

Ueber die lebende Substanz¹.

Von **Valentin Haecker**, Technische Hochschule, Stuttgart.

Mit 8 Figuren im Text.

Zu dem notwendigen theoretischen Rüstzeug der wissenschaftlichen Forschung gehören neben den Hypothesen vorläufige, zusammenfassende Begriffe, die man als **Arbeitsbegriffe** bezeichnen kann. Während in der Hypothese Erscheinungen verschiedener Art miteinander verbunden und in einen kausalen oder finalen Zusammenhang gebracht werden, pflegen wir durch einen Arbeitsbegriff Dinge miteinander zu vereinigen, die uns bei der ersten Betrachtung als gleichartig erscheinen. Eine Hypothese ist z. B. die Annahme eines genealogischen Zusammenhangs zwischen dem heutigen Menschengeschlecht und den anthropomorphen Affen oder, um ein unserem Gegenstand näherliegendes Beispiel anzuführen, die Annahme, daß die Kernschleifen oder Chromosomen die eigentlichen Träger der Vererbungserscheinungen seien, ein Arbeitsbegriff dagegen ist der Begriff der Vererbungseinheit, d. h. der selbständig übertragbaren Eigenschaft.

Wie die Hypothese, so hat auch der Arbeitsbegriff einen heuristischen, gewissermaßen tastenden und probierenden, und im Zusammenhang damit einen wandelbaren Charakter, und zwar hat die Wandelbarkeit der Arbeitsbegriffe zum Teil darin ihren Grund, daß sich nachträglich eine teilweise Verschiedenheit der zusammengefaßten Objekte herausstellt und daß so Begriffsscheidungen und Spaltungen notwendig werden, zum Teil beruht sie aber darauf, daß unsere Kenntnis der Objekte eine immer genauere wird und daher auch die Definition des Begriffes sich in fortwährendem Flusse befindet. So zeigen denn gerade die am meisten gebräuch-

¹ Vortrag, gehalten am 25. Februar 1908 beim Geburtsfest des Königs an der Tierärztlichen Hochschule in Stuttgart.

lichen und daher wertvollsten Begriffe auch die größten Umwandlungen nach Inhalt und Fassung, und ihre Weiterentwicklung ist deswegen besonders lehrreich, weil sich in ihr naturgemäß der historische Gang der Forschung widerspiegelt.

Zu den wichtigsten und fruchtbarsten Arbeitsbegriffen der biologischen Forschung gehört derjenige des Protoplasma oder der lebenden Substanz.

Die erste Grundlegung dieses Begriffes ist von botanischer Seite erfolgt. Schon SCHLEIDEN hatte 1838 im Innern der Zellmembranen eine Substanz gesehen, die er für Gummi hielt. NÄGELI und der Tübinger Botaniker HUGO VON MOHL haben diese Substanz genauer studiert und MOHL hat für sie den Namen Protoplasma, zu deutsch Urbildungsstoff, geschaffen. Bald stellte sich die merkwürdige Tatsache heraus, daß bei der Bildung der Schwärmsporen der Pilze und Algen diese Substanz aus der Zellhaut herauszuschlüpfen und selbständige Form- und Ortsveränderungen vorzunehmen vermag, und nun war auch die Brücke zum Tierreich geschlagen, indem zuerst durch FERDINAND COHN (1850) das kontraktile, d. h. formveränderliche Protoplasma der Pflanzenzelle mit der kontraktilen Substanz der Amöben und anderer niedriger Tiere, der sogenannten Sarkode, verglichen wurde. Durch REMAK, VIRCHOW, LEYDIG u. a. wurde sodann in den 50er Jahren die Vorstellung befestigt, daß in den tierischen und pflanzlichen Zellen nicht die Membran, sondern der kernhaltige Protoplasmakörper das wesentliche Formelement und Elementarorgan darstellt, und MAX SCHULTZE konnte 1861 eine erste Definition des Protoplasmabegriffes geben. Das Protoplasma ist danach eine kontraktile, einem dickflüssigen Schleim vergleichbare, mit Wasser nicht mischbare Materie. Eine Membran kommt wenigstens dem Prototyp der tierischen Zellen, den Embryonalzellen, überhaupt nicht zu, vielmehr ist die am meisten charakteristische Lebens-eigentümlichkeit der Zellen, nämlich ihre Fortpflanzungsfähigkeit, an das Protoplasma und den von ihm eingeschlossenen Kern gebunden.

Damit war der Protoplasmabegriff zu einem der Grundbegriffe der Morphologie und Biologie geworden und es wurde nun in den folgenden Jahrzehnten auf den verschiedensten Wegen versucht, dem Bau und dem Wesen der lebenden Materie beizukommen.

Einen vorläufigen Abschluß, der durch die Leistungsfähigkeit unserer Mikroskope bedingt ist, haben in den letzten Jahren die Untersuchungen des lebensfrischen, im natürlichen Medium beobachteten Objektes gefunden. Wir verdanken hauptsächlich den

Forschungen des Heidelberger Zoologen BÜTSCHLI die Erkenntnis, daß in allen wenig differenzierten Zellen, also bei Amöben, bei jungen Eizellen und weißen Blutkörperchen, das Protoplasma eine feine wabige oder, wie man sagt, alveoläre Struktur besitzt. Danach besteht das Protoplasma zunächst aus zwei Substanzen, einer flüssigeren, alveolären Substanz, welche in Form winziger Tröpfchen oder Alveolen in die festere, interalveoläre Substanz eingelagert ist. Das Protoplasma hat also die Struktur eines außerordentlich feinen Schaumes, wie man ihn künstlich herstellen kann, wenn man z. B. verdicktes Olivenöl mit gewissen Salz- oder Zuckerlösungen mischt. Zweifellos stellt in diesem Schaum- oder Wabenwerk die festere, interalveoläre Substanz den eigentlichen Träger der Lebenserscheinungen dar, während die in ihrer Größe sehr variablen Alveolen als tote oder wenigstens als minder wichtige Strukturteile zu betrachten sind. Vielleicht hat MARTIN HEIDENHAIN, der Tübinger Histologe, recht, wenn er die Alveolensubstanz als „Strukturwasser“ ansieht, welches dem „Kristallwasser“ der anorganischen Körper vergleichbar ist und welches, je nach dem Aggregatzustand des Protoplasma, bald von dessen kleinsten Teilchen aufgenommen und gebunden, bald wieder entbunden und in Form von winzigen Tröpfchen abgelagert werden kann¹.

Das Protoplasma ist nun aber, selbst in den am einfachsten gebauten Zellen, kaum jemals in allen seinen Teilen gleichartig, vielmehr sind in das interalveoläre Netzwerk oder auch in die Alveolen² körnchen- oder tröpfchenförmige Einschlüsse verschiedener Art eingelagert. Welches die Natur dieser Einschlüsse ist, ob es sich um abgegliederte, besonders gebaute und mit besonderen Funktionen begabte Teile der lebenden Substanz selber, also um autonome Plasmastrukturen oder Organellen handelt, oder ob diese Einschlüsse nur tote Produkte der Lebenstätigkeit des Protoplasma, also Zwischen- oder Endprodukte des Stoffwechsels, sind, das ist im einzelnen Fall nicht leicht zu entscheiden und kann im allgemeinen nicht am lebenden Objekt, sondern nur am konservierten und gefärbten Material untersucht werden.

Als autonome Gebilde, denen insbesondere auch die Fähigkeit der Fortpflanzung zukommt (Automerizyten W. Roux³), betrachtet

¹ M. Heidenhain, Plasmaⁿ und Zelle. Erste Abteilung. Erste Lieferung. Jena 1907. S. 501.

² Z. B. bei vielen Radiolarien die „Konkretionen“.

