

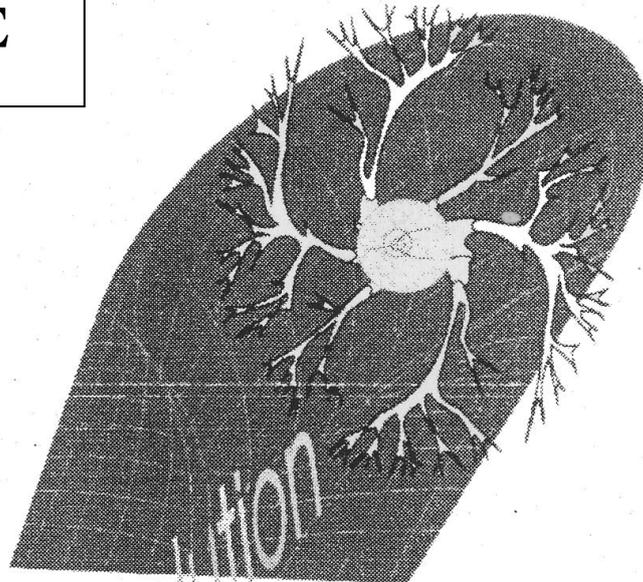
Annette Schlemm

Daß nichts bleibt, wie es ist ...

Philosophie der
selbstorganisierten Entwicklung

Band I: Kosmos und Leben

AUSZÜGE



EVOLUTION

**... entspricht nicht genau dem
Layout des gedruckten
Exemplars...**

Selbstorganisation sozialer Prozesse Bd. 3/I

LIT

3 Das Leben auf der Erde

3.1 Das Lebendige

*"Der Mars ist ... ein Planet voller Wüste.
Wo es Wüste gibt, gibt es Kamele, und es existiert
kein Lebewesen, das so viele Flöhe hat wie ein Kamel.
Wenn es also Leben auf dem Mars gibt, so wird mein
(Floh-)Detektor es finden." (NASA-Biologe bei der
Vorbereitung von Raumflug-Missionen zum Mars)*

3.1.1 Leben im Universum

Wie erkennen wir anderes Lebendiges im Weltall?

"Leben existiert nie als selbständige Entität, sondern tritt uns ausschließlich als Eigenschaft/Leistung, als das "Lebendigsein" besonderer Wesen, der "Lebe"-wesen, entgegen. Es gibt kein Leben außerhalb und unabhängig dieser Lebewesen." (H.Penzlin 1994, S. 81).

Ebenfalls zu unterscheiden ist hier das "Biotische" (in der Natur) vom "Biologischen" in der Wissenschaft ("logos" = "Rede von", nicht der Gegenstand selbst) als geistiger Widerspiegelung des Biotischen.

Die obige Floh-Anekdote schildert James Lovelock als Ausgangspunkt für sein **Gaia-Konzept**. Nach Lovelock ist der gesamte Planet Erde ein Lebewesen: „Gaia“. Diese Meinung ist sehr prägend für viele Weltanschauungen, ob sie dieses Bild nun anerkennen oder sich kritisierend darauf beziehen. Meiner Meinung nach ist die Kennzeichnung des einmaligen faszinierenden lebendigen Planeten Erde als "einfaches" Lebewesen seiner Besonderheit nicht angemessen. Es mag mehrere belebte Planeten - und später auch in austauschender Wechselwirkung - geben. Aber die Beziehung dieser untereinander hätte einen grundlegend anderen Charakter als die biotischen Wechselbeziehungen auf dem Planeten. Deshalb wäre es aus meiner Sicht Reduktionismus, die Erde "nur" als Organismus zu betrachten.

Wichtige richtige Ansätze stecken jedoch in den Voraussetzungen, von denen Lovelock in seinen gesamten Betrachtungen ausgeht. Gemeinsam mit der Philosophin Dian Hitchcock kommt er zu der richtigen Ansicht, *das Lebendige müsste durch eine veränderte chemische Zusammensetzung und Dynamik der Atmosphäre des Planeten zu erkennen sein* (Lovelock 1993, S.26).

Was das "Lebendige" aber konkret ist, erfahren wir dadurch noch nicht. Im übertragenen Sinne werden die Merkmale des Lebendigen oft auch dem Nichtlebendigen zugeschlagen. Der Begriff wird anschaulich klar - aber nicht exakt bestimmt.

Eine Galaxie kann Stoffe aus der staubhaltigen Umwelt oder gar anderen Galaxien "auffressen", im Innern umwandeln und ihre "Stoffwechsel"-Produkte wieder ausstoßen. Sterne können sich "fortpflanzen", wenn sie explodieren und ihre Bestandteile als Neutronensterne weiterbestehen oder in neue Sterne eingehen.

Diese Metaphorik verwischt die qualitativen Unterschiede zwischen den Arten und Formen der Materie, obwohl es Übergänge gibt und allgemeine Entwicklungsprinzipien auf den verschiedenen Ebenen "selbstähnliche" Muster und Prozesse erzeugen.

Das Schöpferische auch in der physikalisch-chemischen Natur wird z.B. von R. Sheldrake (Sheldrake 1992) ebenfalls als "lebendig" bezeichnet. Das biotische Lebendige hat aber eine Spezifik gegenüber dem Physikalisch-Chemischen. Ich unterscheide deshalb das biotisch spezifische Lebendige gegenüber dem allgemeinen Schöpferischen.

Wir kennen bisher nur eine Lebensform im Universum. Deshalb wissen wir nicht, wie allgemein die Merkmale des Lebendigen auf unserer Erde auch für andere Orte im Universum zutreffen. Es sind biochemisch auch andere Formen möglich, als auf der Erde entstanden ist. Darüber, was den Naturgesetzen (unter bestimmten Bedingungen, wie sie in unserem Universum vorliegen) entsprechend nicht möglich ist, können wir aber durchaus einige Aussagen machen.

Das Lebendige kann physikalische und chemische Gesetzmäßigkeiten nicht außer Kraft setzen. Jedoch öffnet sich mit dem Biotischen eine neue Ebene der Möglichkeiten für die Bewegung und Entwicklung der Materie.

Die Beschreibung des Lebendigen muß die verschiedenen Organisationsstufen des Lebendigen und die jeweiligen Wechselwirkungen mit dem Nichtlebenden differenziert erfassen und gleichzeitig die Zusammenhänge dieser Organisationsstufen darstellen. Bereits Nils Bohr (Bohr in Küppers 1987) verwies darauf, daß die Reduktion auf eine dieser Stufen keine umfassende Sicht liefern wird. Jede der Stufen kann einerseits beschrieben werden als Ganzheit einer elementareren Stufe und als Element einer weiteren Ganzheit. Die jeweilige Mikro- und Makrostufenbeschreibung sind nach Bohr *komplementär* - ihre Einheit wird vielleicht nur durch eine unanschauliche, statistische Theorie nach Art der Quantentheorie zu beschreiben sein (vgl. auch E.-P.Fischer 1987, S.146 und

Fuchs-Kittowski 1969, S.85), oder ständig auf ein gegenseitiges Verweisen angewiesen sein, da es ja wesentlich qualitative Aspekte sind.

Die Einbeziehung der verschiedenen Wirkungsebenen für einen Gegenstand fordert H.Hörz im *Zwei-plus-Eins-Prinzip*:

"Deshalb ist es wichtig, das eigentliche Forschungsobjekt als das zu erforschende System zu bestimmen, dessen Systemgesetze untersucht werden, dessen Elementverhalten in die Betrachtung eingeht und das eine Verhaltensklärung in der Rahmentheorie erhält."

(Geißler/ Hörz 1988, S.12)

Daraus ergibt sich auch eine Art *Komplementarität* bei der Betrachtung von externen und internen Evolutionsfaktoren. Die Betonung der externen Evolutionsfaktoren wird die Selektion durch die äußere Umwelt hervorheben und deshalb die Konkurrenz als Evolutionsprinzip favorisieren. Eine Konzentration auf die internen Faktoren betont die inneren Quellen des konstruktiv Neuen und wird ihre Ursachen in der Integration, Kooperation und Funktionsveränderung sich verändernder Elemente suchen.

Die Verabsolutierung jeweils eines Standpunktes führt zu einer einseitigen Sicht. Evolutionsmodelle einer rein extern gesteuerten Evolution können keine inneren Quellen für Bewegung und Entwicklung erkennen und sind deshalb blind für deren Evolutionspotenzen. Die Negierung jeglicher Umweltdetermination jedoch ist blind für übergreifende Wechselwirkungen.

3.1.2 Merkmale des Lebendigen

Lebendiges widerspricht nicht den Gesetzen der Physik. Höherwertige Energie kann sich nur in niederwertige Energie umwandeln. Die Entropie steigt in geschlossenen Systemen an. Soll sich in Teilbereichen die Entropie verringern, so muß sie "exportiert" werden. Dies ist nur unter bestimmten physikalischen Voraussetzungen möglich.

Die Erde hat eine Umgebung, die (Sonnen-)Energie zuführt und gleichzeitig die niederwertige Energie (Wärmestrahlung) abführt.

Unser Planet erhält die energiereiche Strahlung der Sonne mit einer mittleren Leistung von 350 W/m^2 . Als niederwertige Energie exportiert sie etwa $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ Entropie in den kosmischen Hintergrund (Ebeling/Feistel 1994, S.94). Von den Umwandlungen dieser Energie lebt alles Lebendige auf unserer Erde. Zusätzlich gibt der Erdkörper zusätzliche aufgespeicherte Eigenwärme nach außen ab

(radioaktive Zerfallswärme und Wärmeverrat der Erde, siehe Berckheimer 1980, S. 327).

Durch die Aufnahme, Umwandlung und Abgabe von Stoff, Energie (Entropie) und Informationen realisieren Lebewesen ihren *Stoffwechsel*.

Die Spezifik des Lebendigen gegenüber den Wechselwirkungen des Nichtlebendigen entsteht dadurch, daß Energie, stoffliche Materie und Information hierbei nicht einfach entsprechend physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten von einem lebendigen Wesen auf ein anderes oder von der Umgebung "übertragen" wird, sondern das lebendige Wesen sich aussucht, welche Stoffe, Energien oder Informationen es aufnimmt und sie dann noch spezifisch verarbeitet (vgl. dazu Kamschilow 1977).

L.v.Bertalanffy betonte als erster die Notwendigkeit offener Systeme in einem Fließgleichgewicht (Bertalanffy 1965).

Diese spezifische, Stoffe und Energie umwandelnde Wirkung der Lebewesen führte Lovelock (Lovelock 1993) zu der *Erwartung, daß von Lebewesen bewohnte Planeten eine Atmosphäre haben, die sich signifikant von Atmosphären nichtbelebter Planeten unterscheidet*. Tatsächlich ist die Atmosphäre der Erde nicht im chemischen Gleichgewicht, da sie biotischen Prozessen unterliegt - während die Atmosphäre auf dem Mars im chemischen Gleichgewicht ist. Die NASA-Geldgeber wollten das gar nicht gern einsehen - vielleicht haben sie lieber die Flohfalle mit Mariner auf den Mars geschickt.

Im Selbstorganisations-"jargon" spricht man auch von "Zwangsbedingungen" zur Selbstorganisation, wenn die Energiezufuhr und der Entropieexport stattfinden. Bei den physikalischen Selbstorganisationen sind die Qualitäten der durch Selbstorganisation entstandenen neuen Materiestrukturen im wesentlichen fest bestimmt (nur die Rotationsrichtungen u.ä. sind "frei wählbar").

Biochemische Prozesse sind insgesamt ausgesprochen häufig von oszillierender Natur (Priebe 1981). Dies verweist auf Vorgänge im Bereich dissipativer Selbstorganisation.

Typisch für Lebewesen ist auch *das Vorhandensein eines inneren Modells ihrer Umwelt* (nicht nur im Nervensystem, sondern auch durch ihre biochemischen Prozesse konstituiert). Dies wirkt als "Rückkopplungssystem, das Signale aus der Umwelt filtert, auf ihren Informationsgehalt für das System analysiert und mit seiner Reaktionsnorm antwortet" (Umstätter 1981, S. 535).

Typisch für derartige Rückkopplungen ist die Reaktion auf kritische Werte: "Beim ständigen Wachstum eines zylindrischen Gewebes wird die Sauerstoffversorgung des Zentrums einen kritischen Wert unterschreiten. Das Gewebe kann dem beispielsweise entgehen, indem es sich aufteilt und somit eine größere Oberfläche schafft" (ebenda):

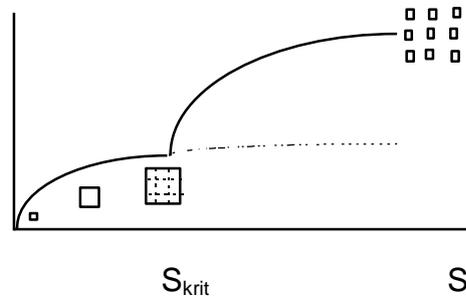


Abbildung 3.1: Verhalten eines Gewebes an einer kritischen Stelle der Volumenzunahme (zu geringe Sauerstoffversorgung). Das Gewebe kann sich teilen (nach Umstätter 1981).

Die physikalisch-chemische (prozessierende) Struktur von Lebewesen hat noch eine weitere Komponente:

Lebende Systeme können - innerhalb der Grenzen der Aufrechterhaltung des Systems - *ihre eigenen Elemente und deren Beziehungen selbst erzeugen und variieren*. Innerhalb des physikalisch und chemisch Möglichen gehen die Elemente lebender Systeme Beziehungen ein, die über physikalische Krafteinwirkungen und anorganische chemische Reaktionen hinausreichend neue Organisationsformen aufbauen.

Diese Eigenschaft der Lebewesen kennzeichnet die in ihr verwirklichte **Einheit von lebendem System und Lebensprozeß** (Körner 1972, S. 51).

"Die Erklärung der Eigentümlichkeiten der Lebewesen kann sicher nur in ihrer besonderen **Organisation** gesucht werden" (Bohr in: Küppers 1987, S.42), wobei diese Organisation nicht statisch ist.

Diese Organisation kennzeichnet die "Bindungen und Beziehungen der Dinge und Prozesse" (Kamschilow 1977, S.19) in der betrachteten Einheit. Beziehungsmuster können unabhängig von der konkreten Bestimmtheit der Elemente wesentliche Merkmale eines Systems kennzeichnen. Die Gesamtheit aller dieser Beziehungen kann als **Organisationsmuster** bezeichnet werden (Lutz 1992, S.106).

Als **Struktur** wird dann in der neueren Literatur die konkrete Untersetzung der Organisationsmuster verstanden. Diese Unterscheidung ist deshalb wichtig, weil es gerade typisch für biotische Systeme ist, daß sie zwar ständig aus anderen konkreten Elementen bestehen (deren Beziehungen eine Struktur bilden), sie aber

über die Existenzdauer der konkreten Elemente hinweg eine übergreifende Organisation bilden (vergleiche auch Metzner 1994, S.356f.). Die Einheit des Systems wird demnach nicht allein durch die Eigenschaften der konkreten Elemente bestimmt, sondern durch deren Beziehungen innerhalb der Organisation.

Bei Löther 1966, S. 318 und der folgenden DDR-Literatur wird auch in der Struktur bereits die relative Selbstständigkeit gegenüber den Elementen betont. Die Struktur in diesem erweiterten Sinne "bleibt erhalten, während im Ab-, Um- und Aufbau der Stoffe Elemente aus dem Strukturzusammenhang heraustreten und andere in ihn eingehen..." (Löther, ebenda).

Gegenüber einer Vernachlässigung der Strukturelemente betont die **Konstruktionsmorphologie** die notwendige innere Kohärenz der konkreten Struktur (in direkter Auseinandersetzung siehe Weingarten 1994, siehe auch Peters u.a. 1974, Bonik u.a. 1977). Demnach wird zur Unterscheidung biotischer Objekte von physikalischen nicht der Organisationsbegriff benötigt (wie oben zitiert), sondern Konstruktionsunterschiede auf struktureller Ebene ermöglichen eine derartige Unterscheidung. Die Konstruktion biotischer Organismen sichert die Erhaltung ihrer eigenen Systemgrenzen. Innerhalb dieser Notwendigkeiten sind Strukturen offen für die Übernahme neuer Leistungen (konkrete Mittel können verschiedenen Zwecken dienen). Dies ist die Vorbedingung für die später beschriebenen Evolutionsfaktoren Funktionswechsel, -erweiterung und -synthese.

Eine weitere Unterscheidung ist u.U. sinnvoll: Während die **Ordnung** den tatsächlichen, aktuellen Zustand eines Systems darstellt, kennzeichnet die **Komplexität** die insgesamt potentiell im System enthaltenen Ordnungszustände (nach Binswanger 1994, S.168f.) Die Komplexität ist damit reichhaltiger als die jeweils gerade realisierte Ordnung.

Aufbauend auf den physikalisch-chemischen Prozessen erfüllt die Organisation/Struktur spezifisch biotische Funktionen. Die **Funktionen** kennzeichnen jeweils *die auf das Individuum und die Art bezogenen Leistungen* (Löther 1966). Peters u.a. (1974) unterscheiden zwischen biotechnischem (internen) Funktionieren und dem Fungieren (nach außen) in einer Rolle innerhalb der größeren Einheit. Ebenso wie typische Organisationsmuster gibt es auch Funktionsmuster (Wesson 1995, S. 183).

Physikalisch-chemisch ist der Aufbau von Strukturen aus der dissipativen Selbstorganisation bekannt. Biotische Systeme basieren in ihrem inneren Stoffwechsel auf diesen Prozessen, stellen jedoch selbst eine höhere Form der Stabilisierung und Konservierung von Strukturen dar (als funktionale Ordnung, Kuhn 1993, S. 44).

