Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1922

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0010|log299

Kontakt/Contact

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

info@digizeitschriften.de

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 18. (Seite 441—456) **5. Mai 1922.** **Zehnter Jahrgang**

INHALT:

Zur Frage nach dem Vorkommen von Befruchtungsvorgängen bei Bakterien. Von *Heinz Potthoff, Münster i. W.* (Mit 12 Abbildungen.) S. 441.

Der mathematische Kern der Außenweltshypothese. (Schluß.) Von *Karl Gerhards, Aachen.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 446.

Besprechungen:

Chwolson, O. D., Lehrbuch der Physik. I. Band, II. Band 1. Abteilung. Zweite Auflage. Von *H. Kallmann, Berlin-Westend.* S. 453.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Die räumliche Ausdehnung des Milchstraßensystems. Von *A. Kopff, Heidelberg.* S. 454.

Physiologische Mitteilungen. (Aus den Berichten über die gesamte Physiologie.) S. 454—456.

Über den Sitz des Geruchsinnes bei Insekten. Anophelesplage und Kaninchenzucht. Gewöhnung an Arzneimittel und Gifte. Die Grenzen der Mendelschen Vererbung. Beweise für das Vorhandensein gesunder Träger des Encephalitisvirus. Untersuchungen über die spontane Spirochätose des Kaninchens. Über die durch das doppeläugige Sehen bewirkte Vergrößerung und ihre Rolle bei der Tiefenwahrnehmung.

Die Naturwissenschaften

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

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

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

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 6.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

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

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konten: für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Mikroskopische Präparate
Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Geologie, naturwissenschaftliche Literatur. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und mit Angaben über weitere Kataloge usw.
J. D. Möller, Wedel in Holstein.
Gegründet 1864. (250)

In unserem Verlage ist soeben erschienen:
Ueber die Darstellung des periodischen Systems der chemischen Elemente mittels harmonischer Schwingungen.
Von Professor **Karl Fehrle**, Freiburg i. Br.
Mit 5 graphischen Darstellungen und der vollständigen Tabelle der Fourieranalyse der Restkurve.
48 Seiten. 8°. 1922. Preis M. 15.—. (284)
Verlag der Freiburger Druck- und Verlagsgesellschaft H. M. Muth, m. b. H., Freiburg i. Br.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Kurzes Lehrbuch der

Physiologischen Chemie

Von

Dr. Paul Hári

o. ö Professor der physiologischen und pathologischen Chemie an der Universität Budapest

Zweite, verbesserte Auflage

Mit 6 Textabbildungen. (X, 354 S.)

1922. Gebunden Preis M. 99.—

Inhaltsübersicht:

I. Physikalisch-chemische Vorbemerkungen. — II. Die chemischen Bestandteile des tierischen Körpers. — III. Kohlenhydrate. — IV. Fette und fettartige Körper (Lipoide). — V. Eiweißkörper (Proteine). — VI. Blut, Lymphe und das Sekret der serösen Häute. — VII. Chemische und physikalisch-chemische Vorgänge im Verdauungstrakt. — VIII. Der Harn. — IX. Milch und Colostrum. — X. Chemie verschiedener Organe, Gewebe und Sekrete. — XI. Innere Sekretion. — XII. Stoffwechsel und Energieumsatz.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zehnter Jahrgang. 5. Mai 1922. Heft 18.

Zur Frage nach dem Vorkommen von Befruchtungsvorgängen bei Bacterien.

Von Heinz Potthoff, Münster i. W.

Nach den Angaben in unseren Hand- und Lehrbüchern fehlen bei zwei Klassen des Pflanzenreiches, den blaugrünen Algen und den Bacterien, die man wegen der Art der vegetativen Vermehrung durch Spaltung der Zellen als Schizophyten oder Spaltpflanzen zusammengefaßt hat, geschlechtliche Vorgänge.

Was die blaugrünen Algen angeht, so sind bei ihnen tatsächlich noch keine sexuellen Vorgänge beobachtet worden. Anders bei den Spaltpilzen oder Bacterien. Es finden sich in der Literatur eine Reihe von Angaben über Erscheinungen, die sich vielleicht als Sexualreaktionen deuten lassen. *Autogamie* oder besser noch *Pädogamie*, eine Art Selbstbefruchtung durch Verschmelzung eben erst aus ein und derselben Mutterzelle entstandener Zellen, glaubt *Schaudinn*[1]) bei seinem *Bazillus Bütschlii* und *Bazillus sporonema* beobachtet zu haben. Er stellte bei diesen beiden Arten fest, daß kurz vor der Sporenbildung in der Mitte der Zelle eine Querwand entstand, die kurz darauf resorbiert wurde. Bei *Bazillus sporonema* bildete sich außerdem eine Einschnürung in der Mitte der Zelle. In der Verschmelzung der Zellen nach der Auflösung der Querwand erblickt *Schaudinn* den sexuellen Vorgang. Man kann im Zweifel sein, ob es sich hier tatsächlich um Sexualreaktionen handelt. Manche Autoren geben diesen Erscheinungen eine andere Deutung, so *Dobell*[2]), der ähnliches bei *Bacillus spirogyra* und *lunula*, Bacterien, die er im Darm von Kröten und Fröschen entdeckte, beobachtete. Erscheinungen, bei denen vielleicht auch die Verschmelzung von 2 Tochterzellen vorliegt, bemerkte *Henneberg*[3]) zufällig bei *Bacterium oxydans*, ging aber nicht wie *Schaudinn* auf die Zytologie der Zelle ein. Er sah häufiger bei diesem Essigbacterium einige Zellen eines Fadens kurze Seitenzweige treiben, die dann an der Spitze anschwollen. Entstanden solche Gebilde an zwei Nachbarzellen, so schmiegten sich die Seitenzweige aneinander. *Henneberg* glaubt, daß unter Umständen die trennende Zellwand verschwinden kann. Ob er wirklich die Resorption der Wand beobachtete, geht aus seinen Ausführungen nicht hervor. Es erscheint zweifelhaft, ob *Hennebergs* Beobachtungen in diesem Zusammenhang überhaupt zu *erwähnen* sind.

Bei den vorhin genannten Erscheinungen der *Pädogamie*, die im Innern der Bacterienzelle stattfinden, können nur zytologische Untersuchungen, wie *Schaudinn* sie anstellte, zu der Vermutung, daß Sexualreaktionen vorliegen, Anlaß geben. Andere Forscher haben nun Vorgänge beobachtet, die ohne weitere Untersuchung des Zellinnern das Bild einer geschlechtlichen Erscheinung darbieten, weil sie zweifelsfreien, sexuellen Vorgängen anderer Organismen ähnlich sehen.

Eine der bedeutsamsten Entdeckungen dieser Art, die merkwürdigerweise fast vergessen worden ist, machte *Foerster*[4]) bei *Chromatium Okenii*, einem großen, schon von *Ehrenberg* beobachteten roten Schwefelbacterium. Unser Autor fand im Faulwasser kurz nach dem ersten, makroskopisch an einem feinen roten Anflug auf dem Schlamm erkennbaren, Auftreten von Chromatien eine Anzahl dieser interessanten Bacterien durch zylindrische Brücken starr miteinander verbunden. Es handelte sich um keine dauernde Vereinigung. Nach Verlauf von wenigen Minuten bis zu einigen Stunden erfolgte die Trennung, bei der nach *Foersters* Meinung die Brücke sich teilte. Was dann mit den Brückenhälften geschah, ob sie abgeschnürt oder resorbiert wurden, konnte *Foerster* nicht feststellen. Auch gelang es ihm nicht, das Entstehen einer Verbindung zu beobachten. *Foerster* nahm wohl mit Recht an, daß es sich hier um einen sexuellen Vorgang handelte.

Ähnliche Dinge fand *Fuhrmann*[5]), dem *Foersters* Arbeit unbekannt geblieben war, bei einer Pseudomonasart. (Unter dem Gattungsnamen *Pseudomonas* faßt der Bacteriologe diejenigen stäbchenförmigen Spaltpilze zusammen, die durch polare Begeißelung gekennzeichnet sind.) *Fuhrmann* sah an Stäbchen von *Pseudomonas cerevisiae*, einer Bacterienart, die er aus Flaschenbier isolierte, endständige kolbige Anschwellungen auftreten und fand, daß zuweilen zwei Bacterien von dieser Form mit der Breitseite aneinanderlagen und daß ein feiner Faden die kolbigen Anschwellungen der beiden Zellen verband. Er vergleicht diese Erscheinung mit der Zygosporenbildung höherer Pilze. In späteren Veröffentlichungen[6])

[1]) *Schaudinn*, Arch. f. Prot. Kunde 1902, Bd. *1*, 306.

[2]) *Dobell*, CC. Ref. B. C. II, 1909, Bd. *25*, S. 278; Journ. of. micr. sc. n. s. 1909, Bd. *53*, S. 509. Vergleiche desselben Autors Arbeit in derselben Zeitschrift 1911.

[3]) *Henneberg*, W., Centralbl. f. Bakt., Abt. II, Bd. *4*, S. 14, 1898.

[4]) *Foerster*, F., Centralbl. f. Bakt., Abt. II, Bd. *11*, S. 257, 1892.

[5]) *Fuhrmann*, F., Centralbl. f. Bakt., Abt. II, Bd. *16*; S. 309, 1906.

[6]) *Fuhrmann*, F., Beihefte zum Bot. Zentralbl. Bd. *23*, S. 1, Abt. I u. II, 1908; Vorl. über techn. Mycologie, Jena 1915.

über *Pseudomonas cerevisiae* läßt *Fuhrmann* diese Beobachtungen unerwähnt.

Ich selbst konnte dann bei meinen Untersuchungen von *Chromatium Okenii Foersters* Beobachtung bestätigen, ohne zunächst von seinen Forschungen Kenntnis zu haben. Ganz ähnliche Vorkommnisse fand ich bei Rhodospirillen. In einer kürzeren Mitteilung[7]) habe ich darüber berichtet und komme unten darauf zurück.

Nach dem Erscheinen meiner Mitteilung erhielt ich durch die Freundlichkeit des Verfassers ein Buch von *Löhnis*[8]) „Life Cycles of the Bacteria", aus dem hervorgeht, daß, wie *Löhnis* schon im Jahre 1916 feststellen konnte, auch beim *Bacillus Azotobacter*, der wegen seines Stickstoffbindungsvermögens schon von vielen Forschern untersucht worden ist, sexuelle Erscheinungen, ähnlich wie *Foerster* sie beobachtete, auftreten. In einem weiteren Werk, das 1921[9]) erschien, gibt *Löhnis* dann eine umfassende Zusammenstellung der Literatur über Beobachtungen solcher Vereinigungen von Zellen und von entwicklungsgeschichtlichen Bacterienstudien überhaupt, illustriert durch eine große Zahl von Mikrophotogrammen.

Was diese Angaben über Verbindungsstadien und sexuelle Vorgänge anbetrifft, so handelt es sich meiner Meinung nach in vielen Fällen nicht um echte Verbindungen im Sinne *Foersters*, vielmehr um ein zufälliges Nebeneinanderlagern oder Zusammenkleben von Bacterien. Die weitere kritische Beleuchtung der einzelnen Beobachtungen bringe ich in einer späteren ausführlicheren Arbeit und gebe im folgenden eine kurze Zusammenstellung meiner eigenen Forschungsergebnisse, die ich teilweise in der oben erwähnten früheren Veröffentlichung mitteilte und die inzwischen einige Erweiterung erfahren haben.

Zuerst beobachtete ich Verbindungsstadien bei Purpurbacterien. Um Rohkulturen dieser Bacterien zu erhalten, verwandte ich das Verfahren von *Winogradsky*[10]). Ein Standzylinder von 1—1½ Liter Inhalt wurde mit zerquetschten Rhizomen von *Typha* oder *Acorus Calamus* beschickt. Darüber wurde mit Gips versetzter Teichschlamm geschichtet und so viel Teichwasser zugesetzt, daß etwa ein Drittel des Gefäßes mit Wasser gefüllt war. Je nach der Jahreszeit zeigte sich nach 8 oder 14 Tagen auf dem Schlamm ein roter Anflug, der, wie sich bei der mikroskopischen Untersuchung herausstellte, größtenteils von *Chromatium Okenii* gebildet wurde. Bei den zuerst auftretenden Chromatien bemerkte ich mehrfach jene schon von *Foerster* beobachteten merkwürdigen Erscheinungen. Fast alle Chromatien trugen Knospen und viele waren durch den Knospen ähnlich sehende Gebilde starr miteinander verbunden. Die Knospen und Brücken waren 1—1½ μ breit und 1½—2 μ lang. Sie zeigten häufig in der Mitte, gleichlaufend mit der Längsrichtung des Chromatiums eine oder seltener auch 2 je nach Einstellung bald helle, bald dunkle Linien. Bei der Trennung der Verbindungsstadien blieb meist die ganze Brücke bei dem einen *Chromatium*, doch konnte ich in einem Fall auch beobachten, daß die Brücke sich teilte, und zwar blieb der größte Teil der Brücke bei dem einen *Chromatium*, während bei dem anderen nach der Trennung noch ein Zäpfchen von nur 0,5 μ Höhe zu sehen war (Fig. 1a). Die Trennung erfolgte erst nach Lebendfärbung mit Gentianaviolett, wahrscheinlich infolge der schädigenden Wirkung des Farbstoffs. Dasselbe Stadium hatte ich längere Zeit ungefärbt fest verbunden gesehen. Eine merkwürdige Erscheinung war dabei zu beobachten, die vielleicht Schlüsse auf die Vorgänge in der Brücke ziehen läßt. Die Brücke zeigte gleichlaufend mit der Längsrichtung der Chromatien zwei helle Linien. Auffällig war nun, daß die Färbung der Brückenteile der Färbung der Chromatien entsprach. (Ich meine hier Färbung durch Bacteriopurpurin, nicht etwa durch Anilinfarbstoff.) Das kleinere *Chromatium* war blaßrot gefärbt, während das große einen leuchtend roten Farbton zeigte. Der Farbe der Chromatien entsprechend war die Brücke jenseits der Linie, bei der später die Trennung erfolgte, nach dem größeren *Chromatium* zu rot, in Richtung auf das kleinere blaßrot gefärbt. Man könnte daraus schließen, daß beide Bakterien irgendwelche Substanz, sei es Plasma oder Kerne oder aber beides an die Brücke abgeben. Zuweilen beobachtet man eigenartig gespaltene Knospen.