³ Vergl. W. Roux, Erg. d. An. u. Entwickl., Bd. 2, 1892, S. 436.

man heutzutage vor allem die Chlorophyllkörner der grünen Pflanzenzelle und ebenso die Centrosomen, d. h. die Teilungsorganellen der tierischen Embryonalzellen. Manche Forscher, z. B. M. HEIDENHAIN¹, sind auch geneigt, in Anlehnung an ALTMANN die kleinsten körnchenförmigen Granula der serösen oder Eiweißdrüsen als „circumdifferenzierte“, abgegliederte Plasmaportionen zu betrachten, welchen die Fähigkeit der Assimilation und des Wachstums, dagegen nicht oder nicht mehr die der Fortpflanzung zukommt (Isoplassonten bei W. ROUX).

Wie man sich ungefähr das selbsttätige Leben eines solchen abgegliederten Plasmabezirkes zu denken hat, das zeigt der Vorgang der Skelettbildung bei den Tiefsee-Radiolarien (Triplyleen)², bei einer Gruppe von einzelligen Organismen, welche eine ganze Reihe von Strukturverhältnissen im groben aufweist, die man bei andern Zellen nur en miniature findet. Die Kieselskelette dieser Formen dienen als Stützorgane für die Weichkörperteile und insbesondere für das den Körper einhüllende Oberflächenhäutchen. Sie haben daher den Anforderungen der Zug-, Druck- und Biegefestigkeit und gleichzeitig dem Prinzip der Material- und Gewichtersparnis zu genügen und zeigen demnach durchweg Anordnungsverhältnisse, welche den Regeln der Ingenieurmechanik aufs genaueste entsprechen, so wie etwa die einzelnen Gewebe in den Stengeln und Stämmen der höheren Pflanzen. Man findet T-Träger, Fachwerke verschiedener Art, Gewölbekonstruktionen usw. Die Entstehung dieser Skelette, insbesondere der reich verzweigten Radialstacheln der Aulacanthiden und Aulosphäriden, erfolgt nun nicht, wie man früher angenommen hatte, auf Grund einfacher Sekretions- und Erhärtungsvorgänge, analog der Abscheidung von Kristallen aus der Mutterlauge (DREYER), sondern sie sind ein Produkt sehr mannigfacher und komplizierter Lebensprozesse. Zuerst werden in bestimmter Anordnung sehr dünne Kieselnadeln abgeschieden, die ich als Primitivnadeln bezeichnen möchte (Fig. 1, *pr*). Sodann bildet sich um diese ein Tropfen dünnflüssiger Gallerte, eine Gallertvakuole, welche von einer differenzierten Schicht des lebenden Protoplasma, der Vakuolenhaut (Fig. 2, *vh*), umgeben wird. Diese häutige Stachelanlage vermag nun selbständig zu wachsen und Sprossen zu bilden (Fig. 2), ein Vorgang, den man als intrazelluläre Sprossung bezeichnen kann. Dann

¹ Vergl. M. Heidenhain, l. c. p. 385, 476, 495.

² Vergl. V. Häcker, Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 83, 1905, S. 366. und Verh. deutsch. zool. Ges., 1906, S. 38 ff.

erfolgt erst die Verkieselung der Vakuolenhaut, die primäre Verkieselung (Fig. 3), und schließlich kann auch die dünnflüssige Gallerte des Binnenraums, wenigstens zum Teil, einer sekundären Verkieselung unterliegen. Hier haben wir also Gebilde vor uns, welche von dem übrigen Protoplasma anscheinend vollkommen abgegliedert sind und trotzdem eine ganze Reihe von Lebenserscheinungen, insbesondere die Fähigkeit der Sprossung, d. h. einer Art unvollständiger Fortpflanzung, aufweisen.

Weitaus die wichtigste Differenzierung im Protoplasma aller zellulär aufgebauten Organismen ist der Kern und die wichtigste Unterscheidung, die man bisher auf dem Gebiete der Protoplasmalehre gemacht hat, ist die zwischen Cytoplasma (Zellplasma) und Karyoplasma (Kernplasma). Alle neueren Untersuchungen scheinen nun zu der Vorstellung hinzudrängen, daß die eigentliche lebende Substanz speziell im „ruhenden“, d. h. nicht in Teilung begriffenen Kern, nicht, wie man meistens annahm, die stark färbbaren Chromatinkörnchen sind, sondern das im Leben meist homogen, im gut konservierten Material feinwabig erscheinende Grundplasma, also das, was man früher zum großen Teil als Kernsaft bezeichnet hat¹. Durch lokale Verdichtungen dieser Substanz entstehen die bei der Kernteilung auftretenden Chromosomen oder Kernschleifen.

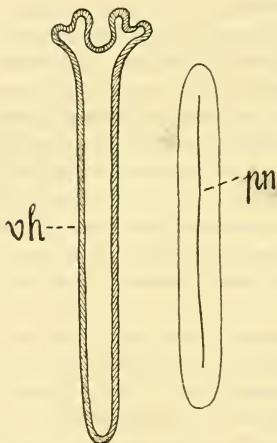


Fig. 2. Fig. 1.

Fig. 1. Gallertvakuole mit Primitivnadel (*pm*), als erste Anlage eines Radialstachels.

Fig. 2. In Sprossung begriffene häutige Stachelanlage.
vh Vakuolenhaut.

Was bedeutet nun diese Verschiedenheit von Zell- und Kernplasma, diese offenbar fundamentale Differenzierung, die sogar bei den niedersten uns bekannten Organismen, bei den Bakterien und Blaualgen (Cyanophyceen), in Spuren angebahnt zu sein scheint, und welche Bedeutung hat insbesondere der Kern der Fortpflanzungs-

¹ „Achromatinhypothese.“ Vergl. mein Referat in: *Ergebn. und Fortschr. d. Zool.*, Bd. 1, Heft 1. Jena 1907. S. 24.

zellen? Ich will hier nicht alle Tatsachen wiederholen, welche darauf hinweisen, daß der Kern ein Zentrum für alle stoffbildenden und formgestaltenden Prozesse der Zelle ist¹. Sie werden heute in allen Lehrbüchern und Vorlesungen aufgezählt. Nur so viel möchte ich hervorheben, daß auch heute noch die Mehrzahl der Forscher der Ansicht zuneigt, daß der Kern der Fortpflanzungszellen bei der Vererbung eine wesentliche Rolle spielt und daß vorzugsweise in ihm das materielle Substrat der Vererbungserscheinungen, die Vererbungssubstanz, eingeschlossen ist².

So viel wollte ich in kurzem über diejenigen Strukturen sagen, welche wir als lebende, räumlich abgegrenzte und in funktioneller



Fig. 3. Verzweigung eines Radialstachels einer Aulacanthide (*Auloceros arborescens*) nach erfolgter primärer Verkieselung.

Hinsicht relativ selbständige Portionen des Protoplasma anzusprechen haben und welche noch der mikroskopischen Untersuchung zugänglich sind.

Aber ebenso, wie man von einer hohen Warte aus mit dem Fernglas nur in bestimmte Weiten reicht und wie mit größerer Entfernung Berge und Bäume, Gebäude und Menschen immer weniger scharf aus der Umgebung hervortreten, so gibt es auch für die mikroskopische Untersuchung einen bestimmten Horizont, ein Grenz-

¹ Vergl. auch M. Heidenhain, l. c. S. 391. J. Loeb (Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen, Leipzig 1906, S. 36) hält den Kern im speziellen für ein Oxydationsorgan.

² Vergl. unter den neuesten Publikationen vor allem Th. Boveri, Zellenstudien, Heft 6. Jena 1907. Eine Zusammenstellung der verschiedenen Ansichten findet sich auch in meinem oben zitierten Referat (Ergebn. und Fortschr.), S. 3.

gebiet, welches von den letzten sichtbaren Strukturen zu den ultramikroskopischen Metastrukturen hinüberführt. Immer kleinere Tröpfchen der alveolären Substanz treten bei Anwendung der stärksten Vergrößerungssysteme hervor, aber immer undeutlicher werden sie und es steht kein Grund der Annahme im Wege, daß hinter den letzten sichtbaren noch lange Stufenfolgen von ultramikroskopischen Tröpfchen stehen. Ebenso leitet auch die Betrachtung der Granula und die Untersuchung der feinsten Muskel- und Nervenfibrillen ganz von selber hinüber in das Gebiet der Metastruktur¹.