Biotische Systeme nehmen nicht nur Energie für existierende Bestandteile auf, sondern erzeugen diese Bestandteile und damit sich selbst stets selber neu. Diese **Auto-Poiesis** (Selbst-Herstellung) ist nach Varela und Maturana (Maturana/ Varela 1990, S. 50) deshalb das typische Merkmal des Lebendigen.

Auch Erwin Schrödinger betonte die Selbsterhaltung des Lebendigen:

"Wir nehmen also wahr, daß eine waltende Ordnung die Kraft besitzt, sich selbst zu erhalten und geordnete Vorgänge hervorzurufen"
(Schrödinger, in: Küppers, 1987, S.74).

Die Struktur und Organisation des Lebendigen wird also nicht nur von äußeren "Anpassungs"-Erfordernissen bestimmt, sondern von ihren Funktionen. Diese Einheit von Strukturen und Funktionen betont in neuester Zeit besonders die Konstruktionsmorphologie nach Gutmann (Gutmann/Bonik 1981); sie ist jedoch auch schon früher ein Bestandteil dialektischer naturwissenschaftlicher und philosophischer Betrachtungen (z.B. Fuchs-Kittowski 1969, Löther 1966 usw.) gewesen.

Dabei sind die vermittelnden Wechselwirkungen (neben physikalisch-chemischem Stoffwechsel) wesentlich informationeller Art. Die Rolle der **Information** ist oft der Ansatzpunkt für die Beschreibung des Lebendigen als "natürlich entstandene informationsverarbeitende Systeme" (Ebeling/ Feistel 1994, S.213).

Information darf dabei mit Maturana und Varela (Maturana/Varela 1990, S.212) nicht einseitig als nur instruierend und vorschreibend verstanden werden.

Maturana und Varela verwenden den **Kommunikations**begriff statt der Information, weil die Kommunikation nicht nur von dem abhängt, was vermittelt wird, sondern von dem, was im Empfänger passiert.

Nicht als vermittelte "Substanz", *sondern als Verhältnis zwischen den beteiligten Partnern* verstanden, kann aber auch der Informationsbegriff verwendet werden. "In der Information finden die Besonderheiten der Organisation der miteinander in Beziehung stehenden Dinge ihren Niederschlag" (Kamschilow 1977, S.20).

Indem die biotischen Systeme Informationen verarbeiten, Energie (und Stoffe) umwandeln, steuern sie ihr Verhalten selbst und erzeugen ständig selbst ihre eigenen Elemente (Autopoiesis, vgl. Maturana/Varela 1990, S.50).

Das Lebendige lebt zwar von geeigneten äußeren Bedingungen - kann aber selbst vielfältige Strukturen und Verhaltensweisen entwickeln. Speziell ist für das Lebendige typisch, daß es zwar Kräfte aus der Umwelt als Reiz empfängt - *seine Reaktion aber von seiner eigenen internen Struktur determiniert wird.*

Es wird nicht nur eine automatische Antwort auf den Reiz ausgelöst (Struktur-determiniertheit nach Maturana/Varela 1990).

Nicht nur die interne Struktur ist primär, auch interne Funktionserfordernisse determinieren die Beziehungen nach außen. Es wäre deshalb eher von einer "*Innendeterminiertheit*" in einem allgemeineren Sinne zu sprechen, was auch im Begriff der **Autonomie** schon enthalten ist.

Diese Besonderheit der biotischen Informationsübertragung beschreibt Kamschilow mit der Bemerkung, daß die potentielle Informationsquantität des Gegenstands unendlich ist - der Empfänger selbst wählt den Informationsgehalt (Kamschilow 1977, S.20).

Durch die je eigenen inneren Reaktionsmöglichkeiten werden die biotischen Einheiten unterscheidbar, sie sind **Individualitäten**. Ebenfalls wird durch dieses aktive selektive Verhalten, nicht nur durch die Anpassung, eine Art **Zweckmäßigkeit** in der Ausformung der Strukturen und dem Verhalten realisiert, wie sie erst beim Lebendigen bekannt wird.

Der Zweck, den der Betrachter dem Lebendigen zuschreibt, ist für das Lebendige selbst nichts Äußeres (Hegel 1988, S. 178). Das Lebendige "hat" nicht einen Zweck, sondern der *Prozeß des Lebendigen ist eine Tätigkeit, in der die "Glieder sich ebenso gegenseitig Mittel als Zweck"* (Hegel 1986a, S. 141) sind.

Das Lebendige ist stark davon gekennzeichnet, daß es sein Verhalten und die Entwicklung seiner Strukturen und Funktionen selbst beeinflusst. Insofern spricht man auch vom Lebendigen als **Subjekt** seiner Evolution.

Damit wird (in Anlehnung an den antiken ontologischen Begriff des Subjekts als "Träger von Zuständen und Wirkungen" (nach Hoffmeister 1955, S.585) die *qualitativ neue Stufe der Wirksamkeit interner Evolutionsfaktoren* betont, ohne daß allem Lebendigen eine bewußte Willensfreiheit unterstellt werden soll (vgl. Beurton 1979, S.570).

Die Organismen sind also nicht nur passive Objekte einer evolutionären "Anpassung", sondern *sie eignen sich selbst ihre Umwelt an*, wobei ihre Möglichkeiten jeweils konkret von ihrer Konstruktion/Struktur begrenzt werden (Weingarten 1994).

Sie sind deshalb

1. offen für Stoff, -Energie- und Informationsaustausch - aber auch
2. geschlossen/autonom durch die innendeterminierte Selektivität im Umgang mit diesen Mitteln.

Der Austausch dient stets der Aufrechterhaltung und Veränderung der internen Organisation. Geschlossenheit kennzeichnet die geringe Abhängigkeit des betrachteten Systems von anderen Systemen und in autonomen Systemen ist das Verhalten der Elemente für das Systemverhalten wesentlich.

Ganz vernachlässigt darf allerdings die Offenheit in verschiedener Hinsicht nicht. Wird die operationale Geschlossenheit individueller Organismen zu sehr verabsolutiert, so ist Evolution nicht mehr erklärbar, weil dabei Einheiten höherer Ordnung von individuellen Organismen - die Populationen und Arten - wesentlich sind.

Insofern ist die Feststellung Steigerwalds: "Die Passung an die Umwelt spielt keine Rolle mehr. Entscheidend sind nur noch innere Konstruktionsanforderungen und deren Verbesserungsmöglichkeiten" (Steigerwald 1994, S.140) sehr einseitig und irreführend. Steigerwald überinterpretiert hier die Senckenberger Biologen um Gutmann, denn so einseitig sehen die es selbst nicht.

Offen ist das System evolutionär gesehen zusätzlich noch für interne Innovationen (Variationen u.a. durch Mutation, oder konstruktive Innovationen wie Funktionswechsel...). Aber auch diese sind begrenzt durch eine durch Tradierung beschränkte Plastizität.

Biotische Strukturen beruhen *auf selbstorganisierten Strukturen, die jedoch nur als Prozeß existieren*. Einerseits besteht jeder Organismus aus selbstorganisierten Prozessen (Kreisläufen und Zyklen), andererseits ist er selbst auch eingebunden in strukturelle (Wechselwirkung mit anderen Organismen zur gleichen Zeit) oder genetische (Selbstreproduktion mit Variation...) Prozesse.

Betrachten wir alle im vorangegangenen Text erwähnten Beschreibungen des Lebendigen, so zeigt sich, ***daß das Sein, das Gewordensein und das Werden des Lebendigen nicht zu trennen sind***. Organisationsprinzipien realisieren sich über ständige Prozesse im Innern (Selbsterzeugung der Elemente) sowie die Selbstreproduktion des Ganzen.

Dabei kommen Variationen zum Tragen, Neues kann entstehen und wirken. Das Lebendige bewegt sich nicht nur in Kreisläufen, sondern vollzieht irreversible Veränderungen. Dies ist eine Folge nicht nur des äußeren "Zwangs" zur Selbstorganisation durch die Energiezufuhr, sondern vor allem der eigenen Strukturierungsprinzipien.

Insgesamt wird das Sein und die Evolution jedes konkreten Lebendigen einerseits von ihm selbst, wie auch von seiner Umgebung bestimmt und bedingt (determiniert im weiteren Sinne dieses Wortes).

Eine zusätzliche Dimension bringt das Lebendige in das Werden, indem es nicht vorwiegend die gesamte Materie selbst weiterreicht in die Entwicklung, sondern "nur" die genetische Information. Dadurch kann das Lebendige die Erfahrung vieler Generationen integrieren und weiterführen. Aus dieser Besonderheit ergeben sich spezifische Evolutionsfaktoren, von denen besonders hervorgehoben werden: die Variation der Erbanlagen als Quelle von Neuem (Mutation u.a. Faktoren), die durch eine Selektion durch die Umwelt gewertet wird.

3.1.3 Der Minimalorganismus

All die genannten Wirkungsweisen des Lebendigen werden durch physikalisch-chemische Vorbedingungen ermöglicht. Das sind einerseits die thermodynamischen Bedingungen (Entfernung von thermodynamischen Gleichgewicht) und andererseits das Vorliegen hochkomplexer Makromolekülverbindungen. Das spezifisch Biotische kommt dabei erst auf der Ebene der Organismen zur Wirkung. Von Lebendigem wird deshalb noch nicht beim Vorliegen einzelner Kohlenstoffmakromolekülverbindungen gesprochen - erst ein Organismus vereinigt alle biotischen Funktionen.

Der Organismus mit minimalster Ausstattung für biotische Funktionen wird allgemein Minimalorganismus genannt (Penzlin 1986).

"Leben ist grundsätzlich eine Systemleistung und nicht die Leistung einzelner Komponenten dieses Systems oder gar eines einzelnen Stoffes. Es gibt kein selbständiges Leben auf Dauer unterhalb der zellulären Ebene ("Elementarorganismus")". (H.Penzlin 1994, S.82)

Für den Stoffwechsel stehen in ihm als Reaktionsmedium Wasser und Mineralien zur Verfügung. Als Systemabgrenzung ist eine Plasmamembran vorhanden. Den inneren Energietransport realisieren ATP (Adenosintriphosphat) und ADP (Adenosindiphosphat). Weiterhin benötigt solch ein Minimalorganismus spezifische Eiweiße (Proteine) als Funktionsträger sowie Nukleinsäuren (RNS: Ribonukleinsäuren und DNS: Desoxyribonukleinsäuren) als Träger der genetischen Information.

Die Organismen können nur existieren, wenn in ihrem Inneren ständige Wechselwirkungs- und Stoffwechselprozesse ablaufen. Diese beruhen auf dem Wirken von Organismenteilen bis hin zur molekularen Ebene. Nach "außen" sind die Organismen nur lebensfähig durch ihre Einbindung in Organismengruppen, Nahrungsketten, und größere biogeophysikalische Zusammenhänge.

All diese Ebenen sind miteinander verflochten. Diese Verflechtung ist nicht beliebig ("alles mit allem verknüpft"), sondern beruht *auf gut aufeinander abgestimmten Zusammenhangsformen* unterschiedlicher Art. Die unterschiedlichen Hauptzusammenhänge der verschiedenen Ebenen und die Unterschiede zwischen Individuen, Arten und anderen Formen des biotischen Seins bringen jeweils spezielle Bereiche der Wirklichkeit näher zusammen als andere. Diese nennen wir im weiteren "Systeme", da dieser Begriff offen für innere qualitative Bestimmungen, aber auch Wechselbeziehungen nach außen ist.

3.1.4 Biotische Systeme

Wir sind Bestandteil einer Welt, in der vielfältige Beziehungen und Zusammenhänge zwischen Dingen existieren. Ein Gegenstand erweist sich im allgemeinen zusammengesetzt aus anderen, räumlich kleineren. Die Beziehungen zwischen Gegenständen verbinden nicht zu jedem Zeitpunkt alles vermischt mit allem, sonst könnten wir uns weder orientieren noch handeln. Verschiedene Beziehungen sind voneinander (relativ) abgeschirmt oder durch verschiedene Reichweiten (relativ) voneinander getrennt.

Die Gravitationswirkung hält meine Tastatur auf dem Schreibtisch; meine Augen sehen das Licht unterschiedlicher Wellenlängen. Diese Beziehungen sind sehr stabil. Andere wiederum, wie meine Fingerbewegungen, werden über derzeit sehr schnell veränderliche Nerven- und Muskelkoordinationen gesteuert - wobei diese Nerven und Muskeln strukturell in meinem Organismus stabil verankert sind.

Stabilität kann nur entstehen, wenn verschiedene Dinge miteinander verbunden sind.

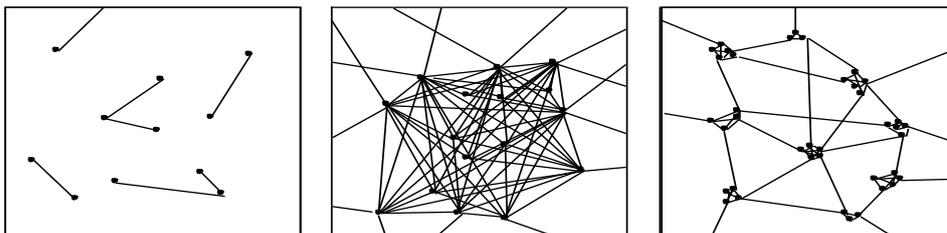


Abbildung 3.2

Im linken Teil der *Abbildung 3.2* (nach Vester 1984, S. 40) sind Dinge mit wenigen Verknüpfungen als lose Ansammlung ohne Struktur gezeigt. Die Verbindungen dürfen allerdings auch nicht zu chaotisch, ungeordnet verlaufen. Wenn, wie im mittleren Teil der *Abbildung*, alles mit allem verbunden ist, ist die Wirkung dieser "Allverbundenheit" genauso unspezifisch wie bei einer "Unverbundenheit"

und damit nicht ordnend (vgl. auch Gell-Mann 1994, S.71). Am günstigsten für die Stabilität von Ordnung, wie auch für Flexibilität, ist die Bildung von Unterstrukturen (Subsysteme) in einer Vernetzung, wie im rechten Teil der Abbildung dargestellt.

"Das große System, das Leben im weitesten Sinne, kann nur dann bestehen und sich entwickeln, wenn es sich aus relativ unabhängigen Subsystemen zusammensetzt, die sich unabhängig voneinander verändern.... Existierten totale Bindungen zwischen den Gliedern dieses Systems, so wäre eine Entwicklung undenkbar"
(Kamschilow 1977, S. 175).

Es gibt jeweils Bereiche, in denen es nicht nur mehr Wechselwirkungen gibt, sondern bestimmte Beziehungen sind auch stärker und aktiver. Innerhalb solcher Bereiche wurden am Beispiel biotischer "**Holons**" *jeweils typische Raum und Zeitkonstanten* ermittelt. Auch Umsatzraten und -konstanten lassen eine Unterscheidung verschiedener Bereiche erkennen (Müller 1991, S.3f., vgl. auch Sheldrake 1992, S. 121).

Die Unterstrukturen (Biozönosen, Arten, Populationen und Individuen, nach Kamschilow 1977, S. 175) bestehen nun nicht nur nebeneinander, sondern sind ineinandergeschachtelt (enkaptisch). Einerseits ist dies gegeben durch den Größenanstieg durch die Zusammenführung einer großen Anzahl jeweils kleinerer Objekte. Andererseits ist diese Hierarchie nicht nur räumlich gegeben, sondern wirkt sich auch zeitlich (Phasen und Rhythmik) und physiologisch (...→ Zelle Gewebe → Organ →...) aus. Eine weitere Strukturierung liegt funktional (Primärproduzenten, Sekundärproduzenten, Destruenten) vor (Müller 1991, S.3).

Diese Schachtelung führt zu einer **Hierarchie**, bei der die jeweils äußeren (oder "höheren") Bereiche langsamer sind als innere ("tiefere"), ihre Raumausdehnung ist größer und sie können die inneren Bereiche direkt enthalten. Weiterhin kontrollieren sie die inneren Bereiche in verschiedenen Formen - und genau das ist der Punkt, wo der negative Begriff der "Herrschaft" auftaucht und oft Abneigung gegen diese Art der Hierarchie hervorruft.

Bei der Diskussion der Rolle des Ganzen gegenüber seinen Teilen und des Systems gegenüber den Elementen werden wir darauf zurückkommen. Die exakten Begriffe für die Ordnung im biotischen Bereich zeigt die *Abbildung 3.3*.

