

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.
Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société
Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative
= Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 141 (1961)

Artikel: Symmetrie und Form der Tiere

Autor: Lehmann, Fritz E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-90535>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Symmetrie und Form der Tiere

(Als synoptische Aufgabe zeitgenössischer Biologie)

Von Prof. Dr. FRITZ E. LEHMANN (Bern)

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Bern)

1. Die Gestalt lebender Organismen als synoptisches Problem

Seit jeher erfaßte der forschende Mensch an den Gegenständen der Natur die Eigenheiten von Form und Struktur besonderes unmittelbar. Das gilt vor allem auch für die «Naturgeschichte» der Tiere in der Vergangenheit. Heute jedoch, im Lichte der neueren Einsichten, erscheinen die biologischen Formen hauptsächlich als dynamische Träger des Lebens oder als Organe von Lebensvorgängen und zugleich als historische Gegebenheit, die in der Ontogenie und in der Evolution geworden ist, ohne daß wir ihren Anpassungswert in allen Fällen klar beurteilen können.

Einst erschien dem Naturforscher die Darstellung tierischer Formen nahezu als Selbstzweck, als morphologische Wissenschaft von zentraler Bedeutung; heute ist sie ein wesentliches Hilfsmittel im Dienste der Biologie, die zwar nach dem Werden und der Bedeutung der Formen in der Lebensdynamik der tierischen Organismen fragt; aber die Morphologie allein eröffnet uns heute nicht mehr den Zugang zum vollen Verständnis des Lebens.

So ungeheuer ist die Anhäufung biologischen Tatsachenmaterials geworden, daß es von einem Einzelnen nur ausnahmsweise in befriedigender Weise bewältigt werden kann. Wir sind vielfach gezwungen, uns auf die Leitgedanken verschiedener großer Forschungsgebiete zu stützen. Wir bedürfen repräsentativer Modelle, um zu zeigen, was die biologische Formenwelt heute dem wissenschaftlichen Biologen bedeuten kann. Nur umfassende Lektüre, verbunden mit Erfahrungen auf verschiedenen Gebieten, kann uns unerläßliche Informationen liefern. Vor allem die gemeinschaftliche Arbeit verschiedener Forscher an Symposien oder in gemeinsamen Publikationen kann uns einer umfassenden Übersicht entgegenführen und neue biologische Grundprinzipien herausarbeiten, deren wir so dringend bedürfen, als Gegengewicht zu einer speziali-

sierten Vereinzelung. In diesem Sinne sei das Problem von Symmetrie und Form gewürdigt, als synthetische oder synoptische Aufgabe zeitgenössischer Biologie der Tiere.

2. *Tierische Morphologie als historisches Anliegen der Biologie*

In der Kulturgeschichte der Menschheit erscheinen erwachsene tierische Wesen, vor allem Säugetiere, als selbstverständliche Gegebenheiten in der Mannigfaltigkeit der Natur. Das geht aus den vielen vorgeschichtlichen Überlieferungen hervor (Höhlenzeichnungen usw.). Das vorgeschichtliche Wissen um die Tiere erscheint allerdings meistens als sehr fragmentarisch. Tierische Wesen stehen sehr häufig in Beziehung zu Göttern der Natur. Sie können sich leicht ineinander verwandeln. Ebensoleicht können sich auch Tiergestalten in menschliche Gestalten umbilden. Alle diese Überlieferungen sind fragmentarisch, aber sie geben doch eine sehr wertvolle tiefenpsychologische Selbstdarstellung des menschlichen Wesens zu jenen Zeiten.

Die erste wissenschaftliche Stufe der Tiererkenntnis wird dann erreicht, wenn dem Menschen die tierischen Gestalten als unwandelbare Gebilde erscheinen und wenn diese Tiere als Träger von besonderen Formgesetzmäßigkeiten erkannt werden, die nichts Mythisches mit dem Menschen gemein haben. Dieses Bemühen um ein naturwissenschaftliches Verstehen der Tiere taucht seit der ersten Tätigkeit von Aristoteles auf, und in den Jahrhunderten welche an die Renaissance anschließen, gelingt es dem forschenden Menschen, eine wissenschaftliche Ordnung in die Mannigfaltigkeit des Tierreiches zu bringen. Seit Linnés Zeiten ordnet man die Tiere in einem übersichtlichen System. Anschließend daran lehrt uns Cuvier die Bauplanprinzipien der tierischen Organisation erkennen, und bis zu Darwins Zeiten erscheinen uns die tierischen Gestalten als unwandelbare Typen, die man auch leicht konservieren und in Museen aufbewahren kann.

