszahlen hinaufrücken, was aber nur auf Zunahme und Tieferrücken der Gabelungsstelle beruht.

Wachstum und Aufbau eines Renculus durch Spaltung der Sammelröhrrchen und schichtweise (auf die Begründung hierfür kann hier nicht eingegangen werden) Anlagerung der sekretorischen Teile macht das folgende Schema der Fig. 6 klar.

Es sei mit den Worten HEIDENHAIN'S beschrieben: „Wir nehmen in *A* einen kleinen Bezirk der Rinde an mit einer peripheren Astgabel und je einem sekretorischen Abschnitt zur Rechten und zur Linken, dargestellt durch die zugehörigen Glomeruli; zwei punktierte Linien sondern diesen gedachten Bezirk von den benachbarten ab, und in jedem derselben ist der Übersichtlichkeit halber noch ein Nachbarglomerulus angegeben. Im Fortschritt der Entwicklung nehmen wir bei *B* eine Übersichtung mit einer neuen Folge sekretorischer Abschnitte an, und zwar tragen wir nunmehr, weil die Oberfläche inzwischen gewachsen und die Astgabel durch Spaltung ver-

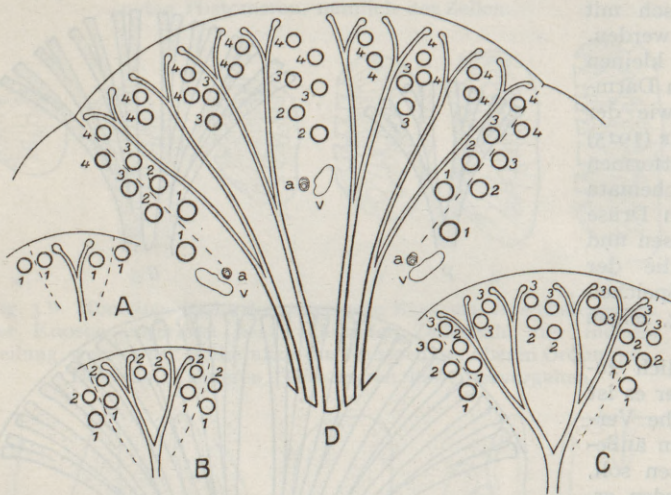


Fig. 6. Schema zur Verdeutlichung der Entstehung der Sektoren unter dem Einfluß des tangentialen Wachstums der Rinde.

Kurz erwähnt sei noch, daß die Anlegung eines Querschnittes etwa in mittlerer Höhe des Schemas *H* das Bild eines ausgesprochenen Schachtelsystems — nach Analogie der COHNHEIM'Schen Felderung des Muskelquerschnittes (s. oben) — ergibt, d. h. es stehen die Sammelröhren in kleineren Gruppen beisammen, welche sich durch zwischengeschobenes Bindegewebe zu größeren Gruppen vereinigen usw.

Leider verbietet der Raum, hier auf die zahlreichen sonstigen Ergebnisse einzugehen, die diese Untersuchung des Baues der Niere gezeitigt hat (Papillenbildung, „Epithelmantel“). Sie ist zweifellos eine der überzeugendsten Arbeiten des Verf. und ein guter Beweis für die Fruchtbarkeit seiner Theorie. Aber ein Punkt muß noch etwas ausführlicher besprochen werden: Als spaltendes Teilkörpersystem hat sich dem Verf. lediglich das System der harnleitenden Sammelröhrrchen erwiesen, während im schärfsten Gegensatz dazu die sekretorischen Abschnitte (Glomerulus — Tubul.

doppelt ist, 4 neue Glomeruli (bei 2) ein, diese in verschiedener Höhenlage, wegen der verschiedenen Geschwindigkeit ihrer Entwicklung; auch in den Nachbarabschnitten ist zur Ergänzung des Bildes je ein weiterer Glomerulus eingetragen. Wir sehen jetzt, daß die älteren, tiefer gelegenen Glomeruli (bei 1) in seitlicher Richtung auseinandergerückt sind. In gleicher Weise ist das Schema C konstruiert: abermals eine Verdoppelung der Astgabeln und ebenso eine Verdoppelung der Glomeruli in der oberflächlichen Schicht (bei 3), zuzüglich zweier Glomeruli in den Nachbarabschnitten. Wir bemerken nun, daß die ältesten Glomeruli (bei 1) sehr tief liegen und weit auseinandergespreizt sind; aber auch die in der zweiten Schicht angenommenen Glomeruli sind seitlich auseinandergetreten, und es zeigt sich außerdem, daß die Rinde, in radialer Richtung gemessen, dort, wo die ältesten Glomeruli liegen, verhältnismäßig dick, wo die jüngsten befindlich sind, dünn ist (bei 3). Noch besser erkennt man den typischen Effekt dieser Entwicklungsvorgänge in dem Schema D, welches genau nach dem nämlichen, sagen wir geometrischen Prinzip konstruiert ist wie vorher: abermalige Spaltung der Sammelröhren und Verdoppelung der Astgabeln, jetzt mit Durchschneiden der Trennungsfalten bis zur Papillengegend, und ebenso abermalige Verdoppelung der Anzahl der zugewachsenen Glomeruli (bei 4). Nunmehr könnte die ganze Figur, als Schema gedacht, einen Renculus vorstellen, welcher zwei Sektoren in sich enthält.“

Es erschien mir wichtig, dieses Schema vom Autbauplan der Niere hier wiederzugeben, denn es ist m. E. imstande, gewisse krankhafte Formveränderungen der Niere zu klären, für die bis heute noch keine Aufklärung gefunden ist. Wie kommt z. B. das jedem Mediziner geläufige Bild der regelmäßigen Höckerung einer Schrumpfnierenzustände (Granularnieren)? Natürlich zunächst so, daß bestimmte sekretorische Abschnitte veröden und einsinken — aber weshalb finden sich diese Einsenkungen (Schrumpfungsherde) in vielen Fällen in derart regelmäßigen Formen? Hierfür wird man nirgends eine Erklärung finden. Der hier von HEIDENHAIN vorgelegte Organisationsplan läßt sie ganz verständlich erscheinen. Zum mindesten fordert er zu einer Untersuchung nach dieser Richtung geradezu heraus, seine Theorie erweist sich also auch für wichtige Nachbargebiete als fruchtbar.

Endlich die „sprossenden“ Drüsen. Ihr Bauplan kann nicht knapper als mit HEIDENHAIN'S Worten selbst geschildert werden, die mit unwesentlichen Änderungen hier folgen mögen:

„Wir unterscheiden bei dieser Art von Drüsen im allgemeinen das bäumchenartig verzweigte Gangsystem und die endständigen Scheitelknospen (Fig. 7); in der Gruppe der Speicheldrüsen

gehen letztere schließlich durch histophysiologische Ausdifferenzierung in die Drüsenbeeren (Acini) über, während in der Lunge die Alveolen aus ihnen hervorgehen. Ferner bezeichnen wir die Scheitelknospen in der Gruppe der Speicheldrüsen als Adenomeren, bei der Lunge als Pneumomeren; sie verhalten sich beiderseits während der ganzen Dauer der Wachstumsperiode als teilbare Histosysteme und zerlegen sich demgemäß durch Zweiteilung. Daher läßt das Drüsen- bzw. Lungenbäumchen eine primäre Dichotomie erkennen (Schema Fig. 8), welche in der Gruppe der Speicheldrüsen durch Streckung der Gangsysteme und besondere Ausbildung der Hauptachsen sehr bald vollständig, bei der Lunge in den peripheren Bezirken nur unvollständig schwindet. Die Endästchen der Gangsysteme, welche ihrerseits die

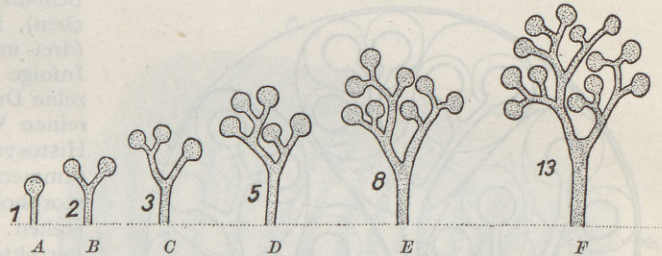


Fig. 7. Schema der Entwicklung einer sprossenden Drüse. Die beigesetzten Ziffern bedeuten die Anzahl der jeweils vorhandenen Scheitelknospen; diese Zahlenreihe ist bei der Lunge die des Goldenen Schnittes (BENDER).

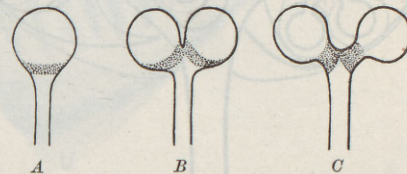


Fig. 8. Schematische Darstellung der Teilung einer Adenomere oder Pneumomere mit nachfolgender Entwicklung des neuen Endganges durch Sprossung aus der Basis der Tochterknospe.

Scheitelknospen tragen, bezeichnen wir als präterminale Gänge; sie entstehen aus dem Körper der Tochteradenomeren oder -pneumomeren, und zwar aus der Basis durch Streckung (Sprossung) des betreffenden Teiles in der Richtung der Achse der Scheitelknospen (Schema Fig. 8c). Aus dieser Art der Entwicklung geht hervor, daß jede Gabelung des Gangsystems ursprünglich der Teilung einer Scheitelknospe entspricht und daß die Glieder des Drüsenbäumchens, gerechnet von einer Gabelungsstelle zur anderen, sukzessive übereinander aufgebaut werden (Fig. 7). Im ganzen betrachtet, stellt sich demnach die Synthese des Drüsenbäumchens als eine gewebliche Stockbildung (Histokormus) dar, welche dadurch zustande kommt, daß mit und durch die Teilung der Scheitelknospen jedesmal zwei neue Endglieder geliefert und dem Drüsenstock hinzugefügt werden. Sehr

charakteristisch für die Art der Entwicklung ist schließlich, daß beim Erwachsenen die Drüsenbeeren als Mehrlingsbildungen (Di-, Tri-, Tetrameren usw.) in großer Zahl vorkommen, ein Verhalten, das nach unserer Beobachtung auch bei den Alveolen der Lunge in ähnlicher Art vorhanden ist.“

„Durchschneiden wir ein Organ der hierhergehörigen Gruppe, so gewahren wir, daß sein Volumen in ungemein stetiger Weise von den Verzweigungen des Gangsystems und den dazugehörigen Endgliedern (Drüsenbeeren, Alveolen) erfüllt wird (Fig. 7 und 9). Diese „stetige Raumerfüllung“ könnte dann nicht zustande kommen, wenn von Anbeginn an alle Teile des epithelialen Systems gleich schnell wüchsen. In diesem letzteren Falle würde das Drüsenbäumchen vielmehr



Fig. 9. Enkaptisches System eines embryonalen Lungenläppchens; konstruktive Darstellung nach der Regel des Goldenen Schnittes.

ähnlich aussehen wie bei den spaltenden Formen, d. h. es würden bei gleicher Länge der Zweige die Scheitelknospen alle in eine Ebene oder in eine Kugeloberfläche hineinfallen (Fig. 5). Wegen der stetigen Raumerfüllung ist es vielmehr nötig, daß von den neugebildeten Tochterzweiglein immer einige im Wachstum zurückbleiben („laterale Knospen“), und es ist auch nötig, daß dieses Zurückbleiben in einer gesetzmäßigen Weise stattfindet. Nachdem diese Verhältnisse von mir bei den Speicheldrüsen im allgemeinen besprochen worden waren, hat Herr Dr. W. BENDER das Sprossungsgesetz der Lunge festgestellt und gezeigt, daß die Geschwindigkeit der Teilungsfolgen der Pneumomeren ebenso wie die Entwicklung der präterminalen Gänge an den sämtlichen Zweigen des embryonalen Lungenbäumchens untereinander in einer sehr bestimmten Korrelation stehen, welche

ausdrückbar ist durch die Angabe der in den aufeinanderfolgenden Stadien jeweiligen vorhandenen Zahl der Scheitelknospen (bzw. Endglieder) des Bäumchens. Unser Schema (Fig. 7), welches nach den BENDERSchen Angaben ausgeführt worden ist, zeigt diese Zahlenreihe: es ist diejenige des Goldenen Schnittes (1-2-3-5-8-13 usw.). Zweifellos ist es ein großes Verdienst BENDERS, gezeigt zu haben, daß ein Entwicklungsprozeß evtl. auf Grund der Teilkörpertheorie in Gestalt einer algebraischen Reihe dargestellt werden kann.“

„Betrachten wir unsere Fig. 7 genauer, so zeigt sich die korrelative Beziehung aller Teile des wachsenden Bäumchens darin, daß in dem Schema C die beiden vorhergehenden Stadien A und B (einfache Endigung und Zweiteilung), in dem Stadium D ebenso die beiden vorhergehenden Schemata B und C (zwei- und dreigeteiltes Ästchen), in dem Schema E die Stadien D und C (drei- und fünfgeteiltes Ästchen) enthalten sind usw. Infolge dieser Anordnung können wir jedes einzelne Drüsenästchen jeder beliebigen Ordnung mit seinen Verzweigungen als ein bestimmt gebautes Histosystem betrachten, welche jedoch, alle zusammengenommen, unter sich in bestimmter morphologischer und physiologischer Korrelation stehen. Diese Auffassung ist meiner Ansicht nach korrekter als jede andere, denn es handelt sich darum, einen passenden Ausdruck zu finden für die Formen der stetigen Entwicklung und des stetigen Zusammenhanges in der lebendigen Natur. Wiederum kann man in histologischer Sprechweise jeden Ast mit seinen Verzweigungen und dem dazugehörigen Bindegewebe als ein Drüsenläppchen bezeichnen, und es ergibt sich daraus eine besondere Art der Umschließung oder der Enkapsis der Histosysteme, welche auf ebenen Durchschnitten des Organs und geeigneter Ausfärbung des Bindegewebes kenntlich werden wird. Die besondere Form der Enkapsis des wachsenden Lungenbäumchens haben wir in Fig. 9 konstruktiv dargestellt; sie enthält mit 21 Scheitelknospen die sämtlichen Glieder der Reihe in Fig. 7, entspricht also auch genau der Zahlenreihe des Goldenen Schnittes und, um den Sachverhalt kenntlich zu machen, haben wir alle einzelnen Glieder des Schachtelsystems von den niedrigsten bis zu den höchsten Ordnungen mit in sich geschlossenen Begrenzungslinien umfahren.“

Damit glaube ich, den Teil der Beobachtungen im wesentlichen wiedergegeben zu haben, den HEIDENHAIN selbst in seinem oben erwähnten Referat aus jüngster Zeit als wichtige Grundlage für seine synthetische Theorie aus seinem ganzen Material herausgehoben hat. Interessierte Leser seien aber darauf hingewiesen, daß sich in seinen ausführlichen Veröffentlichungen noch eine ungemeine Fülle von Beobachtungen findet, die hier nicht erwähnt worden sind, und daß insbesondere in seinem Aufsatz „Formen und Kräfte in der lebendigen Natur“ die allgemeinen Grundlagen

der Theorie, ihre Beziehungen zum Vitalismus u. a. erörtert werden.

