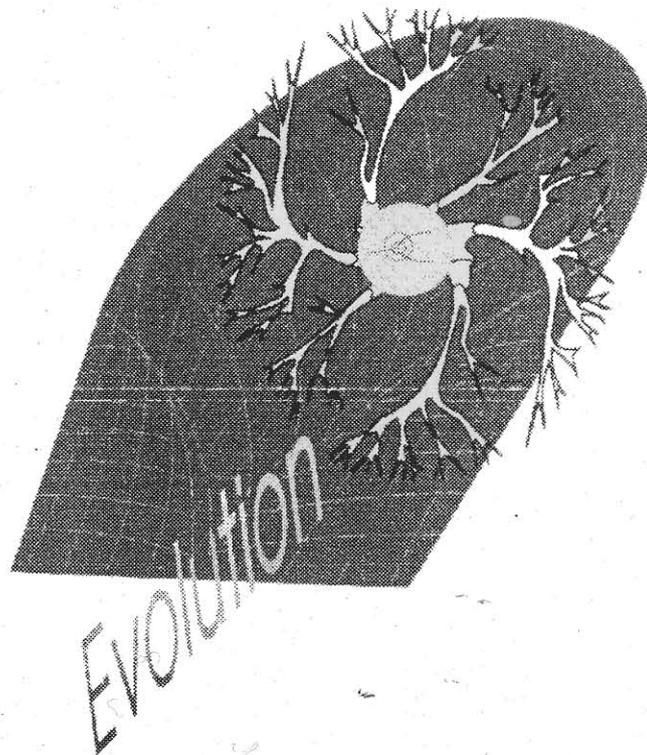


Annette Schlemm

# Daß nichts bleibt, wie es ist ...

Philosophie der  
selbstorganisierten Entwicklung

Band I: Kosmos und Leben



Selbstorganisation sozialer Prozesse Bd. 3/I

LIT

**Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme**

*Schlemm, Annette*

**Daß nichts bleibt, wie es ist... : Philosophie der selbstorganisierten Entwicklung ;**

**Band I: Kosmos und Leben / Annette Schlemm . – Münster : LIT, 1996**

(Selbstorganisation sozialer Prozesse ; 3/I.)

ISBN 3-8258-2928-6

NE: GT

© LIT VERLAG

Dieckstr. 73 48145 Münster Tel. 0251-23 50 91 Fax 0251-23 19 72

# Selbstorganisation sozialer Prozesse

herausgegeben von  
Herbert Hörz

Band 3/I

---

LIT

**Hinweis für diese Datei:**

Dies sind nicht die Original-Druck-Dateien,  
deshalb gibt es Differenzen im Aussehen.

Aufgrund von Unklarheiten in den Versionen der vorhandenen Dateien  
gibt es auch inhaltlich neben kleinen Korrekturen kleinere inhaltliche Differenzen,

**für eine wissenschaftliche Zitierung muss deshalb das Buch verwendet werden.**

Inhaltlich wären natürlich neue wissenschaftliche Erkenntnisse aus Kosmologie und Biologie zu ergänzen, bzw. einzelne Ausführungen wären zu präzisieren bzw. zu korrigieren.

Worauf es hier jedoch ankommt, die Aussagen zu allgemeinen Entwicklungsprinzipien,  
können weiter als gültig angenommen werden.

Annette Schlemm Januar 2010

## *Inhaltsverzeichnis*

Inhaltsverzeichnis .....	5
1. Dieses Buch ist eine Rückkehr .....	7
1.1 Der Gang der Dinge.....	7
1.2.... und der Gang des Schreibens.....	10
2. Wir und das große Universum .....	15
2.1 So ein Zufall, daß es uns gibt! .....	15
2.2 Wer sind wir?.....	18
2.3 Am Anfang war... .....	23
2.3.1 Wovon gehen wir aus?.....	23
2.3.2 Der Beginn unserer Zeit.....	28
2.3.3 Die ersten Momente .....	31
2.3.4 Teilchen entstehen und zerstrahlen.....	40
2.3.5 Jahrtausende später .....	46
2.3.6 Sichtbare kosmische Objekte entstehen.....	48
2.4 Von der einfachen Veränderung zur Höherentwicklung.....	61
3 Das Leben auf der Erde.....	73
3.1 Das Lebendige.....	73
3.1.1 Leben im Universum.....	73
3.1.2 Merkmale des Lebendigen .....	75
3.1.3 Der Minimalorganismus.....	82
3.1.4 Biotische Systeme.....	83
3.2 Die Entstehung des Lebendigen.....	91
3.2.1 Der erste Schritt: Organische Moleküle .....	91
3.2.2 Auf dem Weg ins Leben: Die Urzelle.....	94
3.2.2.1 Die Urzelle .....	94
3.2.2.2 Aktive Ränder - Die Membrane .....	98
3.2.2.3 Der lebendige Baustoff: Das Protein-Plasma .....	99
3.2.2.4 Aufheben des Bewährten und Ausprobieren des Neuen: die Vererbung .....	101
2.2.3 Philosophie der Lebensentstehung.....	107
3.2.3.1 Wirklichkeiten - Möglichkeiten .....	107
3.2.3.2 Systeme und gesetzmäßige Tendenzen .....	109
3.2.3.3 Neues entsteht .....	110

---

3.3 Das Zellenstadium.....	113
3.3.1 Die ersten Katastrophen.....	113
3.3.2 Zellen mit Kern entstehen.....	118
3.3.3 Innovative Sprünge.....	123
3.3.4 Größer und neu: die Mehrzeller.....	126
3.4 Die Evolution des Lebendigen.....	129
3.4.1 Fossilien erzählen die Geschichte.....	129
3.4.2 Ist der Darwinismus noch aktuell?.....	135
3.4.3 Das Wechselspiel der Ebenen.....	137
3.4.3.1 Das Individuum.....	137
3.4.3.2 Fortpflanzungsgemeinschaften.....	147
3.4.3.3 Biozönose.....	152
3.4.3.4 Biogeozönosen und Biosphäre.....	152
3.4.4 Psychische Entwicklung, Verhalten und Biosoziales.....	158
3.5 Biotische Entwicklung.....	161
3.5.1 Evolutionsfaktoren.....	161
3.5.2 Biotische Evolution als Selbstorganisation.....	167
3.5.3 Der "Kampf ums Dasein" in der "ökologischen Harmonie".....	170
3.5.4 Entwicklung als Höherentwicklung.....	172
3.5.5 Entwicklung.....	178
3.5.6 Evolutionsprinzipien:.....	180
4 Philosophie für Menschen.....	193
4.1 Was kann ich tun?.....	193
4.2 Allgemeine Prinzipien der Evolution.....	195
4.2.1 Die Einheiten.....	195
4.2.2 Alles ist in Bewegung.....	199
4.2.3 Neues setzt sich sprunghaft durch.....	204
4.2.4 Entwicklungszyklen auf ihrem Weg ins Offene.....	207
4.3 Das Verhältnis von Bedingtheit und Offenheit in der gesetzmäßigen Entwicklung.....	209
4.3.1 Materie.....	209
4.3.2 Gesetze: wesentliche Prozeß-Zusammenhänge.....	211
4.3.3 Gesetz als Verhältnis von System und Komponenten.....	213
4.3.4 Offenheit und Bedingtheit führen zu Richtung und Tendenz.....	218
4.3.5 Entwicklung.....	219
4.3.6 Praxis.....	228
Verzeichnis wichtiger Begriffe.....	235

## *1. Dieses Buch ist eine Rückkehr*

### *1.1 Der Gang der Dinge...*

*Wenn ich einmal wiederkehr  
dorthin, woher ich kam,  
werde ich fremdsein  
an meinem Ursprung...*

Nichts bleibt, wie es ist. Das mag manch einer im gemütlichen Stübchen bedauern. Das ungewisse Kommende bedroht die errungenen Sicherheiten im Leben jedes Einzelnen und ganzer Gemeinschaften.

Die globalen Gefährdungen des menschlichen Daseins auf unserem Planeten Erde spitzen sich zu. Alle Sicherheiten stehen auf dem Spiel. Mehr Menschen als je zuvor in der menschlichen Geschichte leben unter elenden, menschenunwürdigen Bedingungen. Die wenigen Bevorzugten stellen fest, daß auch sie eher in einer "Risikogesellschaft" als in einer sicheren Gemeinschaft leben.

Daß sich alles im Leben verändert, nichts auf Dauer so bleibt, wie es gerade ist, kann deshalb Angst vor noch Schlimmerem, vor dem Verlust der noch gebliebenen Sicherheiten machen. Daß nichts bleibt, wie es ist... kann aber auch eine Hoffnung sein. Bisher ist aus den Veränderungen, der Evolution, der Entwicklung immer wieder etwas Neues entstanden. Es eröffneten sich stets wieder neue Horizonte. Das war in der kosmischen Evolution und der Entwicklung des Lebens auf der Erde so. Jetzt, da die menschliche Weiterexistenz überhaupt auf dem Spiel steht, stehen die Chancen, das Neue selbst zu gestalten, eigentlich noch besser. Denn die Menschen sind im Unterschied zu den vorherigen sich entwickelnden Dingen mit Bewußtsein und Handlungsfreiheit ausgestattet.

Mich selbst führt die Zusammenschau dieser Erkenntnisse zurück zu den Anfängen meines Weges durch die Welt der Dinge und des Denkens. Der Langweiligkeit des für mich "geregelten sozialistischen Gangs" entflohe ich schon zeitig in die faszinierende Welt der utopischen Literatur. In den Weiten des Alls fand mein Interesse Halt an den Sternen und Galaxien. Bald wollte ich immer mehr darüber wissen und die Astronomie wurde meine ausschließliche Freizeitbeschäftigung. Eine glückliche, befriedete Welt ohne Hunger, Ausbeutung und Gewalt auf der kleinen Erde war für das noch so ferne, aber erreichbare Jahr 2000 fast selbstverständlich.

---

Aus diesen Träumen holte mich ein Artikel in einer Amateurastronomie-Zeitschrift. Er behauptete, daß die Menschheit praktisch allein im Weltall sei - und überdies stünde gar nicht fest, ob sie noch sehr lange oder ewig überleben würde. Der Autor - J.Schklowski - bezog sich dabei auf die Schrift "Dialektik der Natur" von Friedrich Engels, die ich dann natürlich las. Von da ab hangelte ich mich neben der Astronomie auch noch an philosophischer Literatur entlang.

Erst sehr spät, mitten im Physikstudium, fand ich mich in den Widersprüchen der realen, gesellschaftlichen Welt wieder (der „heiße Herbst“ 1983). Das, was ich mir weltanschaulich erarbeitet hatte, konnte ich nun auf einmal hier nutzen und in die Diskussionen einbringen. Bald hatte mich diese "profane", politische Welt so weit in ihrem Bann, daß die Sterne in meinem Interesse immer mehr verblaßten und die Interessen der Menschen um mich herum und in der weiten Welt viel wichtiger wurden.

Erst die Erfahrung, selbst Entscheidungen in einem offenen Feld von Möglichkeiten treffen zu müssen und damit die Wirklichkeit zu beeinflussen, öffnete meinen Blick. Daß ich dies in der DDR, z.B. im Jugendverband FDJ (Freie Deutsche Jugend) in Wirklichkeit kaum konnte, sondern auf die Ableitung der Handlungen aus scheinbar "objektiven Gesetzen" verpflichtet werden sollte - stellte eine besondere Herausforderung auch an mein Denken dar. Kurz vor dem Ende des "realen Sozialismus" entdeckte ich das Selbstorganisationskonzept und den damit gut korrespondierenden statistischen Gesetzesbegriff von Herbert Hörz. Die "Wende" als praktische Bewegung beschleunigte für mich das Verständnis dieser neuen Ansätze, während die Kenntnis dieser Konzepte den "Zusammenbruch" alter Hoffnungen für mich nicht nur erträglich machte, sondern neuorientierte Hoffnungen begleitete.

Was ich auf diesem Ausflug in die Welt der "schmutzigen" Politik gelernt habe, möchte ich auch bei meinen "rein" wissenschaftlichen Überlegungen nicht mehr missen.

Ich bin wiedergekommen zu mehr theoretischen Überlegungen - die Methoden, Fragestellungen und Ergebnisse jedoch sind auch geprägt von meinen Erfahrungen in den anderen Lebensbereichen.

Schon die Auswahl der Fragestellungen ist durch meine Interessen bedingt. Mich interessiert nicht das Sein und seine Struktur an sich. Das könnte sehr wichtig sein, wenn es mir nur darum ginge, mich dem gesellschaftlichen Sein nur möglichst gut anzupassen.

Mich interessieren Entwicklungspotenzen, weil ich sie in meiner heutigen Lebensumwelt suche. Mich interessiert die Art und Weise und der Weg zu grundlegenden qualitativen Umschlägen, "Sprüngen". Auch die These einer spiralförmigen Entwicklung hängt nicht nur mit der "Zusammenfassung von wissenschaftlichen Erkenntnissen" zusammen; sondern ich suche neue, weiterführende Antworten, die über die These "Weiter so" und die Antithese "Zurück zur unberührten Natur" hinausreichen.

Mit manchen Bildern anderer Menschen stimmt mein Weltbild in vielen Zügen überein, gegenüber anderen differiert es. Im Unterschied zu Herbert Hörz im Buch "Selbstorganisation sozialer Systeme" in dieser Reihe des LIT-Verlages betrachte ich weniger das individuelle Handeln der Menschen innerhalb ihres sozialen Kontextes als Selbstorganisation, sondern ihre arbeitsteilig vollzogenen Wechselwirkungsprozesse mit der Natur und zwischen menschlichen Gemeinschaften (im Band II). Beide Sichten sind vermittelbar; können sich ergänzen, wenn die Begriffsbezüge nicht verwechselt werden.

Ich selbst bin immer wieder fasziniert von den Möglichkeiten des Verbindens, des "Brückenbauens" zwischen verschiedenen Denkansätzen (und damit verbundenem praktischen Tun). Ich werde ich deshalb vieles miteinander zu verbinden suchen. Die Verbindung kann aber erst dann fruchtbar sein, wenn die Unterschiede in ihren Zusammenhängen und Bezügen offengelegt und diskutiert werden. Einheit wird erst durch das Wechselspiel der Unterschiede fruchtbar und dynamisch.

Daß auf diese Weise "nichts bleibt, wie es ist", gibt mir auch die Hoffnung, daß viele Menschen in ihrer Lebenspraxis eine Zukunft gestalten, die über das Vorhandene hinausweist und prinzipiell neue Lebensmöglichkeiten eröffnet.

Daß ich in den letzten Jahren einige Blicke in neue Denkmöglichkeiten und praktische Wege werfen konnte, habe ich vor allem meiner Familie zu verdanken. Nur durch ihr Verständnis konnte ich in den letzten Monaten trotz ihrer vielfältigen Belastungen und meines Vollzeitjobs recht konzentriert am Text arbeiten. Besonders unsere Tochter Tanja hat mir in dieser Zeit nur Freude gemacht, was die Arbeit an dem Buch ungemein beflügelt hat. Vielleicht kann ihr mein Nachdenken für die Zukunft helfend einmal das ersetzen, was uns in den letzten Monaten an gemeinsamen Erlebnissen verlorengegangen ist.

Seit einigen Jahren begleitet mich mein Freundeskreis "Zukunftswerkstatt" in Jena und weitere Bekannte kritisch und weiterführend. Fachlich habe ich vor allem Prof. Hörz für Ermutigungen und Gespräche zu danken.

## 1.2.... und der Gang des Schreibens

*Man gibt zu, daß, um einen Schuh zu verfertigen, man dies gelernt und geübt haben müsse, obgleich jeder an seinem Fuße den Maßstab dafür und Hände und in ihnen die natürliche Geschicklichkeit zu dem erforderlichen Geschäfte besitze. Nur zum Philosophieren selbst soll dergleichen Studium, Lernen und Bemühen nicht erforderlich sein.- Diese bequeme Meinung hat in den neuesten Zeiten ihre Bestätigung durch die Lehre vom unmittelbaren Wissen, Wissen durch Anschauung, erhalten. (Hegel)*

Diesen Teil des Vorworts konnte ich erst nach Beendigung der Arbeit am ersten Teil des Buches schreiben. Ich schrieb zwar nach einem "Plan", aber aus den Inhalten selbst entwickelte sich eine Logik, die ich zum Teil nicht vorhergesehen hatte.

Das Problem eines Buchtextes besteht ja darin, daß die "Knäuel" komplexer Zusammenhänge aufgedröselt und an "einem Faden", linear lesbar, aufgeschrieben werden müssen. Hypertext und Multimediatechnik stehen mir nicht zur Verfügung. Deshalb bot sich zumindest ein "linearer Taktgeber" an, nämlich die kosmologische Zeit, die durch reale Entwicklungsvorgänge entsteht. Tatsächlich entwickelt sich die Materie zu immer komplexeren Formen, neue Ebenen ihres Seins entstehen erst im Verlaufe dieser Entwicklung. Deshalb sind einige Begriffe auf der Ebene früher entstandener, weniger komplizierter und noch wenig vernetzter Dinge erst einmal einfacher einführbar. Später vertieft sich der Inhalt der Begriffe - wie sich auch die damit erfaßte Realität erst entwickelt. Es ist also keine einfache Wiederholung, wenn viele Begriffe in den verschiedenen Kapiteln immer wieder auftauchen - sondern eine Vertiefung.

Die in der Evolution nacheinander entstandenen Strukturniveaus der Materie stehen in ständiger Wechselwirkung. Die Erkenntnis bemüht sich, die wesentlichen Zusammenhänge auf den einzelnen Strukturniveaus zu erkennen. Dies leisten die **Einzelwissenschaften**. Einige von ihnen sind in der *Abbildung 1.1* dargestellt. Dabei stehen die Theorien in enger Wechselwirkung mit der Lebenspraxis. Ihre dadurch vermittelte Einheit zeigt sich in zahlreichen analogen und sehr ähnlichen Sachverhalten, die heuristisch fruchtbar als Ideengenerator genutzt werden können, aber nicht überzogen angewendet und verabsolutiert werden dürfen.

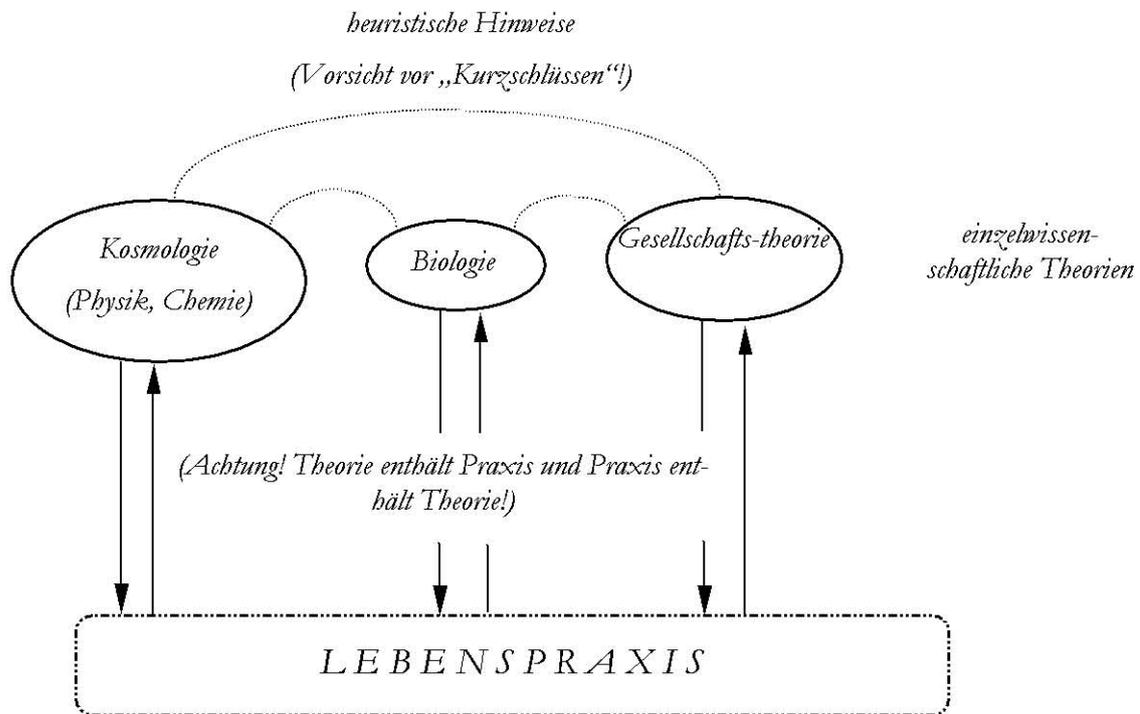


Abbildung 1.1

Die innere Einheit wurde wissenschaftlich zuerst vor allem hinsichtlich *gemeinsamer Struktur- und einfacherer Verhaltensmuster* gefunden. Die Mathematik und auch die Kybernetik z.B. bilden unabhängig vom konkreten Objekt allgemeine Struktur- und Bewegungsmuster ab. Solange nur Gleichgewichtsprozesse abgebildet werden konnten, wurden nur derartige stabile Strukturen und Bewegungen ganz nahe am Gleichgewicht betrachtet. Entwicklung war damit prinzipiell nicht zu erfassen. Erst seit den 80er Jahren können mit Hilfe der Selbst-Organisationsansätze Bewegungen weit entfernt vom Gleichgewicht wiedergespiegelt und in ihren Zusammenhängen genauer erfaßt werden. Dies ermöglicht den **allgemeinwissenschaftlichen** Zugang zu Entwicklungsprozessen.

Trotzdem reicht diese Richtung der Vereinheitlichung der Theorien nicht aus. In der *Abbildung 1.2* bildet sie nur eine Seite des modellhaften Doppeltetraeders in Richtung von Struktur- und Strukturveränderungsfragestellungen ab.

Eine andere Frage ist die nach den *allgemeinen Zusammenhängen aller Dinge, Objekte und Prozesse der Welt, die die Stellung des Menschen in diesen Zusammenhängen berücksichtigen*. Die Welt existiert in ihren größten Teilen und Bereichen auch ohne den Menschen. Aber uns interessieren ihre Zusammenhänge stets aus eigenen Interessen heraus, die mit unserer Lebenspraxis zusammenhängen.

Weltanschauliche Ansichten, heuristische (erkenntnisleitende) Hinweise sowie allgemeine und auch politische Orientierungshilfen sind nicht unabhängig von uns selbst, sind keine „ewigen Wahrheiten“ in der Sprache der Mathematik oder den Bildern des „sich selbst organisierenden“ Apfelmännchens. Die **Philosophie** als Denksystem für diese Fragen ist nun nicht etwa eine „weitere Verallgemeinerung“ nach den allgemeinen Struktur- und Bewegungstheorien. Die ist nicht „das Allerallgemeinste“ und deshalb Nichtssagendste. Sie bringt die Dinge in Hinsicht auf den Menschen in dieser Welt (Sinn- und Orientierungsfragen) in Zusammenhänge. So allgemein wie nötig, aber auch so konkret wie nötig. Ich habe sie deshalb als zusammenführenden Tetraederpunkt in die andere Richtung geführt.

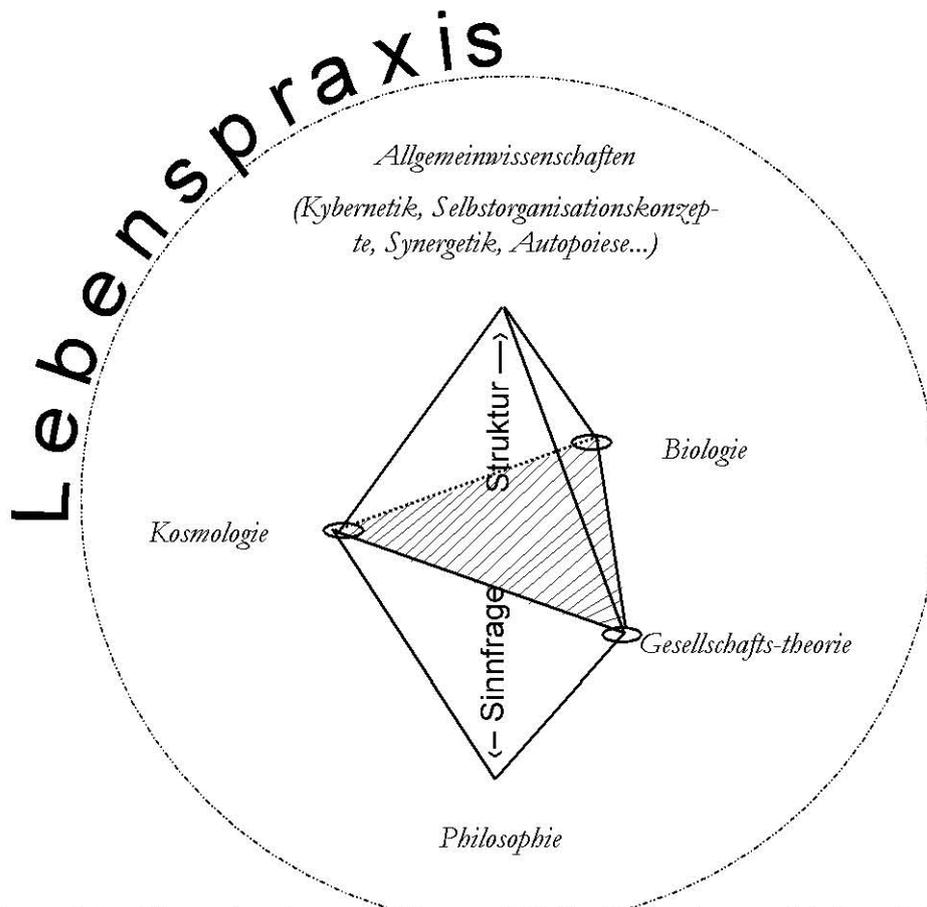


Abbildung 1.2: Allgemeinwissenschaften und Philosophie als verschiedene Erkenntnisweisen der Realität innerhalb menschlicher Lebenspraxis

Die Hauptebenen der Betrachtung werden sein: die Entwicklung des Kosmos (Kapitel 2.), die biotische Entwicklung auf der Erde (Kapitel 3.) und die menschliche Entwicklung (letzteres erst im zweiten Band ausführlicher).

(Im Text werden auch kurz die Übergänge, Zwischenglieder erwähnt (Psychologie, Geologie...), obwohl auch diese durchaus eigenständig Beachtung verdienen.)

Das 4. Kapitel dient einer philosophischen Zusammenfassung, bevor sich der zweite Band (der hoffentlich in ca. einem Jahr erscheinen kann) vorwiegend auf diesen bezieht, aus dem Reservoir an Erfahrungen und Begriffen schöpft und dieses wiederum vertieft. Die oben angedeuteten „Kurzschlüsse“ direkt zwischen den verschiedenen Wissenschaften mögen heuristisch recht wichtig sein - sie reichen zur Fundierung des Denkens jedoch nicht aus.

Die Begriffe, die immer wieder auftauchen und jeweils vertieft werden, sind vor allem **"System"**, **"Gesetz"** und **"Entwicklung"**.

Entsprechend der Erfahrung seit Hegel, daß Bestimmungen nicht bewegungslos sind, ist ein "Festhalten" der Definitionen sowieso nicht möglich. Dies erschwert die Verständlichkeit, ist aber der Realität angemessen.

Ich erwähnte die jeweiligen Wissenschaften über die kosmischen, biotischen und gesellschaftlichen/kulturellen Gegenstände. Das Ziel dieses Buches ist es, übergreifende Erfahrungen aus diesen Gegenstandsbereichen zusammenzufassen.

Die übergreifende Frage war die nach der Art und Weise von Entwicklungsprozessen. Ich selbst habe durch das Selbstorganisationskonzept nach Prigogine viele allgemeine Zusammenhänge erkannt. Wenn ich jedoch jetzt tiefer über die Zusammenhänge und ihre Widerspiegelung nachdenke, gelange ich weit ins Feld der Philosophie. Dadurch werden die *Erkenntnisse der Selbstorganisation selbst philosophisch reflektiert und integriert*. Begriffe der Selbstorganisation allein sind zu ungenau, zu unbeweglich, zu wenig spezifisch zur Erklärung von Zusammenhängen. Deshalb bemühe ich mich, aufgefundene Erscheinungen nicht nur mit "Etiketten" aus der Selbstorganisationssprache zu bekleben, sondern tiefer zu verstehen.

Weder das einfache Nacherzählen von Geschehnissen noch das Projizieren eigener Träume, das Aufprägen von Denkschablonen können die "Selbstbewegung des Inhalts" (Hegel) erfassen.

Diese Selbstbewegung findet nun nicht nur im Geiste statt, sondern in der Evolution des Universums selbst. Bereits für eine "Nacherzählung" müßten wir aber die dabei verwendeten Worte und Begriffe hinterfragen. Was ist ein "Teilchen", wenn sich alle Gebilde ständig ineinander und in Energie umwandeln?

In welchem Rahmen betrachten wir Veränderungen - was ist die Zeit, an der wir sie messen? Wodurch sind Teile der Welt anders als andere Teile? Wie stark sind sie getrennt, wodurch verbunden?

Meine eigene Erfahrung ist es, daß das Gefühl einer inneren Verbundenheit von allem Sein durch das Nachdenken tiefer wird. Das reine Betrachten, Anschauen, Meditieren reicht mir an dieser Stelle nicht aus. Anderen mag das anders ergehen. Ich denke, man kann beide Vorgehensweisen miteinander verbinden. Genauso wie ich es wahrnehmen lerne, daß Gefühl, Stimmung und Inneres dazugehört zum Erkennen - so kann vielleicht auch ein anderer seine Gefühle vertiefen durch ein Wissen von Zusammenhängen. Es wäre schön, wenn "*die Menschen sich wieder als eins mit der Natur nicht nur fühlen, sondern auch wissen*" (Engels 1962a, S.453).

Obwohl ich mich bemühe, die Dinge "in ihrem eignen Zusammenhang, und in keinem phantastischen" (Engels 1962b, S.292) zu sehen, ist auch meine Abbildung dieser Dinge zugleich Fortbildung, wie es E.Bloch beschreibt.

"Es kann derart nichts erkannt werden, ohne daß dieses sich bewegt. Und es wird nur erkannt, um zu verändern, folglich ist dies Eingreifende von vornherein im Blick" (Bloch 1985, S. 255).

### **Literatur:**

Bloch, E.: Tendenz-Latenz-Utopie, Frankfurt/Main, 1985

Engels, F.: Anteil der Arbeit an der Menschwerdung des Affen, In: Marx, K., Engels, F., Werke Bd.20, Berlin 1962 (1962a)

Engels, F.: Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie, In: Marx, K., Engels, F., Werke Bd. 21, Berlin 1962 (1962b)

Hegel, G.W.F.: Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften Bd.I, Frankfurt/Main 1986

Hörz, H., Röseberg, U. (Hrsg.): Materialistische Dialektik in der physikalischen und biologischen Erkenntnis, Berlin 1981

## 2. Wir und das große Universum

### 2.1 So ein Zufall, daß es uns gibt!

#### - Das Anthropische Prinzip -

*Die größte Kunst  
im Lehr- und Weltleben besteht darin,  
das Problem in ein Postulat zu verwandeln.  
Damit kommt man durch.  
(Goethe an Zelter, 9.8. 1828)*

Die Wissenschaft hat uns Menschen daran gewöhnt, nicht mehr so sehr im Mittelpunkt zu stehen. Kopernikus verrückte die Erde aus dem Mittelpunkt des Weltalls, um der Sonne diesen Platz zu gewähren. Aber auch unser Sonnensystem befindet sich nur am Rande einer unauffälligen Galaxie irgendwo in einem der vielen Galaxienhaufen. Die Erde braucht den Menschen auch nicht sonderlich; ihre ökologischen Zusammenhänge funktionieren ohne ihn anscheinend sowieso besser.

Aber es gibt uns. Und neugierig wie wir sind, denken wir über unsere Rolle im Universum nach. Ist es selbstverständlich, daß es uns gibt - oder ist es reiner Zufall, daß in unserem Universum intelligentes Leben entstand?

Die Voraussetzungen für unser Leben - Galaxien, feste Planeten, schwere Elemente - sind keineswegs so selbstverständlich, wie wir annehmen. *Nur geringe Abweichungen von einzelnen physikalischen Konstanten würden unser Universum extrem lebensfeindlich (für Leben in der uns bekannten Form) machen.*

Wäre die Expansion des frühen Universums nur um das Verhältnis von 1 zu  $10^{14}$  schneller gewesen, wäre das Universum "auseinandergestiebt", ohne daß sich stoffliche Materie zusammenklumpen konnte. Wäre diese Rate nur um 1 zu  $10^{14}$  niedriger gewesen, wäre das Universum schon vor langer Zeit wieder in sich zusammengefallen (Overbye 1991, S. 303).

Das Verhältnis der Anzahl von Photonen (Lichtteilchen) zu Baryonen (Kernteilchen in Atomen) muß zwischen  $10^4$  bis  $10^{10}$  liegen, weil sich sonst keine Galaxien gebildet hätten.

Andere Konstanten und ihre genau festgelegten Verhältnisse sind dafür notwendig, daß sich überhaupt Atome bilden, daß bei Supernovae-Ausbrüchen schwere Elemente verstreut werden und daß es Planeten gibt.

Insgesamt hängt die Existenz von uns oder anderen intelligenten Zivilisationen empfindlich von Elementarkonstanten und kosmischen Parametern ab. Diese kosmologischen Daten sind realisiert, aber sie sind bisher *in ihren konkreten Zahlenwerten noch nicht alle ableitbar aus bekannten Gesetzmäßigkeiten der Struktur und Entwicklung des Weltalls*. Sie erscheinen deshalb als *"kosmische Zufälle"*. Wir könnten sie einfach postulierend voraussetzen oder einem unerforschlichen göttlichen Wirken zuschreiben.

Vielleicht kämen wir damit durch, wie uns Goethe rät. Das wäre aber schade, weil uns die Freude des Weitersuchens dadurch verlorenginge.

Damit wir Menschen entstehen konnten, mußte sich das Weltall auf eine ganz bestimmte Art und Weise entwickeln. Diese Überlegung wird **Anthropisches Prinzip** genannt. Für dieses gibt es verschiedene Formulierungsversionen. Das schwache Prinzip sagt nur aus:

"Die beobachteten Werte der physikalischen und kosmologischen Konstanten sind nicht gleichwahrscheinlich; aber sie haben gerade die Werte, daß Orte für Leben auf Kohlenstoffbasis existieren kann und das Weltall gerade so alt ist, daß es sich entwickeln konnte" (Barrow/Tipler 1986, S.16).

Im starken Anthropischen Prinzip wird schon behauptet:

"Das Weltall... muß so sein, daß in ihm in einer bestimmten Etappe der Evolution die Existenz von Beobachtern möglich ist."  
(Barrow/Tipler 1986, S.21).