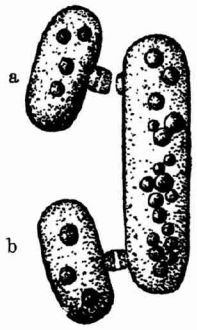

Fig. 1. Verbindungsstadium von Chromatium Okenii Vergr. 1500 : 1.

Die Dauer der Verbindungsstadien betrug einige Minuten bis zu einigen Stunden. Bei meinen Untersuchungen waren morgens zwar Knospen, aber keine Verbindungsstadien festzustellen, erst bei steigender Tageswärme, und zwar

[7]) *Potthoff, H.*, Centralbl. f. Bakt., Abt. II, Bd. *55*, S. 9, 1921.

[8]) *Löhnis, F.*, Life Cycles of the Bacteria, Journal of Agricultural Research, Vol. *VI*, Nr. 18, Department of Agriculture, Washington 1916.

[9]) *Löhnis, F.*, Studies upon the Life Cycles of the Bacteria, Part I, Review of the Literature 1838—1918, Washington, Government Printing Office 1921.

[10]) *Winogradsky, S.*, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien, Heft I, Leipzig, Arthur Felix, 1888.

am häufigsten an warmen Tagen, traten Verbindungen auf.

Um Genaueres über die Struktur der Knospen und Brücken zu erfahren, wandte ich, wie ich oben schon nebenher erwähnte, Lebendfärbung nach *Zettnow*, Färbung mit stark verdünnten Farblösungen ohne vorhergehende Fixierung, an. Bei Färbung mit Gentianaviolett färbte sich zunächst die Knospe violett und zeigte häufig in der Mitte eine oder zwei helle, farblose Linien, die den hellen Linien bei lebend ungefärbten Chromatien entsprachen.

Die Knospe färbte sich immer zuerst, dann erst das *Chromatium*. Chromatien ohne Knospen nahmen den Farbstoff langsamer auf als die knospentragenden und die durch Brücken miteinander verbundenen Bacterien. Diese werden auch bald bewegungslos, während die knospenlosen Bacterien, längere Zeit der Wirkung des Farbstoffs ausgesetzt, noch lebhaft beweglich bleiben.

Fig. 2, ein Mikrophotogramm, zeigt fixierte und mit Eisenhämatoxylin gefärbte Chromatien mit Knospen und ein Verbindungsstadium.

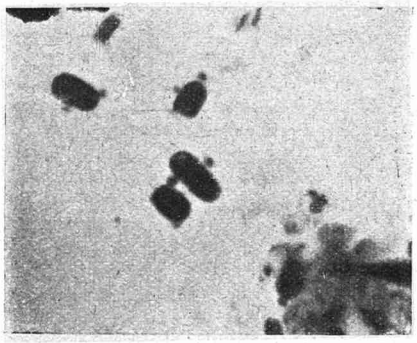

Fig. 2. Chromatien mit Knospen und ein Verbindungsstadium, Färbung mit Eisenhämatoxylin. Vergr. 1000 : 1. Mikrophotogramm.

Vier Tage nach dem zuerst beobachteten Auftreten von Knospen und Brücken war in der Kultur nichts mehr von derartigen Erscheinungen zu sehen. Es wurde in Abständen von 1 zu 2 Tagen weiter untersucht. Die Chromatien waren in lebhafter Vermehrung begriffen. Es waren aber keine Knospen und Verbindungsstadien mehr zu finden, wohl aber eine Menge von kleineren und besonders großen Formen.

Bei einer anderen Chromatiumart, *Chromatium Weissii*, stellte ich ebenfalls das Auftreten von Knospen und Verbindungsstadien fest. Diese etwas kleinere Art trat zusammen mit anderen *Thiorhodobacterien* an der Glaswand eines Aquariums, in dem *Elodea* und Algen verfaulten, in größeren Mengen auf. Die Knospen und Brücken waren kleiner und schwächer lichtbrechend als bei *Chromatium Okenii*. Nur ½—1 μ lang und ½ μ breit, traten sie an allen Stellen des Chromatienkörpers, meist in einer Reihe nebeneinander (Fig. 3 a), doch häufig an einem Pol auf (Fig. 3 b). Verbindungsstadien konnte ich ebenfalls feststellen (Fig. 3 c).

Wenn ich den zur Züchtung von Purpurbakterien hergestellten Kulturen keinen Gips zusetzte, so traten neben wenigen Chromatien Purpurspirillen in größerer Zahl auf. Etwa 8—10 cm von der Wasseroberfläche entfernt zeigte sich bei den im Sommer 1921 angesetzten Rohkulturen schon nach 8—10 Tagen an der Glaswand des Gefäßes ein rotbrauner Ring, der größtenteils von einem *Rhodospirillum* gebildet wurde, das dem *Rhodospirillum photometricum* glich. In der erwähnten früheren Mitteilung habe ich schon ausführlich über die eigenartigen Erscheinungen, welche bei diesem wegen seiner Lichtempfindlichkeit so genannten *Spirillum* auftreten und die meiner Meinung nach den Vorgängen bei Chromatien analog sind, berichtet. Die Spirillen tragen seitlich oder auch an einem Pol kleine, schwach lichtbrechende 1 μ breite, ½—1 μ lange Knospen. Ob diese Knospen den Ausstülpungen, welche *Zettnow*[11]) an *Spirillum serpens* beobachtete und photographierte oder den Knospen, die *Meirowsky*[12]) an *Spirillum rubrum* und *Spirillum tyrogenum* Denecke sah, homologe Gebilde sind, wage ich nicht zu entscheiden.

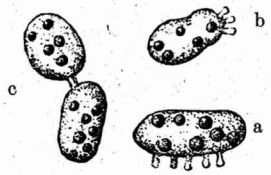

Fig. 3. Chromatium Weissii mit Knospen und ein Verbindungsstadium. Vergr. 1500 : 1.

Fig. 4. Verbindungsstadium von Spirillum photometricum. Vergr. 1500 : 1.

Meirowsky glaubt, daß die Knospen eine Rolle in der Entwicklungsgeschichte der Bakterien spielen. Er kommt zu diesem Schluß, weil er aus den losgelösten Knospen kurze Spirillen hervorragen sah, die, wie er meint, zu Spirillen von normaler Größe heranwachsen. Irgendwelche Verbindungsstadien hat *Meirowsky* nicht bemerkt. Ich selbst konnte in sehr vielen Fällen das Entstehen einer starren Verbindung beobachten. Das eine *Spirillum* legte sich mit der Knospe an die Membran des anderen an. Nach einigen zitternden Bewegungen war plötzlich eine starre Verbindung hergestellt (Fig. 4).

Die Trennung erfolgte nach etwa viertelstündiger bis mehrstündiger Dauer der Verbindungen, wobei die Brücke ungeteilt bei dem einen *Spirillum* blieb. Die Beobachtung des Vorganges

[11]) *Zettnow, E.*, Centralbl. f. Bakt., Abt. II, Bd. *10*, S. 689, 1891.

[12]) *Meirowsky*, Studien über die Fortpflanzung von Bakterien, Spirillen und Spirochäten. Berlin, Julius Springer, 1914.

war schwierig, da die Trennung unter heftigen Bewegungen meist ruckartig erfolgte und die Spirillen sich gleich weiter schraubten. Was die Struktur der Brücken und Knospen angeht, so zeigen beide häufig in der Mitte gleichlaufend mit der Längsrichtung des *Spirillum* eine je nach Einstellung bald helle, bald dunkle Linie. Lebendfärbung nach *Zettnow*, Färbung mit stark verdünnter Methylenblaulösung, ergab blau gefärbte Knospen und Spirillen. Die Knospen und Brücken färben sich etwas stärker als das Spirillum selbst. Die helle Linie in der Mitte bleibt ebenso wie bei den Chromatiumknospen und -brücken ungefärbt.

Dauerpräparate, die ich durch Trockenfixierung herstellte, ergaben gefärbt verhältnismäßig gute, der Struktur der lebenden Zelle entsprechende Bilder. Die Brücke zeigte meist deutlich die charakteristische helle, ungefärbte Linie in der Mitte, die manchmal mehr oder weniger schräg zur Längsrichtung des Spirillums verlief. Färbung nach *Giemsa* ergab blauviolett gefärbte Brücken, bei rotviolettem Spirillenkörper mit blauvioletten Einschlüssen und hellen Vakuolen (Fig. 5).

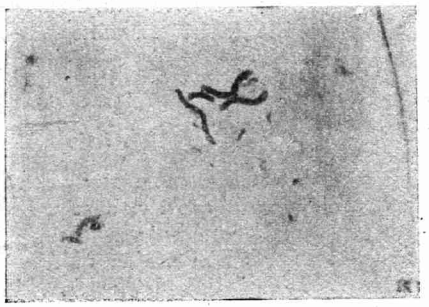

Fig. 5. Verbindungsstadium von Spirillum photometricum, trocken fixiert, Färbung nach *Giemsa*. Vergr. 500 : 1. Mikrophotogramm.

Häufiger kam es vor, daß zwei Brücken die Spirillen verbanden. Ich sah solche Stadien bei fixierten und gefärbten, wie auch bei lebenden Spirillen (Fig. 6).

Fig. 6. Spirillen mit 2 Brücken. Vergr. 1500 : 1.

Ähnliche Erscheinungen wie bei *Spirillum photometricum* konnte ich bei Reinkulturen von *Spirillum volutans*, die ich der Freundlichkeit von Herrn Professor *Zettnow* verdanke, feststellen. Die Knospen waren bei dieser Spirillenart von wechselnder Größe, von 0,2 μ bis zu 0,5 μ Länge und 0,2 μ bis 0,4 μ Breite. Wegen der geringen Größe der Knospen und der stark lichtbrechenden Einschlüsse der Spirillen war die Beobachtung der nur schwach lichtbrechenden Knospen bei lebend ungefärbten Spirillen sehr schwierig. Die Knospen waren nur schwach sichtbar. Legte sich ein *Spirillum* an die Knospe und entstand eine Verbindung, so war infolge der Lichtbrechung an den Membranen der beiden Spirillen von der Knospe nichts mehr zu sehen. Erst bei Lebendfärbung mit Methylenblau, Gentianaviolett oder nach *Giemsa* traten Knospen und Brücken, die sich mit den genannten Farbstoffen stark färbten, deutlich hervor (Fig. 7).

Fig. 7. Verbindungsstadium von Spirillum volutans. Vergr. 2000 : 1.

Bei einer Pseudomonasart beobachtete ich ebenfalls Verbindungsstadien. Ob die oben erwähnten von *Fuhrmann* bei *Pseudomonas cerevisiae* beobachteten Erscheinungen in irgendeiner Beziehung zu den von mir festgestellten Verbindungen stehen, erscheint mir zweifelhaft. *Fuhrmann* äußert sich nicht über die Färbbarkeit des Verbindungsfadens. Handelte es sich um eine Verbindung durch eine Knospe, so wäre ihm sicher die intensive Färbung der Brücken, die sich meist stärker färben als die Bacterien, aufgefallen (siehe Fig. 12). Anschwellungen an den Enden der Stäbchen, die *Fuhrmann* erwähnt, habe ich nicht bemerkt. Das Entstehen von Verbindungsstadien und die Trennung, Vorgänge die ich mehrfach bei meinen Untersuchungen von lebendem, ungefärbtem Material feststellen konnte, hat *Fuhrmann* nicht beobachtet.

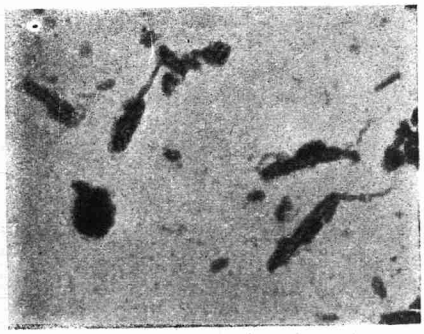

Fig. 8. Pseudomonas sp. Geißelfärbung. Vergr. 1000 : 1. Mikrophotogramm.

Ich fand die Pseudomonadinen mit ihren Verbindungsstadien im Abwasser einer Brauerei, das meist eine Temperatur von 20—25 ° hat. Die Stäbchen waren 1 μ breit und kurz nach der Tei-

lung etwa 6 μ lang. Sie zeigten stark lichtbrechende Körnchen von unregelmäßiger Lagerung. Bei kürzeren Stäbchen war nur an einem Pol ein Büschel von Geißeln vorhanden, die meist zu einem Zopf verflochten waren (Fig. 8). Längere Stäbchen trugen an jedem Pol ein Geißelbüschel. Eins war immer stärker und länger. Die schwach lichtbrechenden Knospen und Brücken traten meist seitlich an den Stäbchen in Ein- oder Mehrzahl auf (Fig. 9 u. 10). Stäbchen mit Knospen und Brücken bewegten sich meist lebhaft. Zuweilen waren die Stäbchen an einem Ende leicht gebogen und trugen dann an der konkaven Seite der Biegung eine Knospe. Derartige Formen waren gleich lebhaft beweglich wie die

Fig. 9. Verbindungsstadium von Pseudomonas sp. Vergr. 2000 : 1.

Fig. 10. Pseudomonas sp. Doppelverbindung. Vergr. 2000 : 1.

Fig. 11. Verbindung von geradem und gekrümmtem Stäbchen. Vergr. 2000 : 1.

geraden Stäbchen. Verbindungen zwischen geraden und gekrümmten Bacterien habe ich häufiger beobachtet (Fig. 11).

Verbindungsstadien entstanden nach minutenlangen zitternden Bewegungen. Die Dauer der Verbindungen war verschieden, von 15 Minuten bis zu einigen Stunden. Während dieser Zeit bewegten sich die Stäbchen fortwährend lebhaft, doch veränderten sie trotz der heftigen Bewegungen ihre Lage zueinander nicht mehr. Obwohl die Knospen im Verhältnis zur Größe der Bacterien sehr klein waren, genügten sie doch, die beiden Bacterien starr miteinander zu verbinden.

Dauerpräparate stellte ich her nach dem Verfahren von *Schaudinn* (Fixierung mit heißem Sublimatalkohol) und durch Trockenfixierung. Die Resultate waren annähernd gleich. Fig. 12 stellt ein Verbindungsstadium dar (Trockenfixierung und Färbung mit Eisenhämatoxylin). Die Brücke erscheint deutlich stärker gefärbt als die Bacterien.

Bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse weitgehende Schlüsse aus den referierten Beobachtungen zu ziehen, wäre verfrüht. Doch steht wohl jetzt schon außer allem Zweifel, daß wir in den geschilderten Erscheinungen sexuelle Vorgänge irgendwelcher Art vor uns haben. Betonen möchte ich, daß nur Lebendbeobachtungen, nicht etwa die beigegebenen Zeichnungen[13]) und Mikrophotogramme ein richtiges Bild von diesen eigenartigen Verbindungsstadien geben können. Wer einmal die merkwürdigen Suchbewegungen von *Spirillum photometricum*, *Pseudomonas* und *Spirillum volutans*, Arten, bei denen ich mehrfach das Entstehen von Verbindungen feststellte, sah, wird nie an ein rein mechanisches Festhaften von vielleicht parasitären Kokken zwischen zwei Bacterien, zu welcher Vermutung die Bilder Anlaß geben könnten, denken. Auch die Erscheinungen bei der Trennung, die meist unter gewaltsamen Bewegungen der Bacterien heftig ruckartig erfolgt, sprechen gegen eine solche Annahme.

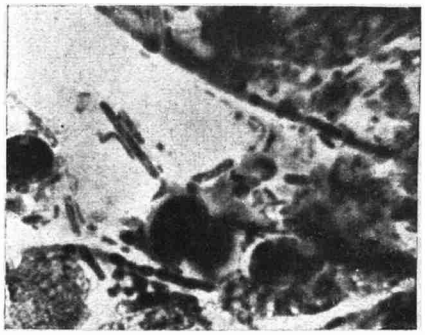

Fig. 12. Verbindungsstadium von Pseudomonas sp., trocken fixiert, Färbung mit Eisenhämatoxylin. Vergr. 1000 : 1. Mikrophotogramm.

Was aber in der Brücke während der Verbindung vorgeht, welche Reaktionen dabei das Zellinnere zeigt, welches die Vorgänge nach der Trennung sind, das alles entzieht sich noch meiner Kenntnis. Erst die Lösung dieser Fragen wird uns Aufschluß darüber geben, welcher Kategorie von Sexualreaktionen wir unsere Verbindungen einzureihen haben. Um eine Kopulation im botanischen Sinne, wie z. B. bei den Schwärmern der Grünalge *Ulothrix*, d. h. eine Verschmelzung des Plasmas und der Kerne der beiden Gameten zu einer Zygote, handelt es sich keinesfalls. Ebenso liegt sicher keine Konjugation im botanischen Sinne, wie etwa bei *Spirogyra*, vor. Ob wir es mit einer Konjugation wie bei *Paramae-*

[13]) Die Figuren sind nach Zeichnungen mit dem Zeichenapparat oder freien Handzeichnungen bei einer Vergrößerung 1000 : 1 (Zeiß homogene Immersion, Achromat $^1/_{12}$, Okular 4) entworfen. Die Mikrophotogramme sind mit Ausnahme von Fig. 5, welches mit Okular 2 photographiert wurde, ebenfalls mit dem genannten Objektiv und Okular aufgenommen.

cium oder anderen Infusorien, einem Austausch von Kernsubstanz von Zelle zu Zelle zu tun haben, wird sich vielleicht feststellen lassen bei der zytologischen Untersuchung möglichst großer Bacterien mit ihren Brücken. Ich habe als Untersuchungsobjekt *Chromatium Okenii* gewählt, das wegen seiner Größe den meisten Erfolg verspricht. Ich selbst vermute nach meinen bisherigen Forschungsergebnissen, besonders den eingangs erwähnten Beobachtungen an Chromatien, daß von beiden Zellen aus Protoplasma oder vielleicht Kernsubstanz abgegeben und dann die Brücke als Zygote abgeschnürt wird, um sich später weiter zu entwickeln. Es würde sich dann um ähnliche Vorgänge wie bei den *Mucorineen* handeln.

Ob meine Vermutung zu Recht besteht, werden weitere Untersuchungen, die augenblicklich im Gange sind (kontinuierliche Beobachtung von Verbindungsstadien in der feuchten Kammer), zeigen.

Der mathematische Kern der Außenweltshypothese.

Von Karl Gerhards, Aachen.

(Schluß.)

III.

Mathematische Konstruktion des Gesamtmodells der Oberfläche aus dem Erscheinungsmodell; Diskussion ihrer Eindeutigkeit. Ergebnis: Im normalen Falle ist allein auf Grund des Verlaufes der Gesichtserscheinungen der gleichzeitige Gesamtverlauf der Oberfläche, also mit Einschluß seiner nicht direkt wahrgenommenen Teile, eindeutig definierbar.

Wir haben im vorigen Kapitel Folgendes festgestellt: In dem Modell des Oberflächenverlaufes, dem „Ontogramm" O, gibt es einen bestimmten Ausschnitt[1]) A_0, welcher denjenigen Teil des Oberflächenverlaufes darstellt, der im gegebenen Erscheinungsverlauf *unmittelbar* zur Wahrnehmung gelangt (bzw. bei der kinematographischen Aufnahme direkt Licht auf den Film entsendet). Zu diesem Ausschnitt A_0 ist nun das kinematographische Modell des Erscheinungsverlaufes, das „Phänogramm" P, *farbig homotop*, d. h. es ist mitsamt seinen Grenzflächen durch eine bloße Deformation in A_0 überführbar. Vorausgesetzt ist dabei, daß man in P nur die „nächsten" gegenseitigen Nachbarschaftsbeziehungen der farbigen Fäden berücksichtigt, also alle jene Verbindungen zwischen ihnen außer Betracht läßt, die infolge der *Überschneidung* der Erscheinungen zustande gekommen sind. Wir haben dies im vorigen Kapitel in anschaulicher Weise dahin ausgedrückt, daß man P vor der Ausführung der Deformation „zergliedern", d. h. jene Überschneidungsverbindungen durchschneiden muß.

[1]) Der Index $_0$ soll hier und im folgenden überall den Buchstaben O bedeuten.

Mit der Feststellung dieser farbigen Homotopie zwischen A_0 und P ist der *erste* Teil unserer Aufgabe gelöst. Wir wissen jetzt — um hier die Formulierung unseres ersten Kapitels zu wiederholen —, inwiefern A_0 durch P „gedeckt" wird. Im Sinne unserer Problemstellung ist diese Deckung *völlige Äquivalenz*: denn wir haben ja (im vorigen Kapitel) unsere Aufgabe ausdrücklich dahin präzisiert, daß nur der farbig-topologische Zusammenhang der Fäden von O, nicht aber sein „Momentanquerschnitt" (in gewöhnlicher Ausdrucksweise: die stereometrische Form der Oberfläche) aus dem Phänogramm P abgeleitet werden soll. Für den Ausschnitt A_0 von O erhalten wir eben jenen Fadenzusammenhang in vollkommen getreuer Nachbildung, wenn wir unser gegebenes P zergliedern: wir können in dieser Hinsicht A_0 einfach durch das zergliederte P *ersetzen*, und umgekehrt. Was jetzt also noch übrig bleibt, ist die Untersuchung der Frage, *inwiefern P bzw. A_0 allein aus sich selbst heraus eindeutig ergänzt werden kann*, derart, daß das so entstehende Gesamtgebilde zum *ganzen* Ontogramm O *farbig homotop* wird. Wir wollen eine derartige farbig-topologische Ergänzung kurz als *„Totalisation"* bezeichnen; sie ist für unsere Modelle offenbar gleichbedeutend mit dem, was wir zu Anfang unserer Untersuchung die *„Interpolation"* der bei der Wahrnehmung *verdeckt* gebliebenen Teile der Körperwelt genannt haben.

Um uns nun das anschauliche Material zu verschaffen, mit dem wir zunächst operieren müssen, verfahren wir folgendermaßen. Wir können uns den Ausschnitt A_0 (oder auch das zergliederte P) in eine Anzahl zeitlich aufeinanderfolgender Schichten zerlegt und in jeder solchen Schicht einen Momentanquerschnitt ausgewählt denken, derart, daß dieser Querschnitt nahezu alle Fäden seiner Schicht trifft. Diese Operation denken wir uns ausgeführt, die ausgewählten Momentanquerschnitte ihrer Zeitfolge gemäß numeriert, und sie dann in Form sehr dünner Blätter aus A_0 bzw. P herausgenommen. Jedes solche Blatt aus A_0 (P) ist offenbar farbig kongruent (homotop) zu einem bestimmten Teil unserer Oberfläche selbst. Besteht dieser Teil aus einem einzigen Stück, so auch unser Blatt; ist dies (infolge von Überschneidungen, die bei der Aufnahme von P stattgefunden haben) nicht der Fall, so besteht auch das Blatt aus entsprechend vielen voneinander getrennten Stücken. Unter Umständen kann ein Blatt auch (man denke z. B. an die Fensteröffnungen unseres Zimmers) in seinem Innern siebartig durchlöchert sein. Wir nennen den Inbegriff dieser numerierten Blätter die zu A_0 bzw. P gehörige *„Blattfolge"*. Im Sinne unserer Problemstellung sind diese beiden Blattfolgen offenbar einander äquivalent, da es uns ja nur auf die Homotopie, nicht auf die Kongruenz ankommt; der Anschaulichkeit halber wählen wir für unsere weiteren Überlegungen die aus A_0 entnommene Folge, weil wir ihre Blätter ohne weiteres mit

dem betreffenden Teil der Oberfläche selbst zur Deckung bringen können. Wir bezeichnen diese Blattfolge mit B; die Oberfläche selbst wollen wir von jetzt ab ebenfalls mit einem Buchstaben, und zwar mit F, bezeichnen.

In bezug auf Totalisation verhält sich nun B zu F analog wie A_0 zu O. So wie wir uns A_0 im Ontogramm O von unten nach oben, d. h. in der Zeit fortschreitend, *abgegrenzt* denken können, so können wir uns die Oberfläche F nach und nach mit den Blättern von B *belegt* denken, derart, daß der Reihe nach jedes Blatt mit dem zu ihm farbig kongruenten Teil von F zur Deckung gebracht wird. Der Anschaulichkeit halber wollen wir nun zunächst einmal zusehen, *inwiefern sich aus den Blättern von B nach und nach eine Oberfläche F eindeutig zusammensetzen läßt.*

Wir denken uns also jetzt das erste und ebenso das zweite Blatt von B richtig, wie eben angegeben, auf F gelegt. Die Frage ist, wann sich das zweite Blatt *allein* vom ersten aus, also *ohne* F selbst als Unterlage (als „Hypothese"!) zu benutzen, richtig hinlegen läßt. Das geht offenbar dann, wenn das zweite Blatt, richtig auf F gelegt, das erste teilweise *überdeckt,* und wenn eben diese Überdeckung von den beiden Blättern *allein* aus schon eindeutig feststellbar ist. Die einzige Möglichkeit hierzu bietet die *farbige Homotopie,* welche die einander überdeckenden Teile der beiden Blätter zu dem von ihnen gemeinsam überdeckten Teil von F und also auch zueinander aufweisen müssen. Setzen wir voraus, daß diese farbig homotope Zuordnung die *einzige* ist, die zwischen den beiden Blättern überhaupt besteht, und daß sie zugleich nur auf eine *einzige* Art vollziehbar ist[11]), so ist die richtige Zusammensetzung der beiden Blätter offenbar schon von ihnen *allein* aus möglich, nämlich dadurch, daß man *ihre farbig homotopen Teile identifiziert.* Wir nennen dies die „Totalisation" der beiden Blätter; das Ergebnis bezeichnen wir als das zugehörige *„Totalblatt"*; den unmittelbar durch die Identifikation entstandenen Teil nennen wir das „Mittelstück" des Totalblattes. Offenbar ist ein solches Totalblatt äquivalent mit dem Inbegriff von drei Flächenteilen, von denen zwei unmittelbar an den dritten (das „Mittelstück") angrenzen. — Es sei noch einmal hervorgehoben, daß jedes der beiden ursprünglichen Blätter auch aus *mehreren getrennten Stücken* bestehen kann, und daß im „Innern" der Stücke auch *Löcher* vorkommen dürfen. Das gleiche kann dann natürlich auch bei dem Totalblatt der Fall sein.

Eine Folge von Blättern, von denen das erste mit dem zweiten Blatt totalisierbar ist, das zugehörige Totalblatt mit dem dritten Blatt, und so fort das jeweilige Totalblatt mit dem nächstfolgenden Blatt, nennen wir eine *„totalisierbare Folge".* Eine solche Folge ist offenbar einem *Flächenstreifen* äquivalent. Es ist nun ein Problem der Topologie, inwiefern sich aus einem fortlaufenden Flächenstreifen eine Fläche eindeutig zusammensetzen läßt. Wir brauchen dieses rein mathematische Problem nicht allgemein zu erörtern, sondern können uns für das Folgende auf den Fall beschränken, wo sich der Flächenstreifen *spiralförmig* um sein Anfangsstück herumwindet und dabei beständig an seine eigene Grenze anschließt. Daß er dabei eindeutig ein Flächenstück zu erzeugen vermag, liegt auf der Hand. Eine totalisierbare Folge, die einem derartig fortlaufenden Flächenstreifen entspricht, nennen wir eine *„Spiralfolge".* Von besonderer Wichtigkeit sind nun für uns die *„Schließungsfolgen"*, d. h. diejenigen Spiralfolgen, bei denen sich die erzeugte Fläche schließt. Geht eine solche Folge dann noch weiter in der bisherigen Weise fort, so läuft sie in die Fläche zurück, d. h. es finden *nur* noch Identifikationen statt. Es kann nun sein, daß sich eine Spiralfolge bereits nach *einigen wenigen* Blättern im ganzen schließt, derart, daß in der erzeugten Fläche höchstens noch einige Löcher sind. Derartige Folgen wollen wir *„ausgezeichnete Schließungsfolgen"* nennen.