Systemhierarchie des Lebendigen

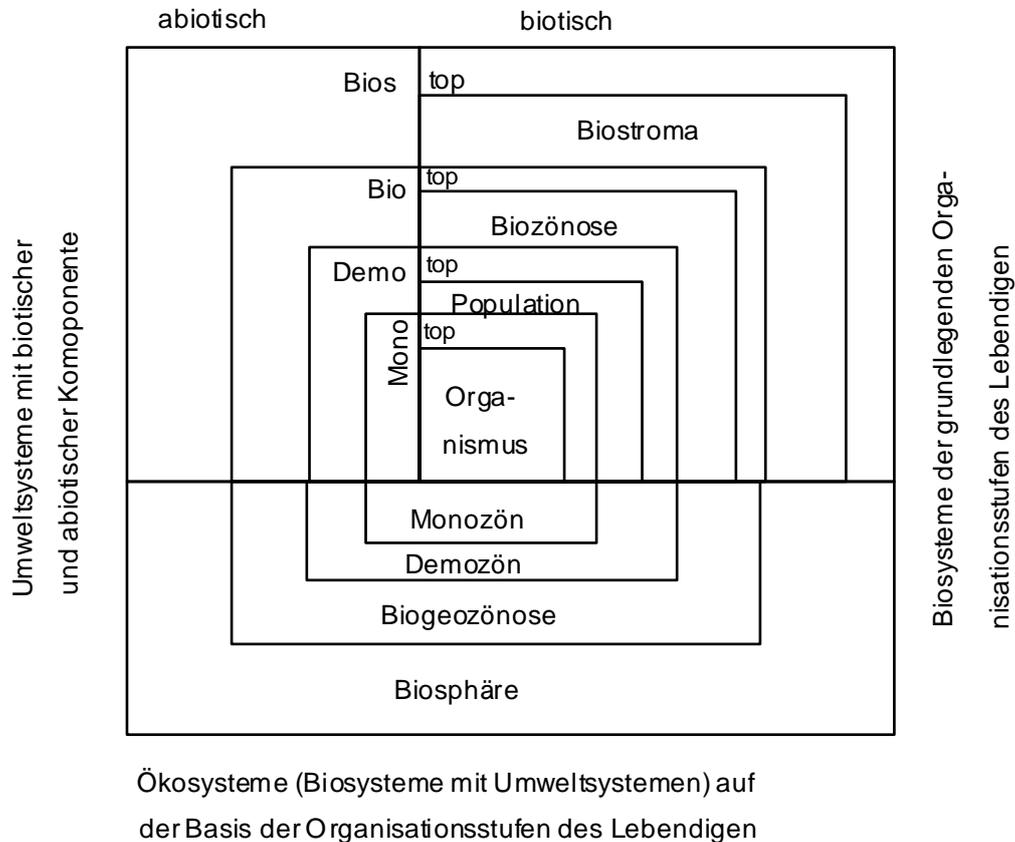


Abbildung 3.3: Die Systemhierarchie des Lebendigen (nach Bretschneider 1994)

Jede der "Trenn"-Linien müßte eigentlich mit einer Beschreibung versehen sein, die auf die Bedeutung des Verhältnisses von Offenheit und Geschlossenheit im Biotischen hinweist.

Die Betonung der Einheit jeder organischen Form als operational geschlossenes, autonomes (eigengesetzliches) System muß strukturelle Kopplungen innerhalb von Einheiten zweiter und höherer Ordnungen beachten (Maturana/Varela 1990, S.89).

Dies ist bei Maturana und Varela mit dem Ko-Driften von Organismen und Milieu zwar mit einem Wort und einer bildlichen Vorstellung angedeutet, aber noch nicht ausgearbeitet. Deshalb ist das Autopoiesekonzept autonomer Organismen nicht aussagekräftig über die Vielfalt der biotischen Wechselwirkungen und ihre Entwicklungsprinzipien.

Wuketits kennzeichnet als das Wesen der Systemhierarchie gegenüber vereinfachter Kausalität: "Ein System bestimmt die Bedeutung, d.h. den biologischen Zweck seiner Subsysteme, diese bestimmen gegengleich den Inhalt des Systems" (Wuketits 1978, S.271).

Tatsächlich ist es nicht so einfach - und es sollte auch gar nicht versucht werden - die Welt in verschiedene Teile aufzuspalten. Die Hegelsche Philosophie zeichnet die Verwobenheit der Beziehungen zwischen Ganzen und Teilen nach, indem sie die Begriffe selbst ineinander übergehen läßt.

In der Trennung des **Ganzen** (als Inhalt) und der **Teile** (als Form) wäre diese wirkliche Einheit eigentlich aufgehoben. Die Teile würden selbstständig existieren, ihre äußere Zusammensetzung wäre das Ganze (Hegel 1986a, S.171). Die wirkliche Einheit von Erscheinung und Wesen, von Innerem und Äußerem findet Hegel erst wieder in der absoluten Wirklichkeit. Diese jedoch ist widerspruchlos und damit tot. Um jedoch nicht mit Hegel in der absoluten Wirklichkeit bewegungslos steckenzubleiben, werden wir *die verwendeten Begriffe bewegt halten* müssen. Bewegt halten durch den ständigen inneren Widerspruch, der die Teile und das Ganze, sowie die Mannigfaltigkeit in der Einheit miteinander verbindet.

Im Biotischen können wir dies konkretisieren. Biotische Einheiten (auf jeder Ebene) sind ausgeprägte "Individualisten". Auf der Grundlage einer Grundqualität werden viele andere Varianten ausprobiert. Da die Variationen oft nicht gleich die lebenswichtigen Grundstrukturen zerstören und damit zum Tod führen, können sie zu einem Auseinanderdriften der Eigenschaften der Individuen führen. Besonders in ökologischen Nischen (ohne direkte Konkurrenz durch ähnlich funktionierende Organismenpopulationen) entfaltet sich ein Reichtum an Möglichkeiten. Abgesehen vom Neuheitsgrad des "Andersseins" ergibt sich aus dieser Vielfalt eine neuartige Möglichkeit der Kombination der Eigenschaften der Individuen innerhalb der Ebene und in Wechselwirkung mit den anderen Ebenen. Kombination kann bedeuten: neuartige Kooperationsmöglichkeiten (etwa durch Arbeitsteilung) - aber auch neue Konkurrenzbeziehungen.

Für mich besteht der Zusammenhang zur "Umwelt" nicht vorwiegend in der Selektion durch Konkurrenz, sondern ich betone bewußt die Kombination/Kooperation, auch als Ergebnis der Konkurrenzwechselbeziehungen.

Nicht nur die Selektion eines ansonsten zusammenhanglosen "besseren" Individuums bringt die Entwicklung voran, sondern eher die gemeinsame Entwicklung auf Grundlage interner Mechanismen (Funktionswechsel von Körperorganen, Funktionssynthese- oder differenzierung von Organen, Ritualisierung (nach

Ebeling/Feistel 1994) usw.) in Verbindung mit externer Arbeits(Funktions-) Teilung, Funktionsdifferenzierung und -synthese.

In der Kennzeichnung des Lebendigen haben wir eine Offenheit für Stoff-, Energie- und Informationsaustausch gefordert. Die Regelung dieses Austauschs erfolgt jedoch durch das System selbst. Es ist in diesem Sinne nur wenig abhängig von anderen Systemen ("geschlossen", "organische Einheit" im Hegelschen Sinne). *Während das Verhalten der Elemente einerseits für das Systemverhalten wesentlich ist (Autonomie), werden die Elemente erst durch das System erzeugt/ konstituiert.* Diese Wechselseitigkeit ist nicht auflösbar.

Die Identität dieser Systeme als offene, mit ihrer Umwelt wechselwirkende und sich dabei erhaltende Systeme wird nicht von außen gesichert, sondern im Widerstreit mit der Umwelt durch ihre innere Beschaffenheit (Struktur/ Organisation) ermöglicht. Insofern sind diese Systeme (relative) **Totalitäten** (P.Ruben 1978, S.934). Als solche enthalten sie die Dynamik der in ihrer Einheit enthaltenen einander bedingenden und gleichzeitig ausschließenden Momente, des Widerspruchs. Damit erfassen wir sich selbst organisierende Systeme, wie sie in der Biologie auftreten.

Hegel gelangte durch seine dialektische Sicht zu einem Verständnis des **Organischen**, das sehr an die moderne autopoietische Sicht erinnert: Das Lebendige ist ein als "*Wechsel seiender Bestimmtheiten*" (Hegel 1988, S.188) "sich erhaltendes Ding" (Hegel 1988, S. 178). *Die organische Einheit vereinigt "das unendliche Aufheben ... mit dem ruhigen Sein"* (ebenda S.188).

Von Maturana und Varela wird die Eigenschaft der **Autonomie** für biotische Systeme definiert als Fähigkeit, "seine eigene Gesetzlichkeit beziehungsweise das ihm Eigene zu spezifizieren" (Maturana/Varela 1990, S.55).

Bei Hegel wird das Eigene dadurch verdeutlicht, daß das Organische keinen äußeren Zweck erfüllt. "Es ist diesem Strome des Lebens gleichgültig, welcher Art die Mühlen sind, die er treibt." (Hegel 1988, S.191). Auf diese Weise öffnen sich Felder, die jeweils neue Zwecke (oder genauer gesprochen Funktionen) für einmal gebildete Mittel (sprich Strukturen) ermöglichen (*Funktionswechsel!*).

Ein **System** kann man also definieren als "relativ stabile, geordnete Gesamtheit von Elementen und Beziehungen, die durch die Existenz bestimmter Gesetze , d.h. allgemein-notwendiger und wesentlicher Zusammenhänge, charakterisiert ist" (Hörz/Wessel 1983, S.45).

Diese wesentlichen Zusammenhänge (Gesetze) bestimmen die Identität, das Wesen des Systems.

Sie sind jedoch keine ruhigen, festgezurrten Beziehungs"seile", sondern stellen prozessuale Beziehungen dar.

Die Betonung der Autonomie und der Eigengesetzlichkeit findet sich bei Hegel als Betonung der Einheit von Momenten wieder, die nicht ruhen. *Die Einheit ist der ständige Übergang der Momente, der Seiten ineinander.* Auf diese Weise ist die innere Widersprüchlichkeit in dieser organischen Einheit enthalten.

"Das Leben der organischen Natur ist der Gegensatz seiner selbst" (Hegel 1988, S.201).

Da wir uns im Weiteren nicht auf die hier auch noch enthaltenen (stofflich-energetisch-informationell) geschlossenen Systeme beziehen, bleiben die Merkmale dieser allgemeinen Begriffsbestimmung erhalten oder werden präzisiert:

1. Die Ordnung innerhalb des Systems wird durch die Gesamtheit der Beziehungen (Prozesse) zwischen den Elementen gebildet. Diese Struktur enthält neben den wesentlichen Beziehungen (Prozessen) auch unwesentliche, neben den allgemeinen auch die besonderen Beziehungen und Zusammenhänge. Unter der Form verstehen wir in der Biologie die innere Struktur, aber auch die äußere Gestalt. Die Organisation kennzeichnet die innerhalb der konkreten Strukturen prozessual aufrechterhaltene allgemeine Ordnung.

Die Struktur/ Organisation/ Form ist die Grundlage für die **Funktion** als der "*Verhaltensweise, die die gesetzmäßige Existenz, Veränderung und Entwicklung des Systems garantiert*" (Hörz/Wessel 1983, S.46). Eine bestimmte Funktion kann durch unterschiedliche Strukturen/Organisationen realisiert werden.

2. Die relative Stabilität bezieht sich auf *die Stabilität einer für das System wesentlichen Verhaltensweise (Prozessualität)*, durch die es sich von anderen Systemen unterscheidet. Diese Unterscheidung kennzeichnet die **Grundqualität** des Systems.

Die für das System wesentlichen Zusammenhänge kennzeichnen seine spezifischen **Gesetze**.

3. Obwohl das System durchaus niemals in Trennung von seiner Umwelt gesehen werden darf, reicht es nicht aus, als System nur eine System-Umwelt-Differenz (Luhmann 1988) zu betrachten. Die Elementkonstitution "von oben nach unten" aus dieser Differenz heraus darf nicht getrennt werden von dem spezifischen Wesen der auch von den Elementen ausgehenden Qualitäten.

Systeme sind deshalb nicht von außen gesteuert, sondern organisieren sich selbst. Sie *vereinigen Offenheit und Autonomie*.

Den Elementen kommen bestimmte Beziehungen der Möglichkeit nach zu - sie werden durch die Struktur des Systems schließlich realisiert. Diese Voraussetzung der Elemente vernachlässigt Luhmann.

4. Elemente und Beziehungen beziehen sich nicht, oder in den seltensten Fällen, nur auf Beziehungen zwischen räumlich getrennten stofflichen Körpern. **Elemente** stellen *relativ untrennbare Bestandteile des Systems, die sich nur innerhalb dieses Systems in dieser bestimmten Weise aufeinander beziehen*, dar (Hörz/Wessel 1983, S.45). Elemente und Beziehungen sind austauschbar, können jeweils auf Dinge, Ereignisse oder Prozesse bezogen sein.

Beziehungen in organischen Einheiten realisieren Prozesse, bei denen die wesentlichen Beziehungen der enthaltenden Momente ineinander übergehen.

5. Systeme können in umfangreicheren Systemen deren Elemente bilden, während Elemente eines Systems selbst Systeme für andere, in ihnen enthaltene Elemente darstellen (siehe *Abbildung 3.3*). Diese *Relativität* bezieht sich einerseits auf unsere Auswahl von Systemen als Erkenntnisobjekte.

Andererseits ist das Wesen von Zusammenhängen selbst auch objektiv von der Ebene der Beziehungen abhängig.

"Müßte die Natur Impuls, Spin und Moment jedes einzelnen Elektrons bei der Regelung berücksichtigen, dann hätte sie niemals lebende Strukturen errichtet" (Lem 1980, S.383).

Durch die objektiv gegebene Hierarchie von natürlichen Wechselwirkungen ergeben sich unterschiedliche Gesetze mit unterschiedlichen Bedingungsgesamtheiten. Dies ist die Grundlage für die Existenz von objektiven Zufällen.

6. Die Charakterisierung der Totalitäten durch Gesetze erfordert einen **Gesetzesbegriff**, *der Wesen und Erscheinung, Möglichkeit und Wirklichkeit, Notwendigkeit und Zufälle gemeinsam erfaßt*. Die Gesetze wirken nicht von außen "auf" die Systeme ein, sondern *sie stellen die wesentlichen Zusammenhänge des Systems selbst* dar.

7. Systeme im Sinne "organischer Einheiten" Hegels sind in ihrer Eigengesetzlichkeit charakterisiert durch das Ineinanderübergehen ihrer Seiten/Momente. *Diese innere Widersprüchlichkeit in der Prozessualität macht den permanent übergehenden Gegenstand (das Lebendige) zu einem permanent Werdenden*.

Ein System nach unserer Definition ist also durchaus nicht gleichgültig gegenüber den Qualitäten der Relationen zwischen den Elementen. **Qualitäten** kennzeichnen die *Unterschiede zwischen Gegenständen/ Dingen/ Systemen, indem sie jeweils seine Bestimmtheit ausdrücken*. Bei der Negierung der Qualität wird Etwas ein Anderes, wobei deutlich wird, daß nicht räumliche Beziehungen oder quantitative Verhältnisse gemeint sind, sondern ein Bezug zu Eigenschaften in allgemeinerem Sinne. Diese Qualitäten rühren zwar von inneren Eigenschaften her, verwirklichen sich aber nur in der Wechselwirkung:

"Das Ding hat die Eigenschaft, dies oder jenes im andern zu bewirken und auf eine eigentümliche Weise sich in seiner Beziehung zu äußern. Es beweist diese Eigenschaft nur unter der Bedingung einer entsprechenden Beschaffenheit des andern Dinges, aber sie ist ihm zugleich eigentümlich und seine mit sich identische Grundlage."
(Hegel 1986b, S.134)

Wenn ich im Folgenden den Begriff "System" verwende, meine ich also nicht einen nur quantitativ bestimmten kybernetischen Systembegriff. In der Kritik eines solchen einseitigen Begriffs schlug C.Warneke (Warneke 1974) vor, sich in der Philosophie nicht auf den Systembegriff zu stützen, sondern den Begriff des "Dings" zu verwenden. Dieser Begriff soll "Systeme von Qualitäten" erfassen, wobei ihr wichtig ist, daß er - im Unterschied zu dem eingeschränkten Systembegriff - das Wesen des betrachteten Dings mit erfaßt. Der Begriff des "Dings" gibt mir jedoch zu wenige Möglichkeiten, die innere Struktur und seine Wechselwirkungen mit seiner Umgebung zu erfassen. Deshalb definiere ich den Systembegriff in Anlehnung an die Naturphilosophie-Schule um H.Hörz so, daß er die philosophisch wichtigen Aspekte des Wesens und der Qualitäten mit erfaßt, allerdings zusätzlich auch offen ist für genauere Bestimmungen über die Träger von Eigenschaften (Elemente/Beziehungen).

Die Identität des Systems ist mit Gesetzen verbunden, die für die gegebene Grundqualität aus dem Wesen des Systems herrühren. Dieses **Wesen** selbst kennzeichnet *die Gesamtheit von Eigenschaften und Beziehungen, die die innere Bestimmtheit, das Sosein, die Eigenart kennzeichnen* (Wagner 1987, S.994). Dabei ist dieses Wesen nicht bewegungslos und unveränderlich.

"Aber das Wesen... ist wesentlich,
nur insofern es das Negative seiner in ihm selbst... hat"
(Hegel 1986a, S.235).

Auf diese Weise ist die innere Dynamik im Begriff des Wesens und damit auch des Systems enthalten. Zu fordern ist dies auch für den Begriff des Gesetzes.

3.2 Die Entstehung des Lebendigen

...

