

Konrad Lorenz 1965

Über die Entstehung von Mannigfaltigkeit

Die Naturwissenschaften 52(12): 319-329.

[OCR by *Konrad Lorenz Haus Altenberg* – <http://klha.at>]

Originale Seitenumbrüche und -zahlen sind eingefügt

## Über die Entstehung von Mannigfaltigkeit<sup>\*) \*\*)</sup>

-- p. 319, 1. Spalte --

Vor ungefähr 100 Jahren hat CHARLES DARWIN mit genialem Seherblick die Tatsache des stammesgeschichtlichen Gewordenseins aller Lebewesen erschaut. Darin liegt indessen weder seine ganze Größe, noch steht er darin allein. WALLACE und LAMARCK hatten sich zu demselben Gedanken durchgerungen, und lange vor ihnen allen war JOHANN GOTTFRIED HERDER ihm schon sehr nahe gekommen. Die schier unglaubliche Großtat DARWINS ist es vielmehr, daß er die *Verursachung* des Artenwandels erkannte. Die schlafwandlerische Sicherheit, mit der er sie völlig richtig darstellte, wird dadurch noch unglaublicher, daß fast alles, was er über Vererbung wußte oder zu wissen glaubte, völlig falsch war. Neben anderen Irrtümern glaubte er ja auch fest an die Vererbbarkeit erworbener Eigenschaften. Aber seine Vorstellung davon, wie die Selektion aus dem von Mutationen angebotenen Material verschiedenster Veränderungen dasjenige herausholt, was eine Verbesserung der Angepaßtheit mit sich bringt, ist nicht nur richtig, sondern tausendfach und von den verschiedensten Forschungsrichtungen her bestätigt. Wir sind heute viel radikalere Darwinisten, als DARWIN es war, und mit viel besserer Berechtigung.

-- p. 319, 2. Spalte --

Jede Angepaßtheit von Merkmalen, sei es nun ein morphologisches oder eins des Verhaltens an eine bestimmte Gegebenheit der Umwelt ist in einem sehr bestimmten Sinne eine *Abbildung* dieser Gegebenheit. Struktur und Funktion des Auges sind ein Abbild der Eigenschaften des Lichtes oder, wie GOETHE sagt, der Sonne, genauso wie der Pferdehuf den Steppenboden abbildet. Wenn wir uns nicht zum Vitalismus — und damit zum Verzicht auf natürliche Erklärung — bekennen und zu der Annahme einer prästabilierten Harmonie zwischen Organismus und Umwelt unsere Zuflucht nehmen wollen, so müssen wir die Frage stellen, wie die Information über die Umwelt, die jeder Angepaßtheit an sie notwendigerweise zugrundeliegt, in das organische System hineingelangt sei.

DARWIN hat uns die unzweifelbar richtige Antwort auf diese Frage gegeben: Diese Information wird durch ein Verfahren erworben, das mit dem des individuellen Lernens nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum verwandt, aber nicht identisch ist. Der stammesgeschichtliche Informationserwerb stellt zwar auch blind-ungerichtete Versuche an, gewinnt aber nur aus den Erfolgen neue Daten, nicht, wie das individuelle Lernen es tut, auch aus den Irrtümern. Das Verfahren ist in beiden Fällen mit dem der reinen, d.h. der Mitwirkung aller deduktiven Vorgängen entbehrenden *Induktion* identisch.

---

\* Vortrag, gehalten auf der 103. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 8. Oktober 1964 in Weimar.

\*\* Bernhard Rensch zum 65- Geburtstag gewidmet.

-- p. 320, 1. Spalte --

Die gewonnene Information wird in der Erbmasse gespeichert, die Genetiker nannten das Genom „verschlüsselte Information“ — coded information —, schon ehe man diese Geheimschrift zu entziffern gelernt hatte. Eben das ist nun in den letzten Jahrzehnten den Biochemikern gelungen, wohl der größte Schritt vorwärts, den die Naturwissenschaft seit CHARLES DARWIN getan hat. Es ist das Zeichen einer blasierten Zeit, daß sich die Öffentlichkeit, ich meine die wissenschaftliche, darüber so wenig aufregt.

Es war eine zwingende theoretische Forderung, daß am Anfang alles Lebens ein System stehen müsse, das gewisse konstitutive Eigenschaften und Fähigkeiten besitzt. „Im Anfang war der Regelkreis“, d.h. ein offenes System, das imstande ist, einen stetigen Zustand aufrechtzuerhalten und nach Störungen wiederherzustellen — das Prinzip der Homöostase<sup>1</sup>. Da kein solches System allen überhaupt möglichen störenden Einwirkungen der Außenwelt gewachsen sein kann, wird es notwendigerweise häufig wieder vernichtet; es muß also, um weiterzuexistieren, die Fähigkeit besitzen, seinesgleichen zu reproduzieren und sich so zu variieren und auszubreiten. Ein reproduktionsfähiges homöostatisches System besitzt schon in diesen beiden Attributen ein drittes, nämlich Angepaßtsein, das wie gesagt den Besitz abbildender Information über die Umwelt voraussetzt. Man weiß daher nicht ganz, ob man nicht die Fähigkeit, Information zu sammeln, als Eigenschaft alles Lebendigen *vor* Regulations- und Reproduktionsfähigkeit setzen müßte. Das selbstreproduzierende Regelsystem muß von allem Anfang an stabil genug gewesen sein, um nicht sofort wieder zu zerfallen und die schon gewonnene Information alsbald wieder zu verlieren, gleichzeitig aber labil genug, um in einem beschränkten, mit seinem Weiterbestand noch vereinbaren Maß fortlaufend kleine „Fehler“ bei der Reproduktion zu begehen, die nach dem erwähnten Prinzip von Versuch und Erfolg die Möglichkeit zu weiterem Informationsgewinn gaben. Ich möchte hier nicht darüber spekulieren, welche glücklichen Umstände zusammengetroffen sein müssen, um die Entstehung eines solchen Systems zu ermöglichen. Immerhin bleibt zu bedenken, daß sehr komplizierte „organische“ Verbindungen frei im Weltmeere herumgeschwommen sein können, als es noch keine Organismen gab, sie zu zersetzen, eine Spekulation, die zwar von berufenen Biochemikern, so von SCHRAMM ziemlich satirisch als die „Welt-Suppen-Theorie“ bezeichnet wird, die aber doch im Grunde ernst genommen wird.

Wir wissen heute, daß einfachste Systeme, die alle drei konstitutiven Leistungen des Lebendigen, Homöostase, Reproduktion und Informationserwerb vollbringen, aus einem einzigen Kettenmolekül bestehen können, wie dies bei den Viren der Fall ist. Diese sind zwar nicht als die ertümlichsten aller Lebewesen oder als „Vorstufen“ des Lebendigen zu betrachten, da sie, wie die Virusforscher sicher mit Recht annehmen, Abkömmlinge höher organisierter Lebensformen sind, Zell-Bestandteile, die sich auf Kosten der Gesamtheit, zu der sie ursprünglich gehörten, unabhängig gemacht haben. Auch sind sie ja nur innerhalb lebendiger Zellen, gewissermaßen in der „Suppe“ lebenden Protoplasmas, existenzfähig. Aber weder der Mechanismus, mittels dessen sie sich reduplizieren, noch auch die Verschlüsselung, in welcher die ihrer Angepaßtheit zugrundeliegende Information niedergelegt ist, unterscheidet sich im geringsten von der Art und Weise, in der diese beiden Leistungen bei höheren Lebewesen vollbracht werden. Ich will hier nicht über das Wunder der

---

<sup>1</sup> Homöostase = Gleichgewichtszustand im Organismen-Geschehen, von griech. ὁμοίος= gleich und ἵστασις; — das Stehen, der Stand.

-- p. 320, 2. Spalte --

Desoxyribonukleinsäure sprechen, in deren informationshaltiger Doppelschraube das Geheimnis des Lebens in einer Kette dreistelliger Zahlen aus vier Ziffern geschrieben steht, das ist nicht meine Sache, ebensowenig über die unerwartet einfache Weise, wie die Enzyme die in der DNA enthaltene Botschaft im buchstäblichen Sinne des Wortes kopieren und im Organismus verbreiten. Für mein heutiges Thema ist nur die Veränderung wesentlich, die unsere Anschauungen über das Wesen der Mutation durch die epochemachenden neuen Ergebnisse der Biochemie erlitten haben. Mit ihr sind sehr viele Einwände gefallen, die vorher mit scheinbarem Recht gegen DARWINS Lehre von der Leistung der Mutation und der Selektion erhoben wurden.

Die Klassiker der Genetik hatten sich meist die Mutation als eine Veränderung des Genoms vorgestellt, die einen recht groben „Sprung“ im stammesgeschichtlichen Werden des Phänotypus einer Tierart darstellt. Ihrer Meinung nach war eine Mutation hinreichend, um eine Rasse, wenn nicht eine Unterart entstehen zu lassen. Die Annahme, daß eine solche „Grobmutation“ eine Rolle in der stammesgeschichtlichen Entwicklung spiele, stieß auf den erbitterten Widerstand einer Geisteshaltung, die sich unmittelbar aus einem Mißverständnis der platonischen Ideenlehre herleitet und die in Deutschland fester verwurzelt war und ist als in den englisch sprechenden Ländern. Warum wohl ist die Tatsache der Evolution, deren Entdeckung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts doch offensichtlich „in der Luft lag“, nicht von den großen deutschen Denkern jener Zeit gemacht worden, warum vor allem hat sie nicht schon ein Jahrhundert früher GOETHE erschaut, der größte aller Seher, der mit seinen Gedanken über die Urpflanze und über die Metamorphose, mit seiner Entdeckung des Zwischenkiefers drauf und dran scheint, den entscheidenden Schritt zu tun? DARWIN und nicht GOETHE ist mein Geistesheros, das wage ich selbst hier in Weimar laut zu sagen, aber ich müßte in dieser meiner Heldenverehrung schon überaus verblendet sein, um nicht zu sehen, wie fußgängerhaft der Weg DARWINScher Gedanken folgen im Vergleiche zum Gedankenfluge GOETHES wirkt. Aber weiter gekommen ist er dennoch auf einem Wege, auf dem der Olympier stecken blieb — und ich glaube zu wissen weshalb: Weil GOETHE den sogenannten *Typus*, diesen gefährlichen Abkömmling der platonischen Idee für etwas Selbständiges, unabhängig von seiner Verkörperung in realen Einzeldingen Existentes gehalten hat.