Die Vorstellung der Unwandelbarkeit der tierischen Gestalten lockert sich im Laufe des 19. Jahrhunderts, seit man erkennt, daß jeder tierische Organismus sich aus einem Ei zum adulten Zustand entwickelt. Man lernt einzusehen, daß die Generationenreihen der Tiere nun regelmäßig als eine Serie von Individualzyklen erscheinen. Jeweilen entwickelt sich aus dem befruchteten Ei ein immer komplizierter werdender Embryo, und schließlich erscheint die jedem Menschen bekannte Adultform, die sich ihrerseits fortpflanzt und wieder neuen Individualzyklen zum Leben verhilft. Hier erscheint nun die Adultform nicht mehr als unwandelbares Gebilde, sondern als Abschluß und Ziel eines individuellen Entwicklungsvorganges, als Reifform, auf die Alter und Tod folgen.

Der Wandel der Tiergestalten auch in der Erdgeschichte wird in der Folge immer deutlicher erkannt. Die Vorstellungen und Ideen Darwins haben sehr dazu beigetragen, die Wandelbarkeit der tierischen

Gestalten in der Erdgeschichte zu betonen. Besonders sensationell hat sich diese Änderung der Vorstellungen ausgewirkt für die Evolution des Menschen in der Erdgeschichte. Wir können heute mit Gewißheit sagen, daß im Erdmittelalter kein menschliches Wesen existiert habe und daß die heutigen menschlichen Gestalten sich in einer langen Reihe von Formwandlungen zum Menschen hin entwickelt haben. Auch die Geschichte der Evolutionslehre hat mit abstrakter Betrachtung und Erforschung der Morphologie (Goethe) begonnen. Lebendige Tiere lassen sich ja sehr leicht klassifizieren, ihre Gestaltentwicklung läßt sich zeichnerisch und photographisch darstellen, und zahlreiche Versteinerungen, die auf der Erde gefunden werden, sind als tierische Gestalten zu begreifen. Die Morphologie der Tiere wird zum Selbstzweck. So ist man zunächst stark abgekommen von der eigentlichen Grundfrage nach den gesamten Lebensleistungen der Tiere.

3. Tiere als angepaßte Träger von Lebensleistungen in ihrer Umwelt

Wie schon Nicolai Hartmann betont, sind tierische Wesen als Träger tierischen Lebens nur denkbar in einer ganz bestimmten Umwelt. Sie sind nicht nur ausgestopfte oder sonstwie präparierte Kadaver, die in Museen dem Publikum vorgestellt werden und die meist keine Beziehung mehr erkennen lassen zu der Umwelt, in die sie eingepaßt waren.

Einige lebendige Forschungsrichtungen der heutigen Biologie fragen sehr betont nach den Lebensleistungen und dem Verhalten der Tiere in ihrer Umwelt. So sehen W. R. Heß, K. v. Frisch und K. Lorenz in den tierischen Wesen zunächst zweckmäßig gestaltete und funktionierende Organismen, die in dem wechselnden Ablauf ihrer jeweiligen Umwelt in sehr angepaßter Weise existieren.

Somit weist schon die Gestalt jedes Lebewesens Kennzeichen seiner Organisation auf, die eine zweckmäßige Anpassung an die jetzigen Lebensverhältnisse vermuten lassen. Zugleich tragen die meisten tierischen Gestalten die Spuren ihrer erdgeschichtlichen Evolution. Es zeugen auch beim Tier Form und Gestalt sowie besonders die Symmetrie von den biologischen Existenzmöglichkeiten und von der Geschichte der tierischen Organismen, vorausgesetzt, daß wir vermögen, sie sachgemäß zu deuten. Heute sind wir einer solchen, zugegebenermaßen approximativen Interpretation von Form, Gestalt und Symmetrie wesentlich näher als noch vor vierzig Jahren. Die neuen biologischen Erkenntnisse erlauben es, aus den verschiedensten Forschungsgebieten der Biologie zu schöpfen und die Einzelheiten zu einer synoptischen Gesamtvorstellung kritisch zusammenzufassen. Insofern sind tierische Formen für den Menschen wesentlich andersartige Naturerscheinungen als die gestalthaften Gefüge der unbelebten Welt, seien es Atome, Moleküle oder Kristalle. Die moderne Biologie bietet aber heute für das Verständnis tierischer Formen eine breite wissenschaftliche Grundlage, die nicht mehr außer acht gelassen werden darf, wenn man im Rahmen

des erkenntnistheoretisch Zulässigen bleiben will. Hier hat der Philosoph Nicolai Hartmann in seiner «Philosophie der Natur» weit offene Wege gewiesen, die allerdings auch wesentliche Anforderungen an kritische Selbstdisziplin und exakte Methoden des Naturforschers stellen.