3.4.3 Das Wechselspiel der Ebenen

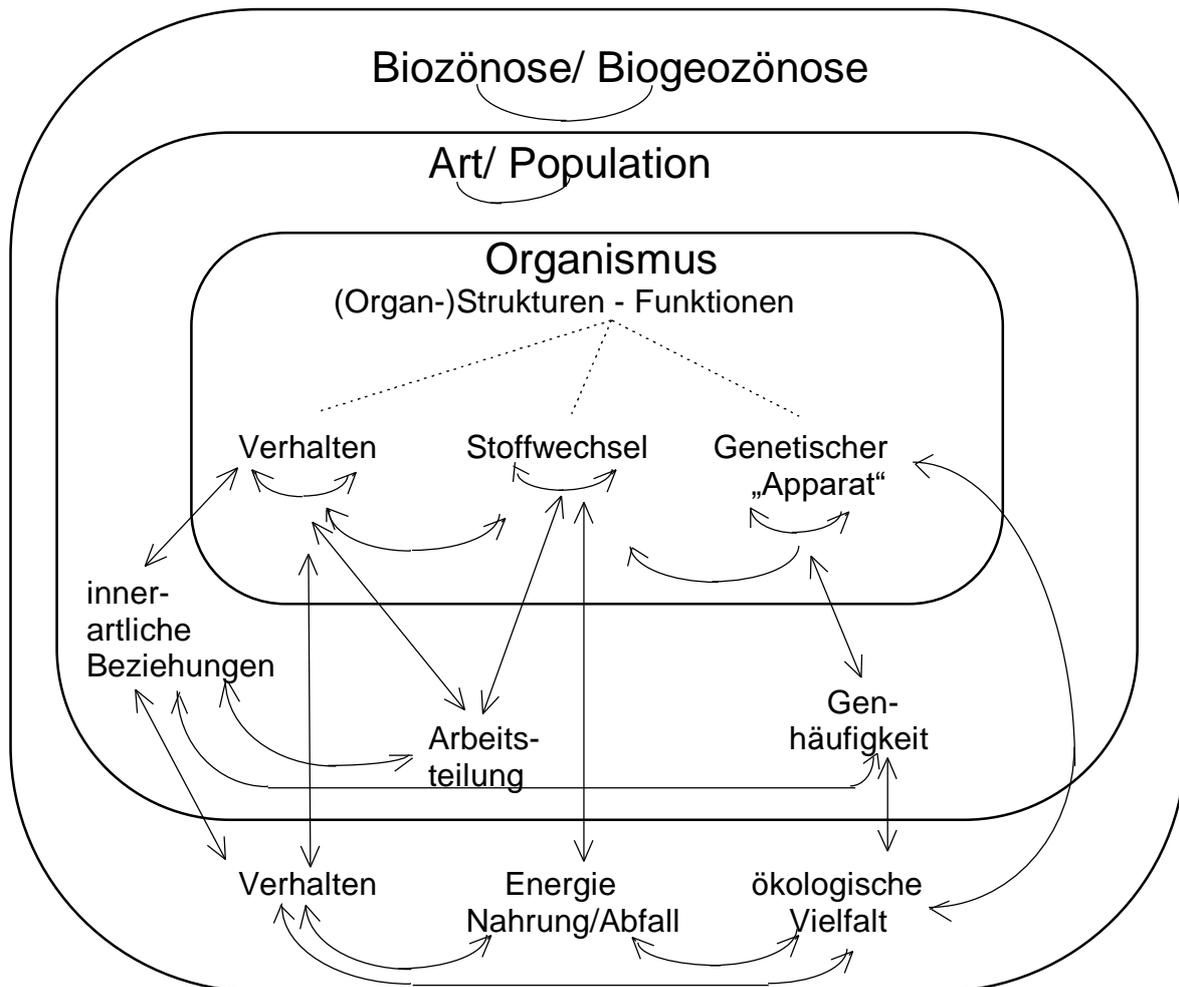


Abbildung 3.10: Einige Wechselwirkungen innerhalb und zwischen den Strukturebenen im Biotischen

3.4.3.1 Das Individuum

A) Die genetischen Grundlagen des Organismus

Die in Molekülsequenzen gespeicherte Information ("geronnene Wechselwirkung") über die "Erfahrungen" der Lebewesen früherer Generationen sind die Grundlage für die typisch biotische Evolution. In der Kosmogonie und der Planetologie findet auch Entwicklung statt, die durch die irreversiblen Veränderungen der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Objekte gekennzeichnet ist.

(Helium und schwerere Elemente entstehen in den Sternen durch Kernumwandlung. Das Atom trägt seine Geschichte in seiner Struktur mit sich. Auch der Stein auf der Erde und die gesamte Planetenoberfläche wurden

von geschichtlichen Prozessen gestaltet und geformt und sie wirken als solche auf neue Prozesse ein.)

Die ersten lebendigen Zellen sind jedoch nicht nur Strukturen aus organischen Molekülen. Das Lebendige ist durch Stoffwechselprozesse gekennzeichnet, die nicht nur (und nicht wesentlich) auf der Grundlage physikalischer Strukturierungsprinzipien beruhen.

Die Auto-Poiesis des Lebendigen (Selbsterstellung der Teile im Ganzen) benötigt andere Funktionsprinzipien als die physikalischen Wechselwirkungen der Gravitation, des Elektromagnetismus und der Kernkräfte (obwohl sie auf diesen basieren und deren Gesetzmäßigkeiten nicht verletzen).

Besonders wesentlich ist für das Lebendige die interne Informationsspeicherung und -verarbeitung (oder allgemeiner: Wechselwirkung), die sich in der Codierung von Informationen durch die RNS und die DNS manifestiert.

Die wesentlichen Informationen über die Vergangenheit der früheren "Vorfahren" können in ihnen erfaßt werden. Die atomar-chemischen Strukturvoraussetzungen für das Lebendige haben sich in der kosmischen und planetaren Evolution entwickelt. Das Lebendige selbst entwickelte sich auf einer neuen Grundlage: der Vererbung/Tradierung und der in ihnen fixierten erfolgreichen Veränderungen.

Die **Gene** als Träger dieser Erbinformationen sind etwas ganz anderes als Löcher in einem "Lochstreifen" oder Perlen auf einer Perlenkette. "Die DNS-Stränge sind nur das Zentrum der wundervoll schwirrenden Welt einer Zelle mit ihrem unaufhörlichen Tanz von Bewegungen und Tausenden von Substanzen und Strukturen", schreibt Robert Wesson (Wesson 1994, S.231) etwas übertrieben, um die Lochstreifen- oder Perlenketten-Vorstellung zu vertreiben.

Er zitiert seinerseits S.J.Gould:

"Das Genom ist fließend und beweglich, verändert ständig seine Qualität und Quantität und ist angefüllt mit hierarchischen Regulations- und Steuerungssystemen" (zit. in Wesson 1994, S.235).

Diese Steuerungssysteme im Einzelnen nachzuvollziehen ist mir nicht möglich. Aber einige Aussagen über ihre Prinzipien sind unverzichtbar für das Verständnis von Evolutionsprinzipien und das Aufeinanderwirken von Evolutionsfaktoren.

"Gene" sind selbst Strukturen, deren unterschiedliche Funktionen auf eine hierarchische Strukturierung hindeuten. Die Nukleinsäuren bestehen aus 4 Nukleotiden: Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin. Je drei von ihnen, die Codons, bestimmen die Struktur einer Aminosäure. Struktureinheiten sind u.a. das Codon (ein Triplet von Nukleotiden, das jeweils die Synthese einer Aminosäure bestimmt), das Chromosom (während der Zellteilung angefärbt sichtbare Körper im Zellkern), das Genom (Ausstattung an genetischem Material) und schließlich der Genotyp (genetische Faktoren, die das Erscheinungsbild des Organismus beeinflussen) des Organismus. Der Begriff "Gen" selbst wird allgemein angewendet auf "einen vererbten Faktor, der ein biologisches Merkmal eines Organismus bedingt" (Strickberger 1988, S.106). Allele tragen die verschiedenen Möglichkeiten (Augenfarbe, Haarfarbe und -struktur...). Dies ist aber schon eine sehr einschränkende Begriffsbestimmung.

Die genetischen Strukturen selbst können miteinander vielfältig wechselwirken. Diese rein theoretische biochemisch mögliche Vielfalt wird jedoch eingeschränkt durch Funktionserfordernisse der Zellen und des Organismus, dem die Gene angehören. Die Verhältnisse sind zwar insgesamt hierarchisch (differenzierte Aufgabenteilung und -Unterordnung) - aber durchaus nicht durch "Befehle" in jeweils nur eine Richtung gekennzeichnet. **"Die Zelle kontrolliert die Gene, die die Zelle kontrollieren"** schreibt Wesson (Wesson 1994, S.232). Fuchs-Kittowski sprach auch schon davon, daß die Vererbung in der ganzen Zelle stattfindet (Fuchs-Kittowski 1969, S.277).

(Diese Erkenntnis hat ein Vierteljahrhundert gebraucht, bis sie in die Forschungsprogramme der Biologen einging. Erst seit den letzten Jahren wechselt der Hauptstrom der Vererbungsforschung aus der Untersuchung der "reinen" Gene hin zur Zellbiologie.)

Hier zeigt sich, daß die methodisch von mir vorgenommene Trennung der einzelnen Objekte "Gen", "Organismus" usw. keine starren Trennlinien widerspiegelt, sondern nur akzeptabel bleibt, solange die Grenzen ständig überschritten werden und das Ganze in den Blick genommen wird.

Nur in diesem Sinne sind auch die oben verwendeten Begriffe der "Information" und "Regelung" von mir verwendet. Sie kennzeichnen hier Wechselwirkungen im biotischen Bereich, ohne daß sie einem nur vorschreibenden, instruierenden Prozeß angehören.

Wir suchen im Folgenden nach der Funktionsweise von Evolutionsfaktoren. Veränderungen können nur dann aufbewahrt werden, wenn sie in der genetischen Information enthalten sind und über Vererbung weitergegeben werden. Da es keinen direkten biochemischen oder anderen Informationsweg vom Organismus

zu seinen genetischen Einheiten gibt, müssen "Erfahrungen" des Organismus über einen Umweg hineingebracht werden.

Durch Variationen bietet der genetische Apparat neue "*Testvarianten*" an, die, verkörpert im Organismus als Phänotyp, in der Umwelt "ausprobiert" werden. Sind die Veränderungen überlebens- und fortpflanzungsfähig, werden sie in die folgenden Generationen übernommen, ansonsten sterben sie ohne Nachkommen (sie werden "ausgefiltert", herausselektiert).

Die genetischen Einheiten müssen dabei die Varianten bereitstellen - ohne daß sie ihre zu vererbenden Informationen dabei zu sehr zerstören.

Woher kommen nun diese **Variationen**? Ich habe bisher bewußt diesen Begriff verwendet, weil er umfassender ist als das Wort "Mutationen", das in der Biologie nur auf fehlerhaft kopierte DNS-Sequenzen angewendet wird.

a) verschiedene Variationen in der DNS-Sequenz:

Genetische Einheiten können auf der Ebene der DNS-Sequenz sehr vielfältig verändert werden:

- Genduplikationen, u.U. mit Funktionswechsel,
- Rekombinationen des genetischen Materials,
- Umgruppierung von aktiven Teilen der Gene (Exons),
- Genkonversion,
- ungleiches "crossing over" (Nichtpassen des "Reißverschlusses") während der Meiose,
- "molecular drive" : Beförderung der eigenen Vermehrung und Verbreitung durch bestimmte Sequenzen.

Verschiedene Gene haben dabei unterschiedliche Mutationshäufigkeiten.

Unter Variationen oder eben "Mutationen" sind aber nicht nur zufällige "Bausteinwahlfehler" zu verstehen.

b) Wechselwirkungen innerhalb der DNS-Sequenz führen zu Regulationen innerhalb der DNS-Sequenzen:

Die Situation wird dadurch verwickelt, daß viele Gene keine eindeutige Wirkungen haben, sondern mehrfach und miteinander kombiniert wirken.

Als Mosaikrevolution wird z.B. die voneinander unabhängige Evolution verschiedener Genotypbereiche bezeichnet (vgl. Mayr 1994, S. 205).

Es gibt Gene, die (oft nur als Multigenfamilie) die Struktur der Proteine bestimmen (dies sind nur wenige Prozent aller Gene), andere sind Regulatorgene (die andere Gene kontrollieren).

Mutationen in den Regulatorgenen selbst spielen eine größere Rolle bei der morphologischen und funktionellen Differenzierung von Arten als die Änderungen der Strukturgene (Strickberger 1988, S.765).

Daraus erklärt sich, wieso Populationen oft sehr lange stabil sind und neue phänotypische Merkmale dann fast sprunghaft "entstehen". Nicht sichtbare Veränderungen im "Genuntergrund" werden durch regulatorische Veränderungen sehr schnell "freigesetzt" (ebenda, vgl. Gould: *unterbrochenes Gleichgewicht*, Gould 1991, S. 258).

Über die rein genetischen Veränderungen hinaus spielen die Regulationen der enzymatischen Funktionen als Mechanismus des evolutionären Funktionswechsels von Enzymen eine große Rolle.

Dieses Veränderungsmuster erinnert an die Selbstorganisation: In der "Mikroevolution" dominiert die stabilisierende Selektion, bis ausgeprägte regulatorische Veränderungen hinzukommen. Dann erst werden die Veränderungen in der "Makroevolution" deutlich (vgl. Kamschilow 1977, 135ff.; Löther 1983, S. 64).

c) Regulationen über Enzyme vermitteln verschiedene Wirkungen von DNS auf Proteine und zurück.

Veränderungen werden auch nicht nur durch unbestimmte "Zufälle" hervorgerufen. Der tatsächlich zufällige Austausch von Einzelmolekülen (Punktmutation) hat sogar nur sehr wenig Wirkung, da der genetische Code so aufgebaut ist, daß der Wechsel der aufgebauten Aminosäure an einem Punkt das Protein selbst nur unwesentlich verändert (Reinbothe/Krauß 1982, S.197).

Veränderungen innerhalb von Wechselwirkungen mit der biochemischen Umwelt sind wesentlicher:

- Mutationen können durch Enzyme beinflusst oder gar verursacht werden,
- Proteinrepressoren und -aktivatoren "schalten" Gene ein und aus.

d) Das innere oder äußere Milieu wechselwirkt mit den Proteinen (Enzyme) und Genen:

Die enzymatischen Wechselwirkungen der Gene sind auch das "Einfallstor" für Einwirkungen der Umwelt auf die Gene. Diese sind gerade keine stabilen "Lochkarten", sondern stehen in biochemischer Wechselwirkung mit dem Milieu.

e) organismische Funktionen und Gene

Trotz der berechtigten Ablehnung des Lamarckismus (Vererbung erworbener Eigenschaften) muß man heute wieder genauer über bestimmte Zusammenhänge nachdenken. Mutationen scheinen nicht in jedem Falle völlig zufällig zu erfolgen, sondern "gelenkt" von den konkreten Bedürfnissen des Organismus (darauf deutet die schnelle Resistenz gegen Pestizide oder auch die Umstellung der Enzymreaktionen von Bakterien bei Nahrungswechsel hin).

Auch Molekularbiologen bekommen angesichts der enormen Komplexität des Replikationsapparats Zweifel an ihrem bisherigen "Dogma", daß Informationen niemals von den Organismuseiweißen in das Gen einfließen können.

Auf jeden Fall deuten viele Beobachtungen auf eine erstaunliche Plastizität der genetischen Grundlagen hin, bei denen die Entfaltung der Möglichkeiten entsprechend der Umweltbedingungen erfolgt.

Auch für den Evolutionsfaktor Selektion ergeben sich aus diesen Zusammenhängen wichtige Merkmale:

Die kombinierte Wirkung der genetischen Einheiten (Systemierung, "Verschaltung genetischer Information" nach Reinbothe/Krauß 1982, S.228) muß innerhalb des Organismus funktionieren. Störungen werden bereits hier als "innere Selektion" verarbeitet. "Umwelt" ist hier bereits das Innere des Organismus, ja der einzelnen Zelle.

Aus diesen Zusammenhängen können bereits wichtige praktische Erkenntnisse abgeleitet werden:

1. Die "Gentechnik" als mechanisches Auswechseln von "Perlen der Kette" wird erhoffte Resultate aufgrund unbeachteter gegenseitiger Wechselwirkungen und der Milieueinwirkungen und -rückwirkungen nicht erreichen können. Vielleicht ist das auch eine Art Rettung vor den Gefahren dieser Technik. Daß viele Forschungsvorhaben nicht mehr nur aufs Gen zielen, sondern die gesamte Zelle ins Visier nehmen, deutet darauf hin, daß diese Erkenntnis sich inzwischen auch bei den Forschern selbst durchsetzt.

Eine andere Konsequenz ist der Umgang mit genetischen Veränderungen beim Menschen. Die Wertung der Wirkung einer Veränderung hängt von der Umwelt an. Das bezieht sich einerseits auf die biotische Fitneß des Überlebens und der Fortpflanzungsfähigkeit. Auch hier können Veränderungen, die in einer Umwelt schädlich sind, in einer anderen Umwelt gerade günstig sein. Die genetisch bedingte Sichelzellanämie ist z.B. mit einer Resistenz gegen Malaria verbunden, weswegen sich dieser "Fehler" für Afrikaner teilweise sogar als vorteilhaft er-

weist. Jedenfalls leben in den malariabedrohten Gebieten mehr Menschen mit Sichelzellanämie als z.B. in Europa.

Andererseits kommt beim Menschen die soziale Komponente hinzu. Viele genetisch "kranke" Menschen können im wesentlichen Bereich menschlichen Lebens - menschlicher Selbstverwirklichung und des Tätigseins für andere - wertvollere Beiträge leisten, als mancher biotisch "Gesunde".

2. "**Mutation und Selektion**" als **Evolutionsfaktoren** beinhalten wesentlich mehr als das zufällige Austauschen von Nukleotiden und das Sterben oder Nichtsterben von Organismen.

Variationen im genetischen Bereich sind die Grundlagen für andere, neue Phänotypen, die ihre Lebenskraft aktiv unter Beweis stellen.

Die Variationen sind dann **zufällig**, wenn " die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer bestimmten Mutation nicht dadurch beeinflußt wird, ob die Mutation nützlich sein könnte" (Fukuyama 1990, S.86). Sie erfolgen dann "nicht als Reaktion auf die Bedürfnisse des Organismus" (Mayr 1994, S. 185). Aber das Wissen erweitert sich und deutet für viele Variationen doch eine Beeinflussung durch die Umwelt, das Verhalten und die Geschichte der Lebewesen an. Welcher Zufall nur durch mangelndes Wissen und welche tatsächlich objektiv zufällig sind, ist nicht genau bekannt.

In der Biologie setzt sich seit einiger Zeit auch der Standpunkt durch, daß viele Mutationen nicht gleich tödlich für den Organismus, sondern neutral in ihrer Wirkung sind (Strickberger 1988, S.736). Diese *neutralen Mutationen* stellen Muster für "andere" als die Grundqualität des Systems bereit. Diejenigen, die schließlich zur Wirkung in veränderten Phänotypen kommen, sind "neu" für das System.