Wollen wir die allgemeinen Gesichtspunkte nochmals zusammenstellen, so kommen wir zu folgendem Lehrgebäude: Alle lebendige Form ist zurückführbar auf die eigenartige Synthese bestimmter kleinster, das Leben tragender Teilchen zu den mannigfachen Formwerten höherer Ordnung. Die das Leben tragenden Apparate stammen immer wieder in irgendeiner Weise voneinander ab: Omne vivum e vivo. Der Zusammentritt von Formwerten niederer Mannigfaltigkeit zu den Graden einer höheren Mannigfaltigkeit vollzieht sich in verschiedener Weise. Zunächst haben wir die intracellulären Teilkörper, die unsichtbaren Protomeren, die — je nach ihrer Anlage — durch fortwährende Teilung teils zu Chromiolen, Centriolen, Chondriosomen, Plasmafäsern usw. zusammentreten und so den Formwert „Zelle“ bedingen. Sodann gibt es vielzellige oder supracelluläre Teilkörper: Muskelfasern, Geschmacksknospen, Drüsenläppchen, Zähne, Hände, Extremitäten usw. Der Vorgang der immer größeren Mannigfaltigkeit beruht je nach den Umständen auf innerer Teilung, Polymerisierung (Mehrlingsbildung) oder Diachorese (Übergang einer lebendigen Totalität in eine Mannigfaltigkeit höherer Ordnung). Dadurch entstehen auch die sehr verschiedenen Arten der *Stockbildung* (Histokormus) — wenn infolge unvollkommener äußerer Teilung die Zwilling-, Drillings-, Mehrlingsbildungen auftreten (homologe Reihen) — und ferner die *Schachtelsysteme* (s. Fig. 2). Vom befruchteten Ei an wächst also der Körper unter Aufrechterhaltung seiner Totalität durch „Teilung und Synthese“, in dem sich eine „Überschichtung“, Enkapsis (s. Fig. 9) von Struktursystemen herausbildet, welche sämtlich untereinander in Verhältnissen der morphologischen und physiologischen Korrelation stehen. Der höher entwickelte tierische Organismus hat mannigfache Mittel und Wege zur Unterhaltung dieser Korrelationen: z. B. Nervensystem, Blutkreislauf, innere Sekretion. Die unmittelbare Grundlage kann aber nur in histodynamischen Wirkungen liegen, die sich direkt von Zelle zu Zelle fortpflanzen. Diese Verkettungen müssen zuständlicher Art sein, etwa vergleichbar dem Tonus des Nerv-Muskelsystems, und sich dauernd durch das ganze Leben hindurch erhalten. Sie sind die Grundlage für den dauernden Bestand der lebendigen Form. Diese Zustände möchte HEIDENHAIN unter den Begriff der „Syntonie“ zusammenfassen. Unter Hinweis auf die Experimente von MIEHE, DRIESCH, WINKLER, ROUX, MANGOLD, BOVERI u. v. a. zeigt er, daß es sowohl gelungen ist, diese Syntonie aufzuheben, d. h. zunächst die Totalität auf eine Summe von Zellpersonen zu reduzieren, als auch umgekehrt diese

Syntonie durch künstliche Vereinigung vorher getrennter Teile herzustellen, also eine „Synthese im Lebendigen“ zu schaffen. Diese Syntonie unter den Zellen und Zellverbänden dürfte sich ableiten von den entsprechend gearteten dynamischen Wirkungen zwischen Kern und Plasma des Zellleibes, die demnach ebenfalls als Zustände der Syntonie bezeichnet werden können. Vielleicht gelingt es — nach dem Vorgang JACOBS für die Kern-Plasma-Relation der Leberzellen —, auch für die höheren Teilkörpersysteme einmal zur Aufstellung algebraischer Formulierung zu kommen. Die Frage nach der speziellen Art der Kräfte dieser Syntonie hält HEIDENHAIN für ebenso schlecht oder gut beantwortbar, wie die Frage nach der Beschaffenheit der Kräfte der anorganischen Naturwissenschaften, die letzten Endes bekannt-

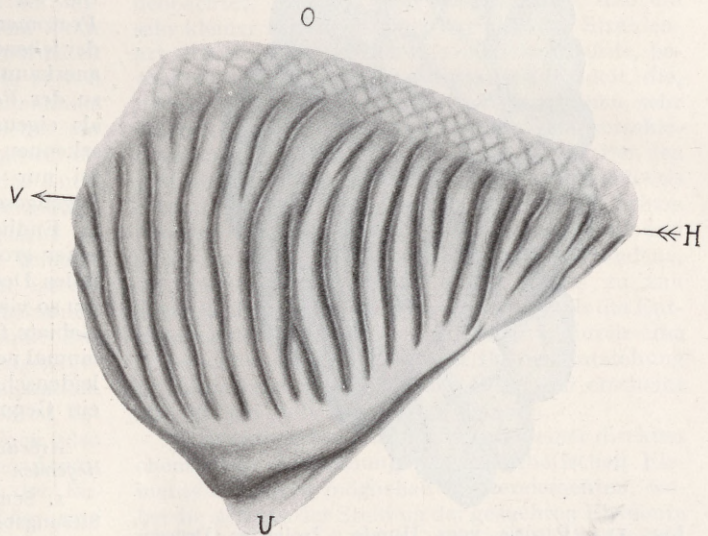


Fig. 10. Linke Papilla foliata eines erwachsenen Kaninchens. V = vorn; H = hinten; O = oben; U = unten. Vergr. ca. 15mal. Man beachte die Gabelungen der Leisten.

lich auf gewisse „metaphysische“ Fiktionen hinauskommen.

Welches sind nun die Ergebnisse, die diese Lehre aufzuweisen hat? Zunächst erscheinen sie negativer Natur, gipfelnd in einer Kritik der hergebrachten cellularen Theorie. Ihre Fehler und Lücken werden von HEIDENHAIN scharf wie folgt formuliert: „Die klassische Zellentheorie umfaßt weder die Intercellularsubstanzen noch auch die außerordentliche Fülle der Gliederungen zwischen der Zelle und dem Körperganzen; sie liefert weder eine Theorie der Formen noch eine Vorstellung vom Bauplan tierischer und pflanzlicher Geschöpfe. Sie verkannte, daß die Zellen lediglich untergeordnete Formwerte im Bestande des lebendigen Körpers sind, stellte sie als relativ selbständige Gebilde hin und kam dadurch zu dieser gewissen Bausteintheorie, welche in allen ihren

Verzweigungen zu unmöglichen Schlußfolgerungen führte.“

Die positiven Erfolge sind in ihrer Wertschätzung abhängig von der Einstellung des Beurteilers zum Problem der Synthese überhaupt. HEIDENHAIN war einer der ersten, der das rein Zersetzende der analytischen Methode, die die letzte Hälfte des vorigen Jahrhunderts in der Biologie beherrschte, das „Zerschlagen des lebendigen Ganzen in einen Trümmerhaufen“, klar erkannte und zu vermeiden

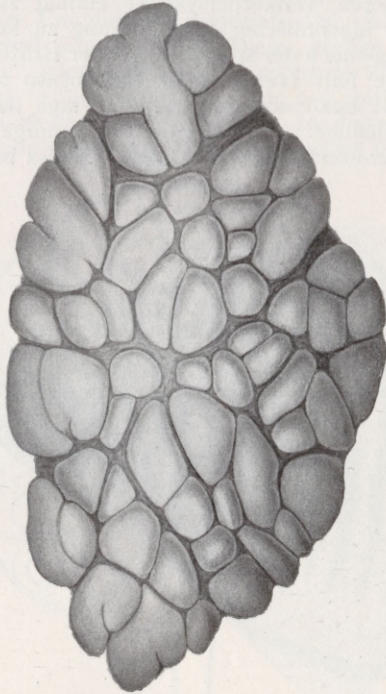


Fig. 11. Parotis vom Hunde. Isoliertes Drüsenläppchen von der Oberfläche her gesehen. Vergrößerung 448. Verschiedene Form und Größe der Drüsenbeeren, welche zum Teil als Mehrlingsbildungen auftreten.

suchte. Im gegenwärtigen Jahrhundert, und namentlich im letzten Jahrzehnt, wurde das Streben nach synthetischer Forschung so verbreitet, daß sehr bald auch die Gefahren allzu offenkundig wurden, um nicht die ganze Richtung wieder in Mißkredit zu bringen. Es ist hier nicht der Ort, das Für und Wider zu erörtern. Auch in eine Kritik über Einzelheiten der Arbeiten HEIDENHAINs sei hier nicht eingetreten. Die Früchte allein sind maßgebend. Mir scheint, daß unsere Augen durch HEIDENHAIN geschärft sind, z. B. für eine Reihe

bekannter Oberflächenformen der Organe (s. Fig. 10 und 11), in denen vielfach gar kein Problem gesehen wurde; unsere Kenntnisse vom Wachstum und dem räumlichen Aufbau der Organe sind vertieft worden. Es wäre zu wünschen, daß das, was für Muskeln, Niere, Lunge usw. so verheißungs-, voll begonnen, auch für Organe wie Leber, Milz-Haut usw. noch fruchtbar durchgeführt werden könnte. Auch die naheliegenden Beziehungen zu Fragen der Regeneration, Geschwulstbildung usw. wären angreifbar.

Aber noch bedeutungsvoller erscheint, daß wieder einmal der Grenzpfahl zwischen lebender und toter Materie hinausgerückt wird: nicht die „Zelle“ bildet den ersten Ausdruck des Lebens, sondern sie ist bereits ein durch und durch organisierter Körper; die geheimnisvolle Organisation, die wir Leben nennen, beginnt schon mit den Protomeren. Wird die aufsteigende Stufenfolge der lebenden Teilkörper als Gesetz der Organisation anerkannt, so ist diese Theorie zugleich ein Beitrag zu der Forderung, die morphologische Forschung als eigenartige Methode der Wissenschaft anzuerkennen und ihr nicht mit der Behauptung, sie sei nur eine „Methode der Physiologie“, ihre Eigengesetzlichkeit zu nehmen.

Endlich sei betont, daß die begeisterte Kraft einer großen Idee und die Freudigkeit, die originale Denken verleiht, dazu gehören müssen, um ein so viel beackertes Feld, wie es die besprochenen Gebiete für einen Anatomen heutzutage sind, noch einmal neu zu pflügen und zu bestellen. Daß es mit leidenschaftlicher Hingabe geschehen, wird auch ein Gegner der Theorie nicht abstreiten können.

Arbeiten von MARTIN HEIDENHAIN, auf die im vorliegenden Referat Bezug genommen wird:

1. SCHLEIDEN, SCHWANN und die Gewebelehre. Sitzungsbericht d. physikal. med. Ges. Würzburg 1899.
2. Als „Beiträge zur Teilkörpertheorie“:
 - I. Anat. Anz. 40. 1911.
 - II. Arch. f. mikr. Anat. 83. 1913.
 - III. Arch. f. mikr. Anat. 85. 1914.
 - IV. Anat. Hefte 56, H. 170. 1919.
 - V. Arch. f. Entwicklungsmech. 49. 1921.
 - VI. Arch. f. mikr. Anat. 97. 1923.
 - VII. Vortr. u. Aufsatz über Entwicklungsmech. H. 32. 1923.
 - VIII. Klin. Wochenschr. 4, Nr. 3 und 11. 1925.
3. Plasma und Zelle. Jena: Fischer. Bd. I. 1907; Bd. II. 1911.
4. K. W. BENDER (unter HEIDENHAIN), Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgesch. 75. 1925. (Beitrag IX.)
5. W. JACOB (unter HEIDENHAIN), Arch. f. Entw.-mech. 106. (Beitrag X.)

Zur Frage nach der Existenz des Ekacaesiums.

VON OTTO HAHN, Berlin-Dahlem.

Durch die vor kurzem erfolgte Auffindung der bisher unbekanntem Manganhomologe mit den Ordnungszahlen 43 und 75 [Masurium und Rhenium¹⁾] sind jetzt von den 92 Elementen des peri-

¹⁾ W. NODDACK, J. TACKE, Naturwissenschaften 13,

odischen Systems alle bis auf drei bekannt. Es fehlen noch die Elemente 61, 85 und 87, also eine seltene Erde, das Ekajod und das Ekacaesium.

567. 1925; W. NODDACK, J. TACKE und O. BERG, Berlin. Akad.-Ber. 1925, 400.

Die Stellung der beiden letzteren Elemente im periodischen System macht es in hohem Maße wahrscheinlich, daß sie, wenn sie überhaupt existieren, als radioaktive Atomarten vorkommen. Denn von den benachbarten Elementen mit den Ordnungszahlen 84, 86 und 88, dem Polonium, der Emanation und dem Radium, sind bisher nur radioaktive Vertreter bekannt, und ebensowenig, wie man das aktive Polonium in Tellurmineralien, das aktive Radium in Bariummineralien findet, ebenso unwahrscheinlich ist es, etwa aktives Ekacaesium in Caesiummineralien anzutreffen¹⁾. Umfangreiche Fraktionierungsarbeiten mit Caesiumsalzen haben übrigens niemals einen Hinweis auf das Vorhandensein eines höheren Homologen des Caesiums ergeben.

Handelt es sich um radioaktive Elemente, dann muß man sie bei den bekannten radioaktiven Substanzen suchen, die ihrerseits alle aus dem Uran und dem Thorium entstehen. Da die normalen Umwandlungsreihen bekannt sind, könnte es sich dabei nur um sog. Verzweigungen oder Seitenlinien handeln. Von vornherein ist die Aussicht sehr gering, Ekacaesium oder Ekajod in irgendwie erheblichen Mengen zu finden. Die durch das ganze periodische System hindurchgehende Gesetzmäßigkeit, daß Elemente ungerader Ordnungszahl im allgemeinen weniger verbreitet sind als benachbarte Elemente mit gerader Ordnungszahl, ist bei den Elementen mit den höchsten Ordnungszahlen besonders stark ausgeprägt. Die folgende Zusammenstellung gibt die relativen Mengenverhältnisse der Elemente mit den Ordnungszahlen 92–84, wie sie sich aus radioaktiven Daten berechnen; dabei sind jeweils die längstlebigen, also in größter Gewichtsmenge vorkommenden Atomarten als Vertreter der betr. Elemente der Berechnung zugrunde gelegt; *Uran und Thor sind gleich 1* gesetzt.

Tabelle 1.

84 Po	85 —	86 Em	87 —	88 Ra	89 Ac	90 Th
$7 \cdot 10^{-11}$?	$2 \cdot 10^{-12}$?	$3 \cdot 10^{-7}$	10^{-10}	1
91 Pa	92 U					
$7 \cdot 10^{-8}$	1					

Man sieht, daß die Elemente mit den ungeraden Ordnungszahlen 91 und 89 in sehr viel geringeren Mengen vorkommen als die ihnen benachbarten Elemente Uran, Thor oder auch Radium. Geht man weiter nach links, dann werden, wenn ein Analogieschluß erlaubt ist, die Gewichtsmengen noch sehr viel kleiner, denn schon die Körper mit gerader Ordnungszahl (Em und Po) sind nur in äußerster kleiner Menge vorhanden. Man kann also schon hieraus den Schluß ziehen, daß es sich bei den fraglichen Substanzen, falls sie überhaupt existieren, entweder um solche sehr kurzer Halbwertszeit handelt oder, falls diese länger sein

¹⁾ Die Möglichkeit der Existenz inaktiver Polonium- oder auch Radiumisotope soll damit keineswegs bestritten werden. Solche könnten sich möglicherweise in gewissen Tellur- oder Bariummineralien vorfinden.

sollte, daß das Abzweignungsverhältnis äußerst klein ist.

Als Muttersubstanzen für das Ekacaesium (Ordnungszahl 87) kämen in Frage einerseits das Actinium (Ordnungszahl 89) resp. sein Isotop Mesothor 2, andererseits die radioaktiven Emanationen (Ordnungszahl 86). Im ersteren Falle würde es sich um eine Verzweigung unter Emission von α -Strahlen, im letzteren um eine solche unter Emission von β -Strahlen handeln. Für die Entstehung des Ekajods kämen in Frage ein α -strahlendes Ekacaesium oder ein β -strahlendes Polonium.

Keine der hier für die Bildung der hypothetischen Elemente vorausgesetzten Strahlungen ist bekannt. Beim Actinium und Mesothor 2 sind nur β -Strahlen, bei den Emanationen und dem Polonium (und seinen Isotopen) sind nur α -Strahlen beobachtet. Hier ist aber zu bemerken, daß ein sehr kleiner Prozentsatz der betreffenden Strahlenart sich sicher dem Nachweis entziehen würde, besonders wenn es sich um Substanzen handelt, die, wie die Actiniumisotope und die Emanationen, sehr schnell andere Zerfallsprodukte mit den verschiedensten Arten von Strahlen nachbilden. Bei den β -Strahlen müßte außerdem noch der Nachweis erbracht werden, daß es sich um primäre, einen Atomzerfall bewirkende Strahlen handelt, und nicht um sekundäre, aus γ -Strahlen entstandene, die mit dem Atomzerfall selbst nichts zu tun haben¹⁾. Eine indirekte Beweisführung für die Entstehung der hypothetischen Elemente durch eine Untersuchung der Strahlen der für die Entstehung in Frage kommenden Muttersubstanzen erscheint also als ein hoffnungsloses Beginnen.

Aussichtsreicher war der Versuch einer direkten chemischen Abtrennung der hypothetischen Elemente aus ihren möglichen Mutterelementen, wobei sie sich aus der Stellung der gesuchten Elemente im periodischen System ergebenden chemischen Eigenschaften als Richtschnur für den Trennungsgang dienen konnten. Zugabe einer chemisch ähnlichen, inaktiven Trägersubstanz war dabei notwendig. Fand sich nach dem Trennungsgang bei dieser eine charakteristische Strahlung, so gab diese den Hinweis auf die Anwesenheit der gesuchten Substanz.

Dieser direkte Weg wurde für die Suche nach dem Ekacaesium eingeschlagen. Falls sich dieses auffinden ließ und etwa α -Strahlen emittierte, so entstünde aus dem Ekacaesium mit der Ordnungszahl 87 nach dem Verschiebungssatz das ebenfalls unbekannte Ekajod mit der Ordnungszahl 85; das Ekajod wäre damit ebenfalls in den Bereich der Nachweisbarkeit gebracht.

Das Ergebnis der Untersuchung war, wie gleich hier bemerkt werden soll, völlig negativ. Da dieser experimentelle Befund aber eine Aussage über den Anteil gestattet, in dem ein radioaktives Ekacaesium oben besprochener Herkunft im Vergleich zu den gewöhnlichen Radioelementen höch-

¹⁾ L. MEITNER, Zeitschr. f. Physik 9, 131. 1922; 26, 169. 1924.

stens vorkommen kann, ist es vielleicht nicht ganz überflüssig, kurz über die Versuche zu berichten.

Als Ausgangsmaterial diente ein technisches, also radiumhaltiges Mesothoriumpräparat, dessen Gesamtaktivität von rund 57 mg Element sich etwa folgendermaßen zusammensetzte: 42 mg Mesothor, 11 mg Radium, 4 mg Radiothor¹⁾.