Carter relativierte diese Aussage später in der Form, daß er das Wort "muß" durch "mußte" ersetzt. Diese kleine Änderung betont, daß er keineswegs ausdrücken wollte, daß das Ergebnis in der Entwicklung des Weltalls diesem als Ziel vorgegeben sei. Er stellt nur im Nachhinein fest, das sich die Existenz von Beobachtern ergeben hat. Barrow und Tipler diskutieren drei Interpretationen dieses Prinzips:

- a) die **"theologische" Interpretation**: Das eine mögliche Universum sei mit dem Ziel der Entstehung und der Existenz von "Beobachtern" geplant worden;
- b) die **partizipatorische Interpretation**: Die Beobachter seien nötig, um das Universum zur Existenz zu bringen;
- c) die **finalistische Interpretation**: "Im Weltall muß eine vernünftige Informationsverarbeitung entstehen; und wenn sie erst einmal entstanden ist, verschwindet sie nie wieder" (Barrow/Tipler 1986, S.23).

Aus wissenschaftlicher Sicht kann das Anthropische Prinzip *keinesfalls als ursächliche Erklärung für die Entwicklung des Weltalls* dienen. Es ist aber geeignet, die kosmologischen Modelle auszuwählen, in denen Welten entstehen würden, in denen wir nicht leben können. Alle Meßdaten sind letztendlich mit theoretischen Vorüberlegungen verbunden und damit nicht so absolut, wie oft angenommen (Zeigt die Rotverschiebung wirklich eine Expansion des Weltalls oder nur eine Alterung der Photonen? Aus welcher Zeit genau stammen die Photonen der 3K-Hintergrundstrahlung des Universums? Sind die hellen Ausbrüche in den Galaxiekernen Anzeichen innerer Explosionen oder nur Folge von Zusammenstößen ?...).

Als ein Erkenntnisprinzip unter anderen kann das Anthropische Prinzip die Erkenntnisse lenken.

Wie alt das Weltall ist, kann z.B. nur aus indirekten Überlegungen abgeleitet werden. Einen Hinweis darauf, daß das Weltall mindestens  $10^{10}$  Jahre alt sein muß, gibt jedoch die Existenz der Menschheit. Wäre das Weltall nämlich viel jünger, hätte sich noch kein Kohlenstoff in den Sternen entwickelt. Wäre es viel älter, gäbe es nur noch Neutronensterne und Schwarze Löcher.

Hauptsächlich ist das Anthropische Prinzip also ein erkenntnisleitendes (heuristisches) Prinzip ohne ursächlich-erklärenden Hintergrund.
--

Genau das führt uns aber auf das Problem: Es wird verdeutlicht, wie sehr die Entwicklung von genau bestimmten Bedingungen und Zusammenhängen abhängt. Keine physikalische Theorie kann sie bisher konkret ableiten. Aber daß die Frage danach überhaupt so deutlich gestellt ist, haben wir unter anderem auch dem Anthropischen Prinzip zu verdanken.

Außerdem macht es uns bewußt, daß wir nicht als unbeteiligte Beobachter irgendwo außerhalb der Welt stehen.

## 2.2 *Wer sind wir?*

### *- Unser Verhältnis zum Kosmos -*

*Aufschauen zu den Sternen  
und achthaben auf die Gassen  
(Wilhelm Raabe)*

Bei einem Blick in die Sterne sieht fast jeder etwas anderes. Der eine Mensch erkennt in den verschiedenen Färbungen Licht unterschiedlicher Spektrallinien. Ein anderer findet sie einfach nur schön. Andere Augen wiederum nehmen diese flirrenden Pünktchen gar nicht erst wahr, weil sie von Straßenlampen und Autoleuchten überstrahlt werden oder der Kopf einfach zu tief nach unten hängt und die Augen zu müde sind.

Für mich waren es die schönsten Stunden in meinem ersten Beruf als Zootechnikerin, vor dem Melken der Kühe eine Stunde zu früh auf die Weide zu gehen, um mal ganz allein auf der Welt mit den Sternen zu sein. Beim Studium, dem Bemühen, sie mit Hilfe von Formeln theoretisch verstehen zu lernen, verlor ich dieses Gefühl der Verbundenheit. Inzwischen hab ich es in einer neuen Form wiedergefunden: nicht mehr in der Isolation von anderen Menschen und meiner Flucht in die weite Sternenwelt - sondern innerhalb einer Welt-Sicht, die die Sterne und die Menschen in einer engen Verbundenheit fühlt und weiß. Die Sterne grüßen mich jetzt anders: ich brauche kein Fernrohr mehr, um ihnen näher zu sein. Ein kurzer Blick nach einem abendlichen Treff mit Freunden reicht aus, daß sie in mir weiterblinken.

Das Universum und der schöpferische und unerschöpfliche Kosmos ist noch etwas anderes als die uns eher direkt umgebende Natur, in die wir eingreifen können. Den Kosmos als Ganzen können wir (sogar durch einen Atomkrieg auf der Erde) nur unwesentlich beeinflussen. Unser Verhältnis zu ihm ist zwangsweise eher kontemplativ, (noch) nicht aktiv eingreifend.

Unser Verhältnis zu ihm ist gebrochen. Einerseits wissen wir uns als sein Entwicklungsprodukt mit ihm verbunden, von ihm abhängig oder in ihm geborgen. Andererseits reicht uns das Anschauen nicht, wir wollen ihn "anfassen", berühren, ertasten - erkennen und verändern. Praktisch-gegenständlich reichen unsere Taten noch kaum über die Luftschicht der Erde hinaus.

Unsere Sinne - instrumentenverstärkt, neuerdings auch vom Weltraum aus - nehmen jedoch immer mehr wahr aus räumlich und zeitlich sehr entfernten Gefilden. In der bewußten Auswahl und Kombination dieser Beobachtungen, verbunden mit unseren praktischen Erfahrungen beim Umgang mit der eigenen Umwelt und mit

immer exotischeren Elementarteilchen liegt schon eine Möglichkeit, auch das Universum immer weiter zu erfühlen und zu ertasten, zu erkennen.

Der geniale Geistesblitz Newtons bestand darin, im Fall eines Apfels auf den Erdboden dasselbe Prinzip der Massenanziehung zu erkennen, wie es auch im Universum bei der Planetenbewegung um die Sonne wirkt. Inzwischen hat man durch Spektralanalyse auch erkannt, daß im All die gleichen chemischen Elemente existieren, wie auf der Erde. Anzunehmen, daß wir mit den Kenntnissen der Gesetze unserer näheren kosmischen Umgebung auch Aussagen über weiter entfernte Gebiete machen können, ist deshalb ein sinnvolles heuristisches (erkenntnisleitendes) Prinzip. Naturgesetze sind jedoch immer in Einheit mit ihren jeweiligen Bedingungen zu betrachten. Wo die Bedingungen unterschiedlich sind, werden auch unterschiedliche Gesetzmäßigkeiten existieren.

Die Annahme, daß in "hinreichend großen Gebieten" (Lotze 1983, S.140) keine Richtung und kein Punkt des Raums in irgendeiner Weise bevorzugt ist, wird das **Kosmologische Prinzip** genannt.

Insgesamt ist jedoch auf jeden Fall in der Nähe des "Urknalls", also "am Rand des Universums" zu erwarten, daß sich die Bedingungen grundlegend von denen in unserer "Nähe" unterscheiden. Die Strukturiertheit der uns bisher nicht sichtbaren "dunklen Materie" oder exotischer Elementarteilchen ist noch nicht bekannt. Die "Schaumstruktur" der Galaxienverteilung läßt auf großräumige Korrelationen schließen, die bisher noch nicht erklärt werden können (Fröhlich 1986 und Overbye 1991, S. 517).

Durch die Inflationstheorie (siehe Seite 33) wird zusätzlich betont, daß nicht der "gesamte Kosmos" dieser inflationären Aufblähung ganz am Anfang unserer Zeitskala unterlag. Diese Aufblähung kann eventuell auch nur einen Teil größerer Einheiten betroffen haben, der nun allerdings so groß ist, daß wir über ihn nicht hinwegsehen können.

Wir müssen also das auf diese Weise beobachtbare „**Universum**“ von dem darüberhinausreichenden „**Kosmos**“ unterscheiden (Overbye 1991 S. 312). Das heißt allerdings nicht, daß dieser erweiterte Kosmos für alle Zeiten prinzipiell unzugänglich sein muß. Aber wir werden noch eine Menge Zeit brauchen, uns die "Denkzeuge" zu erarbeiten, die uns Aussagen über diesen, nicht von uns direkt beobachtbaren Teil des Weltalls/Kosmos, gestatten.

Der Begriff des **Universums** steht bei mir deshalb für den uns zugänglichen *Teil des Kosmos, der seit dem "big bang" expandiert*. Für ihn spannt die Expansion eine Rahmenzeit auf. Dieser Bereich ist für uns vorerst faßbar. Der **Kosmos** steht als allgemeinerer Begriff ohne Konkretisierung, ohne weitere Bestimmtheit außer der, *daß in ihm und der inneren Widersprüchlichkeit seiner Materiearten und -formen Bewegungs- und Entwicklungsprozesse begründet* sind. Er stellt die Gesamtheit von Materie und Raum-Zeit dar (Bräuer 1938, S.20) und ist durch eine prinzipielle Unerschöpftheit und Unerschöpflichkeit gekennzeichnet.

Als **Natur** kennzeichne ich die Bereiche der unerschöpflichen Welt, die uns so umgeben, *daß sie uns beeinflussen und wir sie*.

(Im Sinne von Natürlichem als „Nichtkünstlichem“ gehört auch der Kosmos und das Universum zur Natur. Zur besseren Beschreibung der verschiedenen Bereiche verwende ich jedoch eine differenziertere Begriffsbestimmung.)

Diese Bereiche vergrößern sich im Laufe unserer Entwicklung. Alle "nicht künstlichen" Gegebenheiten im Kosmos sind für uns "natürlich". Gerade in der Unterscheidung von der Kultur, des von Menschen geschaffenen Bereiches der Welt, liegt der Inhalt des Naturbegriffs. Er wird deshalb verstanden als der Teil des Kosmos, "den der gesellschaftliche Mensch *als Gegenstand seiner verändernden und erkennenden Tätigkeit vorfindet*" (Löther 1986, S. 59). Er wird immer größer und umfassender. Außerdem ist dieser Gegenstand nicht unabhängig von der Tätigkeit, der Lebenspraxis des Menschen bestimmt.

Für die sehr frühen Stadien des Universums sollte das Kosmologische Prinzip relativiert bzw. präzisiert werden. Hier wirk(t)en Zusammenhänge (quantisierte Gravitation...), die wir noch nicht beschreiben können.

Das heißt nun nicht etwa, daß die bei uns existierenden wesentlichen Zusammenhänge (Gesetze) "falsch" wären. Aber der Wirkungsbereich von Gesetzen hängt jeweils von konkreten Bedingungen ab. Die bisher erkannten Gesetze sind sicherlich korrespondenzmäßig ableitbar aus den noch zu findenden allgemeineren Gesetzen. Heuristische (erkenntnisleitende) Prinzipien wie das Kosmologische Prinzip dürfen keine Denkverbote sein, sondern sind mit der Entwicklung des Wissens weiterzuentwickeln.

---

Obwohl wir neugierig auf neues Wissen sind, bleiben wir bei manchen Bildern stehen. Erst neue Beobachtungen drängen dazu, unser vorheriges Weltbild zu verändern. Manchmal übersehen wir die Anzeichen dazu auch, bis es überhaupt gar nicht mehr anders geht. Erst einmal "sehen" wir oft, was wir erwarten. Wenn wir nur beim Anschauen blieben, würde unser Bild sicher sehr subjektiv bleiben - und sich kaum verändern.

Wirkliche Erkenntnis ist damit verbunden, daß wir mit dem Gegenstand der Erkenntnis "herumhantieren", die Beobachtungsmittel variieren und kombinieren, experimentieren, selbst vorher nicht vorhandene Zustände produzieren. Und dies funktioniert in diesem Sinne auch mit dem großen Gegenstand Universum. Genauere Beobachtungen von Tycho Brahe zwangen Kepler dazu, die Elliptizität der Planetenbahnen zu erkennen. Erfahrungen zur Spektroskopie des Sonnenlichtes auf der Erde führten zu Erkenntnissen über die chemische Zusammensetzung anderer Sterne und Galaxien. Die in Beschleunigern auf der Erde gefundenen Elementarteilchenreaktionen sind wesentlich zum Verständnis der im Universum möglichen Prozesse. All diese erweiterten Möglichkeiten, in die Strukturen und Zusammenhänge des Seins einzudringen, kommen nicht aus dem luftleeren Raum.

Sie sind eng verbunden mit der gesellschaftlichen Entwicklung des Menschen in der Produktion von Gütern, gesellschaftlichen Strukturen, Wissen, Fähigkeiten, Bedürfnissen.

Das Weltbild ist jedoch nicht nur eine Kopie des äußeren Seins in unserem Kopf. Unser Kopf ist nur deshalb ein erkennender Kopf, weil sein Träger ein **Mensch** ist. Und zu Menschen sind wir nicht durchs passive Betrachten und Anschauen der Dinge geworden, sondern durch unser tätiges Herumexperimentieren und Produzieren. Das ist mehr als das bloße Antworten auf äußere Reize. Wir müssen eine aktive Vorleistung bringen, die sich wiederum historisch nur antrainiert und entwickelt hat durch Hantieren und Produzieren über Generationen hinweg.

(Das wiederholt sich nebenbei gesagt auch bei jedem Kleinkind. )

Historisch gesehen, werden wir damit nie "fertig" sein. Weder mit der Erkenntnis der Welt, noch mit der Entwicklung unserer aktiven Fähigkeiten. *Wir als Teil der Natur entwickeln uns gemeinsam mit ihr weiter.* Es gibt auch für die Natur keinen Stillstand. Es gibt lange Zeiten ökologischer Fließgleichgewichte auf der Erde - aber keinen Stillstand. Die Dinge verändern sich stets. Neues entsteht. Neue Formen der Wechselwirkung werden entwickelt. *Alle Kreisläufe werden aufgebrochen zu einer Spirale ins Offene.* Auf der Erde führten diese Prozesse zu unserem Dasein als Menschen.

Wir sind nun als Teil der Evolution der Natur auch ihr wichtiger Impulsgeber und Richtungslenker geworden. Im Moment sind wir dabei, die Erde ökologisch kaputtzumachen und uns als nicht besonders vernunftbegabte Wesen zu betätigen.

Wie kann man auch Dinge so produzieren, daß sie möglichst bald kaputtgehen? Wie kann die Anhäufung von "Kapital" wichtiger sein als das Leben von Menschen? Worin besteht der Sinn von "Arbeitsplätzen", wenn auf ihnen nur Schrott produziert wird, den kein Mensch braucht? Dieser Schrott kann uns nur noch durch massive Werbung aufgeschwatzt werden kann - wofür wir Geld brauchen, das wir auf besagten "Arbeitsplätzen" verdienen sollen/müssen?

Manche sagen deshalb, wir sollten aufhören, die "Kreisläufe" der Natur zu stören. Wir sollen unsere Aktivität auf die Entnahme von Geschenken der Natur beschränken, nicht mehr selbst schöpferisch aktiv sein. Aber: Was heißt "Natur", zu der wir zurückwollen? Sind wir auf der ansonsten schönen Erde, der unberührten "Natur", wirklich nur ein Krebsgeschwür?

*Sollte die wirkliche aktive Arbeit, das Hervorbringen neuer Naturzustände und neuer menschlicher Fähigkeiten nicht möglich sein? Soll nur die pervertierte Form von Produktion und Technik möglich sein?*

Sind wir als Teil der Evolution der Natur nicht eher genau der Teil, der eine neue Form der Evolution, nämlich die selbstbewußte, zielstrebige, zwecksetzende Evolution entwickeln kann? Dies liegt in den Möglichkeiten der Evolution der Natur.

Diese Möglichkeit wird aber nur dann zur einer Wirklichkeit, wenn wir die Herausforderung aufgreifen, unsere Entwicklung wirklich selbst in die eigenen Hände nehmen. Wir dürfen uns dann nicht mehr von "Sachzwängen" wie dem "Kapitalverwertungszwang" beherrschen lassen.

Solche "Sachzwänge" sind übrigens nicht gemeint, wenn ich der Meinung bin, daß es wie in der Entwicklung der physischen und biotischen Natur auch in der menschlichen Gesellschaft **Gesetzmäßigkeiten** gibt. Damit *sind wesentliche möglichen und realisierten Zusammenhänge innerhalb von bestimmten Bereichen der Welt* gemeint. Sie sind in den Eigenschaften (im Wesen!) der Sache angelegt.

Solche Zusammenhänge gibt es unabhängig von ihrer Erkenntnis durch uns. Erkenntnis ist immer historisch beschränkt und es gibt Formen und Stufen, auf denen einzelne Zusammenhänge sehr stark isoliert werden, um ihr Inneres zu sehen -

aber je mehr wir darüber wissen, desto tiefer durchschauen wir ihre gegenseitige Verwobenheit. Die Kenntnis der Zusammenhänge (und Gesetzmäßigkeiten) kann eine höhere Form der Verbundenheit vermitteln als die rein betrachtende, gefühlte.

"Jene Einigkeit, die wir den Kindern anschauen als eine natürliche, soll das Resultat der Arbeit und Bildung des Geistes sein."  
(Hegel 1986a, S. 89)

Vielleicht wird das auch in dem nächsten Kapitel über Kosmologie deutlich. Ohne unser Zutun hat sich das Universum entwickelt.

Daß diese Entwicklung die Möglichkeiten auch für unsere Existenz eröffnete, ist im Anthropischen Prinzip festgehalten. Was zu den konkreten Gesetzmäßigkeiten dazu bekannt ist, soll im weiteren diskutiert werden.

### 2.3 Am Anfang war...

#### - Kosmische Evolution -

*"Wenn Sie den Himmel bei hohen Energien beobachten, sieht er auf einmal alles andere als ruhig und unveränderlich aus."  
(Neil Gehrels, wiss. Leiter des Gamma Ray Observatory-Projekts)*

#### 2.3.1 Wovon gehen wir aus?

Die Beobachtungsdaten aus dem Universum ermöglichen eine Reihe von Modellen, die mögliche Entwicklungsszenarien des Universums abbilden. Bereits in der nichtlebendigen, physikalischen Welt ist nicht alles Geschehen eindeutig vorherbestimmt. Durch die innere Unerschöpflichkeit aller Dinge und ihre Wechselwirkungen mit anderen Dingen erhalten wir vielfältige Zusammenhänge.

Die Einheit aller Dinge vermittelt sich jedoch über mannigfaltige Arten und Formen der Materie. Die konkret vorliegende Materie ist immer qualitativ bestimmt. Sie ist **strukturiert**, d.h. *zwischen ihren Bestandteilen existieren gleichzeitig Zusammenhänge*. Die Zusammenhänge, die den Charakter des Dings - seine Eigenart - charakterisieren, sind **wesentliche Zusammenhänge**. Sind diese Zusammenhänge unter gleichen wesentlichen Bedingungen reproduzierbar, also *allgemein-notwendig*, sprechen wir von **Gesetzen**.

Im Fall der gesetzmäßigen (wesentlichen und allgemein-notwendigen) Zusammenhänge zwischen gleichzeitig existierenden Elementen, Eigenschaften oder Systemen sprechen wir von **Strukturgesetzen** (Hörz 1976, S.372). Damit sind nicht nur raum-zeitliche Strukturen gemeint, sondern ebenso auch alle Beziehungen zwischen qualitativen Eigenschaften. Wie diese Zusammenhänge konkret vermittelt werden - also die kausalen Vermittlungen - wird hierbei nicht betrachtet.

Obwohl die Strukturen und wesentliche Zusammenhänge objektiv (unabhängig von unserem Erkennen) existieren, ist die Trennung von ihrer konkreten Vermittlung der erken- nenden Abstraktion geschuldet. In der *Realität beruhen Strukturen stets auf Bewegung*. Die Keplerschen Gesetze der Formen und zahlenmäßigen Verhältnisse der Planetenbahn- strukturen sind gleichzeitig auch Bewegungsgesetze der Planeten (vgl. Kröber 1967). Auch die Besetzungszahl der Elektronenschalen (z.B. Pauli-Prinzip) ist konkret in der Art und Weise der Bewegung der Elektronen begründet, wobei hier die raum-zeitliche "Bewe- gungsbahn" eigentlich eine klassische Fehlbenennung von nichtsinnlich wahrnehmbaren spezifischen Eigenschaften von Elementarteilchen ist (Die Unbestimmtheitsrelation zwi- schen Ort und Impuls verhindert die gleichzeitige Festlegung von Orts- und Impulskoor- dinaten).

**Bewegung** ist auch nicht nur gemeint als räumliche Ortsveränderung, sondern umfaßt *alle Veränderungen von qualitativ bestimmten Strukturen*.

Hierbei stoßen wir auf die Hegelsche Bestimmung, *daß jedes Etwas als bestimmte Struktur sein Anderes enthält*.

**Qualitäten** sind nur durch ihr Setzen gegen andere Qualitäten bestimmt. Sie beziehen sich damit immer auf ein Anderes. Eine Wiese ist z.B. dadurch bestimmt, daß sie eben kein Wald oder Teich ist. Sie ist durch eine nur ihr eigene Bestimmtheit - ihre Qualität - defi- niert (vgl. Hegel 1986a, S.181ff.).

Bereits im zeitlosen Begriff der Qualität steckt bei Hegel ein Zwang zur Veränderung der konkreten Qualität. *Jede Einheit, jede Identität enthält in sich Unterschiede, besteht aus man- nigfaltigen Momenten*. Deren Beziehung untereinander hat eine Entwicklung: aus der ein- ander gleichgültigen Verschiedenheit werden *Gegensätze, die sich aufeinander beziehen und schließlich Widersprüche, bei denen ein Moment das andere enthält*. Diese gereiften Gegen- sätze, die Widersprüche, werden schließlich gelöst, indem etwas etwas Anderes, etwas Neues entsteht. Aus dem Etwas wird ein Anderes, das aus der Sicht von außen nur das Andersgewordensein des Etwas dokumentiert (Negation). Auf sich selbst bezogen jedoch läßt sich die andere, neu entstandene Struktur mit der ersteren vergleichen (Negation der Negation).

Der *Prozeß der Veränderung* wird im Folgenden als **Bewegung** bezeichnet. Von **Entwicklung** sprechen wir dann, *wenn der auf das Etwas selbst bezogene Vergleich möglich ist.*

(Das ist z.B. nicht möglich bei der Veränderung der Pflanze zum Samen. Erst wenn aus dem Samen wieder eine Pflanze gewachsen ist, läßt sich diese Pflanze in diesem Sinne mit der Mutter-Pflanze vergleichen.)

Prozesse können einander folgen, ohne daß einer abhängig vom vorherigen wäre. Entwicklungsprozesse jedoch sind abhängig vom vorherigen Schritt.

Der Aspekt der Veränderung des Etwas zu seinem Anderen, also die Bewegung, kann auch als (erste) Negation (des Etwas) bezeichnet werden. Die Weiterführung zur Sicht auf den Vergleich mit einem neuen Etwas ist dann die zweite Negation. Meiner Meinung darf hier nicht schon vorausgesetzt werden, daß dieser Vergleich ergeben muß, das neue Etwas sei von höherer Qualität als das, von dem wir ausgingen.

*Entwicklung umfaßt auch Stagnation und Regression.* Da jedoch bei jedem Schritt der Negierung eben nicht beliebige Variationen möglich sind, *sondern die Struktur des Etwas selbst geronnene Geschichte* ist, innerlich verschiedene Möglichkeiten enthält und jedes betrachtete Etwas als System äußeren Bedingungen unterliegt, ergibt sich eine **Tendenz** als mögliche Richtung der Entwicklung.

Besonders wichtig ist der Aspekt der Erhaltung früherer "Errungenschaften" der Entwicklung. Die Negation der Negation als "Aufhebung" bedeutet eben nicht nur das Beseitigen früherer qualitativer Merkmale, sondern auch das Aufbewahren einiger dieser Qualitäten.

Durch dieses Aufbewahren und Verändern ergibt sich *zwar Offenheit der Entwicklung, aber auch eine Gerichtetheit*, die wir mit dem Begriff der **Tendenz** erfassen wollen.

(Im Einzelnen sollten wir unterscheiden, ob wir von Tendenzen für ein System sprechen, bei dem die Tendenz nach Hörz (Hörz/Wessel 1983, S.110) die Möglichkeit für die Systementwicklung ist, die sich notwendig verwirklicht; oder ob wir die im Möglichkeitsfeld für die Elemente enthaltenen unterschiedlich wahrscheinlichen Tendenzen und Gegentendenzen meinen.)

Die **Bewegungsgesetze** (Hörz 1976, S.373) beinhalten also nicht nur die kreislaufförmige Rückkehr zum Alten, sondern *die Entstehung von Neuem*. Wenn dieses Neue in Bezug zum Alten vergleichbar ist, so ist ein Entwicklungszyklus vollzogen.

Auf diese Weise existieren wesentliche und allgemein-notwendige Zusammenhänge der Entwicklung - die **Entwicklungsgesetze**.

Im gesamten Kosmos vollziehen sich ständig Wandlungsprozesse. In dem von uns derzeit durch "Welt"-Modelle erfaßten Teil des Kosmos, der seit dem "Big Bang" expandiert, sind alle Symmetriebrüche einmalig, alle neu auftretenden Strukturformen nicht mit einer späteren "Generation" vergleichbar (Die Expansion führt zu einer Absenkung der Energiedichte und Temperatur- so daß frühere Bedingungen nicht noch einmal später wiederholt werden).

Man könnte deshalb fast meinen, im Kosmos seien wegen der Nichtwiederholbarkeit keine Gesetze gültig. Jedoch bezieht sich die Allgemeinheit und Notwendigkeit nicht auf die realisierte Wiederholbarkeit allein, sondern darauf, daß *unter wesentlich gleichen Bedingungen die gleichen Systemmöglichkeiten sich notwendig verwirklichen*. Die Notwendigkeit bezieht sich hier auf eine ausreichende Bedingungsgesamtheit, die für das System realisiert sein muß.

Wir haben in der Evolution des Universums ein verhältnismäßig einfaches Evolutionsverhalten zu bearbeiten, denn biotische Prozesse wie Vererbung, Auslese und so weiter sind hier nicht zu beachten. Und doch fällt es uns besonders schwer, über das Universum Aussagen zu machen. Die Fossilien des Universums können wir nicht aus der Erde ausgraben. Wir können mit dem Universum nicht experimentieren und unsere Beobachtungsobjekte nicht beliebig vervielfältigen. Wir brauchen "nur" die Wissenschaften Physik und Chemie - aber diese bis in ihre tiefsten Gründe und kompliziertesten Entwicklungsformen.

Der Punkt in der Zeitgeraden, an dem die Expansion des (uns bekannten Teils des) Universums begann, liegt gar hinter einem dichten Schleier, hinter dem die von uns noch nicht durchschauten tieferen Zusammenhänge von Gravitations- und Quantenphysik liegen.

Wenn man verstehen will, was in den Sternen, Galaxien, Quasaren und kosmischen Strahlungen passiert, braucht man dazu die Quanten- und Elementarteilchentheorie. Das Größte und das Kleinste treffen hier unmittelbar zusammen, sind nicht voneinander losgelöst zu verstehen.

Am deutlichsten wird dies, wenn wir uns gedanklich zurückbegeben in eine so ferne Vergangenheit, daß es unklar wird, ob es eine Zeitgeraden mit Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft überhaupt gab. Das uns umgebende Weltall trägt Spuren in sich, die darauf hindeuten, daß seine Jugend und Kindheit von heißer Strahlung in einem kleineren Volumen geprägt war.

Alle Galaxien z.B. streben in ihrer Bewegung voneinander fort, wie Punkte auf der Oberfläche eines Luftballons, der aufgeblasen wird. Als der Luftballon kleiner war, waren die Punkte dichter beieinander. Beim Universum ist (bisher) kein kleinster Zustand bekannt, der das Kleinerwerden vor dem Punkt Null aufhalten könnte.

Auf diese Weise entstand die Vorstellung vom „Urknall“. Er kennzeichnet ein Ereignis, bei dem das Universum aus einem als „Null“ definierten Punkt heraus begann zu expandieren, Raum einzunehmen und eine konkrete (Rahmen-)Zeit anhand seiner Bewegung zu definieren.

Im Modell des heißen Urknalls geht man davon aus, daß Raum und Zeit (in den jetzigen Formen) vor ungefähr 15 bis 20 Milliarden Jahren gemeinsam mit den sie erfüllenden Materiearten und -formen (in den uns bekannten und höherenergetischeren Arten) entstanden.

Letztendlich geht es hier jedoch um einen *idealisierten Punkt* "Null". Erst einmal kennzeichnet er nur eine Schwelle unseres Unwissens. Alle Aussagen über die möglichen Zustände und Entwicklungen im frühen Weltall entnehmen wir Modellen - in die wir selbst jeweils die Voraussetzungen hineinsteckten, die uns günstig erschienen - die es uns ermöglichten, das Ganze auch durchzurechnen. Die Aussagen werden für ganz frühe Zeiten, als das Weltall sehr klein und sehr heiß gewesen sein muß - immer unschärfer und ungewisser.

Der "Urknall" ist also keine wissenschaftlich bewiesene Tatsache. Wir haben nur eine *mathematische Singularität (Seltsamkeit)*, deren *physikalische Bedeutung noch nicht erklärt* werden kann. Für die in seiner Nähe auftretenden extremen physikalischen Zustände kennen wir die Modelle noch nicht, weil es noch keine vereinigte Theorie der Gravitation und der Elementarteilchen gibt. Das Weltall war damals nicht größer als ein Elementarteilchen! An diesem Punkt und vorher hatte die Materie Formen, denen bisher keine unserer Vorstellungen (die von den jetzigen Formen geprägt wurden) entsprechen können.

Die derzeit moderne Superstringtheorie (die in den Elementarteilchen keine Punkte, sondern Fäden sieht und mit dem Supersymmetrieprinzip verbunden ist) sieht in der Singularität "nur" eine Spaltung des vorher zehndimensionalen Universums in ein vierdimensionales (in dem wir leben) und ein sechsdimensionales. Die dabei freiwerdende Energie habe dann begonnen, die Expansion zu bewirken (Freedman u.a. 1985).

Derzeit wird in Bonn und Berlin ein anderes Konzept diskutiert, bei dem das von Einstein wieder aus seinen Formeln entfernte sog. Kosmische Glied als abstoßende Kraft eine Rolle spielt. Demnach steht am Beginn des Expansionszyklus kein „Big Bang“, sondern ein „Big Bounce“ (Großer Sprung) innerhalb einer ewigen Raum-Zeit (Vaas 1995).

Ungeachtet unserer Unkenntnis über den genauen Inhalt der Prozesse, die sich damals abspielten, können wir aus der Art und Weise der Veränderungen einige Hinweise entnehmen. Wenn wir qualitative "Sprünge" sehen, suchen wir i.a. nach einer auslösenden Kraft. Wir können uns dann entscheiden, an eine Art Gott

zu glauben - oder eine natürliche Ursache zu suchen. Das Bestreben, "die wirkliche Welt... in ihrem eignen Zusammenhang, und in keinem phantastischen" (Engels 1962, S.292) zu sehen, also eine **materialistische Haltung**, führt zur zweiten Variante.

Wir kennen neben den konkreten Aussagen aus den Einzelwissenschaften dazu seit ca. 15 Jahren ein allgemeineres Konzept: das **Selbstorganisationskonzept**. Danach *organisieren offene Systeme im Nichtgleichgewicht für sich selbst neue Ordnungszustände, wenn sie in ihrer Evolution kritische Punkte erreichen*. Die Voraussetzungen dafür sind Offenheit und Nicht-Gleichgewicht. Beides ist für jede Materiekonstellation vorauszusetzen, wenn wir annehmen, daß Materie in ihren Tiefen und Weiten schöpferisch und dynamisch, d.h. sich bewegend und entwickelnd ist.

Diese allgemeinsten Aussagen treffen auch für die Materie vor dem "Urknall" zu - auch wenn uns ihre Daseinsweisen und Bewegungsformen dafür unbekannt sind. Die nach dem "Urknall" auftretende Expansion der Materie in der Raum-Zeit ist dann keine Kraft, die "von außen" auf die Materie einwirkt- auch wenn das später bei den Diskussionen zur Teilchenentstehung mathematisch in einer solchen Weise berechenbar gemacht wurde. Tatsächlich gehört diese Expansion zur Materie selbst. Alle mit ihr *verbundenen qualitativen Veränderungen sind Formen der Selbst-Entwicklung der Materie*.

Insgesamt ist festzustellen, daß das Selbstorganisationskonzept für die Kosmologie noch weitgehend unentdeckt ist. Es gibt nur sehr wenige Fachartikel dazu, in allgemeinere Darstellungen ist dieses Konzept noch nicht eingegangen. Die einzigste, allerdings sehr bekannte Ausnahme ist das Buch von Erich Jantsch mit dem Titel: Die Selbstorganisation im Universum (Jantsch 1988).

### 2.3.2 *Der Beginn unserer Zeit*

Wir wollen nun versuchen, dem Gang der Dinge selbst nachzugehen.

Aber gleich zu Beginn stoßen wir auf ein Problem: Wo beginnen wir den Zeitpfeil? Fast automatisch beginnen wir mit "Null" und stellen fest, daß wir bis zu einer Zeit von  $10^{-43}$  Sekunden - sie wird nach dem Physiker Max Planck auch die **PLANCKÄRA** genannt - fast nichts sagen können. Innerhalb dieser Zeit ist die Energie entsprechend der Energie-Zeit-Unbestimmtheit als unendlich groß anzusehen und das Universum wäre bis dahin kleiner als ein Elementarteilchen. Das ist nach der bisherigen Physik ein Widerspruch in sich, weil das Universum in einem Gravitationskollaps in sich zusammenfallen müßte.

**Energie-Zeit-Unbestimmtheit:** Bekannt ist die Erkenntnis aus der Quantentheorie, daß es eine Unbestimmtheit zwischen Ortskoordinaten und Impuls von Mikroobjekten gibt. Wollen wir den Ort des Objekts genau festhalten, wird sein Impuls unscharf. Messen wir dagegen den Impuls, wird der Ort unscharf. Eine ebensolche Beziehung gibt es zwischen Energie und Zeit.

Das ist nichts Verwunderliches, wenn man bedenkt, daß alle diese Begriffe wie "Ort", "Impuls", "Energie" und "Zeit" Variablen in Modellen sind und keine feststehenden Größen. In der Quantentheorie hat sich für diese (mathematisch speziell zusammenhängenden) Größen gezeigt, daß die messende Beobachtung einer der zusammenhängenden Größen nicht nur die "Schärfe" der anderen Größe beeinflusst, sondern direkt die Möglichkeit, diese andere Größe überhaupt im Modell zu definieren (Röseberg 1978, S. 107).

Erst die noch zu findende einheitliche Theorie aller physikalischen Wechselwirkungen wird uns dabei helfen, den "unmöglichen" Zustand (unendlich heiß, unendlich klein) in der Theorie am Punkt "Null" zu vermeiden. Eine Erinnerung an die Geschichte kann dabei helfen: Bevor man die Quantentheorie entwickelt hatte, meinte die klassische Mechanik, daß die Elektronen ja bei ihrer Bewegung um den Atomkern Energie abstrahlen müßten und Atome deshalb nicht stabil sein könnten. Erst das Verständnis von Quanteneffekten (Elektronenbahnen) erklärte die Stabilität von Atomen.