Aber auch von einem ganz andern Gesichtspunkt aus werden wir zu der Konzeption einer Metastruktur geführt. Wie die Chemie versucht, die Eigenschaften und Umsetzungen der Stoffe durch die Annahme bestimmter Atomverkettungen zu erklären und ebenso wie sie diese Atomverkettungen mit Hilfe der Begriffe der Valenz, der Affinität und der Isomerie verständlich zu machen sucht, so muß auch der Biologe, wenn er eine Erklärung für die allgemeinen Lebenserscheinungen der Assimilation und des Wachstums, der Fortpflanzung und Vererbung, der Reizbarkeit und Formveränderlichkeit zu geben versucht, auf unsichtbare Strukturverhältnisse zurückgreifen.

Schon vor beinahe 50 Jahren (1861) hat der Wiener Physiologe ERNST BRÜCKE die Ansicht aufgestellt, daß die lebende Substanz nicht bloß ein Gemenge von chemischen Molekülen sein könne, sondern sie müsse eine Organisation, d. h. eine bestimmtgefügte Architektonik besitzen. BRÜCKE stellt es auch schon als möglich hin, daß die Zellen, aus denen sich die höheren Tiere und Pflanzen aufbauen, sich ihrerseits wieder aus noch kleineren Lebenseinheiten zusammensetzen, welche zu ihnen in einem ähnlichen Verhältnis stehen, wie die Zellen zum Gesamtorganismus, eine Auffassung, welcher schon HENLE (1841) sehr nahe gekommen war². Zu ganz ähnlichen Anschauungen sind späterhin die Vererbungstheoretiker, insbesondere NÄGELI und WEISMANN, bezüglich der Zusammensetzung der schon vorhin erwähnten Vererbungssubstanz gelangt. Danach sind in der Vererbungssubstanz die chemischen Bestandteile durch eine ganz bestimmte, für jede Tier- und Pflanzenspezies charakteristische Architektonik oder Struktur verbunden. Durch die Architektonik der in der Geschlechtszelle enthaltenen Vererbungssubstanz

¹ Vergl. auch M. Heidenhain, l. c. p. 147.

² Vergl. hierzu J. Henle, Allgemeine Anatomie, Leipzig 1841, sowie E. B. Wilson, The cell in development and inheritance. Second edition. N. Y. 1900, p. 289.

wird der Verlauf und die Entwicklungsrichtung des jungen Organismus bestimmt, welcher aus der Geschlechtszelle hervorgeht. Gleichgebauete Vererbungssubstanzen werden zur Entfaltung gleicher äußerer Merkmale führen und kleine Abweichungen im Gefüge der Vererbungssubstanz werden auch Abänderungen im Aufbau des neuen Organismus, sei es individueller, sei es spezifischer Art, im Gefolge haben¹.

Eine weitere Konsequenz dieser Vorstellungen schien die Auffassung zu sein, daß jede einzelne äußere Eigenschaft, die am jungen Organismus zur Entfaltung kommt, durch ganz bestimmte Strukturteile oder Strukturverhältnisse der Vererbungssubstanz bestimmt sein müsse, und ganz besonders gilt dies für alle diejenigen Merkmale, welche selbständig variabel sind und unabhängig von andern Merkmalen auf die Nachkommen übertragen werden können, also selbständig vererbbar sind (WEISMANN).

Solche selbständig vererbare Merkmale oder Vererbungseinheiten² sind neuerdings auf dem Gebiete der experimentellen Bastardierungslehre in großer Zahl festgestellt worden. Sie sehen hier nach einem Werke von CORRENS³ zwei Maissorten dargestellt, von denen die eine gelbe und glatte, die andere blaue und runzelige Körner besitzt. Der Unterschied glatt-runzelig beruht darauf, daß die erste Sorte stärkehaltig, die zweite zuckerhaltig ist. Die Körner der ersten Rasse behalten daher beim Trocknen ihre Form, die der zweiten Rasse schrumpfen dagegen etwas zusammen. Wenn man nun diese beiden Sorten miteinander kreuzt, so findet man speziell in der zweiten Nachkommengeneration die beiden Merkmalspaare in allen möglichen Kombinationen miteinander verbunden: es treten gelbe-glatte, gelbe-runzelige, blaue-glatte und blaue-runzelige Körner und zwar in dem bestimmten (MENDEL'schen) Verhältnis 9:3:3:1 auf. Zuweilen tritt an einem Kolben schon innerhalb einer einzelnen Längsreihe dieses Verhältnis zutage.

¹ Wir können auch sagen, die äußeren Charaktere eines Organismus (o) seien eine Funktion der Architektonik der Vererbungssubstanz oder des Idioplasma (i). Es würden also die Gleichungen gelten: $o = f(i)$ und $o + do = f(i + di)$.

² Unit characters der amerikanischen, caractères-unités der französischen Autoren. Vergl. die Arbeiten von Davenport, Cuénot u. a.

³ Abbildungen finden sich bei C. Correns, Bastarde zwischen Maisrassen, *Bibl. bot.*, Heft 53, 1901; in desselben: *Vererbungsgesetze*, Berlin (Bornträger) 1905, sowie in meinen „Wandtafeln zur allgemeinen Biologie“ (E. Nägele, Leipzig), Serie C, No. 3.

Genau das nämliche haben die Untersuchungen der amerikanischen Forscher MAC CURDY und CASTLE¹ bezüglich der Färbung der Ratten ergeben. Die beiden Stammformen unterscheiden sich in dem hier abgebildeten Falle durch die beiden Merkmalspaare grauschwarz, einfarbig-gescheckt. In der zweiten Bastardgeneration treten diese vier Merkmale ebenfalls wieder in allen vier möglichen Kombinationen und zwar im Verhältnis 9:3:3:1 hervor. Bei den von CASTLE² untersuchten Meerschweinchen liegen sogar drei Merkmalspaare vor: schwarz-weiß, kurze Haare-lange Haare, glatte-rosettenförmig angeordnete Haare. Auch hier können diese Merkmale in sehr verschiedener Weise durch geeignete Kreuzung miteinander vereinigt werden.

Nach der Vererbungstheorie, mit der wir uns vorhin beschäftigt haben, müßten alle diese selbständig übertragbaren Merkmale in der Vererbungssubstanz des Maises, beziehungsweise der Ratte und des Meerschweinchens durch besondere Anlagenteilchen oder Strukturverhältnisse vertreten sein.

Speziell WEISMANN hat nun, wie ich ganz kurz erwähnen will, ähnlich wie O. HERTWIG, STRASBURGER u. a., die hypothetische Vererbungssubstanz oder das Keimplasma in den Kern verlegt und die Kernschleifen oder Chromosomen, die sich bei jedem Zellteilungsprozeß aus dem Karyoplasma herausarbeiten, als die eigentlichen Träger des Anlagenmaterials angesehen. Jedes Chromosom enthält nicht bloß einfach, sondern mehrfach das gesamte Anlagenmaterial der Spezies und zwar in Form von räumlich gesonderten, linear angeordneten Substanzportionen, welche als Ahnenplasmen oder Ide bezeichnet werden. Diese setzen sich aus den Bestimmungsstücken oder Determinanten zusammen, d. h. aus denjenigen Strukturteilen, welche den einzelnen selbständig variablen und selbständig übertragbaren Arteigenschaften entsprechen. Die Determinanten bestehen ihrerseits wieder aus den Biophoren, nämlich aus den kleinsten, noch mit Lebensfunktionen begabten Stoffteilchen, und diese wieder aus den Eiweißmolekülen. Ide, Determinanten und Biophoren sind darin von den Molekülen verschieden, daß sie assimilations- und fortpflanzungsfähig sind.