Eine ausgezeichnete Schließungsfolge tritt z. B. dann auf, wenn wir uns mit einigen wenigen Blicken in unserem Zimmer orientieren wollen. Von außen die Tür öffnend, erfassen wir etwa mit dem ersten Blick, noch von der Schwelle aus, die rechts von der Tür und zugleich die ihr gegenüberliegende Wand des Zimmers und bekommen außerdem noch einen großen Teil des Fußbodens und einen kleineren der Decke zu Gesicht; der zweite Blick gilt, nach links weitergleitend, der linken Wand und dem links auf uns zu liegenden Teil des Fußbodens; dann, über die Schwelle tretend, uns etwas links herum zurückwendend und nun den Kopf von unten nach oben richtend, erblicken wir, während das Bild des Fußbodens sich vor uns *schließt,* von ihm aus die ganze Türwand, zusammen mit bereits früher gesehenen Teilen der beiden Seitenwände; ein vierter Blick an die Decke gibt endlich auch den oberen Abschluß. Grenzen wir hier die jeweils erblickten Teile der Zimmeroberfläche ab, so haben wir offenbar eine aus vier Blättern bestehende ausgezeichnete Schließungsfolge vor uns: der gegenseitige Zusammenhang der Blätter ist durch ihre teilweisen Überdeckungen eindeutig bestimmt und in sich geschlossen, nur in seinem Innern werden noch Löcher sein, da wir — wenigstens wenn einige Möbel im Zimmer stehen — nicht die ganze Zimmeroberfläche zu Gesicht bekommen haben. Es ist klar, wie sich diese Löcher durch totalisierende Fortführung der Schließungsfolge ergänzen lassen. Endgültig als Löcher bestehen bleiben nur die Fenster, da die in ihrem Innern sichtbaren Erscheinungen keine *„nächste"* Nachbarschaft mit denen der Zimmeroberfläche aufweisen.

In Fig. 6 sind die vier ersten Blätter unserer ausgezeichneten Schließungsfolge schematisch durch Kreise dargestellt und die jeweiligen (schraffierten) Mittelstücke durch die Ziffern der zugehörigen Blätter bezeichnet. Blatt 3 ist natürlich derjenige Teil der Zimmeroberfläche, der in der Figur *außerhalb* des zugehörigen (gestrichelten) Kreises liegt.

Wir wollen nun annehmen, daß die zu A_0 gehörige Blattfolge B in der eben angegebenen

[11]) Vgl. dazu die nächste Anmerkung.

Weise sich eindeutig zu einer geschlossenen Fläche F totalisieren lasse. *Dann können wir von A_0 aus ebenso eindeutig das Ontogramm O erhalten.* Der anschaulichste Weg dazu ist dieser: wir entnehmen zunächst aus A_0 die Blattfolge B, totalisieren sie zu F und definieren nun O als einen Strang, der aus lauter paarweise nächstbenachbarten farbigen Fäden besteht, welche zu den Punkten von F farbig homotop sind.

Damit ist also das mathematische Problem unserer Totalisation bereits völlig klargestellt: es ist identisch mit dem Problem, eine buntpunktierte Fläche aus teilweise miteinander identifizierbaren Blättern eindeutig zusammenzusetzen.

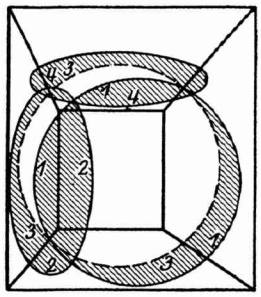

Fig. 6.

Wir können aber auch das Ontogramm O von seinem Ausschnitt A_0 aus aufbauen, indem wir in A_0 selbst von unten nach oben (d. h. also in der Zeit vorwärts) fortschreiten. Zu diesem Zweck gehen wir von der Schichteneinteilung von A_0 aus, die uns vorhin zur Blattfolge B verholfen hatte. Wir nennen jede solche Schicht ein „*Querstück*" von A_0; den Zusammenhang und die Reihenfolge dieser Stücke in A_0 sehen wir als gegeben an. Zu jedem solchen Querstück können wir nun mathematisch eindeutig ein anderes definieren, welches wir seinen „oberen Fortsatz" nennen wollen.

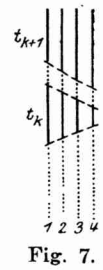

Fig. 7.

Als Beispiel hierzu benutzen wir den ersten Strang der im vorigen Kapitel enthaltenen Fig. 2, den wir als Fig. 7 noch einmal hersetzen[12]). Ist etwa das Strangstück t_k in concreto gegeben, so können wir offenbar beliebig viele Strangstücke definieren, welche:

1. mit t_k *gleichartig*, d. h. zu ihm farbig homotop und gleichgerichtet sind,
2. an ihrer unteren Grenze mit der oberen Grenze von t_k *farbig homotop zusammenfallen.*

Ein einziges aus der Klasse der so definierten Strangstücke greifen wir nun heraus, bezeichnen es mit $o\,(t_k)$ und nennen es den „*oberen Fortsatz*" von t_k. Die *obere* Grenze von $o\,(t_k)$ bleibt bis auf weiteres unbestimmt.

In Fig. 7 ist $o\,(t_k)$ von t_k aus nach t_{k+1} hin punktiert ausgezogen. Man sieht, daß sich auch zu jedem Querstück von A_0 ein solcher oberer Fortsatz definieren läßt. Ist nun diese Definition etwa für das erste Querstück q_1 von A_0 ausgeführt, und wird uns nun, auf q_1 folgend, ein zweites Querstück q_2 von A_0 gegeben, derart, daß die zu q_1 und q_2 gehörigen Blätter in der früher angegebenen Weise totalisierbar sind, so sind offensichtlich *auch q_1 und q_2 selbst totalisierbar*: wir brauchen dazu *nur $o\,(q_1)$ soweit als möglich mit q_2 zu identifizieren*, gerade so, wie wir früher die beiden Blätter soweit als möglich miteinander identifiziert haben. Fig. 7 illustriert den Fall, wo das zweite Querstück ganz zum ersten homotop, aber von ihm getrennt ist. In diesem Fall identifizieren wir den ganzen *oberen Abschnitt von $o\,(q_1)$* mit q_2 (in der Bezeichnung der Figur: den oberen Abschnitt von $o\,(t_k)$ mit t_{k+1}). Geht hingegen q_1 unmittelbar in q_2 über, so haben wir, soweit dies der Fall ist, $o\,(q_1)$ selbst mit q_2 zu identifizieren.

In dieser Weise fortfahrend, können wir nun offenbar A_0 nach und nach gerade soweit totalisieren, als sich die Blattfolge B totalisieren läßt. Wir erhalten dann den oberhalb von A_0 liegenden Teil von O, und es braucht nicht ausgeführt zu werden, daß dieser Teil sich nun auch eindeutig nach unten fortsetzen läßt. Ist uns nicht A_0, *sondern P selbst in der Zeit fortschreitend* gegeben, so brauchen wir nur von Querstück zu Querstück die *Zergliederung* von P mit der eben beschriebenen Totalisation zu *verbinden*, um schließlich wiederum das O (in farbig homotoper Form) zu erhalten. Daß die Querstücke von P oben und unten nicht gerade unbedingt von *Momentan*querschnitten begrenzt zu sein brauchen, wie wir bisher der Einfachheit halber angenommen haben, bedarf ebenfalls keiner weiteren Ausführung. —

Damit haben wir nun auch den zweiten Teil unserer Aufgabe erledigt; wir haben festgestellt, inwiefern *P allein aus sich selbst heraus eindeutig totalisierbar* ist. Wir wollen hier noch einmal

[12]) An Fig. 7 können wir auch erläutern, daß nicht jede farbige Homotopie nur auf eine einzige Weise vollziehbar sein muß. Nehmen wir z. B. an, daß die Fäden 1 und 4 sowie die Fäden 2 und 3 in Fig. 7 je dieselbe Farbe haben, so läßt sich außer der in Fig. 7 angegebenen farbig homotopen Zuordnung der beiden Strangstücke t_k und t_{k+1} auch noch eine zweite vollziehen, bei der den Fäden 1, 2, 3, 4 von t_k die Fäden 4, 3, 2, 1 entsprechen. Wo der innere Nachbarschaftszusammenhang *zwei*dimensional ist, wie bei den Blättern von B oder den Querstücken von A_0, da kann natürlich eine farbig homotope Zuordnung je nachdem auf *viele* verschiedene Arten möglich sein. Ein Kreis mit neun Sektoren z. B., die nacheinander die Farben rot, grün, blau aufweisen, wäre auf *drei* Arten farbig homotop auf sich selbst beziehbar. — Andrerseits genügt es zur Eindeutigkeit der farbigen Homotopie zweier Blätter (oder Blatteile) schon, daß ihre *Grenzen* nur auf eine Weise einander farbig homotop zugeordnet werden können; mit deren Zuordnung ist auch die Zuordnung der ganzen Blätter festgelegt. Der einfache Beweis dieses Satzes kann hier übergangen werden.

genau die Bedingungen für die Totalisierbarkeit zweier *aufeinander folgenden* Querstücke von P angeben:

Sind q_1 und q_2 zwei aufeinander folgende Querstücke des zergliederten P, so muß ein gewisser Teil r_{12} von q_1 auf eine *einzige* Weise farbig homotop auf einen gewissen Teil r_{21} von q_2 beziehbar sein, derart, daß der Innen- (Außen-) grenze von r_{12} die Außen- (Innen-) grenze von r_{21} entspricht. Innengrenze des Teiles r ist hierbei diejenige Grenze, welche r von dem übrigen Teil von q trennt, also *nicht* zur Grenze von q selbst gehört. Soweit die Grenze von r nicht Innengrenze ist, ist sie Außengrenze. — Mit diesen Bedingungen äquivalent ist es offenbar, wenn wir in der früher angegebenen Weise verlangen, daß die zu q_1 und q_2 gehörigen *Blätter* eindeutig miteinander totalisierbar sein sollen. Ferner ist klar, daß die q und r, genau wie ihre zugehörigen Blätter, auch aus je zwei oder mehr voneinander getrennten Stücken bestehen und in ihrem Innern Löcher haben dürfen.

Ist die zu P gehörige Blattfolge fortschreitend totalisierbar, so nennen wir auch P selbst *„fortschreitend totalisierbar"*. Ist die Blattfolge dazu noch eine ausgezeichnete Schließungsfolge, so daß sich aus P nach kurzer Zeit schon das Ontogramm einer im großen ganzen geschlossenen Fläche eindeutig definieren läßt, so nennen wir P *„normal"*. Ist die Folge außerdem so reichhaltig, daß sich auch die Löcher der Fläche durch fortgesetzte Totalisation schließen oder eindeutig abgrenzen lassen, so nennen wir P *„vollständig"*. Im allgemeinen wird P früher normal als vollständig sein, wie schon das in Fig. 6 illustrierte Beispiel unserer Zimmeroberfläche zeigt. — Auf den zu P gehörigen Erscheinungsverlauf lassen sich offenbar die eben gegebenen Definitionen sofort übertragen.

Vom mathematisch-naturwissenschaftlichen Standpunkt aus können wir nunmehr das Ergebnis dieses Kapitels wie folgt zusammenfassen:

Die Frage, inwiefern sich *überhaupt* ein fortschreitend totalisierbares Phänogramm eindeutig zum Ontogramm einer Fläche ergänzen läßt, ist äquivalent mit der rein topologischen Frage, inwiefern sich aus Flächenstücken, die einander mit bestimmten Teilen überdecken sollen, eindeutig eine Fläche zusammensetzen läßt. Handelt es sich aber speziell um die gewöhnliche Gesichtswahrnehmung geschlossener Körperoberflächen, so ist das Phaenogramm in dem vorhin angegebenen Sinne „normal". Es ist daher der raumzeitliche *Gesamtverlauf* der Oberfläche — also mit Einschluß seiner nicht unmittelbar wahrgenommenen Teile — *allein* vom Erscheinungsverlauf aus in eindeutigem Fortschritt topologisch definierbar, wofern nur jedes Stück der Oberfläche nach und nach wenigstens einmal unmittelbar zur Erscheinung gelangt.

IV.

Nächste Folgerungen, Beispiele, anschließende Aufgaben. Zusammenhang mit den erkenntniskritischen Grundgedanken Külpes. Fernes Ziel: eine positive Theorie des physikalischen Forschungsverfahrens.

Wir haben nunmehr das Problem unserer Untersuchung völlig gelöst: wir haben wenigstens für den elementarsten Fall, für die normale Oberflächenwahrnehmung, den *mathematischen Zusammenhang* aufgedeckt, der zwischen dem gegebenen Verlauf unserer Gesichtserscheinungen und der darauf fußenden Hypothese der fortdauernden Körperwelt besteht. Wir haben, über *Helmholtz* und *Mach* prinzipiell hinausgehend, jenen Zusammenhang „in mathematischen Definitionen, wie sie der Geometer sich konstruieren könnte", bestimmt. Bevor wir nun zu konkreten Beispielen übergehen, müssen wir zunächst noch drei Punkte kurz hervorheben.

Wie wir in der Einleitung sahen, ist die Fortdauer unserer Oberfläche, wenn wir den zugehörigen Erscheinungsverlauf als gegeben voraussetzen, im gewöhnlichen Verstande der Naturwissenschaft eine völlig hypothesenfreie Tatsache, die durch keine physikalische Theorie jemals umgestoßen werden kann, so wenig wie etwa die Tatsache, daß Köln gegenwärtig am Rhein liegt. Wir können nun den Sinn dieser Aussage genau präzisieren. Betrachten wir nämlich ein normales Phänogramm P bzw. den zu P farbig homotopen Ausschnitt A_0 inmitten des aus ihm erzeugten Ontogramms O, so sehen wir, daß die von uns an A_0 vorgenommene Ergänzung durchaus nicht die einzig denkbare ist. Mit A_0 logisch *verträglich* ist vielmehr *jede* Hinzufügung, die A_0 selber nicht alteriert, und wir sind auch nicht logisch genötigt, A_0 *überhaupt* zu ergänzen. Wohl aber ist die angegebene Ergänzung die *einzige*, die sich überhaupt *auf Grund von P bzw. A_0* **allein** schon logisch eindeutig bestimmen läßt. In der Tat: wir können uns z. B. einen bösen Dämon vorstellen, der, während wir mit unserer Kamera im Zimmer kinematographieren, hinter unserm Rücken die fabelhaftesten Veränderungen der Zimmeroberfläche zuwege bringt, sie aber stets wieder rechtzeitig rückgängig macht, so daß wir ihnen nie auf die Spur kommen: dieses und noch beliebiges Andere können wir zu dem gegebenen Erscheinungsverlauf P hinzuphantasieren. Aber wir können alle derartigen logisch mit P verträglichen Ergänzungen nicht mehr einzig und allein auf Grund von P *allein* schon *eindeutig definieren*, so wie es bei O geschehen ist. In diesem Sinne ist also O tatsächlich „hypothesenfrei", insbesondere auch *metaphysikfrei, sobald* wir eben ein normales P als „gegeben" betrachten: unsere Ergänzung bleibt, in der Ausdrucksweise *Kants*, durchaus in den Grenzen der auf Grund von P „möglichen Erfahrung".