Als wichtigster Bestandteil wurde dabei das Mesothor angesehen, denn das mit dem Mesothor 1 im Gleichgewicht stehende Mesothor 2 mit der Ordnungszahl 89 kommt neben dem Actinium als Muttersubstanz für ein Ekacaesium vor allem in Betracht. Die Anwesenheit des Radiums und des Radiothors bedingt das Vorhandensein entsprechender Mengen Radiumemanation und Thoremanation, bei denen eine primäre β -Strahlung, wie schon erwähnt, auch zur Bildung von Ekacaesium führen müßte.

Als Arbeitshypothese wurde angenommen, daß das Ekacaesium in seinen chemischen Eigenschaften denen des Caesiums nahesteht, bei der chemischen Verarbeitung eines Elementengemisches bei Anwesenheit von Caesium also mit diesem abgeschieden würde. Die entsprechenden Analogien in den anderen Gruppen des periodischen Systems (etwa *Ba - Ra, La - Ac*) berechtigen durchaus zu dieser Annahme.

Der Arbeitsgang war also im Prinzip äußerst einfach. Das radioaktive Präparat wird unmittelbar nach seiner Auflösung mit einem Caesiumsalz versetzt, alle Radioelemente so quantitativ wie möglich abgeschieden, das Caesium in der wohlcharakterisierten Form des Platindoppelsalzes in reinem Zustande abgeschieden²⁾ und dessen Aktivität untersucht. Bei der Kostbarkeit des Präparats und der Notwendigkeit exakter Trennungen und peinlich sauberen Arbeitens konnte dabei die Arbeitsdauer nicht unter eine gewisse Zeit herabgedrückt werden. (Wegen der sich hieraus ergebenden Folgerungen über die Halbwertszeit des hypothetischen Produktes siehe weiter unten.)

Das etwa 75 mg wiegende Mesothorchlorid wurde klar gelöst und mit 30 mg Caesiumchlorid versetzt. Die möglichst vollständige Abtrennung aller Radioelemente vom Caesium geschah folgendermaßen. Die Lösung wurde in der Wärme mit Ammoniak plus Ammoncarbonat gefällt, kurze Zeit stehen gelassen und kalt abfiltriert. Es fallen hierbei von langlebigen Substanzen quantitativ das Radiothor, das Radioblei und das Polonium; zum größeren Teil die Radiumisotope Mesothor und Radium. Im Filtrat wurde nach Zugabe von

0,3 ccm n_{10} Bariumchloridlösung das Barium mittels Schwefelsäure in der Hitze gefällt und der Niederschlag am nächsten Morgen abfiltriert; er enthält den weitaus größten Teil der in der Lösung noch vorhanden gewesenen Radiumisotope. Das Filtrat wurde mit einer sechsmal größeren Bariummenge versetzt und ein zweiter Sulfatniederschlag gemacht, der nur noch Spuren der Radiumisotope enthielt. Alle bekannten radioaktiven Substanzen müssen jetzt aus der caesiumhaltigen Lösung entfernt sein. Um das Caesium und mit ihm das gesuchte Ekacaesium abzuscheiden, wurde das klare Filtrat vorsichtig in der Wärme mit Platinchloridlösung versetzt, wobei sich das sehr schwer lösliche Caesiumplatinchlorid in Form hellgelber Kryställchen ausschied, während das leichter lösliche orangefarbene Ammoniumplatinchlorid in Lösung bleibt. [Die Löslichkeit der Alkalichloroplatinate fällt stark in Richtung der höheren Glieder. 100 g Wasser lösen bei 0° 4,7 mg Caesiumsalz gegenüber 13,7 mg Rubidiumsalz; bei 100° lösen sich 9,15 mg Caesiumsalz und 33,4 mg Rubidiumsalz³⁾.]

Die einzige Schwierigkeit der ganzen Verarbeitung liegt in den Gefahren einer Infektion und den Maßnahmen zu ihrer Vermeidung. Die ersten beiden Fällungen geschahen in einem abgelegenen Flügel des Instituts, weit entfernt vom Raum, in dem die definitiven Messungen vorgenommen werden sollten. Die Fällung und spätere Weiterverarbeitung des Caesiums erfolgte unter besonderen Vorsichtsmaßregeln, die im einzelnen nicht aufgezählt zu werden brauchen.

Die ersten Messungen des Caesiums geschahen 30 Stunden nach der ersten Auflösung des Präparats. Die Aktivität des Filters mit dem Caesiumsalz entsprach etwa 2 Millionstel Milligramm Radium, betrug also $\frac{1}{25}$ Millionstel der Ausgangsaktivität. Die Messungen wurden in verschiedenen Elektroskopen vorgenommen, so daß die Gesamt- α -Strahlung, die durchdringende α -Strahlung und die β -Strahlung gesondert untersucht werden konnten. Es waren alle Arten von Strahlen anwesend, und die Aktivität nahm ziemlich schnell ab. Das Tempo der Abnahme entsprach einem Gemisch der aktiven Niederschläge, mit einem Überschuß von Thorium C; eine Restaktivität blieb übrig. Am nächsten Morgen wurde das Caesiumsalz in heißem Wasser gelöst, je 2 mg Wismut-Blei- und Thorinitrat zugefügt und umkrystallisiert. Die ersten Messungen dieses gereinigten Produktes erfolgten 2 Tage nach dem Beginn der gesamten Operationen. Die Aktivität des neuen Caesiumfilters war nur sehr gering, sie entsprach $8,5 \cdot 10^{-8}$ mg Radium, betrug also kaum mehr als ein Zehnmilliardstel der Ausgangsaktivität! Dabei ließ es sich zeigen, daß sowohl absorbierbare als durchdringende Strahlen anwesend waren; allerdings betrug die Aktivität der β -Strahlen nur $\frac{1}{3}$ der natürlichen Ionisation und war nicht mehr genau zu messen.

¹⁾ Der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft, die der radioaktiven Abteilung des Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie dies Mesothorpräparat zur Verfügung gestellt hat, sei auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

²⁾ Ein Ekacaesiumplatinchlorid würde zweifellos mit dem Caesiumplatinchlorid Mischkrystalle bilden. (Vgl. hierzu H. S. GRIMM, Zeitschr. f. Elektrochem. 30, 467. 1924; A. JOHNSEN, Naturwissenschaften 13, 531. 1925.)

³⁾ E. H. ARCHIBALD und L. T. HALLOTT, Journ. of the Americ. chem. soc. 47, 1314. 1925.

Die Anwesenheit komplexer α - und β -Strahlen sorgfältig gegen eine neue Substanz, und die mit Sorgfalt über Monate hindurch fortgesetzten Messungen lassen erkennen, daß die Aktivität vermutlich von geringen Spuren Mesothor + Radium herrührt; die Aktivität des Filters nimmt langsam zu, und zwar etwa in dem Tempo, das sich aus der Nachbildung des Radiothors aus dem Mesothor erwarten läßt.

Zur Kontrolle wurden außer dem Caesiumpräparat selbst auch die bei der letzten Verarbeitung anfallenden anderen Teile in ihrer Aktivität untersucht; so insbesondere das Ammoniumplatinchlorid, das beim Einengen des Filtrats des Caesiumniederschlags gemeinsam mit kleinen Teilen weiteren Caesiumsalzes sich abschied, und schließlich noch das zur Trockne eingedampfte letzte Filtrat des Ammoniumsalzes. Irgendwelche Besonderheiten zeigten sich nicht. Die Präparate sind etwas stärker als das Hauptpräparat und scheinen ebenfalls im wesentlichen aus Mesothor + Radium zu bestehen.

Die im Verhältnis zur Ausgangssubstanz ungeheuer geringe, dabei vermutlich vom Mesothor herrührende Aktivität beim Caesium läßt den fast sicheren Schluß zu, daß ein radioaktives Ekacaesium nicht existiert. Natürlich lassen sich derartige Aussagen immer nur in gewissen Grenzen machen, unterhalb deren der Spekulation oder Phantasie noch immer ein Gebiet der Betätigung übrigbleibt.

Daß diese Grenzen in unserem Falle aber recht weite sind, läßt sich an einigen Überschlagsrechnungen leicht erkennen.

Wir nehmen einmal an, das Mesothor 2 sei die Muttersubstanz eines Ekacaesiums mit einer Halbwertszeit von 1 Tag. Auf Grund des obigen experimentellen Befundes läßt sich das Abzweignungsverhältnis berechnen, mit dem ein solcher Körper im besten Falle sich bilden könnte: Die Aktivität des Caesiumsalzes entsprach 2 Tage nach Beginn der Abtrennungen $8,5 \cdot 10^{-8}$ mg Ra. Es war hergestellt aus 42 mg Mesothor (auf Radium bezogen).

Das Verhältnis der Aktivität ist also $\frac{8,5 \cdot 10^{-8}}{42} = 2 \cdot 10^{-9}$. Nimmt man die Ausbeute bei der Verarbeitung auf 50% an, so ergibt sich die Aktivität des Mesothor 2, zu der des Ekacaesiums wie $1:4 \cdot 10^{-9}$. Bei einer Halbwertszeit von 1 Tag ist das Ekacaesium nach 2 Tagen auf $\frac{1}{4}$ abgeklungen; es bleibt als maximales Verhältnis der Gleichgewichtsaktivitäten das Verhältnis $1:1,6 \cdot 10^{-8}$. Bei einer Halbwertszeit von 1 Tag könnte also das Abzweignungsverhältnis Ekacaesium : Mesothor 2 kaum mehr als 1 Hundertmillionstel betragen, eine ungeheuer kleine Zahl.

Betrüge die Halbwertszeit nur 2 Stunden, dann wäre die Aktivität nach 2 Tagen zwar schon auf den zwanzigmillionsten Teil gefallen, nach 30 Stunden wäre aber noch $\frac{1}{30 \cdot 1000}$ Teil der Gleichgewichtsmenge vorhanden. Gefunden wurden nach 30 Stun-

den eine Aktivität von $2,10^{-6}$ mg Radium, im Verhältnis zu den 42 mg Ausgangsmaterial also der $5 \cdot 10^{-8}$ Teil. Selbst unter der Annahme, daß die gesamte Aktivität, die ja sicher zum größten Teil aus ThC bestanden hatte, Ekacaesium gewesen wäre, wäre das Abzweignungsverhältnis für einen 2-Stundenkörper kleiner als ein Zehntausendstel.

Auf ganz analoge Weise läßt sich ein maximales Abzweignungsverhältnis berechnen, wenn man dem hypothetischen Ekacaesium längere Halbwertszeiten beimißt, wobei zu bemerken ist, daß sehr große Halbwertszeiten (schon aus der oben diskutierten Stellung im periodischen System) nicht in Frage kommen.

Die folgende Tabelle gibt für eine Anzahl fiktiver Halbwertszeiten die aus dem experimentellen Ergebnis abgeleiteten maximalen Verzweignungsverhältnisse wieder, wenn die sicher nicht zu Recht bestehende Voraussetzung gemacht ist, daß die bei dem Caesium gefundene Aktivität von einem Ekacaesium herrührte. Die Berechnung geschah unter der Voraussetzung, daß das Mesothor $3\frac{1}{2}$ Monate alt war, also während dieser Zeit das hypothetische Element bilden konnte. Zum Vergleich mit der Tabelle 1 sind die sich aus dem Abzweignungsverhältnis und der Halbwertszeit ergebenden maximalen Gewichtsmengen beigefügt, in denen ein solches Element höchstens vorkommen könnte. (Die Menge Thorium ist, wie in Tabelle 1, als 1 angesetzt.)

Tabelle 2.

Fiktive Halbwertszeit des Ekacaesiums	Maximales Abzweignungsverhältnis	Maximale Gewichtsmenge pro Gramm Thorium
2 Stunden	10^{-4}	$1,1 \cdot 10^{-18}$
1 Tag . .	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-21}$
10 Tage . .	$5 \cdot 10^{-9}$	$6,8 \cdot 10^{-21}$
100 Tage . .	$8 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-19}$
10 Jahre .	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$7,5 \cdot 10^{-17}$

Die Aktivität eines Radioelements innerhalb einer Zerfallsreihe ist, bei Vergleichung gleicher Strahlen, proportional dem Abzweignungsverhältnis, die Gewichtsmenge außerdem proportional der Halbwertszeit. Die Tabelle 2 zeigt, bis zu welcher winzigen Grenzen der Aktivität und Gewichtsmengen die Existenz eines etwa aus Mesothor 2 entstehenden Ekacaesiums ausgeschlossen ist. Der eben gezogene Schluß von der Nichtexistenz dieses Elementes ist also wohl berechtigt.

Ganz analoge Betrachtungen lassen sich anstellen für die Hypothese, daß ein Ekacaesium durch primäre β -Strahlenumwandlung aus Radiumemanation oder Thoriumemanation entstünde. Entsprechend der geringeren Aktivität des Radiums und noch kleineren des Radiothors gegenüber der des Mesothors in dem für die Versuche verwendeten Präparat, können hier die Aussagen nicht ganz so weitgehend gemacht werden wie im Falle des Mesothor 2. Für die Entstehung

aus Radiumemanation würden die obigen Zahlen für das Abzweigungsverhältnis mit 4, für die der Entstehung aus Thoremamanation mit 10 bis 20 (je nach der fiktiven Halbwertszeit des Ekacaesiums) zu multiplizieren sein. Innerhalb dieser Grenzen ist wiederum der Schluß auf die Nichtexistenz eines radioaktiven Ekacaesiums berechtigt.

Die letzte Möglichkeit der Entstehung eines radioaktiven Ekacaesiums ist schließlich die Bildung aus Actinium durch α -Strahlenumwandlung oder aus Actiniumemanation durch β -Strahlenemission. Bei der Unmöglichkeit, Actiniumpräparate von einer Stärke zu gewinnen, die der des benutzten Mesothors auch nur entfernt vergleichbar wäre, ist die Aussicht auf ein positives Ergebnis so gering, daß von einer experimentellen Prüfung Abstand genommen wurde.

Zusammenfassung. Es werden die Möglichkeiten diskutiert, wie die noch fehlenden Elemente

Ekacaesium und Ekajod in Form radioaktiver Atomarten als Seitenlinien bei dem normalen Zerfall der Radioelemente entstehen könnten.

Es wird mit einem hochaktiven radiumhaltigen Mesothorpräparat der Versuch einer Abtrennung des hypothetischen Ekacaesiums, gebunden an Caesium, unternommen. Die Aktivität des Caesiums, zwei Tage nach dem Beginn der Verarbeitung des Mesothors, betrug 1,5 Zehnmilliardstel der Ausgangsaktivität des Mesothors; und auch diese minimale Aktivität rührt augenscheinlich nur von Mesothor her. Die Existenz eines aus Mesothor 2, Radium- oder Thoremamanation entstehenden Ekacaesiums mit einer Halbwertszeit von einigen Stunden oder darüber dürfte damit praktisch als ausgeschlossen zu betrachten sein.

Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie,
Berlin-Dahlem.

Besprechungen.

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. II. Auflage, herausgegeben von E. EUCKEN, O. LUMMER †, E. WAETZMANN. III. Bd., 2. Teil: Kinetische Theorie der Wärme; unter Mitwirkung von H. G. GRIMM bearbeitet von K. F. HERZFELD. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1925. X, 436 S. Preis 21 Goldmark.

Mit der zweiten Hälfte seines Wärmebandes beginnt die II. Auflage des altbekannten und verbreiteten MÜLLER-POUILLET'SCHEN Lehrbuches ihr Erscheinen. Die gesamte Anlage und Tendenz der neuen Ausgabe, das was gegenüber der letzten Auflage erhalten geblieben und was geändert wurde, wird in dem Vorwort zum Gesamtwerk (das in dem HERZFELD'SCHEN Bande noch nicht abgedruckt ist), wie folgt geschildert:

„Seit der Herausgabe der 10. Auflage des MÜLLER-POUILLET'SCHEN Lehrbuches ist mehr als ein Jahrzehnt verstrichen. Die Schwierigkeiten, die bereits damals einer Herausgabe eines ausführlichen, die gesamte Physik umfassenden Lehrbuches entgegenstanden, haben sich inzwischen noch wesentlich vermehrt. Ein besonders schmerzlicher Verlust für das begonnene Werk der Neuherausgabe war der plötzliche Tod OTTO LUMMER'S, dem ja das Buch bereits in seinen früheren Auflagen außerordentlich viel verdankt, und der die Mitarbeit auch an dieser Auflage mit voller Frische und größter Freude und Hingabe begonnen hatte.

Die neue Auflage wird gegen die 10. erhebliche Veränderungen aufweisen. Die zum Teil veralteten Bände I (Mechanik und Akustik) und III (Wärmelehre) werden vollständig neu bearbeitet; die inzwischen entstandene Atomoptik hat eine bedeutende Erweiterung des Bandes II (Lehre von der strahlenden Energie) notwendig gemacht, und auch Band IV (Elektrizität und Magnetismus) wird durch Aufnahme der modernen Ergebnisse auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie usw. ergänzt. Ein V. Band „Physik der Erde und des Kosmos, einschließlich Relativitätstheorie“, der die Geophysik, Meteorologie und Astrophysik enthält, wird neu hinzugefügt. In der gegenwärtigen Gestalt umfaßt das Werk sämtliche Gebiete der reinen und angewandten Physik. Der Titel der 10. Auflage „Müller-Pouillet'sches Lehrbuch der Physik und Meteorologie“ ist daher in „Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik“ abgeändert worden.