¹ Selection and cross-breeding in relation to the inheritance of coat-pigments and coat-patterns in rats and guinea-pigs. Contrib. Mus. Comp. Zool. Harv. Coll. 1907 (Carneg. Inst. Publ., No. 70; Pap. Stat. Exper. Evol., No. 8).

² Heredity of coat characters in guinea-pigs and rabbits. Carneg. Inst. Publ. No. 23; Pap. Stat. Exper. Evol. No. 2, 1905.

Nach der Auffassung, zu welcher WEISMANN in konsequenter Durchführung seiner Vererbungstheorie gelangt ist, würden also innerhalb der Vererbungssubstanz ganze Stufenfolgen hypothetischer Metastrukturteilchen anzunehmen sein, und zwar besteht ein wesentlicher Punkt seiner Lehre darin, daß er, ähnlich wie HENLE, H. SPENCER, WIESNER u. a., die letzten Lebensteilchen nicht für identisch mit den chemischen Molekülen hält. Sie haben nach den genannten Biologen Eigenschaften, welche den Molekülen nicht zukommen: sie leben, assimilieren, wachsen und pflanzen sich fort, während dies bei den Molekülen nicht der Fall ist¹.

Indessen besteht hier bei näherer Betrachtung kein so großer Gegensatz. Es ist in letzter Zeit wiederholt darauf aufmerksam gemacht worden, daß es chemische Verbindungen gibt, deren Moleküle, ausgehend von einem Zustand a, unter Aufnahme von fremden Stoffen in einen Zustand b übergehen, um sich sodann wieder in zwei Moleküle vom Zustand a zu spalten. Wir hätten hier also chemische Analoga zu den Prozessen der Assimilation, des Wachstums und der Teilung vor uns. Solche Verbindungen sind das Methyläthylketon ($\text{CH}_3\text{—CO—C}_2\text{H}_5$) und unter den Benzolverbindungen das Phenetid in ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$)².

So ist denn auch neuerdings eine ganze Anzahl von Forschern zu der Ansicht gelangt, daß die letzten Lebensteilchen ihrer stofflichen Zusammensetzung nach den Wert von außerordentlich kompliziert gebauten Molekülen haben. Die Grundlage für jedes lebende Wesen würde danach eine bestimmte chemische Verbindung sein, und zwar sind die Anlagen der einzelnen äußeren Merkmale, die bei der Entwicklung eines Organismus aus dem befruchteten Ei zur Entfaltung kommen, nicht etwa in bestimmten Atomgruppen, Radikalen oder Seitenketten dieser Verbindung lokalisiert, sondern die Gesamtheit dieser äußeren Eigenschaften, das Artbild oder der Individualhabitus, ist die Resultante aus den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Verbindung als ganzer³.

¹ Vergl. A. Weismann, Vorträge über Deszendenztheorie, 2. Aufl., Jena 1904, 1. Bd., S. 301.

² Vergl. E. Giglio-Tos, Les Problèmes de la Vie. 1^{re} Partie: La substance vivante et la Cytodierèse, Turin 1900, und mein Referat in den Fortschr. u. Ergebn. d. Zool., S. 36. Die Stelle bei Giglio-Tos war mir bei Abfassung dieses Referates nicht gegenwärtig. Prof. Giglio-Tos hatte die Freundlichkeit, mich auf den betreffenden Passus in seiner Schrift aufmerksam zu machen.

³ Vergl. C. Herbst, Vererbungsstudien I—III. Arch. f. Entw. Mech., 21. Bd., 1906. Auch ein anderer Experimentator auf dem Gebiet der Vererbungs-

Mag man nun der einen oder der andern Auffassung zuneigen, mag man also die kleinsten Lebensteilchen als Gruppen von Molekülen betrachten, oder mag man von Protoplasmamolekülen (DAVENPORT) oder Biomolekülen (GIGLIO-TOS) sprechen, jedenfalls gelangt man immer wieder zu der Anschauung, daß das Protoplasma, insbesondere die Vererbungssubstanz, eine für jede Tier- und Pflanzenart spezifische Zusammensetzung besitzt, eine Vorstellung, welche in etwas anderer Form zuerst bei G. JÄGER¹ einen Ausdruck gefunden hat. In Anlehnung an die von O. HERTWIG² benützte Bezeichnung „Artzelle“ hat dann R. FICK³ für die spezifischen Plasmasorten den Namen „Artplasma“ eingeführt, und zwar will FICK nicht bloß für jede Spezies eine besondere Plasmaart annehmen, sondern auch für jedes Individuum ein ihm eigentümliches, durch seinen Chemismus ausgezeichnetes Individualplasma, ein Gedanke, der sich ebenfalls schon bei G. JÄGER findet.

Wie man sich nun den Zusammenhang zwischen der Metastruktur des Artplasma und dem Artbild, d. h. der Gesamtheit der äußeren Artmerkmale, vorzustellen hat, davon glaube ich Ihnen, wenigstens andeutungsweise, einen Begriff geben zu können, indem ich Sie wiederum auf die Entwicklung des Radiolarienskelettes hinweise. Es ist ja wohl ohne weiteres einleuchtend und von WEISMANN schon vor vielen Jahren betont worden, daß gerade bei den Einzelligen die Vererbungsvorgänge sich in der einfachsten Form abspielen müssen. Insbesondere dürfte hier am ehesten noch die Möglichkeit vorliegen, die Entfaltung der äußeren Merkmale aus der Anlagensubstanz heraus als eine kontinuierliche Folge von Ursachen und Wirkungen zu veranschaulichen.

Sie haben hier die Skelette von Angehörigen zweier verschiedener Radiolarienfamilien, der Aulosphäriden und der Castanelliden, vor sich. Bei der ersten Gruppe besteht das Hauptskelett (Fig. 4) aus lauter einzelnen, hohlen tangential gelegenen Röhren, welche mit ihren keilförmigen Enden in den Knotenpunkten meist zu sechsen gegeneinander gestemmt sind und so ein regelmäßiges

lehre, C. B. Davenport, spricht von protoplasmic molecules (Inheritance in poultry, Wash. 1906), während Giglio-Tos (l. c.) den Ausdruck Biomoleküle vorgeschlagen hat.

¹ Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 27, 1876.

² Die Zelle und die Gewebe. Zweites Buch, Jena 1898. — Allgemeine Biologie. Jena 1906. S. 374.

³ Über die Vererbungssubstanz. Arch. f. Anat. u. Phys. 1907.

trigonales Maschenwerk bilden (Fig. 6). Bei der andern Gruppe liegt eine runde, von ungleich großen Poren fensterartig durchbrochene Gitterschale vor (Fig. 5). Das Skelett der Aulosphäriden kommt

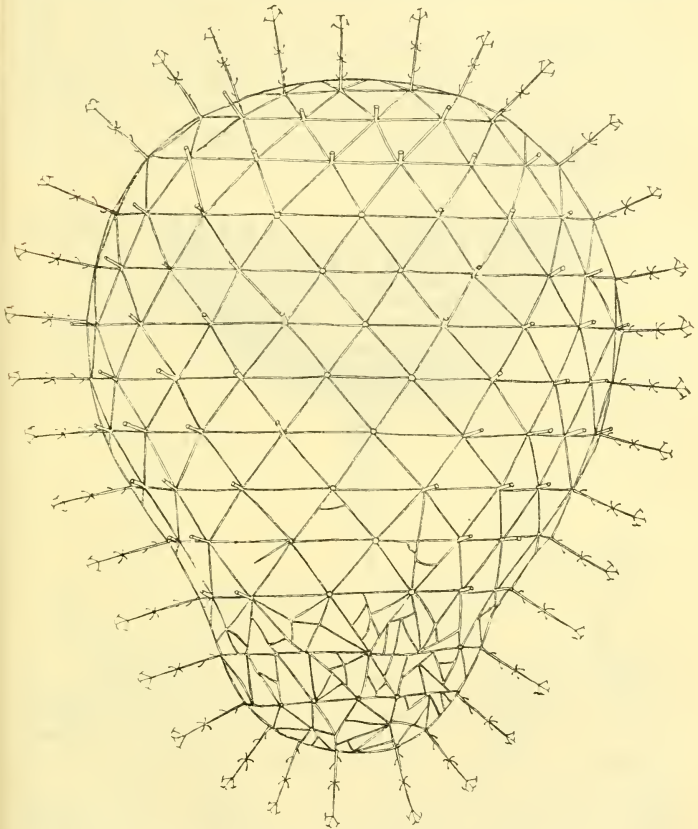


Fig. 4. Aulosphäride (*Aulosphera bisternaria*).