Was das Universum am Anfang der Expansions-Rahmenzeit darstellte, wird oft sehr unterschiedlich beschrieben. Dieser Zustand wird mal als "Chaos" (Ebeling/Feistel 1989, S.8), mal als "Ordnung" (Hawking 1988, S. 188) bezeichnet. Gemeint ist in beiden Fällen ein Zustand maximaler Symmetrie (Davies 1987, S. 13).

Das bedeutet nichts anderes, als das *nichts voneinander unterscheidbar* ist. Keine Teilchen voneinander, nicht einmal Teilchen von Kräften, oder Raum, Zeit, Energie und stoffliche Materie. Bei den hier vorherrschenden enorm hohen (ausgehend von theoretisch unendlichen) Temperaturen gab es keine Unterschiede zwischen Materieformen und -arten. Elektrisch geladene oder radioaktive oder gravitativ wechselwirkende oder Kernteilchen ließen sich nicht voneinander unterscheiden. Das bedeutet genau dasselbe bedeutet wie: die Wechselwirkungskräfte Elektromagnetismus, Radioaktivität (schwache Wechselwirkung), Kernkräfte (starke Wechselwirkung) und Schwerkraft (Gravitation) waren überhaupt nicht voneinander getrennt wirksam, sondern in einer gänzlich anderen, von uns noch unverstandenen Form vereinigt.

Erst im Laufe der Entwicklung strukturierte sich die Materie in den Formen und Arten, die wir kennen.

*Die Welt ist kein „Komplex von fertigen Dingen“, sondern ein „Komplex von Prozessen“* (Engels 1962, S.293). Wollen wir diese Komplexe genauer verstehen lernen, müssen wir ihre Mannigfaltigkeit analytisch auseinanderhalten.

Tatsächlich gibt auch *objektiv qualitative Unterschiede*, die das gestatten. Es ist nun möglich, *jeweils unterschiedliche Aspekte der Materiestruktur zu betonen*. Betonen wir die voneinander unterscheidbaren materiellen Objekte, so sprechen wir von **Materiearten**. Dabei können Objekte mit gleicher Beschaffenheit (wie jeweils Neutronen, Atome, Moleküle, Ionen usw.) voneinander unterschieden werden (Hörz/Wessel 1988, S. 53). Als Materiearten gelten auch die jeweiligen „Anti-Teilchen“ und die Felder (Hörz/Pöltz 1980, S.47).

**Materieformen** sind dann die allgemeinen Beziehungen zwischen den Objekten (wie Bewegung, Zusammenhang, Entwicklung und Raum-Zeit, nach Hörz/Pöltz 1980, S.48).

Durch diese Unterscheidung ist berücksichtigt, daß es keine substanziellen „kleinsten Teilchen“ gibt, sondern alle Dinge durch Prozesse konstituiert werden, also Strukturen und Bewegungen nicht getrennt existieren.

Materiearten gemeinsam mit den Materieformen kennzeichnen die **Materiestruktur**, die in den **Einzelwissenschaften** untersucht wird. Im Unterschied zu dieser auf die Einzelwissenschaften bezogene Materiestruktur-Bestimmung hat der **philosophische Materiebegriff** als Quelle unseres Wissens eine andere Bedeutung.

Bei dieser philosophischen Definition hat die **Materie** die *Bestimmung, objektiv real, also unabhängig vom Bewußtsein zu existieren*. Diese unabhängige Existenz bedeutet nicht, daß – sobald der Mensch als spezielle Materieart entstand – sich ihm diese Materie als konstantes Substrat und reines „Objekt“ darböte. Erstens beweist dieses Buch, daß Materiestrukturen sich selbst aktiv und kreativ verhalten (neue Zustände produzierend, also im Schellingschen Sinne als Subjekt). Zweitens sind alle Materiearten im Rahmen menschlicher Lebenspraxis Teil dieser Praxiswechselwirkungen und aus der Sicht des Menschen deshalb niemals von der Praxis unabhängig.

Durch die einzelwissenschaftliche Differenzierung ist abgesichert, daß sich Aussagen über die „Materie“ nicht platt mit Aussagen über „stoffliche Körper“ identifizieren lassen, wie es bei vielen Kritikern des Materialismus unterstellt wird.

Ich habe im letzten Abschnitt den Begriff der **Zeit** vorsichtig verwendet.

Zumindest die Rahmenzeit, die mit der Expansion unseres Universums nach dem "Urknall" verbunden ist, wird erst im Moment des "Urknalls" erzeugt.

Zeiten werden - auch in unserer Diskussion - mit Jahren und abgeleiteten Größen gemessen (Minuten, Sekunden). Diese Begriffe sind eigentlich nicht ganz angebracht: Es gab ja noch gar keine Erde, deren Bewegung um die Sonne das rhythmische Zeitmaß des Jahres und der abgeleiteten kleineren Einheiten vorgab.

Die kosmologische Zeit ist noch deutlicher ein Zeitpfeil als ein kreisender Uhrzeiger, denn sie ist an eine Veränderung in einer Richtung "angebunden": der Expansion des Universums, der dadurch verursachten Abkühlung und der damit verbundenen qualitativen Veränderungen. Dieser Zeitpfeil dient uns im allgemeinen als allgemeine Rahmenzeit für alle anderen, darin eingelagerten Prozesse mit eigenen Eigenzeiten.

Materie existiert stets in der Raum-Zeit. Die **Zeit** kann betrachtet werden als *Existenzform der Materie, die ihren ewigen Formwandel ausdrückt* (Hörz 1989, S.88ff.).

- Zeit erfaßt die Existenz von Ereignissen vom Anfang bis zum Ende und kennzeichnet somit eine *Dauer*.
- Indem sie weiterhin die Ereignisse als Prozeß in einer Folge des Vorher und Nachher und der gegenseitigen direkten kausalen Beeinflussung erfaßt, ist sie *Ordnung*.
- Die Prozesse unterliegen einer Entwicklung, wenn in ihrem Verlaufe Neues in Struktur und/oder Funktion entsteht und sich etabliert, und dies wieder durch weiteres Neues negiert wird. Jedoch erschöpft sich die Negierung nicht in der einfachen Rückkehr zu Früherem (Kreislauf), sondern hebt ihre Qualitäten in der folgenden Stufe auf ("aufheben" als: "beenden", aber auch "in neuer Form aufbewahren"). Dieses Aufbauen auf bereits vollzogenen Prozessen in der Form der Negation der ersten Negation bringt eine *Richtung* in die Entwicklung (Spirale).

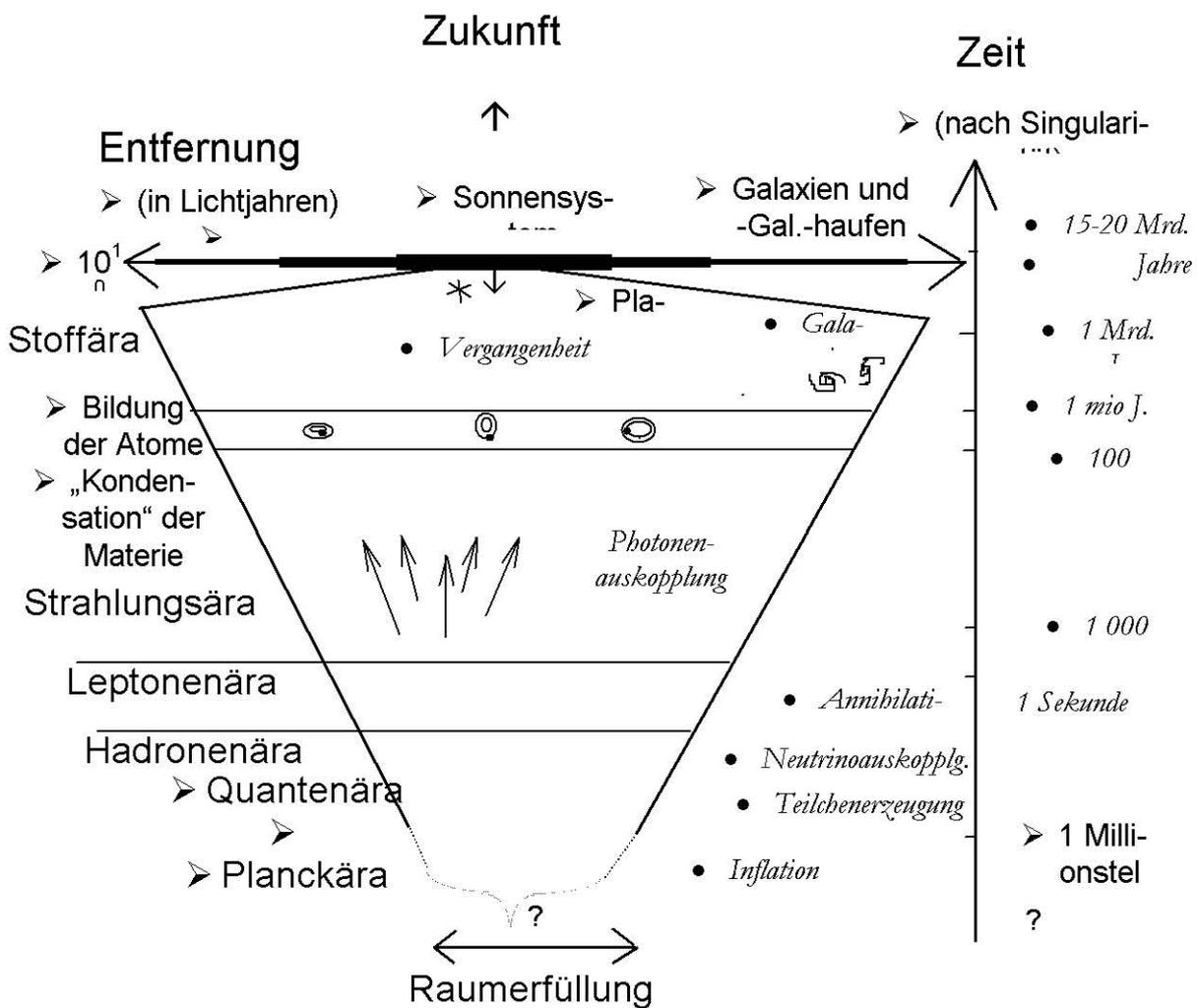
Dadurch vereint die Zeit reversible und irreversible Aspekte, sowie zyklische und lineare Prozesse. Es gibt keine ausgezeichnete Richtung für den gesamten Kosmos, sondern jede konkrete Ereignisfolge entwickelt ihre Eigenzeit, die für in sie eingelagerte Prozesse die Rahmenzeit abgeben kann.

### 2.3.3 Die ersten Momente

Aus der Tatsache, daß sich das derzeitige Universum in einer Expansionphase befindet, kann man auf einen Beginn der Expansion schließen. Vor ca. 15 Milliarden bis 20 Milliarden Jahren dürfte die Expansion begonnen haben. Dies kennzeichnet den Beginn der Rahmenzeit unseres Universums.

Was danach geschehen sein könnte, ist in der *Abbildung 2.1* auf S.32 (nach Eckert/ Seiderer 1991, S. 17) dargestellt und wird im Folgenden genauer beschrieben.

Nach den erwähnten  $10^{-43}$  Sekunden begann die **QUANTENÄRA**: Es wurde so „kühl“, daß sich die Gravitation von den anderen drei Kräften zu unterscheiden vermochte. Gravitonen als freie Teilchen koppelten sich aus und durchfluten seitdem wahrscheinlich als Gravitonen-Hintergrundstrahlung das Universum. Die Grenztemperatur von  $10^{32}$  K wurde aus Abschätzungen des Punktes gefunden, an dem die (jetzt unterschiedlichen, aber früher gleichen) Reichweiten und die Stärken der vier Wechselwirkungen aufeinandertreffen.



*Abbildung 2.1: Nach dem Modell des expandierenden Universums ist die Geschichte des Weltalls in diesem Bereich des Kosmos eng mit der Expansion verbunden. Innerhalb der Expansionsdynamik entstehen neue Materiearten und entwickeln sich.*

Nach modernen Vorstellungen ist das **Quantenvakuum** erfüllt von Energiezuständen, die entsprechend der Energie-Zeit-Unbestimmtheit extrem kurzzeitig in

den Zustand stofflicher Elementarteilchen übergehen können. Diese werden "*virtuelle Teilchen*" genannt.

Dabei taucht immer gleichzeitig ein Teilchen und sein Anti-Teilchen aus dem "Vakuum-See" auf. Ihre Existenz ist normalerweise nur sehr kurz. Wenn jedoch ein *zusätzliches Feld auf diese Teilchen einwirkt, kann dieses Energie übertragen - und die Teilchen "entstehen" lassen*. Dies konnte nach der Auskopplung der Gravitation als dann von außen wirkendes (Gravitations-)Feld geschehen (Audretsch/Schäfer 1978).

Es konnten unter diesen Bedingungen sogenannte Skalarfeldteilchen entstehen, die die Eigenschaft haben, einen negativen Druck auszuüben und die Gravitation zu einer abstoßenden Kraft werden zu lassen (Halliwell 1992). Ein anderer Ansatz spricht von Quantenaktivitäten in Vakuumzuständen mit negativem Druck (Davies 1987, S. 253).

Diese Abstoßung führte zu einer sehr schnellen und sehr immensen Aufblähung des Universums ab ca.  $10^{-36}$  Sekunden.

Je größer das Universum dabei wurde, desto stärker wurde dieser negative Druck und dieser führte zu einer weiteren Expansion. Diese *positive Rückkopplung* begegnet uns in der Natur immer wieder, wenn qualitative Brüche innerhalb von **Selbstorganisationsprozessen** stattfinden. Eine mögliche Energiebilanz für diese Aufblähung zeigt, daß alles mit rechten Dingen zugeht.

Wenn die Masse eine Form von Energie verkörpert, kommt auch dem Gravitationsfeld Energie zu. Bei der Aufblähung nimmt die Massenenergie enorm zu, während das Gravitationsfeld an Energie verliert (Overbye 1991, S.318).

Das Ende dieser kurzen **INFLATION** war dann erreicht, als alle vorhandenen Skalarfeldteilchen zerfallen waren oder das instabile Quantenvakuum zerfallen war (ca.  $10^{-32}$  Sekunden).

Diese Inflation zerstört die Vorstellung einer stetigen Volumenzunahme und Temperaturabnahme, erklärt aber einige Fakten, die bei "normaler" Expansion nicht erklärt werden könnten. Am Ende der Inflation war das Universum bereits einige Zentimeter groß - und erst einmal kalt. Aber der Zerfall der Teilchen bzw. des Quantenvakuums am Ende dieser Phase führte zu einer enormen Energiefreisetzung - und machte das All wieder so heiß, daß das ansonsten das übliche kosmologische Modell eines heißen frühen Weltalls wieder angewendet werden kann.

Überhaupt zerstörte diese Phase alle eventuell vorhandenen Masseteilchen und Konstellationen von Kräften. Sie konnte jedoch die Ursache für einen weiteren Energieanstieg sein, der mit der Ausdehnung von Materie mit negativem Druck zusammenhängt (Davies 1987, S. 257).

Interessant ist, daß der Schöpfer dieser Inflationstheorie, Alan Guth, sie vor allem "erfand", um zu erklären, warum das Universum "flach" ist. Diesem Problem sind wir ganz am Anfang schon einmal begegnet, als wir fragten, ob es ein kosmologischer Zufall war, daß das Weltall genau mit der Geschwindigkeit expandiert, daß es nicht zu schnell auseinanderstiebt und auch nicht zu schnell wieder zusammenfällt. Alan Guth gelang es, diesen konkreten Zusammenhang mit der Inflationstheorie zu erklären.

Damit hätten wir einen "kosmologischen Zufall" bereits eingeordnet in ein mögliches Erklärungsmodell des frühen Universums. Auf diese Weise sollte es möglich sein, auch die weiteren "Zufälle" des Anthropischen Prinzips, die Frage, wieso sich das Universum gerade so entwickelt hat, wie es sich entwickelte, einzuordnen.

Es ist dazu notwendig, *Zusammenhänge zwischen verschiedenen Prozessen* (die letztlich zu kosmischen Größen, Maßen und Verhältnissen führten) aufzudecken. Eine wie aus der Biologie bekannte Art der direkten Rückkopplung - der Selektion als "Erfolgskontrolle" - gibt es in der Kosmologie nicht. Jedoch bietet sich gerade die Inflation dazu an, sie als einen *Symmetriebruch bei nichtlinearen Selbstorganisationsprozessen fernab vom Gleichgewicht* zu interpretieren. Hier liegen typischerweise positive Rückkopplungszusammenhänge vor, die dann auch zu solchen "zufälligen" Korrelationen führen.

Ein auf diese Weise "flaches" Universum würde jedoch eine Masse erfordern, die in der sichtbaren Materie noch nicht gegeben ist.

Da wir in der sichtbaren leuchtenden Materie des Weltalls nur ca. ein Zehntel der Masse sehen können, die für eine derartige Dichte im Universum nötig wäre, müssen wir annehmen, daß wir den größten Masseanteil nicht sehen können (Bok 1984).

Darauf deuteten schon andere Beobachtungen hin. Fritz Zwicky z.B. meinte, der Coma-Galaxienhaufen könne nur dann gravitativ stabil sein, wenn er noch ca. 90% Masse mehr besitzt, als man sieht. Computersimulationen zeigten Jim Peebles, daß die Scheibenform der Galaxien nur dann aufrechterhalten werden kann, wenn man große Masseanteile in einer kugelförmigen Umhüllung dieser Scheibe annimmt. Große Masseanteile im Halo von Galaxien fand schließlich Vera Rubin mit ihren Mitarbeitern durch die Messung der Rotation von Galaxien.

Diese dunkle Masse ist in den weiteren Ausführungen noch nicht berücksichtigt. Wir wissen noch zu wenig über ihre physikalischen Eigenschaften, um Genaueres über ihre Entstehung vermuten zu können. Zukünftige Modelle der ersten Minuten nach dem Urknall müssen anstreben, sie aber zu berücksichtigen.

Die Inflation fiel genau in die Zeit, in der es möglich war, daß mit Hilfe der Gravitation Teilchen aus dem Vakuumruhezustand entstehen können. Es entstand immer ein Teilchen-Antiteilchen-Paar. Wenn man voraussetzt, daß die Gravitation als äußeres Feld auf die Quantenzustände einwirkte (und sie nicht mehr in einer Kraft vereinigt waren), kann man die möglichen Reaktionen der Teilchen untereinander abschätzen und in ihrer Häufigkeit berechnen. Deshalb wird die Ära nach der Planckschen oft als die **QUANTENÄRA** bezeichnet.

Welche Mechanismen welche Teilchen erzeugte, ist noch nicht genau bekannt. Das hängt von den Voraussetzungen ab, die meist nicht genau bestimmbar sind (Isotropiegrad, Stärke und Art der wirkenden Kräfte...). In Zukunft könnte hier eine Austauschbarkeit von Hadronen und Leptonen aus der Supersymmetrie berücksichtigt werden, dann verändert sich das folgende Erklärungsmuster.

Aus dem Quantenvakuum wird (nach bisherigen Erkenntnissen) ein Teilchen immer gemeinsam mit seinem Antiteilchen "erzeugt". Normalerweise werden die beiden sich gleich wieder gegenseitig vernichten. *Die äußere Energie, z.B. in Form der Gravitation kann die beiden Teilchen jedoch "auseinanderziehen" - und ihnen damit zu einer realen Existenz verhelfen.* Für schwere Teilchen muß diese Energie (entsprechend der Formel  $E = mc^2$ ) aber sehr hoch sein. Wird die äußere Kraft - durch die "Verdünnung" bei der Expansion - zu gering, können die jeweils schwereren Teilchen nicht mehr entstehen.

Aus den Eigenschaften der verschiedenen Kräften ist bekannt, daß sich ungefähr zum Zeitpunkt der Inflation die starke Kraft, die verantwortlich ist für den Zusammenhalt der Protonen und Neutronen im Kern - aber auch für den Zusammenhalt der Quarks (falls es sie gibt) innerhalb der Kernteilchen - ausgekoppelt hat.

Die starke Kraft wirkt nur auf Teilchen, die Hadronen genannt werden. Das sind die oben genannten Kernteilchen Protonen und Neutronen sowie weitere Teilchen wie die Mesonen und Hyperonen.

An dieser Stelle stehen zwei Konzepte einander gegenüber.

Einerseits könnte man sich die Hadronen selbst jeweils als Zusammenfügung anderer Hadronen vorstellen. Dieser Vorstellung entsprechend gäbe es unbegrenzt viele Kombinationsmöglichkeiten und damit Hadronenarten. Sie würden in einer Art "*nuklearer Demokratie*" miteinander wechselwirken. Dieses Konzept ist seit den 50er Jahren mit dem Namen Geoffrey Chew verbunden. Es lenkt den Blick auf umfassende Wechselwirkungen und betont, daß es keine grundlegend fundamentalen Ur-Teilchen gibt. Dieser sogenannte **Bootstrap**(Schnürsenkel)-Ansatz wird von Fritjof Capra genutzt für eine Weltanschauung, die Hierarchien grundlegend vermeidet (Capra 1988, S. 97).

Eine andere aus Symmetriegründen derzeit eher bevorzugte Sicht sieht die Hadronen aufgebaut aus den sogenannten **Quarks**. Quarks können mit den anderen Elementarteilchen (die nicht der starken Wechselwirkung unterliegen) auf einer Ebene in symmetrischen Beziehungen gedacht werden. Sie haben nur den Nachteil, daß sie als einzelne Objekte noch nie beobachtet werden konnten und auch so bald nicht können.

Die dazu notwendigen Energien lassen sich technisch noch auf lange Sicht nicht erzeugen.

Die Beobachtung von sehr energiereichen, schweren Elementarteilchen ist nur möglich, wenn sehr stark beschleunigte Teilchen aufeinander "geschossen" werden. Um die dazu nötige Geschwindigkeit zu erreichen, werden Beschleuniger in Kreisform gebaut, deren Radius jedoch immer größer werden muß, um höhere Energien zu erreichen. Die Träger der elektroschwachen Kraft - die W- und Z-Teilchen, wurden durch einen CERN-Beschleuniger gefunden. Weiter jedoch ist auf diesem Wege kaum zu kommen.

Der Nachweis der Vereinigung von elektroschwacher und starker Kraft benötigt ein Umfang von einer Billion Kilometer (Horgan 1994, S.54).

Für die vollständige Vereinigung aller Kräfte müßte der Ringbeschleuniger einen Umfang von 1000 Lichtjahren haben. Es gibt bisher nur wenige Überlegungen zu völlig anderen Beschleunigungsverfahren.

Nur indirekte Hinweise unterstützen die Quarkkonzeption. In der Quantenära jedoch war die Energiedichte so hoch, daß die Quarks entsprechend ihren jetzt schon vorhersagbaren Eigenschaften als freie Teilchen existiert haben könnten.

Meiner Meinung nach können die weltanschaulichen Implikationen, die im Bootstrap-Ansatz an die "Hadronendemokratie" geknüpft sind, auch unabhängig von dem konkreten einzelwissenschaftlichen Ansatz unterstützt werden. Auch unter Bezugnahme auf die Quarks kann man verstehen, *daß unser Universum nicht eine Pyramide von aufeinandergeschichteten starren kleinen Körperchen ist, sondern sich Beziehungen und Eigenschaften nur in Wechselwirkungen realisieren und es keine wirklich isolierten "Dinge" oder "Sachen" gibt* (vgl. Hegel, 1986b, S. 133/134).

Wenn wir von "**Teilchen**" sprechen, sind also keine kleinen, starren stofflichen Kügelchen gemeint. Wenn das unterstellt wird, führen die Erkenntnisse der modernen Wissenschaft zu Mißverständnissen. Die Tatsache der ständigen Wechselwirkungen aller Dinge untereinander und ihrer Wandelbarkeit führt berechtigt zur Ablehnung "kleiner, starrer Körperchen".

Würde "**Materie**" nur als solche Körperchen gesehen, wäre die Ablehnung des Begriffs "Materie" berechtigt. F. Capra schreibt z.B.:

"Subatomare Teilchen sind also keine "Dinge", sondern Verknüpfungen zwischen "Dingen", und diese "Dinge" sind ihrerseits Verknüpfungen zwischen anderen "Dingen", und so fort. In der Quantentheorie langt man niemals bei "Dingen" an, man hat es immer mit Geweben von Wechselbeziehungen zu tun"  
(Capra 1988, S. 83).

Die Grundidee dazu teile ich - jedoch auch Capra muß im Weiteren von Teilen und Ganzen und ihren Beziehungen reden. Diese Begriffe sollen eher intuitiv wirken und lassen deshalb bei ihm beliebige Interpretationen zu. Die Betonung der Einheit der Welt, die er in den Mittelpunkt stellt, ist gegenüber historisch aufgetretenen Isolierungen sehr berechtigt. *Eine Überstrapazierung dieser Einheitlichkeit bei Verwischung von Unterschieden jedoch verschließt den Weg zur Erkenntnis von Veränderung und Entwicklung.*

Eine genauere Differenzierung der Begriffe - in Anlehnung an philosophische Traditionen - erscheint mir daher unverzichtbar.

Der Begriff "**Teilchen**" z.B. bezieht sich erstens allgemein auf *Dinge, die bestimmte Eigenschaften zeigen*. Diese Eigenschaften realisieren die Dinge nur in Wechselwirkung mit anderen Objekten (u.U. unter der manipulierenden und beobachtenden Kontrolle der erkennenden Subjekte, der Menschen).

Wie sie jedoch wechselwirken und welche Eigenschaften sie kennzeichnen, ist durch ihre innere **Qualität** bestimmt.

"Ein Ding hat die Eigenschaft, dies oder jenes im Anderen 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).

Damit sind die Erfahrungen aus der Quantenwelt, obwohl die Hegel noch nicht erahnen konnte, mit erfaßt.

Elektronen werden also nicht wesentlich durch ihre Raumerfüllung (Größe) und/oder Dichte gekennzeichnet, sondern durch ihre Masse, ihre Ladung, ihren Spin und andere, im Bereich des normalen Lebens ungewöhnliche (nichtsinnliche) Eigenschaften. Nur in diesen den konkreten Dingen **wesentlichen** Qualitäten unterscheiden sich diese Dinge.

Was wesentlich ist, wird nicht durch den Menschen hineingedeutet, sondern liegt in den Dingen selbst. Ein Elementarteilchen ist eben kein "Massenpunkt auf einer Raumzeitkurve", sondern sein Wesen ist durch die nicht sinnlich beschreibbaren Quantenzahlen bestimmt (vgl. Röseberg 1980, S. 13).

Die Beschaffenheit des Dings wird durch seine innere Struktur ausgedrückt. Diese innere Struktur besteht als Gesamtheit von Beziehungen zwischen Elementen. Insofern ist das Ding gegenüber seiner die innere Strukturierung bestimmenden Elemente ein **System**. Die Auffassung, Elementarität sei immer mit Unstrukturiertheit verbunden, wurde vom dialektischen Materialismus bereits seit längerem als nicht mehr gerechtfertigt abgelehnt (vgl. Röseberg 1980, S. 8).

Alle *Einheit* in der Welt - wie sie von Capra betont wird - gründet sich auf Dinge, die sich doch durch verschiedene Beschaffenheiten, Eigentümlichkeiten, Eigenschaften, Qualitäten unterscheiden. Sie bringen *Unterschiedliches* in die allgegenwärtigen Beziehungen ein.

Diese Unterschiedlichkeit möchte ich gegenüber der gegenwärtig bevorzugten Vereinheitlichungstendenzen in den verschiedenen Formen des modernen Holismus (siehe auch Capra) nicht in Vergessenheit geraten lassen. Norbert Wiener betont, daß in organisierten Systemen bestimmte innere Zusammenhänge wichtiger sein müssen als andere.

"Organisation müssen wir als etwas betrachten, bei dem eine Wechselwirkung zwischen den verschiedenen organisierten Teilen besteht, die aber Gradunterschiedenheit aufweist" (Wiener 1962, S. 279).
---

Die Verbindung dieser Verschiedenheiten mit den Einheiten ist ein allgegenwärtiges Problem von Untersuchungen in den Einzelwissenschaften, von Lebensfragen der Menschen - und den reflektierenden Überlegungen der Philosophie verschiedenster Richtungen.

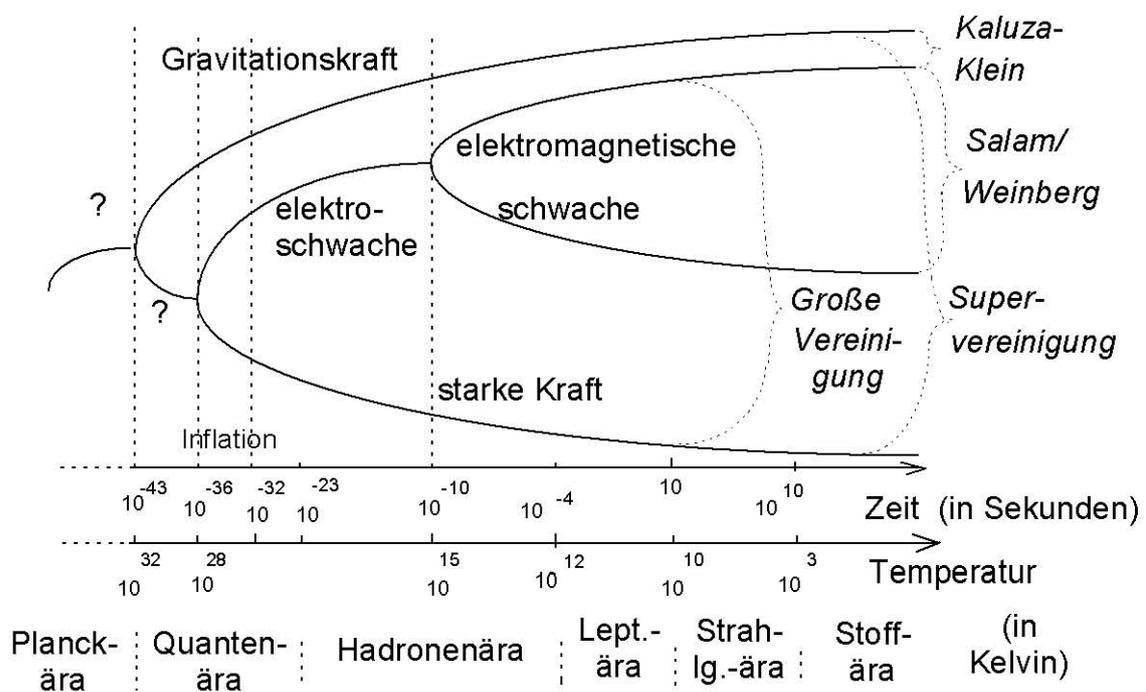
Die von uns im Weiteren untersuchten "Teilchen" im subatomaren Bereich haben zusätzlich tatsächlich die Eigenschaft, den oben besprochenen Qualitäten von Dingen - nämlich nie isoliert zu sein und ihre Eigenschaften nur in Wechselwirkungen zu realisieren - in besonderem Maße zu entsprechen.

Die Entstehung von Teilchen als "Kräuseln auf der Oberfläche des Quantenvakuums", wie es der (damals noch) sowjetische Wissenschaftler Naan formulierte, war erst möglich, seit zumindest die Gravitation, später auch die elektromagnetische Kraft als stabilisierende äußere Kräfte wirken können. Erst das Zerschneiden der vorherigen einheitlichen Kraft - ein Symmetriebruch - machte Teilchen mit Masse möglich.

Die Kräfte selbst werden durch materielle Wechselwirkungen vermittelt, die durch teilchenartige Gebilde beschrieben werden können, welche aber keine Masse besitzen (Austauschteilchen, Botenteilchen). Diese können nur für sehr kurze Zeit aus dem Vakuum "auftauchen", sie werden deshalb auch virtuelle Teilchen genannt.

Entsprechend der *Abbildung 2.2* waren ca.  $10^{-43}$  Sekunden nach dem Urknall noch alle vier Wechselwirkungskräfte in einer Kraft vereinigt.

Diese *Abbildung* zeigt den unteren Bereich der *Abbildung 2.1*, wobei die Zeit-achse um  $90^\circ$  gedreht wurde und auf der y-Achse nicht mehr der Raum, sondern die Wechselwirkungsarten gezeigt werden.



*Abbildung 2.2: In dieser Abbildung wurde die ganz frühe kosmische Entwicklung sehr stark auseinandergezogen abgebildet. Dadurch wurden die bisher nur aus der Elementarteilchentheorie bekannten Symmetriebrüche deutlicher dargestellt und in die kosmische Evolution einbezogen. (Die Namen und die ...-Vereinigungen nach den rechten Klammern deuten die existierenden vereinheitlichten Theoriemodelle an.)*

Die Gravitation koppelte sich als erste aus. Das Auskoppeln bedeutet, daß verschiedene Teile/Bereiche der Materie verschiedene Wirkungen in ihren Wechselwirkungen mit anderen Teilen zeigen, daß sie unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Diese Verschiedenheit trennt sie nicht etwa räumlich oder zeitlich in verschiedene "Kästchen". Qualitative Unterschiede im Verhalten jedoch deuten auf Unterschiede in der eigenen Konstitution, der eigenen Qualität, des jeweils eigenen Wesens hin.

### 2.3.4 Teilchen entstehen und zerstrahlen

Die (Masse-)Teilchen, welche durch das Auskoppeln der Gravitation entstanden sein können, sind bisher nur in der theoretischen Diskussion. Da zum Zeitpunkt der Auskopplung die Energiedichte noch unermesslich hoch war, müssen diese Teilchen eine sehr hohe Masse (sie haben diese Masse entsprechend der Formel  $E=mc^2$  mitbekommen) haben - ohne daß sie deshalb besonders leicht auffindbar wären.

Die Isolation von solch massereichen Teilchen innerhalb des Geflechts ständiger Umwandlungen in der Elementarteilchenwelt wäre technisch nur mit solch großen Beschleunigern möglich, wie sie auf der Erde aufgrund mangelnder Größe (der Erde) gar nicht gebaut werden können. Man kann nur im Universum nach Spuren von ihnen suchen, was zur Zeit sehr intensiv getan wird.

Die nächste Auskopplung begann, wie schon erwähnt, ungefähr mit Beginn der Inflation. Die starke (Kern-)Kraft koppelte sich aus, was sich in der Existenz von Hadronen zeigte. Dies war wiederum ein Symmetriebruch. Unabhängig vom Szenarium, ob sie nun aus Quarks oder direkt aus dem Quanten-Vakuum entstanden sind, sind dies die schwereren noch existierenden Elementarteilchen. Zuerst entstanden nach dem Quark-Konzept schwere, freie Quarks, die sich erst später zu den Hadronen verbanden. Es ist möglich, daß bereits hier durch eine Asymmetrie eines höheren Quarkanteils gegenüber des Anti-quarkanteils die Materie-Antimaterie-Asymmetrie erklärbar wird (Priester 1993, S.15, vgl. auch Ebeling/Feistel 1994, S.74).

Neutronen, Antineutronen, Protonen und Antiprotonen sowie weitere Hadronen und ihre ständigen gegenseitigen Vernichtungen (Materie-Antimaterie!) bestimmten das Universum in der sogenannten **HADRONENÄRA** (Lotze 1984, S.17f.).