Die bisher bewährte *Tendenz des Buches* als eines im echt wissenschaftlichen Sinne populären Lehrbuches wird beibehalten; gleichwohl wird versucht das Ganze auf eine etwas höhere Stufe als früher zu heben; dabei galt als Ziel, nicht nur den Studierenden der Physik ein brauchbares Lehrbuch in die Hand zu geben, sondern auch alles das zu bringen, was etwa ein Dozent für die Experimentalvorlesung, oder ein angehender Forscher zur ersten Orientierung über ihm noch fremde Teilgebiete der Physik braucht. Wo die elementare Theorie versagt oder schleppend wirkt, wird von den Elementen der höheren Analysis Gebrauch gemacht; nach wie vor aber ist dem Experiment, der Versuchsanordnung und den endgültigen Forschungsergebnissen in der Darstellung die erste Stelle eingeräumt. Daneben wird versucht besonders das *Methodische* klar herauszuarbeiten. Wir hoffen damit auch den Bedürfnissen des großen Leserkreises außerhalb der Fachphysik gerecht zu werden, in welchem sich das Lehrbuch bisher einer ausgesprochenen Beliebtheit erfreute. Welche Veränderungen gegen früher im einzelnen vorgenommen wurden, und aus welchen Gründen dies geschah, ist in den Vorworten zu den Einzelbänden dargelegt worden.

Daß ein Lehrbuch vom Umfange des vorliegenden nicht mehr von einem oder einigen wenigen Autoren bearbeitet werden konnte, bedarf wohl keiner besonderen Begründung. Allerdings war es auf diese Weise nicht leicht, die gerade für ein Lehrbuch wünschenswerte Einheitlichkeit der Darstellung zu erreichen. Wenn auch gerade in diesem Punkte sich nicht alle unsere Wünsche und Bestrebungen in vollem Umfange erfüllen ließen, so hoffen wir trotzdem der Neuausgabe im wesentlichen den Charakter eines Lehrbuches bewahrt und die Gefahr der Umwandlung in ein Handbuch oder Nachschlagewerk vermieden zu haben. Wie das Verzeichnis der Mitarbeiter zeigt, ruht die Behandlung jedes einzelnen Gebietes in den Händen von Fachgenossen, die dieses Gebiet auf Grund eigener Forschungen völlig beherrschen.“

Der die gesamte Wärmelehre enthaltende Band III ist entsprechend den beiden grundsätzlich verschiedenen Denk- und Forschungsmethoden dieses Gebietes in zwei (auch einzeln käufliche) Teilbände zerlegt worden. Der erste, dessen Erscheinen in einigen Monaten zu er-

warten ist, trägt die Titel: Physikalische, chemische und technische Thermodynamik (einschl. Wärmeleitung), der zweite bereits vorliegende behandelt die kinetische Theorie der Materie. Durch diese Trennung kommt das bereits oben erwähnte Bestreben der Herausgeber zum Ausdruck, das Methodische möglichst scharf herauszuarbeiten. Wenn auch hierdurch einzelne Härten unvermeidlich sind, fallen diese im Vergleich zu dem prinzipiellen didaktischen Gewinn, der hierdurch erzielt wird, doch schließlich kaum ins Gewicht.

Daß gerade innerhalb einer brauchbaren *Darstellung einer Theorie der Wärme* die Methode eine ausschlaggebende Rolle spielen muß und in dem vorliegenden von K. F. HERZFELD verfaßten Bande auch tatsächlich spielt, bedarf kaum einer besonderen Erwähnung. Mit Recht wurde von dem Verf. insbesondere darauf Wert gelegt, konkretere modellmäßige Vorstellungen nur dort zu verwenden, wo es unbedingt nötig ist. Bekanntlich wird ja gerade in dieser Hinsicht von Anfängern (und nicht nur von diesen!) viel gesündigt, indem sie sich bei ihren Gedankengängen unnötigerweise oder mindestens viel zu frühzeitig auf konkrete Annahmen oder Modelle festlegen. Die Befürchtung, daß die Darstellung hierdurch zu abstrakt und schwer verständlich ausfiele, erweist sich anscheinend nicht als gerechtfertigt. Wenn auch die Anforderungen, die die Lektüre der einzelnen Abschnitte stellt, nicht völlig gleichmäßig sind, so ist es dem Verf. doch wohl gelungen, entsprechend der Tendenz des Gesamtwerkes die Auswahl des Stoffes und die Darstellung im großen ganzen den Bedürfnissen eines Studierenden der Physik anzupassen, der die Anfangsgründe der Experimentalphysik und der höheren Mathematik beherrscht. Einzelne etwas schwierigere Probleme, deren Verständnis für den Anfänger zunächst entbehrlich ist, werden zum Teil in längeren Fußnoten, zum Teil im vorletzten Kapitel behandelt.

Der Inhalt gliedert sich in folgende 10 Kapitel: 1. Kinetische Theorie der Gase in elementarer Darstellung [α] Gleichgewichtszustände, β) Strömungs- und Leitungserscheinungen], 112 S. 2. Allgemeine statistische Mechanik [α] Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit im einfachsten Falle, β) Grundformeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung, γ) Einfluß der Energiebedingung, δ) die thermodynamischen Größen], 50 S. 3. Gase [α] Zustandsgleichung, β) mehratomige Gase], 35 S. 4. Der feste Körper (unter Mitwirkung von H. G. GRIMM), 54 S. 5. Theorie der Flüssigkeiten, 16 S. 6. Theorie der Lösungen, 45 S. 7. Theorie der Schwankungen, 38 S. 8. Quantentheorie, 48 S. 9. Weiterbildung der statistischen Methode, 8 S. 10. Zahlenwerte, Geschichtliches, 12 S.

Diese Stoffeinteilung ist in mancher Hinsicht bemerkenswert und läßt ohne weiteres eine Reihe charakteristischer Merkmale des Buches hervortreten. Auffallend ist vor allem, daß die Quantentheorie relativ spät eingeführt und anscheinend nur kurz behandelt wird. Dies erklärt sich dadurch, daß eine Anzahl Probleme, für die schließlich die Quantentheorie unentbehrlich ist, schon in früheren Kapiteln behandelt ist, und daß die Darstellung und die Gestalt der Formeln hier bereits nach Möglichkeit auf die Quantentheorie zugeschnitten ist, so daß ihre Einführung am Schluß gewissermaßen als die organische Fortführung des Vorangehenden empfunden wird. Daher wird gerade denjenigen Physikern der von HERZFELD eingeschlagene Weg sympathisch sein, die größeren Wert darauf legen, das gemeinsame zwischen klassischer Theorie und Quantenlehre zu betonen, als das Trennende.

Da in der ganzen neueren Weltliteratur nur außerordentlich wenige Bücher existieren, in denen der Versuch gemacht wird, von der gesamten kinetischen Theorie der Materie bis zu den neuesten Forschungsergebnissen hin eine knappe, zusammenfassende Darstellung zu geben, darf man wohl erwarten, daß der HERZFELDSche Band sich auch über den Kreis der Leser der übrigen Bände des MÜLLER-POUILLETschen Buches zahlreiche Freunde erwerben wird. A. EUCKEN, Breslau.

WHITTAKER, E. T., *Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper*. Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellung. Bd. XVII. Berlin: Julius Springer 1924. XII, 462 S. 16 × 24 cm. Preis geh. 21, geb. 22,50 Goldmark.

Die deutsche Ausgabe dieses bekannten und geschätzten englischen Lehrbuches ist sehr zu begrüßen. Wir haben eigentlich kein neueres Lehrbuch der Dynamik von diesem Umfang und Ziel. Am nächsten wären damit vielleicht die Vorlesungen JACOBS zu vergleichen, aber diese stammen aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts. Der Verfasser stellt die analytischen Methoden überall voran und sucht einen vollständigen Überblick darüber zu geben, was sich mit ihnen erreichen läßt. Daß er dabei vor mathematisch recht schwierigen Teilen nicht zurückschrecken darf, ist selbstverständlich. Sind doch die Probleme der hohen Dynamik oft der Anlaß für die Mathematiker gewesen, ausgedehnte und abstrakte Untersuchungen durchzuführen, um neue Angriffsmethoden zu gewinnen. Daß es keinen Königsweg in der Mathematik gibt, spürt man leider beim Eindringen in diese Teile der Dynamik. Aber man gewinnt aus dem Buch den Eindruck, daß WHITTAKER in vieler Hinsicht als Wegbauer viel geleistet hat. Ich habe die Überzeugung, daß Physiker, Mathematiker und Astronomen das WHITTAKERSche Buch viel benutzen werden.

Die Einteilung ist kurz diese: „Kinematik“ und „Bewegungsgleichungen“ bilden die einleitenden Kapitel. „Die Integrationsprinzipien“, „Die lösbaren Probleme der Punktmechanik“, „Das dynamische Verhalten starrer Körper“, „Die lösbaren Probleme der Dynamik starrer Körper“ (Kreiseltheorie), „Die Theorie der Schwingungen“, „Nicht-holonome Systeme, Systeme mit Energiezerstreuung“, „Die Prinzipien der kleinsten Wirkung und der kleinsten Krümmung“ — das führt uns über die erste Hälfte des Buches und im allgemeinen über bekanntes Gelände, wie es auch in anderen guten Darstellungen zu finden ist (z. B. im WEBSTER). Allerdings ist hier alles Mathematische viel stärker betont, als es die meisten anderen Autoren zu tun streben, und es ist eine Reihe sonst wenig bekannter Sätze und Verallgemeinerungen ausgesprochen. Mit dem 10. Kapitel: „HAMILTONSche Systeme und ihre Integrationsvarianten“ beginnt für den Verfasser — und vermutlich für die meisten Benutzer des Buches — sichtlich das eigentliche Thema. „Die Transformationstheorie der Dynamik“ bringt eine eingehende Darstellung der Berührungstransformationen und mit ihrer Hilfe werden im nächsten Kapitel „Die Eigenschaften der Integrale dynamischer Systeme“ diskutiert. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um die methodische Auffindung neuer Integrale der Bewegungsgleichungen, für den Fall, daß eine oder mehrere partikuläre Lösungen schon bekannt sind. Die letzten 100 Seiten des Buches behandeln das Dreikörperproblem als Beispiel für die Anwendung und Fortführung der Transformationstheorie. („Die Reduktion des Dreikörperproblems“, „Die Sätze von BRUNS und von POINCARÉ“, „Allgemeine Theorie der Bahnkurven“, „Integration durch trigonometrische Reihen.“) Es

ist dies eine Stelle, wo man eine gute, genügend breit fundierte Einführung in dies berühmteste der dynamischen Probleme erhält und zugleich eine Zusammenfassung dessen, was erreicht worden ist. Erwähnt sei die Diskussion der periodischen Lösungen und der Stabilität von Lösungen.

Das WHITTAKERSCHE Buch ist eine wahre „*mécanique analytique*“ nach LAGRANGESCHEM Muster. Man wird vergeblich eine einzige Figur in dem Buch suchen — selbst in dem Kapitel über Kinematik, in dem die Zusammensetzung von Drehungen, die EULERSCHEN Winkel, die Ableitung eines Vektors nach beweglichen Achsen u. dgl. besprochen werden. Dem Leser anschauliche Hilfsmittel zur Festhaltung des Gegenstandes zu geben, liegt dem Autor völlig fern. Ich kann den Verdacht nicht loswerden, daß diese Einstellung auf das Analytische für viele Leser (auch in den höheren Teilen) eine Erschwerung bedeutet. Der nahe Zusammenhang der Transformationstheorie mit der Flächentheorie (die Bahnkurven können z. B. als geodätische Linien auf gewissen Flächen gedeutet werden) und der Theorie der Charakteristiken, ebenso die ganze Theorie der Berührungstransformationen läßt sich analytisch und geometrisch parallel verfolgen, jedenfalls eine erhebliche Strecke weit. Wäre das in dem

Buch mehr berücksichtigt, so wäre seine Lektüre genußreicher. Ich möchte nicht sagen, daß das Buch dadurch an und für sich nützlicher würde: nur angenehmer. Wer den Gegenstand wirklich aufnehmen will, muß ihn meinem Gefühl nach durch eigene Arbeit nach der geometrischen Seite hin ergänzen. Wenigstens sind viele Mathematiker und Physiker so eingestellt.

Geradezu fabelhaft und für denjenigen, der das Buch wirklich durcharbeitet, von unschätzbarem Wert, ist die Fülle von Aufgaben, die allen Kapiteln beigegeben ist. In dieser Hinsicht zeigt das Buch die Überlegenheit des englischen Mechanikunterrichts (wenigstens in Cambridge und einigen anderen Universitäten) über den unseren. Was da im ‚Tripos‘ Examen an Schwierigkeiten der Klausurarbeit den Studenten zugemutet wird, dürfte bei uns lange nicht erreichbar sein. Der Dozent, der Mechanik liest, wird hier ohne Mühe Stoff zur rechnerischen Illustration auch der hohen Teile der Theorie finden. In gewissem Sinne ersetzen die Übungsaufgaben die geometrische Deutung des Stoffes.

Die von HERN und FRAU DR. MITTELSTEN-SCHIED besorgte Übersetzung ist vorzüglich. Im Satzbild fällt angenehm die gut durchgeführte Unterscheidung von Einschießeln durch kleineren Druck auf.

P. P. EWALD, Stuttgart.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

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

Über Luminescenz hochverdünnter Flammen.

In einem kurzen Bericht, der Mitte August 1925 in dieser Zeitschrift erschienen ist¹⁾, haben H. BEUTLER und M. POLANYI eine Methode beschrieben, um die von HABER und ZISCH entdeckte Chemiluminescenz des Natriums in großer Intensität zu erzeugen und zugleich über den Mechanismus der zugrunde liegenden Reaktion Aufschlüsse zu gewinnen. Es wird hierzu das Natrium mit dem Halogen bzw. flüchtigen Halogensalzen *im Vakuum* zusammengebracht. Die Drucke der reagierenden Substanzen bleiben unter 0,5 mm Quecksilber.

Inzwischen haben K. LIALIKOV und A. TERENIN²⁾ ebenfalls hochverdünnte Flammen von Alkalimetallen mit Jod erzeugt und das Auftreten der beiden ersten Resonanzlinien von Kalium und Rubidium festgestellt. Dies veranlaßt uns, hier einiges aus unseren eigenen Resultaten auf diesem Gebiete mitzuteilen.

I. Die Intensität des Lichtes sowie die Lichtausbeute kann um das Vielfache gesteigert werden, wenn man statt der ursprünglich beschriebenen Anordnung folgende Arbeitsweise verwendet: Man läßt in einem weiteren Rohr von etwa 3 cm Durchmesser den Alkalimetaldampf strömen und durch ein engeres Rohr von etwa 3 mm Durchmesser, das zentrisch in das weitere hineingesteckt ist und etwa bis zu dessen Mitte hineinragt, das Halogen oder flüchtige Halogensalz eintreten. Die Strömungen werden so eingestellt, daß der Metaldampfstrom in Äquivalenten pro Sekunde das Mehrfache des Halogenstromes beträgt. Die thermoelektrisch gemessene Lichtstrahlung beträgt bei der so geführten Umsetzung von Natrium bzw. Kalium mit Chlor bzw. Sublimat 10% des theoretisch möglichen Maximums (Güteverhältnis 10%). Die photometrisch

gemessene Lichtstärke der D-Linie betrug in Übereinstimmung hiermit 2—6 HK. Die Lichtstrahlung des Kaliums wird durch Einschaltung eines Rotfilters nur wenig (ca. 10%) geschwächt, besteht also zu überwiegendem Teil aus der Doppellinie 7665/99. Die Bestimmung der Temperatur in der Reaktionszone liefert den Nachweis, daß es sich auch hier um Chemiluminescenz handelt. (St. v. B. u. M. P.)

2. Das Licht, das mit der unter 1. beschriebenen Anordnung erzeugt wurde, haben wir mit folgendem Ergebnis spektral untersucht.

a) Natriumlicht.

Termbezeichnung	Wellenlänge in $\mu\mu$	Anregungsenergie vom Normalzust. in Cal	Intensität bei Erregung durch Reaktion (mit Energie des Elementarvorgangs)			
			HgCl ₂ 70 Cal	Cl ₂ 90 Cal	Br ₂ 80 Cal	J ₂ 70 Cal
Hauptserie						
1s — 2p	589	48,3	100	100	100	+
1s — 3p	330,3	86	1,5	0,05	0,015	
1s — 4p	285,3	99,7	0,05	+		
1s — 5p	268,0	106	0,005			
1s — 6p	259,4	109,6	0,0005			
II.						
Nebenserie						
2p — 3s	616	94,5	+	+	+	
2p — 4s	515	103,3	0,15	+		
2p — 5s	475	108	0,2	+		
2p — 6s	454	110,5	0,05	+		
2p — 7s	442	112,3	0,02	+		
2p — 8s	434	113,5	0,02	+		
I.						
Nebenserie						
2p — 4d	568	98,2	1	0,5	0,15	
2p — 5d	498	105,1	0,3	+		
2p — 6d	467	108,9	0,3	+		
2p — 7d	450	111,2	0,1	+		
2p — 8d	439	112,7	0,05	+		
1s — 3d	346,2	82,6	0,005	0,005		

Die als Intensitätsschätzungen angeführten Zahlen haben folgende Bedeutung. Die D-Linie wurde durch ein 1% durchlassendes Filter aufgenommen und eine bestimmte, so erhaltene Schwärzung als 1, die un-

¹⁾ Naturwissenschaften 13, 711. 1925.