4. Tiere als dynamische und historische Gefüge mit charakteristischer Umwelteignung

Die klassische Morphologie der Tiere hat uns in steigendem Maße Dokumente geliefert, die für die Ummodelung der Tiere im Laufe der Erdgeschichte sprechen. Es kann kein Zweifel mehr bestehen, daß auch die Säugetiere und der Mensch auf dieser Erde aus einfacheren und anders gebauten Vorfahren entstanden sind.

Aber viele Laien und auch verschiedene Biologen vermögen sich diese allmähliche Ummodelung der Tiere nicht im richtigen Zeitmaß vorzustellen. Zunächst zeigt uns die Genetik heute lebender Organismen regelmäßig, daß Elterntiere Nachkommen erzeugen, die im großen ganzen ihren Eltern weitgehend gleichen. Für diese Ähnlichkeit sorgt der vorhandene Genbestand. Man kann sich fragen, ob hier nicht ein offener Widerspruch vorliegt; auf der einen Seite steht die scheinbare Konstanz von Nachkommen und auf der andern Seite die nachweisliche Ummodelung tierischer Gestalten in der Erdgeschichte. Bei dieser Überlegung fallen wir einer Täuschung in der Perspektive der biologischen Zeiträume anheim. Wenn wir uns Rechenschaft von den Dimensionen biologischer Zeitabstände geben wollen, dann müssen wir uns die ganze Zeitskala biologischer Ereignisse richtig vorstellen.

Eine Mutation ereignet sich im Bruchteil von Sekunden, die Befruchtungsreaktion eines reifen Eies vollzieht sich in der Größenordnung von Sekunden, die Zellteilung spielt sich in Minuten ab, die Entwicklung vom Ei bis zum Embryo geht gewöhnlich in mehreren Stunden bis mehreren Tagen vor sich. Bei Säugetieren dauert der Prozeß der Entwicklung vom befruchteten Ei bis zum neugeborenen Jungen, je nach der Tierart, Wochen oder Monate. Alle die genannten Prozesse spielen sich in einem und demselben Individuum ab. Es handelt sich hier stets um Individualzyklen. Aber das Leben auf unserer Erde hängt nicht nur vom Dasein einzelner Individuen ab, sondern von der Erzeugung zahlreicher gleichartiger Generationen von Individuen. Dem Menschen fällt schon wesentlich schwerer, solche Fortpflanzungsgemeinschaften und ihre Generationenfolgen zu überblicken, denn diese können sich je nach der Tierart über Jahre, Jahrzehnte, Jahrhunderte oder Jahrtausende erstrecken. Im ganzen zeigen uns die Fossilienfunde, daß der Wandel tierischer Gestalten in der Erdgeschichte sehr oft nur langsam vor sich geht, sehr häufig erweist sich der Zeitraum von tausend Jahren als zu klein. Es könnte sich hier um dreißig bis fünfhundert oder mehr Generationen handeln; also in dem Zeitmaßstab, der für uns Menschen als historisch gilt, sind die Wandlungen der tierischen Gestalten sehr

häufig noch relativ unauffällig. Nach den Datierungen der modernen Geophysiker haben wir in der Erdgeschichte mit Zeitperioden von tausend, zehntausend oder hunderttausend Jahren zu rechnen. Dieser evolutive Zeitmaßstab überschreitet unser menschliches Vorstellungsvermögen ganz erheblich. Trotzdem müssen wir annehmen, daß erst in diesen evolutiven Epochen der Erdgeschichte in den aufeinanderfolgenden Generationen von Tieren sichtbare Umgestaltungen vor sich gehen. Der Einwand, daß evolutive Umwandlung und Anpassung an neue Verhältnisse in der Umwelt für uns Menschen in kaum merklicher Weise erfolgen sollen, kann deshalb keine Gültigkeit für sich beanspruchen. Denn wir wissen umgekehrt aus den Befunden der Stratigraphie, daß die Tierwelt des Präkambriums eine ganz andere gewesen ist als heute auf der von Menschen besiedelten Erde.