Daß Variationen im Biotischen schöpferisch sind, kommt auch durch die *Sexualität* zum Tragen (vgl. Weller 1991). Genkombinationen durch Sexualität könnten die Evolutionsrate wesentlich beschleunigen.

(Kritischer beurteilt Wesson 1995, S. 150 die Rolle der Sexualität. Da sich die Arten während ihrer Existenz nicht mehr bedeutend ändern, spielt die Sexualität bei der Erzeugung der Variationen keine so bedeutende Rolle. Die Variationen rühren vor allem aus einer sehr kurzen Umbruchperiode bei der Radiation zu Beginn der Existenz der Art her.)

Wenn wir die Rolle der Gene einseitig betrachten würden, würden wir ihre proteinaufbaucodierende Wirkung allein in den Mittelpunkt stellen. Dies ist aber nicht berechtigt.

Die Evolution der Proteine ist nicht direkt und linear verbunden mit der Evolution von Strukturen, sondern diese läuft relativ unabhängig von der direkten Gen-Codierung und der Proteinentwicklung (vgl. Wesson 1995, S. 270).

B) Der Gesamt-Organismus

Die genetischen Einheiten existieren stets in einem lebenden Organismus. Dieser individuelle Organismus "testet" als Phänotyp die in ihm enthaltene genotypische Variation und erzeugt seinerseits aktiv neue Variationen.

Das Neue in der (vorsozialen) biotischen Evolution taucht als erstes auf der Ebene der Individuen auf. Seine Ursachen liegen im Innern der Organismen. Einerseits sind seine Quellen in zufälligen genetischen Variationen zu suchen. Andererseits jedoch kommen auf der Ebene des Organismus weitere Ursachen für Neues zum Tragen. Die bedeutende Rolle der Organismen selbst - über ihre Rolle als "Vehikel" der Gene hinaus - findet immer mehr Beachtung bei den derzeitigen Ansätzen der Weiterführung der Synthetischen Theorie der Evolutionsbiologie (vgl. besonders den Artikel von J.Cimutta in: Cimutta/Wuketits 1995).

Erst einmal fällt auf, daß es in einem territorial so isolierten Gebiet wie Australien zwar grundlegende Unterschiede zwischen den vertretenen Tierarten gibt. Aber einige Grundtypen der dort lebenden Tierarten sind denen auf den anderen Festländern sehr ähnlich: der Beutelwolf erinnert an den Wolf und der Ameisenbeutler an den Ameisenbär (siehe Abbildung in Bylinsky 1982, S. 66).

Die Umwelt und das typische Verhalten prägen also die Form des Lebewesens deutlich. Für die Wölfe führt Bylinsky aus: "Als Fleischfresser entwickelten sich beide zu Jägern, und die Wolfsgestalt war dieser Rolle bestens angepaßt" (Bylinsky 1982, S. 65).

Trotzdem wird auf der Ebene der Organismen deutlich, daß nicht die genetische Codierung allein den Organismus determiniert. Bereits die individuelle *Morphogenese* ist "ein kontinuierlicher Rückkoppelungsprozeß zwischen Zellen und ihrer Umwelt im weitesten Sinne" (Wesson 1995, S. 293).

Einer der wichtigsten Mechanismen der Veränderungen für komplexe Zusammenhänge ist wohl der *Funktionswechsel*. Einmal gebildete Strukturen haben nicht nur die Funktionen, die sie primär ausüben, sondern können für neue Funktionen wirksam sein. Diese zuerst sicher nur als Nebenfunktionen realisierten Wirkungen können als Doppelfunktion entwickelt oder zur neuen Hauptfunktion werden (siehe z.B. Fischer 1987, S.213).

Diese *Funktionserweiterung bzw. -wechsel* ist ein typisches Evolutionsprinzip, das natürlich nur vermittelt über die anderen Evolutionsfaktoren wirkt (siehe die Entwicklung der Schwimmblasen aus den Lungen, nicht umgekehrt!).

Bereits Darwin beobachtete, "daß bei niederen Tieren dasselbe Organ gleichzeitig grundverschiedene Arbeiten verrichtet".

Dadurch "könnte die natürliche Zuchtwahl, wenn dadurch irgendein Vorteil entstünde, das ganze Organ oder nur jenen Teil der bisher zwei Funktionen versah, für die Ausübung nur einer Funktion spezialisieren und so unmerklich stufenweise die Art des Organs stark verändern"
(Darwin 1980, S.196).

Er diskutiert als Beispiele die Entstehung der Lunge aus der Schwimmblase (ebenda S. 197; heute nimmt man an, daß die Lungen aus einer Vergrößerung der Speiseröhrenoberfläche erwachsen (Erben 1988) und die Schwimmblase erst später entstand), der Insektenflügel aus Tracheenteilen (Darwin 1980, S.198) sowie die komplizierte gemeinsame Entwicklung von Blütenpflanzen und Insekten über Funktionswechselmechanismen (ebenda S. 105).

Insgesamt sind *Spezialisierungen* vorteilhaft, denn "je mehr Abkömmlinge einer Art in Körperbeschaffenheit, Lebensweise oder Gewohnheiten voneinander abweichen, desto mehr sind sie befähigt, viele und verschiedene Stellen im Haushalt der Natur einzunehmen und sich damit an Zahl zu vermehren" (Darwin 1980, S.123). Auf diese Weise entstehen geschlechtliche (ebenda S. 107) und physiologische (ebenda S.125) Arbeitsteilung.

In der Evolution werden nicht einzelne Organe "optimiert".

Eine Kanalisierung und Tradierung plus Erhaltung günstiger Variationen führt jedoch zu Tendenzen in der Evolution.

"Organismen sind integrierte Gebilde, deren Entwicklungsmöglichkeiten durch Vererbung begrenzt sind" (Gould 1991, S.11).

Deshalb findet nach Wawilow bereits die Variation "nicht in alle Richtungen, zufällig und ohne Ordnung statt, sondern in deutlichen Systemen und Klassen" (zit. bei Gould 1991, S.136).

Die Umwelt "formt" nicht das Lebendige, sondern das Lebendige macht aus der ihm gegenüber passiven Umwelt seine Umwelt. "Erst dadurch, daß sich die zukünftige Giraffe nach der Baumkrone reckt, etabliert sie die Baumkrone als eine bestimmte Umweltkomponente", schreibt Beurton (Beurton 1979, S.567) in diesem Zusammenhang.

Das Individuum kann in weiten Strecken selbst bestimmen, welcher Selektion es sich aussetzt (Jantsch 1988, S.207). Im Begriff der *Epigenetik* ist erfaßt, daß die genetische Information sehr flexibel, selektiv genutzt werden kann (ebenda S: 41, 155).

(Hierbei verwende ich den Jantsch'schen Begriff der Epigenetik der über die bei Cimutta in Cimutta/Wuketits 1995, S. 111 erwähnte Epigenetik der genetischen Wechselwirkungen hinausgeht.)

Obwohl die Konstruktionsmorphologie (Gutmann) die Prinzipien der internen Neuschöpfungen der Konstruktion im Individuum berechtigt betont, kann die Stabilisierung des jeweiligen Neuen nur in der Wechselwirkung verstanden werden.

Hier findet die Selektion ihre Einordnung.

Das Individuum ist im Falle schöpferischer Variationen der Träger des Neuen - "sein Schicksal liegt aber in den Händen der Biosphäre" (Kamshilow 1977, S.185).
--

Die Selektion dient nicht in direktem Sinne dem "Überleben der Art". Sie "wirkt einfach wie die Schwerkraft" und ist das "überlegene Überleben oder Sichfortpflanzen einiger genetischer Varianten im Vergleich zu anderen, unter irgendwelchen, gerade zufällig vorherrschenden Umweltbedingungen" (Fukuyama 1990, S. 8/9).

Die Umwelt ist dabei kein "Beobachter", der die besten Varianten "aussondert". Es ist immer das Individuum selbst, das sich im Meistern der Umwelt mehr oder weniger erfolgreich erweist (Mayr 1994, S.119). Seine Eigenart wird durch seine Eigenschaften und sein Verhalten selbst bestimmt - die Umwelt "formt" ihn nicht.

Für die Selektion ist der einzelne Organismus eine organische (autopoietische) Einheit. Abgesehen von tödlichen Auswirkungen, die bisher überbetont wurden, können Umweltreize zwar Wirkungen in der Einheit auslösen - aber nicht direkt ausüben. Maturana und Varela sprechen deshalb nicht von einer "Anpassung" der Organismen an ihre Umwelt, sondern von einem Ko-Driften von Organismen und Umwelt (Maturana/Varela 1990, S.106). Auf der Ebene der Organismen ist dieser Hinweis berechtigt. Die Evolution selbst jedoch ist auf organismischer Ebene allein nicht zu erklären, sondern nur mit Hilfe der Population als Einheit höherer Ordnung.

Bei einer Änderung der Umweltbedingungen sind der Organismus und seine Nachkommen nicht durch die Selektion darauf vorbereitet worden. Ein unter gegebenen Umständen optimaler Genotyp kann trotzdem einen geringen evolutiven Wert haben, wenn sich die Umwelt ändert.

Je größer dabei die genetische Variabilität ist, desto größer ist nach Fishers Grundtheorem der natürlichen Auslese (Strickberger 1988, S.728) die Verbesserung der Fitneß (Fitneß = relativer, d.h. auf den Vergleich zwischen Phänotypen bezogener, Fortpflanzungserfolg; ebenda S.689).

Auch bei phänotypisch sehr einheitlichen (wenig variablen) Merkmalen ist der Genotyp durchaus variabel (Strickberger 1988, S.730). Dadurch kann durch neue Umweltbedingungen die vorher verdeckte genotypische Variabilität (Herausbrechen aus "Kanalisation" durch Umweltschocks) wirksam werden.

Da die genetische Ausstattung einer Art alle früheren Wechselwirkungen enthält ("Tradierung", vgl. Riedl 1975), schränkt sie die Möglichkeiten durch Tradierung historisch "gewachsener" Mechanismen und Strukturen ein.

Obwohl die Selektion selbst nicht gerichtet ist, gibt sie der Variation also eine Tendenz. Sie spielt deshalb eine kreative Rolle.

Die "natürliche Selektion ist der Mechanismus zur Erzeugung eines überaus hohen Grades an Unwahrscheinlichkeit" (Fisher, zit. nach Strickberger 1988, S.757).

Die Selektion bekommt diese Rolle aber nur in der reproduktiven Aufeinanderfolge der Individuen innerhalb gemeinsamer genetischer Verwandtschaft. Deshalb ist sie, obwohl am einzelnen Individuum "entscheidend", in ihrer evolutiven Rolle auf Gruppen von Verwandten, Populationen und Arten bezogen.

3.4.3.2 Fortpflanzungsgemeinschaften

a) Populationen

Der Genpool einer Population enthält das genetische Material der in ihr erfaßten Individuen und damit ihre "Geschichte" über viele Generationen hinweg. Während zwischen Eltern und Nachkommen direkt die Gene vererbt werden, werden innerhalb der Populationen zwischen den Generationen *Genhäufigkeiten* weitergegeben.

Schon die auf das Genetische eingegrenzte Definition der biotischen Evolution als "Veränderung von Genhäufigkeiten" (Strickberger 1988, S.739) ist aus dem einzelnen Organismus heraus nicht zu verstehen.

"Biologische Evolution ist der Wandel von Merkmalen in Populationen von Organismen, der die Lebenszeit eines einzelnen Individuums überschreitet" (Fukuyama 1990, S.8)

Funktionell gesehen ist die Evolution also kein Kampf "zwischen den Arten" (wie es die eher systematische Beschreibung der Evolutionsergebnisse oft suggeriert), sondern *die Tendenz der durch Selektion gewerteten Variationen in Individuen innerhalb von Populationen und Arten*. Tatsächlich stellte bereits Darwin fest, daß der Kampf ums Dasein am heftigsten zwischen Individuen und Varietäten derselben Art stattfindet (Darwin 1980, S.88,121).

Konkret lassen sich Aussagen über die Veränderlichkeit des Lebendigen innerhalb von Populationen erst bei Kenntnis wichtiger populations-genetische Gesetzmäßigkeiten machen. Das seit 1908 bekannte Hardy-Weinbergsche Gesetz besagt, daß sich Genhäufigkeiten nicht durch Dominanz und Rezessivität der Gene verändern. Die veränderten Genhäufigkeiten dokumentieren sich in einer Neuverteilung der Genotypen in Frequenzen, die in allen folgenden Generationen erhalten werden (Strickberger 1988, S.670; Fukuyama 1990, S.95).

Die Genhäufigkeit kann sich ändern durch (nach Strickberger 1988, Kapitel 33):

- unterschiedliche Mutationsraten von verschiedenen Mutationen,
- Fähigkeit des Mutationsträgers, sich fortzupflanzen (Selektion) (ist selbst abhängig von: Umweltänderungen, Verhalten...),
- Einwanderung von Genen aus Nachbarpopulationen,
- ungerichtete genetische Drift (durch die Endlichkeit der Populationen werden bei jeder neuen Generation nur "Stichproben" aus der Vielfalt ausgewählt).

Für eine konkrete Umwelt gibt es optimale Phänotypen. Abweichungen in beide Richtungen sind dann ungünstig (Strickberger 1988, S.725).

Neue evolutionäre *Anfänge beginnen meist in lokalisierten, isolierten Populationen* (Mayr 1994, S.178). Jedoch erkannte schon Darwin, daß sich die Neuerungen *nur in großen Gebieten dann auch schnell ausbreiten* (Darwin 1980, S.118).

Interessant ist auch, daß *neue Schritte meist von den bis dahin weniger differenzierten Tiergruppen ausgingen*. Sie sind zwar "konservativer", aber plastisch genug für Neuansätze (Erben 1988, S.244). Hat sich die Tierart jedoch schon sehr weit spezialisiert, ist der Raum für Neuerungen bereits stark eingeengt (ebenda S.118). Dies ist die Ursache für das "Gesetz der nichtspezialisierten Abstammung" (Copesche Regel, vgl. Erben 1988, S. 202).

Diese Regel darf nicht überzogen werden. Für das Aussterben von Arten ist i.a. keine Überspezialisierung verantwortlich. Es gibt z.B. keinen Bezug zwischen der Lebensdauer der verschiedenen ausgestorbenen Ammonitengattungen und ihrer morphologischen Komplexität (Spezialisierung) (Fukuyama 1990, S. 410). Im Allgemeinen überleben zwar artenreiche Linien eher, aber nicht immer überlebten nur die Nichtspezialisierten (ebenda S. 413). Für ein Überleben bei Katastrophen ist die *möglichst weite Verbreitung* wichtiger.

Eng damit hängt das *Gesetz der Nichtumkehrbarkeit* (nach Dollo) zusammen. Hier kommt zum Tragen, daß es zwar im Individuum einzelne Rückmutationen geben kann - die Evolution jedoch innerhalb der Population ihren Lauf nimmt.

Insgesamt sind folgende Selektionstypen zu unterscheiden:

- Bei der stabilisierenden Selektion wird die Häufigkeit von Abweichungen vermindert.
- Bei der gerichtete Selektion wird durch Umweltveränderungen ein extremer Typ favorisiert. Das Optimum verschiebt sich.
- Bei der zyklische Selektion sind unterschiedliche Merkmale zu unterschiedlichen (Jahres-)Zeiten günstig. Dadurch werden die Unterschiede aufrechterhalten.
- Bei der disruptiven Selektion sind die unterschiedlichen Genotypen innerhalb einer Generation verschiedenen Umweltverhältnissen ausgesetzt (Selektion für verschiedene Extreme zur gleichen Zeit) (Strickberger 1988, S.727).

Populationen können in Subpopulationen zerfallen, um verschiedene Anpassungsoptima zu besetzen. Trotzdem haben sie dann noch einen Genaustausch (Wright, nach Strickberger 1988, S.743).

Isolieren sich die Populationen derart, daß zwischen ihnen kein Genaustausch mehr möglich ist, sprechen wir von unterschiedlichen **Arten**. Auf diese Weise kommt es zu bleibenden Differenzierungen, die dann auch höhere taxonomische Einheiten systematisch voneinander trennen lassen. Bestimmte Isolierungen sind historisch bereits sehr alt. Die Tierstämme trennten sich schon im Kambrium und bestimmte Tradierungen in der Grundkonstruktion blieben dann lange stabil.

b) Arten

Populationen und Arten gehören zur gleichen Organisationsstufe des Lebendigen. Arten sind Abstammungsgemeinschaften. In **Populationen** sind Organismen einer Art gemeinsam erfaßt. Sie stellen *Fortpflanzungsgemeinschaften* dar (vgl. Plesse 1982, S.95).

Trotz vieler nicht einzuordnender Fälle (Übersicht siehe Fukuyama 1990, S.130) haben sich die meisten Biologen auf einen Artbegriff geeinigt, der sich auf die Grenze der Fortpflanzung bezieht:

"**Arten** sind *Gruppen von sich miteinander fortpflanzenden natürlichen Populationen, die von anderen derartigen Gruppen reproduktiv isoliert sind.*" (Mayr 1994,S.48)

Ein Insulanerstamm in Neu-Guinea hat 137 unterschiedliche Namen für die in dieser Gegend vorkommenden Vogelarten . Ornithologen unterscheiden hier 138 Arten (Strickberger 1988, S.754). Dies zeigt, daß eine derartige Unterscheidung Sinn macht und der Realität weitgehend entspricht.

Die Entstehung von Arten ist deshalb populationsgenetisch "als allmähliches Erreichen der reproduktiven Isolation zwischen Populationen" (Fukuyama 1990, 12) zu erklären. Dies erklärt die Nicht-Vermischung, aber noch nicht die Entstehung des Neuen selbst.