²⁾ Naturwissenschaften 14, 83. 1926. Das Manuskript ist am 16. November 1925 eingegangen, die vom Verfasser imprimierten Korrekturfahnen am 12. Januar 1926. Die Schriftleitung.

geschwächte Intensität der D-Linie als 100 bezeichnet. Dann wurden die Zeiten gemessen, die bei den anderen Linien die Schwärzung 1 ergaben, und die reziproken Werte dieser Zeiten in die Tabelle eingesetzt. Es wurden panchromatische Ilford-Platten verwendet und stets nur Schwärzungen auf einer Platte verglichen. Auftreten von Linien ohne Intensitätsschätzung wird mit einem Kreuz bezeichnet.

Bei allen Lumineszenzen des Natriums tritt noch ein Bandenspektrum auf (Intensität ca. 1) mit folgenden Schwerpunkten der Banden:

571,3 schw.	589,0 schw.	610,9 schw.	632,7 st.	658,0 schw.
574,5 st	595,0 schw.	616,3 s. st.	639,3 st.	— s. schw.
579,3 st.	599,1 st.	622,3 st.	— s. schw.	— s. schw.
585,0 schw.	605,5 st.	627,2 schw.	650,1 schw.	

Dieses Spektrum stimmt mit demjenigen überein, das WOOD¹⁾ bei Anregung mit langsamen Kathodenstrahlen gefunden hat.

b) *Kaliumlicht*. Bei Reaktion von K mit HgCl₂ treten folgende Linien auf. Hauptserie 766,5/9,9, 404,4/4,8, 344,7, 321,7 (1s - 2p bis 1s - 5p). II. Nebenserie 693,9/1,2, 580,2/78,2, 534,0/2,4 (2p - 3s bis 2p - 5s). I. Nebenserie 583,2/1,2, 536,0/4,4, 511,3/509,8, 496,5/5,2 (2p - 5d bis 2p - 8d). Ferner 464,2 (1s - 3d).

c) *Quecksilberlicht*. Bei den Reaktionen von Na und K mit HgCl₂ tritt die Resonanzlinie 253,7 auf. (Bei Na mit der Intensität ca. 1.) Außerdem wurden bei Na schwach 3663 (2p₁ - 3d₃) und 3131 (2p₁ - 3d₃) beobachtet.

d) *Weitere Bandenspektren*. Bei den Reaktionen Na + HgCl₂, Na + Cl₂ und Na + Br₂ treten jeweils verschiedene Bandenspektren in geringer Intensität auf. Hiervon wurde ausgemessen bei Na und Br₂ das Bandenspektrum: 370,5, 375, 379,5, 383, 388, 393, 398,5, 403, 408, 413, 417, 422, 426, 431, 436, 441, 446, 451,5, 457, 462, 467,5.

Vom theoretischen Standpunkte sei nur darauf hin-

1) WOOD, Phys. Zeitschr. 9, 460. 1908.

gewiesen, daß die Energie des einzelnen Elementarprozesses keineswegs die Grenze der Anregungen vorschreibt (ebensowenig, wie bei der Anregung der 2537-Linie bei KALLMANN und FRÄNZ¹⁾). Besonders groß sind die Überschreitungen bei Na + HgCl₂ (bis zu 42 Cal.). Bemerkenswert erscheint das Auftreten der bisher bei Na noch nicht beobachteten Linie 1s - 3d. Diese tritt auch bei K ungewöhnlich stark auf. (H.B. u. M. P.)

Die Untersuchung der Flamme auf Leitfähigkeit ergab eine Ionisierung von etwa $\frac{1}{10000}$ der umgesetzten Stoffe.

Berlin, den 1. Februar 1926.

H. BEUTLER, St. v. BOGDANDY und M. POLANYI.

Zur Frage des analytischen Nachweises von Gold in Quecksilber.

Sehr geringe in Quecksilber gelöste Goldmengen entziehen sich längere Zeit nach dem Erhitzen dem analytischen Nachweis bei dem Versuch, sie durch Auflösen in Salpetersäure und Beobachtung des Rückstandes unter dem Mikroskop aufzufinden. Diese sehr geringen, fein verteilten Goldmengen werden z. B. durch monatelanges Stehenlassen des Quecksilbers nachweisbar nach der von A. MIETHE und H. STAMMREICH²⁾ angegebenen analytischen Methode, ohne daß eine elektrische Behandlung des Quecksilbers stattgefunden hat.

Die ausführliche Darstellung der Untersuchungen wird in dem in Vorbereitung befindlichen Heft der Wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern erscheinen.

Siemensstadt, den 9. Februar 1926.

Forschungslaboratorium der Siemens & Halske A. G. und der Siemens Schuckertwerke G. m. b. H.

E. DUHME und A. LOTZ.

1) KALLMANN und FRÄNZ, Zeitschr. f. Phys. 34, 924. 1925.

2) A. MIETHE, Naturwiss. 12, 597. 1924.

Die spezifische photochemische Wirkung bei der Kohlensäureassimilation nach den Versuchen von Wurmser.

Herr OTTO WARBURG hat in seiner Arbeit über Kohlensäureassimilation (Naturwissenschaften 4. Dez. 1925, S. 988), beim zitieren der Versuche und Resultate von WURMSER einige Fehler gemacht, die ich hier korrigieren möchte, und bei derselben Gelegenheit ebenfalls einige Erläuterungen über die Berechnungsmethoden der Absorption des Chlorophylls und über die Anwendbarkeit des EINSTEINSCHEN Äquivalentgesetzes anbringen möchte.

1. Herr O. WARBURG beginnt den Absatz über „die spezifische photochemische Wirkung nach R. WURMSER“ mit folgenden Worten: „Kürzlich (1925), hat R. WURMSER versucht, die spezifische photochemische Wirkung bei der Kohlensäureassimilation zu messen...“

Dazu muß man bemerken, daß die Arbeiten von WURMSER ganz gleichzeitig und parallel denjenigen von O. WARBURG und NEGELEIN gemacht wurden; denn die erste Arbeit von WURMSER über die energetische Ausbeute für verschiedene Strahlen bei der Assimilation von CO₂ wurde nicht „Kürzlich in 1925“, sondern vor 2 Jahren am 8. Oktober 1923 in der Pariser Akademie publiziert, und die Arbeit von O. WARBURG und NEGELEIN erschien am 25. September 1923. In dieser ersten Arbeit (1923) erhielt WURMSER für die Energieausbeute φ_0 im rot ($\lambda > 590 \text{ m}\mu$), 60% und im grün ($590 > \lambda$

$> 490 \text{ m}\mu$) 80 %. In seiner neuen Arbeit (C. R. 21. September 1925) hat R. WURMSER mit einer größeren Genauigkeit die Assimilationsversuche an *Uva lactuca* im rot und im grün wiederholt und wieder für die Ausbeute φ_0 einen größeren Wert im grün als im rot erhalten. Das Verhältnis ist nämlich gleich 1,15, dagegen fordert das EINSTEINSCHES Gesetz für dieses Verhältnis 0,84.

2. Herr O. WARBURG sagt weiter, daß WURMSER „ähnlich wie WEIGERT“ die Lichtabsorption aus den Lichtschwächungen die grüne und weiße (entfärbte) Ulvastücke hervorbrachten, berechnete. „Da dieses Verfahren, wie oben erörtert, nicht einmal der Größenordnung nach richtige Werte liefert, so können wir die WURMSERSCHEN Zahlen nicht gelten lassen und halten auch seine Bestätigung unserer Rotversuche für ein zufälliges Rechenergebnis“. Diese Behauptung von WARBURG ist ganz unrichtig. Die Rechnungsmethode von WURMSER ist vollständig verschieden von derjenigen, die WEIGERT für die Versuche von BROWN und ESCOMBE angewandt hatte.

R. WURMSER hat nämlich in seiner ersten Arbeit die Absorption durch ein grünes Ulvastück als gleich dem Ausdruck

$$B = \frac{J_0 - J}{J_0} = 1 - 10^{-(K_1 + K_2)}$$

gesetzt, wobei K_1 der Absorptionskoeffizient des Chlorophylls und K_2 derjenige der übrigen Teile des Blattes ist. Dieser Koeffizient K_2 wird aus der Absorption des entfärbten Blattes bestimmt:

$$C = \frac{J_0 - J_\xi}{J_0} = 1 - 10^{-K_2}$$

Aus den Messungen von B und C berechnet man den Wert des Absorptionskoeffizienten des Chlorophylls K_1 :

$$K_1 = \log \frac{1 - C}{1 - B}$$

und aus diesem die Absorption („pouvoir absorbant“ A) des Chlorophylls:

$$A = \frac{J_0 - J_1}{J_0} = 1 - 10^{-K_1}$$

Diese Berechnungsmethode wurde von WURMSER schon in seiner großen Arbeit über Kohlensäureassimilation in 1921 gegeben (Arch. de physique biol. Sept. 1921, S. 106). WURMSER hatte schon dort gezeigt, daß man die Absorption der violetten Strahlen durch das Chlorophyll erhält, indem man von dem Absorptionskoeffizient der Mischung (Chlorophyll + Lipochrome) denjenigen der Lipochrome abzieht.

WEIGERT hat dagegen nach der Formel $A = C - B$ berechnet.

Angewandt auf das Beispiel von WEIGERT ($B = 74,5\%$ und $C = 78,7\%$) erhält man $A = 15,8\%$ und nicht wie es WEIGERT gefunden hatte $4,2\%$, so daß die Ausbeute im Versuch von BROWN und ESCOMBE gleich $\frac{4,1}{15,8} \cdot 100 = 26\%$ (und nicht 98%) ist,

was ja auch bei den Versuchsbedingungen plausibel ist.

Diese Berechnungsmethode von WURMSER beruht auf der Annahme, daß die Lichtschwächung in einem Blatt durch die Summe der Absorptionen des Chlorophylls und der übrigen Bestandteile des Blattes erzeugt ist. Man kann dazu einwenden, daß die Zellen, Körnchen und Kolloide, die im Blatt enthalten sind, eine Streuung des Lichtes erzeugen, so daß man in Wirklichkeit mit einem komplizierten Vorgange zu tun hat: einerseits einer wirklichen Absorption durch das Chlorophyll und andererseits einer Streuung des Lichtes. Diese Auffassung ist die richtigere, sie hat auch eine allgemeine Bedeutung und findet Anwendungen z. B. auch für die Lichtschwächung durch eine photographische Platte. WURMSER hat in seiner letzten Arbeit (C. R. 21. Sept. 1925) dieses Problem behandelt und hat die Berechnung nach dieser neuen Auffassung durchgeführt.

Die Theorie der Lichtschwächung durch ein Medium, in dem man gleichzeitig eine Absorption und eine Streuung hat, wurde von LANGEVIN gegeben. Im Falle einer sehr dünnen Schicht, wie es die Blätter der *Uva* sind, hat man für die Lichtschwächung den Ausdruck (noch unveröffentlicht):

$$\frac{J_0}{J} = Ch\sqrt{\xi(\xi + \eta)} + \frac{2\xi + \eta}{2\sqrt{\xi(\xi + \eta)}} \cdot Sh\sqrt{\xi(\xi + \eta)}$$

wo ξ der Absorptionskoeffizient des Chlorophylls ($e^{-\xi} = 10^{-K_1}$) und η der Streukoeffizient des Blattes ($\frac{J_0}{J_2} = 1 + \frac{\eta}{2} = 10^{K_2}$) ist.

Wenn man die obige Formel von LANGEVIN in eine Reihe entwickelt und mit der Reihenentwicklung von $\frac{J_0}{J} = 10^{K_1 + K_2}$ vergleicht, so bekommt man bei Ver-

nachlässigung der Glieder höherer Ordnung eine vollständige Übereinstimmung zwischen den beiden Reihen.

Die Absorption durch das Chlorophyll ist:

$$A = \frac{J_0 - J_2 - J_\delta}{J_0}$$

wo J_δ die Intensität der zerstreuten Strahlen in der Richtung entgegengesetzt zur Einfallrichtung ist; bei Vernachlässigung höherer Terme ist diese gleich

$$A = \xi - \frac{\xi^2}{2} + \dots$$

also identisch mit

$$A = 1 - e^{-\xi}$$

Diese neue Berechnungsmethode der Versuche von WURMSER gibt fast genau dieselben Resultate, wie die frühere. Die Gültigkeit der Formel von LANGEVIN wurde zunächst durch spezielle Versuche über die Lichtschwächung durch verschiedene Schichten eines geölten Zigarettenpapiers von WURMSER vollständig bestätigt. (Die ausführliche Arbeit von WURMSER befindet sich im Druck im Journal de physique et le radium.)

Es kann also als sicher angesehen werden, daß WURMSER gleichzeitig mit WARBURG und NEGELEIN für die Assimilation im Rot eine Energieausbeute von 60% (W. u. N. 59%) gefunden hat; im Grün findet WURMSER eine größere Ausbeute (etwa 70%) dagegen WARBURG und NEGELEIN eine kleinere (etwa 44%).

3. Was bedeuten nun diese Werte der Energieausbeute? Kann man sie im Lichte des EINSTEINschen Äquivalentgesetzes deuten?

Wir wissen, daß bei der Assimilation dem Gemisch von $1 \text{ Mol CO}_2 + 1 \text{ Mol H}_2\text{O}$ die Energiemenge von 112 300 cal. geliefert werden muß. Die Energie eines Quanten im rot ($660 \text{ m}\mu$) entspricht 43 200 cal. und im grün ($546 \text{ m}\mu$) 51 200 cal. , es kann also lange nicht die zur Assimilation nötige Energie durch ein Quant gedeckt werden.

Diese Tatsache bildet einen grundlegenden Unterschied zwischen der Kohlensäureassimilation und allen photochemischen Reaktionen in denen das EINSTEINsche Gesetz bestätigt wurde, denn bei diesen ist immer die Energie eines Quantum größer, als das Energiebedürfnis der Reaktion.

Es stellt sich also ganz allgemein die Frage ob man überhaupt von einer Anwendbarkeit des EINSTEINschen Gesetzes in den Fällen reden kann, wo das Quantum kleiner als die Energie der Reaktion ist.

Wenn man im Sinne der Quantentheorie solche Reaktionen behandeln will, so muß man zunächst annehmen, daß die Reaktion aus einer Sukzession mehrerer elementarer Vorgänge besteht, etwa schematisch im Sinne:

$$\begin{aligned} A &+ h\nu = A^* \\ A^* &+ B = (AB)^* \\ (AB)^* &+ h\nu = (AB)^{**} \\ (AB)^{**} &+ C = A + (BC)^{**} \text{ usw.} \end{aligned}$$

wo wir mit den Sternen die angeregten oder energiereicheren Zustände bezeichnen. In dieser Sukzession sind einige Vorgänge Lichtreaktionen, dagegen andere Dunkelreaktionen. Für die ersten gilt wohl das EINSTEINsche Gesetz, die Ausbeute der Dunkelreaktionen (Stöße zweiter und dritter Ordnung) dagegen ist von den Reaktionsbedingungen abhängig. Unter diesen Bedingungen spielt eine sehr große Rolle die Art des angeregten Zustandes der Molekel.

Wir wissen aus den sämtlichen Untersuchungen über

die Absorption der Strahlen, daß je nach der Frequenz der Anregungszustand der Molekel verschiedenen physikalischen Vorgängen in der Molekel entspricht (verschiedene Elektronenniveaux, verschiedene Schwingungen der Atome und Rotationen der Molekel). Chemisch äußert sich dies dadurch, daß die Reaktionsfähigkeit einer Molekel abhängig von der Frequenz der absorbierten Strahlung ist; so z. B. ist die *Chlor*-Molekel bei der Absorption der Strahlen von $\lambda < 4800 \text{ \AA}$ reaktionsfähiger als bei der Absorption der Strahlen von $\lambda > 4800 \text{ \AA}$ (Versuche von TAYLOR); ebenso ist die Molekel des Schwefels (S_2) reaktionsfähiger bei der Absorption der Strahlen von $\lambda < 2794 \text{ \AA}$, als bei der Absorption von $\lambda > 2794$ (Versuche von V. HENRI und TEVES) usw. (Ich habe in meinem Buche: „*Structure des molecules*“. Paris: Hermann 1925, S. 82 bis 103; „*Etat de pré-dissociation des molécules*“, eine ganze Reihe solcher Beispiele zusammengestellt.) Es ist dies ein ganz allgemeines Resultat, welches von uns

mit mehreren Mitarbeitern und parallel von FRANK und seinen Mitarbeitern erhalten worden ist¹⁾).

Wir müssen also erwarten, daß auch im Falle des Chlorophylls bei der Assimilation einige der Dunkelreaktionen mit einer größeren Ausbeute auftreten werden, wenn das Molekülkomplex durch grüne Strahlen belichtet ist, als durch rote.