Wir können allerdings gewisse Modelle herausgreifen, die uns zeigen, daß auch in relativ kurzen Zeiträumen bei ausreichender Generationenfolge und großer Individuenzahl eine Umkonstruktion von Organismen erfolgen kann; das gilt insbesondere für die Untersuchungen an Fliegen und an Bakterien.

Es stellt sich die Frage nach biologischen Modellen, an denen man experimentell studieren kann, wie neue Arten entstehen, sich durchsetzen und wieder aussterben können. Als genialer biologischer Beobachter hat Darwin sehr bald eine besondere Geschehensweise vermutet, die das Aussterben bzw. die Ausbreitung von lebenden Tierarten kennzeichnet. Schon zu Darwins Zeiten war bekannt, daß alle Organismen viel mehr Nachkommen erzeugen, als nötig sind zur Erhaltung der betreffenden Art. So hatten schon die Zeitgenossen Darwins die größten Befürchtungen, die Erde könne durch die Menschheit übervölkert werden. Bei den Tieren allerdings erreichen ja sehr viele Nachkommen nie das Stadium der Geschlechtsreife, sondern viele Individuen gehen schon vorher zugrunde. Macht man die Annahme, daß vor allem schlecht angepaßte Individuen (auch solche, die gegen die Unbilden des Milieus und gegen Krankheiten besonders empfindlich sind) vorzeitig sterben und die besser Angepaßten eine größere Chance haben zu überleben, dann gelangt man leicht zu der Vorstellung, daß im Leben der Tiere die besser angepaßten leichter überleben (survival of the fittest). In der Konkurrenz ums Dasein (struggle for life) haben alle die Individuen die besseren Überlebenschancen, die besser angepaßt sind und damit einen höheren Selektionswert haben. Das ist in den letzten Jahren eindrucklich an zahlreichen Populationen der Taufliege *Drosophila* experimentell nachgewiesen worden. So erfolgt also beinahe automatisch eine natürliche Auswahl (natural selection) der besser angepaßten Tiere.

Eine direkte Anpassung des Erbgutes an die Einflüsse der Umwelt, wie sie etwa von Lamarck und anderen postuliert wurden, hat man nie nachgewiesen. Auch wenn ganze Generationenfolgen von erbgleichen Tieren mit Giften behandelt wurden, so ließ sich doch keine erhöhte erbliche Giftfestigkeit erzielen. Dagegen hat sich erwiesen, daß sich aus gemischten Populationen von Fliegen, die zunächst alle giftempfindlich

schiene, nach einiger Zeit sehr giftunempfindliche Rassen herauszuchten ließen. Eine genaue genetische Analyse ergab aber, daß in jeder Wildpopulation von Stubenfliegen, die vorwiegend DDT-empfindliche Individuen enthielten, nur einige wenige Individuen auftraten, die hochgradig unempfindlich gegen DDT waren. Bei Anhalten der DDT-Behandlung der Generationenfolgen überlebten schließlich die Resistenten allein, und schon nach wenigen Generationen erschien eine Population, die fast nur DDT-resistente Tiere enthielt. Ganz analoge Beobachtungen sind an Bakterienpopulationen gemacht worden. Auch hier konnte unter dem Einfluß eines Antibiotikums (z. B. Penicillin) ein neuer resistenter Bakterientypus unter dem dauernden Selektionsdruck der angewandten Substanz erfolgen. Deshalb gilt heute die dauernde Anwendung eines einzigen Antibiotikums auf eine bestimmte Bakterienpopulation während längerer Zeit für so gefährlich. Denn so wird der Selektion und der Ausbreitung neuer resistenter Bakterienrassen sehr zum Schaden des Patienten Vorschub geleistet.