Dieser Irrtum liegt dem menschlichen Denken nahe. Schon unsere Wahrnehmung vollbringt, ohne daß unsere Ratio davon weiß, eine Leistung der *Abstraktion*, wenn sie uns einen Baum, ein Haus, einen Menschen sehen läßt. Das Absehen vom Akzidentellen und die Beschränkung der Meldung auf die dem wahrgenommenen Ding konstant anhaftenden Eigenschaften, wie Farbe, Größe oder Form, ist die wesentliche Funktion der sogenannten Konstanzwahrnehmung. Die Gestaltwahrnehmung vollbringt auf prinzipiell gleichem Wege eine der rationalen Abstraktion noch verwandtere oder vergleichbarere Leistung: Sie ermöglicht es uns, in einem Mops, einem Pudel und einem Dackel eine gemeinsame Qualität, die des Hundes, unmittelbar zu sehen. Diese Leistung und nicht die der rationalen Abstraktion ist es, die es dem Kleinkind ermöglicht, alle Hunde richtig als Wauwau zu bezeichnen.

Die abstrahierende Leistung der Wahrnehmung, die allen Konstanzphänomenen einschließlich der Ding-Konstanz der von uns erlebten Gegenstände zugrunde liegt, hat nachweislich mit rationalem Denken nichts zu tun; auch ist sie unserer Selbstbeobachtung völlig unzugänglich. EGON BRUNSWICK hat diese Funktionen deshalb treffend als „ratiomorph“ bezeichnet. Der eigentliche Vorgang der rationalen Abstraktion ist zwar auf ihnen aufgebaut und hat sie zur Voraussetzung, muß aber als eine höhere und dem Bewußtsein zugängliche Leistung streng von ihnen unterschieden werden.

Jedem Gedanken, den wir denken, liegen Begriffe zugrunde, die durch Abstraktion entstanden sind, und eine Wortsprache wäre ohne dieses begriffliche Denken gar nicht möglich. Es bildet den „Raster“, auf dem

-- p. 321, 1. Spalte --

die außersubjektive Wirklichkeit sich abbildet, und nur soweit sie dies tut, wird sie unserer Erkenntnis zugänglich. Dies gilt ganz allgemein für das vorwissenschaftliche, ja schon für das kindliche Weltbild. Im zielbewußten Erkenntnis-Streben des wissenschaftlichen Denkers spielt die Abstraktion selbstverständlich eine noch viel wichtigere Rolle. Der Naturforscher, der Ordnung in die überwältigende Mannigfaltigkeit der Erscheinungen bringen will, ist gezwungen, ganze Systeme weiterer und engerer, umfassender und umfaßter Abstraktionen zu schaffen. Zwischen dem rein beschreibenden „idiographischen“<sup>2</sup> Stadium der Naturwissenschaft und dem der Auffindung von Gesetzmäßigkeiten, dem „nomothetischen“<sup>3</sup>, liegt nun einmal notwendigerweise das systematische. Das systematische Einteilen von Mannigfaltigkeiten in definierbare Gruppen kann es nun in vielen Fällen nicht vermeiden, Trennungs-Striche auch dort zu setzen, wo solche in der systematisch zu erfassenden Wirklichkeit *nicht existieren*. Solche Trennungs-Striche setzt nicht nur die rationale Abstraktion, sondern auch schon die ratiomorphe Wahrnehmung. Diese teilt z.B. die Kontinuität der im sichtbaren Licht enthaltenen Wellenlängen in die Diskontinuität der qualitativ verschieden wahrgenommenen Spektralfarben.

Künstliches Aufteilen von realen Kontinuitäten zum Zwecke übersichtlicher Systematisierung ist somit eine Leistung, die Voraussetzung jeglichen erkennenden Erfassens der außersubjektiven Wirklichkeit ist und die zum Teil schon von den ratiomorphen, nicht rationalen Funktionen unserer Wahrnehmung vollbracht wird. Diese sind, wie ich an anderen Orten<sup>4</sup> dargetan habe, ebenso echte Erkenntnisleistungen wie die der Ratio. Ihre Gesetzmäßigkeiten sind uns im gleichen Sinne a priori gegeben wie die der letzteren, d.h., sie müssen vor jeder individuellen Erfahrung vorhanden sein, damit Erfahrung überhaupt möglich werde, was ja bekanntlich eine der Definitionen ist, die IMMANUEL KANT vom Apriorischen gegeben hat.

Als Naturwissenschaftler, die um die Tatsachen der Abstammung wissen, sind wir gezwungen, die Leistungen des menschlichen Erkenntnisapparates ganz wie alle anderen Funktionen des Organischen als etwas phylogenetisch Gewordenes zu betrachten, das seine spezifischen Eigenschaften einer Auseinandersetzung zwischen Organismus und Umwelt verdankt. Daraus ergibt sich, daß wir unser Wissen um die Leistungen des Erkennens grundsätzlich nur gleichzeitig mit unserem Wissen um die Eigenschaften des Erkannten vermehren können. Auch wenn wir uns gar nicht für die Vorgänge des Erkennens, sondern ausschließlich für die „objektive“, außersubjektive Realität interessieren, sind wir gezwungen, Erkenntnistheorie gewissermaßen als Apparatenkunde zu treiben. Den modernen Atomphysikern ist diese Notwendigkeit längst vertraut, es war BRIDGMAN, der (1956) sagte: „Der Vorgang der Erkenntnis und das Objekt der Erkenntnis können legitimerweise nicht voneinander getrennt

---

<sup>2</sup> Idiographisch = (das Eigentümliche, Einmalige) beschreibend, vom griech. ἴδιος = eigen, eigentümlich und γράφω = schreiben.

<sup>3</sup> Nomothetisch = gesetzgebend, Gesetze aufstellend; vom griech. ὁ νόμος = Gesetz, τίθημι — setzen, ὁ νομοθέτης = Gesetzgeber.

<sup>4</sup> Lorenz, K.: Die Gestaltwahrnehmung als Quelle wissenschaftlicher Erkenntnis, Z. angew. u. exptl. Psychol. 6, 118—165 (1959).

-- p. 321, 2. Spalte --

werden" (The process of knowledge and the object of knowledge cannot legitimately be separated).

Lange vor den Großen der Atomphysik hat ein Wahrnehmungsphysiologe das Verhältnis zwischen dem abbildenden subjektiven Phänomen und der abgebildeten Realität völlig richtig durchschaut, nämlich WILHELM OSTWALD in seiner 1917 veröffentlichten Farbenlehre. Er hat nicht nur erkannt, daß es der Wahrnehmungsapparat des Menschen ist, der aus dem Kontinuum der Wellenlängen das Diskontinuum der Farbbänder macht, sondern auch die besondere Leistung, zu deren Erfüllung er dies tut. Diese Leistung ist die Farbkonstanz der wahrgenommenen Dinge. Es kommt dem Organismus, z.B. dem Menschen und der Honigbiene, bei denen die in Rede stehende Funktion genau untersucht ist, nicht darauf an, zu wissen, welche Wellenlängen ein bestimmter Gegenstand im Augenblicke reflektiert, sondern darauf, diesen Gegenstand an seinen Reflexionseigenschaften, m. a. W. an seiner „Farbe“ wiedererkennen zu können, unabhängig von der zufälligen Farbe der Beleuchtung. Eben dies leistet die an sich völlig „willkürliche“ Einteilung, in der unser Wahrnehmungsapparat breite Bänder ziemlich verschiedener, wenn auch angrenzender Wellenlängen zu je einer Farbqualität zusammenfaßt. Je zwei solcher Bänder, die sogenannten Komplementärfarben, werden so zueinander geschaltet, daß sie einander auslöschen, d.h. die „Null“-Farbe Weiß ergeben. Für die Mittelfarbe des sichtbaren Spektrums, für die es ein natürliches, durch Wellenlängen definiertes Gegenstück gar nicht geben kann, wird die „künstliche“ Komplementärfarbe Purpur frei geschaffen. Jede Größenordnung von Wellenlängen, die einen Teil der Netzhaut beleuchtet, ruft auf allen übrigen Teilen die aktive Wahrnehmung der Komplementärfarbe hervor. Dieser relativ einfache Mechanismus vollbringt die hochwichtige Leistung, die Wahrnehmung der Reflexionseigenschaften, die den Gegenständen als konstante Merkmale anhaften, von der akzidentellen, augenblicklichen Farbe der Beleuchtung weitgehend unabhängig zu machen.

Daß die Farben in dieser Weise nur ein dem Wahrnehmungsapparat eigenes, zwecks vereinfachter Wiedergabe komplexer Mannigfaltigkeiten gewähltes Einteilungsprinzip sind, vermochte der große Geist GOETHE nicht zu erfassen. OSTWALD schreibt über ihn völlig richtig: „Somit ist GOETHE im Unrecht, wenn er in der Einleitung seines Lebenswerks über die Farben die Worte schreibt: „Die Farben sind Taten des Lichts, Taten und Leiden“. Es macht sich bei ihm, wie bei vielen Reformatoren, der merkwürdige Umstand geltend, daß er an wichtiger Stelle, nachdem er als Bahnbrecher alles mögliche zur Neubegründung seiner Sache getan zu haben glaubt, beim letzten Schritt, bei der restlosen Auswirkung des reformatorischen Gedankens versagt. Während sein ganzes Werk die entscheidende Mitwirkung des Auges zum Zustandekommen der Farbe von allen Seiten hervorgehoben und beleuchtet hat, fällt GOETHE an der Stelle, wo man eine durchgreifende Zusammenfassung seines Gedankenganges erwartet, in die von ihm selbst so heftig bekämpfte Unzulänglichkeit seiner physikalischen Gegner zurück und hebt nicht wie sonst den physiologischen, sondern den entfernteren physikalischen Faktor der Farbempfindung als maßgebend hervor“.