Es kann, wie ich glaube, überhaupt nicht die Frage gestellt werden über die Anwendbarkeit oder die Nichtanwendbarkeit des EINSTEINSCHEN Gesetzes in allen den Fällen, wo man mit einer Sukzession rein photochemischer und Dunkelreaktionen zu tun hat, und dies findet sicher bei der Kohlensäureassimilation statt.

Zürich, den 31. Dezember 1925. Institut für physikalische Chemie.
VICTOR HENRI.

¹⁾ Eine ausführliche Arbeit von WURMSER und mir über das photochemische Äquivalentgesetz in Verbindung mit der BOHRschen Theorie und der Prädissoziation der Molekel wird bald erscheinen.

Erwiderung auf vorstehenden Aufsatz.

1. HENRIS Meinung, daß die Arbeiten von WURMSER „ganz gleichzeitig und parallel denjenigen von O. WARBURG und NEGELEIN gemacht wurden“, kann ich nicht beipflichten. Denn unsere erste Arbeit „Über den Energieumsatz bei der Kohlensäureassimilation“ (Zeitschrift f. physikal. Chem. 102, 236. 1922) erschien im September 1922. In dieser Arbeit stand, durch 12 Versuche und 3 Versuchsprotokolle belegt, daß die Ausbeute zwischen 570 und 645 $\mu\mu$ rund 70% beträgt. WURMSER legte seine erste Notiz über den Energieumsatz der Pariser Akademie im Oktober 1923, also reichlich ein Jahr später, vor. In dieser Notiz stand, daß die Ausbeute zwischen 590 und 700 $\mu\mu$ rund 60% beträgt. Weder in der Notiz WURMSERS von 1923 noch in einer späteren Arbeit von 1925 finden wir *mehr*, als eine allgemeine Skizzierung seiner Methoden, in keiner der beiden Arbeiten aber experimentelle Einzelheiten. Ob man nun die Arbeit von 1925 oder die Notiz von 1923 ins Auge faßt, ist für die Frage der Priorität gleichgültig, da 1923 schon seit einem Jahr bekannt und durch Versuche belegt war, daß im langwelligen Teil des Spektrums der größere Teil der absorbierten Lichtenergie in chemische Energie verwandelt wird.

2. Zu HENRIS Protest, daß WURMSER „ähnlich wie WEIGERT“ die Lichtabsorption berechnet habe, lasse ich WURMSER selbst sprechen. WURMSER schreibt (Ann. de Physiol. 1, 48, S. 54. 1925):

„Des recherches relativement anciennes de H. T. BROWN et F. ESCOMBE, interprétées par F. WEIGERT, il semblait déjà résulter que le rendement énergétique de l'assimilation chlorophyllienne pouvait atteindre une valeur voisine de l'unité. BROWN et ESCOMBE mesuraient le pouvoir d'absorption du pigment en comparant la transparence des feuilles blanches et des feuilles vertes d'une même espèce — — —“

Dans les déterminations du rendement de la photosynthèse que j'ai effectuées, la méthode de mesure de l'énergie absorbée par la chlorophylle est en principe la même que celle de BROWN et ESCOMBE.“

Diese Sätze beweisen, daß WURMSER der Fehler in WEIGERTS Rechnung nicht bekannt war. Denn sonst hätte er geschrieben, daß man bei den älteren, von WEIGERT interpretierten Versuchen 20% erhalten habe, während er schrieb, daß man 100% erhalten habe. Wenn HENRI heute, mir folgend, die Ausbeute bei den älteren Versuchen — die bei viel zu hohen Licht-

intensitäten angestellt worden sind — auf rund 20% schätzt, so besteht hier offenbar ein Widerspruch zwischen WURMSER von 1925 und HENRI von 1926. Meine Kritik bezog sich auf WURMSER von 1925.

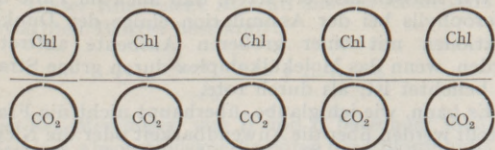
Ich bin der Ansicht, daß WURMSER — wie er auch rechnen mag — bei der Anlage seiner Versuche nicht imstande ist, die Ausbeute einigermaßen genau zu messen, geschweige denn Unterschiede in den Ausbeuten, wie er sie zwischen Rot und Grün gefunden haben will, festzustellen. WURMSER arbeitet mit diffussem Tageslicht, mit Versuchszeiten von im Mittel 8 Stunden. Er mißt, je nach dem „Zustand des Himmels“, die Intensität des Tageslichtes in verschiedenen Intervallen und kann so nur ganz ungefähr erfahren, wieviel Licht in der Versuchszeit auf sein Objekt gefallen ist. Um die Lichtabsorption zu messen, vergleicht er die Durchlässigkeit seines Objektes — eines trüben Mediums — im grünen und entfärbten Zustand und berechnet aus beiden Durchlässigkeiten die Absorption, die auf Rechnung des Chlorophylls zu setzen ist. Besonders im Grün, wo das Chlorophyll nur schwach absorbiert, müssen kleine Fehler in den Durchlässigkeitsmessungen große Fehler in der Absorptionsberechnung bedingen.

Wie ich mit NEGELEIN gezeigt habe, ist es bei anderer Versuchsanordnung leicht, die Ausbeute bei Bestrahlung mit dem Licht einzelner Linien der Quecksilberdampfampe für Perioden von 10 Minuten zu messen, wobei das Problem der Absorptionsmessung durch einen einfachen Kunstgriff umgangen wird. Arbeitet man nach dieser Anordnung, so findet man die Ausbeute im Grün *nicht* größer als im Rot, wie WURMSER, sondern kleiner, und allgemein ein Absinken der Ausbeute, wenn man von langwelligem zu kurzwelligem Licht übergeht.

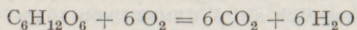
3. Am Schluß seines Aufsatzes entwickelt HENRI die Ansicht, daß man auf Vorgänge wie die Kohlensäureassimilation die Quantentheorie nicht anwenden könne. Es sei mir erlaubt, den Überlegungen HENRIS, ohne auf sie einzugehen, folgende Theorie der Assimilation gegenüberzustellen:

Ich gehe von der Tatsache aus, daß die Kohlensäureassimilation ein Vorgang ist, der sich an festen Grenzflächen abspielt. Man denke sich das Chlorophyll an dem festen Gerüst des Chlorophyllkorns (Stroma) in einfach-molekularer Schicht ausgebreitet und an diesem gefärbten Gerüst die Kohlensäure (oder ein

Derivat der Kohlensäure von gleicher Oxydationsstufe) adsorbiert (vgl. Skizze).



Belichten wir, so wird das Chlorophyll chemisch aktiviert und reduziert die Kohlensäure, wobei es selbst in den Normalzustand zurückkehrt. Da ein Absorptionsvorgang nicht reicht, um die Kohlensäure zur Stufe der Glucose zu reduzieren, muß sich ein solcher Vorgang mehrmals wiederholen. Ist dies geschehen und die Reduktionsstufe der Glucose erreicht, so löst sich das Endprodukt von der Oberfläche ab und wird durch ein neues Kohlensäuremolekül ersetzt. Nach dieser Auffassung reagieren die aktivierten Chlorophyllmoleküle, die zur vollständigen Reduktion der Kohlensäure nötig sind, nicht gleichzeitig mit der Kohlensäure, sondern zeitlich hintereinander und reduzieren die Kohlensäure stufenweise. Entsprechend faßt man die Verbrennung der Glucose durch Sauerstoff



nicht als eine gleichzeitige Reaktion von 6 Molekülen

Sauerstoff mit 1 Molekül Glucose auf, sondern als eine stufenweise Oxydation.

Weiterhin mache ich von der Tatsache Gebrauch, daß bestrahltes Chlorophyll, gleichgültig ob man mit blauem oder grünem oder gelbem Licht bestrahlt, immer rot fluoresziert. Betrachten wir nun die Erzeugung fluoreszierender und chemisch aktivierter Chlorophyllmoleküle als parallele Vorgänge, so wird jeder Absorptionsvorgang, unabhängig von der Farbe des erregenden Lichtes, immer den gleichen aktivierten Zustand des Chlorophylls hervorbringen. Dann ist die Zahl der Absorptionsvorgänge — das heißt die Zahl der absorbierten Quanten, — die zur Reduktion eines Kohlensäuremoleküls erforderlich sind, in den verschiedenen Spektralbezirken gleich und die spezifische photochemische Wirkung muß sich mit der Wellenlänge so ändern, wie wir es beim Übergang von Rot zu Gelb finden und wie es das EINSTEINSche Gesetz verlangt.

Diese Überlegungen zeigen, daß man die wesentlichsten Ergebnisse unserer Energiemessungen — die Größe der Ausbeute und die Änderung der Ausbeute mit der Wellenlänge — quantentheoretisch ungezwungen erklären kann, wenn man sich nur daran erinnert, daß die Kohlensäureassimilation ein Vorgang an Oberflächen ist.

Berlin-Dahlem, den 20. Januar 1926.

OTTO WARBURG.

Aus den Sitzungsberichten der preußischen Akademie der Wissenschaften 1925.

[Gesamtsitzung = (G.). Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse = (Phys.-math. Kl.).]

8. Januar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr KEIBEL spricht im Anschluß an seinen Vortrag vom 28. Februar 1924 **Zum Kopfproblem über Mesomerie, Branchiomerie und die Metamerie des peripheren Nervensystems bei den Wirbeltieren**. Er kommt zu dem Schlusse, daß die Branchiomerie unabhängig von der Mesomerie entstanden ist und daß der Zustand mit wenigen Kiementaschen und Bogen primitiver ist als der mit vielen. Bei den Embryonen von *Petromyzon fluviatilis* sind in der Reihe weder Anlagen von Somiten ausgefallen noch Kiementaschen. Auch ist keines der Somite, auch das dritte nicht, durch die Verschmelzung zweier ursprünglich selbständiger Somite entstanden. Soweit die Mitteilung auf eigenen Beobachtungen beruht, sind diese an Embryonen von *Petromyzon fluviatilis* angestellt.

Herr EINSTEIN legte eine Arbeit über die **Quantentheorie des einatomigen idealen Gases** (zweite Abhandlung) vor. Die früher von ihm entwickelte Theorie der Gasentartung wird weiter durchgeführt. Dabei zeigt sich, daß es bei jeder Temperatur eine Sättigungsdichte des idealen Gases gibt, derart, daß die gegenüber dieser Dichte überzähligen Moleküle an der thermischen Agitation nicht teilnehmen. Die statistischen Eigenschaften (Dichte — Schwankungen) werden untersucht. Die Zustandsgleichung wird diskutiert, und eine bequeme Näherungsgleichung für sie wird angegeben.

Herr CORRENS legte 2 Abhandlungen von Herrn Prof. FELIX BERNSTEIN in Göttingen, Institut für mathematische Statistik, vor:

1. **Beiträge zur Mendelistischen Anthropologie I.** Quantitative Rassenanalyse auf Grund von statistischen Beobachtungen über den Klangcharakter der Singstimme. Frühere Untersuchungen des Verfassers und seiner Mitarbeiter hatten gezeigt, daß der Klangcharakter der menschlichen Singstimme durch ein

mendelndes Genpaar *A*, *a* so bestimmt ist, daß die Genformel *AA* Baß bzw. Sopran, die Genformel *Aa* Bariton bzw. Mezzosopran, die Genformel *aa* Tenor bzw. Alt bedingt. Bei statistischer Kenntnis der drei Stimmgruppen in einer durchgemischten Bevölkerung lassen sich die Prozentsätze der reinen Rassen (Baß—Sopran- und Tenor—Alt-Rasse) berechnen. Statistische Untersuchungen in Italien und Deutschland zeigen danach für die Baß—Sopran-Rasse die Prozentsätze: Palermo 12,4; Messina 12,5; Reggio 13,8; Pisa 16,6; Trier (katholisch) 56,3; Göttingen 60,2; Husum 62,0; Rendsburg 58,6; Schleswig 56,0; Flensburg 52,8; Stolp 56,5; Schivelbein 55,1. Die Baß—Sopran-Rasse wird im wesentlichen als identisch mit der nordischen Rasse von A. Retzius angenommen und die Beziehung der Ergebnisse zu den historisch bekannten Wanderungen und Siedlungen besprochen.

2. **Beiträge zur Mendelistischen Anthropologie II.** Quantitative Rassenzerlegung auf Grund von statistischen Beobachtungen über den Drehsinn des Kopfhairwirls. Der Drehsinn des hinteren menschlichen Kopfhairwirls, der sich, von innen nach außen verfolgt, als Rechts- (—) oder Links-Drehsinn (+) darstellt, wird nach Beobachtungen an 41 Familien mit 134 Kindern durch ein einfaches Mendelsches Genpaar *R*, *r* bestimmt. Rechtsdrehsinn ist dominant über Linksdrehsinn. Unter den auftretenden Mehrfachbildungen werden die „polaren“ Doppelwirls, deren Komponenten (von links nach rechts) den Drehsinn — + und + — aufweisen, durch ein zweites Genpaar *D*, *d* bestimmt, wobei „Auftreten des Doppelwirls“ rezessiv gegen „Nichtauftreten“ ist, und die *Rr*-Konstitution den Drehsinn der linken Komponente bestimmt. Auf Grund statistischer Beobachtungen in Göttingen, Mühlhausen, Langensalza, Kissingen, Iserlohn, Flensburg, Schleswig, Husum, Rendsburg,

Stolp und Schivelbein wurde die Zerlegung in die reinen Rassen *RR* und *rr* vorgenommen. Der Vergleich mit den Singstimmenzerlegungen legt die Annahme nahe, daß der Rechtsdreh Sinn ein Merkmal der Baß-Sopran-Rasse war, und daß sich also hier eine unabhängige Bestimmung des quantitativen Anteils der Baß-Sopran-Rasse bzw. nordischen Rasse an der Bevölkerung ergibt.

29. Januar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr EINSTEIN sprach über die **Quantentheorie des idealen Gases**. Es wird durch eine Dimensional-betrachtung sowie durch zwei mechanische Überlegungen gezeigt, daß die Zustandsgleichung des idealen Gases (Entartungsproblem) reduziert werden kann auf die Bestimmung einer universellen Funktion einer Variablen. Dies Resultat ist dem WIENschen Verschlebungsgesetz der Strahlungstheorie analog.

Herr ZIMMERMANN legte eine Arbeit **Über die Knickfestigkeit der Stabringe** vor. Sie bestätigt und erweitert die Ergebnisse der früheren Untersuchungen über den gleichen Gegenstand. Es zeigt sich, daß die Erfüllung des Spannziffernsatzes die Möglichkeit der zwangsfreien Umwandlung eines offenen Stabzuges in einen geschlossenen nicht immer gewährleistet, sondern daß außerdem noch eine Formbedingung befriedigt werden muß. Die allgemeine Gleichung dafür wird angegeben, und zwei Beispiele werden durchgerechnet.

Herr PLANCK legte eine Arbeit des Ehrenmitgliedes der Akademie Herrn CARATHÉODORY in München **Über die Bestimmung der Energie und der absoluten Temperatur mit Hilfe von reversiblen Prozessen** vor. Es wird gezeigt, daß man durch Messungen von Adiabaten- und Zustandskurven an gasförmigen Substanzen alle Daten erhält, um einerseits die absolute Temperaturskala, andererseits die Energie und Entropie der betreffenden Substanz zu bestimmen, falls der absolute Nullpunkt bekannt ist. Dagegen kann dieser Nullpunkt selbst nur mit Hilfe eines irreversiblen Prozesses erhalten werden.

5. Februar (G.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr PLANCK legte eine Abhandlung vor: **Zur Frage der Quantelung einatomiger Gase**. In Verallgemeinerung und Vereinfachung einer früheren Untersuchung wird eine Methode entwickelt, um aus der physikalischen Struktur des Phasenraumes eines Gases die sog. Zustandssumme und die thermodynamischen Eigenschaften des Gases abzuleiten. Bei tiefen Temperaturen und großen Dichten ergeben sich dann gewisse Entartungserscheinungen. Zum Schluß wird ein Vergleich mit der kürzlich an derselben Stelle von Herrn EINSTEIN veröffentlichten Theorie gezogen.

26. Februar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr. i. V.: Hr. PLANCK.

Herr NERNST las **Über die Verwendbarkeit eines neuen, praktisch vollkommen astasierten Galvanometers**. Bei guter innerer Astasierung können nur heterogene magnetische Störungen das Instrument beeinflussen; es mußte geprüft werden, welcher Art z. B. in dem besonders exponierten physikalischen Institute der Universität die Störungen sind. Es stellte sich heraus, daß, wenn man für möglichste Erschütterungsfreiheit sorgt, im größten Teile des Instituts das neue Galvanometer auch für feinste Messungen brauchbar ist.

Herr NERNST legte eine Mitteilung des Herrn Studienrates Dr. KOLHÖRSTER vor: **Weitere Messungen**

der durchdringenden Strahlung am Jungfraujoch. Die früheren Messungen werden im wesentlichen bestätigt und in einigen Punkten erweitert. Es hat sich insbesondere gezeigt, daß die Strahlung zunimmt, wenn die Milchstraße kulminiert.