So hat die alte Selektionsidee Darwins, welche die Entstehung neuer Rassen erklären sollte, heute im Zeitalter der modernen Genetik und Umweltforschung eine glänzende Bestätigung erlebt, die zudem von sehr großer praktischer Bedeutung ist. Es sind in der Tat Modellfälle nachgewiesen worden, in denen unter dem Einfluß der Selektion ein neuer, zunächst nur seltener genetischer Typus in relativ kurzer Zeit das Übergewicht in einer Population erhält. So ist im Prinzip auch der Weg aufgezeigt, wie in der Stammesgeschichte neue Arten entstehen können. Der Weg zum Verständnis der biologischen Evolution hat sich geöffnet. Welche neuen Einsichten sich bis jetzt schon dem Biologen erschließen, wird in dem umfassenden Werk von Bernhard Rensch an gut untersuchten Modellfällen einläßlich dargelegt, aber damit sind die Probleme nur angeschnitten, die der weiteren Behandlung mit rationalen und kritischen Methoden harren.

5. Tierische Gestalten als tiefenpsychologische und ästhetische Erlebnisformen oder als Objekte synoptisch-biologischer Wissenschaft?

Allerdings bieten sich dem phantasie- und gemütsbegabten Menschen auch noch tiefenpsychologisch verständliche Wege zur Beschäftigung mit der Form und der Lebensweise der Tiere. Tiere überhaupt und höhere Tiere im besonderen stehen dem Menschen gefühlsmäßig sehr viel näher als unbelebte Gegenstände. An ihnen entzündet sich immer wieder seine lebendige und ästhetische Phantasie und seine Neigung, die natürliche Umwelt in mythischer Weise zu erleben. Es braucht ja nicht viel, wie schon die Urgeschichte zeigt, unsere Umwelt mit Göttlichem und mit Geistern zu beleben. Aber solche inneren Erfahrungen des Menschen mit Tieren haben bis jetzt noch nie weitergeführt. Beim Aufbau verbindlicher naturgesetzlicher Vorstellungen, speziell über tierische Organismen, haben sie sich stets als sehr subjektiv erwiesen;

sie waren zu sehr an die Persönlichkeit eines Menschen gebunden. Für die Mitmenschen erwiesen sie sich nur zum Teil als einfühlsam und verständlich und vermochten deshalb in breiteren Kreisen verschieden veranlagter Menschen kein tiefes Echo zu finden. Sie waren auch nicht imstande, die Menschen zu gemeinsamer Erkenntnisarbeit aufzurufen. In diesem Sinne sind manche Publikationen und Vorträge meines Kollegen Adolf Portmann in Basel zu würdigen. Während der wissenschaftliche Autor Portmann mit seinen schönen Untersuchungen über die Biologie der Vögel, aus dem Bereich der Musterung der Mollusken und aus der Biologie des Menschen bestimmte besondere Zusammenhänge herausgearbeitet hat, die die wissenschaftliche Forschung sehr stark angeregt haben, befaßt sich der biologische Schriftsteller mehr in intuitiver Weise mit tierischen Gestalten als Erlebnisgegenständen. In Form von sehr anregend geschriebenen Aufsätzen, die aufschlußreiche «Selbstdarstellungen» des Autors sind, gibt er tiefenpsychologische Deutungen seiner persönlichen Erfahrungen mit den Erscheinungen aus der Tierwelt.

Aber es bleibt ihm versagt, aus den geschilderten Erscheinungen der Tierbiologie zu den erstaunlichen Aspekten tierischen Wesens vorzustoßen, die heute allmählich zum Gemeingut moderner biologischer Forscher werden. Ein breites Spektrum verschiedener Forschungsbereiche erschließt sich heute dem Biologen. Es reicht von der molekularen Biologie zur Zellbiologie, zur Chemogenetik; es umfaßt die Populationsgenetik verschiedenster Richtungen, und es begreift in sich die neuen Befunde über Entwicklungsphysiologie, Gehirnbau, Nervenphysiologie und Verhaltensforschung. Ein ungeheuer weiter Ausblick auf die Eigenart der Lebenserscheinungen tut sich hier auf. Das erkenntnistheoretische Problem lautet heute vor allem, wie es uns Menschen gelingen soll, diese Mannigfaltigkeit zu einer Gesamtschau des Lebens zu vereinen. Nach der ganzen Einstellung Portmanns kann dieser Weg nicht von ihm gegangen werden. Er hat vielmehr den rascheren Weg zu sehr persönlichen Betrachtungen gewählt, die an die Erlebnisbedürfnisse der Mitmenschen appellieren. Hier vermag ich ihm als wissenschaftlicher Biologe nicht mehr zu folgen. Ich möchte vielmehr im Folgenden das mühsame Beginnen auf mich nehmen und aus den vielseitigen neuzeitlichen biologischen Befunden schöpfen und erst von hier aus zu einer rationalen Übersicht über die heutige Problematik tierischer Gestaltungen gelangen, und zwar am Beispiel des dorsalen Achsensystems der Wirbeltiere.