nun, wie man unter Kombination zahlreicher normaler und abnormer Entwicklungsstadien mit größter Wahrscheinlichkeit erschließen kann, in der Weise zustande, daß in der äußersten Schicht des Weichkörpers zuerst ein regelmäßig angeordnetes Netz von Primitivnadeln

zur Ausscheidung kommt (Fig. 6, *pn*) und daß sich um die einzelnen Primitivnadeln selbständig entstehende Gallertvakuolen, beziehungsweise häutige Stachelanlagen bilden (s. oben). In den Knotenpunkten findet kein Zusammenfließen dieser Vakuolen statt und so stellen sich, nach erfolgter Verkieselung der Vakuolenhaut, die einzelnen Elemente des Skelettes als selbständige Kieselröhren dar (Fig. 6). Bei der zweiten Gruppe ist die Entstehung der Gitterschale eine ganz homologe: nur zeigt das Netzwerk von Primitivnadeln (Fig. 7, *pn*) von vornherein keine trigonale, sondern eine unregelmäßige Anordnung und die Gallertvakuolen fließen

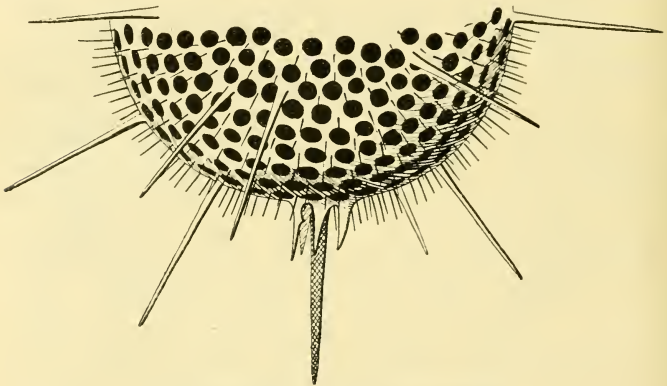


Fig. 5. Castanellide (*Castanissa valdiviae*).

gleich bei ihrer Entstehung in den Knotenpunkten zusammen. Wenn dann die Verkieselung stattfindet, so setzt sich die primäre Kieselrinde (Fig. 7, *kr*) als eine kontinuierliche Schicht von einem Balken auf den andern fort und es kommt außerdem gewöhnlich noch eine sekundäre Verkieselung hinzu, so daß die Balken der Gitterschale als ganz massiv erscheinen. Der Unterschied zwischen den beiden Skelettypen, der im fertigen Zustand ganz beträchtlich erscheint, kann somit im wesentlichen zurückgeführt werden auf eine verschiedene Oberflächenspannung der Vakuolenhäute, welche in einem Fall (Fig. 7) ein Zusammenfließen, im andern (Fig. 6) ein Selbständigbleiben der Gallertvakuolen bedingt, und diese physikalische Verschiedenheit kann ihrerseits nur auf einer stofflichen Differenz der Vakuolenhaut

und damit der lebenden Substanz selber beruhen. Daß aber trotz des bedeutenden äußerlichen Unterschiedes eines Aulosphäriden- und eines Castanellidenskelettes die stoffliche Verschiedenheit nicht besonders groß sein kann, das geht aus der Beobachtung hervor, daß zuweilen an einem Aulosphäridenskelett streckenweise die Strukturen der Castanellidenschale zum Vorschein kommen

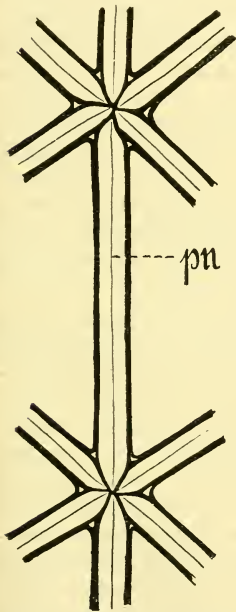


Fig. 6. Zwei Knotenpunkte von *Aulosphaera*. *pn* Primitivnadel.

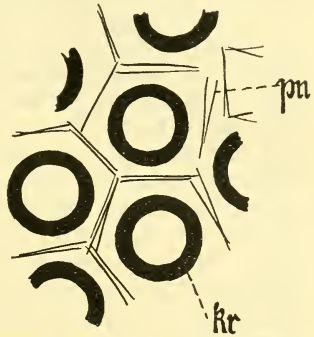


Fig. 7. Teil einer Castanellidenschale. *pn* Primitivnadeln, *kr* primäre Kieselrinde. Die sekundäre Verkieselung der inneren Balkenabschnitte ist noch nicht erfolgt.



Fig. 8. Abnorm gestalteter Knotenpunkt eines Aulosphäridenskelettes mit Anklängen an die Struktur der Castanelliden.

(Fig. 8) und daß umgekehrt Castanellidenskelette starke Anklänge an die Aulosphäriden zeigen können.

Wir haben also hier gesehen, wie von einem ähnlichen Ausgangspunkte aus, offenbar infolge geringer stofflicher Differenzen,

zwei äußerlich sehr verschiedene Artbilder zur Entfaltung kommen können, und zwar ist bei unserem Objekt nur ein verhältnismäßig kurzer Weg zwischen der nicht-differenzierten lebenden Substanz und dem fertigen Gattungs- oder Artbild zurückzulegen. Eine vollständige Analyse der Vorgänge ist natürlich auch hier nicht im entferntesten möglich, aber immerhin ist unser Beispiel vielleicht imstande, eine annähernde Vorstellung zu geben von der langen Kette von Ursachen und Wirkungen, teils einfach-chemischer und einfach-physikalischer, teils kompliziert-physiologischer Art, welche bei der Entwicklung eines höheren Organismus aus dem Ei, also bei der Entfaltung der äußeren Gattungs- und Artmerkmale aus der Anlagensubstanz heraus, ihren Ablauf nimmt. Auch für die höheren Organismen hat ja die von ROUX und DRIESCH begründete Entwicklungsphysiologie wichtige Ansätze zu einer kausalen Erklärung der Entwicklungsvorgänge gemacht und eine Analyse der Ursachen- und Wirkungsfolgen begonnen, welche zwischen dem unbefruchteten Ei, also der noch wenig differenzierten lebenden Substanz, und dem fertigen Zustand gelegen sind. Ich erinnere hier nur an die Rolle, welche die Schwerkraft und die chemische Zusammensetzung des äußeren Mediums, die Masse und Anordnung der Dotterteilchen und die Richtung der in das Ei eindringenden Samenzelle in den frühen Stadien der Embryogenese als äußere und innere Entwicklungsfaktoren spielen¹. Indessen handelt es sich bei diesen Untersuchungen im allgemeinen nur um die Entfaltung der generellen Charaktere, d. h. solcher Merkmale, welche ganzen größeren Abteilungen des Tierreichs gemeinsam sind, und wenn auch BOVERI, HERBST u. a. bei ihren Seeigelbastarden bereits mit spezifischen Merkmalen und mit spezifischen Entwicklungsfaktoren operieren, so sind wir doch noch weit entfernt davon, an das Endproblem der Vererbungslehre herantreten und über die Zusammenhänge zwischen der spezifischen Konstitution der Vererbungssubstanz und dem äußeren Artbild Aussagen machen zu können. Kurz gesagt, wir wissen noch nicht im geringsten, welche Qualitäten im Eiplasma z. B. des Grasfrosches die Entstehung gerade eines Grasfrosches bedingen, und welche Verschiedenheiten im Ei des Wasserfrosches zur Ausbildung eines Wasserfrosches führen.