Noch innerhalb dieser Ära kam es zu einem weiteren Auseinanderbrechen von Wechselwirkungen. Die vorher noch vereinigte elektromagnetische und die schwache Kraft fielen auseinander. Die vorherigen masselosen Austauschteilchen erhielten als  $Z^0$  und  $W^+$  und  $W^-$  eine Masse und wurden zu Austauschteilchen der schwachen Wechselwirkung und die weiterhin masselosen Photonen bleiben als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung. Die schwache Kraft ist deshalb so schwach gegenüber der mit ihr vorher vereinigten elektromagnetischen Kraft, weil ihre Austauschteilchen Masse erhielten (Davies 1987, S.160). Diese Kraft vermittelt z.B. die Umwandlung eines Neutrons und eines Neutrinos in ein Proton und ein Elektron.

Nach ca.  $10^{-4}$  Sekunden beherrschten diese leichteren Teilchen wie Elektronen, Positronen und Neutrinos das Universum. Die Temperatur war inzwischen auf  $10^{12}$  K gefallen. Elektronen-Positronen-Paare entstanden und vernichteten sich ständig wieder. Die leichten oder gar masselose Teilchen (wie die Photonen und Neutrinos sowie Antineutrinos) stießen in dem damals dichten Universum ständig aufeinander, verwandelten sich ineinander. Auf ein Hadron (Proton, Neutron) kommen seit dieser Zeit 1000 Millionen Leptonen.

Die **LEPTONENÄRA** hatte begonnen. Die Entwicklung des Universums hat jetzt alle mikroskopischen Voraussetzungen für die weitere Evolution entfaltet. Die vorher einheitliche "Urkraft" spaltete sich in mehrere unterschiedliche Wechselwirkungen, wobei unterschiedliche Materieformen als "Elementarteilchen" entstanden, die sich nach bestimmten Regeln ineinander umwandeln. Bestimmte Symmetrien und Erhaltungssätze schränken die Möglichkeiten der Umwandlungen ein. Nicht die Teilchen stellen das "Dauerhafte" und "Bleibende" dar. Nur die Symmetrien bringen Regelmäßigkeit und Form in die Beschreibung dieses Zustands.

Dies verwirrt ein Denken, das sich die Welt bisher nur als Summe irgendwelcher kleinster, stabiler "Urteilchen" vorstellen konnte (mechanischer Materialismus). Wenn nur solche kleinen, stabilen und stofflichen Teilchen als "Materie" betrachtet würden, wäre der Materialismus tatsächlich obsolet.

Ich beziehe mich im folgenden jedoch auf einen **Materiebegriff**, der verschiedenste Arten und Formen außer der stofflich-körperlichen zuläßt und nur meint, daß alle diese Arten und Formen *außerhalb und unabhängig vom Bewußtsein existieren*.

Angesichts der für das beginnende 20. Jahrhundert neuen physikalischen Erkenntnisse, daß die Welt eben nicht mechanisch als Bewegung kleiner, starrer Kügelchen erklärbar ist, wurde schon damals der "Materialismus" als gestorben erklärt. Die Antwort Lenins ist heute, angesichts der Erkenntnisse der Elementarteilchentheorie, noch genauso aktuell:

"Die Materie verschwindet" heißt: Es verschwindet jene Grenze, bis zu welcher wir die Materie bisher kannten, unser Wissen dringt tiefer; es verschwinden solche Eigenschaften der Materie, die früher als absolut, unveränderlich, ursprünglich gegolten haben (Undurchdringlichkeit, Trägheit, Masse usw.) und die sich nunmehr als relativ, nur einigen Zuständen der Materie eigen erweisen.

Denn die einzige "Eigenschaft" der Materie, an deren Anerkennung der philosophische Materialismus gebunden ist, ist die Eigenschaft, objektive Realität zu sein, außerhalb unseres Bewußtseins zu existieren."

(Lenin 1970, S. 260)

Der Begriff "Materie" ist tatsächlich Bestandteil unseres Bewußtseins - nicht aber die konkreten (objektiv realen) Materiearten und -formen. Wie wir diese widerspiegeln, hängt allerdings tatsächlich stark von unseren eigenen Aktivitäten in der Wechselwirkung mit der objektiven Realität ab.

Auf den dialektischen materialistischen Materiebegriff trifft auch nicht zu, was Hegel bei dem reflektierenden Bewußtsein kritisiert, daß dieses nämlich eine formlose Materie als Grundlage annehme, die ihre Unterscheidung bloß äußerlich durch Hinzufügung einer Form erhalte (Hegel 1986a, S. 259).

Objektiv real existiert nirgendwo eine formlose Materie. Sie selbst trägt ihre Bewegung in sich und sie ist unerschöpft und unerschöpflich.

Allerdings sind konkrete Erkenntnisobjekte stets durch das erkennende Subjekt vermittelt. Obwohl die Erfahrung Ausgangspunkt der Erkenntnis ist, muß das Denken ihre Inhalte zuerst ordnend analysieren, dadurch ein erstes Mal vermitteln.

Das **Wesen** der Dinge wird jedoch mit dem Aufzählen der toten Bestandteile oder den schablonenhaften Abstrakta nicht erfaßt, sondern erst in einem zweiten Schritt durch die Synthese dieser mannigfaltigen Formen in einer höheren Einheit im Denken widerspiegelt (vgl. Hegel 1986a, S. 55f.). Diese Einheit widerspiegelt dann kein totes So-Sein der Dinge. *Die wesentlichen inneren Beziehungen, Verhältnisse, die mannigfaltige Momente/Seiten beziehen sich so aufeinander, daß das Sein stets gleichzeitig ein Übergehen in andere Zustände, ein Werden ist.*

Die Symmetrieerkenntnis in der modernen Elementarteilchentheorie stellt eine Form des Herantastens an eine einheitliche Beschreibung des "Teilchenzoos" dar.

Die "Symmetrie" oder auch der als "Teilchen" benannten Materiezustand liegt nicht als sinnlicher Gegenstand vor, sondern ist Bestandteil eines Denk-Modells. Dieses Modell als Ganzes widerspiegelt wesentliche Zusammenhänge der Realität, die auch ohne dieses Modell und unser Erkennen vorliegen.

Dabei kann nicht einmal streng festgelegt werden, was "Element", und was ihre "Beziehung" sei. Im einzelwissenschaftlichen Sprachgebrauch sind beide Möglichkeiten vorhanden. Man kann z.B. von der Beziehung Kernkraft zwischen den Elementen Neutron und Proton sprechen - andererseits wird die Kernkraft durch die Pi-Mesonen vermittelt, die man als Elemente der Beziehungsvermittlung über Neutronen und Protonen ansprechen könnte.

Welche Zusammenhänge **wesentlich** sind, ist abhängig vom Verhalten der realen Dinge/Sachen. Sie haben unterschiedliche Eigenschaften und Qualitäten, die jedoch nicht unabhängig von den Wechselwirkungen mit anderen Dingen/Sachen sind. Hadronen z.B. unterliegen im Gegensatz zu den Leptonen der starken Wechselwirkung und können sich deshalb als Atomkerne zusammenlagern, sobald die Bindungsenergie der starken Wechselwirkung größer ist als die Bewegungsenergie aus der Dynamik des Universums. Leptonen dagegen haben die *innere Qualität*, dies in ihrem Verhalten gegenüber anderen Elementarteilchen nicht zu tun.

Auf der Ebene dieser Zustände deutet sich bereits eine **Strukturiertheit** der Materie an, die *aus unterschiedlichen Qualitäten* herrührt. In diesem Fall der Elementarteilchen besteht ihre Qualität wesentlich darin, Zusammenhänge durch spezifische gegenseitige Umwandlungsreaktionen zu vermitteln. Es ist hier offensichtlich, daß Strukturiertheit *nicht nur mit der räumlichen Teilbarkeit* zu verbinden ist, sondern allgemeiner sein muß.

Strukturiertheit kennzeichnet die *spezifische Art und Weise des Beziehungsgefüges zwischen Teilen eines Ganzen, damit auch ihrer Dynamik*. Diese Strukturen als typische Beziehungsgefüge sind sogar relativ unabhängig von den konkreten Elementen. Das ist auch der Grund, warum Strukturen in verschiedenen Objektbereichen ähnlich oder gleich sind (Voraussetzung für sog. Allgemeinen oder "Strukturwissenschaften" wie Kybernetik oder auch das Selbstorganisationskonzept).

Elementarteilchen (inklusive der hypothetischen Quarks, aus denen die bisher elementar gesehenen Hadronen bestehen könnten) lassen sich nicht beliebig weiter räumlich "zerkleinern" - trotzdem wird das Verständnis ihres Verhaltens, ihres Beziehungsgefüges durch Erkenntnismodelle und Theorien sich weiter vertiefen lassen.

Ein allgemeinerer Begriff von Struktur ist nicht auf die räumliche Isolierung von immer kleineren Körperchen angewiesen, sondern bezieht sich auf die Wechselwirkungsweise, die mannigfaltigen Formen von Zusammenhängen, auf unterschiedliche Funktionen bestimmter Materieformen - also auf qualitative Unterschiede.

Der Begriff "**Element**" (eines Ganzen, eines Systems) ist danach nicht zu reduzieren auf die Vorstellung eines jeweils räumlich kleineren substanziellen Bausteins. Elemente kennzeichnen nur *Teile der Struktur der Materie, von deren innerer Struktur im gegebenen Fall abstrahiert wird, weil ihre Beziehung untereinander untersucht wird.*

Da diese Beziehungen nach außen von inneren Eigenschaften herrührt, sind sie als selbst strukturierte Dinge gleichzeitig auch ein Ganzes, ein System. Ihre Elementarität ist deshalb stets relativ.

Die Teil-Ganzes-Problematik bei Hegel (Hegel 1986a, S. 165ff., Hegel 1986b, S. 267ff.) sieht in dem **Ganzen** gerade nicht eine Summierung gleichartiger Teile, sondern betont die *Mannigfaltigkeit des Verschiedenen, aus denen die Einheit (das Ganze) in jedem Moment ihres Seins eine Andersartigkeit gewinnt und damit eine Übergehende wird.* Das Sein ist nur im Werden. Vorher verborgenes Mögliches gewinnt aus der Wechselwirkung des inneren Mannigfaltigen untereinander an Wirklichkeit. Neue Möglichkeiten entstehen.

Dies geschah auch im Verlaufe der weiteren Expansion des Universums. Das bisherige thermische Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Umwandlungsreaktionen von Neutronen, Protonen, Neutrinos und Elektronen (sowie der Antiteilchen der letzteren beiden) wurde gebrochen, sobald sich ca. 0,11 Sekunden nach dem "Urknall" die Temperatur auf  $3 \times 10^{10}$  K abgekühlt hatte. Ab jetzt hatten es die schwereren Neutronen immer schwerer, sich in die leichteren Protonen zu verwandeln und der Anteil der Protonen im Universum nahm auf Kosten der Anzahl von Neutronen ständig ab. Diese und die folgenden Prozesse innerhalb der "ersten drei Minuten" wurden besonders gut dargestellt von Steven Weinberg (Weinberg 1980).

Im Verlaufe der weiteren Abkühlung des Universums wuchs nach ca. 1,09 Sekunden bei einer Temperatur von  $10^{10}$  K die mittlere freie Zeit der Neutrinos (Zeit, in der sie nicht mit anderen Teilchen zusammenstoßen und in Umwandlungsreaktionen verwickelt werden). Aus dieser Zeit ist eine Neutrino-Hintergrundstrahlung zu erwarten. Elektronen und Positronen vernichteten sich jetzt rascher, als sie aus der schwächer werdenden Strahlung neu erzeugt werden konnten.

Nach 13,86 Sekunden war die Temperatur auf  $3 \times 10^9$  K gefallen und es wurden keine Elektronen und Positronen mehr gebildet. Es zerfielen die vorhandenen Paare unter Abgabe von Energie. Zu diesem Zeitpunkt begannen sich stabile Atomkerne zu bilden. Das gesamte Universum begann jetzt Wasserstoffkerne in Heliumkerne umzuwandeln wie ein einziger Stern. Die Helium-Kernsynthese wird durch die heute im Universum vorliegenden Anteile von Helium und Wasserstoff belegt.

Auch in den weiteren Sekunden und Minuten bildeten sich nur wenige schwere Kerne, weil diese Bildung durch die aus den Annihilationen freiwerdende Strahlungsenergie verhindert wurde.

Insgesamt war diese Zeit (nach ca. 10 Sekunden) durch die aus der Elektronen-Positronen-Annihilation freiwerdende Strahlung aus Photonen bestimmt. Sie wird deshalb auch **STRAHLUNGSÄRA** genannt. Das elektromagnetische Feld kann jetzt die Teilchenentstehung beeinflussen (Lotze 1985, Schlemm 1985).

Das Ergebnis der Elektronen-Positronen-Annihilation war nicht das Verschwinden von Elektronen und Positronen, sondern sonderbarerweise blieben einige wenige Elektronen übrig. Sie können als Gegenstücke zu den positiv geladenen Atomkernen gesehen werden, die notwendig zur Ladungserhaltung im Universum sind (Weinberg 1980, S. 98).

Genau ist der Mechanismus dieser Materie-Antimaterie-Asymmetrie noch nicht geklärt. Eine Möglichkeit zu einer Erklärung bietet sich durch die Supersymmetrieüberlegungen an, nach denen bei extrem hohen Energien auch Quarks und Leptonen austauschbar sind. Dadurch könnte Materie und Anti-Materie auch unabhängig voneinander entstehen und zerstört werden und dadurch die Asymmetrie entstehen (Overbye 1991, S.298).

Es ist auch zu erwarten, daß in diese Ära die dunkle Materie noch einbezogen werden muß. Inzwischen erfordern Galaxienentstehungsmodelle i.a. irgendeine Form von noch nicht berücksichtigter dunkler Materie, die von den Wechselwirkungen in der Strahlungsära nicht mit zu Strahlungsenergie zerstrahlt wird. Ob dies feinverteilte einzelne exotische Elementarteilchen sind (die supersymmetrischen Ergänzungen der bekannten Elementarteilchen) oder massereiche Neutrinos, oder gar großräumige Klumpen, die dann später als Quasare sichtbar werden, ist dabei noch unbekannt.

### 2.3.5 Jahrtausende später

Erst nach weiteren ca. 300 000 bis 700 000 Jahren war die Temperatur auf ca. 3000 K bis 4000 K abgekühlt. Die Energie der Photonen war jetzt nicht mehr groß genug, die Elektronen von ihrer Bindung an die Atomkerne abzuhalten. Es entstanden vollständige **Atome** und damit erstmals stoffliche Materie im eigentlichen Sinn.

Diese stoffliche Materie als stabile gebundene Zustände von Elementarteilchen stellte gegenüber der früheren Elementarteilchenwelt etwas völlig Neues dar. Eine neue Form der Materie hatte sich "herauskristallisiert". Man kann das auch als ein Herausfrieren von stabilen Strukturen bei Abkühlung mit dem Herausfrieren von Eiskristallen aus dem vorher flüssigen Wasser vergleichen. Allerdings betrifft dieser Vergleich nur die äußere Form, nicht das innere Wesen, die jeweils typische Art und Weise der Zusammenhänge.

Die neue Form der Materie, die stoffliche - aus Atomen aufgebaute - existiert seitdem neben der weiterhin vorhandenen Strahlung aus ursprünglichen Photonen. Waren die vorher existierenden Atomkerne und eventuelle kurzzeitige Verbindungen zwischen positiv geladenen Atomkernen und negativ geladenen Elektronen für das Verhalten des Universums als Strahlungsuniversum recht unwesentlich, so veränderte sich die Situation jetzt sprunghaft.

Die aus Atomen aufgebaute Materie bestimmte fortan die weitere Entwicklung - die Strahlungsphotonen verloren mit der Ausdehnung des Universums weiterhin an Energie. In der Gegenwart sind sie als Hintergrundrauschen aus allen Richtungen des Universums mit sehr großer Gleichmäßigkeit mit einer Temperatur von 2,7 K zu messen.

Die vorher unwesentliche stoffliche Materie und ihre Beziehungen wurden wesentlich, die vorher vorherrschende Strahlung begleitet die weiteren Prozesse als recht unwesentliche "Begleiterscheinung". *Daß in einem Bereich vorher wesentliche Zusammenhänge zu unwesentlichen werden und umgekehrt ist ein wichtiges Kennzeichen von Qualitätssprüngen.*

Die derzeit noch anhaltende **STOFFÄRA** begann.

Alle weitere Differenzierung der Materie baute auf der Trennung von stofflicher Materie und Strahlung und dem spezifischen Verhalten, den Gesetzmäßigkeiten der Atome und ihrer Wechselwirkungen auf.

Die Elementarteilchen verschwanden dadurch nicht, aber durch ihr Bindungsverhalten baute sich eine neue Strukturform der Materie auf. Die Differenzierung der Elementarteilchen selbst und damit auch die in Strahlung und Stoff war eine Voraussetzung für die neuen Strukturformen, die mit Atomen verbunden sind. Da sie also das *Tor öffneten für neue Möglichkeiten der Strukturierung und des Verhaltens der Materie*, stellen sie eine **Höherentwicklung** gegenüber dem undifferenzierten, symmetrischen Materiezustand dar.

Die Elementarteilchen in den Atomen haben gegenüber "freien" Elementarteilchen andere Wechselwirkungsbeziehungen, die zu mehr Stabilität des ganzen Atoms führen. Die *Elementarteilchen selbst schränken ihre Bewegungsvervielfalt ein - damit das Atom als Ganzes neuartige Struktur- und Verhaltensformen der Materie realisieren kann.*

**Strukturen** werden durch die *Gesamtheit aller Beziehungen aller Elemente* (unter Berücksichtigung der Austauschbarkeit von Elementen und Beziehungen in der Betrachtung!), die am Aufrechterhalten der relativen Stabilität von Teilen der Materie beteiligt sind, gekennzeichnet. Die relative Stabilität rührt von einer inneren Ordnung her.

Heben wir aus der unerschöpflichen Vielfalt der Beziehungen und Zusammenhänge diejenigen hervor, die Teilen der Struktur *eine von anderen unterschiedene innere Bestimmtheit* verleihen, so können wir diese Teile mit einer spezifischen inneren Struktur als **System** bezeichnen. Im Atom z. B. sind die Elementarteilchen so strukturiert, daß sich ein Atom in seiner Umwelt durch sein Verhalten als ein Teil der Materie ausweist, das *sich als Ganzes gegenüber seiner Umwelt verhält und dessen Verhalten von internen Gesetzmäßigkeiten gesteuert wird.*

Mit der Entstehung von Atomen wurden deren spezifische, historisch neuartige Eigenschaften wirksam: die Energie der jetzt gebundenen Teilchen war nicht mehr als Strahlungsdruck im Universum wirksam. Durch den Wegfall dieses Strahlungsdruckes konnte jetzt die Gravitation erstmalig als wesentliche Kraft der Evolution zur Wirksamkeit kommen.

Damit brachen erstmals zwei Bereiche der Welt scheinbar auseinander: in mikroskopisch kleinen Bereichen ist die Schwerkraft sehr gering (denn sie ist dem Produkt der sich gegenseitig anziehenden Massen proportional) - es wirkt vorwiegend die elektromagnetische Kraft und in noch kleineren Dimensionen die schwache und die starke (Kern-)Kraft. In makroskopischen Bereichen sind diese nicht wirksam - die Gravitation bestimmt die großräumigen Strukturen und Bewegungen.

Die meisten Bücher über Kosmologie konzentrieren sich im Weiteren nun auf gravitative Prozesse der Strukturbildung - oder sie machen eine Sprung und erklären die Sternchemie. Die Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Wechselwirkungen beschreibt besonders Erich Jantsch in seinem Buch "Die Selbstorganisation des Universums" (Jantsch 1988). Neuere kosmologische Erkenntnisse konnte er leider nicht aufnehmen, weil er schon im Jahre 1980 verstarb. Ihm gelang es jedoch, aus den auch bis dahin bekannten Prozessen der Evolution allgemeine Prinzipien herauszuarbeiten.

Eins davon ist der Gedanke der *Koevolution von Makro- und Mikrowelt*. Die großräumigen, durch gravitative Anziehung ermöglichten Materiezusammenballungen erhalten durch reproduktive Prozesse im Kleinen ihre Stabilität und Evolution (Jantsch 1988 S. 127 u.a.).

### 2.3.6 Sichtbare kosmische Objekte entstehen

*Die bisherigen Ideen waren offenbar falsch.  
Die Astronomen müssen etwas Neues für die  
Erklärung der Galaxienentstehung finden.  
(H.-M. Hahn)*

Die Aufspaltung der vorher einheitlichen Wechselwirkungskräfte führte zu einer Konstellation, in der die nuklearen Kräfte (schwache und starke) nur sehr kurze Reichweiten haben. Die elektromagnetische Wechselwirkung vermittelt Zusammenhänge zwischen elektrisch geladenen und magnetisch wechselwirkenden Objekten. Die Gravitation als langreichweitige, auf alle Massen wirkende und nicht abschirmbare Kraft wird jedoch zum universellen Gestaltungsfaktor der großräumig verteilten stofflichen Materie.

Zu beachten ist dabei immer, daß sich die bisherigen Theorien dazu vor allem auf die optisch sichtbaren oder anderweitig Strahlung aussendenden Objekte beziehen und "dunkle Materie" nur widerwillig in die Überlegungen einbeziehen, wo sie zur Erklärung von Gravitationseffekten unbedingt notwendig ist. Die bisherige (notwendig) einseitige Sichtweise kann dazu führen, daß vielleicht gerade wesentliche Prozesse bisher einfach (im wahrsten Sinne des Wortes) nicht gesehen wurden und damit in der Theorie nicht berücksichtigt wurden. Ergänzende Überlegungen dazu stellen Gribbin/Rees (1994) an.

Etwas ausführlicher möchte ich auf ein weiteres Versäumnis (und hier ist es ein echtes Versäumnis und keine objektive Erkenntnissschranke) eingehen. In fast allen populären Kosmogoniedarstellungen und auch als Modellvorgabe für For-

schungen findet sich die Vorstellung, massereiche kosmische Objekte hätten sich aus Kondensationsprozessen durch die gravitative Wirkung der Masseteilchen aufeinander gebildet.

Noch vor einigen Jahrzehnten wurden Beobachtungen, die auf explosive und expansive Prozesse hinwiesen, wie Materiejets aus Galaxien und Galaxien mit aktivem Kern, als "exotisch" beiseite gelegt. Bereits damals schlug der armenische Astrophysiker W. A. Ambarzumjan (Ambarzumjan 1967, Ambarzumjan 1976) vor, diese Aktivitäten als die wesentlichen Prozesse anzusehen, und nicht die (natürlich mit jeder Masseansammlung auch verbundenen) gravitativen Kondensationen.

Zur Zeit ist mir nicht einmal bekannt, wie es dem 1908 geborenen Wissenschaftler geht.<sup>1</sup> Sein Land wird von einem Krieg erschüttert - 15 Kriegsflüchtlinge aus Armenien sitzen seit 3 Wochen nur 500 Meter von meinem Schreibtisch entfernt in der Jenauer Stadtkirche und warten auf ihre Rettung in einem anderen, humanistischeren Land ... oder ihre Abschiebung ins Kriegsgebiet.

Dieser Wechsel in der Sichtweise führte bei ihm zu einem neuen Konzept der **Galaxienentstehung**. Er geht davon aus, daß die Galaxien nicht durch Kondensation vorher feinverteilten Stoffs entstanden, sondern Folgeprodukte von vorher existierenden superdichten prägalaktischen Körpern sind. Dies erklärt die Aktivität in ihren jungen Jahren. Sein Konzept wurde immer wieder mit dem Argument abgelehnt, man solle keine neuen, unberechenbaren Hypothesen in die Theorie einbringen, wenn es doch auch so schön anders (durch Kondensation) erklärbar sei. Besonders kritisierte man die Unbeschreibbarkeit der Zustände in diesen prästellaren oder gar prägalaktischen Körpern.

In den letzten Jahren jedoch wird immer öfter davon gesprochen, daß Galaxien in irgendeiner Weise Entwicklungsprodukte der Quasare sein müssen (weil sie zeitlich später auftauchen). Die Herkunft der Quasare wird sehr gekünstelt als Folge der Aktivität eines "Schwarzen Lochs" gedeutet. Woher das "Schwarze Loch" zu solch früher Zeit (lange vor den jetzt bekannten Galaxien und Sternen) kommt, bleibt offen. Bisher sind diese "Schwarzen Löcher" nichts anderes als eine "black box" (schwarze Kiste ohne Sicht auf innere Prozesse, bei der nur Input und Output betrachtet wird). Einerseits freuen sich die Theoretiker, daß sie mit dem Begriff des Schwarzen Lochs wenigstens ihre Unwissenheit ein wenig kaschieren könne. Die Diagnose „Schwarzes Loch“ wird als Erklärung angeboten: „Als mögliche Erklärung kommt ein Schwarzes Loch in Betracht, da es der effektivste bekannte Energielieferant ist.“ (Frühjahrstagung... Konstanz 1983). Andererseits müssen sie zugeben, daß sie eigentlich nichts wissen:

---

<sup>1</sup> Ich erhielt über eMail die Information, dass er im Jahr 1994 verstorben ist, also gerade beim Erarbeiten dieses Textes.

„Einig sind sich die Astronomen jedenfalls darin, daß im „Auge des galaktischen Sturms“ etwas ganz Außergewöhnliches passiert, das mit klassischen Vorstellungen kaum zu erklären ist“ (Petroll, 1983).

Auch hier ist klar, daß eine wirkliche Erklärung nur auf Grundlage einer Vereinigung von Gravitationstheorie und Quantenkonzept möglich sein wird.

Die **Quasare** sind die bisher am weitesten entfernten Objekte, die wir von der Erde aus wahrnehmen können. Daß wir sie trotzdem wahrnehmen, liegt daran, daß sie so enorm hell leuchten - obwohl ihre Abmessungen erstaunlich klein sind. Die Energieerzeugung dieser sehr kleinen, aber sehr hell leuchtenden Objekte kann mit den vorhandenen Theorien nicht erklärt werden.

Wir haben hier einen Kandidaten für die vorher nur theoretisch vorausgesagten "unorthodoxen" Materiearten vor uns, der ein Bindeglied zwischen prägalaktischen Körpern und Galaxien sein kann. Diese vermutete genetische Beziehung zwischen Quasaren und Galaxien wird in den letzten Jahren häufiger akzeptiert (z.B. schon von Kafka 1968, S. 251).

Je weiter kosmische Objekte von uns entfernt sind, desto länger benötigten ja ihre (Licht-)Signale bis zu uns. Wir sehen die Objekte also so, wie sie vor so vielen (Licht-)Jahren waren. Sehen wir einen Quasar in 10 Milliarden Lichtjahren Entfernung, so hat es ihn vor 10 Milliarden Jahren gegeben. Sehen wir eine Galaxie in einer Entfernung von 7 Milliarden Lichtjahren, so gab es sie in dieser Form vor 7 Milliarden Jahren.

Tatsächlich sehen wir aus der Zeit ca. 1 bis 2 Milliarden Jahre nach dem "Urknall" die Quasare - während die Galaxien uns näher stehen: sie existierten erst 5 bis 7 Milliarden Jahre nach dem Urknall (obwohl neuerdings auch aus 13 Mrd. Lichtjahren Entfernung Galaxien gesichtet worden sein sollen). Quasare aus dieser näheren Zeit kennen wir nicht mehr. Dies bekräftigt die Vermutung eines Entwicklungszusammenhangs zwischen Quasaren und Galaxien. Dabei ist auch zu erkennen, daß aktiv strahlende Galaxien und Galaxien mit auch optisch aktivem Kern ziemlich direkt nach den Quasaren auftauchten, während sich die gewöhnlichen" Galaxien zeitlich später entwickelten.

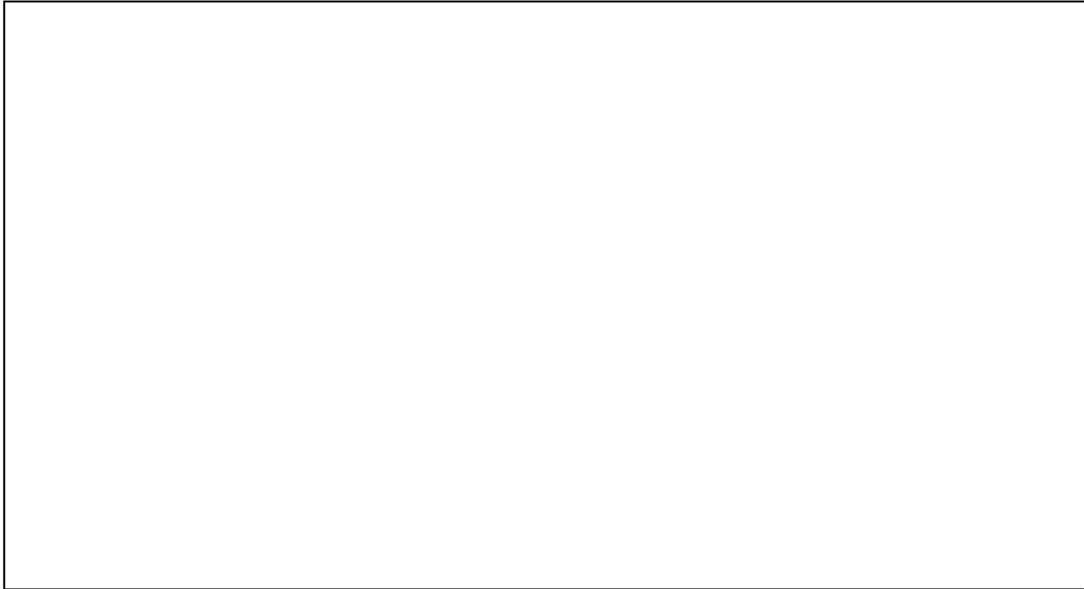


Abbildung 2.3: Da wir über die Entfernung in die Vergangenheit sehen, können wir die kosmischen Objekte in einer zeitlichen Reihenfolge sehen. Daraus kann man indirekt auf die geschichtlichen Zusammenhänge schließen. (Daten in der Abbildung nach Fahr 1990, Miley 1993, Hippelein 1993, Powell 1993, Knapp 1991)

Diese Sicht läßt zwei Fragen offen. Bevor ich sie nenne, möchte ich sie einordnen. Ich denke, daß dies Fragen der Art sind, die keine Ablehnung provozieren sollten, sondern gerade das Nachdenken darüber, wie sie zu erklären sind. Nur auf sinnvolle Fragen bekommen wir wirklich weiterführende Antworten. Die ständige Erklärerei mittels der "Schwarzen Löcher" verdeckt meiner Meinung nach die wichtigen Fragen.

1. In der *Abbildung 2.3* erkennen wir die eben erklärten Zusammenhänge von Entfernung und Entwicklungszuständen der Materie. Aber es wird deutlich, daß ein "Gegenargument" gegen die Expansionshypothese noch nicht beantwortet ist: Die 2,7 K-Hintergrundstrahlung (als Rest der Strahlung) aus der Zeit, als sich stoffliche Materie von der Strahlung abkoppelte - ist tatsächlich ziemlich gleichmäßig aus allen Richtungen.

Aus diesem Indiz nährt sich auch die oben genannte spezielle Fassung des Kosmologischen Prinzips sowie die Ablehnung aller superdichten Körper. Das Universum ca. 0,5 Millionen oder 1 Million Jahre nach dem Urknall war tatsächlich von gleichförmiger und gleichmäßiger Strahlung durchzogen. Nach 1 bis 2 Milliarden Jahren tauchen dann plötzlich die kleinen, aber sehr energiereichen Quasare als Massekonzentrationen auf. Eine genetische Verbindung zwischen dem homogenem Strahlungskosmos und den Quasaren ist noch nicht gefunden.

Vielleicht ist diese Suche auch sinnlos, weil die Voraussetzungen nicht stimmen und korrigiert werden müssen. *Vielleicht müssen wir die Existenz der Quasare einbeziehen, wenn wir darüber nachdenken, wie das Universum vor der Stoffära aussah.* Neben der Strahlung und den Elementarteilchen vorher gab es vielleicht auch immer noch andere superdichte (oder auch feinverteilte) "Rückstände" der "Urknall"-Materie (siehe Diskussion der dunklen Materie).

Daß sie in den bisherigen Modellen nicht berücksichtigt werden, hängt mit den begrenzten Fähigkeiten zusammen, sie in die Rechnungen einzubeziehen (und daß wir nicht darüber nachdenken wollten, weil wir das nicht rechnen können). Außerdem müssen die Fakten, die durch das bisherige Modell erklärt werden (Häufigkeit der chemischen Elemente, 2,7-Kelvin-Strahlung) auch erklärt werden können. Vielleicht gelingt dann aber sogar die Einbeziehung der heute noch nicht erklärbaren Rätsel.

So wichtig es ist, sich mit den vorhandenen Theorien und Rechenfähigkeiten auch an extreme Zustände heranzuwagen - es wäre doch verwunderlich, wenn die Prozesse unmittelbar nach Zuständen der "quantisierten Gravitation" einfach mit Bleistift und Papier und weitestgehend linearisierten Gleichungen zu beschreiben wären. Diese Rechnungen sind vor allem dazu da, ihre eigenen Beschränkungen deutlicher herauszuarbeiten um Hinweise für Ansätze zu neuen Theorien zu gewinnen.

2. Bei der Diskussion der *neuentdeckten räumlichen Strukturen*, die mit "Mauern", "Haufen von Haufen" und "kosmischer Schaum" bezeichnet werden, sollte auch über den Entwicklungszusammenhang nachgedacht werden. Erstens könnten hier Selbstorganisationsprozesse stattgefunden haben (*langreichweitige Korrelationen sind typisch für Selbstorganisation durch nichtlineare Prozesse weitab vom Gleichgewicht*) - zweitens ist die innere Aktivität von superdichten Körpern der Quasare und aktiver Galaxienkerne zu berücksichtigen.

Die neueren Kosmologen selbst kennen zwar den Armenier V.A. Ambarzumjan höchstens nur als "Ukrainer Ambartsiumian" (Overbye 1991, S. 491), aber faktisch diskutieren sie heute Modelle, die so weit von seinen jahrzehntealten Vorschlägen nicht entfernt sind.

Zumindest mußten sie alle die von ihm seit Jahrzehnten beobachteten explosiven Prozesse in ihre Modelle einbauen, wenn sicher auch nicht jede theoretische Erklärung von ihm und seinen Kollegen haltbar sein wird. Neuerdings grübeln sie über genau den Fragen, die sie ihm früher als Gegenargument entgegengehalten haben. Die Entstehung der Quasare aus "Schwarzen Löchern", die aus vorher ausgebrannten Sternenstrukturen entstanden, die auf üblichem Weg durch Kondensation entstanden sein sollen... ist wohl ein ziemlich umständlicher Versuch, das alte Kondensationsmodell zu retten.

Die **Sternentstehung** ist ebenfalls noch nicht völlig aufgeklärt. Daß Sterne i.a. in Haufen entstehen, wie Ambarzumjan voraussagte, scheint sich zu bestätigen. Die ältere Theorie, daß sie in Wolken atomaren Wasserstoffs gebildet werden, mußte verändert werden. Heu-

te nimmt man an, daß Molekülwolken die Wiege der Sterne bilden (Henning/Gürtler 1985). Dabei scheinen äußere Einflüsse auf die Wolken zwar eine auslösende Rolle bei der Sternentstehung zu spielen, aber primär sind innere Instabilitäten.