Diese „mögliche Erfahrung“ können wir nun ebenfalls genau angeben. Wir hatten schon im ersten Kapitel von der zu suchenden Konstruktionsmethode verlangt, daß sie aus *jedem* normalen Wahrnehmungsablauf, der während einer bestimmten Zeit innerhalb einer bestimmten körperlichen Umgebung *möglich* sei, stets diese *selbe* Umgebung liefern müsse. Wir sehen nun an unseren graphischen Modellen klar ein, daß jene Forderung erfüllt ist. Denn betrachten wir die zu A_0 gehörende Blattfolge B, die ja im normalen Falle eine ausgezeichnete Schließungsfolge ist, so sehen wir, daß sich in die zu ihr gehörige Fläche F noch viele andere Blattfolgen B' einzeichnen lassen, aus denen sich F *genau so wie aus* B *erzeugen läßt*. Zu jeder solchen Blattfolge B' können wir nun in O eine ganze Anzahl zugehöriger Ausschnitte A'_0 abgrenzen, aus denen sich O wiederum *genau so erzeugen läßt wie ursprünglich aus* A_0. Alle Phänogramme P' aber, die zu einem einzelnen solchen A'_0 farbig homotop sind, stellen *zusammengenommen* eben den Bereich möglicher Erfahrung dar, der bei unserer Frage zunächst in Betracht kommt, denn aus jedem von ihnen läßt sich O *genau so erzeugen wie aus dem ursprünglich gegebenen* P. Wir haben also hier in der Tat ein *vollkommenes mathematisches Analogon* zu der im ersten Kapitel erwähnten Konstruktion einer Kurve zweiter Ordnung aus fünf gegebenen Punkten: diesen fünf Punkten entspricht das „wirkliche“ Phänogramm P; den übrigen Punktquintupeln der Kurve, aus denen sie sich in gleicher Weise wie aus dem ursprünglich gegebenen konstruieren läßt, entsprechen die „möglichen“ Phänogramme P'. Für unsern elementaren Fall ist damit gezeigt, daß der Kantische Ausdruck: „Gegenstand möglicher Erfahrung“ einen ganz bestimmten *mathematischen* Sinn hat[13]).

Drittens endlich ist ohne weiteres zu sehen, inwiefern erst auf Grund der Totalisation von P auch das *Mach*sche Ideal einer sparsamen und zugleich möglichst genauen *Bezeichnung* von P erfüllt wird. Denn wir können bei der Bezeichnung von O *eine ganze Dimension* sparen, wenn wir als Symbol die zugehörige Fläche F wählen. Nun ist zwar F auch ein Symbol für P, aber die Zuordnung zwischen P und diesem Symbol ist nur eindeutig, nicht auch umkehrbar eindeutig, denn jedem Stück von F entsprechen ja *alle* Erscheinungen, die es in P aufzuweisen hat, also im allgemeinen mehr als eine. Erst zwischen O und F ist die Zuordnung *umkehrbar* eindeutig. Wir sehen also, daß ein möglichst sparsames und genaues Zeichensystem für P zugleich auch ein *noch genaueres* Zeichensystem für O sein muß. —

Zur Verdeutlichung unseres allgemeinen Ergebnisses wollen wir nun noch kurz auf einige Beispiele eingehen. Das Flechtmusterbeispiel unseres zweiten Kapitels ist, wie wir nun sehen, insofern weniger treffend, als unser Totalisationsverfahren aus dem gegebenen Flechtmuster zwar die einzelnen durchlaufenden Bänder des Flechtwerks und ihre eventuellen Verzweigungen, aber natürlich nicht ihre gegenseitige Durchflechtung zu liefern vermag. Ein vollkommen adäquates Beispiel *fortschreitender* Totalisierbarkeit hingegen liefert uns schon das Phänogramm, welches wir im zweiten Kapitel unter Zugrundelegung einer räumlich zweidimensionalen Welt, der Ebene E, konstruiert hatten. An diesem Beispiel, also an den Figuren 4 und 5, lassen sich alle Überlegungen des vorigen Kapitels, soweit sie nur die fortschreitende Totalisierbarkeit betreffen, unmittelbar anschaulich verfolgen, wobei natürlich die Dimensionenzahl um eins vermindert ist. Auch für die *„normale“* Totalisierbarkeit (auf Grund von ausgezeichneten Schließungsfolgen), die uns ja hier vor allem interessiert, haben wir bereits, und zwar aus der wirklichen Welt, ein bezeichnendes Beispiel angeführt, nämlich die rasche Orientierung im Zimmer, die im vorigen Kapitel beschrieben und an Fig. 6 veranschaulicht ist.

Als zweites Beispiel normaler Totalisierbarkeit wählen wir nun einen beliebigen rundlichen Körper im *Innern* des Zimmers, den wir in die Hand nehmen und von allen Seiten betrachten können. Einen ganz einfachen Fall liefert uns eine geschlossene kleine Schachtel, etwa eine Streichholzschachtel, deren sechs Seiten farbig individualisiert sind. Innerhalb der Schachteloberfläche ist jede Seite mit vier anderen nächstbenachbart, mit der fünften hingegen nicht: diese liegt ihr im Raume gegenüber. Bezeichnen wir jede Seite mit einem der Buchstaben a bis f und verbinden die Buchstaben je zweier nächstbenachbarter Seiten durch einen Strich, so erhalten wir das in Fig. 8 gezeigte Zusammenhangsschema der Schachteloberfläche. Nach demselben Schema hängt nun offenbar auch der optische Erscheinungsverlauf zusammen, den uns die Schachtel bei der Betrachtung darbietet: haben wir z. B. gerade eine „a-artige“ Erscheinung vor uns, so treten in deren nächster Nachbarschaft nur b-, c-, e- oder f-artige Erscheinungen auf, aber keine d-artigen, usw. Man sieht ohne weiteres, wie sich hier im Verlaufe der Gesichtserscheinungen ausgezeichnete Schließungsfolgen ergeben müssen, da wir ja im allgemeinen *drei* Seiten der Schachtel auf einmal zu sehen bekommen; und man sieht auch, daß diese Schließungsfolgen, solange wir die Schachtel in

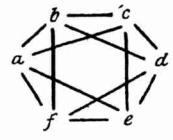

Fig. 8.

[13]) An diesem Punkte scheint sich die vorliegende Untersuchung zu berühren mit gewissen Gedankengängen in *B. Russels* Werk: „Our knowledge of the external world as a field for scientific method in philosophy“, London 1914, das mir leider nur aus einer Besprechung (von *Bergmann* in den *„Kantstudien“*, 1920, S. 50 ff.) bekanntgeworden ist.

der Hand behalten, *durchaus getrennt bleiben* von den Erscheinungen der Zimmeroberfläche. Erst wenn wir die Schachtel wieder hinlegen, ändert sich dies: dann schließt sich das Ontogramm der Schachteloberfläche in unmittelbarer Nachbarschaft an das der Zimmeroberfläche (wozu wir hier auch die Außenseiten der Möbel rechnen) an und wird *als Teil dieses Ontogramms ebenso bestimmbar,* wie die Ontogramme der einzelnen Möbel es sind.

Gehen wir nun aus unserem Zimmer in ein anderes, um uns dort gleichfalls zu orientieren, so läßt sich nicht nur hier die „normale" Totalisation des Erscheinungsverlaufs gleichfalls vornehmen, sondern es läßt sich auch, wie man sieht, das neue Ontogramm ohne weiteres an das alte anschließen, so wie sich innerhalb des einzelnen Zimmers die Ontogramme der Teile aneinanderschließen — vorausgesetzt natürlich, daß wir von dem Verbindungsweg zwischen den beiden Zimmern hinreichend viel zu Gesicht bekommen haben.

Treten wir endlich aus dem Hause ins Freie, *so ergibt sich durch ein paar Blicke in die Gesamtumgebung wiederum eine ausgezeichnete Schließungsfolge,* obgleich wir hier keine kompakte Oberfläche mehr um uns haben. Innerhalb dieser Folge bleibt nun unser ganzer optischer Erscheinungsverlauf, solange wir uns nicht allzuweit vom Ausgangsort entfernen. Es würde hier natürlich viel zu weit führen, wenn wir genauer untersuchen wollten, wie sich nun bei größeren Wanderungen im Freien die Schließungsfolgen miteinander kombinieren: inwiefern auch hier *eindeutige Totalisation im Großen* möglich ist, und andererseits, wie sie unter gewissen Umständen (z. B. im Nebel auf freiem Felde oder im weglosen einförmigen Walde) erschwert oder ganz unmöglich wird. Jedenfalls sehen wir, daß unsere Totalisation *den Elementarprozeß aller geographischen Orientierung* (im weitesten Sinne) darstellt, die wir auf Grund eigener Gesichtswahrnehmung vornehmen können. Analog ist es übrigens bei der Orientierung durch den Tastsinn; auch hierauf wollen wir jetzt nicht eingehen.

Nur ein Beispiel *astronomischer* Orientierung wollen wir noch etwas genauer betrachten: es betrifft den Zusammenhang des Sternenhimmels mit der Erde. Die erste „Theorie" dieses Zusammenhanges, wie wir sie etwa bei *Homer* finden, lehrt, daß die Sterne ebenso wie Sonne und Mond „im Okeanos baden", d. h. hinten am Ende der Welt, am äußersten Horizont, ins Wasser hinabsinken und darin wieder zu ihrem Aufgangspunkte zurückschwimmen. Dies ist die Theorie eines Beobachters, der stets am selben Ort der Erde bleibt, dessen Gesichtserscheinungen unter freiem Himmel also im wesentlichen in einer einzigen ausgezeichneten Schließungsfolge verlaufen. Ein solcher Beobachter kann zwar auch aus einer hinreichend ausgedehnten Folge von Gesichtswahrnehmungen den in sich selbst geschlossenen zweidimensionalen Eigenzusammenhang des Sternenhimmels ermitteln, indem er sich die einzelnen Sternbilder und ihr Nebeneinander schematisch merkt, und er kann, indem er die vom Himmel dargebotenen Gesichtserscheinungen rein nach diesem Schema totalisiert, auf die Vermutung kommen, daß „der Lauf der Sterne unter die Erde geht", wie *Anaxagoras* es seinerzeit formuliert hat. Aber erst dann wird diese Vermutung über die des Okeanos den Sieg erringen, wenn sich zeigt, daß die Erscheinung des Sternenhimmels sich auch am Horizont gerade so jederzeit von den Erscheinungen der Erde *ablösen* läßt, wie z. B. von den Erscheinungen benachbarter Bäume; mit anderen Worten: *erst die tatsächliche Variation des Erscheinungsverlaufs, d. h. die Wanderung nach Norden und Süden* kann zwischen den beiden Vermutungen soweit entscheiden, daß diejenige des Okeanos aufgegeben werden muß. Es stellt sich dann eben heraus, daß die Erde sich im optischen Erscheinungsverlauf zum Sternenhimmel analog verhält, wie etwa eine inmitten des Zimmers frei schwebende Tischplatte zur Zimmeroberfläche sich verhalten würde. Im weiteren Verlauf der astronomischen Erfahrung hat sich nun die andere Vermutung, die der Himmelskugel, an allen Verlaufsgrenzen der Sternerscheinungen bewährt; auch heute noch ist ihr begrifflicher Kern, das sphärische Zusammenhangsschema, in dauernder Geltung: nämlich für die Lichtstrahlen, welche der Sternenhimmel nach irgendeinem Punkt der Erde hinsendet. —

Wir wollen nun noch einen Blick auf die nächsten Aufgaben werfen, zu denen unsere Untersuchung hinführt. Eine dieser Aufgaben ist *physiologischer* Art. Der psychischen Vorstellung eines bestimmten so und so aussehenden Körpers K entspricht ja, wie wir annehmen müssen, ein bestimmter Gehirnprozeß, der durch die von K aus erregten peripheren Empfindungsprozesse *automatisch* angeregt, eingeübt und reproduziert wird. Es ist klar, daß sowohl bei der Einübung als bei der Reproduktion dieses Prozesses der *gesetzmäßige Verlaufszusammenhang* der von K erzeugten optischen Empfindungsprozesse, den wir im Phänogramm dargestellt und in der bisherigen Untersuchung zum Teil analysiert haben, eine ganz wesentliche Rolle spielt, die bisher nur deshalb noch nicht genauer gewürdigt worden ist, weil man jenen Verlaufszusammenhang selber nicht genügend beachtet hat. Insbesondere ist hier der Zusammenhang in ausgezeichneten Schließungsfolgen von ganz fundamentaler Bedeutung. Im übrigen liegt natürlich diese physiologische Untersuchung, wie man sieht, ganz im Sinne von *Helmholtz* und *Mach*[14]). — Die nächsten allgemeineren Aufgaben

[14]) Sie liegt zugleich durchaus in der Richtung der neueren physiologischen Psychologie, die ja — man denke nur an die Arbeiten von *Wertheimer, Köhler,*

sind dann die Untersuchungen der *zeitlichen Änderung* sowie der *stereometrischen Gestalt* von optisch erscheinenden Oberflächen. Dazu gehört die Analyse des *Zerschneidens* und *Wiederzusammenfügens* der Körper, die ja gleichfalls schon von *Helmholtz* berührt ist; ferner die Untersuchung der *Koinzidenzmessungen*, welche auf einer Oberfläche mit Maßstab oder Meßschnur nach geodätischer Methode vorgenommen werden[15]). Bei den Gestaltuntersuchungen kommt natürlich der ganze Verlaufszusammenhang der perspektivischen Deformationen und variablen Koinzidenzen der Gesichtserscheinungen in Betracht, von dem wir in der vorliegenden Untersuchung bewußt abgesehen haben.