¹ Vergl. insbesondere: O. Hertwig, *Allg. Biologie*, Jena 1906, S. 462 ff.; Korschelt und Heider, *Lehrbuch der vergl. Entwicklungsgeschichte*, Allg. Teil, Jena 1902.

Eines freilich kann heute schon auf diesem Gebiete versucht werden: wir können, ausgehend von gewissen Vererbungserscheinungen, einige allgemeine Postulate aufstellen bezüglich der Eigenschaften speziell derjenigen lebenden Substanz, die wir als Trägerin der Vererbung betrachten und daher als Keim- oder Artplasma bezeichnen, mag es sich dabei allein um die Kernsubstanz oder auch um das Cytoplasma der Keimzellen handeln. Auf diese Postulate erlaube ich mir noch Ihre Aufmerksamkeit zu lenken.

In erster Linie dürfen wir sagen, daß in sehr vielen Fällen das Artplasma durch lange Zeiträume, ja durch viele geologische Perioden hindurch eine außerordentliche Stabilität, ein zähes Festhalten der spezifischen Konstitution zeigt. Sowenig bei den anorganischen Körpern, speziell bei den natürlichen Mineralien der Erdrinde, Metamorphosen ausgeschlossen sind, so wenig scheint umgekehrt der organischen Materie, dem Artplasma, die kontinuierliche Evolution als ein notwendiges, apriorisches Attribut zuzukommen. Entgegen der an DARWIN anknüpfenden Vorstellung, wonach die Variabilität überall und immer in der Organismenwelt und zwar in reichlichem Maße vorhanden ist, sehen wir vielfach eine bemerkenswerte Konstanz des Artplasma, trotzdem dieses durch die Leiber von Hunderten und Tausenden von Generationen hindurchgewandert ist. Die heutigen Fellafräuen in Ägypten zeigen noch die nämlichen Gesichtszüge, welche vor mehreren tausend Jahren in dem Sphinxkoloß von Memphis als Schönheitstypus verewigt worden sind¹. In den tiefen Wasserschichten des Ozeans, zwischen 400 und 4000 m, lebt heute noch die nämliche Radiolarienfauna, welche in der Tertiärzeit die Meere, und zwar wahrscheinlich ebenfalls die tieferen Wasserschichten, bevölkert hat². Am Grunde der Tiefsee finden wir noch in der Gegenwart mesozoische Kiesel Schwämme (Euretiden), Seelilien (*Pentacrinus*), Seeigel (*Echinus*) und Krebse (*Penaeus*) und am Boden der Flachseen paläozoische Brachiopoden (*Lingula*, *Rhynchonella*) und Tintenfische (*Nautilus*). Und nicht bloß diejenigen Tiergruppen, welche wir gegenüber den Wirbeltieren als die weniger hochstehenden zu betrachten gewohnt sind, finden wir unter diesen „Dauertypen“ vertreten, sondern auch einzelne Wirbeltiere zeigen die nämliche Zähigkeit im Festhalten

¹ C. H. Stratz, Die Rassenschönheit des Weibes. 5. Aufl. Stuttgart 1904, S. 256.

² Vergl. meine Schrift: Alttertümliche Sphärellarien und Cyrtellarien aus großen Meerestiefen. Archiv f. Protistenkunde, 10. Bd., 1907.

ihrer Charaktere. Wir kennen tiefseebewohnende, durch dreispitzige Zähne ausgezeichnete Haie (*Chlamydoselache*), deren nächste Verwandte schon in der Kreidezeit gelebt haben, und der australische Lungenfisch (*Ceratodus*) muß schon im Devon im wesentlichen die nämliche Organisation besessen haben¹.

Während so viele Formen eine außerordentliche Konstanz und demnach eine sehr festgefügte Artplasmastruktur besitzen, sind andere Arten in viel höherem Maße abänderungsfähig und zwar müssen die Abänderungen, mindestens soweit sie erblicher Natur sind, in einer Labilität der Artplasmastruktur ihren Grund haben. Wir müssen also der lebenden Substanz eine weitere Eigenschaft zuschreiben, nämlich die Fähigkeit, aus einem Zustand A, in welchem sie fremde Stoffe assimilieren, wachsen und sich vermehren kann, in einen zweiten Zustand B überzugleiten oder überzuspringen, in welchem sie, um mit ROUX² zu reden, wieder das Vermögen der Selbstassimilation besitzt, in welchem sie also aus fremden Stoffen sich selbst gleiche Substanz zu produzieren vermag³.

Nun unterscheiden wir heutzutage, soweit die äußerlich wahrnehmbaren Rassen- und Artmerkmale in Betracht kommen, drei Typen von erblichen Abänderungen: erstens die kleinen, individuellen oder fluktuierenden Abänderungen, welche in verschiedenen Abstufungen auftreten und, falls sie eine allmähliche Steigerung erfahren, zur Entstehung besonderer Rassen und klimatischer oder geographischer Unterarten führen können. Es werden diese Abänderungen vielfach als variative Abänderungen oder Fluktuationen bezeichnet. Eine zweite Gruppe bilden die sprungweisen Abänderungen eines einzigen oder einiger weniger Merkmale, die man als Aberrationen oder Partialmutationen bezeichnen kann, und eine dritte die gleichfalls sprungweisen Umstimmungen des ganzen Habitus, die Mutationen im Sinne von H. DE VRIES (Totalmutationen)⁴.

Den Fluktuationen entsprechen wahrscheinlich ebenfalls nur kleine, fluktuierende Veränderungen in der Struktur des Artplasma.

¹ Vergl. hierzu: J. Walther, Über Entstehung und Besiedelung der Tiefseebecken. Naturwiss. Wochenschr., 3. Bd. 1904, und F. Doflein, Ostasienfahrt. Lpz. u. B. 1906.

² Artikel: Entwicklungsmechanik. Ergebn. d. An. u. Entw., Bd. II (1902), 1903, S. 420. „Vererbbar können nur solche Variationen des Keimplasmon sein, welche zugleich vollkommen assimilationsfähig sind.“

³ Vergl. Roux, l. c. S. 430, Anm.

⁴ Plate (Selektionsprinzip und Probleme des Artbildes, 3. Aufl., Lpz. 1908) bezeichnet diese drei Typen als Fluktuationen oder Schrittblastovariationen, Sprungblastovariationen und Mutationen.

Dagegen ist es auf der andern Seite nicht notwendig, daß den sprungweisen Abänderungen oder Mutationen immer auch größere, sprungweise, etwa kaleidoskopische Strukturveränderungen des Artplasma zugrunde liegen. Wir haben schon vorhin an dem Beispiel des Radiolarienskelettes gesehen, daß unter Umständen schon sehr bedeutende Veränderungen des ganzen Artbildes zustande kommen können, ohne daß wir deshalb genötigt sind, erhebliche Abänderungen in der stofflichen Beschaffenheit des Artplasmas anzunehmen. In ähnlicher Weise könnten auch bei höheren Organismen sprungweisen Abänderungen des Artbildes sehr wohl fluktuierende Abweichungen des Artplasmas von sehr geringer Amplitude zugrunde liegen. Wenn wir also gegenwärtig nach den äußeren Merkmalen zwischen Fluktuationen, Partial- und Totalmutationen unterscheiden, so handelt es sich zunächst nur um eine provisorische Aufstellung, und es werden spätere Untersuchungen zu entscheiden haben, inwieweit diesen drei Typen von Abänderungen auch wesentliche Verschiedenheiten im Verhalten des Artplasma entsprechen¹.

Auf eine spezielle Form von Partialmutationen möchte ich hier noch mit einigen Worten eingehen, weil sie auf eine wichtige Eigenschaft des Artplasmas schließen läßt.