Insgesamt ist *die Sternentstehung ein kollektiver Prozeß verschiedener Wechselwirkungen*, wobei Supernovabeeinflussung, Sternenwind-Energieübertragungen und Stoßwolken - besonders in den Galaxienarmen - eine Rolle spielen. Dabei pflanzen sich Sternentstehungsgebiete sozusagen selber fort.

Die Expansionsvorgänge der entstehenden Sternkollektive und die Ausströmungen interpretiert Ambarzumjan als Hinweis auf eine Entstehung der Sterne aus dichten prästellaren Körpern. Nach Meinung von Henning und Gürtler (Henning/Gürtler 1985, S.198) lassen sich diese Ausströmungen auch bei Annahme von Kondensationsprozessen als wesentlichen Prozessen erklären.

Das Bild insgesamt ist jedoch in den letzten Jahren nicht einfacher geworden:

"Ich habe mir immer den Kollaps einer kleinen interstellaren Wolke zu einem Protostern als ein friedliches, hauptsächlich gravitatives Phänomen vorgestellt. Jetzt ist offenkundig, daß auch gewalttätigere Kräfte am Werk sind." (Bok, B.J. 1984, S.344)

Uns interessiert im weiteren nicht die Entstehung der Sterne, sondern ihre Existenzweise. Man kann ziemlich genau angeben, welche atomaren-chemischen Umwandlungen dazu führen, daß sich über mehrere Vermittlungen letztlich der Wasserstoff in Helium und später schwerere Elemente umwandelt und dabei Strahlung abgibt.

Das *Wechselverhältnis von schwachen und starken Austauschkräften im atomaren Bereich* sichert hier ab, daß die Sterne nicht in einer großen Wasserstoffbombenexplosion zerknallen, sondern das Brennen über einen langen Zeitraum stabil abläuft. In der Sternevolution kommt es dann mehrmals zu *kritischen Phasen, in denen sich innere Prozesse mit der gravitativen Wirkung der Masse des Sterns koppeln*.

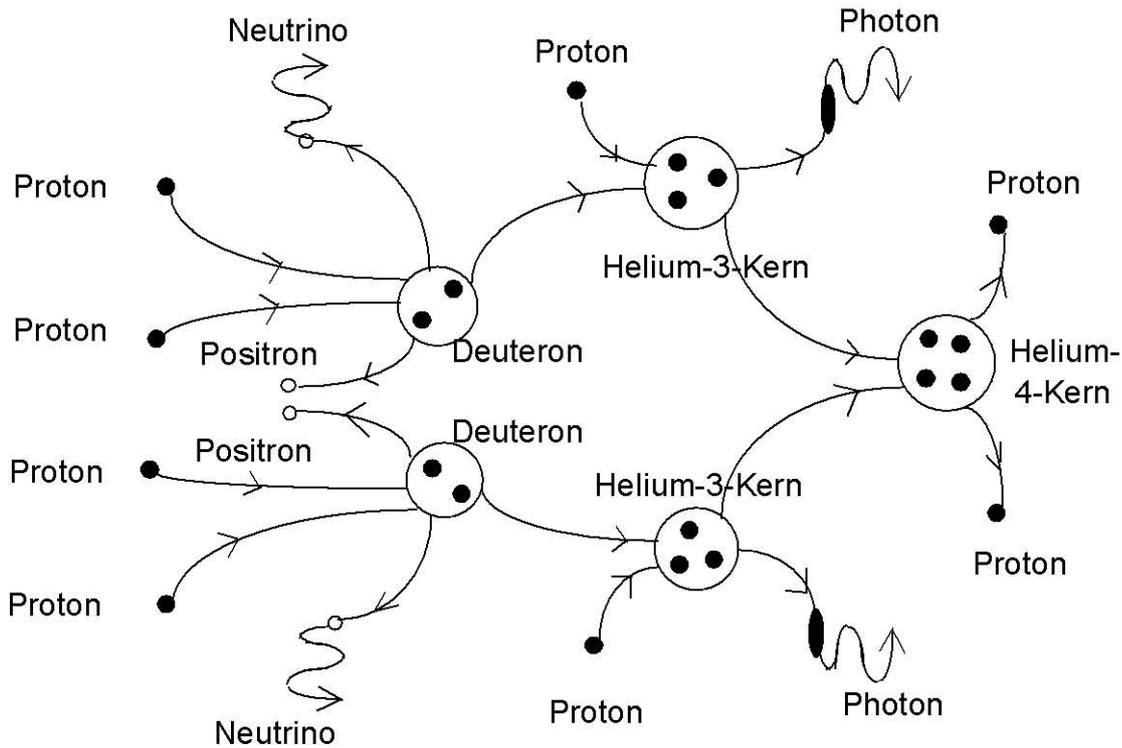


Abbildung 2.4: Die Proton-Proton-Reaktion könnte die Energiequelle unserer Sonne und vieler anderer Sterne sein.

#### Zur Sternevolution:

Nach den bisherigen Vorstellungen geschieht in den Sternen die Umwandlung von Atomkernen in der Weise, daß aus leichteren Kernen schwerere entstehen, wobei zusätzlich Energie freigesetzt wird.

Im Fall des jungen Sterns wandeln sich entsprechend der *Abbildung 2.4* zuerst Wasserstoffkerne (Deuteronen) in Helium-Kerne um. Die vollständige Darstellung geht vom Vorhandensein von 4 Protonen aus. Aus ihnen entstehen demnach ein Helium-4-Kern, sowie 2 Photonen (die nach jahrtausendlangem Zickzackkurs im Stern die Strahlung bilden), zwei Neutrinos (die abgestrahlt werden und noch heute wegen ihrer Wechselwirkungslosigkeit nicht nach gewiesen werden konnten) und zwei Positronen (die beim Zusammentreffen mit Elektronen zerstrahlen, wodurch die Wärmeenergie des Sterns erzeugt wird).

In ähnlicher Weise entsteht in schwereren Sternen aus dem Kohlenstoff Stickstoff, der unter Abgabe anderer Teilchen wieder zu Kohlenstoff wird. Dieser Kohlenstoffzyklus setzt wesentlich höhere Energien frei. Bei sehr hohen Energien können sich auch zwei Kohlenstoffkerne in einen Magnesiumkern verwandeln bzw. andere Prozesse führen zu Neon und Sauerstoff. Auf diese Weise wird die „Asche“ vorheriger Zyklen der Brennstoff der jeweils nächsten (vgl. Hillebrand/Ober, 1982).

---

Diese Prozesse setzen durch ihre Energieabgabe der allgegenwärtigen Gravitation eine Kraft entgegen und *die Wechselwirkung zwischen ihnen konstituiert den stofflichen Körper "Stern"*.

Innerhalb der Evolution der Kernprozesse in den Sternen entstehen schwerere Atomkerne. Die kosmische Evolution enthält also Teile der chemischen Evolution. Interessanterweise entstehen also Atome aus ihren Elementarteilchen nicht einfach aus einer „Anlagerung“, einer summierenden Synthese. Sondern diese Entstehung bedarf qualitativer Umbrüche in makroskopischen Raumbereichen - einerseits in Sternen innerhalb der Galaxien, andererseits jedoch auch schon vorher (vgl. Hillebrand u.a. 1982).

Es gibt prinzipiell unterschiedliche Entwicklungswege für Sterne mit unterschiedlichen Ausgangsmassen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, daß auch die Sterne keine isolierten Körper sind. Durch den Austausch von bereits erzeugten schwereren Elementen von einem Stern zur nächsten Sternengeneration (z.B. über Supernovaausbrüche), den allgemeinen gravitativen Wechselwirkungen (Stoffaustausch, Beeinflussung durch Dichtewellen in der Galaxis), durch Strahlung aus dem Galaxienkern usw. erweist sich die *gesamte Galaxis als Grundelement der kosmischen Evolution auf diesem Niveau* (vgl. auch Overbye 1991, S. 67; Unsöld 1978, S.98; Lequeux 1983).

Insgesamt lassen sich die **Wechselwirkungen von Makro- und Mikrostrukturen** nach Jantsch (Jantsch 1988, S. 141) in der *Abbildung 2.5* (auf S. 56) darstellen.

Die damit gekennzeichnete Wechselbeziehung von großräumigen und kleinräumigen Prozessen ist jedoch keine rein räumliche Beziehung - sondern Folge der Wirkungsbereiche der jeweiligen Kräfte.

Mit sinkender Energiedichte und wachsenden Ausmaßen des Universums hatten sich die Kräfte voneinander getrennt und erhielten unterschiedliche Reichweiten. Die Schwerkraft wirkt im großräumigen Gebiet, die nuklearen Kräfte nur auf kurze Distanzen. Aber sie sind nicht isoliert, *sondern ihre Wechselwirkungen sind die Grundlage für die weitere kosmische Evolution in Form von stofflichen Objekten*. In ihnen finden zum Teil nukleare Prozesse statt und die Größe und räumliche Beziehung der Objekte wird durch die Schwerkraft geregelt.

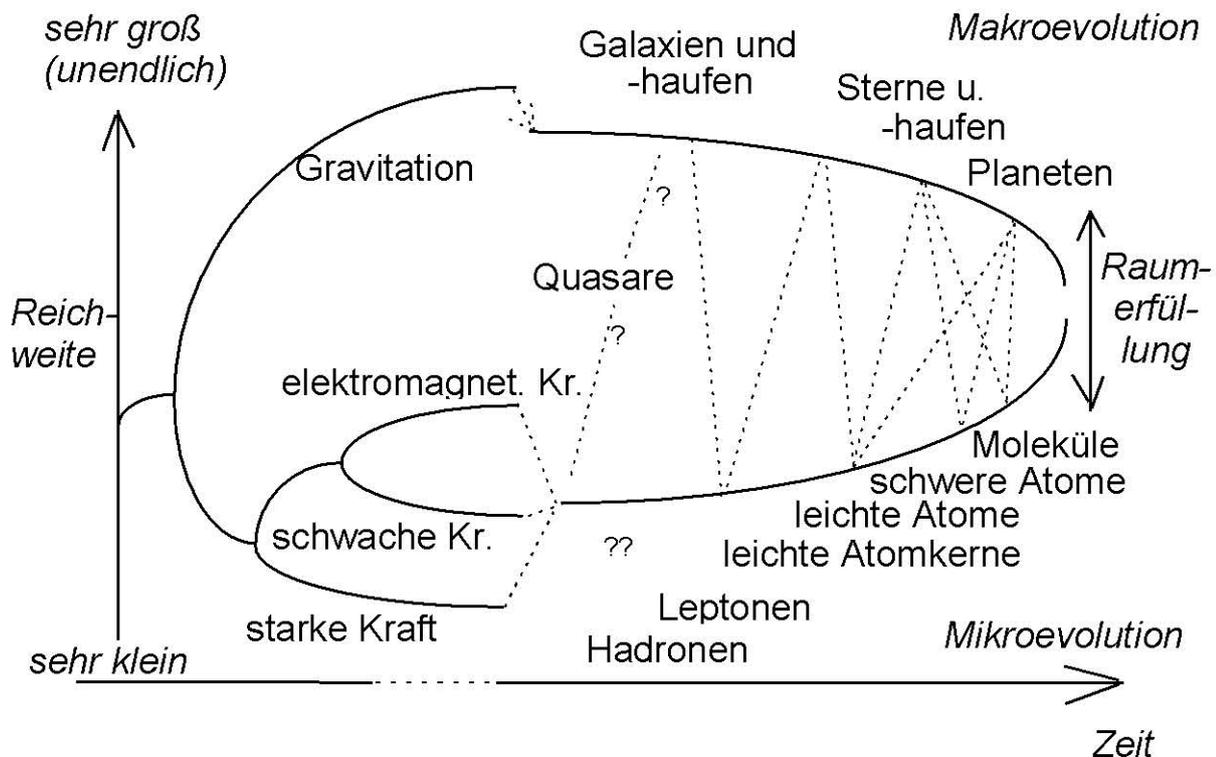


Abbildung 2.5: Der Zusammenhang von Mikroevolution und Makroevolution wurde in Anlehnung an Jantsch (1988, S.141) in Zusammenhang mit den 4 grundlegenden Wechselwirkungen mit unterschiedlicher Reichweite dargestellt.

Die Koevolution von Mikro- und Makrostrukturen im Universum ist eine Form, in der sich die philosophische Beziehung *des Unterschieds und der Identität von verschiedenen Seiten einer Einheit* realisiert.

Die **Einheit (System)** ist dabei nicht ein für allemal festgelegt. Sprechen wir von Prozessen, die das seit dem "Urknall" expandierende Universum betreffen, so ist dieses Universum die Einheit - unabhängig davon, daß die unabhängig von unserem Bewußtsein existierende Realität (die "Materie") vor dem "Urknall" auch in uns unbekanntem Materieformen vorhanden war und eventuell andere Arten von Universen bildete und vielleicht weitere außer unserem (jetzt in drei Raum- und einer Zeitdimension expandierenden) Universum ausbildete.

Sprechen wir von Sternbildungsprozessen in unserer Galaxis, ist unter Umständen der umgebende Raumbereich dieser Prozesse oder die Gesamtgalaxie die Einheit, aus der heraus sich Bewegungen und Formen erkennen lassen. Wichtig ist, daß der *Bereich groß genug ist, die wesentlichen Zusammenhänge zu erfassen* und nur die für die betrachteten Prozesse unwesentlichen Zusammenhänge (die für andere Prozesse im gleichen Raumbereich durchaus wesentlich sein können) wegzulassen.

Das **Wesen** macht dabei die *innere Bestimmtheit der Einheit* aus. Wesen versteht sich hier weiter als eine *Gesamtheit von Eigenschaften und Beziehungen, die relativ beständig eine spezifische Eigenart dieser Gesamtheit kennzeichnet*.

Obwohl diese spezifische Eigenart, das So-Sein der Einheit bei Veränderungen einen bleibenden Kern dieser konkreten Einheit ausmacht,

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

Der Stern kann nur sein, wenn er seine stofflichen Massen durch die Schwerkraft zusammenhält. Würde dem aber nicht die nukleare Kernumwandlung entgegenstehen, würde die Masse in sich zusammenstürzen und keinen stabilen Gasball aufbauen. Daß die Größen und Reichweiten der entsprechenden, einander entgegenwirkenden Kräfte so genau "stimmen", ist hier kein Zufall, denn solange der Stern existiert, *hält er selbst durch seine Aktivitäten die Balance zwischen den Kräften stabil*.

Ist z.B. der Wasserstoff in den inneren Zonen des Sterns weitgehend aufgebraucht, so kontrahiert dieses Sterninnere. Dadurch werden die äußeren Schichten heißer und in ihnen kann die Wasserstoffumwandlung weiter geführt werden. Im Innern wird inzwischen Helium zu Kohlenstoff verbrannt - das Innere wird schnell aufgeheizt - es dehnt sich sehr rasch aus und brennt dann langsamer weiter. Solche raschen Prozesse innerhalb von recht stabilen Prozessen sind früher eher mißtrauisch beäugt worden - in einem tieferen Verständnis gehören sie notwendig dazu.

Nach dem "*Aufbrauchen*" der *Stabilitätsbedingungen* in einem Bereich (Wasserstoff aufgebraucht) wird durch diese instabilen Phasen ein neuer Bereich erreicht (Temperatur für Heliumumwandlung in Kohlenstoff), in dem wieder relative Stabilität möglich ist.

Interessant ist die unterschiedlich mögliche Betonung dieser Grenzbedingungen. Einerseits werden alte Bedingungen beseitigt („aufgebraucht“) - andererseits entstehen genau damit die Bedingungen für Neues. Die erste Sicht ist eher „mangelbezogen“ und tendiert zum Pessimismus, die zweite betont hoffnungsvoll die Möglichkeiten für Neues.

In späteren Phasen der Sternentwicklung sinkt durch die Verringerung der Atomreaktionen die Temperatur. Dadurch kann die Gravitation stärker wirken - und der Stern zieht sich zusammen, so daß die Temperatur wieder steigt. Die Atome sind dann dichter gepackt.

Die Kernumwandlung führt zu einer Veränderung in der chemischen Zusammensetzung des Sterns. *Der Stern ist ein Stern, indem er in jedem Moment nicht mehr derselbe (mit derselben chemischen Zusammensetzung) ist als kurz vorher.*

Bei den kurzreichweitigen Kernprozessen gibt es einen weiteren Zusammenhang: Ohne die schwache Wechselwirkung (Proton-Proton-Reaktion des einfachen Wasserstoffs) würde die starke Wechselwirkung den Wasserstoff explosionsartig in Helium umwandeln (wie in der Wasserstoffbombe). Ein langfristig stabiler Stern würde nie entstehen.

Hier haben wir einen der zu Beginn erwähnten "kosmischen Zufälle". Er beruht darauf, daß bereits vorhandener Kohlenstoff (aus früheren Sternengenerationen oder anderen frühen kosmologischen Prozessen) als Katalysator im Bethe-Weizsäcker-Zyklus stabilisierend wirkt. Würde nicht dieser konkrete Zufall in Form des spezifischen Verhältnisses der Stärken der beiden Kräfte (starke und schwache) in dieser Weise stabilisierend wirken - würde jede andere, selbst auch zufällige Konfiguration zu anderen, gerade dazu passenden stabilisierenden Prozessen führen.

Die Welt sähe dann ganz anders aus - andere Zusammenhänge würden ihr Wesen bestimmen, andere Gesetzmäßigkeiten würden sich realisieren.

Interne Stoffumwandlungszyklen ermöglichen die Stabilität der größeren Strukturform. Gleichzeitig sind sie jedoch die Quelle von sukzessiven irreversiblen Veränderungen in der inneren Struktur. Diese Veränderungen sind die Ursache für veränderte Bedingungen für die weiteren Prozesse.

Betrachten wir z.B. eine beliebige Schicht innerhalb eines Sterns. Wir beginnen mit der Wasserstoffumwandlungsphase. Durch das einfache Dasein dieses Zustands, der aus zyklischen Bewegungen besteht, *brauchen sich die Stabilitätsbedingungen auf.* Der Wasserstoffanteil nimmt ab, dafür nimmt der Heliumanteil zu. Diese Tatsache *liegt bereits in der Bestimmung dieses Gegenstands* (der wasserstoffverbrennende Teil des Sterns verliert dabei den Wasserstoff notwendig). Die Negation eines Zustands als Schranke ist hier begründet.

Die Qualität der Materie in diesem Bereich erreicht ihre Grenze. Ändert sich die Quantität der Anteile jetzt nur noch geringfügig, geht sie in eine andere Qualität über. Das **Maß** ist erreicht. Mit dem Einsetzen der Kohlenstoffsynthese aus dem Helium liegt in diesem Gebiet des Sterns eine neue Qualität vor. Das **Wesen** des Gebiets wird weiterhin durch die allgemeine Bestimmung des Sterns, eine durch Kernreaktionen und Gravitation langfristig stabilgehaltene Stoffkonfiguration im Universum zu sein, bestimmt. Innerhalb dieses Wesensbegriffes stellen wir aber an diesem Beispiel bereits fest, daß es *durch die Beziehung zweier unterschiedlicher, gegensätzlich wirkender Momente (Gravitation mit Druck nach innen, Kernreaktionen mit Druck nach außen) bestimmt wird*. Für den Stern als Ganzes gibt es ebenfalls Prozesse, *die über das Wirken dieses Widerstreits zu Veränderungen führen...* bis der Stern als Stern aufhört zu existieren. Die ihn bildende Materie nimmt neue Formen mit einem neuen Wesen an.

Diese neuen Formen sind nicht unabhängig von den vorherigen Bestimmungen. Auf diese Weise wird die historische Bedingtheit genetisch fortgeführt und die frühere Qualität nicht nur hinweggehoben, sondern aufgehoben im Sinne von "aufbewahrt". Nichts weiter steckt hinter der "**Negation der Negation**". Die erste Negation des alten Zustands führt zu einer neuen Qualität (Anti-These zur These; das Andere des Etwas). Diese wird wiederum negiert (das Andere ist selbst ein Etwas, das negiert wird) und führt zu dem Endzustand, der unter Umständen als "höhere" Qualität eingeschätzt werden kann. Beim Vergleich des Ausgangszustandes mit dem Zustand nach dieser dialektischen (doppelten) Negation werden Unterschiede sichtbar. Diese Vergleichbarkeit definiert **Entwicklungszyklen**. Zyklen sind hier also nicht als Kreislaufprozesse ohne derartige Unterschiede zu verstehen.

Mit der wesentlichen Qualitätsänderung ist verbunden, daß die wesentlichen Prozesse und Zusammenhänge sich verändern, durch andere ausgetauscht werden. In der evolutions-theoretischen Literatur wird hier von einer **Evolution der Evolutionsprinzipien** gesprochen.

Diese Betrachtungsweise hilft uns auch bei der Frage, was in Zukunft aus unserem Universum werden wird. Verlöschen einst alle Sterne und treiben als tote Eisenkugeln in einem kalten Weltraum?

Die Anzahl der Photonen im Universum wächst. Von der inneren Kernenergie der Sterne bleibt als Asche eine Ansammlung schwerer Elemente (bis zum Eisen) übrig, das "Feuer" ging in Form von Photonen in den Weltraum hinaus und ist für weitere Strukturbildungen verloren.

Dies sieht sehr nach einem schon seit langem prognostizierten "Wärmemetod" für das Universum aus. Nach der Thermodynamik gerät ein geschlossenes System unweigerlich in einen Gleichgewichtszustand. In ihm ist die Entropie maximal. Jedoch wirken Gesetzmäßigkeiten, also auch dieser sogenannte 2. Hauptsatz der Thermodynamik, stets unter bestimmten, angebbaren Bedingungen. Für diesen Satz gelten die Bedingungen:

- a) das System muß geschlossen sein, also keinen Stoff- und Energieaustausch realisieren;
- b) das System muß sich unter stationären äußeren Bedingungen befinden und
- c) Entropiemodelle werden aus dem Modell eines idealen Gases entwickelt.

Zu allen drei Bedingungen gibt es im Universum jedoch Einschränkungen:

- a) Über die thermodynamischen Eigenschaften der bisher prognostizierten "Endzustände" der Materie im Universum ist recht wenig bekannt (vgl. Wolkenstein 1990 und Hawking 1988). Die "Schwarzen Löcher", zu denen sehr massereiche Sterne und weitere Stoffballungen werden, werden sicher durchaus nicht in aller Ewigkeit still und kraftlos durch das Universum schweben. Hier können wir eine *neue, uns noch unbekannte Formen von Existenzweise, Veränderung und Evolution der Materie* erwarten (weitere Symmetriebrüche?). Die Gesetze dieser Evolution sind, unter den dann vorliegenden neuen Bedingungen, andere als die heute vorliegenden. Falls die dann vorliegenden Prozesse in einigen Raumbereichen ähnliche Bedingungen wie die jetzt im Universum vorherrschenden realisieren, werden auch die dafür geltenden Gesetze (z.B. der Kernfusion) wieder wirken. Solange die Prozesse im Universum einen *Transport von Entropie* bewirken, gibt es Bereiche, in denen die Entropie sinkt- sich also neue Strukturen bilden können. Entropieexport und die Umsetzung höherwertiger Energie in Bereichen der Realität bewirkt in diesen Bereichen eine Evolution von Strukturen. Diese Bedingungen sind in einem Kosmos voller unerschöpfter, schöpferischer Materie immer gegeben.
- b) Die Expansion des Weltalls bedingt eine Zeitabhängigkeit. Das System unterliegt keinen stationären (zeitunabhängigen) Bedingungen. Das Verhältnis der Photonenzahl zur Zahl schwerer Teilchen pro Volumeneinheit drückt die Entropie des Weltraums aus (Wolkenstein 1990, S.130). Da das Universum aber expandiert, liegt keine geschlossene Volumeneinheit vor.
- c) In einem idealen Gas haben die Teilchen keine Wechselwirkungen untereinander. Im Universum jedoch wirkt zwischen allen Massen die Gravitation als Wechselwirkung, auch wenn ihre Wirkung bei weit entfernten (und sich durch die Expansion weiter entfernenden) Masseansammlungen immer kleiner wird.

## 2.4 Von der einfachen Veränderung zur Höherentwicklung

Bei aller Lückenhaftigkeit der Erkenntnis kosmogonischer Prozesse bis hin zur Existenz von Sternen und Planetensystemen lassen sich einige Prinzipien der Entwicklung in diesem Bereich festhalten.

Folgende Eigenschaften zeigen sich durchgängig.

**1. Einheiten bilden in sich unterschiedene Komponenten aus.** Deren Wechselverhältnis realisiert die Einheit. Dabei ist jede Komponente selbst wieder eine Einheit mit innerer Struktur - und die Einheit stellt selbst eine Komponente übergreifender (bezüglich ihrer Zusammenhänge, was oft mit räumlichen Beziehungen korreliert) Einheiten dar. Innerhalb dieser umfassenderen Einheit agiert die Komponente relativ autonom, mit eigenen, spezifischen Zusammenhängen, was sie als erst als eigenständige Einheit ausweist.

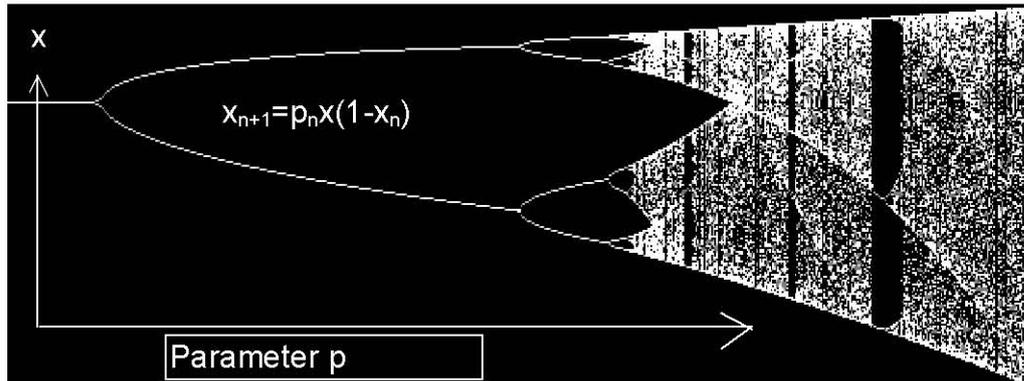
**2. Alle Einheiten werden durch unterschiedliche, mitunter gegensätzlich wirkende Momente (Kräfte, Teilchen) realisiert.** Diese Realisierung besteht in einer ständigen Bewegung der Momente, wobei diese dabei die Bedingungen ihrer Bewegung selbst verändern. Stabilität beruht auf inneren Wandlungsprozessen der jeweils elementarerer Einheiten - und ist notwendig verbunden mit zuerst sukzessiven Veränderungen von stofflichen Zusammensetzungen und energetischen Niveaus durch diese Prozesse.

**3. Die zuerst sukzessiven Veränderungen stoßen an Grenzen.** Diese Grenzen beruhen darauf, daß die qualitativ bestimmten Prozesse innerhalb der Einheit ihre Bestimmtheit durch konkrete Bedingungen erlangen, die durch die Prozesse selbst "aufgebraucht" werden (Abkühlung des Universums durch Expansion; Wasserstoff in den Sternen wird "verbrannt").

Die Grenze wird schließlich für diese Qualität erreicht - und die neugeschaffenen Bedingungen (kühlere Temperaturen im Universum → neue Teilchen koppeln aus oder Atombindung gelingt; bei Sternen ist der Heliumanteil gegenüber dem Wasserstoffanteil erhöht) führen zu einer neuen Qualität der wesentlichen Beziehungen in der davon betroffenen Einheit (neuartige Kräfte und Teilchen werden bei geringeren Temperaturen wirksam; bei den Sternen überwiegt jetzt z.B. die Heliumumwandlung zu Kohlenstoff und anderen schwereren Elementen.)

**4. Selbstorganisationprozesse** führen zu einem Export von Entropie, was in der Kosmologie durch die Photonen-, Neutrino- und eventuell Gravitonenstrahlung geschieht. Dieser Strahlungs"abfall" dient eventuell wieder als zumindest katalysierendes Element bei der weiteren Strukturbildung (es wird vermutet, daß Neutrinos oder Gravitonen bei der Galaxienbildung wirksam werden).

Diese **qualitativen "Sprünge"** sind in der kosmischen Evolution noch ausgeprägt wahrnehmbar. In der Biologie gibt es hier größere Diskussionen und Zweifel. Betrachten wir jedoch die *Abbildung 2.2* zur kosmischen Evolution (auf S.39), so fällt eine frappante Ähnlichkeit zu den in den letzten Jahren modern gewordenen Bifurkationsabbildungen aus den Selbstorganisationskonzepten auf:



*Abbildung 2.6: Lösungsvielfalt einer nichtlinearen (rückgekoppelten) Gleichung in Abhängigkeit vom Parameter  $p$ . Aus den Verzweigungen werden Vervielfachungen. Schließlich wird ein „turbulentes Chaos“ mit „Fenstern“ der Ordnung erreicht. Das „Chaos“ selbst ist in sich strukturiert.*

Die Abbildung stellt die Anzahl der möglichen Lösungen einer Gleichung dar, bei der das Ergebnis wieder in die Berechnung des nächsten Ergebnisses eingeht, in Abhängigkeit von dem Parameter  $P$ . Das widerspiegelt in der Realität den Fall, daß eine Größe eine andere beeinflusst, die wiederum auf die erste Größe zurückwirkt usw. Es gibt einen kritischen Wert des Parameters  $P$  am Bifurkationspunkt (Bifurkation = Gabelung), bei dessen Überschreiten nach dem "Hochschaukeln" dieser Rückkopplungen etwas Neues passiert, für das es mehrere Möglichkeiten gibt. Eine Populationsentwicklung von Lebewesen hängt z.B. davon ab, wie groß die Population jeweils vorher war. Die kritische Größe ist dann die Geburtenrate (sehr gut dargestellt z.B. in Briggs/Peat 1990, S. 80ff.). Mathematisch ist dies eine Nichtlinearität, ansonsten spricht man von Rückkopplung.

Nicht vergessen werden darf, daß diese Selbst-Organisierung von Materie nur unter bestimmten Bedingungen stattfindet. Die Systeme müssen offen sein, d.h. ein Stoff- und Energieaustausch "von außen" ist notwendig. Zusätzlich muß dieses offene "Tor" auch genutzt werden, indem Energie zugeführt wird und "Abfall" abgeführt wird. In den meist zuerst betrachteten Beispielen wird dieser Zustand durch Zuführung von Strahlungsenergie (beim Laser) oder Wärmeenergie (bei den Benardschen Zellen) herbeigeführt (jeweils mit Kühlung).

Die Abbildung selbst zeigt die "Menge" der zugeführten Energie in der x-Achse verallgemeinert als Parameter P. Neben dieser konkreten Form als "Energiezuführung" kann man diesen Parameter allgemeiner als *"Entfernung vom Gleichgewicht"* kennzeichnen.

Dieses P ist nicht einfach identisch mit der Zeit, wie man vielleicht erwarten würde. Die Abhängigkeit zur **Zeit** wird erst deutlich, wenn man versteht, daß *Zeit durch Veränderungen auf der sich selbst generierenden Bifurkationskurve erst erzeugt wird* (Cramer 1994, S. 89).

Der in den meisten einfachen Beispielen von außen kommende "Zwang" (Energiezufuhr) scheint das Konzept der "**Selbst**-**Organisation**" sehr stark zu relativieren. Beim "Forum Junger Philosophen" 1990 in Leipzig wurde deshalb dieses Konzept von einem Referenten ausdrücklich ad acta gelegt und das **Autopoiesekonzept** vorgezogen.

Seine Anwendung bezog sich bei ihnen auf die Gesellschaftstheorie - tatsächlich stammt das Autopoiesekonzept aus der biologischen Forschung von Humberto Maturana und Francisco Varela, die sich gegenüber Erich Jantsch erst einmal dagegen verwahrten, ihr Konzept auf außerhalb ihrer Forschungen liegende Gegenstände anzuwenden (Jantsch 1988, S.22). Sie betonen die Eigenständigkeit der Biologie, da die biotischen Systeme nicht nur offene Systeme im Sinne der Physik sind. Zusätzlich regeln sie ihr Verhalten autonom. Sie setzen Signale, Reize, Wechselwirkungen von außen nicht direkt um, sondern diese dienen höchstens als Auslöser für Veränderungen, deren Wesen jedoch vom Inneren bestimmt wird.

Diese Systeme nennen sie "struktur determiniert". Tatsächlich sind physikalisch-chemische Systeme noch nicht in dieser Weise struktur determiniert/ innenbestimmt wie die biotischen. Hier liegt ein grundlegender qualitativer Unterschied vor.

*Trotzdem bestimmen auch in physikalisch-chemischen Systemen die inneren Eigenschaften ihr Wesen und nicht nur äußere Einflüsse.*

Jantsch selbst entwickelt eine Anwendung, bei der die **Autopoiese** verallgemeinert wird als *"Eigenschaft lebender Systeme, sich ständig selbst zu erneuern und diesen Prozeß so zu regeln, daß die Integrität der Struktur gewahrt bleibt"* (Jantsch 1988, S. 33) als eine Grundlage für Entwicklung und Selbstorganisation, aber eben *unter der einschränkenden Bestimmung der Erhaltung der Struktur und nicht ihrer grundlegenden Veränderung betrachtet* wird.

Die Autopoiese ist deshalb kein Ersatz für das Selbstorganisationskonzept, wenn Veränderung und **Entwicklung** erklärt und verstanden werden soll.

In allen Einzelwissenschaften wurden seit mindestens über Hundert Jahren immer mehr Argumente dafür zusammengetragen, daß die vorliegenden Dinge, Objekte eine Geschichte haben, daß sie selbst in ihrer Existenz nur Übergehende und Werdende sind und daß innerhalb dieser Veränderungen auch Neues entsteht und sich etabliert.

Das **Neue** kann gegenüber den vorherigen Formen komplexer in Struktur und Funktion sein und bei Vergleichen bezüglich jeweils konkret bestimmter Kriterien auch als weiterentwickelt gekennzeichnet werden. Dann liegt eine **Höherentwicklung** vor. Daneben und damit verbunden existiert auch immer Stagnation in anderen Bereichen, oder gar das Verfallen von vorher Neuem, die Regression. *Die Höherentwicklung findet sozusagen auf Kosten von "Abfall" in der Umgebung statt.*

Im Universum entstehen die jeweils neuen Strukturen "auf Kosten" der Expansionsenergie (deren Energie ist dann die der Selbstorganisation "zugeführte Energie"), die Raumausdehnung ist deshalb eine Form dieses "Abfalls". Eine andere ist die Strahlung aus Photonen, denn diese sind einerseits der "Rest" des Strahlungskosmos aus der Zeit kurz nach dem "Urknall" und auch *die Energieabstrahlung der Sterne ist für deren Existenz eher eine "Müllentsorgung"*. *Daß gerade diese für das Leben auf der Erde das entscheidende Lebenselixier ist, ist einer der wunderbaren - aber nicht unerklärlichen - Zusammenhänge der schöpferischen Natur.* Dieses Schöpfertum der Natur wurde, besonders in Bezug auf die Entstehung und Entwicklung des Lebens, oft im Gegensatz zu einer wichtigen physikalischen Gesetzmäßigkeit gesehen: In geschlossenen Systemen kann die Größe Entropie nicht abnehmen.