5. März (G.).

Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr RUBNER sprach über: **Unser Brotgetreide in physiologischer und volkswirtschaftlicher Hinsicht**. Auf Grund neuerer Untersuchungen werden die physiologisch bedeutsamen Eigenschaften des Brotgetreides und Brotes selbst geschildert, beim Vergleich von Weizen und Roggen nachgewiesen, daß ersterer größere Erträge an verwertbaren Nährstoffen liefert. Die alte Streitfrage, ob es rationeller sei, das Korn wenig oder stark auszumahlen, wird dadurch einem Entscheid zugeführt, daß außer Versuchen an Menschen auch Fütterungsversuche mit Kleie an Tieren ausgeführt wurden. Dabei ergab sich der überraschend einfache Satz: Die Menge der nährenden Stoffe für den Menschen ist aus Brot und Mast nahezu bei jedem Grad der Ausmahlung dieselbe, bei schwacher Ausmahlung liefert das Korn wenig Mehl und viel Kleie für die Mast, die Summe dieser Nährwerte ist gleich den Werten bei irgendeiner anderen Ausmahlung. Bei 80% Ausmahlung erhält man zwar mehr Verdauliches im ganzen, aber weniger Mast-ertragnis aus der geringwertigeren und kleineren Menge an Kleie. Im ganzen genau soviel wie bei 60% Ausmahlung usw. (s. Naturwissenschaften 13, 645, 1925).

Herr HELLMANN machte eine Mitteilung **Über die Witterungsanomalie des Winters 1924/25** in Berlin. Der Winter 1924/25 ist der zweitmildeste, den Berlin in den letzten 160 Jahren, d. h. soweit zurück sich die Witterungsgeschichte genau verfolgen läßt, gehabt hat. Milder war der Winter 1795/96 und fast ebenso mild der von 1868/69, der aber durch eine Kälteperiode vom 17. bis 26. Januar 1869 unterbrochen war. Gemeinsam ist beiden Wintern die ungewöhnlich hohe Temperatur des Februar, die das langjährige Mittel um 4,3° übertraf. Der Winter 1924/25 gehört zu den trocken-milden Wintern, die viel seltener sind als die feucht-milden; er hatte nur 4 Tage mit Schneefall.

12. März (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr PENCK sprach **Über glazialgeologische Beobachtungen im bayerischen Hochalpenzuge**. Er verfolgt die Stromlinien des durch das Mittenwalder Tor geflossenen Astes des Inngletschers, die Stadien dessen Rückzuges, die dabei auftretenden Stauseebildungen, und indem er das Gschnitzstadium der Alpen für gleich alt mit den mittelschwedischen Endmoränen erweist, gelangt er zu einer Parallelisierung der spät- und postglazialen Zeit der Alpen mit der Skandinavien. Es haben sich bei Mittenwald 5 Vorkommnisse interglazialer Breccien gefunden, die teils der Riß-Würm-, teils der Mindel-Riß-Interglazialzeit angehören. Dazu gesellt sich eine wahrscheinlich präglaziale Breccie. Die Lagerungsverhältnisse der älteren weisen auf energische Krustenbewegungen während des Eiszeitalters.

Das k. M. der physikalisch-mathematischen Klasse, Herr SOMMERFELD, übersandte eine in Gemeinschaft mit Herrn H. HÖNL verfaßte Arbeit **Über die Intensität der Multiplett-Linien**. Die relativen Intensitäten der Spektrallinien eines beliebigen Multipletts werden durch arithmetische Formeln festgelegt, welche einerseits ihrer Form nach an das Korrespondenzprinzip anschließen, andererseits die Summenregeln von BURGER und DORGÉLO exakt erfüllen.

26. März (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr. i. V.: Hr. ENGLER.

Herr HELLMANN sprach über die **Grenzwerte der Klimaelemente auf der Erde**. Es wird der Versuch gemacht, für die wichtigsten Klimaelemente, für die genügendes Vergleichsmaterial vorliegt, nämlich für Temperatur, Feuchtigkeit, Bewölkung, Niederschlag und Wind, die Grenzwerte festzustellen, zwischen denen die Jahres- und Monatsmittel, bei der Temperatur auch die Einzelwerte, auf der ganzen Erde schwanken; z. B. Jahresmittel der Temperatur, höchstens $30,2^\circ$, niedrigstes $-25,8^\circ$; größte Jahressumme der Niederschläge 12 609 mm, kleinste weniger als 1 mm, usw. (s. Naturwissenschaften 13, 845, 1925).

2. April (G.).

Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr BIEBERBACH sprach über **Die Entwicklung der nichteuklidischen Geometrie im 19. Jahrhundert**. Neben der Darlegung dieser Entwicklung seit BOLYAI und LOBATSCHESKIJ und an Hand derselben wird von den Wandlungen berichtet, die der Wahrheitsbegriff innerhalb der Mathematik im Laufe der letzten 100 Jahre erfahren hat.

Herr PENCK sprach **Über den postglazialen Vulkan von Köfels im Ötztal**. Das von PICHLER zuerst und neuerlich von WILHELM HAMMER beschriebene Bimssteinvorkommen von Köfels liegt am Boden eines großen Sprengtrichters am linken Gehänge des Ötztals. Der Wall des Maurach, welcher letzteres quert, ist das abgesprengte Material, das aus großen zerrütteten Gesteinsschollen und losen Blöcken besteht. Das Maurach ist postglazial und liegt nicht weit von der Stelle, wo die Endmoränen des Gschnitzstadiums zu mutmaßen sind. Die Explosion kann deswegen höchstens so alt wie letzteres sein und hat frühestens vor 10 000 Jahren stattgefunden.

16. April (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr CORRENS sprach von seinen **Untersuchungen über polygame Blütenpflanzen**. I. *Silene Roemerii* FRIV. *Silene Roemerii* ist subdiözisch mit rein weiblichen und \pm männlichen Individuen (mit zwittrigen und rein männlichen Blüten). Die \pm männlichen Pflanzen zeigen alle Abstufungen von stark zwittrig bis rein männlich. Sie bringen, wie immer sie auch entstanden sind (durch Selbstbefruchtung oder Befruchtung eines Weibchens), nur ihresgleichen hervor. Der Grad, bis zu dem sie noch zwittrig sind, ist in weitgehendem Maße erblich. Die Weibchen geben mit dem Blütenstaub der \pm männlichen Pflanzen meist etwa gleich viel weibliche und \pm männliche Nachkommen, die annähernd den Zwitterigkeitsgrad des Pollenträgers zeigen. Daneben gibt es auch thelygene \pm männliche Pflanzen, die fast nur Weibchen hervorbringen.

30. April (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr HAHN sprach **Über hochemanierende feste Radiumpräparate**. Die Tatsache, daß feste Thorium- und Aktiniumpräparate ihre Emanation weitgehend nach außen abgeben, die üblichen Radiumpräparate dagegen nicht, beruht darauf, daß die ersteren im allgemeinen in Form oberflächenreicher Hydroxyde zur Verwendung gelangen, das Radium dagegen als grobkristallisiertes Salz. Fußend auf systematischen Untersuchungen über sehr oberflächenreiche Thorpräparate wurden nunmehr auch Radiumpräparate gewonnen, die ihre Emanation in festem Zustande abgeben. Die besten Resultate wurden mit Eisenhydroxyd erhalten, in das das Radium als Sulfat oder Carbonat derartig eingebettet wird, daß ein Zusammenschließen

der Radiumsalzmoleküle zu Kryställchen nicht stattfinden kann. Solche Präparate emanieren anfangs zu 99% und altern nur sehr langsam. Nach einem Jahr emanieren sie noch zu über 95%. Diese Präparate haben gegenüber Radiumlösungen eine Reihe von Vorteilen, die im einzelnen erörtert werden.

Herr HELLMANN sprach über **Die Verbreitung der Hydrometeore auf der Erde**. An der Erdoberfläche kann man eine Polargrenze und eine Äquatorialgrenze der Hydrometeore unterscheiden, in vertikaler Richtung auch eine Höhengrenze. Es wird versucht, diese Grenzen aus den vorhandenen Beobachtungen zu bestimmen. Die Hydrometeoration ist am einfachsten im Äquatorialgebiet; dort gibt es nur Tau, Regen und bisweilen Hagel, dessen sporadisches Auftreten im Gegensatz steht zu der großflächigen Ausdehnung des Regens. Die große Mannigfaltigkeit aller Kondensationsformen tritt nur in mittleren Breiten in die Erscheinung.

7. Mai (G.).

Vors. Sekr. i. V.: Hr. LÜDERS.

Herr BODENSTEIN sprach über **Photochemische Zersetzung von Jodwasserstoff**. Die Zahl der je absorbiertes Quantum zersetzten Molekeln erweist sich unabhängig von der Temperatur und unabhängig vom Aggregatzustand, sie beträgt auch für flüssigen Jodwasserstoff 2 Molekeln je Quant. Für den Mechanismus der Reaktion werden einige Versuche und Betrachtungen beigebracht.

18. Juni (G.).

Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr POMPECKJ sprach über **Vulkanismus und Leben**. Unter Ablehnung der RICHTER-HELMHOLTZ-ARRHENIUSschen Annahme von der Ewigkeit des organischen Lebens und vom kosmischen Ursprunge des irdischen Lebens wird das organische Leben der Erde in Anlehnung an die CHAMBERLIN-MOULTONSche Planetesimaltheorie in stofflicher Beziehung auf vulkanische Tätigkeit zurückgeführt. Wie der Vulkanismus die stoffliche Quelle des Lebens ist, so ist er auch der Erhalter des organischen Lebens. Unmittelbare, besondere Beeinflussungen des bisherigen Entwicklungsganges des Lebens durch vulkanische Prozesse lassen sich aus den zur Verfügung stehenden Daten der Erdgeschichte nicht mit Sicherheit entnehmen. Das Aufhören vulkanischer Tätigkeit wird eine der Ursachen des Endes des Lebens sein müssen.

11. Juni (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr FICK las **Über Muskelfaserlänge beim Armmuskel und Muskelschrumpfung**. Er besprach die Muskelfaserlänge beim Armmuskel (m. Brachialis) und seiner Abart (Speichenansatz), sowie bei zwei Krüppelbeinen mit Muskelschrumpfung. Ferner sprach er über die Muskelschrumpfung nach Lähmungen. Er stellte für die dabei in Betracht gezogene Muskelgruppen den Begriff auf: „Ziel- oder Geistgruppe“ für die Armverlängerer + Beinverkürzer und „Ausführungs- oder Kraftgruppe“ für die Armverkürzer + Beinverlängerer. Die „Zielgruppe“ sei mehr von der Hirnrinde abhängig als die „Ausführungsgruppe“.

Herr NERNST legte eine Arbeit von W. NODDACK und IDA TACKE vor **Zwei neue Elemente der Mangan-Gruppe** (der röntgenspektroskopische Teil gemeinsam mit O. BERG). Es gelang, die Existenz dieser beiden Elemente mit den Ordnungszahlen 43 bzw. 75 in Platin-erzen und im Columbit zum Teil durch chemische Reaktionen, hauptsächlich aber durch ihre charakteristischen Röntgenlinien trotz ihres äußerst geringen Vorkommens sicher nachzuweisen. Die Autoren schlagen

für die beiden neuen Elemente die Namen „Masurium“ (Ms) und „Rhenium“ (Re) vor (s. Naturwissenschaften 13, 567, 1925).

25. Juni (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr LUDENDORFF sprach über **Untersuchungen über die veränderlichen Sterne der Mira-Klasse**. Es werden die wichtigsten Ergebnisse einer allgemeinen Untersuchung über die Mira-Sterne mitgeteilt, und es wird namentlich die aus dieser Untersuchung sich ergebende Korrelation zwischen der Form der Lichtkurve und der Periode des Lichtwechsels ausführlich besprochen. Schließlich werden die Folgerungen erörtert, die sich auf Grund der RUSSELLSchen Theorie der Entwicklung der Sterne in bezug auf den Entwicklungsgang der Mira-Sterne ziehen lassen.

9. Juli (G.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr EINSTEIN legte eine Arbeit über **Einheitliche Feldtheorie von Gravitation und Elektrizität** vor. Es wird gezeigt, daß man durch Aufhebung der Hypothese der Symmetrie des Fundamentaltensors und der Komponenten des Feldes des affinen Zusammenhanges eine Verallgemeinerung des Gesetzes des Gravitationsfeldes erhält, welche das Gesetz des elektromagnetischen Feldes mit umspannt.

Herr HABER legte eine Arbeit der Herren R. LADENBURG und H. KOFFERMANN über **Die elektrische Doppelbrechung des Natriumdampfes** vor. Die Verfasser haben die elektrische Doppelbrechung des Natriumdampfes für Wellenlängen der unmittelbaren Umgebung der D_2 -Linie ($\lambda_0 \pm \frac{1}{40} \text{Å}$) aufgefunden; an der D_1 -Linie ist sie — in Übereinstimmung mit älteren andersartigen Versuchen LADENBURGS — nicht zu erkennen und sicher kleiner als $\frac{1}{10}$ des Effektes an der

D_2 -Linie. Die quantitative Messung der Doppelbrechung und des daraus berechneten Unterschiedes der elektrischen Verschiebung der beiden Komponenten der D_2 -Linie erlaubt, im Anschluß an theoretische Überlegungen von H. A. KRAMERS, die elektrische Aufspaltung der Niveaus der p - und s -Terme des Natriums, aus denen die D -Linien entstehen, abzuleiten.

Herr PASCHEN legte eine Arbeit des Herrn Dr. KARL MÜLLER in Berlin vor **Über sehr dünne, durchsichtige Metallfolien**. Die Arbeit betrifft die Herstellung dünner Gold- und Nickelfolien ohne Unterlagen, welche also frei in der Luft schweben, obwohl ihre Dicke nur wenige Hundertstel μ bis herab zu $\frac{1}{100} \mu$ beträgt. Verfasser gibt das Verfahren an und untersucht die spektrale Lichtdurchlässigkeit, welche für Gold selektiv, für Nickel gleichmäßig gefunden wird. Er weist dann auf die wissenschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten hin, welche auf allen Gebieten der Physik vorhanden sind, besonders aber in der Radiologie, wo die Durchlässigkeit für Elektronen und Ionen wichtige Untersuchungen ermöglichen wird (s. Naturwissenschaften 14, 43. 1926).

16. Juli (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr HABER legte eine Mitteilung von Herrn H. ZOCHER und Herrn K. COPER vor: **Über die Erzeugung optischer Aktivität an Silber durch zirkular polarisiertes Licht**. Es wird gezeigt, daß Silberchloridschichten durch zirkular polarisiertes Licht bleibend eine optische Aktivität erlangen. Es ist sowohl verschiedene Brechung verschieden zirkularen Lichtes als zirkulärer Dichroismus oder Cottoneneffekt nachweisbar.

23. Juli (G.). Vors. Sekr.: Hr. PLANCK.

Herr PLANCK überreichte eine Abhandlung von Hrn. Prof. Dr. E. SCHRÖDINGER (Zürich) **Bemerkungen über die statistische Entropie-Definition beim idealen Gas**. Es wird gezeigt, daß man auf eine kürzlich von EINSTEIN vertretene Form der Gasstatistik geführt wird, wenn man den PLANCKSchen Gedanken, daß der Rollentausch der Moleküle unwesentlich sei, auf jene Form der Statistik anwendet, die das Gas aus unabhängigen Einzelmolekülen bestehend annimmt.

Sodann sprach Herr PLANCK **Über die statistische Entropie-Definition**. Im Anschluß an frühere Arbeiten und mit Bezugnahme auf die vorstehende Notiz von Herrn E. SCHRÖDINGER wird die Definition der Entropie eines beliebigen physikalischen Gebildes in eine Form gebracht, die sowohl irgendwelche Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen als auch die Voraussetzung gleichartiger unabhängiger Einzelmoleküle entbehrlich macht. Bei der Anwendung auf einige spezielle Fälle wird dann gezeigt, inwiefern bei einem Gase die Moleküle nicht als unabhängig voneinander behandelt werden dürfen.

Herr ROETHE legte vor eine Mitteilung von Prof. Dr. WILHELM STIEDA in Leipzig: **Johann Bernoulli (III) und seine Beziehungen zum preußischen Herrscherhause**. Der durch Friedrich den Großen schon im Alter von 19 Jahren nach Berlin als Akademiker berufene Mathematiker Johann Bernoulli, zuletzt Direktor der mathematischen Klasse, konnte mit dem bescheidenen akademischen Gehalt seine wachsende Familie nicht erhalten. So hat er den König mehrfach um Aufbesserung gebeten, mit geringem Erfolg, aber ihm auch sonst über seine Tätigkeit berichtet. Seine Geldnot nötigte ihn zum Bilderhandel und zur Anfertigung populärer Reisebeschreibungen und anderer Schriftstellerei. Auf alle diese Verhältnisse beziehen sich 64 meist kurze Briefe des großen Königs (39), seiner Nachfolger und anderer Glieder der königlichen Familie, Briefe, die sich in Gotha befinden und kulturgeschichtlichen Wert besitzen.