6. Synoptisch fundierte wissenschaftliche Analyse eines biologischen Gefüges am Beispiel: Symmetrie und Form im zentralen dorsalen Achsensystem (Stütz- und Bewegungsapparat) der Wirbeltiere

Bei sehr vielen tierischen Organismen, die im Wasser leben, ist die Grundsubstanz des Körpers relativ weich. Zunächst existieren wohl keine harten Hebelorgane. So ist es auch zu verstehen, daß bei beweglichen

Vielzellern vorerst von undulierenden Bewegungen weicher Körperteile Gebrauch gemacht wird. Bei Plattwürmern z.B. laufen sinusförmige Wellenbewegungen über den Körper hinweg. Bei cölobesitzenden Ringelwürmern entwickelt sich eine eigentlich peristaltische Vorwärtsbewegung, die von vorne nach hinten über den Körper hinwegzieht. Die Produktion sinusförmiger Formveränderungen verlangt das Vorhandensein einer antagonistisch betätigten Muskulatur. Die Steuerung des Bewegungsapparates ist angewiesen auf ein komplex funktionierendes Nervensystem. Als allgemeines, turgorerzeugendes System kommen einzelne Gewebe oder die Körperhöhle der betreffenden Tiere in Frage.

Die schlängelnde Fortbewegung zahlreicher Chordaten und niedriger Wirbeltiere beruht ebenfalls auf der Produktion von sinusförmigen Schlängelbewegungen. Hier finden sich ebenfalls verschiedene morphologisch-funktionelle Komponenten: eine Chorda als elastischer Antagonist der segmentierten Längsmuskulatur, die vom Bindegewebe umfaßten Längsmuskeln, welche eine sinusförmige Verbiegung des Körpers erzeugen; schließlich steuert das Rückenmark mit seinen Spinalganglien den geordneten Ablauf des Schlängelns.

Bezeichnenderweise werden diese motorisch so wichtigen Primitivorgane bei allen Embryonen der Wirbeltiere, beim Hai ebensogut wie beim Menschen, in sehr ähnlicher Weise angelegt: die Chorda, die segmentierten Längsmuskelanlagen und das zentrale Nervensystem. Die neuere Entwicklungsphysiologie zeigt uns zudem, daß die dorsalen Achsenorgane bei allen Wirbeltieren in engster Koordination miteinander entwickelt werden. Die Anlage von Chorda und Somiten induziert die dazupassende Anlage des Rückenmarks. Späterhin wird die Segmentierung des Nervensystems durch die Segmentierung der Muskulatur bestimmt. Es ist also dafür gesorgt, daß das uralte Stütz- und Bewegungssystem des Rumpfes bei Wirbeltieren in gegenseitiger Korrelation angelegt wird.

Dieses System ist ausgesprochen bilateral symmetrisch, und es gibt sehr vielen wasserlebenden Wirbeltieren auch die charakteristische äußere Stromlinienform; denn die Stromlinienform eines Wassertieres bedarf eines relativ geringen Energieaufwandes bei der Fortbewegung.

Dieses Grundsystem der schlängelnden Fortbewegungsweise kann nun, wie sich vor allem bei den Knochenfischen zeigt, in außerordentlich starker Weise variieren. Auf alle Fälle ist es langgestreckt und streng bilateral symmetrisch. Das steht im Zusammenhang mit der gezielten Fortbewegungsweise der Fische, die sich für ihre Fernorientierung der Riechorgane, der Augen, des Labyrinthes und der Seitenorgane bedienen. Es kann hier keinem Zweifel unterliegen, daß diese bilateral symmetrische Stromlinienform eine wesentliche Rolle bei der Fortbewegung der Fische im Wasser spielt. Abgesehen von diesem Grundprinzip finden wir außerordentlich verschiedene Varianten, von den hochrückigen Korallenfischen bis zum schlangenartigen Aal. Hier würde ein außerordentlich reiches Material vorliegen, um einmal die engen Korrelationen festzu-

stellen, die zwischen der Körperform der Fische, ihrem besonderen Aufenthaltort und ihrer Lebensweise bestehen.