Es handelt sich um diejenigen erblichen Aberrationen, welche innerhalb einer größeren Formengruppe, z. B. einer Klasse oder einer Ordnung, alle Spezies in gleicher Weise treffen können. In der Regel handelt es sich dabei um den Wegfall eines bestimmten Merkmals, z. B. um das Ausbleiben bestimmter Färbungen, oder, wie dies bei stacheligen Pflanzen vielfach vorkommt, um das Zurücktreten der Dornenbewaffnung. Man pflegt daher solche Partialmutationen auch als Defektrassen oder, nach der Terminologie von H. DE VRIES², als retrogressive Varietäten zu bezeichnen.

Das bekannteste Beispiel ist die vollkommene Pigmentlosigkeit, der Albinismus. Speziell bei den Vögeln ist diese Aberration nahezu allgemein verbreitet und zwar scheinen weder nördliches Klima, noch abnorme Lebensbedingungen, z. B. der Zustand der Domestikation oder Halbdomestikation, einen wesentlichen Einfluß auf ihr Vorkommen zu haben. Vielmehr sehen wir nahezu bei allen Formen, welche infolge großer Individuenzahl und scharenweisen Auftretens ein genügendes Beobachtungsmaterial darbieten, den Al-

¹ Vergl. auch Roux, l. c. S. 426.

² Vergl. H. de Vries, Arten und Varietäten und ihre Entstehung durch Mutation. Berlin 1906. S. 75.

binismus in der nämlichen Weise auftreten. Unter den 136 Vogelarten, welche in Württemberg als regelmäßig und häufig vorkommende Brutvögel und Wintergäste bezeichnet werden können, ist bis jetzt bei 75 Arten oder 55⁰/₁₀₀ Weißfärbung (echter Albinismus mit roten Augen; Leukismus mit pigmentiertem Auge; Weißfärbung mit ganz schwach durchschimmernder Zeichnung), und bei 66 Arten, d. h. 41⁰/₁₀₀, Weißbuntheit (partieller Albinismus) bekannt geworden.

Eine ähnliche, wenn auch nicht so ausgedehnte Verbreitung zeigt der Schizochroismus (d. h. eine teilweise Färbung, welche auf dem Wegfall nur der einen oder der andern Pigmentsorte beruht)¹, insbesondere der Melanismus, Erythrismus (schokoladefarbiger, fuchsroter, rostroter Zustand), Flavismus („Blaßfärbung“, Semmel-, Rahm- oder Isabellfarbigkeit). Ferner gehört hierher der Angorismus (Seidenhaarigkeit), die Stichel- oder Rauhaarigkeit (bei Vögeln Ruppigkeit des Gefieders), und, um einige botanische Beispiele zu erwähnen, die Panachierung (Buntfleckigkeit der Blätter), die gefüllten Blüten, der Zwergwuchs.

Wir müssen, da solche Aberrationen mindestens zum großen Teile erblich sind, annehmen, daß ihnen Zustände des Artplasma zugrunde liegen, welche unabhängig von den die Spezifität bedingenden Strukturverhältnissen sind.

Ähnlich wie z. B. die verschiedenen physikalischen Eigenschaften einer chemischen Verbindung zum Teil auf ihrer bestimmten Atomverkettung, zum Teil auf ihren Aggregatzuständen beruhen, so könnte man sich denken, daß allerdings die Mehrzahl der Arteigenschaften durch die spezifische Architektonik des Artplasmas bedingt ist, daß aber den eben besprochenen Aberrationen Universalzustände irgendwelcher Art zugrunde liegen, welche unabhängig von der spezifischen Struktur sind.

Eine letzte Eigenschaft, welche wir dem Artplasma auf Grund der neueren entwicklungsphysiologischen Experimente zuschreiben müssen, ist die Fähigkeit, schon auf physikalische Reize einfacher Natur durch Übergang in einen neuen Gleichgewichtszustand zu reagieren. Am deutlichsten tritt diese Fähigkeit hervor in denjenigen Fällen, in welchen es gelingt, durch Modifikation der

¹ Für diese Aberration, welche häufig auch als partieller Albinismus bezeichnet wird, möchte ich die Bezeichnung Schizochroismus vorschlagen. Ein instruktives Beispiel bietet der Schwarzspecht (*Dendrocopos martius*): hier sind schwarze Individuen mit weißer Kopfplatte (Ausfall der Lipochrome) und Albinos mit grellrotem Scheitel (Ausfall der Melanine) bekannt.

äußeren Lebensbedingungen erbliche Abänderungen herbeizuführen. Ich kann auf diesen Gegenstand, der uns direkt vor das berühmte Problem der Vererbung erworbener Eigenschaften hinführt, nicht näher eingehen, sondern will nur ganz kurz auf zwei Beispiele hinweisen. Bekanntlich ist es den Züricher Forschern STANDFUSS und E. FISCHER gelungen, durch Einwirkung von Kälte auf das Puppenstadium gewisser Schmetterlinge, des kleinen Fuchses (*Vanessa urticae*) und des deutschen Bären (*Arctia caja*), Zeichnungsabänderungen hervorzurufen, welche wenigstens in einzelnen Fällen auch bei den Nachkommen wiederkehren, trotzdem diese im Puppenstadium mit normaler Temperatur behandelt worden waren. Ebenso hat neuerdings KAMMERER¹ gezeigt, daß beim Feuersalamander und schwarzen Alpensalamander durch Veränderung der Temperatur und Feuchtigkeit erbliche Modifikationen des Fortpflanzungsmodus herbeigeführt werden können. Beide Fälle zeigen unzweideutig, daß die Vererbungssubstanz schon durch einfache äußere Agenzien physikalischer Art in einen veränderten Zustand übergeführt werden kann und daß dieser Zustand, auch bei Aufhören der betreffenden Mediumeinflüsse, wenigstens bis in die nächste Generation herein beibehalten werden kann.

Wir haben damit diejenigen Wege kennen gelernt, welche die Biologie der letzten Jahrzehnte hauptsächlich gegangen ist, um in die Konstitution der lebenden Substanz einen Einblick zu bekommen, nämlich die mikroskopische Untersuchung des entwicklungsphysiologischen Experiments und die Erforschung der Vererbungserscheinungen. Wiederholt war auch von chemischen Dingen die Rede, und Sie werden fragen, warum nicht der scheinbar einfachste Weg, der der chemischen Analyse, eingeschlagen wird und weshalb wir nicht den Chemikern entgegenkommen, deren Bemühungen auf die künstliche Synthese der Eiweißkörper² und anderer hochkomplizierter organischer Verbindungen gerichtet sind?

Hier ist in erster Linie zu sagen, daß der chemischen Analyse der lebenden Substanz vor allem die Schwierigkeit im Wege steht, daß im Protoplasma der Zelle auf engem Raum sehr verschiedene Stoffe in kleinen Mengen zusammengedrängt sind, und daß daher die Isolierung der einzelnen Substanzen nur in be-

¹ P. Kammerer, Vererbung erzwungener Fortpflanzungsanpassungen. Arch. f. Entw. Mech., Bd. 25, 1907.

² Vergl. hierzu u. a. den Vortrag von E. Abderhalden über „Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Eiweißforschung“, Naturw. Wochenschr., 7. Bd., 1908, S. 113.

schränktem Maße möglich ist. Und dazu kommt noch der weitere Mißstand, daß wir bei jedem chemischen Eingriff nur tote Umwandlungs- und Zerfallprodukte, also Protoplasmatrümmern, erhalten, diese können uns aber in keiner Weise ein Abbild der Struktur des lebenden Protoplasma selber geben, günstigenfalls können sie vielleicht einmal dazu benutzt werden, die theoretisch erschlossenen spezifischen Verschiedenheiten der Artplasmen auch auf chemischem Wege nachzuweisen.