-- p. 322, 1. Spalte --

Ich habe diesem Exkurs in die Wahrnehmungs- und Erkenntnislehre deshalb Raum gegönnt, weil ich zeigen wollte, wie leicht auch große Denker ein Einteilungsprinzip, das zwar ein unentbehrliches Werkzeug des Erkennens ist, das aber nur dem Erkenntnisapparat und nicht dem Erkannten anhaftet, irrtümlich für eine Eigenschaft der zu erkennenden Wirklichkeit halten. Genauso, wie es GOETHE mit der Farbe erging, erging es ihm und ergeht es heute noch vielen klugen Leuten mit einem anderen Einteilungsprinzip, mit der Abstraktion des Typus. Kein Naturforscher und kein Arzt, der Ordnung in die überwältigende Mannigfaltigkeit der ihm entgegnetenden Wirklichkeit bringen will, kann auf diese Abstraktion verzichten. Wenn ein Zoologe das erste Exemplar einer neuen Schmetterlingsart beschreibt, so erwähnt er nicht, daß etwa der Rand des linken Hinterflügels ein wenig zerschlissen ist oder daß irgendwo die schillernden Schuppen abgewetzt sind, und er tut kleiner Beschädigungen oder Mißbildungen selbst dann keine Erwähnung, wenn er viele Einzeltiere kennt und wenn keines von ihnen völlig frei von derartigen Unvollkommenheiten ist: er beschreibt vielmehr den *idealen* Vertreter der betreffenden Art.

Wenn der Arzt vom „gesunden Menschen“ spricht oder das „Normale“ dem „Pathologischen“ gegenüberstellt, so muß er sich wohl bewußt bleiben — und bleibt es meistens auch —, daß er idealisierte Abstraktionen benutzt, denn es *gibt* keinen gesunden Menschen. Als vor vielen Jahren mein Lehrer OSKAR HEINROTH auf Grund von Beobachtungen an verhältnismäßig wenigen Einzeltieren das Verhalten der Graugans, insbesondere in Hinsicht auf Paarbildung und Eheleben beschrieb, hob er als normal und art-typisch die extreme Monogamie, Verlobung im ersten Jahr, endgültige Verpaarung mit demselben Partner im zweiten, absolut treue Dauerehe für den Rest des Lebens und vor allem die Treue der verwitweten Gans hervor, die viele Jahre den Tod des Partners überdauert. Diese Darstellung ist an sich völlig richtig. *Wenn* die erste große Liebe zur Verlobung und diese ungestört zur Verpaarung führt, *wenn* die Partner nicht durch einen Herbststurm auseinandergerissen werden, *wenn* beide in bester Gesundheit verbleiben, kurz, wenn keine von unzähligen möglichen Störungen dazwischenkommt, die den Verlauf beeinflußt, so verhalten sich die Vögel voraussagbarmaßen ganz genau so, wie HEINROTH es beschreibt. Es *kommt* aber in der großen Mehrzahl der Fälle etwas dazwischen. Als wir einmal an den fast hundert Grauganspaaren, deren Verhalten wir über eine genügende Anzahl von Jahren protokolliert hatten, versuchsweise auszählten, wie viele von ihnen genau dem von HEINROTH beschriebenen Idealtypus entsprachen, kamen wir auf die scheinbar enttäuschende Zahl *fünf*. Dennoch ist die Beschreibung, die mein verehrter Lehrer vom Normalverhalten der Graugans gegeben hat, *völlig richtig!* Wir wissen nach jahrzehntelanger intensiver Forschung am gleichen Objekt nichts an seiner Darstellung zu korrigieren. Die Abstraktion des Typus ist völlig unentbehrlich, um die völlig verschiedenartigen und durch verschiedene Ursachen hervorgerufenen Abweichungen begrifflich fassen und diese Ursachen analysieren zu können. Zu diesem Behufe wäre es keinerlei Hilfe, wollte man als typisch oder „normal“ etwa den Durchschnitt aus möglichst vielen Einzelfällen definieren. Vom ärztlichen Standpunkt z. B. ist der durchschnittliche Mensch fürwahr etwas völlig anderes als der „normale“, d.h. ideal gesunde Mensch.

Ohne das Einteilungsprinzip der Spektralfarben und ihrer Komplemente wäre es unserem Gesichts-Sinn völlig unmöglich, aus dem Gemisch der mannigfaltigsten Wellenlängen sinnvolle Informationen über die Dinge um uns zu entnehmen. Ohne das unentbehrliche Einteilungsprinzip der Abstraktion von Typen, wäre es unserer Erkenntnis ebenso unmöglich, Ordnung und Übersichtlichkeit in die erdrückende Mannigfaltigkeit der uns umgebenden Formen, insbesondere der Lebensformen zu bringen. Ein schwerer, in hohem Grade erkenntnishemmender Irrtum aber entsteht in dem Augenblick, in dem man die von unserem

-- p. 322, 2. Spalte --

Wahrnehmungsapparat — oder von unserem Erkenntnisapparat — vorgenommene Einteilung für etwas in der außersubjektiven Realität Vorhandenes hält. GOETHE hat sich nicht zu der Erkenntnis durchringen können, daß die außersubjektive Realität, die sich hinter den Phänomenen des Lichts birgt, nicht in Spektralbänder eingeteilt ist, und die Tatsache der Abstammung hat er ganz gewiß deshalb nicht sehen können, weil er fest glaubte, daß die Typen von Tieren und Pflanzen, die sein Seherauge ihn so überzeugend erblicken ließ, etwas seien, das unabhängig vom Vorhandensein der vielen unvollkommenen und nicht so ganz typischen Tiere und Pflanzen existiert, die unseren Erdball bevölkern.

Dasselbe glaubten, wie man sich gründlich klarmachen muß, im 19- Jahrhundert eigentlich alle Naturwissenschaftler, die sich mit der Mannigfaltigkeit der Lebensformen und ihrer Erklärung beschäftigten, vor allem in Deutschland. Wir Deutschen sind uns gar nicht bewußt, wie sehr uns allen von früher Kindheit an, in jedem Wort von Lehrern und Dichtern die Meinung eingehämmert worden ist, die GOETHE in den Worten ausspricht: „Alles Vergängliche ist nur ein Gleichnis“. Die ins Volk und ins wissenschaftliche Denken gleichermaßen eingedrungene Stellungnahme im sogenannten Universalienstreit lautet leider Gottes klipp und klar „Universalis sunt realia ante rem“. Wem diese Einstellung zur Vielfalt der realen Außenwelt in Fleisch und Blut übergegangen ist, dem ist folgerichtigerweise die Annahme, daß der Idealtypus einer Tier- oder Pflanzenform veränderlich sei, durchaus unannehmbar. Solche Einstellungen werden von kultureller Tradition weitergegeben und sind keineswegs voll bewußt, sie werden meist oder immer mit Inbrunst verteidigt. DARWIN selbst hatte schwere Gewissens-Skrupel, die keineswegs nur religiösen Ursprungs waren.

Wenn man nun tatsächlich glaubt, der Typus sei etwas unabhängig von seiner Verwirklichung in einer Population von Tieren oder Pflanzen Reales, dann ist es völlig folgerichtig, zu behaupten, daß jede Mutation zur Vernichtung der betroffenen Lebensform führen könne. Wenn man nämlich mit dem Begriff einer Art oder gar einer Gattung den eines vorgegebenen Typus verbindet, so folgt daraus die Annahme, daß *zwischen* diesen Typen die Existenzmöglichkeit für eine Zwischenform einfach nicht besteht. Dann wären *gleichzeitige* Mutationen von hundert und mehr Merkmalen nötig, um einen solchen Übergang zu bewerkstelligen, und solche sind bisher nicht bekannt. Auch die einfache Mutation könnte dann, da sie dem Typus nicht entspricht, per definitionem nur „abwärts“, d.h. zum Verlust typischer Eigenschaften führen. Der Typengläubige *muß* annehmen, daß der Aufstieg des Organischen, wenn überhaupt, in großen Sprüngen, schlagartig und gerichtet stattgefunden hat.

Die Auswirkungen dieses „typologischen Bockes“ reichen aber bis in das Denken berufsmäßiger Genetiker und Phylogenetiker hinein. E. MAYR hat jüngst eine kurze historische Darstellung des Meinungsstreites gegeben, der die Genetiker bis in die dreißiger Jahre in zwei Lager, die „Mutationisten“ und die „Induktionisten“ teilte, und dabei sehr überzeugend dargetan, in welcher Weise gerade der alte Glaube an die absolute Realität des Typus sich als unbewußtes



-- p. 323, 1. Spalte --

Erkenntnisthemnis selbst in den Erwägungen der großen Pioniere der Genetik bemerkbar macht, so bei BATESON, DE VRIES und bis zu einem gewissen Grade auch bei GOLDSCHMIDT. Die Hartnäckigkeit, mit welcher der scharfkantige alte Typenbegriff der Evolutionslehre standhielt, wurde im Grunde genommen erst dadurch gebrochen, daß man erkannte, wie *klein* ein Mutationsschritt tatsächlich ist und wie *häufig* er getan wird. Solange man glaubte, „eine Mutation“ sei eine nur selten auftretende grobe Veränderung des Genoms, die allein für sich imstande sei, „ein neues Merkmal“, eine neue Rasse oder gar Art hervorzubringen, zweifelte man mit Recht daran, daß die Selektion aus dem so gebotenen Material arterhaltende Anpassungen herauszüchten könne. Heute weiß man, daß ein höheres Tier, etwa ein Insekt oder Säuger, DNA genug für rund eine Million funktioneller Gene oder Cistrons besitzt. Jede dieser doppelschraubigen Kettenmolekeln enthält mehrere Hunderte von Nukleotiden-Paaren, und die Veränderung eines einzigen dieser Paarlinge ist schon „eine Mutation“. Solche Abweichungen aber sind sehr häufig, und es gibt überhaupt kein Individuum, das nicht „eine Mutante“, und zwar eine mehrfache wäre.

Aber nur die wenigsten dieser Mutationen machen sich phänotypisch, in einem „Merkmal“ bemerkbar. Das Genom ist nicht ein Mosaik von beziehungslos nebeneinander gespeicherten Informationen, sondern ein System aus ineinandergeschachtelten Regelkreisen, deren vielfache Mechanismen negativer Rückspeisung die Wirkung haben, den Phänotypus innerhalb bestimmter Grenzen konstant zu halten. Die Einzelwesen einer Tier- oder Pflanzenart können somit in ihren individuellen Außenmerkmalen um sehr viel einheitlicher sein, als sie es in ihren erblichen Anlagen sind, oder, anders herum gesagt, der für eine Art kennzeichnende Phänotypus kommt durch Regulierungsvorgänge zustande, die trotz erheblicher Verschiedenheit der zugrundeliegenden Genkombinationen annähernd gleiche Wirkungen erzielen. Moderne Genetiker und Phylogenetiker schätzen, daß unter den ungefähr eine Million zählenden Cistrons eines höheren Tieres nur ungefähr 50000 strukturbestimmende Gene sind, und meinen, daß alle anderen für regulative Leistungen verantwortlich seien.