**Entropie** kennzeichnet das Maß an Unordnung in diesem geschlossenen System. Im Gleichgewicht ist die Entropie maximal. In einem solchen System, in das Materie weder in Form von Stoff, Energie oder Information gelangen kann, werden die eventuell vorhandenen Strukturen immer "verwaschener", Ungleichheiten gleichen sich aus. Im Universum sollten sich nach dieser Vorstellung in einer fernen Zukunft auch alle Ungleichheiten ausgleichen, indem alle Sterne ihre Energie in Form von Wärme abgeben, ihre Reste verglüht und kalt (mit der gleichen Temperatur wie die Umgebung überall) und bewegungslos in einem toten All verharren. Ein Ausweg aus solchen Szenarien ist nur möglich, wenn die Voraussetzung der Geschlossenheit aufgehoben werden kann. Da der "Kosmos" aber in seiner Definition enthält, daß es keine äußere Umgebung gibt (sonst könnte man dieses Äußere wieder in einen erweiterten Kosmosbegriff einbeziehen, was dann wieder ein Äußeres bräuchte...), aus der er Energie oder Stoffe zugeführt erhalten kann, sieht die Prognose erst einmal nicht gut aus.

Es ist aber noch eine andere Sicht möglich:

Die für das Umgehen dieses Endzeitszenarios nötige Offenheit des Systems wird möglich, wenn der Kosmos nicht offen "nach außen" ist (was es per definitionem nicht sein kann), sondern *seine Offenheit aus der inneren Struktur seiner Komponenten* gewinnt.

Die ihn strukturierende Materie entsteht ja, wie wir oben sahen, nicht mit dem "Urknall" (im Englischen heißt dieser auch nur "Big Bang" und impliziert damit nicht so direkt einen scheinbaren Anfang). Nur eine bestimmte Form, die die uns bekannte Raum-Zeit selbst "aufspannt", entstand. Die Energie selbst ist der Materie immer inhärent, ihre Formen jedoch unterliegen einem Wandel, bei dem immer wieder Neues (wie die expandierende Raum-Zeit am Bifurkationspunkt beim "Big Bang") entsteht und sich etabliert. Bei Sternen z.B. ist es ja auch nicht eine von außen zugeführte Energie, die ihre Entwicklung ermöglicht, sondern die innere nuklear-chemische Umwandlung, die dadurch neue Elemente erzeugt. Darauf macht z.B. Erich Jantsch (Jantsch 1988, S. 138) aufmerksam.

Philosophisch drückt sich diese Tatsache in der Aussage aus, daß die Materie **schöpferisch und unerschöpflich** ist. Hegel sieht den Grund dafür darin, daß "*alles, was irgend ist, ... ein Konkretes (ist), somit in sich selbst Unterschiedenes und Entgegengesetztes*. Die Endlichkeit der Dinge besteht dann darin, daß ihr unmittelbares Dasein dem nicht entspricht, was sie an sich (ihren Möglichkeiten nach, A.S.) sind. ... ihr Sein ist... dahin strebend, sich als das zu setzen, was sie an sich sind" (Hegel 1986a, S. 247).

Dieses *innere Streben, die innere Energie beruht auf der inneren Widersprüchlichkeit* ("Ungleichgewicht" im Innern, nicht durch Störungen von einem Außen!) aller Dinge und führt zur **Selbstbewegung** der Materiearten und -formen. Daß dies nicht nur Gedankendinge betrifft, wie bei Hegel, wurde in der materialistischen Dialektik seit Marx und Engels weiterentwickelt.

Eine wesentliche Erweiterung dieser Sicht ist jedoch notwendig. Die Dinge existieren nicht isoliert. Ihr "Ansich" entfaltet sich nicht etwa unbeirrbar und unbeeinflußt. *Ihr Ansich enthält nicht nur eine Bewegungsrichtung, sondern ein Möglichkeitsfeld.*

Schon vor dem Hervorbrechen des Neuen variieren im Innern verschiedene Qualitäten innerhalb einer Grundqualität. Andere, voneinander unterschiedene Qualitäten sind innerhalb der Grundqualität, die das Wesen kennzeichnet, vorhanden. Keimhaft können sie mögliches Neues verkörpern. Ihr Vorhandensein ist eine Bedingung für das spätere Neue - der Zustand muß sozusagen "reif" sein.

Zur Reife gehört auch das Ausschöpfen der Bedingungen für die Bewegungsweise der jeweiligen Grundqualität.

Die Unterschiede müssen als Gegensätze und Widersprüche erst auf eine Lösung drängen. Hierin liegt die Notwendigkeit des schließlichen "Umschlagens", die "selbstorganisierte Kritizität", die zum Erreichen und Überschreiten des Schwellparameter führt. Am Bifurkationspunkt sind dann schließlich mehrere Varianten des Neuen vorrätig. Welche sich in welchem Ausmaß realisieren können, hängt vor allem von den zum Teil selbsterzeugten Bedingungen, zum Teil aber auch von äußeren Bedingungen (Fremd-Organisation) ab.

Die Form des *durchaus bedingten, aber nicht vorherberechenbaren Zufalls* ist gegenüber Hegel unbedingt zu betonen.

Der dialektische Materialismus in seiner historischen Form als herrschenwollende Ideologie in den "real-"sozialistischen Ländern ließ dies in den Lehrbüchern und Diskussionen gern unter den Tisch fallen, wenn auch die wissenschaftliche Bearbeitung - besonders unter der Leitung von Herbert Hörz - nicht ganz verhindert werden konnte.

Jedenfalls hörte ich erstmalig auf dem letzten Philosophie-Kongreß der DDR im Jahre 1989 in der Eröffnungsrede offiziell von "Varianten" und "Möglichkeitsfeldern" politisch reden. Da war es für ein eigenständiges Ausprobieren bereits zu spät, die Fremd-Bestimmung durch die Verheißungen der Systemalternative erdrückte die innere Dynamik endgültig.

In der bis jetzt betrachteten kosmischen Evolution sind diese Bedingungen noch nicht so sehr variabel wie in der späteren biotischen oder gar der gesellschaftlichen Entwicklung. Natürlich hängt es von der inneren Zusammensetzung und der Größe der Sterne ab, welchen der verschiedenen Entwicklungswege sie nach dem Aufbrauchen ihres atomaren Brennstoffs gehen. Da ist der Weg für den einzelnen Stern noch recht genau vorgezeichnet. Eine Fremd-Beeinflussung (durch Supernovaexplosionen in der Nähe hervorgerufene stoffliche Veränderungen...) ist hier eher auslösend für die Wahl eines konkreten Weges als innere Variationen.

Das entstehende Neue ist nun nicht etwa das im Widerstreit der Kräfte Siegende in Form eines übriggebliebenen Alten. Durch die grundlegende Veränderung der Bedingungen, die Evolution der Evolutionsprinzipien, entstehen neue völlig neue Dinge.

---

Höherentwicklungen im Besonderen (von Stagnation und Regression als Bestandteil von Entwicklung wird hier abgesehen) sind davon gekennzeichnet, daß die *Dinge neue Wechselwirkungen realisieren, die bezüglich bestimmter, konkreter Kriterien umfassendere Funktionen entwickeln oder vorhandene Funktionen besser erfüllen können und die Ausgangsbasis für weitere Innovationen darstellen können (d.h. keine Sackgasse sind!)*.

Um neue Funktionen entwickeln und Funktionen besser realisieren zu können, müssen die neuen Dinge jeweils komplexer strukturierte Systeme mit autonomer agierenden Komponenten darstellen.

Dies wird erreicht durch **Synthese und Differenzierung**. Synthese meint hier die Zusammenführung und gleichzeitige Veränderung von alten Komponenten und Systemen - Differenzierung meint die gerade dadurch gebildete innere Strukturierung des entstehenden neuen Systems.

Diese Neustrukturierung wird in der evolutionstheoretischen Literatur auch als *Symmetriebruch* bezeichnet. Ich verwendete diesen Begriff schon bei der Kosmologie der vier Wechselwirkungen. Auch bei der Entstehung verschiedener Elementarteilchenformen tauchten schon Schwelltemperaturen auf.

In verschiedenen konkreten Symmetriebrüchen begegneten wir auch bereits Syntheseprozessen (Kernfusion, Atombildung) und Differenzierungen (Aufspaltung der Wechselwirkungen, Vielfalt der Teilchen). Es zeigt sich in der Entwicklung des Universums, daß es unterschiedliche Dinge gibt, die miteinander wechselwirken. Die Wechselwirkungen sind vielseitig verflochten. Jedoch nicht beliebig, denn Reichweiten und Stärken begrenzen das jeweilige Wirkungsumfeld. Außerdem reagieren ihre Adressaten, die Teilchen, durch ihre konkrete Bestimmtheit (innere Qualität) auf jeweils spezifische, und eben nicht beliebige Weise (Systemhaftigkeit, wenn man sie qualitativ versteht, s. S.47 und S.56).

In der Evolution *vergrößert sich jedoch durch die ständige Differenzierung der Komponenten und der Komplexität der Komponenten selbst sowie der jeweils übergeordneten Systeme die Wechselwirkungsvielfalt*. Da Wechselwirkungen jedoch zu Bewegungen und Veränderungen führen, ist dies ein sich selbst verstärkender Prozeß, der immer komplexer werdene Bereiche des Seins miteinander verbindet und auf diese Weise neue Formen des Seins entwickelt. Diese **Beschleunigung** ist ein allgemeines Merkmal der Evolution bis hin zu einer jeweils neuen Stufe.

Außerdem sind es genau diese Wechselwirkungen, die dazu führen, daß trotz möglicher Stagnation und Regression in Bereichen des Seins, doch an einigen Punkten neue Formen der Materie immer wieder eine Chance erhalten. Kosmische "Zufälle" liegen auf unserem Entwicklungspfad. Bei anderen ebenso zufälligen Konstellationen würden andere Entwicklungspfade beschritten werden können, andere Rückkopplungen wirken. Die uns bekannte Form von Leben als biotischer Voraussetzung für Selbstwiderspiegelungsprozesse der Materie in Form des Menschen würde es dann sicher nicht geben. Komplexitätserhöhung in Selbstorganisationsprozessen jedoch würde stattfinden, sobald die Bedingungen dafür vorhanden sind.

Die historisch entstehenden Materieformen unterscheiden sich durch ihre Komplexität qualitativ, sie bilden **hierarchische Strukturen**. Dabei ist Hierarchie nicht als "Versklavung" zu verstehen (wie es die Laser-Synergie von H. Haken suggeriert), sondern als *Rückkopplung verschiedener Ebenen*, bei denen jeweils die Komponenten spezifisch aufeinander einwirken und sich dabei im günstigsten Falle auf allen Seiten selbst verändern (hierarchische Herrschaft im negativen Sinne wäre ein Zustand, indem eine feste Größe den anderen ihre Form des Seins aufzwingt). Es ist jedoch auch möglich, daß die Formen eines niederen Niveaus tatsächlich relativ unverändert nur die Bauteile für die höheren Niveaus darstellen. Innerhalb ihres Niveaus würden sie dann eher stagnieren oder gar in niedere Formen zurückfallen. Außerdem übernimmt dieses Niveau auch prinzipiell (nicht nur bei den Arbeitsprozessen der Menschen!) die Rolle der "Müllhalde" für die exportierte Entropie, ohne die Selbstorganisation auf der höheren Ebene nicht möglich ist (Ebeling/Feistel 1986, S. 29).

Dies ist ein Grundprinzip der Evolution des Universums und führt zur Herauskristallisation grundlegend unterschiedener **Strukturturniveaus**. Die kosmische Evolution gibt dabei (vorerst ?) nur den Hintergrund für die biotische Evolution ab - die biotische den Hintergrund für die menschliche.

Zu unterscheiden sind die Ebenen, weil sie Strukturturniveaus bilden, auf denen jeweils *andere, voneinander unterschiedene Zusammenhänge die wesentlichen inneren Zusammenhänge bilden*. Das Wesen der Dinge auf einem Strukturturniveau kann nicht auf das Wesen der Dinge auf einem anderen Strukturturniveau reduziert werden.

Anders gesprochen: die *wesentlichen und allgemein-notwendigen Zusammenhänge innerhalb eines Bereichs der Realität*, für die sie typisch und spezifisch sind, die **Gesetze**, sind *spezifisch für die Strukturturniveaus* und nicht einfach übertragbar.

---

Vollziehen sich Prozesse der Höherentwicklung, so bleiben die Gesetze der niederen Formen der Materie erhalten - es entstehen zusätzlich neue für die neuen Formen. Innerhalb des Bereiches der neuen Formen dominieren dann aber auch die neuen, wesentlichen Zusammenhänge - ohne daß die auf den niederen Ebenen wirkenden Gesetze ausgeschaltet würden. Die Naturgesetze können durch die Menschen im Rahmen ihrer Wechselwirkung mit der Natur nur bewußt in Wirkung gebracht und dabei genutzt werden - ein Außerkraftsetzen ist nicht möglich. Genau dieses Befolgen der Gesetze der Natur lag im Bestreben Roger Bacons, dessen Bemühen um wissenschaftliches Verstehen heute oft schuldig gesprochen wird für die falschen, ökologisch verheerenden Handlungen der Menschen.

Dabei sind Gesetze immer mit Bedingungen verbunden - und es kann geschehen, daß die Höherentwicklung alle früheren Bedingungen beseitigt. In dem Fall gibt es dann die Materieformen nicht mehr, die die alten Gesetze als wesentliche Zusammenhänge trugen.

Die kosmische Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen. Die Kernbrennstoffvorräte der jetzt existierenden und noch entstehenden Sterne werden aber in ferner Zukunft aufgebraucht sein. Ob weitere kosmische Energiequellen erschlossen werden können, ist ungewiß. Es kann sein, daß die kosmische Entwicklung den Pfad in die Sackgasse bereits erreicht hat.

Interessant wird es nun dort, wo sie Bedingungen bereitgestellt hat, die einen großen Sprung in eine völlig neue Qualität ermöglicht - das Leben. An diesen Punkten nimmt eine neue Materieform ihren Anfang, deren Evolutionsprinzipien sehr viel vielfältiger und schöpferischer sind, als die der kosmischen (physisch-chemischen) Evolution.

**Literatur**

- Ambarzumjan, V.A., Iwanowa, N.L.: Das astrophysikalische Observatorium Bjurakan, wissenschaft und fortschritt 4/1967, S. 179-181 und: wissenschaft und fortschritt 5/1967, S. 230-232
- Ambarzumjan, V.A.: Probleme der modernen Kosmogonie, Berlin 1976
- Audretsch, J., Schäfer, D.: Thermal particle production in a radiation dominated Robertson-Walker-universe, J.phys..A: Math.Gen. 11(1978) S.1583
- Barrow, J.D., Tipler, F.J., The anthropic cosmological principle, Oxford/New York 1986
- Bok, B.J.: Einige neue Trends in der Erforschung des Milchstraßensystems, Die Sterne 60(1984)6, S.331-346
- Bräuer, H.-J.: Aufbau und Entwicklung des Weltalls, III. Die geometrischen Eigenschaften von Raum und Zeit, Die Sterne 59(1983)1, S. 20-28
- Briggs, J., Peat, F.D.: Die Entdeckung des Chaos, München/Wien 1990
- Capra F.: Wendezeit, München, 1988
- Cramer, F.: Der Zeitenbaum, Frankfurt/M./Leipzig 1993
- Davies, P.: Die Urkraft, Hamburg, Zürich 1987
- Ebeling, W., Feistel, R.: Physik der Selbstorganisation und Evolution, Berlin 1986
- Ebeling, W.: Chaos, Ordnung und Information, Berlin 1989
- Ebeling, W.; Feistel, R.: Chaos und Kosmos, Heidelberg, Berlin, Oxford 1994
- Eckert, R., Seiderer A.: Einige Fragen der modernen Astronomie, VWS, Frankfurt/ Main 1991
- Engels, F.: Marx-Engels-Werke Band 21, Berlin 1962
- Fahr, H.J.: Kosmischer Schaum, bild der wissenschaft 7/1990, S.14-19
- Freedman, D.Z.; Nieuwenhuizen, P.V.: Die verborgenen Dimensionen der Raumzeit, Spektrum der Wissenschaft, Mai 1985, S. 78
- Fröhlich, H.-E.: Aufbau und Entwicklung des Weltalls, VIII. Strukturbildung im Kosmos, Die Sterne 61(1986)2, S.97-104
- Frühjahrstagung der Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Physik und der Astronomischen Gesellschaft Konstanz, Umschau 83, Heft1, S. 361
- Gribbin, J; Rees., M.: Ein Universum nach Maß, Frankfurt/Main 1994
- Halliwell, J.J.: Quantenkosmologie und die Entstehung des Universums, Spektrum der Wissenschaft, Februar 1992, S. 52
- Hawking, S.W.: Eine kurze Geschichte der Zeit, Reinbek b.Hamburg 1988

- 
- Hegel, G.W.F.: Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften Bd.I, Frankfurt/M., 1986a
- Hegel, G.W.F.: Wissenschaft der Logik Bd.II, Frankfurt/M., 1986b
- Henning, Th.; Gürtler, J.; Moleküle im interstellaren Raum, *Die Sterne*, 61(1984)4, S.195-208
- Hillebrand, W., Ober, W.: Die Entstehung der chemischen Elemente, *Naturwissenschaften* 69(1982) S.205-211
- Hippelein H., Meisenheimer K.: Abbildung einer Wasserstoffwolke aus der Frühzeit des Universums, *Spektrum der Wissenschaft*, Juni 1993, S. 18
- Horgan, J.: Teilchen-Metaphysik, *Spektrum der Wissenschaft*, April, 1994
- Hörz, H.: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1976
- Hörz, H., Pöltz, H.-D.: Philosophische Probleme der Physik, Berlin 1980
- Hörz, H., Wessel, K.-F.: Philosophie und Naturwissenschaft, Berlin 1988
- Hörz, H.: Philosophie der Zeit, Berlin 1989
- Jantsch, E.: Die Selbstorganisation des Universums, München 1988
- Kafka, P.: Quasars, *Naturwissenschaften* 55(1968)6, S. 248-254
- Knapp, W.: Hinter dem Horizont, *bild der wissenschaft* 3/1991, S. 47-51
- Kröber, G.: Strukturgesetze und Gesetzesstruktur, *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* Heft 2/1967, S.202-215
- Lenin, W.I.: Materialismus und Empiriekritizismus, Berlin 1975
- Lequeux, J.: Die Rätsel unserer Galaxis, *Umschau* 83, Heft 6, S.172-177
- Löther, R.: Zur Einheit von Naturtheorie und Kulturtheorie, *Zeitschrift für Wissenschaftsforschung*, Sondernummer 3, Band 3/ Heft 3, August 1986
- Lotze, K.-H.: Aufbau und Entwicklung des Weltalls, IV. Die theoretischen Grundlagen der Kosmologie, *Die Sterne* 59(1983)3, S. 140-145
- Lotze, K.-H.: Aufbau und Entwicklung des Weltalls, V. Das Standard-Modell des frühen Universums, *Die Sterne* 60(1984)1, S.15-23
- Lotze, K.-H.: Effects of the electromagnetic interaction upon particle creation in Robertson-Walker universes,  
I: A general framework for the calculation of particle creation  
II: A soluble example , *Class.Quantum Grav.* 2(1985) 351-372
- Miley G.K., Chambers K.C.: Die fernsten Radiogalaxien, *Spektrum der Wissenschaft*, August 1993, S.38-47
- Overbye, D.: Das Echo des Urknalls, München 1991
- Petroll, M.: Das Auge der Galaxis, *Umschau* 83, Heft 1, S.8

- Powell, C.S.: Kosmos in Aufruhr, Spektrum der Wissenschaft, Juli 1993, S. 66
- Priester: Der Urknall - Wo blieb die Antimaterie?, Naturwissenschaftliche Rundschau 36(1983)1, S.15
- Röseberg, U.: Quantenmechanik und Philosophie, Berlin 1978
- Röseberg, U.: Philosophischer Atomismus und moderne Hochenergiephysik, Dresdener Seminar für theoretische Physik, Sitzungsberichte, Dresden 1980
- Schlemm (geb.Gaebler), A.: Erzeugung von Spin-1/2-Teilchen im Gravitationsfeld bei Vorhandensein eines äußeren elektromagnetischen Feldes (Diplomarbeit), Jena 1985
- Unsöld, A.: Kosmische Evolution, Naturwissenschaftliche Rundschau 28(1975)1, S. 3-14
- Unsöld, A.: Kosmische Häufigkeitsverteilung und Entstehung der chemischen Elemente, Naturwissenschaftliche Rundschau 31(1978)3, S.98
- Weinberg, A.: Die ersten drei Minuten, München 1980
- Wiener, N.: Mathematik mein Leben, Düsseldorf, Wien 1962
- Wolfenstein, M.W.: Entropie und Information, Frankfurt/ M. 1990

### 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 "Bioloischen" 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<sup>2</sup>. Als niederwertige Energie exportiert sie etwa 1 W/m<sup>2</sup>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):

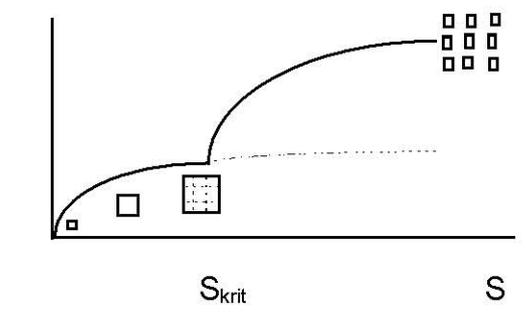


Abbildung 3.1: Verhalten eines Gewebes an einer kritischen Stelle der Volumenzunahme (zu geringe Sauerstoffversorgung). Das Gewebe kann sich teilen (nach Umstätter 1981).

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 hinreichend 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.

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 (Strukturdeterminiertheit 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 Konstruktionserfordernisse 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.

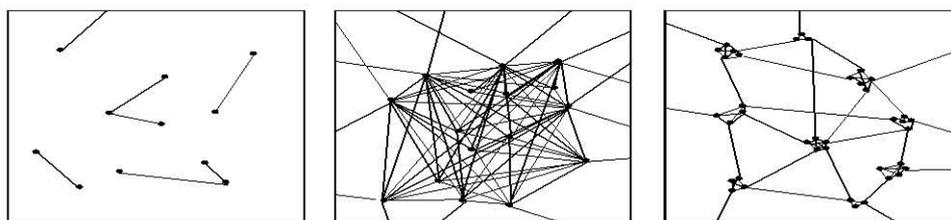


Abbildung 3.2

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 Untersystemen 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 ("tieferer"), 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

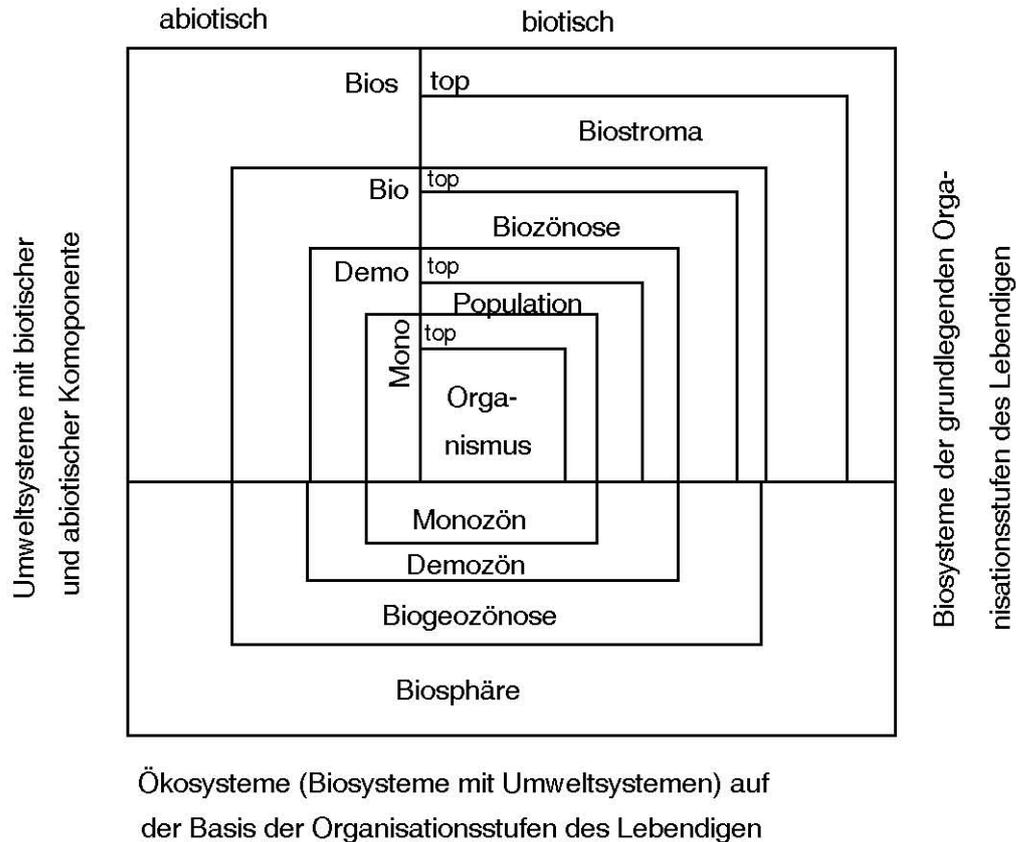


Abbildung 3.3: Die Systemhierarchie des Lebendigen (nach Bretschneider 1994)

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 gegenseitig 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 "Anderseins" 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 vereint "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, festgezurrtten 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.Warnke (Warnke 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

*Deine Zellen sind permanenter Austausch  
Dein Blut ist permanenter Fluss  
Dein Hirn ist permanente Reaktion  
Deine Idee ist der Versuch, alles anzuhalten.*

*Lyrik eines Landstreichers  
(auf der Straße gefunden in Bremen)*

#### 3.2.1 Der erste Schritt: Organische Moleküle

Ich kann als Buchschreiberin die sich bewegende Wirklichkeit nur mit Worten "festnageln". Hegel versuchte die permanente Veränderung der Wirklichkeit widerzuspiegeln, indem er die Begriffe selbst permanent veränderte. Das passiert auch hier z.B. mit der Bedeutung der Worte "Offenheit" und "Geschlossenheit". Sie bedeuten hier nicht genau dasselbe wie in der Physik.

Physikalische Eigenschaften des Universums führten zur Bildung von Planeten, die um Sterne kreisen. Die Sterne im Zentrum strahlen Energie ab, von der ein kleiner Teil auch auf den Planetenoberflächen auftrifft. Der Planet selbst strahlt wieder Energie ab. Er ist aber kein idealer Spiegel, sondern auf seiner Oberfläche wird ein Teil der Energie genutzt für geologische und atmosphärische, später dann auch für biotische Wandlungsprozesse.

Die zurückgestrahlte Energie ist weniger "wert" als die von dem Zentralstern empfangene. W. Ebeling spricht von einer "Photonenpumpe", die wertvolle Energie von der Sonne zur Erde bringt und dazu führt, daß entwertete Energie -

die Entropie - abgeführt werden kann (*Entropieexport* nach Ebeling/Feistel 1986, S.67). Dies ist nur möglich, weil die Erde als Planet energetisch ein *offenes* System ist. Diese physikalische Voraussetzung erklärt aber allein noch nicht die Lebensentstehung.

Zur Entstehung von komplexen Materiestrukturen aus einfachen müssen weiterhin Komponenten vorhanden sein, die zu Bindungen fähig sind. Hierfür liefern chemische Prozesse die Grundlagen. Aus Atomen können Moleküle entstehen. Sie können nicht nur physikalisch wechselwirken, sondern zusätzliche Bindungsformen entwickeln. Z. B. spielt die Gestalt der Moleküle eine große Rolle, die in der Physik nicht wichtig ist.

*Die Vielfalt der Wechselwirkungen nimmt auf einer neuen Ebene - der der chemischen Reaktionen - zu. Die Evolution auf chemischem Gebiet beinhaltet die "gesetzmäßige, quantitative und qualitative Bildung, Umwandlung und Vernichtung chemischer Verbindungen auf der Grundlage von Strukturveränderungen" (J.Bretschneider 1988, S. 407).*

Organische Moleküle wurden bereits im Weltall in kosmischem Staub gefunden. Hier finden sie jedoch - soweit wir wissen - keine Möglichkeiten zur weiteren Entwicklung. Diese sind auf Oberflächen von Planeten unter Umständen gegeben. Von der Erde wissen wir, daß

"Leben entstand, sobald der chemische und thermodynamische Zustand unseres Planeten dies zuließ" (Eigen 1982, S.3).

Anders ausgedrückt "können wir annehmen, daß es unvermeidlich zur Bildung von autopoietischen (lebendigen, A.S.) Systemen gekommen ist, als in der Geschichte der Erde die hinreichenden Bedingungen gegeben waren" (Maturana/Varela 1990, S.58/59).

Als offenes System mit Energiezufuhr und Entropieexport war für die Erde die thermodynamische Voraussetzung für die stoffliche Strukturierung (Selbst-Organisation) gegeben. Die nötigen Stoffe selbst waren auf der Urerde als entsprechende Atome und später Moleküle vorhanden. Wie die Erdatmosphäre zu diesem Zeitpunkt konkret chemisch zusammengesetzt war, ist nicht bekannt. Es gibt bestimmte nachvollziehbare chemische Reaktionen, die die Bildung organischer Moleküle ermöglichen.

Zuerst nahm man an, daß die Ausgangskonzentrationen der dabei beteiligten Stoffe auch der Ausgangssituation auf der Erde entsprochen haben. Das Ergebnis - die jetzigen Lebensformen und weit in die Vergangenheit reichende Fossilien-

funde - dienen als Kriterium für die Richtigkeit solcher möglichen Entstehungs- und Entwicklungsszenarien. Es kann aber auch sein, daß andere Konstellationen des Beginns zu den gleichen Ergebnissen führten.

Manche für die Uratmosphäre vorausgesetzten Stoffe (wie größere Mengen Methan) können auch erst durch das Leben selbst entstanden sein. Wahrscheinlich hatte die Uratmosphäre einen hohen Kohlendioxidgehalt mit Stickstoffanteilen, den Spurengasen Schwefelwasserstoff und Wasserstoff - jedoch keinen Sauerstoff (Lovelock 1993, S.108, vgl. auch Junge 1980).

Viele Kombinationen chemischer Strukturen und Prozesse sind denkbar und möglich. Die konkreten Bedingungen auf dem Planeten sortieren bereits hier aus, was existenzfähig ist, und was nicht. *Das schränkt zwar einerseits die theoretisch vorhandene Vielfalt ein - führt aber andererseits dazu, daß die tatsächlich realisierten Möglichkeiten sich weiter entfalten können.*

Die realisierten Strukturen *wechselwirken* miteinander und mit der Umgebung, *verändern dabei sich und die Umgebung*. Auf diese Weise stabilisieren sie ihre Existenz durch eine ständige Veränderung. Prinzipiell gilt, daß sich **"Leben nicht nur der Erde anpaßt, sondern auch die Erde so formt, daß sie für das Leben eine Heimat sein kann"** (Lovelock 1993, S.99).

Auf der Erde mit ausreichenden Ausgangsstoffen und einer genügend großen Energiedichte entstanden bald organische Stoffe auf Kohlenstoffbasis.

Kohlenstoffverbindungen bilden Mehrfachketten, sie reagieren besonders mit dem Wasser. Wasser ist aufgrund seines konkreten Aufbaus (Dipolcharakter) ideal für die in organischen Verbindungen auftretenden vielfältigen Bindungen und Ketten.

Leben auf Siliziumbasis müßte erstens auf die solche wirkungsreichen Mehrfachketten verzichten, würde mit Wasser nicht reagieren und die "Ersatz"-Lösungsmittel wie Kohlenwasserstoffe, Benzol oder Paraffin hätten nicht diese Eigenschaften wie das Wasser.

In den Silikon-Molekülen sind weiterhin die elektrischen Felder nach innen gerichtet und wirken nicht nach außen. Auch deshalb gibt es kaum Wechselwirkungen zwischen den Molekülen. Aus diesen Gründen ist Silizium denkbar schlecht geeignet für wechselwirkungsreiches Leben (siehe Segal 1972, S.245).

Bylinsky (Bylinsky 1982, S. 92) betont, daß das Leben auf der Erde gerade auf den im Weltall häufigsten Elementen Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff basiert - obwohl gerade auf der Erde diese Häufigkeit so nicht gegeben ist. Auf der Erde besteht ein Verhältnis zwischen Silizium und Kohlenstoff von 135:1 - und trotzdem nutzte das Leben den "seltenen" Kohlenstoff. Bylinski zitiert Dr. Ponnampertuma: "Hätte die Evolution für Silizium Verwendung gehabt, so hätte sie auch irgendetwas daraus gemacht - schließlich gibt es ja genug davon" (ebenda S. 96).

An einzelnen Stellen der Evolution hätte der Weg jedoch eine völlig andere Richtung nehmen können, als er auf der Erde gegangen ist. Die "Linkshändigkeit" der Aminosäuren, die enzymatische Funktionsweise und auch der genetische Code sind "eingefrorene" Varianten, bei denen sich auch andere Möglichkeiten hätten durchsetzen können.

### 3.2.2 *Auf dem Weg ins Leben: Die Urzelle*

#### 3.2.2.1 *Die Urzelle*

Sind Kohlenstoffverbindungen einmal entstanden, können sie unter geeigneten Umständen gar nicht anders, als miteinander in Wechselwirkung und Verbindung zu treten. *Es ist ihre Bestimmtheit, ihre Qualität, spezifische Wechselbeziehungen zu entwickeln.* Diese sind völlig neue Mechanismen der Evolution.

Zuerst liegen die Kohlenstoffverbindungen im Wasser gelöst vor. Auf Grund spezieller elektrischer Ladungsverhältnisse sind die Wechselwirkungen zwischen den Kohlenstoffverbindungen stärker als die zu den Wassermolekülen. Eine Entmischung findet statt.

Die sich gegenseitig anziehenden Kohlenstoffverbindungen sammeln sich in sog. **Koazervaten** (grch. azervos: Haufen; sie wurden für die Physikochemie von G.de Jong erstmalig beschrieben und von Oparin und Nassenow für die Theorie des Zellplasmas übernommen). Bei der Koazervattheorie wird von der Anhäufung organischer Moleküle ausgegangen. Aber auch einfachere Protozoide (eiweißähnliche Großmoleküle, die bei großer Wärme aus den Aminosäuren entstehen), die abiogener Herkunft sein können, können sich auf diese Weise anhäufen. Ihr Entdecker Fox nannte sie **Mikrosphären**.

Ein anderes Konzept (nach Lehninger) betont die Entstehung innerer Strukturen durch fibrilläre Einbauten mit hydraulischen Funktionen (Gutmann 1993, S. 29)

Koazervate und Mikrosphären werden aus den heute vorhandenen Grundstoffen erzeugt. Die tatsächlichen Ur-Moleküle stehen nicht mehr zur Verfügung. Man nimmt aber an, daß die einfachen künstlich erzeugten Zellstrukturen den historisch ersten Ur-Zellstrukturen in den wesentlichen Aspekten in ausreichendem Maße entsprechen.