Alle diese Untersuchungen aber sind nur die ersten kleinen Schritte zu einem noch weit entlegenen Ziel, nämlich zu einer *von unten auf beginnenden erkenntniskritischen Aufklärung des physikalischen Forschungsverfahrens*, die sich nicht auf Allgemeinheiten beschränkt, sondern bis in den konkreten Einzelfall hinein spezialisieren und verifizieren läßt. Den Weg zu diesem Ziel hat unter den neueren Philosophen insbesondere *Oswald Külpe* aufgewiesen[16]). Die Grundtatsache, von der er ausgeht, ist die selbständige Verlaufsgesetzlichkeit der Sinnesinhalte, die uns in der äußeren Wahrnehmung unmittelbar gegeben sind. Diese „Selbstgesetzlichkeit" oder „Fremdgesetzlichkeit" festzustellen, ist nach *Külpe* die in erkenntnistheoretischem Sinne *erste* Aufgabe der Naturwissenschaft. Sobald man aber diese Aufgabe in Angriff nimmt, zeigt sich sofort, daß jene fremdgesetzlichen Beziehungen „weder an bestimmte Sinnesinhalte, noch an bestimmte Personen gebunden sind, an oder in denen sie auftreten, daß sie also auch dann vorkommen, wenn die Bewußtseinszusammenhänge und die Empfindungen wechseln, an denen sie erlebt werden. Dann müssen sie offenbar bestehen können, auch ohne daß Sinnesinhalte ihre scheinbaren Träger bilden, d. h. sie müssen von diesen verschiedene Beziehungsglieder haben"[17]). Diese „primären" Träger der fremdgesetzlichen Beziehungen sind eben die realen Naturobjekte, und die Bestimmung dieser Objekte von jenen fremdgesetzlichen Beziehungen aus ist nach *Külpe* die *zweite* Aufgabe der naturwissenschaftlichen Erkenntnis. Sache der Erkenntniskritik aber ist es, die Kriterien und Methoden dieser Bestimmung aus dem Tatbestande der Naturforschung selbst herauszuanalysieren und sie dann in ihrem inneren systematischen Zusammenhang zu begreifen[18]).

Betrachten wir unter diesen Gesichtspunkten unsere bisherige Untersuchung, so können wir sagen, daß *Külpes* Grundauffassung jedenfalls für den elementarsten Fall physikalischer Erkenntnis, den wir im Vorigen analysiert haben, nämlich für die geographische *Kenntnis* unserer wahrnehmbaren Umgebung, *aufs genaueste bestätigt worden* ist. Wir haben ja an unsern anschaulichen Modellen gezeigt, wie sich in diesem Falle auf Grund des gesetzmäßigen Verlaufs der Gesichtserscheinungen eindeutig ein System von Ähnlichkeits- und Nachbarschaftsbeziehungen definieren läßt, welches doch zugleich in einer ganz bestimmten Weise von der Individualität jenes Erscheinungsverlaufes unabhängig ist, derart, daß in einem genau angebbaren Bereich „die Empfindungen wechseln" können, an denen jene Selbstgesetzlichkeit auftritt. Als anschaulichen Träger dieses Beziehungssystems haben wir unser Ontogramm O eingeführt: mit diesem O ist offenbar die reale Körperoberfläche als Fundament jenes Beziehungssystems äquivalent; denn jedem kleinen Teil von O entspricht umkehrbar eindeutig ein kleiner raumzeitlicher Teil der Körperoberfläche, und zwischen diesen Teilen bestehen ganz dieselben Ähnlichkeits- und Nachbarschaftsbeziehungen wie zwischen den entsprechenden Teilen von O.

Unsere Untersuchung ist also *ein erster konkreter Ansatz* zu der von *Külpe* geforderten „positiven Theorie" der physikalischen Erkenntnis. Dieser Ansatz ist insofern nicht ganz unbeträchtlich, als wir ja nunmehr die *Grundlagen* zur geodätischen Ausmessung von Körperoberflächen mittels der Koinzidenzmethode *vollständig in der Hand haben*. Wie winzig aber dennoch unser Ansatz ist, das wird uns erst klar, wenn wir uns am graphischen Modell veranschaulichen, was eine solche Theorie einmal muß leisten können. Denken wir uns einen Naturforscher, der seit mehreren tausend Jahren, beobachtend und experimentierend und in ewiger Jugendkraft immer wieder seine Theorien verbessernd, den historischen Fortschritt oder, wie *Kant* sagt, den „sicheren Gang" der astronomischen und physikalischen Erkenntnis in seiner Person verwirklicht. Denken wir uns den ganzen optischen Erscheinungsverlauf dieses Forschers in einem Phänogramm fixiert. Eine rechtschaffene Theorie der physikalischen Erkenntnis

Koffka, Poppelreuter usw. — dem Problem der (den Empfindungsprozessen zentral übergeordneten) *„Gestaltprozesse"* ihre ganz besondere Aufmerksamkeit zuwendet.

[15]) Auf die prinzipielle erkenntnistheoretische Bedeutung der „Koinzidenzmethode" hat im Anschluß an *Einstein* zuerst *M. Schlick* hingewiesen. Wir haben im Vorigen diese Methode gewissermaßen verallgemeinert, indem wir nicht von Koinzidenzen, sondern von nächsten Nachbarschaftsbeziehungen der Gesichtserscheinungen ausgingen. Damit sind auch gewisse Ergebnisse von *Schlick* noch weiter fundiert: vgl. „Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik", 1919, S. 47 ff., 73 ff.

[16]) Vgl. zunächst *W. Wien:* „Neuere Entwicklung der Physik und ihrer Anwendungen", 1919, S. 60 ff., oder neuerdings: „Aus der Welt der Wissenschaft", 1921, S. 220 ff., und von *Külpe* selbst den auf der Königsberger Naturforscherversammlung 1910 gehaltenen Vortrag: „Erkenntnistheorie und Naturwissenschaft".

[17]) Vgl. den Königsberger Vortrag, S. 23.

[18]) Vgl. a. a. O. S. 11.

müßte nun imstande sein, an diesem Phänogramm entlang fortschreitend und es stets bis zur jeweils erreichten Grenze totalisierend, nach und nach *die Ontogramme aller jener konkreten Welten zu erhalten, die unser Naturforscher im Fortschritt seiner Theorien bestimmt.* Eine solche Theorie wird sich nicht auf positive oder negative Metaphysik gründen können, sondern nur einerseits auf die reine Mathematik, insbesondere die kombinatorische Topologie, andererseits auf die genaue phänomenologische Analyse des als gegeben vorauszusetzenden sinnlichen Erscheinungsverlaufs sowie der konkreten raumzeitlichen Welten, welche die Physik von jenem Erscheinungsverlauf aus in „sicherem Gang" bestimmt hat. Von diesen Grundlagen aus wird sie erst die wahren Kategorien oder vielmehr (in *Kants* Ausdrucksweise) die wahren *Schemata* der physikalischen Erkenntnis definieren müssen, so wie wir bereits im dritten Kapitel (durch den Prozeß der „Fortsetzung") das elementarste Schema der Substanz definiert haben. Und erst dann, wenn die allgemeinen Prinzipien der Theorie sich auf die vorhin angegebene Weise am historischen Tatbestand der Physik verifizieren lassen, dürfen wir behaupten, die große Frage *Kants* nach der Möglichkeit mathematischer Naturwissenschaft *„genugtuend"* beantwortet zu haben.

Besprechungen.

Chwolson, O. D., Lehrbuch der Physik. Zweite Auflage. Erster Band, erste Abteilung. Mechanik und Meßmethoden (1918). XII, 384 S. und 188 Abbildungen. Preis geh. M. 12,—; geb. M. 14,40 + T. Erster Band, zweite Abteilung. Die Lehre von den gasförmigen, flüssigen und festen Körpern (1918). X, 424 S. und 180 Abbildungen. Preis geh. M. 13,60; geb. M. 16,—. Zweiter Band, erste Abteilung. Die Lehre vom Schall (1919). IX, 154 S. und 93 Abbildungen. Preis geh. M. 7,—; geb. M. 9,60 + T. Herausgegeben von Gerhard Schmidt. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

Der Charakter der vorliegenden zweiten Auflage hat sich gegenüber dem der ersten nicht geändert. Nach den Vorworten zum ersten und zweiten Band der ersten deutschen Auflage ist dieses Buch als ein Lehrbuch für den Lernenden, ja, für den Anfänger bestimmt, nicht aber als ein Handbuch für den schon ausgebildeten Physiker. Ich möchte glauben, daß eine erfolgreiche Durcharbeitung des Buches doch vielfach eine Übung im physikalischen Denken voraussetzt, wie sie im allgemeinen von Anfängern nicht verlangt werden kann. Die zahlreichen Kapitel, die die Grundgesetze der Physik in sehr ausführlicher, durchaus elementarer Weise darlegen, sind für den Anfänger zweifellos sehr geeignet. Andererseits wird die weitgehende Berücksichtigung, welche die vielen Einzelheiten und Feinheiten der physikalischen Erscheinungen, Gesetze und Meßmethoden bei der Darstellung gefunden haben, dem Anfänger Studium und Überblick der Zusammenhänge erschweren.

Für fortgeschrittene Studierende hingegen, die mit den wichtigsten Grundlagen der Physik und dem physikalischen Denken schon etwas genauer vertraut sind, wird das vorliegende Buch für eine weitere Ausbildung von außerordentlichem Nutzen sein. An Hand desselben werden sie sich eine umfassende Kenntnis der betrachteten Gebiete erwerben können, und es wird ihnen das tiefere Eindringen in ein Spezialgebiet durch das vorzügliche sehr reichhaltige Literaturverzeichnis ermöglicht.

Die erste Abteilung des ersten Bandes zerfällt, abgesehen von dem einleitenden Abschnitt über das Wesen der physikalischen Gesetze, in zwei Teile. Der erste Teil behandelt rein theoretisch, aber in durchaus elementarer Weise die Grundlagen der Mechanik. Hierbei werden zunächst die grundlegenden Bewegungsgesetze sehr einfach und ausführlich dargelegt. Sodann wird eine elementar gehaltene Darstellung der Wellenkinematik und der Erscheinungen bei der Fortpflanzung von Wellen gegeben, und ferner werden die Schwerkraft sowie die einfachsten und wichtigsten Formeln der Potentialtheorie behandelt. Von weiteren wichtigen Prinzipien der Mechanik wird noch das Energieprinzip in einem besonderen Abschnitt behandelt. Manche andere wichtige Prinzipien, wie z. B. das Prinzip von *d'Alembert*, sind nicht erwähnt.

Im zweiten Teil der ersten Abteilung, der ausführlich die verschiedensten Meßmethoden und die meisten wichtigen Meßinstrumente der Mechanik beschreibt, wird vielfach auch auf die Feinheiten der Instrumente und auf die Korrektionen, die an den einzelnen Meßresultaten anzubringen sind, ausführlich eingegangen. Besonders hervorgehoben sei der Abschnitt, welcher die verschiedenen Methoden zur Bestimmung der mittleren Erddichte behandelt.

Die zweite Abteilung des ersten Bandes ist der Lehre von den gasförmigen, flüssigen und festen Körpern gewidmet. Hier bietet das Buch neben einer elementaren Behandlung der wichtigsten Grundgesetze einen umfassenden Einblick in die Einzelheiten der physikalischen Forschung auf diesen Gebieten. Als Beispiel hierfür kann auf die Kapitel über die Kompressibilität und über die innere Reibung der Flüssigkeiten hingewiesen werden. Als ein besonderer Vorzug dieser und auch der folgenden Abteilung (2. Band) soll hervorgehoben werden, daß die verschiedenen Wege, auf denen die einzelnen Forscher zur Ermittelung einer bestimmten physikalischen Größe gelangt sind, vielfach mit ihren Vor- und Nachteilen nebeneinander ausführlich behandelt sind. Eine solche Darstellungsweise ist für den Fortgeschrittenen sicher besonders lehreich.

Im zweiten Bande wird in der ersten Abteilung die Lehre vom Schall behandelt. Auch hier findet sich neben der ausführlichen Beschreibung der einfachsten Grundtatsachen eine ebenso genaue Darstellung fast aller wichtigen Einzelheiten und Feinheiten der Lehre von der Akustik. Besonders eingehend werden die Reflektion und Interferenz des Schalles, die Schwingungen von Saiten, Stäben und Membranen, ferner die Methoden zur Bestimmung von Schwingungszahlen sowie die verschiedenen Theorien der Kombinationstöne behandelt. Diese Abteilung schließt mit zwei Abschnitten über das menschliche Gehör und über die in der Musik gebräuchlichen Töne.

Die vorliegende zweite Auflage ist im wesentlichen eine Wiederholung der ersten. Nur in zweierlei Hinsicht sind erwähnenswerte Veränderungen vorgenommen worden. Zunächst hat der Herausgeber mit Erfolg den Text der dem Buche zugrundeliegenden Übersetzung einer stilistischen Umarbeitung unterzogen. Ferner sind einige Kapitel rein mathematischen und technischen Inhalts fortgelassen, um Platz für die Darstellung der neueren physikalischen Theorien zu schaffen. *H. Kallmann, Berlin-Westend.*

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Die räumliche Ausdehnung des Milchstraßensystems.

Über die Dimensionen des Milchstraßensystems herrscht noch eine erhebliche Unsicherheit. Während, um nur Extremwerte zu nennen, *H. v. Seeliger*[1]) als Durchmesser des Systems in der Ebene der Milchstraße den Betrag von 24 000 Lichtjahren hergeleitet hat, erhält *H. Shapley*[2]) für die große Achse seines Systems 200 000 Lichtjahre. Doch scheint dieser letztere Wert zu groß zu sein. *J. C. Kapteyn* und *P. J. van Rhijn*[3]) haben neuerdings für die kurzperiodischen Variablen vom Typus δ Cephei eine 7,6mal so große mittlere Parallaxe gefunden, als sie *Shapley* bei seinen Arbeiten angenommen hat. Demnach wären alle Entfernungen im System *Shapleys* durch 7,6 zu dividieren, während das System in sich unverändert bleibt. Die große Achse würde auf 26 000 Lichtjahre zusammenschrumpfen. Aber wie *Kapteyn* selbst betont, ist sein Ergebnis ebenfalls noch mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet.