Dies geschieht im wesentlichen durch geographische Trennungen und/oder ökologische Isolierungen zwischen den Populationen (Strickberger 1988, S.755). Ein wichtiger, wenn nicht sogar wesentlicher Faktor bei der Differenzierung der Arten ist das Verhalten, u.a. das auf die sexuelle Selektion gerichtete (z.B. Balz-) Verhalten (Wesson 1995, S. 261). Präferenzverhalten (Verhalten entsprechend "Vorlieben") nutzt bei höheren Lebewesen die bestehenden Wahlmöglichkeiten aus (Niemann 1982, S.308).

Gegenüber der Isolation, also der Aufspaltung, Differenzierung der Populationen in Arten ist jedoch die Möglichkeit der Synthese nicht zu vergessen (Löther 1992, S.71). Synthetogenese kann z.B. durch die horizontale Übertragung transponibler DNS-Elemente erfolgen und Symbiogenese durch symbiontisches Zusammenleben von Organismen mit einer Vereinigung aufgrund sich ergänzender Stoffwechselleistungen (Flechte aus der Vereinigung von Pilzen und Algen).

Zur Unterscheidung der Arten dienen nicht nur morphologische Merkmale und die (oft in der Natur gar nicht genau möglichen) Untersuchungen der sexuellen Beziehungen. Viele Arten unterscheiden sich primär durch ihre Lebensweise, ihr Verhalten. Diese sind bei Fossilien dann nicht mehr unterscheidbar!

Insgesamt ist es jedoch nicht möglich, die Evolution der Arten (bzw. ihre erstaunliche Konstanz) allein mit dem Mechanismus "genetische Variation - Selektion" zu erklären.

Es lassen sich im allgemeinen keine sukzessiven Artänderungen auffinden. Arten scheinen als Gesamtmuster sehr stabil zu sein (Wesson 1995, S. 244).

Die Proteine der Lebewesen vollziehen eine ziemlich kontinuierliche Evolution und ermöglichen das Messen von "Abständen" zwischen Arten gemeinsamer Abstammung. Aber nicht nur die Strukturgene sind wichtig für eine Variation von Lebewesen bis über die Artgrenzen hinaus. Regulatorgene gewinnen Bedeutung, Hormonelle Umstellungen können wesentlich sein - andere Mechanismen des Funktionswechsels setzen an anderen biotischen Strukturen als nur den Genen an, auf die sich die Diskussionen bisher meist nur bezogen.

Die arttypischen Strukturen jedoch verändern sich im Gegensatz zu den Proteinstrukturen nicht kontinuierlich. Die fossilen Überlieferungen zeigen keinen sukzessiven Wandel von einer Art in eine neue, sondern im allgemeinen einen Wechsel voll ausgebildeter Arten zu anderen.

Für die Stabilität von Arten spricht auch die Erfahrung, daß nach der Einstellung von züchterischen Selektionen die Gruppe meist sehr schnell wieder in die Wildform zurückfällt.

Daß andere als nur zufällige Mutationen die Quelle von Entwicklungen sein müssen, zeigt auch, daß die selektive Züchtung eines Merkmals bei Pflanzen und Tieren im allgemeinen nach 30 bis 50 Generationen einen Zustand der Stabilität erreicht (Wesson 1995, S. 223), während die Entwicklung der Resistenz gegen Pestizide jedoch teilweise innerhalb einer Generation erfolgt (Wesson 1995, S. 289).

Die Theorie der "Vererbung erworbener Eigenschaften" wird in moderner Form wieder aufgegriffen. Viele mutagene Veränderungen erfolgen ohne viele Versuche, sondern "gelenkt". Streß wie Nahrungsmangel kann bei Bakterien sofortige Anpassungsreaktionen auslösen (Beispiele bei Wesson 1995, S. 285f.). Hormonelle Umstellungen führen zu einem "Umfunktionieren" von Organen und Stoffwechselprodukten (Ishii/Hirano/Wada 1980).

Für die Evolution der Arten spielen anscheinend die Mutationen in den proteinbildenden Genen überhaupt nicht die bestimmende Rolle (Wesson 1995, S. 248).

Wichtiger wird hier der Wandel in den Wachstumsraten und -zeiten (es gehen vorwiegend die Charakteristiken der jungen Organismen in die Vererbung ein, z.B. Neotonie), die sehr innovationsfördernd sind (Wesson 1995, S. 251, 252). Larven der Manteltiere besitzen z.B. eine Art Wirbelstrang, den sie als Erwachsene verlieren. Die späteren Wirbeltiere greifen auf diese Larveneigenschaft ihrer Vorgänger zurück.

Bei der "Verjüngung" werden Gene "ausgeschaltet", so daß der Weg offen für neue Möglichkeiten wird.

Noch wichtiger für die evolutionäre Neuerung ist bei Tieren das *Verhalten*. Es ist der "Schrittmacher der Evolution" (Mayr, nach Wesson 1995, S. 294). Nicht der Zufall ist hier wesentlich, sondern aktive Verhaltensentscheidungen.

Viele Tierarten haben sich z.B. durch sexuelle Selektion voneinander isoliert, das ausschließlich auf unterschiedlichem Verhalten (Balz) beruht. Die Auswahl der Nahrung ist ebenso wichtig.

Verhalten höherer Tiere ist formbar und von Neugierde und Spieltrieb geprägt. Geradezu einladend für Innovationen!

Besonders die sozialen Organisationen erhielten ihren Anshub durch Verhaltensinnovationen.

3.4.3.3 Biozönose

Eine **Biozönose** bildet die *organische Einheit, in der der Kreislauf zwischen dem Aufbau biotischer Strukturen und ihrem Abbau stattfindet*. In ihr sind Pflanzen, Tiere und Mikroben in ihren sich ergänzenden Funktionen als Produzenten, Konsumenten und Destruenten innerhalb des Lebendigen erfaßt.

Das Zusammenwirken innerhalb der Biozönosen beschreibt u.a. Kamschilow (Kamschilow 1977, S.75ff.).

Die Beziehung der Organismen innerhalb der Arten, aber auch zwischen ihnen betont aus der Sicht der Einheit der Biozönose auf ihre symbiontischen Wechselbeziehungen als "zentralen Aspekt des Lebens" auch Capra (Capra 1988, S.308).

Als organische Einheit höherer Ordnung ist jede Biozönose durch ein dynamisches Fließgleichgewicht gekennzeichnet, das durch qualitative Sprünge entstand und welches zu neuen qualitativen Sprüngen führen wird. Diese Sprünge sind jedoch nur unter Einbeziehung der abiotischen Quellen und Senken des biotischen Stoffwechsels zu erfassen (Lovelock 1993, S.35,87).

3.4.3.4 Biogeozönosen und Biosphäre

Die **Biogeozönose** enthält *nicht nur die biotischen Anteile, sondern alle "Naturerscheinungen (Atmosphäre, Gestein, hydrologische Bedingungen, Pflanzenwelt, Tierwelt, Welt der Mikroorganismen, Boden), denen eine besondere Spezifik der Wechselwirkungen dieser sie bildenden Komponenten eigen ist"* (Sukatschow, nach Plesse 1982, S. 110). Gemeint sind hier Bereiche der Erde wie Meere, Küstenstreifen, Bäche, Seen, Wüsten, Tundren oder Wälder.

Die **Biosphäre** ist schließlich die "*Gesamtheit aller lebenden und toten Materie, soweit letztere in das Lebensgeschehen einbezogen ist*" (Kamschilow 1977, S. 51; der Begriff der "toten" Materie wäre zu korrigieren als "nichtlebende", weil ja nicht nur abgestorbenes vorher Lebendiges gemeint ist).

Wichtig ist es, die Artenbildung und -evolution nicht als zu kontinuierlichen Prozeß darzustellen. Neue Trends, qualitativ grundlegende Veränderungen sind zwar durch die interne Plastizität der betrachteten organischen Einheit als Möglichkeiten vorbereitet - zur Wirkung gelangen sie meist erst durch das Zusammenbrechen der früheren Fließ-Gleichgewichtszustände (Gould 1994, S.52).

Interessant ist zum Beispiel das Ende der meisten Saurier.

Noch ist nicht genau bekannt, was zum Aussterben dieser die Erde über 100 Millionen Jahre lang beherrschenden Tierarten geführt hat. Einige Hinweise geben jedoch die "übriggebliebenen" Tierarten der Erde. Einerseits starben alle großen Dinosaurier (mit einer inneren Temperaturregulation: endotherm) aus. Es überlebten nur die Reptilien, die ihre Temperatur durch Aufnahme von Wärmestrahlung regulieren (ektotherm). Aus einer Gruppe Saurier entstanden die Vögel. Die kleinen Säuger sind ebenfalls endotherm. Sie begannen sich zu verbreiten.

Nach dem Aussterben der Saurier hatten also Tiere Vorteile, die entweder ektotherm oder aber endotherm, aber klein waren. Bei den kleinen ektothermen Reptilien war die Oberfläche gegenüber dem Volumen groß genug, um Umgebungstemperatur aufzunehmen. Die großen endothermen Sauriere jedoch kamen nicht mehr zurecht. Die kleinen Säugetiere dagegen entwickelten sich prächtig. Dies spricht für eine Vorteil der Tiere, die mit kälteren Bedingungen gut umgehen konnten.

Eine wärmehaltende Innovation der späteren Vögel war das Federkleid. Erst später schienen die wärmenden Federn bei den Vögeln auch zum Fliegen genutzt worden zu sein (Funktionserweiterung) (vgl. Gould 1991, S. 168) (Diese These wurde berechtigt angezweifelt, siehe u.a. Wesson 1995, S. 70).

Nach dem Aussterben der (meisten) Saurier könnten also niedrigere Temperaturen geherrscht haben als vorher (Nichelmann 1986, S.48). Die Saurier selbst waren unter den Bedingungen höherer Temperaturen aufgrund ihrer großen Körpermassen besonders gut angepaßt gewesen. Genau dies wurde ihnen unter veränderten Bedingungen zum Verhängnis und machte die ökologischen Nischen frei für die Säugetiere. Wodurch die Kälte hervorgerufen wurde, und welche weiteren Faktoren zu einem derartig durchgreifenden Aussterben vieler Tiere geführt

haben, ist noch in der Diskussion, bei der aller paar Monate neue Hypothesen eingeführt werden.

Insgesamt werden als Ursache für diese Art des Zusammenbrechens von vorher herrschenden Ökosysteme die äußeren Ursachen der Katastrophen ("Faunenschnitte" beim Übergang vom Perm zum Trias und von der Kreide zum Tertiär; vgl. Erben 1988, S.96, 101) betrachtet, wie das mehrmalige Absinken des Meeresspiegels.

In diesem Zusammenhang sollte aber auch noch stärker nach selbstorganisierten "**Sprüngen**" in der Phylogenese der Arten gefragt werden. Bei der Entstehung der für die frühen (kernlosen) Einzeller giftigen Sauerstoffatmosphäre ist dies offensichtlich. Sie erzeugten die Ursache der für sie giftigen Sauerstoff-"Klimakatastrophe" durch die Sauerstofferzeugung bei der Photosynthese selbst.

Aber auch in der weiteren Evolution sollten derartige Zusammenhänge nicht übersehen werden.

Das Konzept von Gaia - der "lebenden Erde" (Lovelock 1993) - widerspiegelt die Wechselwirkungen des Lebendigen mit seiner nichtlebenden Umwelt, der Atmosphäre, der Lithosphäre.

Bereits Darwin schrieb ein ganzes Buch nur über den "Anteil, den die Würmer an der Bildung der Humusschicht hatten, der die gesamte Bodenoberfläche in jedem mäßig feuchten Land bedeckt" (zit. nach Gould 1991, S. 123).

Diese übergreifenden Zusammenhänge, die zu Sprüngen in der Evolution führen, werden überhaupt erst sichtbar, wenn mehrere Ebenen gemeinsam betrachtet werden. H.-A. Stolte betont:

„Immer sind es mehrteilige Systeme, die zusammenwirken, um Neubildungen aus sich hervorgehen zu lassen“ (Stolte 1953, S.11).
--

Für ein bestimmtes System ist die Variation seiner Elemente bedingt zufällig. Aber diese Elemente stellen selbst Systeme dar, für deren Veränderungen bis hin zur genetischen Ebene auch Zusammenhänge und Wechselwirkungen sorgen, und nicht absolute Zufälle.

Veränderungen in "tieferen" Ebenen sind bedingt durch Wechselwirkungen innerhalb dieser Ebenen, durch Wechselwirkungen auf der Ebene und durch Wirkungen aus "höheren" Ebenen.

Die Veränderung auf allen Ebenen erfolgt nicht gleichmäßig (unterschiedliche Zeithorizonte der systemtypischen Prozesse, Wirkungsweite unterschiedlich). Die Ungleichmäßigkeit der Veränderungen führt zu Spannungen, die schließlich zu nichtkontinuierlichen "Sprüngen" führen.

Zwischen allen Ebenen führt die Auto-Poiesis der jeweiligen organischen Einheiten auf Grundlage ihrer inneren Widersprüchlichkeit (vgl. Hegel 1988) und der Veränderung des Bedingungsgefüges durch die eigene Aktivität zu Prozessen der Selbst-Organisation, bei der neue Systemzustände sich etablieren.

Eldridge und Gould entwickelten 1972 die Theorie der Evolutionsschübe, wonach die Artbildungsevolution in Populationen graduell, aber in rapider Geschwindigkeit gegenüber langandauernder Stagnation danach stattfindet.

Gould formuliert, daß "Tendenzen nicht der graduellen Veränderungen innerhalb der Geschlechter zugeschrieben werden (können), sondern ... aus dem unterschiedlichen Erfolg gewisser Typen von Arten entstehen (müssen)" (Gould 1991, S. 258).

Damit geht er anscheinend zum Prinzip der "Selektion unter Arten" über, nachdem zuerst die Selektion unter Individuen und später die Selektion in Populationen als grundlegend angesehen wurden. Jedoch ist diese Sicht zu einseitig. *Er geht von der alleinigen Rolle der Selektion überhaupt ab.* Es ist nicht primär DIE Selektion - welcher Ebene auch immer - die allein das Wesentliche ist.

Nach drei Milliarden Jahren einzelliger Lebensform probierten die neuen Mehrzeller nur 5 Millionen Jahre lang verschiedene Baupläne aus. Danach folgte innerhalb dieser Organisationsstufe ein 500 Millionen Jahre langes „Herumprobieren“ mit den in kurzer Zeit gefundenen und stabilisierten Grundmustern (Gould 1994, S.58).

Bei den Lungenfischen z.B. geschah die Umstrukturierung der neuen Fischklasse innerhalb von 25 Jahrmillionen. Danach veränderten sie sich 200 Millionen Jahre lang kaum noch (Mayr 1994, S.207).

Es ist typisch für alle rasch um sich greifenden Radiationen bei der Besiedlung neuer Nischen nach dem Aussterben vorher dominierender Arten, daß alle Variationen nach kurzer Zeit nicht mehr weit vom zuerst entstandenen "Bauplan" abweichen. Die Plastizität der Baupläne ist erschöpft, die Grundmuster "rasten ein".

Dabei sind die Grundmuster, die nach der explosiven Radiation zu Beginn übriggeblieben sind, nicht unbedingt die funktionell Besten oder die Komplexesten. Sie sind recht zufällig aus einer großen Zahl anderer möglichen Varianten "ausgewürfelt" (Gould 1994, S.55).

Die Evolution ähnelt also mehr einem Treppensteigen, als einem gemächlichen Hinaufrollen auf einer schiefen Ebene (Gould 1991, S. 258). Beim Treppensteigen selbst wurden viele mögliche Leitern und andere Treppen in andere Richtun-

gen einfach nicht gegangen. Einerseits brechen viele frühere Varianten (durch die "Katastrophen") ab, andererseits bleiben biotisch "tiefere" (frühere) Ebenen i.a. (wenn auch selbst weiterentwickelt) bestehen.

Gould kennzeichnet die Geschichte des vielzelligen Lebens deshalb aus dieser Sicht als "Verlust des einstigen Reichtums und das Sich-Etablieren der glücklichen Überlebenden" (Gould 1994, S.58).

Spätestens auf der Ebene der Arten sind weitere Wechselwirkungen zu betrachten.

Zwischen den verschiedenen Arten wirken vorteilhafte, ergänzende Wechselwirkungen sowie Konkurrenz (als Ausbeutung und Interferenz; siehe Fukuyama 1990, S.34). Unter der Bedingung reichlicher Ressourcen, also ohne Konkurrenz, kommt es durchaus auch zu einem verschwenderischen Umgang mit diesen Ressourcen (Maximum-Power-Prinzip), der zu einem starken "Experimentieren" führt (Radiation).

Da unter diesen Bedingungen die "natürliche Selektion in Ökosystemen so abläuft, daß die Biomasse des Systems und der totale Energiedurchfluß durch das System solange zunimmt, wie ein Überschuß an Energie und Materie in der Umwelt des Systems vorhanden ist" (Binswanger 1994,S.174), werden Voraussetzungen für die Aufbau komplexer Ordnungen geschaffen.

Erst dann können auf Grundlage dieser Komplexität die Ressourcen effektiver genutzt werden.

- (Effektivität: a) Minimumprinzip: bestimmter Output bei minimalem Input;
b) Maximumprinzip: bestimmter Input bei maximalem Output)

Diese Möglichkeit der Effektivierung wird erst realisiert bei der durch die Vermehrung herbeigeführten Konkurrenz um die schließlich knapper werdenden Ressourcen.

Konkurrenz und Effektivierung bedingen sich gegenseitig und führen schließlich zu einem sich gegenseitig antreibenden nichtlinearen Prozeß, bei dem die Umwelt und die Art sich selbst aktiv verändern.