Die einzelnen Mikrosphären unterschieden sich voneinander, sie bekamen **Individualität**. Jede Mikrosphäre konnte ein klein wenig anders strukturiert sein als jede andere. Ihre Wechselwirkung mit der Umgebung war ein klein wenig anders. Sie nahm mehr oder andere Stoffe auf; sie bewegte sich durch eine unterschiedliche Form ein klein wenig anders als andere Mikrosphären. Es ist zu vermuten, daß eine solche Form der Strukturierung von Makromolekülen bald alle erreichbaren Moleküle dieser Art erfaßte. Während einzelne Mikrosphären bald wieder zerfielen, werden andere länger Zeit existiert haben.

Einige hatten dadurch mehr Zeit, mehr Moleküle anzulagern. Diejenigen, die zuerst durch Größe an Stabilität und Durchsetzungsfähigkeit gewannen, gewannen dadurch Vorteile gegenüber kleineren, schneller wieder zerfallenden Mikrosphären.

Nicht unbedingt die "Besseren" (wie das auch immer zu definieren ist) gewinnen, oft sind es nur die Schnelleren. Die "Schnelligkeit" bezieht sich dabei auf die Experimentier- und Innovationsfreudigkeit. *Wer schneller eine bessere (z.B. energieeffektivere) Funktionsfähigkeit seiner Körperstrukturen entwickelt, hat den später auftretenden Gebilden gegenüber immer einen Vorteil, auch wenn diese späteren Varianten im direkten Vergleich vielleicht die tatsächlich besseren gewesen wären.*

Bisher ging es nur um quantitativen Größengewinn. Eine Anlagerung von Molekülen an kugelförmige Schalen und Haufen führte zu räumlichen Deformierungen. An dieser Stelle setzten geometrische und stoffliche *Differenzierungen* ein.

Vor diesem Hintergrund stehen sich derzeit (mindestens) *zwei grundlegende Modelle der Entstehung des Ur-Organismus* gegenüber. Erinnern wir uns an die Anforderungen an einen Minimalorganismus, so müssen in ihm die stoffliche Zusammengehörigkeit mit der Stoffwechselfähigkeit und der Fähigkeit zur Vererbung vereinigt sein.

Als Träger dieser Funktionen werden allgemein gesehen: die Membran, das Plasma und der Genapparat. Diese drei Komponenten müssen im Verlaufe der Evolution entstehen.

Hier besteht der grundlegende Unterschied in der Frage, *was zuerst entstand: die Proteine oder die Nukleinsäuren*. Zusätzlich gibt es weitere Hypothesen wie die von Wächterhauser, nach der die Organismenvorläufer Eisensulfid und Schwefelwasserstoff zu Pyrit und Wasserstoff (unter Energiefreisetzung) umwandelten und sich an das Pyrit anlagerten (nach Wandtner 1991, S. 65). Die sehr alten Archeabakterien in heißen, schwefelwasserstoffreichen Quelle könnten dafür sprechen.

- a) Nach der **Endosymbiontentheorie** entstanden diese Komponenten zuerst unabhängig voneinander. Sie brauchten nach Schwemmler (Schwemmler 1991, S.24) einander ausschließende Milieus zur Entstehung. Die einzelnen Funktionen entstanden nach Schwemmler (1975) aus einer *Differenzierung* der Membranen der ursprünglichen (unterschiedlicher) Koazervate. Die Selektionseigenschaften der Membranen können entweder für Na- und Ca-Aufnahme oder für eine K- oder Mg-Aufnahme spezialisiert sein. Dies führt zu "Plasma-Bioiden" und zu "Nukleo-Bioiden" (Bioid entspricht unserem Koazervat bzw. Mikrosphäre). Erst danach *vereinigten* sie sich zu einem abgestimmten System, der Urzelle ("Präcyte"). Dies entspricht recht gut einer Dialektik von Differenzierung und Integration. Die einzelnen Schritte der Vereinigung erklären auch das Vorkommen von Viren als "Nebenästen" dieser Entwicklung (siehe Abbildung bei Schwemmler 1975, S.353).
- b) Ebeling und Feistel (Ebeling/Feistel 1994, S.131ff.) dagegen nehmen an, daß sich die Strukturen und Funktionen verschiedener Makromoleküle innerhalb einer Mikrosphäre nach und nach *differenzierten*.

In dieser konkreten Form sind diese beiden Modelle nicht vereinbar. Die unterschiedlichen den Modellen zugrundeliegenden Prinzipien - die Integration und die Differenzierung - verweisen aber auf einen tiefer liegenden Zusammenhang

Die biotischen Objekte sind nicht völlig gleich, sondern sie unterscheiden sich voneinander. Diese Unterschiede werden nicht "ausgeglichen", indem alle "Abweichler" untergehen. Manche Unterschiede sind einfach neutral, berühren die Überlebensfähigkeit überhaupt (noch) nicht. Andere Unterschiede jedoch verschaffen den sie tragenden Individuen spezifische Vorteile.

Was ist nun ein "Vorteil" ? Ist es nur von Vorteil, selbst zu überleben, während möglichst viele andere sterben? In manchen Darstellungen des Darwinismus scheint das die letzte Weisheit der Selektionstheorie zu sein.

Tatsächlich jedoch ist es geradezu ein ***Kennzeichen von Entwicklung, wenn sich aus dem Zusammenwirken solcher unterschiedlichen Dinge etwas Neues ergibt.*** Die Unterschiede führen zu einer Spezialisierung, wodurch bei abgestimmtem Handeln gemeinsam mehr erreicht wird, als völlig gleiche, einander gleichgültige Individuen isoliert voneinander erreichen könnten.

Die "reine" Endosymbiontentheorie erfaßt und betont zwar gut die Notwendigkeit der Synthese, was gegenüber reinen Konkurrenzmodellen auch sehr notwendig ist. Andererseits kann sie nicht erklären, wieso die (unabhängig voneinander entstandenen) Teile so gut aufeinander abgestimmt funktionieren. Die spezifische

Ungleichheit kommt hier als "Wunder" in das Modell, wird bei der Darstellung des "Allgemeinen Prinzips der Evolution", der Kombination niederer Stufen (dargestellt als Summe gleichartiger Komponenten), allerdings nicht ausgearbeitet. Sogar bei Schwemmler (1975), der im Einzelnen auch die Differenzierung chemobiologisch erklärt, ist als "allgemeines Prinzip der Evolution" nur die Summe der Komponenten als wesentlicher Prozeß dargestellt (siehe Abb.1 bei Schwemmler 1975, S.351).

Die Unterschiedlichkeit von Dingen ermöglicht ihre Kombination, ihre Kooperation. Diese führt zu einer *Einheit*, deren Wesen von der spezifischen, sie bildenden Mannigfaltigkeit geprägt ist. Im Bereich der komplexen Welt gibt es keine Einheit ohne Unterschiedlichkeit. Erstaunlich dialektisch betrachtet diesen Zusammenhang H.-A.Stolte bereits 1953 (Stolte 1953) bei der Untersuchung des Schöpferischen im Biotischen (auch diese Sprechweise verwendet er damals bereits).

Wenn jeweils einzelwissenschaftliche Theorien durchaus berechtigt einzelne Aspekte der komplexen Wirklichkeit "vergrößert dargestellt" untersuchen, müssen sie wieder integriert werden. Im Bereich der Biogenese betonen einzelne Theorien z.B. den Stoffwechsel und betrachten deshalb vorrangig Stoffwechselprozesse im Koazervatplasma. Andere betrachten die Reproduktion als wesentlicher für das Leben und betonen die Entstehung der Replikation der Erbinformation und deren Mutationen.

M.Kamschilow dagegen (Kamschilow 1977, S. 34ff.) verweist darauf, daß der *biotische Stoffkreislauf von Anfang an an das Zusammenleben verschiedener biotischer Objekte geknüpft war, die spezifische Funktionen erfüllten*. Differenzierungs- und Integrationsprozesse begleiten den Prozeß der Biogenese in wesentlich komplizierterer Form, als es die beiden - bisher gegenüberstehenden - oben erwähnten Grundmodelle bisher erfassen können.

Diese Überlegungen deuten also darauf hin, daß beide Modelle die jeweilig fehlenden Aspekte (bei dem Endosymbiontenmodell die Differenzierung; bei dem Differenzierungsmodell die Integration) immer wieder in die Überlegungen einbeziehen sollten. Philosophie kann dabei keine "Zensuren" verteilen und ein Modell vor dem anderen vorziehen und "philosophisch beweisen" wollen. Sie kann aber auf Grundlage von Erfahrungen aus allen Wissens- und Erfahrungsgebieten der Menschen auf derartige ergänzende Überlegungen hinweisen und die Wissenschaft dadurch befruchten.

Die drei wesentlichen Funktionskomplexe einer Urzelle sind: die Abgrenzung durch Membrane, der Stoffwechsel und die Vererbung.

### 3.2.2.2 Aktive Ränder - Die Membrane

Die Ränder der Mikrosphären/Koazervate waren durch Membrane abgedichtet. Die Membranen bestanden aus zwei Eiweißmolekülschichten und entstanden wahrscheinlich durch unterschiedliche Ionenverteilungen innerhalb und außerhalb der Mikrosphäre (Segal 1972, S.227).

Sie waren nicht ganz dicht, sondern hatten Poren. Da Moleküle eine Form-Gestalt haben, konnten kleine Poren durchaus als Tor fungieren, das nur Moleküle bestimmter Form einließ. Eine Art selektiver Nahrungsaufnahme wurde dadurch möglich. Es war nicht so, daß das Koazervat "gewußt" hätte, welche Moleküle die Tore einlassen sollen. Es existierten einfach die Koazervate länger, die geeignete Porenformen besaßen.

Zusätzlich sicherte die Membran ab, daß im Innern des Koazervats Syntheseprozesse abliefen, die in einer freien Lösung nicht möglich wären (Konzentration bestimmter Stoffe ohne Störungen...) (vgl. Ebeling/Feistel 1994, S. 127). Auch unabhängig von der Porenfunktion wurden diejenigen Stoffe wieder ausgesondert, die nicht in die innere Funktionsweise der Mikrosphäre paßten. Auf diese Weise blieben nur bestimmte Moleküle drin und in der Mikrosphäre entwickelte sich ein besonderes Reaktionsgefüge. Eine einfache Art *Energiestoffwechsel* entstand.

Die Aminosäuren im freien Weltraum haben solche Bedingungen nicht, weshalb sie den weiteren Weg in Richtung Leben nicht gehen können.

Die erfolgreich und länger existierenden Koazervate konnten mehr Moleküle verarbeiten als andere, die schnell wieder zerfielen. Die differenzierteren und erfinderischeren Koazervate "überlebten". Ich spreche hier bewußt nicht von "Selektion" oder Konkurrenz"kampf" der Koazervate untereinander. Natürlich verlebten sich die Erfolgreicheren die Bestandteile der wieder zerfallenen Koazervate und den größten Teil des Molekülvorrats ein.

Sie waren aber nur dadurch erfolgreich, daß in ihren Strukturen differenzierte und sozusagen "neu erfundene" Möglichkeiten der Verarbeitung der Moleküle festgehalten waren. ***Primär ist für die Entwicklung die Stabilisierung von Neuem , nicht der "Sieg" an sich.***

Daß die meisten Einzelwissenschaftler die Selektion betonen, liegt an der besseren mathematischen Modellierung von Selektionsprozessen. Die ominösen neuen Eigenschaften tauchen bei ihnen nur als Mutationsergebnisse auf. Als solche sind

sie nicht wissenschaftlich "begründbar" und deshalb konzentriert sich der Blick dieser Wissenschaftler nicht darauf, sondern auf das für sie Berechenbare.

Ebenso stoßen die Forscher, die in den RNS oder den Aminosäuren nach Verwandtschaftsgraden der Lebewesen suchen, nur auf Differenzierungen. Synthese können sie nicht sehen, weil ihre Fragestellung das regelrecht ausschließt. Verwandtschafts"grade" sind immer in Differenzen ausgedrückt.

Diejenigen Wissenschaftler, die qualitative Faktoren untersuchen, verabsolutieren dann wiederum oft die Synthese. Sie wollen alle biochemischen Prozesse erst einfach verstehen (dem entsprechen dann "einfache", "niedere" Lebewesen). Später verstehen sie eine kompliziertere Biochemie - und die sehen sie dann auch in komplizierteren, "zusammengesetzten/symbiontischen" Lebewesen.

Für die Weltanschauung ergibt sich bei Einseitigkeiten immer eine systematische Verzerrung.

### 3.2.2.3 *Der lebendige Baustoff: Das Protein-Plasma*

Die Bausteine der *Proteine* (Eiweiße), die Aminosäuren, wurden bereits in interstellaren Wolken gefunden. Sie sind nicht selten. Nachdem Kohlenstoffatome durch Kernumwandlungsprozesse in den Sternen entstanden sind, bilden sie unter geeigneten Umständen Moleküle, die sich aneinanderlagern. Die spezifischen Bindungen der Atome bewirken, daß die Moleküle nicht nur Ketten bilden, sondern daß sich innerhalb der Knäuel "Brücken" zwischen Ketten bilden und das entstehende Gebilde eine entsprechende äußere Form und ganz bestimmte Wirkungen auf physikalische und chemische Prozesse bekommt.

Molekularchemisch gibt es viele verschiedene Möglichkeiten. Zum Beispiel ist es chemisch (erst einmal) unerheblich, ob Lichtstrahlen, die das Molekül durchqueren, linksdrehend oder rechtsdrehend polarisiert werden. Es hat sich aber gezeigt, daß die Bausteine des Lebendigen auf der Erde das Licht immer "nach links drehen". Die Zuckermoleküle der Nucleinsäuren sind dagegen rechtsdrehend.

Es gibt Versuche, diese Tatsache mit prinzipiellen physikalischen Asymmetrien der Elementarteilchen in Beziehung zu bringen (vgl. Wachtel/Jendrusch 1990), was jedoch von anderen bezweifelt wird (Theimann 1980, Goldanskij 1988).

Wahrscheinlich war es aber ein Zufall, der auf der Erde die "linksdrehenden" Aminosäuren bevorzugte. Diese *Chiralität* (Händigkeit, Bevorzugung einer Richtungsorientierung) bei den Aminosäuren kann so entstanden sein, daß die einmal (zufällig) von den ersten Aminosäuren realisierte Chiralität die Richtun-

gen aller sich sinnvoll anlagernden und wechselwirkenden Aminosäuren beeinflusst hat. Dabei ist die Chiralität nicht Folge der biotischen Evolution, sondern eine Voraussetzung, die sich bereits auf chemischer Entwicklungsebene vollzog. Goldanskij (1988) verwendet die Begriffe der Selbstorganisation, um die Zufälligkeit der Bevorzugung darzustellen:

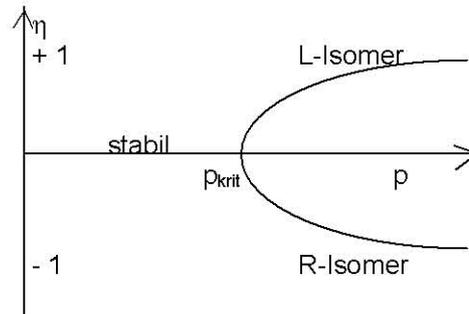


Abbildung 3.4: Änderung der Asymmetrie  $\eta$  in Abhängigkeit von der sog. Selektivität  $p$  nach Goldanskij (1988, S. 190).

In den Fluß der Entwicklung gingen fortan nur noch die "linksdrehenden" Aminosäuren ein.

Die spezifische Struktur der Proteine beinhaltet besondere Brückenbildungen (bei denen Schwefel eine besondere Rolle einnimmt), OH-Brücken und besonders reaktive Seitengruppen. Dadurch kommt es zwangsläufig zu gegenseitigen Einwirkungen der Molekülgruppen aufeinander.

Zerstörende fielen im Laufe der Entwicklung aus - sich gegenseitig Stabilisierende jedoch wurden beibehalten und führen zu vielfältigen weiterreichenden katalytischen Wirkungen. Wichtig für die Wirkung dieser Proteine ist die Abhängigkeit von der Umwelt, vom Milieu.

Nicht nur die Struktur allein bedingt die Wirkung der Proteine, sondern die Umwelt löst bestimmte Reaktionen aus und nimmt bestimmte Strukturpotentiale in ihr eigenes Verhalten auf. Die komplexe Struktur der Proteine ermöglicht einen sehr großen Strukturreichtum und eine Vielfalt möglicher Funktionen.

Der Austausch von Stoffen durch die Membrane ermöglichte die Einbindung geeigneter Moleküle in die inneren chemischen Reaktionen. Nicht geeignete Moleküle wurden wieder ausgeschieden. Nicht nur stofflich wurden die Moleküle genutzt. Indem sie in dem Koazervattropfen miteinander reagierten und ihre Energie abgaben, um dann wieder ausgeschieden zu werden, nahmen sie teil an einem Energiestoffwechsel. Einzelne aufgenommene Moleküle (besonders Schwermetallsalze) konnten als Katalysatoren die chemischen Prozesse auch beschleunigen.

Es kam zu Prozessen der Selbstorganisation: Durch die Beschleunigung kam es zu chaotischen Zuständen im Koazervat. Durch den erzeugten Energieüberschuß entstanden viele abweichende Proteintypen. Darunter waren auch einige, denen es gelang, die anorganischen Katalysatoren in ihre Struktur einzubinden. Sie wurden zu *Enzymen*. Diese Strukturen konnten dann alle anderen Varianten dominieren, die schnell zerfielen und nicht lange existierten.

Die chemischen Aktivitäten wurden durch die gebildeten Enzyme "geordnet". Zusätzlich mußten die verschiedenen Enzymreaktionen noch untereinander abgestimmt werden. Die gelungenen Versuche überlebten alle anderen chaotisch "herumexperimentierenden" Koazervattröpfchen lange und realisierten ihren Stoffwechsel wesentlich schneller. Nur sie bestimmten fortan den Fortgang der Evolution.

Tatsächlich wirken in allen Lebensformen auf unserem Planeten die prinzipiell gleichen biochemischen Enzymreaktionen. Das deutet darauf hin, daß sich auf dem gesamten Erdball tatsächlich das erste erfolgreiche Reaktionsprinzip gegenüber anderen, chemisch auch möglichen, durchgesetzt hat. "Wer als zweiter kommt, den bestraft das Leben". Dies gilt unabhängig von der "Güte" der Lösung. Der erste setzt sich gegenüber jeder später auftauchenden Variante durch. Die zweite hat gar nicht erst die Chance, mit der ersten zu konkurrieren.

#### ***3.2.2.4 Aufheben des Bewährten und Ausprobieren des Neuen: die Vererbung***

Die erste Form von Vererbung war ganz einfach das Beharrungsvermögen. Die rein chemische Bildung von Eiweißen brauchte lange Zeiträume.

Erst nach dem Einsetzen spezifischer biochemischer Reaktionen wurde die Eiweißbildung wesentlich beschleunigt und die Arten der Eiweiße vielfältiger. Die chemisch mögliche Vielfalt, verbunden mit einer enormen Reaktionsgeschwindigkeit, führt zu chaotischen Zuständen - wenn nicht ein Ordnungsfaktor eingreift. Dieser Ordnungsfaktor entstand mit der Codierung der Reihenfolge der Aminosäuren bei der Proteinbildung über die *Nukleinsäuren*.

An dieser Stelle begegnen wir wieder den beiden gegensätzlichen Modellen der Entstehung differenzierter Strukturen.

Die **Endosymbiontentheorie** sieht es als möglich an, daß (negativ geladene) Nukleinsäuren gemeinsam mit den (positiv geladenen) Histonen eigene Koazervate bildeten, die von den anderen Koazervaten eingeschlossen wurden (Segal 1972, S. 231). Erst waren sie ohne Funktion einfach vorhanden. Erst in dem Moment, als die Proteinerzeugung im "Wirts"-Koazervat durch die Steigerung

des Energieumsatzes problematisch wurde, konnten die speziellen Eigenschaften der Nukleinsäuren zur Wirkung kommen.

Nach Meinung von Ebeling und Feistel ist "die spontane Entstehung eines aufeinander abgestimmten Satzes beider Molekültypen zur gleichen Zeit am gleichen Ort... aber ein zu unwahrscheinliches Ereignis" (Ebeling/Feistel 1994, S. 131).

Deshalb nehmen sie an, daß die heute vorliegenden - aufeinander abgestimmten - Nukleinsäuren (DNS: Desoxyribonukleinsäuren, RNS: Ribonukleinsäuren) und Proteine in mehreren Schritten durch Funktionsteilung, Funktionsvereinigung und Funktionsumstellung aus unspezifischeren RNS-Vorläufern entstanden.

Im Folgenden werde ich an dieser Stelle dieser Differenzierungsvariante folgen. Sie scheint mir die tatsächlichen Prozessen bei der Entstehung der Struktur des Lebendigen besser wiederzugeben als die Variante der Integration.

Zu Beginn stand die Frage, ob das Lebendige überhaupt auf natürlichem Wege entstehen konnte. Man wies deshalb *Schritt für Schritt* die Möglichkeit natürlichen Entstehens nach (z.B. Fox 1980). Zuerst für die Einzelbestandteile (organische Moleküle), dann für deren jeweilige Synthese zu Aminosäuren bzw. Nukleinsäuren und fand dann ein Denkmodell, auch diese durch Integration zusammenkommen zu lassen (Koazervateinschlüsse, siehe oben bei Segal).

Was denkbar ist, muß sich aber nicht notwendig so realisiert haben. Diese integrationalistischen Denkmodelle sind eigentlich eher reduktionistisch, von "unten" her gedacht. Es ist historisch verständlich, daß sich zuerst diese einfacheren Denk-Modelle herauschälten. Erst nach einem Eindringen in die Funktionsweise der verschiedenen Strukturen kann ihre Einheit tiefer verstanden werden. Die sich aus einer vorher unspezifischen Einheit herausdifferenzierenden arbeitsteiligen Strukturen entwickeln sich gemeinsam, es liegt eine Form der **Ko-Evolution** vor.

Eigen diskutiert (Eigen 1982, S.25) drei verschiedene Formen der "divergenten Auseinanderentwicklung", wobei das umfassendste Modell bevorzugte Mutationen an bestimmten Positionen und Selektion gleichwertiger Phänotypen enthält. Die Verwandtschaftsverhältnisse dieser "Quasi-Species" können baumartig, aber mit netzartiger Verknüpfung der Äste, dargestellt werden. Eine solche entsteht auch bei Schwemmler (1975). Eine Beschränkung auf den Mutations-Selektions-Mechanismus aber wäre wieder einseitig...

---

Als Ausgangspunkt der weiteren Entwicklung dienten Katalyseprozesse, bei denen sich vielfältige organische Verbindungen und Moleküle gegenseitig erzeugten.

Mit Hilfe eines Katalysators wird eine Reaktion zwischen zwei Stoffen ermöglicht oder beschleunigt. Dabei kann ein beteiligter Stoff selbst Katalysator gegenseitiger Umwandlungen sein: Autokatalyse.

Diese traten wiederum miteinander in Reaktionen und so entstanden Netzwerke katalytischer Beziehungen.

Zu *katalytischen Zyklen* kommt es, wenn die Mitglieder eines solchen Netzwerkes sich selbst reproduzieren. Die Mitglieder solcher Zyklen erzeugen sich gegenseitig direkt oder indirekt (vgl. Ebeling/Feistel 1994, S. 130). Es kommt nun nicht immer wieder zur Wiederholung derselben Reproduktionsprozesse, sondern zu Abweichungen. Die früheren und die neuen katalytischen Zyklen "konkurrieren" jetzt miteinander und *die besser aufeinander abgestimmten* sind stabiler und existieren deshalb länger. Außerdem müssen sie aber *flexibel* genug für weitere Evolutionsmöglichkeiten sein. Genau von diesen ging dann die weitere Entwicklung aus und sie werden deshalb als die *Geeigneteren, Erfolgreicheren* bezeichnet.

Bei der Suche nach dem Ausgangspunkt der Proteine und der DNS gelangte Eigen (Eigen 1982; vgl. auch Ebeling/Feistel 1994, S. 132) zu den einfachen, unspezialisierten RNS. Sie bilden im Gegensatz zu den DNS keinen Doppelstrang.

Diese ersten RNS sind in die Evolution eingegangen und liegen in der ursprünglichen Form nicht mehr vor. Ihre Spuren jedoch lassen sich rekonstruieren durch die Überlagerung individueller Sequenzen. "Individuelle Transfer-RNS-Moleküle haben sich im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung nur wenig verändert. Die gesamte Molekülklasse ist aus einer Mutantenverteilung hervorgegangen, die sich vor ihrer Fixierung im Genom der Urzelle bereits differenziert hatte" (Eigen 1982, S.27).

Die RNS kann sich mit einem geeigneten Protein (der Replikase, das können spontan entstehende Proteinoide sein) als Katalysator wesentlich schneller und unanfälliger gegen Störungen replizieren als ohne diese Replikase. Im Verlaufe vieler verschiedener möglicher Prozesse tauchte schließlich auch der Fall auf, daß eine RNS ihre eigene Replikase selbst erzeugt. Es entsteht ein Zyklus. Der *RNS-Replikase-Zyklus* ist eine spezielle Form der oben erwähnten Katalysezyklen.

RNS und Replikase haben unterschiedliche Eigenschaften: Die RNS ist schwach katalytisch und kann Informationsmuster gut speichern. Die Replikasen haben starke katalytische Eigenschaften, können aber nur wenige Muster speichern. Diese unterschiedlichen Möglichkeiten führen zu einer Art *Arbeitsteilung*. Bei den verschiedenen Zyklen werden immer wieder Komponenten entstehen, bei denen diese Unterschiedlichkeiten sehr ausgeprägt sind. Wirken sie in ihrer gegenseitigen Kombination günstig für die Existenz der Koazervate, in denen sie sich befinden, so werden von ihnen bevorzugt neue Zyklen ausgehen und die Unterschiede vertiefen sich. Die anderen Varianten werden seltener und bleiben wirkungslos für die weitere Entwicklung.

Das katalytische Schema der zyklischen Verbindung von entwickelten Nukleinsäuren (als Informationsträger) und Proteinen (als Funktionsträger) wird nach Eigen und Schuster **Hyperzyklus** (Eigen/Schuster 1977,1978) genannt.

Dies entspricht den Prinzipien der Selbstorganisation. Autokatalyse führt zu Selbstreproduktion der beteiligten Stoffe und die Dynamik ist nichtlinear. Daraus läßt sich ein Selektionsverhalten ableiten, bei dem "Alles-oder-nichts" durchgesetzt wird. Bei der irdischen Entstehung des Lebendigen ist dies auch die Ursache für die Einheitlichkeit der Grundlagen aller Lebensformen.

Die einmal entstandenen Hyperzyklen können auf der Grundlage stabilisierter Grundstrukturen jedoch durchaus noch variiert werden. In sehr großen Volumen würden diese Variationen sehr unwahrscheinlich sein. In den Koazervaten jedoch steigt die Wahrscheinlichkeit, daß sich auch Abweichungen von der Grundform durchsetzen können (Ebeling/Feistel 1994, S. 134).

Die Koazervate, die einen RNS-Replikasezyklus enthalten, also der erste Schritt zu arbeitsteiliger Kooperation von sich differenzierenden Proteinen und Polynukleotiden sind, können bereits **Protozellen** genannt werden. Sie haben Stoffwechsel, können sich vermehren und ihre Eigenschaften vererben.

Auf dieser Stufe der Organisation des Lebendigen setzte die Selektion zwischen den Protozellen ein. Diejenigen Protozellen, in denen die Strukturen ihre Arbeitsteilung weiter entwickelten, die Differenzierung vorantrieben, erwiesen sich als die Ausgangsobjekte für die weitere Evolution.

Da zwischen den RNS keine konstruktive Selektion wirkt (Ebeling/Feistel 1994, S. 135), ist die Evolution der Hyperzyklen nur innerhalb der Koazervate zu verstehen. Ein auf Hyperzyklen begrenzter Erklärungsversuch ist nicht sinnvoll.

---

Diese Evolution führte zu einer Differenzierung, bei der die DNS schließlich die Informationscodierung übernahm und die RNS zwischen DNS und Proteinen vermittelte. Im weiteren Verlaufe wurden weitere Katalysatoren in die Netze eingebaut und Hilfsenzyme entwickelt. Dieser extensiven Erweiterungsphase folgte dann eine Phase der intensiven Verbesserung.

Hierbei geschah ein interessanter Sprung in der Qualität der Strukturbildung. Die einzelnen Stücke, aus denen die Proteine zusammengesetzt wurden, wurden nicht mehr einzeln zusammengesetzt, sondern es entstand eine Art *Bausteinprinzip*. Dies führte zu der *Codierung*, bei je drei Nukleotide einer Aminosäure entsprechen.

Die Übertragung der Information von der DNS zur RNS wird Transkription genannt, die Informationsübertragung von der RNS zum Protein schließlich Translation. Durch Mutationen innerhalb der Gene in den DNS/RNS entstanden neue Proteine. Neben Mutationen der typischen proteinkodierenden Gene sind auch quantitative und qualitative Variationen der nichtkodierenden regulatorischen DNS als Ursache für die Entstehung von Neuem speziell bei der Differenzierung und auch der späteren Artbildung denkbar (vgl. Umschau 1979, S.98).

Auf diese Weise entstanden neue Aminosäuren. Mutationen sind möglich, aber auch der doppelte Einbau vorhandener Ketten von Aminosäuren durch Genverdopplung.

Der Vergleich von Aminosäuren in Lebewesen verschiedenen "Alters" zeigt die schrittweise Veränderung der Aminosäuren - eine Art Stammbaum der Aminosäuren.

Die RNS entwickelte selbst auch verschiedene Formen mit unterschiedlichen Funktionen.

Dabei existierte kein zwingender chemischer Zusammenhang zwischen den Codierungstripletts (Codons = je drei Nukleotide) und den durch sie angeregten Aminosäuren mehr. Die Codons wurden reine Symbole. Ebeling und Feistel nennen dies in Anlehnung an den entsprechenden verhaltenswissenschaftlichen Begriff *Ritualisierung* (Ebeling/Feistel 1994, S.141ff.).

Dieser Code entwickelte sich selbst eine Weile weiter. Die Codierungseinheiten (Codons) "probierten" ca. 2 Milliarden Jahre lang verschiedene Kombinationen der Proteine aus.

In der Zeit von vor 3,5 bis 2,5 Milliarden Jahren sind sehr viele verschiedene einzellige **Mikrofossilien** bekannt (Reinbothe/Krauß 1982, S.222).

Wir dürfen nicht vergessen, daß die "Güte" des entwickelten Codes nicht direkt an den Nukleinsäuren "gemessen" wurde, sondern den Selektionswert der Urzellen beeinflusste. An einem Punkt hatten sich die Protozellen selbst so weit entwickelt, *daß neue Faktoren in der Evolution wesentlicher wurden als die Nukleinsäurenentwicklung*. Das Wachstum der Protozellen und ihr Formverhalten und die Art der energetischen Umwandlung wurde für die weitere Entwicklung wichtiger als die Evolution der Nukleinsäuren. Diese und ihre Codierung wurden deshalb an dieser Stelle "eingefroren". **Die Mechanismen der Evolution evolvieren** selbst. Dies begegnet uns immer wieder.

Parallel zur Entwicklung des genetischen Codes entwickelte sich eine spezifische Form der *ATP* (Adenosintriphosphat: energiereiche Phosphatbindung). Dieses ATP erhöhte die Energieausbeute bei der Nährstoffumwandlung wesentlich, indem sie die dissipativen Strukturen mit lokal hoher Ordnung, aber hoher Flexibilität ermöglichte. Weiterhin gelang es, Enzyme bedarfsabhängig zu erzeugen.

Diese grundlegenden Neuerungen führten gemeinsam dazu, daß sich ihre Träger gegenüber allen anderen nur teilweise erfolgreichen Versuchen durchsetzten.

In der Zeit vor 2,5 und 1,5 Milliarden Jahren sind die Mikrofossilien überraschend einheitlich (Reinbothe/Krauß ebenda).

Die heute alles Lebendige bestimmende Codierungsform und das Energieumwandlungssystem hatten sich durchgesetzt und alle organischen Stoffvorräte der "Ursuppe" für sich in Anspruch genommen.

Im genetischen Teil entwickelten sich weiterhin Optimierungen. Verschiedene genetische Informationen wurden in sogenannten Operonen "verschaltet". Diese "Systemierung" (Reinbothe/Krauß 1982, S.228) führte aber auch zu Verfestigungen, *Tradierungen* (R.Riedl 1975), die eine Konservierung der einmal verschalteten "Hardware" mit sich brachten.

Die Selektion dieser "Hardware" geschieht nicht allein durch die Selektion durch äußere Umweltbedingungen, sondern bereits durch die "innere Selektion" innerhalb der Zellumgebung (Abstoßen von befruchteten Eizellen oder Föten durch den Mutterorganismus).

## 2.2.3 Philosophie der Lebensentstehung

### 3.2.3.1 Wirklichkeiten - Möglichkeiten

Bereits die Prozesse, die zu den ersten Elementarorganismen führten, sind nicht mehr nur physikalische oder chemische. Neue Organisationsprinzipien entwickeln sich gemeinsam mit den biotischen Strukturen. Die Evolutionsprinzipien entwickeln sich.

In der Kosmologie wird die Strukturbildung wesentlich von der Expansion des Weltalls und den vier physikalischen Hauptkräften hervorgerufen. Dissipative Selbstorganisation führt zu stabilen Strukturen, in denen das innere Wirken physikalischer Kräfte zu einer Stabilität führt.

Die dadurch erzeugten physikalischen Strukturen - gemeinsam mit den chemischen Eigenschaften der Stoffe - tragen in sich Möglichkeiten, weitere Reaktionsweisen, Wechselwirkungen zu entfalten. Unter geeigneten Bedingungen kommen einige dieser Möglichkeiten zur Wirklichkeit. Die Kohlenstoff-Makromoleküle haben die Möglichkeit, sich zu verbinden - sie tun es unter geeigneten Bedingungen auch notwendigerweise (Hegel 1986b, 210).

**Bedingung** ist damit nicht nur die Umgebung, sondern die Qualität der Dinge selbst. *In-dem diese Dinge sich und ihre Möglichkeiten in die Entwicklung einbringen, verändern sie ihre Qualität.* Die Möglichkeiten werden als solche aufgehoben (Hegel 1986a, S.287), nämlich realisiert, in Wirklichkeit gebracht.

Dieses selbst-erzeugte *Aufheben der alten Bedingungen und das Entstehen neuer Bedingungen* ist der tiefere Grund dafür, daß das Sein nicht dauerhaft in einer Qualität stagnativ verharrt.

Möglichkeiten werden zu Wirklichkeiten mit neuen Möglichkeiten. Die Bedingungen haben sich auch intern (nicht nur durch eventuelle externe Umweltänderung!) verändert. Die Bedingungen werden verändert - "aufgebraucht" - und die neu entstehenden Dinge sind andere Bedingungen neuer Wirklichkeiten.

Die Möglichkeiten der organischen Makromoleküle eröffnen ein Feld von Wechselwirkungen, das es in der physikalisch-chemischen kosmischen und planetaren Evolution vorher noch nicht gab. In den **Möglichkeiten** steckt die Vielfalt mutativer Variationen ebenso wie die Möglichkeit der Kombination der Eigenschaften auf allen Ebenen des Molekül- und Organismusaufbaus.