29. Oktober (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr. i. V.: Hr. PLANCK.

Herr JOHNSEN sprach über **Schlangenalabaster und Gekrösestein**. Es werden die physikalischen Bedingungen der Umwandlung von Gips und Anhydrit nebst Wasser erörtert und auf die geologisch-petrographischen Verhältnisse angewandt. Daß nur die weißen Lagen des Schlangenalabasters, nicht auch die dunklen, bituminösen, gefaltet und gewunden sind, wird auf eine besondere Lockerheit der letzteren zurückgeführt, die sich aus bestimmten chemischen Vorgängen ergibt; diese Vorgänge haben ihren Ursprung in der reduzierenden Wirkung des Bitumens. Die Faltung der weißen Schichten kann ebensogut auf Schrumpfung wie auf Quellung oder auch auf einem Wechsel beider Vorgänge beruhen.

12. November (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Herr KEIBEL sprach **Über Bulbus- und Arterienwülste der Petromyzonten**. Die Arterienwülste sind bei Petromyzonten viel verbreiteter als man bis dahin angenommen. Nach einem Bericht über ihr *Vorkommen* bespricht Herr KEIBEL ihren *Aufbau* und ihre *Beziehungen* zur Arterienwand. Was die *Funktion* der Bulbus- und Arterienwülste anlangt, so haben sie nicht die Aufgabe, den Blutstrom zu hemmen, sondern die, ihn zu erleichtern.

Herr HELLMANN sprach **Über die Wetterlage bei guter Fernsicht von Bergeshöhen**. Die meteorologischen Beobachtungen von den Gipfeln der Schneekoppe und

des Brocken zeigen, daß gute Fernsicht von diesen Höhen nur bei Temperaturumkehr mit der Höhe (Inversion) auftritt. Da diese an das Vorhandensein von barometrischen Hochdruckgebieten gebunden ist, die im Winter häufiger und zugleich stärker sind als im Sommer, so erklärt sich daraus die Erfahrungstatsache, daß die Fernsicht von Bergeshöhen im Winter bisweilen besonders gut ist.

Sodann sprach Herr HELLMANN über **Wasserhosen auf dem Atlantischen Ozean**. Aus den Logbuchaufzeichnungen von 1159 englischen Schiffen, die in 18 Jahren den Atlantischen Ozean zwischen 20° nördlicher und 10° südlicher Breite befahren haben, ergibt sich ein sehr bestimmtes Häufigkeitsmaximum von Wasserhosen mitten im Windstillengürtel (0° – 10° N, 20° – 30° W). Es wandert mit diesem nach Norden. Die Dauer einer Wasserhose in diesen Meeresteilen beträgt gewöhnlich 15 Minuten. Bezüglich der Entstehung der Wasserhosen sprechen die Logbuchnotierungen am meisten für eine Verknüpfung der mechanischen mit der thermodynamischen Theorie.

5. November (G.) Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Herr GUTHNICK sprach **Über Kugelhaufen**, insbesondere über gemeinsam mit Herrn R. Prager begonnene Untersuchungen an M 3, M 13, M 15 und M 92. In M 3 wurden innerhalb $2'$ vom Zentrum 19, in M 13 3, in M 15 8 neue Veränderliche entdeckt; in dem bisher noch unerforschten M 92 wurden 13 Veränderliche gefunden. In M 3 wurde für BAILEY Nr. 95 der von BAILEY vermutete Bedeckungscharakter bestätigt. Wahrscheinlich Bedeckungsveränderliche sind in M 3 ZEPEL Nr. 1052, in M 13 ein Stern mit den auf das Zentrum bezogenen Koordinaten $x = +22''$, $y = -6''$ (LUDENDORFF Nr. 610?), in M 92 ein Stern $x = +153''$, $y = -58''$. Die Aufnahmen mit dem 125 cm-Reflektor (Belichtungen bis 2 Stunden) zeigen unabwiesbare Spuren ausgedehnter dunkler absorbierender Massen in M 13, die teilweise mit den „Kanälen“ zusammenfallen. Die auffallendste Stelle liegt bei $x = +90''$, $y = -70''$. Die Spiralen in den Kugelhaufen sind im wesentlichen *nicht* auf Zufallsgruppierungen zurückzuführen.

19. November (G.) Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Herr HELLMANN legte eine Abhandlung von Herrn Prof. Dr. H. v. FICKER in Berlin vor: **Temperaturgradienten bei Föhn**. In einer früheren Untersuchung wurde der Nachweis geführt, daß auch bei voll entwickeltem Föhn in der freien Atmosphäre die vertikalen Temperaturgradienten stets unter dem Wert des trocken-adiabatischen Gradienten bleiben. Letzterer Wert wird bei dynamisch erzwungenen Vertikalbewegungen eines Ballons nur dann gefunden, wenn die Messungen sich auf die gleiche Stromlinie beziehen. In vorliegender Arbeit wird die Gradientgröße untersucht, die aus Ballonmessungen sich ergibt, wenn im Gebirge auf einen durch dynamische Kräfte vertikal bewegten Ballon gleichzeitig statische Kräfte einwirken. Je nach der Kombination dynamischer und statischer Kräfte ergeben sich dann sowohl unter- wie über-adiabatische Gradienten, was für die Interpretierung der Ballonmessungen von einiger Bedeutung ist, wie an praktischen Beispielen gezeigt wird.

26. November. (Phys.-math. Kl.) Vors. Sekr.: Hr. RUBNER.

Hr. BIEBERBACH sprach über den **Briefwechsel zwischen H. A. Schwarz und Karl Weierstrass**. Im

handschriftlichen Nachlaß von H. A. SCHWARZ, den dessen Erben der Akademie geschenkt haben, befindet sich in vollständiger Erhaltung der Briefwechsel mit KARL WEIERSTRASS. Der Briefwechsel umfaßt den Zeitraum von 1866 bis 1893. Der Vortragende berichtet über den Aufschluß, den man darauf über verschiedene wissenschaftliche Fragen bekommt, mit denen sich die beiden Briefschreiber in dem genannten Zeitraum beschäftigten.

Hr. PENCK legte eine Abhandlung von dem verstorbenen wissenschaftlichen Leiter der Deutschen Atlantischen Expedition, Prof. Dr. A. MERZ, über **den Plan dieser Expedition** vor. Eine erneute Durcharbeitung der Reihenbeobachtungen im Atlantischen unter Benutzung neuesten Materials bestätigt die aus den Beobachtungen des Challenger und der Gazelle hergeleiteten Ergebnisse über die Wasserbewegung in jenem Ozeane, nämlich das Vorhandensein eines arktischen Zwischenstromes, der bis 32° N verfolgt wird, eines nordatlantischen Tiefenstromes, der sich bis in die Weddellsee erstreckt, und eines antarktischen Bodenstromes. Die großen Strömungen werden durch das Relief des Meeresbodens auffällig beeinflußt, ihre Grenzen gegeneinander verlaufen in Vertikal- und Horizontalschnitten bogenförmig, was auf Wirbel weist. Aufgabe der Deutschen Atlantischen Expedition ist es, Verlauf und Ausdehnung dieser Strömungen durch direkte Messung oder indirekte Beobachtung festzustellen sowie namentlich die Wirbel nachzuweisen. Dementsprechend ist die Fahrt des *Meteor* geplant.

3. Dezember. (G.) Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Hr. SCHLENK berichtete zusammenfassend über eine größere Experimentaluntersuchung, welche den **Verlauf von Alkalimetalladditionen bei Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen** zum Gegenstand hatte. In den Kreis der Betrachtungen wurden vom Vortragenden folgende Bindungssysteme gezogen: einfache Doppelbindungen, einfach konjugierte Doppelbindungen (in offenen Ketten und in Ringen), gekreuzt konjugierte Doppelbindungen (in offenen Ketten und in Ringen) und doppelt gekreuzt konjugierte Doppelbindungen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, daß die Verläufe der Metalladditionen von der aliphatischen bzw. aromatischen Natur der an die betreffende Doppelbindung geknüpften Kohlenwasserstoffreste sehr abhängig sind, daß aber die Reaktionsverläufe auch durch gegenseitige Beeinflussung mehrerer Doppelbindungen im Molekül bedingt sind.

17. Dezember. (G.) Vors. Sekr.: Hr. ROETHE.

Hr. HEINRICH MAIER legte, gemeinsam mit Herrn BIEBERBACH, eine Abhandlung des Hrn. DIETRICH MAHNKE in Greifswald vor: **Neue Einblicke in die Entdeckungsgeschichte der höheren Analysis**. An Hand der LEIBNIZschen noch ungedruckten Originalhandschriften werden die mit dem Prioritätsstreit zwischen LEIBNIZ und NEWTON zusammenhängenden Fragen untersucht. Dabei erweisen sich die von LEIBNIZ selbst über den Ursprung und die Entstehung seiner Entdeckung gemachten Angaben als zutreffend. Darüber hinaus gelingt eine detaillierte Darstellung der Entdeckungsgeschichte der Differential- und Integralrechnung, und es fällt auch Licht auf das Werden mancher anderer Begriffsbildung, z. B. auch des Begriffs und der Benennung „Funktion“.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Über die teilungsfähigen Drüseneinheiten oder Adenomeren

sowie über die Grundbegriffe der morphologischen Systemlehre
Zugleich Beitrag V zur synthetischen Morphologie

Von

Martin Heidenhain

Tübingen

185 Seiten mit 82 Textabbildungen. 1921. RM 19.—

Formen und Kräfte in der lebendigen Natur

Beitrag VII zur synthetischen Morphologie

Von

Prof. Dr. Martin Heidenhain

Vorstand des Anatomischen Instituts zu Tübingen

142 Seiten mit 22 Abbildungen. 1923. RM 5.60

(Band 32 der Vorträge und Aufsätze über Entwicklungstechnik der Organismen

Herausgegeben von Wilhelm Roux †)

Die letzten Erscheinungen der Sammlung Roux-Vorträge

Heft 34:

Vitalismus und Pathologie. Von Dr. Bernh. Fischer, o. Professor der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie, Direktor des Senckenbergischen pathologischen Instituts der Universität zu Frankfurt a. M. 177 Seiten. 1924. RM 8.40

Heft 33:

Gegenwärtige Anschauungen über den Neurotropismus. Von Dr. J. Francisco Tello in Madrid. Aus dem Spanischen übersetzt von Dr. E. Herzog in Heidelberg. 77 Seiten mit 15 Abbildungen im Text. 1923. RM 6.—

Heft 31:

Die Geltung der von W. Roux und seiner Schule für die ontogenetische Entwicklung nachgewiesenen Gesetzmäßigkeiten auf dem Gebiete der phylogenetischen Entwicklung. Ein Beitrag zur Theorie der Stammesentwicklung (Theorie des phylogenetischen Wachstums). Von Hermann Kranichfeld. 96 Seiten. 1922. RM 4.50

Heft 30:

Die Prinzipien der Streifenzeichnung bei den Säugetieren. Abgeleitet aus Untersuchungen an den Einhufern. Von Dr. phil. et med. Hans Krieg in Tübingen. 106 Seiten mit 58 Abbildungen im Text. 1922. RM 5.—

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen

mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete

Gemeinsam mit **W. Blaschke**, Hamburg, **M. Born**, Göttingen, **C. Runge**, Göttingen

Herausgegeben von

R. Courant, Göttingen.

Die zuletzt erschienenen Bände:

Band XVII:

Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper.

Mit einer Einführung in das Dreikörperproblem u. mit zahlreichen Übungsaufgaben. Von **E. T. Whittaker**, Professor der Mathematik an der Universität Edinburgh. Nach der zweiten Auflage übersetzt von **Dr. F. und K. Mittelsten Scheid** in Marburg an der Lahn. 474 Seiten. 1924. RM 21.—; in Leinen gebunden RM 22.50

Aus dem Inhalt: Einleitendes aus der Kinematik. Die Bewegungsgleichungen. Integrationsprinzipien. Die lösbaren Probleme der Punktdynamik. Das dynamische Verhalten starrer Körper. Die lösbaren Probleme der Dynamik starrer Körper. Theorie der Schwingungen. Nichtholonome Systeme. Systeme mit Energiezerstreuung. Die Prinzipien der kleinsten Wirkung und kleinsten Krümmung. Hamiltonsche Systeme und ihre Integralinvarianten. Die Transformationstheorie der Dynamik. Die Eigenschaften der Integrale dynamischer Systeme. Die Reduktion des Dreikörperproblems. Die Sätze von **Bruno** und **Poincaré**. Allgemeine Theorie der Bahnkurven. Integration durch trigonometrische Reihen.

Band XVIII:

Relativitätstheorie in mathematischer Behandlung.

Von **A. S. Eddington**, M. A., M. Sc., F. R. S., Plumian Professor of Astronomy and experimental Philosophy in the University of Cambridge. Autorisierte, mit Zusätzen und Erläuterungen versehene Übersetzung von **Dr. Alexander Ostrowski**, Privatdozent an der Universität Göttingen, und Professor **Dr. Harry Schmidt**, Dozent am Friedrichs-Polytechnikum Cöthen, mit einem Anhang: **Eddingtons Theorie und Hamiltonsches Prinzip** von **Albert Einstein**. 391 Seiten. 1925. RM 18.—; gebunden RM 19.50

Aus dem Inhalt: Einleitung. Elemente der Theorie. Der Tensorkalkül. Das Gravitationsgesetz. Relativistische Mechanik. Die Krümmung des raumzeitlichen Kontinuums. Elektrizität. Die Weltgeometrie. I. Teil: Die Weylsche Theorie. II. Teil: Die verallgemeinerte Theorie. Note: Die neue Einsteinsche Theorie. Anhang von **Albert Einstein**: **Eddingtons Theorie** und **Hamiltonsches Prinzip**.

Band XIX:

Aufgaben und Lehrsätze aus der Analysis.

Von **G. Pólya**, Titl. Professor an der Eidgen. Techn. Hochschule Zürich, und **G. Szegő**, Privatdozent an der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin. Erster Band: Reihen — Integralrechnung — Funktionentheorie. 352 Seiten. 1925. RM 15.—; gebunden RM 16.50

Inhaltsübersicht: Erster Abschnitt: Unendliche Reihen und Folgen. I. Kapitel: Das Rechnen mit Potenzreihen. II. Kapitel: Reihentransformationen. III. Kapitel: Die Struktur reeller Folgen und Reihen. IV. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Zweiter Abschnitt: Integralrechnung. I. Kapitel: Das Integral als Grenzwert von Rechtecksummen. II. Kapitel: Ungleichungen. III. Kapitel: Einiges über reelle Funktionen. IV. Kapitel: Verschiedene Arten der Gleichverteilung. V. Kapitel: Funktionen großer Zahlen. — Dritter Abschnitt: Funktionen einer komplexen Veränderlichen. Allgemeiner Teil. I. Kapitel: Komplexe Zahlen und Zahlenfolgen. II. Kapitel: Abbildungen und Vektorfelder. III. Kapitel: Geometrisches über den Funktionsverlauf. IV. Kapitel: Cauchyscher Integralsatz. Prinzip vom Argument. V. Kapitel: Folgen analytischer Funktionen. VI. Kapitel: Das Prinzip vom Maximum.

Band XX:

Zweiter Band: Funktionentheorie — Nullstellen — Polynome — Determinanten — Zahlentheorie. 417 Seiten. 1925. RM 18.—; gebunden RM 19.50

Vierter Abschnitt: Funktionen einer komplexen Veränderlichen. Spezieller Teil. I. Kapitel: Maximalglied und Zentralindex, Maximalbetrag und Nullstellenzahl. II. Kapitel: Schlichte Abbildungen. III. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Fünfter Abschnitt: Die Lage der Nullstellen. I. Kapitel: Der Satz von Rolle und die Regel von Descartes. II. Kapitel: Geometrisches über die Nullstellen von Polynomen. III. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Sechster Abschnitt: Polynome und trigonometrische Polynome. — Siebenter Abschnitt: Determinanten und quadratische Formen. — Achter Abschnitt: Zahlentheorie. I. Kapitel: Zahlentheoretische Funktionen. II. Kapitel: Ganzahlige Polynome und ganzzwertige Funktionen. III. Kapitel: Zahlentheoretisches über Potenzreihen. IV. Kapitel: Einiges über algebraische ganze Zahlen. V. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Neunter Abschnitt: Anhang. Einige geometrische Aufgaben.

Band XXI:

Einführung in die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes.

Von **A. Schoenflies**, ord. Professor der Mathematik an der Universität Frankfurt a. M. 314 Seiten mit 83 Textfiguren. 1925. RM 15.—; gebunden RM 16.50

Aus dem Inhalt: Einleitende Betrachtungen. Die Punktkoordinaten. Die Kurvengleichung. Allgemeine Formeln für Parallelkoordinaten. Die gerade Linie. Linienkoordinaten und Dualität. Doppelverhältnis und projektive Beziehung. Homogene Koordinaten. Der Kreis, Ellipse, Hyperbel, Parabel. Die allgemeine Gleichung zweiten Grades. Kollineare und reziproke Verwandtschaft. Räumliche Punktkoordinaten. Allgemeine Formeln und Sätze für räumliche Parallelkoordinaten. Ebene und Gerade in Punktkoordinaten. Die räumliche Dualität. Die Flächen der zweiten Ordnung. Anhang.

Hierzu eine Beilage der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin W 9