Erst in diesen Wechselwirkungen kann schließlich auch die Evolution der Arten als selbstorganisierter Prozeß, und nicht nur ein durch Umweltveränderungen erzwungener Anpassungsprozeß verstanden werden.

Die Globalen Probleme der Menschheit rühren ebenfalls von einem verschwenderischen Umgang mit den natürlichen Ressourcen her. Insofern macht die Gesellschaft nichts anderes als junge Ökosysteme ohne Konkurrenz auch. Ihr Verhalten ist deshalb erst einmal - wertfrei betrachtet - völlig natürlich! Allerdings tritt genau bei der notwendigen Effektivierung des Mensch-Natur-Verhältnisses ein Bruch ein:

Da die Effektivität und Produktion von Vielfalt in der produzierenden Gesellschaft bisher nur innerhalb der Geld-Ökonomie optimiert wird (und "Geld" kann gesamtgesellschaftlich beliebig vermehrt werden), kann die ökologisch-biotische Ressourcenübernutzung vielleicht nicht rechtzeitig in ökologisch effektive Produktions- und Lebensformen überführt werden. Statt ökologischer Komplexität - auf Grundlage einer Natur-Technik-Allianz (Bloch 1985, S.802ff)- baut das Wirtschaftssystem der Menschheit weiterhin wachsende Geldkonten - bei verhängnisvoller Zerstörung der natürlichen Entwicklungspotentiale.

Das Zusammenwirken der verschiedenen Ebenen (siehe *Abbildung 3.11*) erfaßt Jantsch (Jantsch 1988,S.189) als **Ko-Evolution von Mikro- und Makroobjekten**.

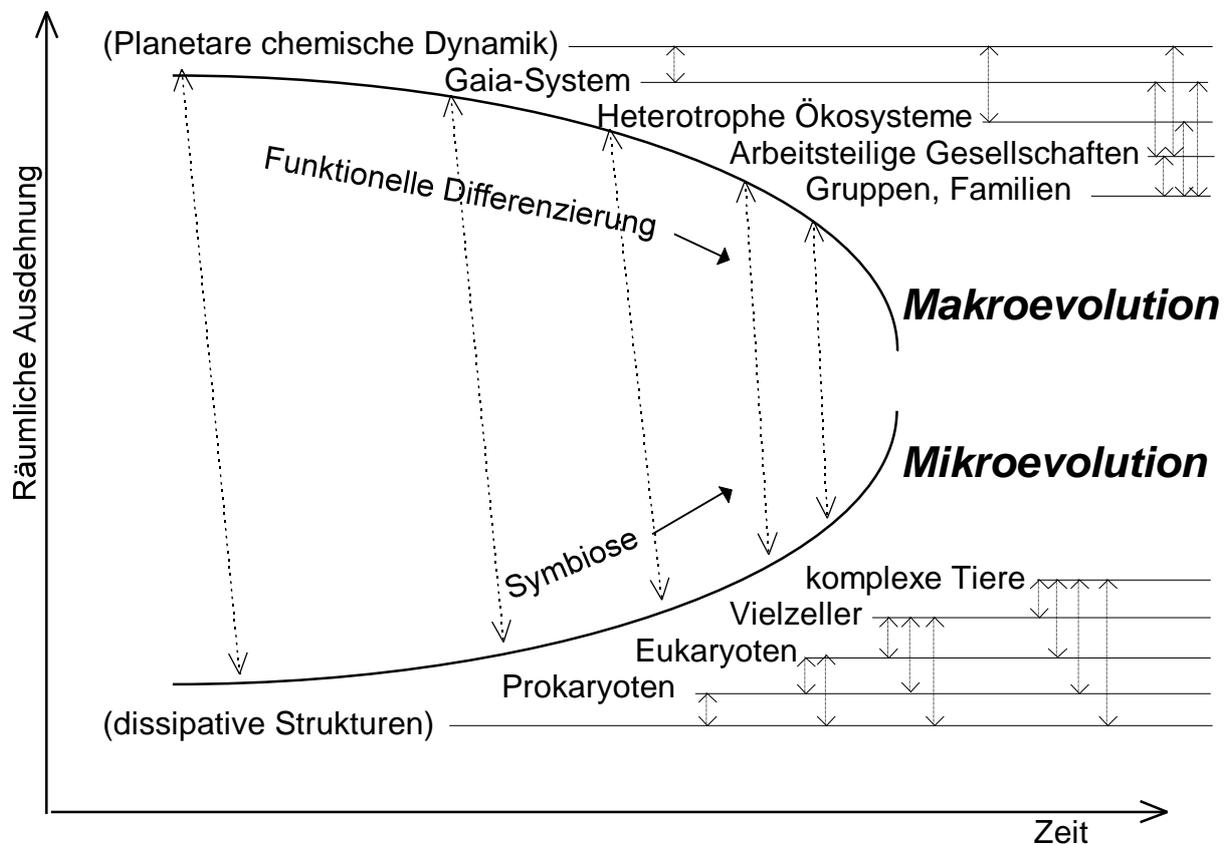


Abbildung 3.11: Ko-Evolution von Mikro- und Makroobjekten (nach Jantsch 1988, S.189)

Leben paßt sich nach Lovelock (Lovelock 1993, S.99) *nicht nur der Erde an, sondern formt die Erde so, daß sie für das Leben eine Heimat sein kann.* Aus der örtlich begrenzten Aktivität von Organismen entsteht ein globales Regulierungssystem (Lovelock 1993, S.143). Lovelock führt dafür viele Beispiele an (Korallen: S.169; Salzgehalt der Meere: S.139, Waldbrandökologie: S.179; Schwefelwasserstoff-Stoffwechsel: S.190f.; Klimakontrolle: S.195).

3.4.4 Psychische Entwicklung, Verhalten und Biosoziales

Das Leben ist nicht nur ein Reaktorraum für biochemische Stoffwechselfvorgänge, sondern verhält sich selbst aktiv zu seiner Umwelt. Die durch chemische Reize ausgelöste Formveränderung und Bewegung des Schleimpilzes wird oft als Paradebeispiel eines selbstorganisierten, chemisch erklärbaren Prozesses genutzt. Chemische Reaktionen und physikalische Bewegungen (von Geißeln) innerhalb der Funktion biotischer Organismen ermöglichen einfachste Wahrnehmungs- und Bewegungsleistungen. Diese sind ein integraler Bestandteil der biotischen Entwicklung.

Zur Koordination dieser Prozesse entwickelte sich ein *neuronales System*. Hier wird eine Art von *Funktionswechsel* wirksam, bei der nicht mehr der direkte Umweltreiz eine Wirkung im Organismus auslöst. Die bei komplexeren Lebewesen längere innere Entfernung zwischen der Wahrnehmung äußerer Reize und den inneren Teilen wurde überbrückt durch bestimmte Transmitter-Substanzen aus dem Innern (die vorher andere Hauptfunktionen hatten und schließlich die Signalübermittlung als neue Hauptfunktion übernahmen) (Ebeling/Feistel 1994, S. 167). Diese Transmitter-Substanzen hatten später nichts mehr mit den eigentlich wahrgenommenen Umweltreizen (Stoffen) zu tun, sondern stellten reine Symbole dar. Ebeling und Feistel bezeichnen dies als *Ritualisierung*.

Einige informationsverarbeitende Zellen spezialisierten sich zu Neuronen. Neuronale Netze ermöglichten komplexe Informationsverarbeitungen und das *Lernen* (Ebeling/Feistel 1994, S. 171).

Typisch für die neuronale Entwicklung ist nicht die ständige Spezialisierung, sondern der im Gegenteil der besseren Austauschbarkeit, *Flexibilität* bei der Funktionserfüllung.

Es wurde möglich, im neuronalen System Informationen zu speichern, also aus Erfahrungen zu lernen und Situationen erst im Kopf "durchzuspielen". Dadurch wurde das Risiko von unter Umständen tödlichen Irrtümern vermindert und die

Träger derartiger Fähigkeiten erhöhten ihre Fitneß gegenüber den anderen Lebewesen.

In diesen Rahmen fällt die Entwicklung der Fähigkeit zur Erkenntnis. Unsere biologischen Erkenntnisvoraussetzungen "passen" an unsere Umwelt, weil auch sie der natürlichen Auslese unterlagen. Mit dieser Erklärung ergänzt der Biologe Konrad Lorenz den Philosophen Immanuel Kant, auf dessen Königsberger Lehrstuhl er einige Zeit saß (Lorenz 1973, vgl. auch Vollmer 1985; Riedl 1988; Oeser 1983).

Diese durch die evolutionäre Erkenntnistheorie sehr gut erfaßten Zusammenhänge dürfen jedoch nicht verabsolutiert werden, indem das Lebendige auf seine Fähigkeit, zu erkennen und sich "Information einzuverleiben", *reduziert* wird (Lorenz/Kreuzer 1981; Lorenz 1983).

Nicht das neuronale Netz und die Informationsverarbeitungskapazität sind allein der wesentliche Evolutionsfaktor.

Der Erfolg oder Mißerfolg der Informationsverarbeitung zeigt sich erst im praktischen *Verhalten*. "Die Realisation (der) Interaktion mit der Umwelt wird durch ein stammesgeschichtlich angepaßtes und individuell ausgeformtes Verhalten vollzogen" (Tembrock 1982, S. 9).

Lebewesen mit gleichem Aufbau können eine unterschiedliche Lebensweise entwickeln und dadurch neue ökologische Nischen erschließen. Morphologische Veränderungen können dann in Anpassung an diese Nischen folgen.

Verhalten bringt gegenüber dem reinen "Erkenntnis"-Handeln noch eine Ebene mit neuer Varianz in das Geschehen. Über das erkennende Reflektieren hinaus läßt das Verhalten verschiedene Reaktionen zu.

Die Differenzierung sorgte auch bei der Verhaltensevolution für verschiedene Experimente. Die Insekten differenzierten und koordinierten ihr Verhalten im allgemeinen über eine genauere Differenzierung der einzelnen genetischen Programme der Individuen. Die Wirbeltiere dagegen vergrößerten gerade die Flexibilität des einzelnen Individuums.

Hier begegnen wir der ursprünglichen Form der *Ritualisierung*. Das Individuum deutet die Ausführung einer Handlung an, führt sie dann aber nicht durch, sondern beläßt es beim "Signal". Die darauf basierende Differenzierung der Signalsysteme ist evolutionär sehr günstig. Auch die Kommunikation durch Lautäußerungen basierte erst auf direkten Atmungsvorgängen und löste sich später von diesem direkten Weg (Marischka/Seibt 1982, S. 67).

Bei der Betrachtung der Biologie des Sozialverhaltens ist zu beachten, daß nicht einseitige biologische Theorien ("egoistisches Gen", "Prinzip Eigennutz") leichtfertig zur alleinigen Erklärung des menschlichen Verhaltens benutzt werden.

Weitere wichtige Fähigkeiten, die das Lebendige gewinnt, sind die Instinkte und das Lernen.

Die "Soziobiologie" als Untersuchung der Biologie des Sozialverhaltens kann methodisch wertvoll sein. Vorsicht ist allerdings bei der Einbeziehung von konkreten Ursachenerklärungen angesagt (vgl. Tembrock 1982, S. 7f.).

Für das Verhalten des Menschen jedoch gab es wiederum eine Evolution der Evolution. Sie führte dazu, daß soziale Verhaltensursachen und -triebkkräfte eigenständig untersucht werden müssen, daß es gesellschaftliche Gesetzmäßigkeiten gibt, die nicht aufs Biotische reduziert werden können.

Die Verhaltensbiologie selbst untersucht biosoziale Zusammenhänge. Diese Bio-sozialität ist mit einem Evolutionsvorteil verbunden, der aus der "besseren Ökonomie der Zeit, der Substanzen, der Energie und des Verhaltens" (ebenda S. 19), der Kostensenkung für die Nachkommenschaft, herrührt.

Trotz des großen Beitrages, den die evolutionäre Erkenntnistheorie und die Biologie des Verhaltens und für das Verständnis sozialer Prozesse zwischen Menschen und Menschengruppen leistet, darf er nicht übertrieben werden.

"Alle sogenannten "Ismen" wie Mechanizismus, Biologismus, Psychologismus usw., maßen sich an, die für höhere Schichten kennzeichnenden und ihnen allen eigenen Vorgänge und Gesetzhkeiten mit den Geschehenskategorien der tieferen zu erfassen, was einfach nicht geht"
(Hervorhebung vom Autor: Lorenz 1973, S. 61).

(Ich zitiere an dieser Stelle mit voller Absicht ausgerechnet Konrad Lorenz, der diese richtiger Erkenntnis in seinen eigenen Aussagen zur Gesellschaft überhaupt nicht mehr berücksichtigt: vgl. zu seiner "Pathologie der Kulturen" Lorenz 1973, S. 252 sowie Lorenz/Kreuzer 1981, S. 75)

3.5 Biotische Entwicklung

"Das organisch Endliche trägt infolge dieser Unangemessenheit zur Allgemeinheit seiner Gattung, schließlich zur ganzen Totalität, den Keim des Todes in sich, aber auch die Produktivkraft des Triebes und Lebens." (E.Bloch)

3.5.1 Evolutionsfaktoren

Eine Evolutionstheorie, die alles aus dem Wechselspiel von zufälliger Mutation und Selektion zum Erzwingen einer "Anpassung an die Umwelt", ableiten will, greift tatsächlich zu kurz. Viele Wechselwirkungen und Bedingtheiten können genauer bestimmt werden.

Wenn dann als Gegenreaktion mit der Betonung neuer Erkenntnisse der gesamte "Darwinismus" in Bausch und Bogen verdammt wird, so ist das nicht nur ein Les- und Erkenntnisfehler, sondern dient wohl vor allem als verkaufsförderndes Argument für die eigenen Schriften.

Oft jedoch sind diese Provokationen auch erkenntnisfördernd. Ich selbst hätte mir bestimmt nicht so viel Mühe geben müssen, die Tatsachen in geeignete Zusammenhänge zu stellen, wenn ich nicht dauernd auf diese gegenseitigen Berichtigungen gestoßen wäre.

Es geht dabei nicht um eine Einordnung "richtig - falsch", sondern um die Suche nach übergreifenden Zusammenhängen. Die Beschreibung der Zusammenhänge im Kapitel 3.4 versuchte deshalb auch die jeweils geeigneten Aspekte aus verschiedenen Konzepten zusammenzuführen, ohne daß ich mich auf einen Streit mit ihnen einlassen müßte.

Hier sollen im weiteren einige Fragen nochmals zusammenfassend beleuchtet werden.

Aufgrund der Komplexität des Verhältnisses von Variationen und Stabilisierung von Neuem müssen bei der Aufzählung der üblichen Evolutionsfaktoren "Mutation" und "Selektion" noch weitere hinzugefügt werden:

- Genrekombination
- Mutationsraten (u.a. abhängig von Nischenbesetzung und Populationsgröße),
- Isolation von Teilen der Art
- zufällige umweltbedingte Schwankungen der Individuenanzahl der Art (Populationswellen)
- genetische Drift (Löther 1983, S.63),

- Diploide,
- Symbiose (Kaplan 1982, S.372).

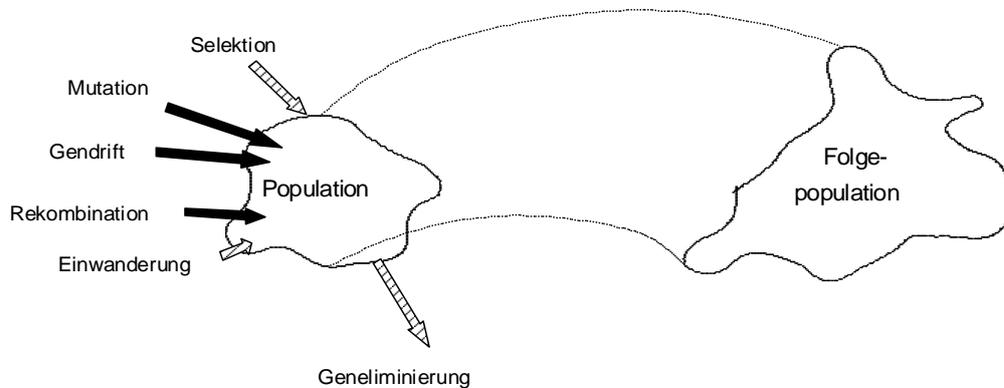


Abbildung 3.12: Einige der auf die Population einwirkenden Evolutionsfaktoren

Die Ergänzungen neben der reinen Mutation und der Selektion am Individuum erscheinen in der Literatur als Neo-Darwinismus oder gar Anti-Darwinismus. Die verschiedenen neueren Autoren stellen jeweils einige neue Faktoren in den Mittelpunkt ihrer Betrachtungen, wobei die Gesamtzusammenhänge oft wieder aus dem Blick geraten.

Die Frage nach den Evolutionsfaktoren hat als Hintergrund die Frage nach den *inneren Widersprüchen, die die Evolution des Lebendigen "vorantreiben"*. Da das Lebendige in seinem Sein auch immer evolviert, ist die Frage nach dem "Grundwiderspruch des Lebendigen" auch immer die Frage nach dem grundlegenden System von Widersprüchen der biotischen Evolution (Stöhr 1980, S. 388).

In der typischen Faktorenzusammenstellung wie oben werden dabei die in den Population wirkenden Faktoren *Mutation, genetische Rekombination* und *Gendrift* als Erzeuger der genetische Variabilität genannt und die *Selektion* und *Isolation* als lenkende Faktoren.

Nach Plesse (Plesse 1982, S. 102) muß auch noch die *Vererbung* als Evolutionsfaktor benannt werden, weil sie gegenüber den anderen diskontinuierlichen Faktoren die notwendige Kontinuität einbringt.

Angesichts der Fülle weiterer wesentlicher Einflußfaktoren auf die Evolution sind aber Ergänzungen nötig.