Die Erkenntnis, daß das Genom selbst schon in der angedeuteten Weise ein selbstregulierendes Wirkungsgefüge darstellt, macht die von Tiergruppe zu Tiergruppe sehr verschiedene Veränderlichkeit verständlich. Es gibt Genome, die gewissermaßen selbst alle etwaigen größeren Mutationen wegselektieren und einen morphologischen Mittelwert bevorzugen, bis zum fast völligen Erstarren von Evolutionsreihen, wie etwa von denen mancher phylloporer Krebse (Triops), der Pfeilschwänze (Limulus) oder der Brachiopoden (Lingula), die sich in den letzten 400 Millionen Jahren kaum verändert haben. Auf der anderen Seite aber macht dieselbe Erkenntnis verständlich, auf welchen Wegen die Evolution in anderen Fällen viel schneller gehen kann, als es nach den alten Vorstellungen möglich wäre. Da die große Einheitlichkeit des Phänotypus einer Art keineswegs durch eine entsprechende Gleichheit der genetischen Anlagen aller Einzelwesen, sondern durch eine ganz besondere Regulationswirkung zustande kommt, kann die Selektion tiefgreifende Änderungen hervorrufen, *ohne erst auf Mutationen*

-- p. 323, 2. Spalte --

warten zu müssen. Wäre das Genom ein wechselwirkungsfreies Mosaik und bei allen Mitgliedern einer Tierart völlig identisch, und könnte die Selektion nichts, als auf typen-ändernde Großmutationen zu warten und davon die ungünstigen auszumerzen, dann würden die wenigen Milliarden Jahre, die uns die Physiker für die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten zubilligen, unmöglich ausreichen, um dem Aufstieg des Tier- und Pflanzenreiches die nötige Zeit zu bieten. In Wirklichkeit greift die Selektion aber gar nicht an „der Mutation“, ja überhaupt nicht am Genom an, sondern am konkreten Einzelwesen, dessen phänotypische Eigenschaften bereits das Resultat der im Genom sich abspielenden, selbstregulierenden und von Individuum zu Individuum etwas verschiedenen Vorgänge sind. Der Selektionsvorgang belohnt oder bestraft die gleiche Eigenschaft in gleicher Weise, wie verschieden auch ihre genetischen Grundlagen sein mögen. All dies erklärt, daß Selektion *allein*, ohne Hinzukommen irgendeiner Mutation, aus dem Gen-Bestand einer Population innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit etwas Neues und besser Angepaßtes machen kann. Mit vollem Recht sprechen deshalb die berufenen Forscher, die sich mit der Synthese von Genetik und Phylogenetik beschäftigen, wie SIMPSON, DOBZHANSKY und HUXLEY, von  *kreativer*  Selektion.

Je mehr man sich mit der Mannigfaltigkeit einer Tiergruppe beschäftigt, desto mehr kommt man zu der Überzeugung, daß *jede* einigermaßen hervorstechende und scharf umrissene Eigenschaft, die eine bestimmte Form auszeichnet, ihre Existenz kreativer Selektion verdankt. Diese Aussage darf keineswegs als eine Überschätzung der allgemeinen Zweckmäßigkeit aller organischen Anpassungen ausgelegt werden. Es gibt im Reiche des Lebendigen nicht nur das eindeutig Zweckmäßige, sondern auch alles, was nicht *so* unzulänglich ist, daß es zur Ausmerzung der betreffenden Lebensform führt. Die Methodik der deduktionsfreien Induktion, der allein die Evolution ihre Information verdankt, bringt es notwendigerweise mit sich, daß sie gewisse, dem menschlichen Denken ohne weiteres offenbare Lösungsmöglichkeiten *nicht* finden kann. Dies drückt sich unter anderem ja auch in der konservativen Zähigkeit aus, mit der sie konstruktive Einzelheiten weiter mitschleppt, die nur als „Anpassungen von gestern“ zu verstehen sind. Täte sie das nicht, so wären unsere Kenntnisse der Stammesgeschichte noch mangelhafter, als sie tatsächlich sind.

Wir müssen durchaus damit rechnen, Eigenschaften von Struktur und Funktion zu begegnen, die „zufällig“ entstanden sind und von ihrer Entstehung an weder vorteilhaft genug waren, um durch Selektion weiterdifferenziert zu werden, noch nachteilig genug, um von ihr ausgemerzt zu werden. Der Nachweis einer nicht durch das Selektionsprinzip erklärbaren Eigenschaft ist also durchaus kein Gegenbeweis gegen die Selektionstheorie. Ich glaube jedoch nicht, daß solche zufällig entstandenen, selektions-indifferenten Eigenschaften in der Natur häufig sind, zumindestens nicht bei höheren Tieren. Ich bin kein Botaniker oder Pflanzenphysiologe, aber ich könnte mir vorstellen, daß eine Pflanzenart es sich eher „leisten kann“, ein Merkmal zu verändern, ohne die feine Angepaßtheit des Gesamtorganismus zu gefährden. Vielleicht ist es sinnlos, zu fragen, welche Selektionsvorteile der einen Eichenart aus ihren tiefer gelappten Blättern und einer anderen aus ihren mehr glattrandigen erwachsen. Ähnliche Erwägungen kann man wohl auch über niedrige tierische Lebewesen anstellen, aber höhere freibewegliche Tiere sind in allen Einzelheiten so „durchkonstruiert“, daß es schwerfällt, sich Merkmale vorzustellen, deren Veränderung im angedeuteten Sinne indifferent für die Selektion wären. Wir wissen ja aus den Erfahrungen der Haustier-Züchtung recht gut, wie solche nicht durch Selektion gesteuerte Merkmale aussehen. Wenn z.B. bei einer Hunderasse verschiedene Färbungen und Scheckungen vom Züchter „erlaubt sind“, würde auch ein Biologe, der nicht um diese Umstände weiß, sofort vermuten, daß nicht ein Selektionsdruck, sondern das Fortfallen eines solchen für die Verschiedenheit dieser Merkmale verantwortlich ist. Das einzige nach Art von Haustieren gescheckte wilde Säugetier, der Hyänenhund, *Lycaon pictus* L., zeigt immerhin eine etwas regelmäßige Zeichnung als etwa die englischen Fuchshunde, außerdem aber mag bei dieser Art, deren hochinteressante Soziologie jüngst von W. KÜHME untersucht wurde, die sehr differenzierte Arbeitsteilung innerhalb des Rudels einen Selektionsdruck auf gute

-- p. 324, 1.+2. Spalte --

Wiedererkennbarkeit der Individuen ausüben und damit die Unregelmäßigkeit der Fellzeichnung begünstigen, wobei deren Einzelheiten dem Zufall überlassen bleiben. Analoges gilt auch für die allerkleinsten Einzelheiten der Farbverteilung bei manchen gescheckten oder gestreiften Säugetieren und Fischen, die, wie HARMS entdeckt hat, durch Zerreißen eines embryonalen Pigment-Mantels zustande kommen. Doch liegt bei allen diesen Tieren genau fest, wie groß bzw. breit die zu erzielenden Flecken und Streifen zu sein haben.

Im übrigen wüßte ich kein Merkmal einer höheren, undomestizierten Tierart zu nennen, dessen Ausbildung ganz dem Zufall überlassen bleibt und demgegenüber die Frage „Wozu?“ sinnlos wäre. Diese Frage bedeutet im Munde des Biologen kein Bekenntnis zu mystischer Teleologie — PITTENDRIGH hat für sie den Terminus *teleonom*<sup>5</sup> vorgeschlagen —, sondern ist nur die Kurzfassung der Problemstellung „Welche Funktion ist es, deren Selektionsdruck bei dieser Art dieses Merkmal herausgezüchtet hat?“ Richtig gestellt, ist diese Frage meiner Überzeugung nach prinzipiell immer beantwortbar. Sinnlos wird sie natürlich in dem Augenblick, in dem die untersuchte Erscheinung pathologisch ist, sie kann geradezu als Test, ja, sogar zur Definition des

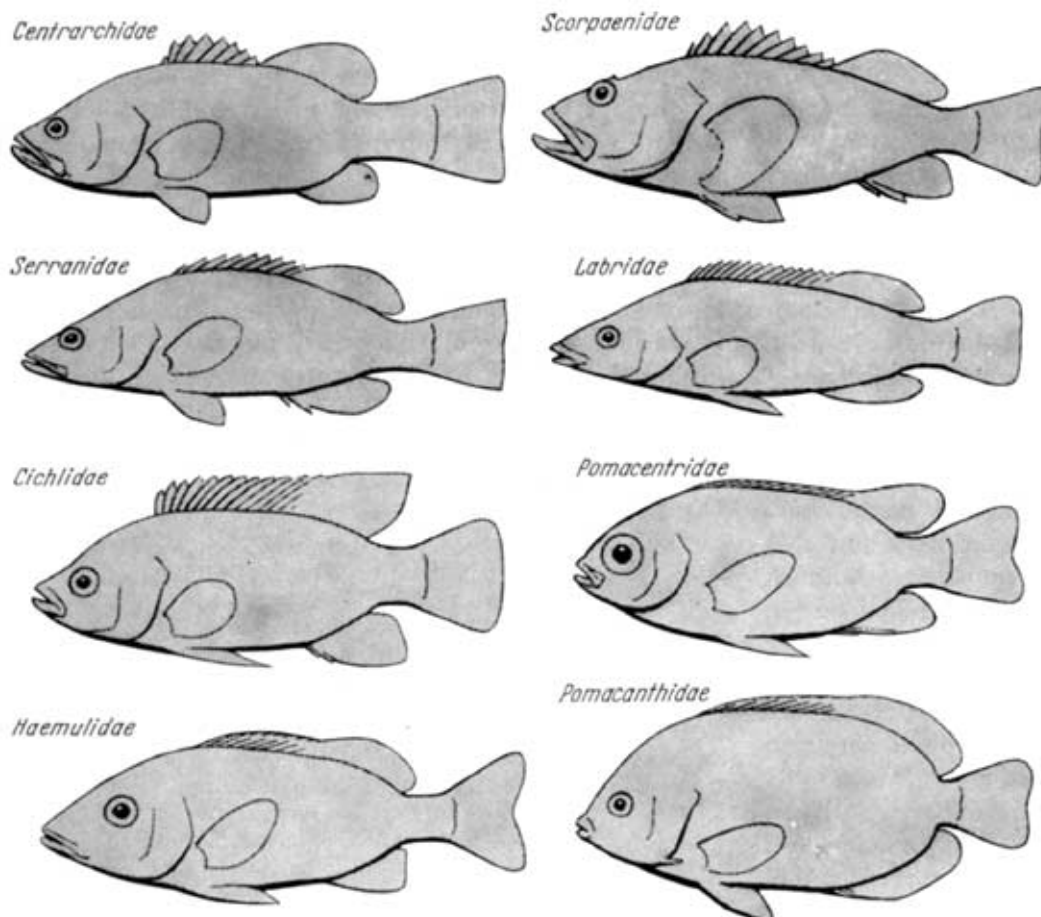


Fig. 1. Acht Vertreter verschiedener Gruppen von Perciformes. Von oben nach unten: Links: Centrarchidae, Serranidae, Cichlidae, Haemulidae. Rechts: Scorpaenidae, Labridae, Pomacentridae, Pomacanthidae

<sup>5</sup> Vom griech. τὸ τέλος = Ziel, Ende, Vollendung und ὁ νόμος = Gesetz. Dieser Ausdruck wurde erstmalig von C. PITTENDRIGH eingeführt, um den biologischen Begriff des arterhaltend Zweckmäßigen von dem metaphysischen Begriff des Teleologischen abzusetzen.