Wie deutlich solche spezifischen Beziehungen festgestellt werden können, läßt sich bis heute an einem anderen Organsystem demonstrieren. Wolfgang Geiger hat die verschiedenen Proportionen der Gehirnabschnitte bei sehr vielen Knochenfischen quantitativ studiert, und es läßt sich hier eine auffallende Korrelation zwischen Betätigungsweise verschiedener Sinnesbereiche, der Lebensweise und der Proportion der Gehirnabschnitte feststellen. Analoges sollte erwartet werden für die Beziehungen zwischen Körperform und der Eigenart der Lebensweise.

Da sich die Besiedlung von Biotopen durch verschiedene Organismen manchmal nur sehr langsam vollzieht, können wir die Bevorzugung bestimmter Biotope durch bestimmte Lebenstypen nicht immer mit Sicherheit bestimmen. Bei lange stabilisierten Beziehungen ist immerhin eine klare Situation zu erwarten. Man darf sich also Selektion nicht immer so vorstellen, daß alles Nichtangepaßte sofort vernichtet werde, sondern es ist sehr oft zu erwarten, daß präadaptierte Träger von speziellen Eigenschaften erst allmählich ihre optimalen Biotope beziehen und sich dort vermehren.

So würde sich also heute eine genauere ökologisch-morphologisch-funktionelle Analyse der Knochenfische auf die Umwelteignung hin sehr lohnen. In der Stammesgeschichte der Wirbeltiere ist aber nicht nur die ursprüngliche Anpassung des dorsalen Achsenapparates sehr aufschlußreich, sondern ebenso erstaunlich ist es, daß die Wirbeltiere beim Übergang zum Landleben in der Lage waren, vom ursprünglichen Gefüge des Rückens aus eine weitgehende Umkonstruktion vorzunehmen. Beim Übergang zum Landleben bleibt zwar die Segmentierung des Rumpfes erhalten, aber die Extremitäten mit ihrem Skelett, ihrer Muskulatur und ihrer Motorik bekommen mehr und mehr ein großes Gewicht im Dasein der betreffenden Tiere; wir brauchen etwa nur an die Vögel oder an die Primaten zu denken. Jetzt wird das Achsenskelett zur mechanischen Grundlage der Extremitäten, welche die Motorik ihrer Träger immer mehr bestimmen. Die Stromlinienform verschwindet relativ rasch. Es tritt die uns so gewohnte Gliederung der Tiere in Kopf, Hals, Rumpf und Schwanz auf. Ferner übernimmt die Rumpfwirbelsäule die Formgestaltung des Körperäußeren und die Gestaltung der Körperhöhlen. Wenn wir zurückgreifen auf die embryonalen Achsenorgane, etwa eines Fisches, eines Reptils und eines Primaten, so bemerken wir, daß diese Systeme embryonal sehr ähnlich sind. Aber die daran anschließende Umkonstruktion bzw. Weiterbildung der genannten Systeme zum Stromlinienrumpf der Fische oder zum schon frei beweglichen und zugleich tonnenförmigen Rumpf der Primaten setzt eine außerordentlich weitgehende Umkonstruktion der embryonalen Anlagen voraus.

Ein Bereich der entwicklungsphysiologischen Umkonstruktion, der bei Säugetieren besonders stark zugänglich ist, ist die Lenden- und Beckenregion. Einerseits gibt es adulte Säuger mit stark reduzierter Beckenzone, und andererseits greifen verschiedene Letalgene in die

embryonale Morphogenese der Lenden- und Kreuzregion bei verschiedenen Nagetieren und Vögeln ein. Eine vergleichende Studie über die genetische Entwicklungsphysiologie der Lendenregion würde sich sehr lohnen (s. a. Lehmann, 1955).

Nach dem Gesagten darf man also nicht erwarten, daß beliebige Umkonstruktionen bei Säugetieren im Bereich des Hinterrumpfes vor sich gehen können; aber es können sehr wohl unter bestimmten Genwirkungen neue Typen entstehen, die eine neuartige Umwelteignung zeigen. Wenn sich dann ökologische «Nischen» finden, wäre eine weitere Fortpflanzung eines solchen Typs möglich.

7. Synoptische Fragestellungen und Leitprobleme als Aufgaben zeitgemäßer Biologie

Sobald man die Mannigfaltigkeit der Wirbeltiere, und nicht nur diese allein, daraufhin betrachtet, wie Organisation und besondere Umwelteignung zusammenhängen, öffnet sich eine Welt neuer, noch wenig untersuchter Probleme. Methoden physiologischer Ökologie, die auf statistisch gesicherten Erhebungen beruhen, können hier neue Informationen liefern, ebenso wie Populationsgenetik und experimentelle Evolutionsforschung.