Zu kleineren Entfernungen im Milchstraßensystem als den Shapleyschen gelangt man auch bei dem Versuch, die Distanzen der hellen Milchstraßenwolken aus den vorliegenden Beobachtungsdaten zu ermitteln. Die Sternabzählungen in Verbindung mit der Bestimmung der Gesamthelligkeit ergeben, daß z. B. die helle Wolke im Schwan vorwiegend aus Sternen der scheinbaren Größe 14 bis 16 aufgebaut ist. Da nach den Untersuchungen *Shapleys* diese Sterne wahrscheinlich vom Spektraltypus *A* und *F* sind, so wäre diese helle Wolke etwa 13 000 bis 20 000 Lichtjahre entfernt. Weitere Einzelheiten in bezug auf die Sternverteilung und Entfernung bei den hellen Milchstraßenwolken sind in einer in den „Astronomischen Nachrichten" erscheinenden Arbeit des Unterzeichneten gegeben.

Nur darauf sei hier hingewiesen, daß die für die helle Cygnuswolke gefundene Entfernung sich gut in die Anschauungen über den Aufbau des Sternsystems einfügt, die sich mehr und mehr herauszubilden scheinen, und durch welche mancherlei Widersprüche aufgehoben werden. Danach beziehen sich die statistischen Untersuchungen *v. Seeligers* und *Kapteyns* auf den näheren Bereich der Sonne, der ein in sich geschlossenes System (das lokale System) bildet. Die Sternabzählungen im Milchstraßensystem gehen zwar teilweise über dieses Gebiet hinaus, an anderen Stellen aber reichen sie infolge der vorgelagerten dunklen Nebelmassen[4]) nicht bis an dessen Grenze; die bei den statistischen Untersuchungen gebildeten Mittelwerte scheinen gerade etwa den Bereich des lokalen Systems erfaßt zu haben.

Neben das lokale System treten nun die Milchstraßenwolken als gleichgeordnete Systeme; wie jenes sind sie ihrem Aufbau nach den offenen Sternhaufen ähnlich. Die helle Cygnuswolke z. B. wäre ein unserem lokalen System unmittelbar benachbartes Teilsystem. Alle diese Systeme schließen sich zum gesamten Milchstraßensystem zusammen, dessen Gleichsetzung mit einem Spiralnebel zum mindesten als eine gute Arbeitshypothese anzusehen ist. Die einzelnen Teilsysteme entsprächen den Knoten des Spiralnebels. Welchen Platz unser lokales System innerhalb des ganzen Systems einnimmt, darüber fehlt noch jeder Anhaltspunkt.

Durch diese Auffassung ist auch eine Untersuchung von *F. H. Seares*, über welche früher berichtet worden ist[5]), einfach zu deuten. *Seares* hat die Gesamthelligkeit bestimmt, die das Kapteynsche Sternsystem zeigen müßte, wenn man es von großer Entfernung außerhalb betrachtet. Unter der Annahme, daß dieses System mit dem gesamten Milchstraßensystem identisch ist, könnte man letzteres nicht als typischen Spiralnebel auffassen. Fällt nun aber das Kapteynsche System lediglich mit dem lokalen zusammen, so ist der von *Seares* bestimmte starke Helligkeitsabfall nach außen wohl mit der Annahme vereinbar, daß das Milchstraßensystem im ganzen die Struktur eines Spiralnebels besitzt.

Heidelberg-Königstuhl, 21. März 1922.

A. Kopff.

[1]) Vgl. „Die Naturwissenschaften" 9. Jahrg., 1921, S. 1022.

[2]) Vgl. „Die Naturwissenschaften" 9. Jahrg., 1921, S. 769.

[3]) Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands Nr. 8.

[4]) Vgl. „Die Naturwissenschaften" 9. Jahrg., 1921, S. 935, und 10. Jahrg., 1922, S. 7.

[5]) Vgl. „Die Naturwissenschaften" 9. Jahrg., 1921, S. 88.

Physiologische Mitteilungen.

(Aus den Berichten über die gesamte Physiologie und experimentelle Pharmakologie.)

Über den Sitz des Geruchsinnes bei Insekten. (*von Frisch, Karl*, Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Physiol. der Tiere Bd. *38*, H. 4, S. 449—516, 1921.) Die Frage nach dem Sitz des Geruchsinnes bei den Insekten hat wiederholt zu heftigen Kontroversen geführt. Noch in jüngster Zeit hat eine neue Lehre *Mc Indoos*, wonach bei Bienen und anderen Insekten die Geruchsorgane an den Flügeln und Beinen lokalisiert sind, Glauben gefunden. Demgegenüber läßt sich der Nachweis führen, daß die *Fühler* der Bienen die Träger ihrer Geruchsorgane sind. Es wurden einzelne, gezeichnete Bienen auf einen Duft dressiert. Sie finden dann bei entsprechender Versuchsanordnung unter verschiedenen dargebotenen Düften den Dressurduft mit Sicherheit heraus. Schneidet man ihnen beide Fühler ab, so sind sie völlig außerstande, den Dressurduft von anderen Düften zu unterscheiden. Daß diese Unfähigkeit nicht etwa auf den Eingriff als solchen (Schockwirkung) zurückzuführen ist, läßt sich durch einen einfachen Kontrollversuch zeigen: Führt man genau dieselbe Operation an Bienen aus, die auf eine *Farbe* dressiert wurden, so unterscheiden sie nach der Operation die Dressurfarbe von anderen Farben genau so sicher wie zuvor. Das Resultat wird noch durch eine Reihe anderer Beobachtungen und Experimente gestützt und gesichert, und es läßt sich des weiteren sehr wahrscheinlich machen, daß die Geruchsorgane der Bienen *ausschließlich* an den Fühlern sitzen: Jede Fühlergeißel besteht aus 11 Gliedern, von denen aber nur die 8 distalen Glieder Sinnesorgane tragen, die als Organe des Geruchsinnes in Betracht kommen. Schneidet man nun einer duftdressierten Biene 15 Fühlerglieder ab (einerseits 8, anderseits 7), so daß sie nur *ein* mit Sinnesorganen besetztes Fühlerglied behält, so vermag sie Düfte noch zu unterscheiden. Nimmt man ihr noch dieses eine, mit Sinnesorganen versehene Fühlerglied, so ist sie zur Duftunterscheidung außerstande; sollten also an anderen Körperstellen als an den Fühlern Geruchsorgane sitzen, so müßten sie daselbst so spärlich sein, daß

ihre Bedeutung von den Geruchsorganen eines einzigen Fühlergliedes vollständig in den Schatten gestellt wird. — Es folgt eine histologische Untersuchung der Sinnesorgane des Bienenfühlers und der Nachweis, daß die vielumstrittenen „Porenplatten" des Bienenfühlers Geruchsorgane sind. *K. v. Frisch, Rostock.*

Anophelesplage und Kaninchenzucht. (*Jean Legendre*, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. *173*, Nr. 15, S. 600 bis 602, 1921.) Die Beobachtungen des Verf. schließen sich an frühere über dieses Thema an (Berichte über die ges. Physiologie *8*, 27). Erneut wird nachgewiesen, daß die Lebensgewohnheiten von Anoph. mac. in Südfrankreich in bezug auf Nahrung und Aufenthaltsorte die gleichen während des ganzen Jahres sind: Die Kaninchenställe werden fast ganz ausschließlich von den Vollinsekten als Wohnorte auserwählt. Obwohl die Kaninchenställe alle von Anopheles voll sind, dringen letztere kaum in die menschlichen Wohnungen ein. Normalerweise ernährt sich Anopheles in diesen Gegenden von Kaninchenblut; werden die Kaninchen entfernt, so verschwinden die Mücken, selbst dann, wenn Menschen und andere Tiere noch vorhanden sind. Umgekehrt bilden die Kaninchenställe direkt einen Anziehungspunkt für Anopheles. — Infolgedessen schlägt Verf. vor, zur Bekämpfung von Malaria Kaninchenzuchten einzurichten, als eine gewisse Defensivmaßnahme. Indem man den Mücken eine Ernährungsgelegenheit (eben Kaninchenblut) und Wohngelegenheit bietet, die sie entschieden vorziehen, lenkt man sie von den Menschen ab. Natürlich muß damit Hand in Hand eine Offensivmaßnahme gehen, die Bekämpfung der Brut. Inwieweit diese *biologische Bekämpfung der Malaria* durchführbar ist, muß natürlich von Fall zu Fall entschieden werden. Die geschilderten Verhältnisse gelten zunächst für Südfrankreich. *Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.*

Gewöhnung an Arzneimittel und Gifte. (*W. E. Dixon*, British med. journ. Nr. 3177, S. 819—822, 1921.) Vortrag über Gewöhnung an Tabak, Opium, Heroin, Cocain, Haschisch und Alkohol. Verf. hält die bei starken Zigarettenrauchern oft auftretenden Erscheinungen von Schwindelgefühl, Tremor, Nausea, Anämie und Gedächtnisschwäche für chronische Kohlenoxydvergiftung. Im Blute eines Mannes, der 20 Zigaretten täglich raucht, finden sich etwa 5 % CO. Die Verbreitung des Mißbrauchs von Genußmitteln hängt ab von der Sensibilität des Nervensystems der verschiedenen Völker. Einen Anhaltspunkt für diese Empfindlichkeit liefert die Zahl der Frauen, die bei normalen Geburten Betäubungsmittel verwenden (Vereinigte Staaten 70, Großbritannien 50, Spanien und Rußland 5 %). Eine Opiumpfeife enthält durchschnittlich 3 mg Morphin, 10 Pfeifen ½ Grain (0,03 g). Hiervon wird der größere Teil beim Rauchen zerstört. Es ist also beim Rauchen viel weniger Morphin vorhanden wie in den meisten Fällen von gewohnheitsmäßiger Morphiumeinspritzung. Nach ärztlicher Statistik kommen für New York etwa 8000 Fälle von Gewöhnung an Gifte im Laufe von 10 Monaten zur Beobachtung. Die Schwierigkeit, Alkohol zu bekommen, verführt dort das Volk zu Versuchen mit anderen „anregenden" Stoffen. Verf. vergleicht das Delirium tremens mit dem Verhalten eines Morphinisten im Morphiumhunger. Die Entziehungssymptome beruhen darauf, daß „Nervenzellen nach dauernder Narkose beim Wiedererwachen übererregbar sind". Beim Morphin entsprechen die Entziehungserscheinungen fast völlig der Reizung derjenigen Gewebe, die Morphin in medizinischen Dosen lähmt. Der Gebrauch von Heroin, das leichter als Morphin zu erhalten ist, ist seit 1912 in Amerika in ständiger Zunahme. Die Gewöhnung an Arzneimittel ist in den Vereinigten Staaten Gegenstand ernster Sorge. Schon vor dem Kriege wurde die Zahl der an Arzneimittel und Gifte gewöhnten Personen auf 175 000 geschätzt. Verf. wendet sich gegen die Einführung des Alkoholverbots in England. *Flury, Würzburg.*

Die Grenzen der Mendelschen Vererbung. (*Heinrich Prell*, Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungsl. Bd. *27*, H. 1, S. 65—75, 1921.) *Mendel* hat aus seinen Versuchsergebnissen mit Pisum eine Reihe von Leitsätzen abgeleitet, welche die Grundlage der nach ihm benannten Vererbungsweise bilden. Die scharfe Präzisierung seiner Resultate und ihre Fassung in kurzen Gesetzen oder Regeln hat er unterlassen. Erst die Wiederentdecker und Ausgestalter seines Werkes haben diese Lücke auszufüllen gesucht. Gewöhnlich werden jetzt folgende Sätze als wichtig für die Mendelsche Vererbung bezeichnet: 1. Die *Spaltungsregel*. Sie betrifft das Verhalten der Faktoren innerhalb der allelomorphen Anlagenpaare bei der Gametenbildung. Die korrespondierenden Anlagen, die sich bei der Entstehung des Bastardes vereinigt hatten, werden nämlich bei der Gametenbildung wieder getrennt, worauf die Keimzellen des Bastards zur Hälfte die Anlage für das Merkmal des einen Elters, zur Hälfte diejenige für das Merkmal des anderen Elters erhalten. 2. Die *Unabhängigkeitsregel* besagt, daß konstante Merkmale auf dem Wege der Bastardierung in alle Verbindungen treten können, welche nach den Regeln der Kombination möglich sind. 3. Die *Uniformitätsregel*. Die erste Bastardgeneration ist gleichartig. 4. Die *Dominanzregel*. *De Vries* drückt die Regel wie folgt aus: „Von den beiden antagonistischen Eigenschaften trägt der Bastard stets nur die eine, und zwar in voller Ausbildung. Er ist somit von einem der beiden Eltern „in diesem Punkt nicht zu unterscheiden". 5. Die *Äquiproportionalitätsregel* ist von ganz besonderer Wichtigkeit. Schon *Mendel* hat darauf hingewiesen, daß Erbsenbastarde Gameten bilden, „welche ihrer Beschaffenheit nach in gleicher Anzahl allen konstanten Formen entsprechen, welche aus der Kombinierung der durch Befruchtung vereinigten Merkmale hervorgehen". D. h. mit anderen Worten, daß Hybriden ihre verschiedenen Gameten stets in gleicher Anzahl ausbilden. — Autor untersucht nun die Bedeutung dieser Regeln für die Mendelsche Vererbung. Bei der Dominanz handelt es sich nur um den Charakter des Verhaltens einer beschränkten Gruppe von Spezialfällen. Scheinbar völlige Dominanz beruht häufig nur auf unserem mangelnden Unterscheidungsvermögen. Von einer Gesetzmäßigkeit bei der Erscheinung der Dominanz kann daher nicht die Rede sein. Außerdem beschäftigt sich die Dominanzregel nur mit der Qualität von Merkmalen, nicht mit der Verteilung von Anlagen. Die Uniformitätsregel, die gar nicht von *Mendel* aufgestellt wurde, ist nicht von allgemeiner Bedeutung. Sie gilt nur bei Kreuzungen homozygoter Individuen und versagt grundsätzlich bei Kreuzungen heterozygoter Individuen unter sich oder mit homozygoten. Ähnlich wie bei der Dominanzregel beschäftigt sich die Uniformitätsregel mit dem Verhalten von Merkmalen und nicht von Anlagen und ist daher im Grunde genommen gar keine Vererbungsregel. Die beiden letztgenannten Regeln müssen daher als „Mendelsche" ausgeschieden

werden, weil sie nicht das Wesen der Sache betreffen. Da also die drei übrigen von ausschlaggebender Bedeutung sind, wird die Definition der Mendelschen Vererbung heißen müssen: „Mendeln heißt, der Spaltungsregel, der Unabhängigkeitsregel und der Äquiproportionalitätsregel folgen", oder: „Der Mendelschen Vererbung folgen heißt, vererben unter Wahrung äquiproportionaler Gametenbildung". *Taube, Heidelberg.*

Beweise für das Vorhandensein gesunder Träger des Encephalitisvirus. (*C. Levaditi, P. Harvier* und *S. Nicolau*, Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. Bd. *85*, Nr. 23, S. 161—166, 1921.) In einer früheren Veröffentlichung haben die Autoren gezeigt, daß im normalen Speichel ein Virus vorkommt, das beim Kaninchen eine Keratoconjunctivitis erzeugt, die von tödlich verlaufender, akuter Encephalitis gefolgt ist. Es sollten nun untersucht werden: 1. die Beziehungen zwischen dem Speichelvirus und dem der epidemischen Encephalitis einerseits und dem des Herpes labialis andererseits; 2. der Zusammenhang zwischen der Virulenz des Speichels gesunder Personen und ihrer etwaigen Rolle als Virusträger der epidemischen Encephalitis.