Aber vielleicht steht noch ein letzter Weg zu Gebote! Vielleicht ist es möglich, die Erfahrungen der physikalischen Chemie zu verwerten und auszubauen und aus anorganischem Material Gebilde herzustellen, welche, weniger in stofflicher Hinsicht als in bezug auf ihre sichtbaren Eigenschaften und mechanischen Leistungen, mit der lebenden Materie verglichen oder gar als Vorstufen der Organismen betrachtet werden dürfen. Sie wissen, daß in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Beobachtungen gemacht worden sind, welche nicht so sehr von den Experimentatoren selber, als vielmehr von weniger berufenen Enthusiasten in diesem Sinne aufgenommen und gedeutet worden sind¹.

Ich erwähne nur BUTLER-BURKE's Radioben, das sind wachstums- und teilungsfähige Gebilde, die man erhält, wenn man Radiumsalze auf die Oberfläche von Gelatine bringt; ferner sind zu nennen die künstlichen Zellen von TRAUBE und QUINCKE, die Ölseifenschäume BÜTSCHLI's, die wie Amöben herumkriechen, und LEHMANN's fließende Kristalle, welche außer dem Wachstum und der Teilungsfähigkeit auch Bewegungs- und Verschmelzungserscheinungen zeigen. RHUMBLER hat mittels eines Chloroformtropfens sogar die Leistungen der Nahrungsaufnahme, der Verdauung und der Exkretion kopiert: wenn man nämlich einem Chloroformtropfen einen mit Schellack überzogenen Glasfaden darbietet, so wird letzterer von dem Tropfen aufgenommen und aufgewickelt, genau wie ein Algenfaden von einer Amöbe, und nach Lösung des Schellacks wird das Glasfädchen wie eine Fäkalie abgeworfen, da es eine größere Adhäsion zum Wasser als zum Chloroform besitzt².

Wie weit geht nun in Wirklichkeit die Ähnlichkeit aller dieser Gebilde mit der lebenden Substanz?

Es ist hier vor allem hervorzuheben, daß die betreffenden Körper jeweils nur einen Teil der Leistungen des lebenden Proto-

¹ Zur Orientierung dienen vor allem die in den folgenden Fußnoten zitierten Schriften von Rhumbler und Roux.

² Vergl. L. Rhumbler, Zellmechanik und Zellenleben. Lpz. 1904, p. 20.

plasma kopieren, während die Besonderheit der Lebewesen, insbesondere ihre Selbsterhaltungsfähigkeit, durch die Gesamtheit der bekannten Einzelleistungen der lebenden Substanz bedingt wird (ROUX¹). Darin liegt ein erster Unterschied. Ferner ist darauf aufmerksam zu machen, daß, wenigstens bei einigen der aufgezählten Artefakte, die Wachstums- und Teilungserscheinungen nicht „Selbsteleistungen“ im Sinne ROUX' sind, d. h. daß sie ihren Grund nicht in Vorgängen haben, die sich im Innern der betreffenden Artefakte abspielen, sondern daß sie vorwiegend auf äußeren Bedingungen beruhen, auf Apposition neuer Teilchen, beziehungsweise auf Verschiedenheit der Adhäsion und der Oberflächenspannung, so wie z. B. ein Kristall durch Apposition wächst oder wie ein Tropfen Alkohol, auf eine Wasserschicht gebracht, durch die Wirkung der Oberflächenspannung in zahlreiche Stücke zersprengt wird. In denjenigen Fällen aber, wo wirklich echte innere Wirkungen zutage treten, wie zum Teil bei den künstlichen Zellen TRAUBE's oder bei den künstlichen Amöben, welche Schellackfäden auffressen, ist zu beachten, daß gleiche mechanische Leistungen auch von zwei stofflich verschiedenen Systemen ausgeführt werden können, wenn nur ihre Konfigurationen und die Verteilung der Aggregatzustände ihrer Konstituenten im wesentlichen die nämlichen sind (RHUMBLER)². So sagt denn auch RHUMBLER, einer der erfolgreichsten Forscher auf diesen Grenzgebieten, daß Übereinstimmung der Mechanik nicht Übereinstimmung der Materie sei, und daß die Ähnlichkeit zwischen den Leistungen jener Artefakte und der lebenden Substanz nicht anders aufzufassen sei, als die Ähnlichkeit zwischen den Leistungen z. B. eines beweglichen Herzmodells aus Gummi, und denjenigen seines lebenden Vorbilds.

Schon in diesen letzten Sätzen ist nun aber die Betrachtungsweise zum Ausdruck gekommen, daß alle diese Artefakte Mechanismen, kleine Maschinen einfachster Art sind, und damit kommen wir zu einem weiteren fundamentalen Unterschied zwischen ihnen und den lebenden Körpern. Im Gegensatz zu den vom Menschen ersonnenen Mechanismen kommt ja auch den einfachsten Formen, in denen uns die lebende Substanz entgegentritt, die Eigenschaft der Selbstregulation zu, d. h. sie besitzen die Fähigkeit, ihre Einzel-

¹ Vergl. W. Roux, Die angebliche künstliche Erzeugung von Lebewesen. Umschau, 1906, No. 8, p. 2.

² Vergl. L. Rhumbler, Aus dem Lückengebiet zwischen organismischer und anorganischer Materie. Erg. d. An. u. Entw., 15. Bd. (1905), 1906, p. 34 ff.

leistungen, Assimilation, Stoffabgabe usw. entsprechend den wechselnden äußeren Verhältnissen zu regulieren, und im Zusammenhang damit haben sie auch das Vermögen, nach Perioden lebhafter Aktivität und Erschöpfung sich zu erholen und von selber wieder in den ursprünglichen leistungsfähigen Zustand zurückzukehren¹. Auf diesem Selbstregulationsvermögen beruht aber nicht bloß die Dauerfähigkeit der lebenden Substanz, wie sie sich in so drastischer Weise in der Existenz der früher besprochenen „Dauertypen“ äußert, sondern auch ihre Anpassungsfähigkeit, d. h. ihr Vermögen, innerhalb bestimmter Grenzen auf den Wechsel des Mediums und der Nahrung mit zweckmäßigen Abänderungen der äußeren Form, der stofflichen Zusammensetzung und der physiologischen Leistungen zu reagieren.

Von allen diesen Qualitäten ist aber bei unseren Artefakten, sowenig wie bei komplizierten Maschinen, etwas zu bemerken, und daher ist es auch ein mindestens verfrühtes Unternehmen, mit Hilfe jener Artefakte die Entstehung und die Leistungen der lebenden Substanz begreifen zu wollen.

Trotzdem sind freilich die Erfahrungen, welche auf diesem Gebiete der physikalischen Chemie gemacht worden sind, für die Biologie so wenig wie für die Physik und Chemie verloren und bei nüchterner Beurteilung und Verwertung dieser Beobachtungen kann speziell die Protoplasmaforschung reichen Gewinn aus ihnen ziehen. Ein Beispiel hierfür bilden die denkwürdigen Untersuchungen, welche der Botaniker PFEFFER über die halbdurchlässigen Membranen und VAN'T HOFF über den osmotischen Druck gemacht hat und zu welchen in erster Linie TRAUBE's künstliche Zellen den Anstoß gegeben haben². So ist denn zu erwarten, daß auch aus diesem Grenzgebiet dem Protoplasmabegriff immer neuer Inhalt zuströmen wird und daß die Wandlungen, welche die Fassung des Begriffes in den Köpfen späterer Generationen erfahren wird, in immer stärkerem Maße durch die Forschungen der physikalischen Chemie beeinflusst werden. Als ideales Ziel wenigstens muß auch dem Biologen die Möglichkeit vorschweben, zu einem physikalisch-chemischen Protoplasmabegriff zu gelangen.

¹ Vergl. Roux, Die angebliche künstliche Erzeugung von Lebewesen, p. 2; O. Hertwig, Allgemeine Biologie, p. 142.

² Vergl. Rhumbler, Aus dem Lückengebiet etc., S. 24.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [64](#)

Autor(en)/Author(s): Haecker Valentin [Ferdinand Karl]

Artikel/Article: [Ueber die lebende Substanz. 346-368](#)