Pathologischen gebraucht werden. Mein Freund BERNHARD HELLMANN pflegte, wenn er einer bizarren und anscheinend sinnlosen Verhaltensweise eines neuen unbekanntes Tieres ratlos gegenüberstand, zu fragen: „Ist das im Sinne des Konstrukteurs“? In der Tat ist eine definitionsmäßige Abgrenzung des „Normalen“ gegen das „Pathologische“ nicht ohne Heranziehung der Begriffe der schöpferischen Selektion und der teleonomischen Angepaßtheit möglich.

Erklärungsmonismus ist der gefährlichste aller Ismen, aber so sehr ich mir dessen bewußt bin, muß ich gestehen: Je älter ich werde, desto mehr festigt sich in mir die Überzeugung, daß jede einzelne bedeutsame Einzelheit von Struktur und Verhalten aus den von CHARLES DARWIN entdeckten Vorgängen zu erklären ist. Tausende, aus den verschiedensten Wissensgebieten stammende Ergebnisse sprechen für diese Annahme, keines gegen sie. Diese Tatsache ist merkwürdigerweise immer noch für viele Denker unannehmbar, und zwar leider ganz besonders für solche, die von ihrer guten und ehrlichen Freude an der Schönheit daran gehindert werden, ihre natürliche Erklärbarkeit zuzugestehen. So ist die Mannigfaltigkeit der Tier- und Pflanzenwelt eine der letzten Gegebenheiten der organischen Schöpfung, zu deren Erklärung immer noch vitalistische „Faktoren“ in Anspruch genommen werden, wie BUYTENDIJKS „vitale Phantasie“ oder PORTMANNS „Selbst-Darstellung der Organismen“.

Ich habe niemals das Gefühl gehabt, daß eine natürliche Erklärung entwertet oder der Schönheit der Natur ihren Zauber nimmt. Im Gegenteil, das Wunderbare in der Natur liegt ja eben gerade darin, daß sie nie gegen ihre eigenen Gesetze verstößt. Der Zauber der Mannigfaltigkeit wird dadurch um kein Jota vermindert, daß wir uns begründete Vorstellungen davon machen können, wie sie zustandekommt. Diejenige Verwandtschaftsgruppe von Tieren, die ich besser kenne als irgendeine andere, hat mich ganz sicher deshalb angezogen, weil sie eine größere Mannigfaltigkeit von Formen, Farben und Verhaltensweisen hervorgebracht hat, als es irgend eine andere von ähnlicher taxonomischer Dignität in vergleichbaren Zeiträumen getan hat. Dies sind die barsch-förmigen Fische oder Perciformes, eine Gruppe, die man an taxonomischem Wert etwa mit den Sperlingsvögeln vergleichen kann und die erdgeschichtlich nicht sehr viel älter ist als diese. Ein weiteres Vergleichsmoment kann man darin sehen, daß beide Gruppen besonders erfolgreich sind; jede von ihnen ist die arten-, wenn nicht die individuenreichste in ihrer Klasse. So besteht z.B. die verwirrende Menge von Fischarten, die der Taucher auf dem Korallenriff begegnet, fast ausschließlich aus Perciformes. Man kann sich kaum eine Tiergruppe denken, auf die der scherzhafte Aphorismus besser zuträfe, den mein Lehrer HEINROTH bei Betrachtung organismischer Mannigfaltigkeit zu äußern pflegte: „Es gibt doch Nichts, was es nicht gibt!“ Die extremen Endformen, die eine von derselben Grundform ausgehende, in verschiedenen Richtungen erfolgende Anpassung, die sog. adaptive Radiation, hervorgebracht hat, sind bei

-- p. 325, 1. Spalte --

den Perciformes so verschieden, daß die ichthyologische Systematik lange gebraucht hat, um sich zur Erkenntnis der verhältnismäßig engen verwandtschaftlichen Zusammengehörigkeit dieser Extreme durchzuringen.

Dazu kommt, daß die verschiedenen Unterordnungen und Familien der Ordnung keineswegs erst jenen Anpassungsvorgängen ihr Dasein verdanken, die den Grundtypus des Barsches so weitgehend umgemodelt haben. Vielmehr gehen die meisten dieser Untergruppen von Formen aus, die einander und dem zweifellos ursprünglichen Typus der Perciformes ähneln. Die Fig. 1 gibt eine Übersicht über solche Vertreter von 8 Unterordnungen und Familien, den Serraniden, Centrarchiden, Cichliden, Pomacentriden, Haemuliden, Labriden, Pomacanthiden und Scorpaeniden, denen man noch mehrere weitere hinzufügen könnte. In einigen Fällen sind in zweien solcher Untergruppen aus wirklich „barsch-förmigen“ Perciformes in paralleler Anpassung extrem differenzierte Formen entstanden. In Spezialisierung auf das Leben am steinigen Grunde haben z. B. Perciden, Cichliden, Gobiiden, Blenniiden, Cottiden und Scorpaeniden bizarre Fische hervorgebracht, die nicht mehr frei im Wasser schweben können, da ihre Schwimmblase reduziert ist und die sich untereinander in Körperbau, Bewegungsweise und Ökologie ganz erstaunlich ähneln. Am merkwürdigsten aber sind die bis in Einzelheiten gehenden Konvergenzerscheinungen im Verhalten dieser Fische, denen W. WICKLER langjährige Untersuchungen gewidmet hat und noch widmet. Dem Evolutionsforscher sind Konvergenzerscheinungen aus naheliegenden Gründen willkommen. Wenn zwei Gruppen ein spezialisiertes und somit generell unwahrscheinliches Merkmal unabhängig voneinander „erfinden“, so weiß man mit allergrößter Sicherheit, daß eine gemeinsame Funktion, mit anderen Worten ein gleichartiger Selektionsdruck die Ursache ist.

Viele Umstände bringen es mit sich, daß die Perciformen ein besonders vielversprechender Gegenstand der Evolutions- und Anpassungsforschung sind: Die Vielzahl der Unterordnungen und Familien, die Mannigfaltigkeit der Anpassungsrichtungen, die von den ursprünglichen, im buchstäblichen Sinne Barsch-förmigen ausgehen, die extremen Spezialisierungen, die sie erreichen und nicht zuletzt die eben erwähnten, vielfachen Konvergenzen tragen alle hierzu bei. Dazu kommt noch der für die vergleichenden Verhaltensforscher wichtige Umstand, daß sich die meisten Perciformes, mit Ausnahme gewisser Hochsee-Formen, recht gut im Aquarium halten lassen. Aus allen diesen Gründen wähle ich diese Gruppe, um an einem notwendigerweise nur sehr cursorisch zu besprechenden Beispiel zu illustrieren, wie sich Evolution „benimmt“ und in welcher Weise eine Mannigfaltigkeit bizarrer Formen entstehen kann. Außerdem wähle ich einen Anpassungsvorgang, der sich fast ausschließlich aus dem Selektionsdruck von sehr einfachen Funktionen erklären läßt, nämlich dem der Lokomotion und dem des Nahrungserwerbs.

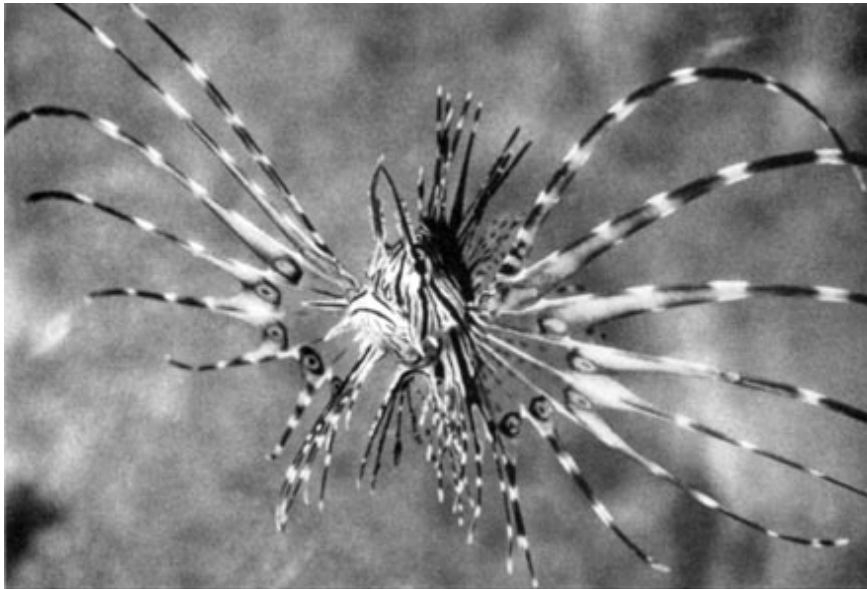


Fig. 2. Rotfeuerfisch, *Pterois volitans*, etwa 7 cm langer Jungfisch

-- p. 325, 2. Spalte --

Außerdem wähle ich den bizarrsten Fisch, den man sich überhaupt vorstellen kann, man könnte zunächst wirklich glauben, daß derartiges nur mit der Annahme einer vitalen Phantasie oder Selbstdarstellung des Organismus Zustandekommen kann (Fig. 2). Dieser Fisch, *Pterois volitans* L., hat wegen der großen Wasser-Reibung und Turbulenz, die durch seine riesigen Brustflossen beim Vorwärtsschwimmen hervorgerufen werden, die Fähigkeit verloren, schnell zu schwimmen, er ist nächst den Syngnathiden, Seepferdchen und Seenadeln, der langsamste Fisch, den ich kenne. Gerade dann, wenn ein Merkmal offensichtliche Selektionsnachteile mit sich bringt, ist erfahrungsgemäß die Aussicht besonders groß, eine vernünftige Antwort auf die teleonome Frage „Wozu?“ zu finden. Wir betrachten getrost eine jede lebende Art als ein florierendes Geschäftsunternehmen, und wenn sie sich irgendeine Struktur oder Funktion „sehr viel kosten läßt“ — die Brustflosse von *Pterois volitans* kostet die Art ihre doch sicher wertvolle Fähigkeit, schnell zu schwimmen —, so stellen wir die utilitaristische Frage „wieso rentiert sich das?“ Auf sie erhalten wir fast stets eine recht überzeugende Antwort, wofern wir Ökologie und Verhalten des betreffenden Tieres genügend kennen. Die zweite, oft schwerer zu beantwortende Frage ist, wie die Selektion die betreffende Konstruktion „erfinden“ konnte.