Versuche: Zu den Infektionsversuchen wurde Speichel benutzt von einer völlig gesunden Person, die selbst nie an Encephalitis gelitten hatte, aber häufig mit Encephalitiskranken in Berührung gekommen war. Der Speichel wurde teils ohne Vorbehandlung, teils nach Zentrifugieren und Filtration durch Chamberlandkerze Nr. 1 bzw. Nr. 3 verwendet. Die Inokulationsversuche mit unfiltriertem sowie mit filtriertem Speichel an der Kaninchencornea fielen sämtlich (4 Tiere) positiv aus; ein Tier wurde schwer krank, wurde getötet und wies encephalitische Herde im Gehirn auf. Von diesem Tiermaterial ausgehend, wurden zweierlei Passagen ausgeführt: a) durch Cornealinfektion, b) durch Cerebralinfektion. Das Virus hat sich bisher in 12 cornealen und 11 cerebralen Passagen unverändert wirksam erwiesen; der Tod der Tiere trat nach 8 bzw. 4—5 Tagen ein; sämtliche Tiere wiesen Gehirnveränderungen auf, wie sie für Infektion mit dem Virus der echten Encephalitis typisch sind. — Das Cerebralpassagenvirus behält seine Keratoconjunctivitis erzeugende Fähigkeit ebenso wie das durch corneale Übertragungen weitergezüchtete Virus Encephalitiserscheinungen macht.

Das Speichelvirus ist filtrierbar. Das Gehirn eines an Speichelvirusinfektion verendeten Kaninchens wird aufgeschwemmt durch Chamberlandkerze Nr. 1 filtriert; sowohl die mit dem Filtrat ausgeführte cerebrale wie auch die corneale Infektion führt bei beiden Kaninchen zum Tode unter typischen Erscheinungen. Die Vorbehandlung mit Speichelvirus schützt gegen Nachinfektion mit echtem Encephalitisvirus. Durch die Gesamtzahl der geschilderten Versuche ist die völlige *Identität des von der gesunden Versuchsperson stammenden Speichelvirus mit dem echten Encephalitisvirus bewiesen.* *von Gutfeld, Berlin.*

Untersuchungen über die spontane Spirochätose des Kaninchens. (*C. Levaditi, A. Marie* und *Isaicu*, Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. Bd. *85*, S. 51—54, 1921.) Auch in Frankreich ist die Spirochätose des Kaninchens mit all den bisher noch nicht unterscheidbaren Ähnlichkeiten mit der Impfsyphilis beobachtet worden. *Levaditi, Marie* und *Isaïcu* fanden dieselbe leichte Übertragbarkeit durch experimentelle Impfung und durch Coitus wie die anderen Autoren, aber auch Übertragung von einem Kaninchen auf andere Berührung als die sexuelle. Übertragung auf den Menschen gelang nicht. Histologisch bestand Vakuolenbildung um die Kerne der Epithelzellen, sehr starke mitotische Kernteilung in der Basalschicht der Epidermis, sehr starke Infiltration von polynucleären Zellen nahe dem stark gewucherten Epithel, Hineinwandern von polynucleären Zellen zwischen die Retezellen und ihre Anhäufung zu kleinen Abscessen im Rete. Außer den polynucleären Zellen liegen in den Cutispapillen massenhaft Lymphocyten und Plasmazellen. Die Hauptveränderungen entzündlicher Natur finden sich um die Haarfollikel herum. Das ganze Gebiet der histologischen Veränderung in Epithel und in Cutis ist von dichten Spirochätenmassen erfüllt, die aus den Haarfollikeln herausdrängen. Wahrscheinlich dringen die Spirochäten auch in die Haarfollikel von außen hinein, und ist dies der Weg der Ansteckung.

Pinkus, Berlin:

Über die durch das doppeläugige Sehen bewirkte Vergrößerung und ihre Rolle bei der Tiefenwahrnehmung. (*L. Bard*, Arch. d'ophthalmol. Bd. *38*, Nr. 9, S. 513—523, 1921.) Wenn man irgendeinen Gegenstand einäugig betrachtet, so erscheint er kleiner, bei Rückkehr zu doppeläugiger Betrachtung größer; gleichzeitig ist er im ersten Fall scheinbar ferner als im zweiten. Die Vergrößerung betrifft alle drei Raumdimensionen. Die Beobachtung hängt von der Konvergenz der Augen ab, fällt aus bei parallelen Augenachsen, hat aber nichts mit der Akkommodation zu tun. Eine kinästhetische oder psychologische Erklärung dieser Vergrößerung durch das doppeläugige Sehen lehnt Verf. ab. Nach seiner Ansicht kommt es bei Konvergenz nicht zu einer genauen Abbildung auf Deckstellen der Netzhäute; es finde bei der Verschmelzung im Gehirn keine eigentliche Fusion, sondern eine Übereinanderlagerung der Teilbilder statt, mit Vorragen der äußeren Ränder; hierdurch komme eine Vergrößerung zustande ähnlich wie die Erweiterung des binokularen Gesichtsfeldes durch die monokularen temporalen Sicheln. Beweisend für diese Auffassung sei folgendes: Wenn man einen Gegenstand abwechselnd mit jedem Auge ansieht, so scheint er sich bei Fixation mit dem rechten Auge nach links, bei Fixation mit dem linken Auge nach rechts zu verschieben. Bei doppeläugiger Fixation käme es also zu einer leichten Abweichung der beiden Augenachsen, für jedes Einzelauge in entgegengesetztem Sinn, und damit zu einem Vorragen der seitlichen Bildränder, der angenommenen Ursache der Vergrößerung beim Binokularsehen. In ähnlicher Weise komme es auch nach der dritten Raumdimension, nach der Tiefe, zu einer Vergrößerung durch das Sehen mit beiden Augen. Voraussetzung zu dieser Erklärung ist die Annahme monokularen Tiefen- und Entfernungssehens, für das nach Verf. die Grundlage gegeben ist in der dreidimensionalen Ausdehnung des Bildes in der Empfangsschicht der Netzhaut, wozu deren Dicke von 50—60 μ ausreicht (!). Die Vergrößerung nach der Tiefe komme dann ebenso wie diejenige nach Breite und Höhe durch die Abweichung der beiden monokularen Bilder voneinander zustande. Verf. verteidigt seine Annahme gegenüber dem möglichen Vorwurf, daß sie nicht mathematisch-rechnerisch zu prüfen sei, „weil kein Instrument genau genug arbeite, um die feinen Unterschiede festzustellen, welche unsere Sinnesorgane empfinden können". *Best, Dresden.*

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Leitfaden der Mikroparasitologie und Serologie. Mit besonderer Berücksichtigung der in den bakteriologischen Kursen gelehrten Untersuchungsmethoden. Ein Hilfsbuch für Studierende, praktische und beamtete Ärzte. Von Prof. Dr. **E. Gotschlich**, Direktor des Hygienischen Instituts der Universität Giessen, und Prof. Dr. **W. Schürmann**, Privatdozent der Hygiene und Abteilungsvorstand am Hygienischen Institut der Universität Halle a. S. Mit 213 meist farbigen Abbildungen. (VIII, 361 S.) 1920. Preis M. 25.—*; gebunden M. 28.60*

Winke für die Entnahme und Einsendung von Material zur bakteriologischen, serologischen und histologischen Untersuchung. Ein Hilfsbuch für die Praxis. Von Prosektor Dr. **E. Emmerich**, Vorstand des path. Instituts der städt. Krankenanstalten in Kiel, und Marine-Oberstabsarzt Dr. **Hage**, bisher Leiter der bakt. Untersuchungsstelle in Cuxhaven. Mit 2 Textabbildungen. (VI, 45 S.) 1921. Preis M. 9.—*

Taschenbuch der speziellen bakterio-serologischen Diagnostik. Von Dr. **Georg Kühnemann**, Oberstabsarzt a. D., prakt. Arzt in Berlin-Zehlendorf. (VIII, 132 S.) 1912. Gebunden Preis M. 2.80*

Studien über die Fortpflanzung von Bakterien, Spirillen und Spirochäten. Von Dr. med. **E. Meirowsky**, Köln a. Rh. Mit 1 Textfigur und 19 Tafeln. (VII, 95 S.) 1914. Preis M. 12.—*

Die pathogenen Protozoen und die durch sie verursachten Krankheiten. Zugleich eine Einführung in die allgemeine Protozoenkunde. Ein Lehrbuch für Mediziner und Zoologen. Von Prof. Dr. **Max Hartmann**, Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie, Berlin-Dahlem, und Prof. Dr. **Claus Schilling**, Mitglied des Instituts für Infektionskrankheiten „Robert Koch", Berlin. Mit 337 Textabbildungen. (X, 462 S.) 1917. Preis M. 22.—*; gebunden M. 24.—*

* Hierzu Teuerungszuschlag

ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK

HERAUSGEGEBEN VON DER

DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

ALS ERGÄNZUNG ZU IHREN „VERHANDLUNGEN"
UNTER DER REDAKTION VON **KARL SCHEEL**

Der Preis des Bandes beträgt M. 136.—
(Für Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft M. 96.—)

Neunter Band

Inhalt. Heft 1/2
Mit 13 Textfiguren
(Ausgegeben am 15. März 1922)

Niels Bohr, Der Bau der Atome und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente. Mit zwei Abbildungen (Eingegangen am 3. Januar 1922.)

Manne Siegbahn, Erhöhung der Meßgenauigkeit innerhalb der Röntgenspektren. I. Mit sieben Abbildungen. (Eingegangen am 8. Januar 1922.)

Richard Gans, Zur Optik des Wasserstoffs nach dem Bohr-Debyeschen Modell. (Eingegangen am 17. Januar 1922.)

Paul S. Epstein, Die Störungsrechnung im Dienste der Quantentheorie. III. Kritische Bemerkungen zur Dispersionstheorie. (Eingegangen am 18. Dezember 1921.)

Hans Reichenbach, Relativitätstheorie und absolute Transportzeit. (Eingegangen am 23. Januar 1922.)

R. Becker, Bemerkung zum Abstoßungsgesetz und Durchmesser der Stickstoffmoleküle. (Eingegangen am 28. Januar 1922.)

M. Polanyi und K. Weissenberg, Das Röntgen-Faserdiagramm. Zweite Mitteilung. Mit vier Abbildungen. (Eingegangen am 23. Dezember 1921.)

Inhalt. Heft 3
Mit 34 Textfiguren
(Ausgegeben am 31. März 1922)

Lise Meitner, Über die Entstehung der β-Strahl-Spektren radioaktiver Substanzen. Mit zwei Abbildungen. (Eingegangen am 8. Februar 1922.)

Lise Meitner, Über den Zusammenhang zwischen β- und γ-Strahlen. Mit einer Abbildung. (Eingegangen am 8. Februar 1922.)

Héctor Isnardi, Die Dielektrizitätskonstante von Flüssigkeiten in ihrer Temperaturabhängigkeit. Mit 26 Abbild. (Eingegangen am 26. Januar 1922.)

E. Schiebold, Bemerkungen zur Arbeit: Das Röntgenfaserdiagramm von M. Polanyi. Mit zwei Abbild. (Eingegangen am 30. Januar 1922.)

Walther Gerlach, Die Gitterstruktur der Erdalkalioxyde. Nach gemeinsamen mit Herrn O. Pauli ausgeführten Versuchen. (Eingegangen am 31. Januar 1922.)

M. Volmer, Über gerichtetes Kristallwachstum. (Eingegangen am 2. Februar 1922.)

A. Günther-Schulze, Die elektrolytische Ventilwirkung. III. Der Zusammenhang zwischen Maximalspannung Ionenkonzentration des Elektrolyten bei Aluminium. Mit einer Abbildung. (Eingegangen am 3. Februar 1922.)

W. Jaeger und H. v. Steinwehr, Widerstandsänderung des Quecksilbers bei kleinen Drucken. Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. (Eingegangen am 10. Februar 1922.)

C. Leiss, Über neuere Monochromatoren. Mit zwei Abbildungen. (Eingegangen am 9. März 1922.)

Inhalt. Heft 4
Mit 18 Textfiguren
(Ausgegeben am 20. April 1922)

P. Ehrenfest und G. Breit, Ein bemerkenswerter Fall von Quantisierung. Mit einer Abbildung. (Eingegangen am 8. März 1922.)

Erich Schmid, Bemerkungen zur Theorie der Fall- und Steigversuche, als einem Beispiel unsymmetrischer Fehlerverteilung. (Eingegangen am 5. März 1922.)

A. Günther-Schulze, Die elektrolytische Ventilwirkung. IV. Die zersetzende Wirkung der Funken der Maximalspannung. (Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.) Mit acht Abbildungen. (Eingegangen am 11. Februar 1922.)

A. Günther-Schulze, Protonenstrahlen. Mit einer Abbildung. (Eingegangen am 11. Februar 1922.)

W. Jaeger, Schwingungsvorgänge in verallgemeinerter Form. Mit acht Abbildungen. (Eingegangen am 1. März 1922.)

Die Zeitschrift erscheint im gemeinsamen Verlag der Firmen **Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig** und **Julius Springer in Berlin.** Sie wird geliefert von der Verlagsbuchhandlung **Julius Springer in Berlin W 9.**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Verantwortlich für den Anzeigenteil Ch. Lemke, Berlin W. — Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19 Beuthstraße 8