Qualitativ abzuheben innerhalb der "zufälligen umweltbedingten Schwankungen" wären auf jeden Fall die äußeren Zufälle (Ursachen der nicht selbsterzeugten "Katastrophen") (vgl. Gould 1994, S. 52). Die meisten völlig neuartigen Innovationen entstanden in kurzen Umbruchperioden jeweils nach derartigen "Katastrophen".

Zu beachten ist auch, daß die Evolutionsmechanismen im Laufe der Zeit ihre Gewichtungen verändern und neue entstehen. Auch die Evolutionsmechanismen evolvieren! Wichtig ist dies z.B. bei der Entwicklung der Regeln von Kooperation (vgl. Axelrod 1991).

Bei höheren Säugern gibt es die Erscheinung der *Neotonie* (verlangsamtes Wachstum ermöglicht höhere Formen, vgl. Löther 1983, S. 120). In anderen Situationen (junge Ökosysteme) wird dagegen die Geschlechtsreife beschleunigt (Progenese) und es gehen vorwiegend die Charakteristiken der jungen Organismen in die Phylogenie ein. Diese Eigenschaften werden wahrscheinlich über Veränderungen in der *Regulation der Genaktivität* vermittelt (Löther 1983, S. 123).

Insgesamt lassen sich interessante übergreifende Zusammenhänge in Form von sog. "*Zeitgestalten*" beobachten. Phylogenetisch ähnelt die Gestalt von Organismen gegen Ende der Existenzzeit der Art wieder der des Anfangs (Schad 1989, S. 128). Die kindliche Form z.B. des menschlichen Kopfes zeigt die zukünftige Schädelform der jeweils weiterentwickelten Formen (Arnold 1989, S.163). Insofern steckt die Zukunft bereits in der Vergangenheit.

Besonders die Kombination der Faktoren im Systemzusammenhang führt zu neuen Qualitäten (Löther 1983, S.119).

Obwohl die Grundlagen des *Verhaltens* genetisch und organismisch vorgegeben sind, bringt das Verhalten einen weiteren "Freiheitsgrad" in die Wechselwirkung des Lebendigen mit seiner Umwelt.

Besonders unter Streß können Potentiale freigesetzt werden, die unter normalen Umständen nicht wirksam sind (Jantsch 1988, S. 207; Wesson 1995, S. 177, S. 285).

Als Quelle des Neuen wirken nicht nur die zufälligen genetischen Mutationen, sondern in einem allgemeineren Sinne *Variationen* im genetischen Bereich (Rekombination), denen Wechselwirkungen der Gene untereinander und ihrem Milieu, sowie organismischen Funktions zugrundeliegen (Funktionswechsel, -erweiterung oder -synthese).

Die Existenz und das Aufbewahren von Variationen führt zu Differenzierung als Voraussetzung für Spezialisierungen. Die Differenzierungen und Spezialisierungen erlauben eine effektive Ausnutzung der Umweltressourcen und "Arbeits"-Teilung.

Evolution ist also mit Differenzierung verbunden, nicht mit der Ausbreitung eines einheitlichen "Breis".

Explosive Radiationen finden jedoch vor allem in der Situation reichlicher Ressourcen statt und werden sofort eingeschränkt im Falle von Konkurrenz (äußere Varianz-Begrenzung).

Nicht alle Variationen im Innern kommen sofort zur Wirkung (neutrale Mutationen, Strukturen mit anderen Funktionen als der Hauptfunktion "in Reserve"), sondern der Organismus enthält in seinen Teilen Möglichkeiten, die erst unter bestimmten Bedingungen realisiert werden können.

Evolution ist dann die **Umwandlung des Möglichen** (P. Medawar, zit. bei Gould 1991, S.155). Die Fähigkeit zum Hervorbringen neuer Variationen wird durch die Plastizität beeinflusst, die durch den Erhalt historischer "Geschichten" (Tradierung...) begrenzt wird (innere Varianz-Begrenzung).

Die Umwelt wirkt also nicht allein zerstörend, sondern auch neue Möglichkeiten befördernd. Die Selektion muß nicht nur negativ als todbringendes Element gesehen werden, sondern sie dient der gezielten Bewahrung einiger weniger neuer Varianten (Mayr 1994, S.120) innerhalb großer Wechselwirkungsnetze.

Zwischen der *Erstmaligkeit des Neuen und der Bestätigung durch Stabilisierung* gibt es Zusammenhänge, die Ernst von Weizsäcker diskutiert hat (siehe Fuchs-Kittowski 1990, S.39f. und Jantsch 1988, S.90).

Die *Selektion* wirkt nicht etwa von einer aktiven Umwelt in Richtung eines passiv das "Richterurteil" abwartendes Lebewesen, sondern der Organismus wählt seine Umwelt in Grenzen selbst aus.

Das Hervorbringen des Neuen durch die Variation sowie das Stabilisieren des Neuen wirkt direkt an der Fortpflanzungsfähigkeit (Fitneß) des einzelnen Organismus. Die Fortpflanzung leitet uns zu den Zusammenhängen innerhalb organischer Einheiten höherer Ordnung (Population/Art, Biozönosen, Biogeozönosen).

Innerhalb dieser Einheiten wird deutlich, daß *Evolution kein kontinuierlicher Prozeß ist, sondern in sich "abgestuft"* (nur sehr kurzzeitige Radiationen, dann Beibehaltung der "Baupläne").

Dies wird überhaupt nur verständlich aus der Betrachtung von Wechselwirkungen mit der jeweiligen Umwelt.

Diese Betrachtungen führen uns also wieder hin zu einer Systemdarstellung, bei der auf verschiedenen Ebenen unterschiedliche organismische Einheiten zusammenwirken und gemeinsam ein Ganzes auf der jeweils "höheren" Ebene bilden (enkaptische Hierarchie).

Dieses Zusammenwirken kann inhaltlich genauer untersetzt werden: die konkreten Elemente bilden die Struktur, werden ständig neu erzeugt und bilden in ihrer gegenseitigen Verknüpftheit die Organisation der Einheit. In ihrer Existenz "greifen" die Elemente aufgrund des notwendigen Stoffwechsels über ihre Ebene "hinaus". Sie wandeln sich selbst in ihrer Existenz- und Wirkungsweise (Radiation), gehen Wechselwirkungen ein, die einerseits kooperativ ergänzend wirken, andererseits aber auch durch Konkurrenz um die begrenzten Umweltressourcen gekennzeichnet sind.

Die Entwicklung vollzieht sich auf der Grundlage der inneren Wechselwirkungen (inneres Möglichkeitsfeld/ Variabilität - aber auch Konkurrenz, Widersprüchlichkeit) und der Wechselwirkungen innerhalb Einheiten "höherer" Ordnung.

Jeweils in der organischen Einheit wirkt eine Eigengesetzlichkeit, die nicht auf eine "niedere" Ebene reduziert, oder durch die "höhere" vollständig determiniert werden kann.

Trotz notwendiger Wechselwirkungen zwischen den Ebenen, sind die Triebkräfte der Entwicklung für eine betrachtete Ebene in der eigenen Konstitution und Variabilität primär.

Als Triebkräfte sind zu nennen:

- auf der Ebene der Biogeozönose: Widerspruch zwischen unbegrenztem Reproduktionsvermögen und den begrenzten materiellen Ressourcen (Kamschilow 1977, S.195),
- auf der Ebene der Biozönose: Widerspruch zwischen Synthese und Destruktion organischer Stoffe im biotischen Stoffkreislauf (Plesse 1982, S.103) und

- auf der Ebene der Population: Widerspruch zwischen Mutation und Selektion (Stöhr 1980, S. 389) oder Widerspruch zwischen Vermehrungsraten und Sterblichkeitsraten (Plesse 1982, S. 96).

Insgesamt sind diese treibenden Widersprüche nicht voneinander zu trennen, sondern sie stellen ein *System von Widersprüchen* dar (Stöhr 1980, S. 382).

Auf Grund der Eigendynamik auf jeder Ebene (in Wechselwirkung mit Prozessen aus den anderen Ebenen) ist davon auszugehen, daß *eine Evolution auch auf jeder Ebene stattfindet*. Ebenso finden hier auf jeder Ebene Variations- und Selektions(Stabilisierungs)-Prozesse statt. Gould betont deshalb die Notwendigkeit einer *"hierarchischen Evolutionstheorie"* (Gould 1991, S. 174). Sie bedingt aber eine enge Verbindung der Ebenen. Die Evolution auf jeder Ebene ist nur möglich durch ihre Einbindung in größere "organische Einheiten" (Hegel).

Die Unterteilung in "innere" und "äußere" Evolutionsfaktoren ist deshalb stets relativ auf das jeweils betrachtete System bezogen.

Wenn man unter Darwinismus nur den Mutations-Selektions-Mechanismus versteht, so reicht das tatsächlich nicht aus. Der Anpassungs- und Optimierungsgedanke ist nicht sehr hilfreich und lenkt ab. Es geht nicht um die Anpassung an eine statische Umwelt. Sonst würde kaum etwas Neues entstehen.

Eine Theorie, die den Darwinismus ablehnt, ist die Autopoiesekonzeption nach Maturana und Varela. Hier fehlt jedoch jegliche Erklärung des Neuen und die Erklärung, wieso dieses dann auch noch stabilisiert wird. Durch die Beschränkung aufs Individuum und dessen konstruktive Kopplungen wird die Rolle der Selektion absichtlich ausgeschaltet. Jeder Organismus wird nur solange betrachtet, wie er selbst lebt (lebt ohne Zweck für sich). Dies läßt die Evolutionsebene der Population/Art unbeachtet, obwohl auch dies eine organische Einheit im Hegelschen Sinne ist.

3.5.2 Biotische Evolution als Selbstorganisation

Da auf jeder Ebene die innere Dynamik und die äußere Dynamik zusammenkommt, ist das Selbstorganisationskonzept durchaus geeignet, auch die biotische Evolution zu beschreiben. Die jeweils äußere Dynamik begleitet und induziert die innere Dynamik auf dem Weg zur "selbstorganisierten Kritizität" und dem schließlichen Sprung in eine neue Grundqualität. Die innere Dynamik treibt die Veränderungen im Äußeren voran (Stoffwechsel). Diese nichtlineare Rückkopplung ist typisch für selbstorganisierte Prozesse.

Der Ansatz, die Evolution nur auf den Organismusbegriff (als autopoietisches System) zu zentrieren, greift deshalb zu kurz. Die "*organischen Einheiten*" im Hegelschen Sinne (Hegel 1988, S. 188) sind nicht zwingend nur organismische Individuen, sondern Hegel spricht von "allgemeinen Individuen" (ebenda S.200), wovon durchaus auch die "höheren" Einheiten wie Population/Art, Biozönose, Biogeozone und die Gesamtheit der irdischen Lebensformen mit ihrer Umwelt (Biosphäre oder "Gaia") verstanden werden können. Die Selbstorganisation findet auf allen diesen Ebenen statt. Welche konkreten Triebkräfte jeweils wirken, welche Faktoren einem Symmetriebruch unterliegen, muß jeweils konkret untersucht werden.

Besonders auf der Ebene der Organismen hat sich gezeigt, daß die genetischen Variationen verbunden mit natürlicher Auslese sicher nicht ausreichen, die komplex miteinander verbundenen Innovationen bei der Ausbildung verschiedener Körperorgane zu erklären. Hier sind selbst-gestaltende Faktoren am Werk. Dies sind keine vitalistischen "Lebenskräfte" - aber die für Selbstorganisation typischen Wechselwirkungen (positive Rückkopplungen, Nichtlinearitäten, Symmetriebruch) erlangen hier eine große Bedeutung. Hier ist sogar erst die Erarbeitung der geeigneten Fragestellung erst am Beginn (vgl. Wesson 1995).

Allerdings ist nicht zu übersehen, daß die reine Übertragung der Begriffe der Selbstorganisation auf biologische Probleme die Fragen noch lange nicht lösen; sie "erklären" noch nichts. Die organischen Umstrukturierungen als „Loslösen von einem Attraktor und Wechseln zu einem anderen“ (Wesson 1995, S. 186) erklärt noch nicht das Erzeugen neuer Attraktoren in der Evolution. (Attraktoren bedeuten hier nach Wesson (1995, S. 182) Sätze möglicher Zustände eines realen Systems und berücksichtigen nicht den ursprünglichen Bezug der Attraktoren auf den nur im mathematischen Modell existierenden Phasenraum.)

Jedoch gerade bei Wesson (Wesson 1995) wird deutlich, daß biotische Systeme nicht im "Gleichgewicht" verharren, *sondern ihre Rückkoppelungen nichtlineare Effekte verursachen, was mehr als reine "Fließgleichgewichts-Dynamiken" erzeugt*. Die mit solchen Wechselwirkungen verbundenen chaotischen Zustände und Qualitätssprünge verweisen auf Prozesse der Selbstorganisation.

Für die Evolution größerer Organismengruppen ist eine spezifische Frage die nach der Rolle von "**Katastrophen**". Tatsächlich haben die großen Perioden des Aussterbens vieler Tierarten einen besonders großen Einfluß auf die konkrete Form der Lebewesen gehabt. Die großen Aussterberaten mit anschließender Radiation (auf der jeweils erreichten Basis biotischer Organisation) stellen grundlegende Symmetriebrüche der Evolution dar.

Die Ursachen der größten dieser Katastrophen ist nach heutiger Erkenntnis nicht selbsterzeugt. Eine Ausnahme davon ist die Sauerstoff-"Katastrophe" für die Prokaryoten. Hier wird aber schon deutlich, daß der Begriff "Katastrophe" zumindest doppeldeutig ist. Für viele Prokaryoten war die Sauerstoffvergiftung tödlich - einige wenige aber waren aufgrund geeigneter Variationen vor ihm geschützt und sie konnten ihn sogar noch zu einer enormen Verbesserung ihrer Energieeffizienz nutzen. Für die sich davon ausgehend weiterentwickelnden Lebewesen *war diese "Katastrophe" also die Voraussetzung für eine neue Qualität* (Mehrzelligkeit).

Lovelock (Lovelock 1993) erwähnt sehr viele erstaunliche Wechselwirkungen der Lebewesen mit der unbelebten Natur bis hin zur geologischen Plattentektonik. Eine Zusammenfassung von Faktoren, die zu einer Umweltänderung abhängig und ausgelöst vom Biotischen führen, gibt Kamschilow:

- Veränderung der Individuenzahl,
- Abgabe von Produkten der Lebenstätigkeit,
- Überschreiten der ökologischen Nische (aufgrund der Vermehrung oder des Erwerbs eines neuen spezifischen Merkmals) und
- nicht völlig geschlossene Kreisläufe in Biogeozöosen (Kamschilow 1977, S. 158).

Es ist aber nicht zu erwarten, daß alle Ursachen für große Perioden des Aussterbens auf diese Weise als selbsterzeugt nachgewiesen werden. Zumindest das Aussterben der Saurier dürfte auf den Einschlag eines größeren Himmelskörpers auf die Erdoberfläche zurückzuführen sein.

Auf diese Weise spielt der Zufall nicht nur aus dem Innern der Lebewesen heraus (Mutationen) eine große Rolle, sondern auch aus dem äußersten Bereich. Seine Wirkung ist einerseits zerstörerisch (diese großen Verluste an Vielfalt betont Gould in Gould 1994, S. 58) - aber andererseits setzt er Möglichkeiten frei, die ihrerseits neue Wege bahnten (die Blüte der Säugetierentwicklung in den nunmehr freien ökologischen Nischen).

Interaktionen zwischen Arten führt im allgemeinen zu recht stabilen Verhältnissen, wodurch die Innovationsrate gering gehalten wird. Oft *befreien erst äußere "Störungen" blockierte Entwicklungspfade* (ökologische Nischen) und setzen innere Potenzen frei.

Insgesamt wird eingeschätzt, daß **99% der jemals lebenden Arten ausgestorben** sind (Fukuyama 1990, S. 407). Dies ist einerseits zu einem großen Maße auf diese äußeren Katastrophen zurückzuführen.

Andererseits gibt es Zeiten, in denen Arten ausgelöscht wurden, ohne daß äußere Ursachen direkt erkennbar sind. Auch durch Computersimulationen mit den Annahmen, daß Arten zufällig gebildet werden und wieder aussterben (gleiche mittlere Wahrscheinlichkeit der Bildung und des Aussterbens) lassen sich ähnliche Bilder wie die teilweise abgebrochenen Abstammungslinien der Arten erzeugen. Verschiedene Muster der realen Linie tauchen dabei nicht auf und müssen anders als durch den Zufall erklärt werden. Zu vermuten ist, daß Artbildungs- und Aussterberaten durch die *Diversität* reguliert sind (nach Fukuyama 1990, S. 399), was wiederum auf Prozesse der Selbstorganisation hindeutet.

Einen bedenkenswerten Hinweis gibt Gould, wenn er darauf aufmerksam macht, daß die bei solchen Umbrüchen Überlebenden nicht etwa die "Besseren" waren (Gould 1994, S. 58), sondern der Zufall ganz gewaltig mitmischte. Dies ist auch ein deutlicher Hinweis darauf, daß die biotische Evolution nicht von Anfang an "in Richtung Mensch" verlaufen ist und die jeweiligen Vorfahren des Menschen keinen "optimierten Pfad" gegangen sind. Ohne den Asteroiden hätte sich vielleicht eine Saurierart bis hin zur Intelligenz entwickelt... Dies verändert auch das Bild auf eventuelle "Nachbarn im All". Um diesen Gedanken hier nur kurz abzurunden: Ich bin trotz dieser Erkenntnis der maximal möglichen Formen-Verschiedenheit von Aliens der Meinung, daß intelligente Lebensformen nur dann überleben (und zu raumfahrenden Zivilisationen werden können), wenn sie primär kooperative Lebensformen entwickeln.