Ich beginne der Übersichtlichkeit halber mit diesem zweiten Problem. Die Brustflossen vieler Perciformen, die zum Leben am Grunde übergegangen sind, haben in konvergenter Anpassung eine funktionelle Zweiteilung erfahren. Der hintere bzw. untere Teil wird zum Stützorgan, mit dem sich der Fisch gegen den Boden, oder nach beiden Seiten gegen Steine oder Korallenäste anstemmt. In diesem Anteil werden die weichen Flossenstrahlen durch harte, ungeteilte ersetzt, wie dies bei Zackenbarschen (*Anthias*), den diesen nahestehenden Cirrhitiden, der Fall ist, ebenso bei jenen Scorpaeniden, deren Anpassung an das Grundfischleben nicht allzuweit vorgeschritten ist; die spezialisierteren Formen haben nur noch harte Strahlen in den Brustflossen. Diese haben dann bei den erwähnten Fischen zunächst eine spitz ausgezogene rhombische Form, deren Spitze die Grenze zwischen dem weichen oberen und dem hartstacheligen unteren

-- p. 326, 1. Spalte --

Rande bildet, wie Fig. 3 zeigt. Eine besondere Ausbildung und Differenzierung dieses Flossentyps zeigt der zu den Cirrhitidae gehörige *Chilodactylus macropterus*, bei dem eine Zweiteilung der Flosse angebahnt ist.

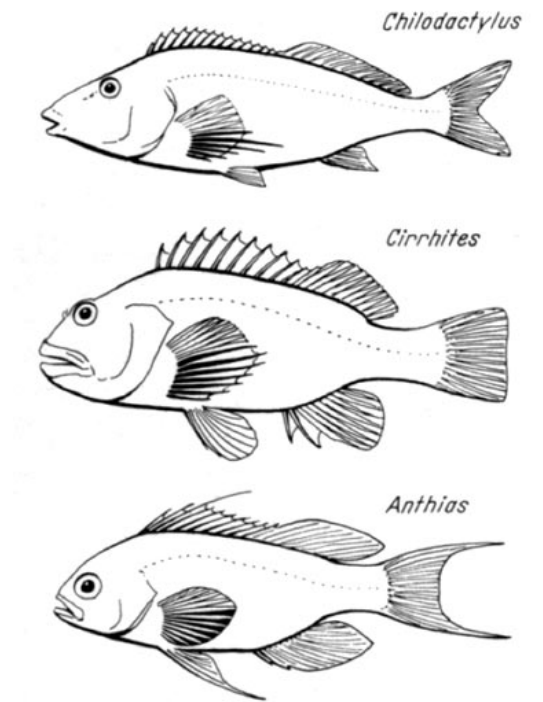


Fig. 3. Differenzierung der Brustflosse als Stützorgan, unten: der Serranide *Anthias*, Mitte: *Cirrhitidae*, oben: der zu den Cirrhitiden gehörige *Chilodactylus*



Fig. 4. Die mit dem Rotfisch nah verwandte Gattung *Dendrochirus*; der Stützteil der Brustflosse ist gegen deren oberen, eine Tragfläche bildenden Teil rechtwinklig abgeknickt

Bei drei Gruppen solcher Grundfische sind nun einzelne Formen sekundär wieder zum Freischwimmen übergegangen, nämlich bei den Scorpaeniden, zu denen die uns hier interessierende *Pterois* gehört, ferner bei den Knurrhähnen oder Triglidae und bei den diesen nahestehenden Flughähnen oder Dactylopteridae. Solche grundlegenden Veränderungen der Anpassungsrichtung sind durchaus nicht selten. Eine Fischgruppe, die sonst nur freischwimmende Formen enthält, kann eine bodenlebende Form hervorbringen und umgekehrt, genau wie eine Autofirma, die bisher nur Personenwagen

gebaut hat, einen Lastwagen produzieren kann, wenn der Absatz eines solchen lohnt. Wenn sich eine Anpassungsrichtung geradezu

-- p. 326, 2. Spalte --

umkehrt, wie in dem in Rede stehenden Fall, macht sich das von dem belgischen Paläontologen DOLLÓ aufgestellte Irreversibilitätsgesetz bemerkbar. Das besagt, daß eine Rück-Anpassung niemals auf demselben Wege erfolgt, den die Anpassung gegangen ist. Warum das so ist und welche Ausnahmen von dieser Regel vorkommen, soll uns hier nicht weiter beschäftigen. Die erwähnten Fische jedenfalls, die vom Bodenhüpfen zum Freischwimmen zurückkehren, holen nicht ihr stark reduziertes Schwebeorgan, die Schwimmblase, aus der Rumpelkammer, sondern verlegen sich auf die Ausbildung tragender Flächen, und zwar an den Brustflossen. Diese sind nun zwei verschiedenen Selektionsdrucken ausgesetzt, demjenigen, der von der Funktion des Freischwimmens ausgeübt wird, und demjenigen, den die Notwendigkeit eines Stützorgans bewirkt, denn diese Tiere bleiben ja trotz ihrer neuen Schwimmanpassung auch weiterhin schwerer als Wasser und müssen sich zur Ruhe niederlassen können, so gut wie ein Vogel.

Der Kompromiß zwischen diesen beiden verschiedenen Anforderungen an die Brustflosse wird nun in zwei verschiedenen Weisen getroffen, wobei merkwürdigerweise die Scorpaeniden und die Trigliden denselben Weg beschritten haben, die mit letzteren verwandten Dactylopteriden aber einen anderen. Bei den erstgenannten Fischen wird die Brustflosse um die Linie der funktionellen Grenze zwischen dem „Schwimmteil“ und dem „Fahrgestell“ geknickt (Fig. 4), so daß der erstere, der auch stets vergrößert wird, in eine annähernd horizontale Lage gebracht werden kann, während der stützende Teil der Flosse in eine ungefähr sagittale Ebene zu liegen kommt. An der Grenze beider Anteile verkürzen sich die Flossenstrahlen und weichen auseinander, wie schon bei dem Cirrhitiden *Chilodactylus*, so daß die einen bremsenden Wasserwiderstand erzeugende Taschenbildung zwischen beiden Flossen-Anteilen verkleinert wird. Das ist der Zustand, den Pterois und die naheverwandte Gattung *Dendrochirus* gegenwärtig zeigt. Bei den Knurrhähnen ist die analoge Formveränderung der Brustflossen viel weiter gegangen. Der ursprünglich hintere, die Bodenstütze abgebende Teil der Flosse hat sich bei ihnen völlig von dem oberen, ursprünglich vorderen getrennt, ist weit nach vorne gewandert und bildet nicht nur ein Fahrgestell, sondern ein aktives Lokomotionsorgan; die Knurrhähne vermögen auf den drei wie Finger beweglichen Strahlen, die diesen Teil der Brustflosse darstellen, wie ein sechsbeiniges Insekt zu laufen. Außerdem können sie damit auch chemische Reize aufnehmen und Beute finden. In Lagehomologie zur Vorderextremität des Tetrapoden entsprechen diese Finger also dem Kleinfinger-Rand der Hand, der mit der ursprünglichen Dorsalseite nach unten sieht, die Strahlen krümmen sich dorsalwärts. Die Tragflächenanteile der Flossen sehen dagegen wie bei allen anderen Fischen mit der Volarseite nach unten.

Bei den Flughähnen ist zwar auch der ursprüngliche Hinterrand, die Kleinfingerseite der Flosse, die das Stützorgan bildet, weit nach vorne gerückt und hat sich von der übrigen Flosse abgesetzt. Die ganze Flosse aber hat sich nicht wie eben von den Scorpaeniden und Trigliden beschrieben wurde, gefaltet, sondern ihr ulnarer Rand wurde gewissermaßen von den nach kranial wandernden Stützstrahlen mitgezogen,



-- p. 327, 1. Spalte --

so daß nun die ganze Flosse mit der ursprünglichen Dorsalseite nach ventral gekehrt ist (Fig. 5). Von diesen naheverwandten, meist sogar in einer Unterordnung vereinigten Fischgruppen, die beide denselben Teil der Brustflosse zum Schwebeorgan umgestaltet haben, wird also die eine von der Volarseite, die andere von der Dorsalseite dieses Organes getragen.