Es hat wirklich keinen Sinn, diese neuartigen Zweige biologischer Forschung als suspekt, weil für den Menschen «zu technisch», zu diffamieren. Vielmehr ist die Zeit reiner Beschreibung der Formen vorbei, und die Forderung nach allseitiger Verknüpfung biologischer Fragestellungen in synoptischer Art ist heute unvermeidlich geworden. Kritische und zugleich synoptische Darstellungen biologischer Probleme allein können die biologische Erkenntnis fördern; damit haben wir freilich auch an die qualitative Leistung des biologischen Forschers große Ansprüche zu stellen.

Ob Erscheinungen submikroskopischer Art oder nervenphysiologische Leistungen, mit dem Kathodenstrahloszillographen aufgenommen, untersucht werden, die biologische Problemstellung ist auch heute bei bedeutenden Biologen wie W. R. Heß, K. v. Frisch oder K. Lorenz unverkennbar. Der Ausdruck «Biotechnik» trifft für die Arbeiten dieser Biologen den Sachverhalt in keiner Weise.

Wenn heute von seiten der Medizin Wünsche an die Biologen der Universität laut werden, die eine Reform des akademischen Unterrichts anstreben, dann sollte allerdings auch hier keine vierzig Jahre alte Konzeption der Organismen zugrunde liegen, sondern eine zeitgemäße, die der Gedankenwelt unserer führenden Forscher entspricht und ihnen gegenüber ein echte Aufgeschlossenheit erkennen läßt. Heute bemühen sich die Forscher auf internationalem Boden, die Phänomene des Lebens und nicht mehr allein die Form von Organismen tiefer zu erfassen. Tierische Wesen erscheinen uns heute nicht mehr allein als adulte und etwas erstarrte Typen im Rahmen eines nüchternen Systems der Tiere, son-

dern als dynamische Gebilde, die in Raum und Zeit der Evolution ihre Form in gesetzmäßiger Weise wechseln. Sie sind ihrer Umwelt aufs engste verbunden, sie besitzen genetische Konstanz und können sich im Laufe größerer Zeiträume an neue Umweltbedingungen anpassen. In tierischen Lebewesen ist strukturelles und biochemisches Geschehen aufs engste an submikroskopische Dimensionen gebunden. Feinste Regulationsvorgänge des Zellgeschehens im einzelnen und straffe Leitung der Zelltätigkeit durch den Genbestand ergänzen sich in erstaunlicher Weise.

Kein Biologe braucht Mystiker zu werden angesichts der sichtbaren und unsichtbaren Mannigfaltigkeit der einzelnen Lebensvorgänge. Zum bewundernden Erstaunen allerdings bietet uns heute die lebende Natur vielfachen Anlaß. Immerhin muß der Biologe als Person den Mut finden, sich stetsfort neuen Einsichten in Lebensvorgänge vorurteilslos aufzuschließen.

Heute muß man sich darum bemühen, die oft so abstrakte und unanschauliche Dynamik im Rahmen eines gestalteten Lebensgeschehens den Studenten an unmittelbaren Lebensvorgängen ebenso nahezubringen wie ihnen den Blick zu schärfen für das, was von der Forschung bis heute noch nicht aufgeklärt wurde. Dieser Haltung bedarf wohl auch jeder aufgeschlossene junge Student der Medizin, der später das Lebewesen Mensch nicht nur als Biologe, sondern auch als heilender Helfer zu betreuen hat.

Literaturverzeichnis

Evolution as a Process. Edited by J. Huxley, A.C. Hardy and E.B. Ford. Allen & Onwin, London (1954).

HARTMANN N.: Philosophie der Natur. De Gruyter, Berlin (1950).

LEHMANN F. E.: Die embryonale Entwicklung. Entwicklungsphysiologie und experimentelle Teratologie. Handbuch der allgemeinen Pathologie, Bd. IV/I. Springer-Verlag, Berlin (1955).

PORTMANN ADOLF: Die Tiergestalt. F. Reinhardt, Basel (1948).

RENSCH BERNHARD: Neuere Probleme der Abstammungslehre. F. Enke, Stuttgart (1954).