Alle zum Grundfischleben spezialisierten Scorpaeniden sind verhältnismäßig langsame, zum Zweck des Beute-Erwerbs gut getarnte Raubfische und sämtlich durch giftige Stacheln gegen Raubfeinde geschützt. Die zum Freischwimmen zurückgekehrten Formen sind wegen ihrer großen Brustflossen noch langsamer und noch weniger als die Bodenformen imstande, einen Fisch in rascher Verfolgung zu erhaschen. Sicherlich deshalb, weil sie beim Freischwimmen exponierter gegen Freißfeinde sind, sind sie durchweg ganz besonders giftgeschützt. Statt, wie ihre bodensässigen Vorfahren wohlversteckt darauf zu warten, daß sich ihre Beute ihnen ahnungslos nähert, sind sie gezwungen, ihrerseits an diese heranzukommen, und sie tun das auf einzigartige Weise. Sie breiten ihre Vorderextremitäten weit aus und spreizen sie rechtwinkelig vom Körper ab und treiben so die Beute mit genau derselben Methode in einen Winkel, mit der unsere technischen Assistentinnen eine Gans oder einen Kranich an einen gewünschten Ort zu treiben pflegen, indem sie nämlich die Vorderextremitäten ausbreiten und jedem Ausbruchversuch des getriebenen Tieres nach rechts oder links durch eine kompensierende Bewegung vorbeugen. Dabei rücken sie, wiederum genau wie ein Tiere treibender Mensch, weder so schnell vor wie ein Raubtier, das Beute in offenem Vorstoß zu erhaschen versucht, noch auch so langsam wie eins, das bestrebt ist, unbemerkt anzuschleichen, etwa wie ein Hecht oder Sargassumfisch, dessen Vorwärtsbewegung für die Wahrnehmung der Beute unterschwellig bleiben muß. Besonders wirkungsvoll wird die geschilderte Methode, wenn sich mehrere Individuen zu einer Treiberkette vereinigen, was ich, außer bei T.A.s besonders bei der Gattung *Dendrochirus* beobachtet habe. Diese Gattung hat „noch“ ganzrandige Brustflossen, die ihr ungemein nahestehende Gattung *Pterois* ist dadurch definiert, daß die Strahlen des oberen Anteils dieser Flosse lang ausgezogen und nicht durch Flossenhaut miteinander verbunden sind. Von den vielen Arten habe ich nur *Pterois volitans* jahrelang gehalten und beobachtet und kenne lebend sonst nur *Pterois miles* und *P. radiata*. Doch hatte ich den deutlichen Eindruck, daß zumindest *P. miles* mit den *Dendrochirus*-arten näher verwandt ist als mit *volitans*. Mit anderen Worten, ich glaube, daß die *Pterois* genannte „Gattung“ gar keine natürliche Einheit darstellt, sondern daß ihre Arten, zumindest einige von ihnen, polyphyletisch aus *Dendrochirus*-ähnlichen Vorfahren entstanden sind. Es haben wohl mehrere Formen unabhängig voneinander die „Erfindung“ gemacht, daß Verlängerung der Strahlen die Scheuchwirkung der Flosse verstärkt, ohne ihren Wasserwiderstand zu erhöhen. Für diese Annahme spricht auch, daß die sonstige Ausgestaltung, die diese Strahlen zur Verstärkung ihrer optischen Wirkung erfahren haben, verschiedene Wege beschritten hat. So sind sie z.B. bei *P. radiata* blendend weiß gefärbt, bei *P. volitans* aber mit flatternden Hautlappen behangen. Daß die gejagte Beute dem Räuber im buchstäblichen Sinne „durch die Lappen“ geht, wird bei *volitans* durch eine besondere Maßnahme verhindert. Im körpernahen Teil der Brustflosse, die im übrigen undurchsichtig und kräftig gefärbt ist, findet sich ein großes glasklares Fenster, das dem gejagten Fischchen einen Ausweg aus dem weitgespannten Strahlennetz gerade dort verspricht, wo die *Pterois* es am besten erschnappen kann.

Die Jagdweise, auf die *Pterois* so ausschließlich spezialisiert ist, hat zur Voraussetzung, daß das Beutetier sich „treiben“ läßt, d.h., daß die Richtung seiner Flucht allein von derjenigen bestimmt wird, aus der sich der Raubfisch nähert. Fische, die über gute Wegdressuren in bekannter Umgebung verfügen und bei Herannahen des Feindes nicht geradewegs von diesem fort, sondern wohlorientiert zur nächsten Deckung schwimmen, kann ein *Pterois* niemals kriegen. Man kann sie daher getrost mit kleinen Pomacentriden, Chaetodontiden, Lippfischen und sonstigen ortstreuen und „raum-intelligenten“ Fischen zusammenhalten, vorausgesetzt, daß genügend Deckung vorhanden ist und daß die kleinen Aquariengenossen gut „eingeschwommen“ sind. Solche versucht eine *Pterois* erst gar nicht zu jagen, und wenn sie noch so hungrig ist. Setzt man jedoch einen neuen kleinen Fisch hinzu, so bemerkt eine *Pterois* meist sofort dessen Unorientiertheit, macht sofort Jagd auf ihn und vermag dann sehr häufig, die Beute in eine Situation zu manövrieren, in der eine Annäherung bis auf Schnappdistanz möglich wird.

Ich könnte diese Rekonstruktion des Werdeganges aller funktionellen Einzelheiten von *Pterois* noch viel überzeugender gestalten,

-- p. 327, 2. Spalte --

indem ich noch mehr Einzelheiten und vor allem Bild- und Filmmaterial beibrächte. Ich könnte in vielleicht noch besser überzeugender Weise dartun, wie aus der ursprünglichen Form des perciformen Fisches andere extreme Anpassungen entstanden sind, etwa, wie die Funktion des „Weidens“, d.h. des Abpflückens von auf fester Unterlage wachsender Nahrung, wie sie sich auf dem Korallenriff so reichlich darbietet, auf der einen Seite hochkörperige, seitlich zusammengepreßte Formen heraus-selektiert hat, bei denen die nötige Manövrierfähigkeit auf dem Wege äußerster „Kurs-Stetigkeit“ erreicht wird, wie bei einem Schwertboot (Fig. 6), auf der anderen Seite Formen, die Gleiches durch Ausbildung von vier in allen Raumrichtungen wirksamen Propellern erreichen, wobei die Form des Körpers fast gleichgültig wird. Ich zeige nur im Bilde je einen extremen Vertreter dieser konstruktiven Lösungsmöglichkeiten, einen *Zanclus cornutus* und einen Kofferrisch, *Ostracion cubicus* (Fig. 7).

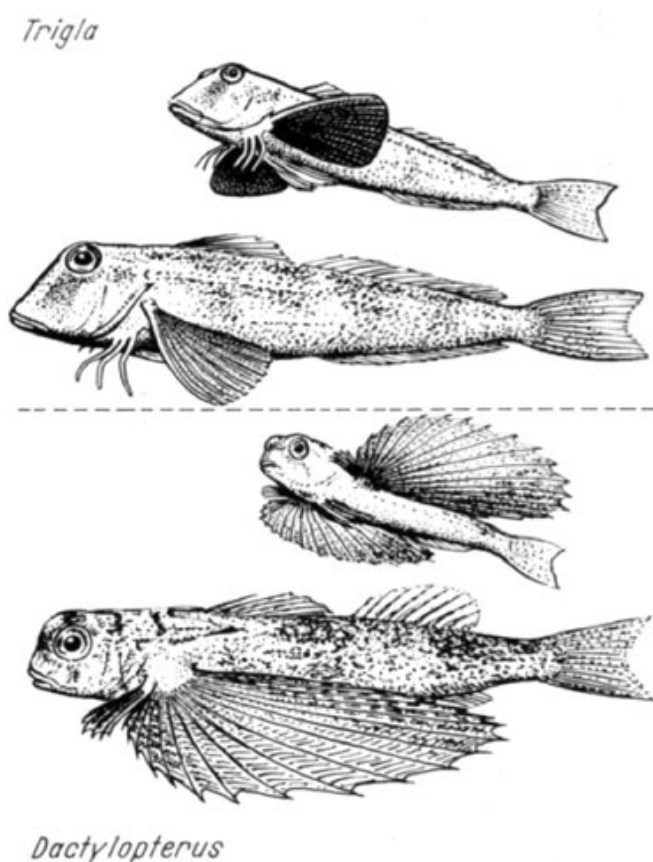


Fig. 5. Bei der Gattung *Trigla* (oben) ist der Stützteil der Brustflosse von dem Tragflächenteil völlig getrennt und weit nach vorne gerückt. Der Tragflächenteil sieht mit der Handflächenseite nach unten. Bei *Dactylopterus* (unten) ist der Tragflächenteil mit der ursprünglichen Dorsalseite nach unten gewendet

Was ich zu zeigen versuche, ist folgendes: Wenn man, wie im Falle der barschförmigen Fische, eine genügende Zahl von Arten zur Verfügung hat, die in verschiedenen Richtungen und in verschiedenem Grade angepaßt sind, so daß auch genügend viele Zwischenformen untersucht werden können, so ist der historische Verlauf der phyletischen Morphogenese oft mit wirklicher Sicherheit rekonstruierbar. Daß z.B. die zu zwei Funktionen spezialisierten Brustflossen der Knurrhähne oder Triglidae auf dem hier dargestellten Wege und der beschriebenen Aufeinanderfolge historischer Schritte entstanden sind, könnte selbst dann mit Sicherheit behauptet werden, wenn das Vergleichen konservierter toter Fische unsere einzige Wissensquelle wäre. Kennt man dazu mit einiger Genauigkeit die

Ökologie und die Bewegungsweisen von einer Anzahl der zu einer solchen Differenzierungsreihe gehörigen Formen und hat man die Strukturmerkmale, deren Entstehung man erklären will, oft genug und mit eigenen Augen in ihrer Funktion beobachtet, so wird einem häufig die Wirkung der Selektionsvorgänge, die so ein bizarres Lebewesen wie eine Pterois hervorgebracht haben, so überzeugend klar, daß die Erklärung banal scheint. Bekäme man nur eine tote Pterois

-- p. 328, 1. Spalte --



Fig. 6. Heniochus acuminatus. Erklärung im Text



Fig. 7. Kofferfisch Ostracion cubicus. Erklärung im Text

in die Hand gedrückt, ohne jede sonstige Information, so würde man seinen Augen nicht trauen und ausrufen: „Unglaublich“, wie es der Benenner der Gattung Apistus auf Griechisch getan hat<sup>6</sup>. Ist man mit dem lebenden Fisch, seinen Verhaltensweisen und seiner Ökologie vertraut und kennt man auch einigermaßen seine Verwandten, so erscheint die Zweckmäßigkeit wie die Herkunft aller Einzelheiten seiner Konstruktion fast ebenso selbstverständlich, wie die spitzen, krummen und einziehbaren Krallen unserer Hauskatze.

Weiterhin wollte ich zeigen, auf welchen Zickzackwegen sich der Artenwandel bewegt. Stellt man, wie es die Typologen tun, eine Pterois und einen Kofferfisch der ursprünglichen Barschgestalt als Typen gegenüber und fragt sich, wie sie aus dieser entstehen konnten, so setzt diese Frage nur allzu leicht unbewußt eine in Wirklichkeit nicht vorhandene Teleologie voraus.

---

<sup>6</sup> Griech. ἄπιστος = unglaublich; von πιστεύω = glauben, mit α privativum.

--p. 328, 2. Spalte –

Bei der erwähnten funktionellen Zweiteilung der Brustflosse beim Beginn der Boden-Anpassung „weiß“ die Evolution ja noch nicht, daß eine Rückanpassung ans Freischwimmen erfolgen wird, usw. usw. Der einzelne Schritt schafft zwar die Voraussetzungen für einen schließlich zustandekommenden Enderfolg, ist aber in keiner Weise auf diesen hin gerichtet. Nicht eine prästabilisierte Richtung des Evolutionsgeschehens, sondern das Fehlen einer solchen ist die Voraussetzung für die Entstehung der Mannigfaltigkeit der Lebensformen.

Ich fasse alles, was ich bisher gesagt habe, in den Satz zusammen: Ich glaube fest, daß man bei höheren Tieren, bei denen aus den auseinandergesetzten Gründen selektionsindifferente Eigenschaften selten sind, grundsätzlich alle vorgefundenen Merkmale ebenso wie die ganze Mannigfaltigkeit der Arten aus den von CHARLES DARWIN gefundenen Erklärungsprinzipien verständlich machen kann. Ich habe bisher nur von der Mannigfaltigkeit der Anpassungen gesprochen. Wovon ich bisher nichts gesagt habe, ist, daß es sogenannte „niedrigere“ und „höhere“ Organismen gibt. Die adaptive Radiation, von der bisher ausschließlich die Rede war, hat mit „höher“ und „niedriger“ nichts zu tun, insbesondere ist eine speziellere Anpassung durchaus nicht gleichbedeutend mit Höherentwicklung. Ein Paramecium ist durchaus nicht schlechter an seinen Lebensraum angepaßt als ein Affe, und schon unter den Protozoen, ja unter den Bakterien gibt es hoch spezialisierte Wesen, z.B. obligate Parasiten, die nur an einer einzigen Wirts-Art schmarotzen können.

Was ist also damit gemeint, wenn, uns allen verständlich, auf dem ersten Band, sowohl des guten alten Brehm als auch des ausgezeichneten neuen Knaur, der Titel „Niedere Tiere“ zu lesen ist? Es liegt in uns Menschen ein eingeborener, vielleicht sogar im eigentlichen kantischen Sinne apriorischer Zwang, eine allgemeine Richtung der Evolution als *Wert* zu empfinden. Man kann das Vorhandensein dieser unentrinnbaren Wertempfindung jedermann demonstrieren, indem man ihn auffordert, im Gedankenversuch hintereinander Lebewesen von verschiedener Entwicklungs-„Höhe“, etwa eine Salatpflanze, einen Regenwurm, einen Fisch, einen Frosch, ein Huhn, eine Ratte, eine Katze, einen Hund und schließlich einen Schimpansen zu vernichten. Wer einen lebenden Schimpansen ebenso leicht in Stücke schneidet wie einen Salatkopf, gehört sofort in eine geschlossene Abteilung.

Besagtes Gedankenexperiment zeigt eindeutig genug, daß bei jedem normalen Menschen die gefühlsmäßige Bewertung alles Lebendigen mit seiner allgemeinen Differenzierungshöhe ansteigt, ganz besonders aber mit der seines Verhaltens, mit anderen Worten seines Nervensystems. Unser Gefühl bewertet in unseren Mit-Lebewesen ganz genau das, was alle Lebewesen seit eh und je tun. Wir haben schon gehört, daß unter diesem Tun das Sammeln von Information die allererste Stelle einnimmt. Der Mensch ist der Informations-Sammler κατ' ἐξοχήν, er ist per definitionem das reflektierende Wesen, das einzige unter den vielen informations-sammelnden Systemen, das

-- p. 329, 1. Spalte --

Information über sich selbst in das Programm seines Sammelns aufgenommen hat. Es wäre denkbar, daß ein solches System notwendigerweise eingebaute Reaktionen besitzen muß, die eben das fördern und beschützen, was es selbst „hauptberuflich“ tut, Reaktionen, die mit den subjektiven Gefühlen des *Wertens* einhergehen. Es wäre denkbar, daß in dieser einen Hinsicht Denken und Sein des reflektierenden und wissen-wollenden Systems wirklich in eins zusammenfallen. Eben dies meinte ich, als ich sagte, die Wertempfindungen des Menschen seien vielleicht im Sinne KANTS apriorisch.

Wie immer man über Metaphysik des Wertes und des Wertens denken mag, die Richtung des organischen Werdens, auf die unser Gefühl mit einer deutlich abgestuften Skala von Wertempfindungen anspricht, läßt sich auch objektiv definieren, und zwar mit GOETHE: Entwicklung ist Differenzierung und Subordination der Teile unter das Ganze. Je weiter dieser Vorgang in der Evolution eines Lebewesens gediehen ist, desto „höher“ nennen wir es, und in diesem Sinne gebrauche ich im folgenden nun auch dieses Wort.

Höherentwicklung und bessere Anpassung sind, wie gesagt, durchaus nicht ohne weiteres gleichzusetzen. Höherentwicklung bringt viele anpassungsmäßige Nachteile mit sich, z.B. die erhöhte Abhängigkeit des Gesamtsystems von jedem seiner Teile, die unabdingbar mit der Spezialisierung ihrer Arbeitsteilung einhergeht. Eine Hydra kann man in kleine Teile schneiden, ein Wirbeltier verträgt nicht einmal, daß man es köpft. Es ist daher eine an sich berechtigte Frage, ob die im gesamten Organismen reich herrschende allgemeine Tendenz zur Höherentwicklung auf Grund derselben Prinzipien verständlich gemacht werden kann, die zweifelsohne imstande sind, die nach allen Seiten hin ausstrahlende Anpassung zu erklären.

Ich glaube, es gibt Indizienbeweise, die es mehr als nur wahrscheinlich machen, daß die Konkurrenz zwischen nahverwandten Formen genügt, um die Entwicklungsrichtung zum Differenzierteren, Komplexeren, Höheren hin zu erklären. Wir kennen aus der Paläontologie eine ganze Reihe von Fällen, in denen eine stammesgeschichtlich neue „Erfindung“ sehr rasch diejenigen Formen verdrängte, die ihrer nicht teilhaftig wurden. Noch im Silur besetzen Cyclostomen (Rundmäuler) sehr viele ökologische Nischen, die heute den Fischen gehören. Es gab unter jenen spindelförmige, sicher freischwimmende Formen, die höheren Fischen äußerlich weit ähnlicher sind als alle heute lebenden Rundmäuler, und viele andere hochspezialisierte Vertreter des Stammes. Im Obersilur und Devon kommen die ersten Kiefernmäuler oder Gnathostomen zur Blüte, und es verschwindet alles Fischähnliche, das nicht die erfolbringenden Organe, nämlich Ober- und Unterkiefer sowie Schulter- und Beckengürtel nebst kräftig bemuskelten paarigen Flossen besitzt. Einzig in der merkwürdigen ökologischen Nische von Fischparasiten erhalten sich einige Gattungen von Cyclostomen mit kaum einem Dutzend Arten. Analoge stammesgeschichtliche Vorgänge lassen sich in erheblicher Zahl nachweisen. Daß es die Konkurrenz der Nächstverwandten ist, die einen Selektionsdruck in der Richtung auf höhere Differenzierung und Komplikation der Organe hin ausübt, läßt sich in vielsagender Weise am Modell der menschlichen Technik zeigen. Die ersten wirklich brauchbaren Automobile, wie z.B.

-- p. 329, 2. Spalte --

Henry Fords berühmtes T-Modell, haben dem Pferdefuhrwerk alsbald erhebliche, ja vernichtende Konkurrenz gemacht, sie waren mit ihrem Zweigang-Planetengeräte und ihrer primitiven Federung zunächst durchaus gut genug, um den Markt zu beherrschen. Sie mußten komplizierteren, im Sinne der Goetheschen Definition höher entwickelten Autos weichen, obwohl diese in ihrer größeren Vulnerabilität und geringeren Reparierbarkeit alle typischen Nachteile haben, die wir schon als Folgen der Differenzierung und Subordination der Teile kennengelernt haben.

Ich sehe keinerlei vernünftigen Grund gegen die Hypothese, daß die Höherentwicklung des Zentralnervensystems durch gleiche Ursachen bewirkt worden ist wie die aller anderen Organe. Mit der allen zentralisierten Nervensystemen eigenen Leistungen des Lernens ist eine neue Methode des Sammelns von Information auf den Plan getreten, die dem Individuum eine adaptive Modifikation des Verhaltens ermöglicht. Der ungeheuere Selektionswert dieses Verfahrens geht aus seiner Allgegenwart bei sämtlichen höheren Tieren hervor. Mit dem sozialen Zusammenleben höchstorganisierter warmblütiger Tiere ergab sich die weitere neue Möglichkeit, individuelle Erfahrung weiterzugeben, und mit der Entwicklung von begrifflichem Denken und Wortsprache beim Menschen erreichte die kulturelle Tradition Leistungen, die einer Vererbung erworbener Eigenschaften funktionell gleichkommen.

Es mag zwar innerhalb der heutigen menschlichen Sozietät so scheinen, als brächte höhere Differenziertheit des Zentralnervensystems keine besonderen Selektions-Vorteile, aber die Tatsache, daß der Mensch als Art zum „Leitfossil der Gegenwart“ geworden ist, spricht doch stark für diese Annahmen.

Was gegen sie spricht, sind ausschließlich gefühlsmäßige Gründe, nämlich eben die erwähnte idealistische Abneigung, eine natürliche Erklärung von Erscheinungen zuzulassen, die Ehrfurcht und Wertempfindungen erwecken. Dem wahren Naturforscher aber scheint es, wie ich meine, erst recht ehrfurchterweckend, wenn das Prinzip des Sammelns von Information, das allem Leben und aller Anpassung zu Grunde liegt, ohne Verstoß gegen die allgegenwärtigen Naturgesetze auf grundsätzlich erklärbarem Wege zur Höher-Entwicklung von Organen einschließlich des menschlichen Gehirnes geführt hat, bis schließlich aus dem anpassenden Informationssammeln jenes Wissen-Wollen geworden ist, das alles Tun und Lassen z.B. der Naturforscher bestimmt.