Nicht alle der Möglichkeiten sind gleich wesentlich. In Abhängigkeit von der inneren Struktur und Reife der Widersprüche sowie der äußeren Umgebung sind einige Möglichkeiten die aktuell wesentlichen. Diese spannen das **Möglichkeitsfeld** auf (Hörz/Wessel 1983, S. 110).

In diesem Möglichkeitsfeld manifestiert sich das **Zufällige** als nicht nur äußerlich Konkretes (Hegel), sondern auch als innerlich Konkretes (Cimutta 1969, S. 971).

Die neue Qualität des Biotischen zeigt sich vor allem in der Rolle des Zufälligen. Im Biotischen ist das Zufällige nicht nur eine "Störung" von außen, sondern eine Bedingung der Existenz selbst. Es ist die **Individualität** mit zufälligen Unterschieden zwischen den Makromolekülen, die differenzierte Strukturen erschafft. Später dann begegnen wir dem notwendigen Zufall wieder beim Erzeugen der mutativen Variation, ohne die es keine biotische Evolution gibt.

Gleichzeitig jedoch wird die Vielfalt kanalisiert durch bereits entstandene interne "Spielregeln", die auf tradierten Organisationsmustern basieren und durch die äußeren Bedingungen.

Zufall und Notwendigkeit unterscheiden sich durch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Ereignissen (bei notwendigen Ereignissen ist diese gleich 1). Diese Wahrscheinlichkeit wird bestimmt durch die inneren und äußeren Bedingungen.

Würden wir die "ganze Welt" in diese Bedingungen hineinnehmen, so wären alle Ereignisse vollständig determiniert, also notwendig. Dies ist aber weder subjektiv möglich, noch jemals in der konkreten Wechselbeziehung objektiv realisiert.

Auch in der Wirklichkeit existieren die (nicht notwendig bestimmten) Möglichkeiten objektiv, *weil niemals alle Zusammenhänge des unerschöpflichen Kosmos (in der Weite das Weltalls, wie im tiefsten eigenen Inneren) auf die konkrete Sache einwirken*. Jedoch sind auch die Zufälle niemals absolut, sondern immer bedingt. "Die Verwirklichung von Möglichkeiten folgt stochastischen Verteilungen, ist also bedingt zufällig" (Hörz 1989, S. 65).

Diese Bedingtheit führt hier in einem anderen Sprachgebrauch zu dem, was Ernst Bloch (Bloch, 1985) mit seiner Suche nach gerichteten Tendenzen meint. *Die Möglichkeiten suchen nicht im Beliebigen, sondern sind tendenziell ausgerichtet*.

### 3.2.3.2 Systeme und gesetzmäßige Tendenzen

Der Grad der Bedingtheit von Ereignissen hängt von ihrer Stellung innerhalb des Geflechts der Zusammenhänge ab.

In die **Systemdefinition** geht dies ein.

Biotische Systeme mit ihrer sich permanent verändernden Struktur, aber bleibender Organisation (Metzner 1994, S.356f.) *enthalten die Elemente, die als Voraussetzung ihrer eigenen Existenz im System selbst kontinuierlich reproduziert werden.*

Systeme haben dann Eigenschaften, die ihre Elemente oder Teile des Systems nicht besitzen („emergente“ Eigenschaften, statt nur „resultanter“ Eigenschaften, die bereits Teile besitzen, nach Mahner 1993, S. 54).

Die Möglichkeiten von Elementen sind dabei nicht unveränderlich, sondern können innerhalb eines Möglichkeitsfelds bedingt zufällig (stochastisch) mögliche Variationen hervorbringen.

Für diese Möglichkeiten existieren Wahrscheinlichkeiten (probabilistisch).

Als **System** wird die Gesamtheit von Elementen bezeichnet, für die eine (System-)Möglichkeit als Tendenz notwendig verwirklicht wird (dynamisch) (Hörz/Wessel 1983, S.108).

Den Elementen des Systems kommt mehr "Freiheit" zu - für ihr Verhalten gibt es verschiedene Möglichkeiten. Da System und Element nur relative Bestimmungen sind, ist auch ein System nur ein Element eines "höheren" Systemzusammenhangs und das Element hat selbst innere Strukturen.

Die Einheit des Systems auf Grundlage seiner Organisation wird durch Gesetze charakterisiert.

**Gesetze** als *allgemein-notwendige und wesentliche Zusammenhänge in den durch sie definierten Systemen* haben deshalb eine innere Struktur.

Sie kennzeichnen nicht nur das in der **Tendenz** (notwendige) Systemverhalten (im sog. dynamischen Aspekt), sondern auch das Elementverhalten. Das Elementverhalten vollzieht sich im Rahmen von mehr oder weniger wahrscheinlichen Möglichkeiten (probabilistischer und stochastischer Aspekt). Eine Möglichkeit des Elementverhaltens wird verwirklicht. Diese ist aber nicht notwendig bestimmt, sondern nur *bedingt zufällig*.

Auf diese Weise läßt sich mit diesem **statistischen Gesetzesbegriff** bei geeigneter Wahl der System-Element-Beziehung das Verhältnis von Notwendigkeit und Zufall, von Wirklichkeit und in ihr enthaltener Möglichkeit in Struktur-, Bewegungs- und Entwicklungszusammenhängen erfassen.

Die Evolution arbeitet ohne vorgegebenes Ziel.

Aber die Innovation erzeugt gemeinsam mit der Tradierung Strukturen, die etwas Neues darstellen, welches aber nicht losgelöst vom Alten existiert, sondern im Vergleich zu ihm die Funktionen der Struktur besser und effektiver realisiert, oder neue Funktionen erschließt. Diese Art *kanalisierter Vielfalt* führt zu einer **Richtung** der Evolution.

Die Möglichkeiten selbst können auch als **relative Ziele** der Entwicklung angesehen werden (Hörz/Wessel, 1983, S.114), da sie unter geeigneten inneren und äußeren Bedingungen aufgehoben und als Ergebnis "verwirklicht" werden können.

Biotische Systeme "funktionieren", diese Funktion ist ihr **Zweck**, wenn man diesen Begriff verwenden will. Da aber auch neue Funktionen entstehen, können die sich herausbildenden Funktionen auch **Ziele** genannt werden (siehe u.a. Hörz/Wessel 1983).

Ein isoliert betrachtetes System jedoch, auf seine selbsterhaltende und selbsterzeugende Funktion beschränkt, kennt weder Ziel noch Tendenz. Es existiert entweder, oder es hört auf zu existieren. Aus dieser Tatsache heraus gelangen Maturana und Varela (Maturana/Varela 1990, S.111) zu einer Kritik der Anpassungstheorie des Darwinismus. Das einzelne Individuum paßt sich nicht an!

Tendenzielle Erscheinungen treten erst im Zusammenhang mit seiner Umwelt auf: in der Biologie innerhalb von Populationen, in denen das System wieder nur Element ist.

### 3.2.3.3 Neues entsteht

Diese allgemeinen Zusammenhänge wirken auf allen Ebenen der Organisation des Lebendigen. Die für die Entwicklung wichtigen Gesetzmäßigkeiten sind davon bestimmt, daß Strukturen weder stabil in ihrer Organisation sind, noch von starr vorgegebenen Funktionen "beherrscht" werden. Strukturen, ihre Organisationsmuster und Funktionen sind veränderlich und wechselwirken auf spezifische Weise mit den Strukturen und Organisationsmustern der Umwelt.

"Umwelt" sind dabei für sie die Teile der Realität, mit denen sie selbst wechselwirken können.

Die Vielfalt der in der Wirklichkeit angelegten strukturellen und funktionellen Möglichkeiten realisiert sich über konkrete Wechselbeziehungen. Einerseits können Strukturen ihre Funktionen und Funktionenkombination variieren. Gemeint ist damit die Entwicklung der *Arbeitsteilung* zwischen verschiedenen Objekten, die sich darüber zu einer höheren Einheit vereinen (Spezialisierung von DNS und Proteinen aus Vorläufer-RNS).

Auch die *Synthese von Funktionen* ist möglich (3 Nukleotide übernehmen gemeinsam als Codon die Codierung einer Aminosäure).

Andererseits können feste Strukturen unterschiedliche Funktionen erfüllen. Wird die frühere Funktion nicht mehr zum Überleben gebraucht, kann die Struktur neue Aufgaben übernehmen und sich so neu in die höhere Einheit einordnen. Eine Form des *Funktionswechsels* ist die "Ritualisierung" (Ebeling/Feistel 1994), bei der das Erfüllen einer Funktion von seiner vorherigen stofflichen Abhängigkeit getrennt wird und reine Signalfunktion bekommt (Zuordnung der Nukleinsäuresequenzen (Codons) zu Aminosäuren ohne stofflichen chemischen Zusammenhang).

Die Komponenten entstanden selbst erst in den Prozessen der Synthese zu einer neuen Einheit. Sie sind als Einzelne, als Isolierte gar nicht möglich. Insofern hat es auch keinen Zweck davon zu prechen, daß sie durch ihre gegenseitige Abhängigkeit in der ganzen Einheit ihre "Freiheit" verloren hätten.

Die Vorläufer dieser Komponenten müssen jedoch die Möglichkeit zu einer derartigen Veränderung besessen haben. Sie müssen noch genügend "plastisch" gewesen sein. Einmal hoch spezialisierte Strukturen können nur schwer neue Funktionen übernehmen.

Neue Einheiten können als **höher** entwickelte alte Funktionen des Organismus *besser und effektiver erfüllen, sowie neue Funktionen übernehmen*. Sie sind deshalb ein großer Evolutionsvorteil.

Der "Vorteil" in der Evolution ist deshalb nicht einfach der "Sieg des Stärkeren", also rein quantitativ kräftemäßig.

Wesentliche Evolutionsvorteile bestehen in der ersten Erfindung neuartiger Beziehungsgeflechte.

Andere Einheiten der Ausgangsform werden auch ständig andere Qualitäten ausprobieren. Kleine Vorteile innerhalb dieses "Andersseins" können schnell wieder verschwinden. In dem Moment, wo die verschiedenen anderen Ansätze sich geeignet kombinieren, ist der Vorteil des Innovators groß genug, um ab jetzt zu dominieren. Seine Erfindung wird sich durchsetzen, andere Varianten haben keine Chance mehr, wenn sie später kommen (auch wenn sie dann vielleicht besser wären).

Auf diese Weise entstand die Einheitlichkeit des genetischen Codes und der grundlegenden Enzymreaktionen alles Lebendigen auf der Erde. Andere Varianten wären biochemisch möglich gewesen, haben sich vielleicht auf anderen Planeten realisiert. Auf der Erde haben sich diese Varianten nicht nur wegen der spezifischen äußeren Bedingungen genau so und nicht anders etabliert, sondern es war Zufall, daß gerade diese Varianten zuerst gefunden wurden. Jeder der "Erfindungsschritte" hatte seine Bedingungen, es war also durchaus ein bedingter Zufall, aber die konkrete Variante war nicht notwendig vorher festgelegt.

Können die Erfindungen dann auch noch stabilisiert werden, mit den bisherigen Strukturen und Funktionen zusammenwirken, so entstehen insgesamt Einheiten, die im Vergleich mit den vorherigen ihre Funktionen besser und effektiver erfüllen sowie neue Funktionen realisieren. Dann werden sie im Vergleich mit ihren konkreten Vorläufern "höherentwickelt" genannt.

Da nichts Neues völlig voraussetzungslos entsteht, ist ein solcher Vergleich mit Vorläufern immer möglich. Womit man vergleicht, muß man allerdings genau auswählen. Einen Samen kann man nicht direkt mit der Pflanze, aus der er hervorgegangen ist, vergleichen. Das kann man erst wieder mit der Pflanze aus dem Samen tun. Die Pflanze wurde im Samen negiert, der Samen wurde als Pflanze wiederum negiert. Die Vergleichbarkeit der Dinge nach einer *Negation der Negation* kennzeichnet einen Entwicklungszyklus, den wir uns im Unterschied zum Kreis als Teil einer Spirale vorstellen können.

Die entstandenen neuen Einheiten tragen die funktionellen Zusammenhänge weiter in sich. Die in Konkurrenz- und Kooperationsmustern sich verflechtenden Teile entwickeln sich nur miteinander und im Rahmen ihrer Einheit. Im Laufe der Evolution haben sich die Arten so klar voneinander abgegrenzt, daß die abgetrennten Nischen eine ständige "Konkurriererei" gar nicht zulassen (Rohde 1980, S.98).

"Konkurrenz kommt in der Natur zwar vor, ist aber viel weniger bedeutsam, als man allgemein annimmt." (ebenda)
--

Es findet **Ko-Evolution** statt. Dabei sind die koevolvierenden Elemente keinesfalls in harmonischen, widerspruchsfreien Beziehungen verwoben. Ko-Evolution bedeutet immer ein *Gegeneinander-Wirken der unterschiedlichen Elemente, ein gegenseitiges Weiter"treiben" in der Entwicklung.*

Durch die in der neuen Einheit vorgefundenen neuen Bedingungen (vor allem die selbstveränderten inneren!) kann ein neues Feld von Möglichkeiten ausprobiert werden. Als dafür typische "Radiation" haben wir das gefunden nach der Koazervatentstehung (verschiedene Koazervate/Mikrosphären, bis das Neue als Ur-Zelle mit den jetzt beim Lebendigen auf der Erde dominierenden biochemischen und genetischen Struktur- und Funktionsprinzipien etabliert war).

### 3.3 Das Zellenstadium

#### 3.3.1 Die ersten Katastrophen

*Denn einmal entstanden, schuf sich das Leben  
zu einem guten Teil seine Bedingungen selbst.  
(E. Jantsch)*

Die Urzelle als Minimalorganismus war bereits ein eigenständiges Lebewesen. Sogenannte kernlose Einzeller (Prokaryoten: Vor-Kern-Wesen) leben auch heute noch als Bakterien in Massen auf der Erde. Mit gemeinsamen Vorläufern von Zellen ohne Kern und Zellen mit Kern begann die Evolution des Lebens.

Welche Prozesse am Anfang unter welchen Bedingungen konkret stattfanden, können wir nur vermuten. Einige Fakten jedoch sind bekannt. Erst seit 2 Milliarden Jahren gibt es freien Sauerstoff in der Atmosphäre. Die ersten Einzeller entstanden jedoch viel früher, nämlich vor 3,3 bis 3,4 Milliarden Jahren. (Die Entstehung des Lebens vollzog sich also nicht unter der uns jetzt schützenden Ozonschicht, weil es sie mangels Sauerstoff noch gar nicht gab.)

Die ersten Einzeller lebten von abiogen entstandenen organischen Stoffen (chemoheterotroph). Die anaerobe Gärung (ohne Sauerstoff) entwickelte sich. Dadurch wurde CO<sub>2</sub> frei. Jedoch gingen die Vorräte an nichtbiotisch erzeugten organischen Stoffen in der "Ur-suppe" bald zu Ende. Diese *erste globale Energiekrise* wurde durch mehrere Innovationen überwunden (Reinbothe/Krauß 1982, S. 244; Lovelock 1993, S. 111; Jantsch 1988, S. 165):

Die Stoffwechselprozesse selbst wurden in Richtung *Effektivität* (Wirkungsgrad) optimiert.

Außerdem entstand das Prinzip "*Lebendiges frisst Lebendiges*" (oder die toten Reste von früherem Lebendigen).

Es entwickelten sich differenzierte *Sinne*, die angesichts der Nahrungsknappheit spezifischere Quellen aufspüren halfen.

Und zusätzlich wurde die *Photosynthese* "erfunden". Zuerst sicher die einfachere der Zersetzung von Schwefelwasserstoff; später auch das Absprengen des Sauerstoffs vom Kohlenstoff und Wasserstoff. Diese "Erfindung" baute darauf auf, daß sicher schon vorher Bestandteile in den Zellen waren, die Licht absorbieren konnten. Aber gegen die anderen Energiequellen war diese Quelle vernachlässigbar. Erst angesichts der Energiekrise wurde diese Fähigkeit überlebenswichtig und durch die Selektion bevorteilt.

Das Molekül des Chlorophylls entstand wahrscheinlich über Stufen von Funktionswechsellern und Strukturänderungen aus RNS-Molekülen (Ebeling/Feistel 1994, S.155).

Bei der später entwickelten, effektiveren Photosynthese wird CO<sub>2</sub> verbraucht und O<sub>2</sub> freigesetzt. Vielleicht gelang diese "Erfindung" schon vor ca 3,7 Millionen Jahren. Dies ergibt sich aus dem Isotopenverhältnis zweier Kohlenstoffisotopen, die auf eine biotisch bedingte Veränderung des Verhältnisses seit damals hindeuten (Junge 1980, S.241).

Dies führt zur nächsten **Umweltkatastrophe**: Das CO<sub>2</sub> wärmte die Erdhülle. Seine Abnahme durch den Verzehr von CO<sub>2</sub> durch die Bakterien drohte den Erdball gefrieren zu lassen. Der erzeugte Sauerstoff wurde zuerst bei der Oxydation der Erdminerale verbraucht, gelangte später aber doch in die Atmosphäre. Er ist aber ein Zellgift; er verbrennt das kohlenstoffhaltige Zellmaterial, macht Enzyme funktionsunfähig (Breuer, 1980, S.59f.).

Für beide Probleme fanden sich *Lösungen*:

In der Vielfalt der Prokaryotenwelt lebten auch Bakterien, die durch Zersetzung von organischem Material wieder CO<sub>2</sub> und Methan erzeugten. Die verschiedenen Formen ergänzten sich in ihren Eigenschaften. Durch eine "*dynamische Wechselwirkung zwischen den frühen Photosynthese-Anwendern, den Organismen, die deren Produkte verarbeiten und der planetarischen Umwelt*" (Lovelock 1993, S. 114) wurde der CO<sub>2</sub>-Anteil in der Atmosphäre auf einem ausreichendem Niveau gehalten.

Gegen die direkte Zellgiftwirkung entwickelten die Zellen spezielle Einlagerungen (Einbau von sauerstoff-abbindenden Substanzen wie Glutathion und Entwicklung von Enzymen zum Unschädlichmachen des Sauerstoffs). Diese Heterozyten

---

(spezielle Zellen mit anaerobem Innenmilieu) wurden als Mikrofossilien gefunden.

Der Sauerstoff jedoch wurde selbst wieder zur Energiequelle. Der Abbau der in Glukosemolekülen gespeicherten Energie ist mit Sauerstoff zu ca. 65% zurückgewinnbar, ohne Sauerstoff nur zu 5% (Jantsch 1988, S. 167). Sogar als "Desinfektionsmittel" wurde der Sauerstoff später von den Phagocyten in den Mehrzellern genutzt.

Deshalb setzte sich diese neu geschaffene Variante des Stoffwechsels im wesentlichen durch, obwohl es durchaus auch noch Bakterien gibt, die ohne oder mit sehr wenig Sauerstoff am besten leben.

*Beide "Katastrophen" wurden also durch strukturelle und funktionelle Innovationen gemeistert und führten zu einem neuen Entwicklungsschub. Daß das möglich war und nicht mit dem Tod des Lebendigen auf der Erde endete, ist aber nicht selbstverständlich. Mehrere Bedingungen ermöglichten das.*

Eine Bedingung war, daß die Ausgangsorganismen selbst genügend flexibel in ihrer Funktion und Struktur waren ("**Plastizität**"). Eine andere Bedingung bezieht sich auf das Umfeld jedes einzelnen Organismus: Es müssen genügend viele und genügend verschiedene - einander ergänzende - Organismen sowie ein dadurch beeinflusstes, geeignetes anorganisches Umfeld existieren (*Ko-Evolution*). (Lovelock leitet daraus ab, daß Lebendiges auf allen Planeten entweder in Massen oder gar nicht auftritt: man sollte deshalb gar nicht erst nach kleinen isolierten Lebensinseln tief im Marsboden suchen.)

Unter diesen Bedingungen kann es dazu kommen, daß sich aus der begrenzten Aktivität von Organismen heraus ein globales Regulierungssystem entwickelt (Lovelock 1993, S. 143). Und dieses globale Regulierungssystem ist wesentlich für alle weiteren Entwicklungsschritte (siehe *Abbildung 3.5* auf S.116).

Der Zusammenhang der Organismen und ihrer physikalischen Umgebung ist nicht zu vernachlässigen. Neu entdeckt und mythisch überhöht hat dies James Lovelock in seinem Gaia-Konzept. Er zitiert als seine Vorläufer Korolenko und Wernadski; sowie J. Hutton, der bereits 1785 eine **Geophysiologie** diskutierte.

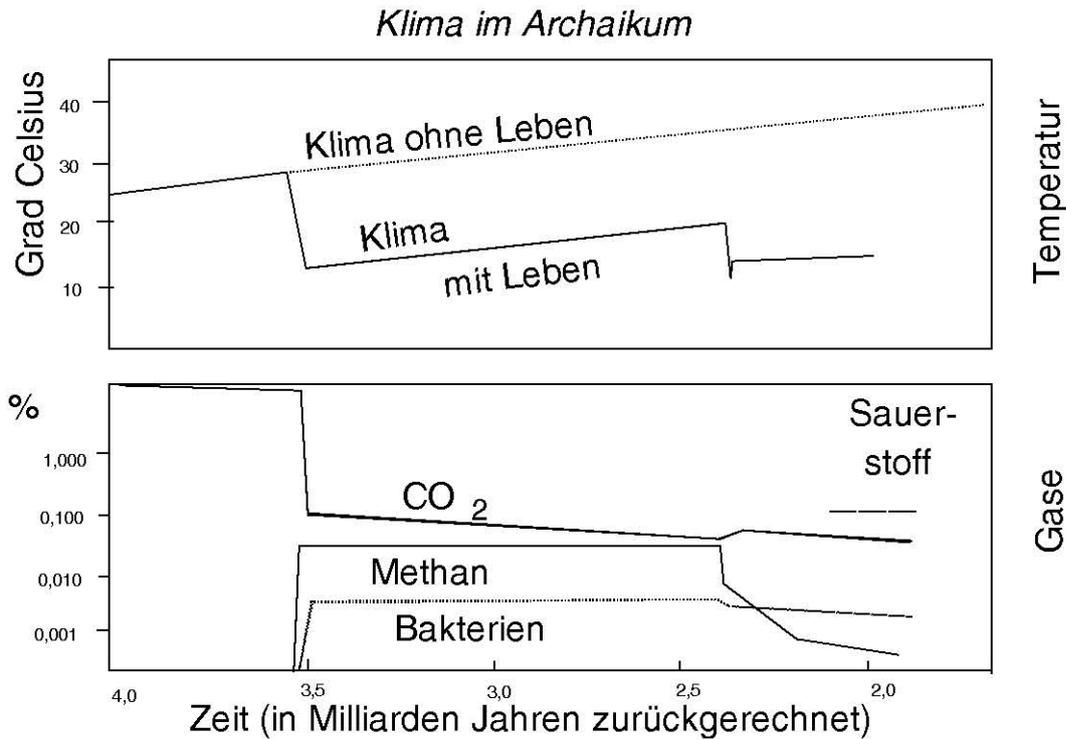


Abbildung 3.5: Die Abhängigkeit des Klimas und der Atmosphäre vom irdischen Leben (nach Lovelock 1993)

Lovelock diskutiert weitere Beispiele der Regulierung im Gaia-Komplex:

- biogene Kalk- und Eisenablagerungen
- Kalkablagerungen führten zu Plattentektonik
- Regelung der Lagunen zur Salzgehaltregulierung der Meere
- Regelung des Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre
- Waldbrandökologie
- Schwefeltransport von Wasser- zu Landlebewesen
- Eiszeitenschwingungen.

Als wichtige Erkenntnisse hat Lovelock hervorgehoben:

"Leben paßt sich nicht nur der Erde an, sondern formt die Erde so, daß sie für das Leben eine Heimat sein kann." (Lovelock 1993 , S.99).

Der eben geschilderte Abschnitt der Entwicklung des Lebendigen ist besonders faszinierend wegen der Bewältigung großer (selbsterzeugter) Krisen, die zu Anlässen von erfolgreichen Innovationen wurden.

---

Diese Prozesse sind tatsächlich verallgemeinerbar in der "selbstorganisierten Kritizität" des Selbstorganisationskonzepts. Die alleinige Betrachtung dieser Verallgemeinerung kann jedoch Wichtiges vergessen machen.

Die Weltmodelle des *New Age*, die für das 21. Jahrhundert auf eine "Transformation im Zeitalter des Wassermanns" (Ferguson 1982; siehe auch Capra 1988 und 1990; Breidenstein 1990, Russell 1991 u.a.) hinweisen, können eine Quelle des Optimismus in einer zerfallenden, untergehenden Welt wie der unseren sein.

Tatsächlich öffneten die oben genannten und weitere Bücher für mich nach dem Zusammenbruch des Versuchs, den Sozialismus sinnvoll zu retten, eine neue Welt. Ich hatte gerade während der "Wende" das Selbstorganisationskonzept für mich entdeckt, konnte die politischen Wirren mit ihm recht gut abbilden. Jetzt suchte ich nach Möglichkeiten, dieses Konzept bei der Suche nach einer humanen und ökologisch verträglichen Zukunft anzuwenden. Einige New-Age-Ansätze schienen mir eine direkte Anwendung der Selbstorganisationsprinzipien zu sein, obwohl sie sich selbst nicht unbedingt darauf berufen, oder aus ihnen heraus entstanden sind.

Es wäre nun der einfachste Weg gewesen, diesen Verheißungen eines neuen Zeitalters zu glauben. Das rationale Denken wegzulegen, zu meditieren und im wesentlichen passiv zu sein, alles nur einfach geschehen zu lassen - wie es die New-Age-Weltanschauung in ihrer letzten Konsequenz doch fordert. "Für die Einzeller ist es auch weitergegangen..., also wird es die Menschheit auch schaffen und es wird herrlich werden" - könnte die Konsequenz aus dem letzten Teilkapitel sein.

Aber ich bin doch dafür, sich das Ganze genauer anzusehen. Dann erkennen wir, daß es erstens an jedem Punkt der Entwicklung für viele Lebensvarianten doch nicht weitergegangen ist und daß zweitens für eine Höherentwicklung nach Krisen innere und äußere Bedingungen vorhanden sein müssen: innere Plastizität und Möglichkeiten und im Äußeren eine geeignete Vielfalt und Wechselwirkung zum Aufbau neuer Fließgleichgewichte untereinander und mit der natürlichen Umgebung. Beides muß - im übertragenen Sinne - für die Menschheit in ihrer globalen Krise aktiv entwickelt werden. Da hilft kein Vertrauen in die Sterne und die "Vorsehung" der kosmischen Harmonien.

Den Weg des denkenden und gestaltenden Suchens nach möglichst vielen (die Vielfalt muß geeignet groß sein!) Auswegen nimmt uns keiner ab.

Verallgemeinernde Überlegungen aus den Erfahrungen der Einzelwissenschaften können dafür aber durchaus hilfreich sein.

### 3.3.2 Zellen mit Kern entstehen

Die Prokaryoten hatten sich noch nicht auf einen Stoffwechselltyp "geeignet" und auch die Photosynthese lief auf verschiedene Weise mit oder ohne Sauerstoffentwicklung ab.

Vor ca. 1,5 Milliarden Jahren veränderte sich das Bild. Die Innovationen nach den Katastrophen hatten die Umwelt so verändert (Sauerstoffatmosphäre), daß sie die weitere Entwicklung bestimmten. Ihre neuen Möglichkeiten, wie die Photosynthese, die Ausbildung bestimmter (sauerstoffschützender) Membrane usw. ermöglichte eine Revolutionierung der Struktur der lebenden Zelle. Die **Eukaryoten** (z.B. in Form von Amöben, deren Bild uns aus Mikroskopbildern bekannt ist) entstanden. Der Name kommt aus dem Griechischen (eu: gut, Karyon: Kern). Von ihnen ging die Entwicklung der Algen, Pilze, Pflanzen und Tiere aus.

Eukaryoten unterscheiden sich von den Prokaryoten im wesentlichen durch

- den Zellkern und damit den Gentransfer (kein horizontaler Gentransfer wie in den Bakterien mehr),
- die Existenz verschiedener Organellen (große, durch Membrane abgeteilte Zellstrukturen) mit verschiedener Funktion und
- eine eingeschränkte Stoffwechselvielfalt.

Einerseits "verzichteten" sie auf Mannigfaltigkeitspotentiale (horizontaler Gentransfer, Stoffwechselvielfalt). Durch ihre damit verbundenen Innovationen konnten sie andererseits zum Ausgangspunkt neuer Strukturen werden.

In ihnen fand eine weitere *innere Differenzierung* (bis hin zu den Plastiden) statt, und damit die effektive *Arbeitsteilung* (z.B. bei Pflanzen) zwischen Photosynthese (im Chlorophyll) und der Atmung (in den Mitochondrien).

Die genetische Regelung in den Kernen ist so organisiert, daß nicht die Gene allein als Befehlsgeber für die Strukturbildung und -aktivierung auftreten. Nach der **Chromosomenfeldtheorie** werden Gene aktiviert und deaktiviert durch Umwelteinflüsse (organismusuntere und -äußere). Auf diese Weise wird die genetische Information an die Umwelt angekoppelt.

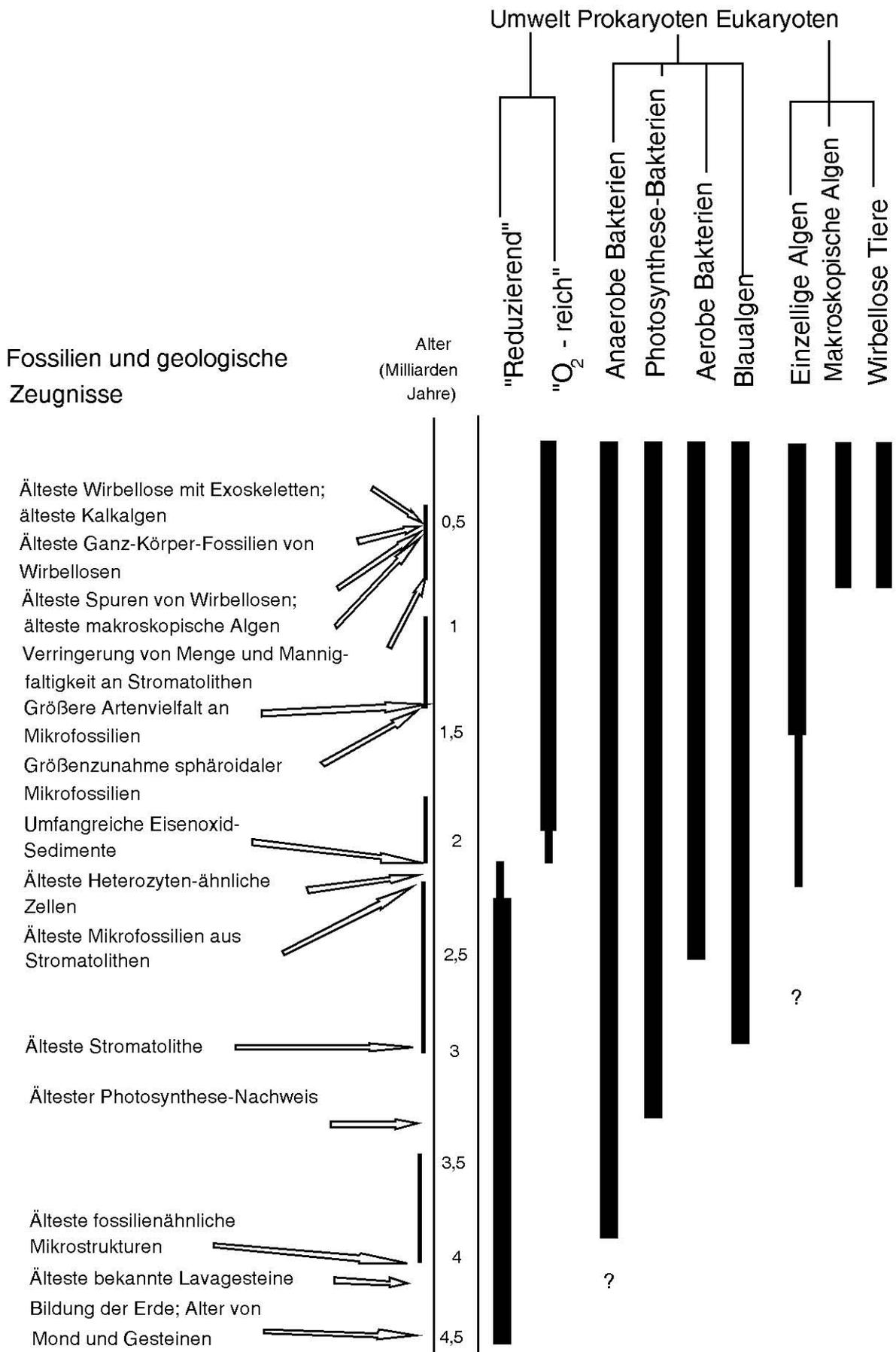


Abbildung 3.6: Die Evolution des Lebens (nach Reinbothe/Krauß 1982)

Wie die Eukaryoten konkret entstanden sind, ist noch nicht bekannt. Man kann Mikrofossilien untersuchen, und deren Strukturen so einigermaßen erkennen. Man kann aus den heutigen Zellstrukturen Rückschlüsse auf deren Funktionen gewinnen. Spätestens hier sind stets entsprechend des Erkenntnisstandes über die Zell-Biochemie mehrere Interpretationen möglich. Wie es konkret zur Bildung der neuen Strukturen, verbunden mit neuen Funktionen gekommen ist, kann nur in Modellen skizziert werden. Diese Modelle stützen sich jeweils auf gewonnene Daten (Mikrofossilstrukturen; Veränderungen der Lithosphäre, die auf atmosphärische Veränderungen hindeuten können; Genomanalysen mit genetisch-historischer Interpretation...), die aber durch verbesserte Techniken und unterschiedliche Sichtweisen auch der Veränderung unterliegen.

Bei der Entstehung der Eukaryoten gibt es die gleichen prinzipiell unterschiedlichen Erklärungstypen wie bei der Herausbildung der DNS/RNS/Protein-Strukturen in der Mikrosphäre. Wir haben die Endosymbiontentheorie und eine Theorie der Differenzierung.

Meine Sympathie galt lange Zeit der Endosymbiontentheorie. Die biochemische Erkenntnisgewinnung liegt nicht in meinen Möglichkeiten, also mußte ich mich auf vorliegende Daten samt deren Interpretationen verlassen. Sympatisch war mir die Endosymbiontentheorie, weil sie von der Synthese bereits vorliegender Strukturen ausgeht und über diese Synthese die neue Struktur entstehen läßt. Dies entspricht meinem Bestreben zu Kompromissen, Vermittlungen im Gegensatz zu kämpferischer, zerstörerischer Konkurrenz.

Dieses Bestreben ist aber eigentlich ein vor-wissenschaftliche Vor-Urteil. Ich könnte nun auch meine Philosophie in diese Richtung führen. Synthese führt da tatsächlich auch zu neuen Qualitäten und läßt sich gut in eine allgemeine Philosophie einbauen.

Erich Jantsch (Jantsch 1988, S.175) nannte den Untertitel eines Kapitels "Entstehung der eukaryotischen Zelle aus Symbiose". Dies von mir als "Stand der Wissenschaft" entnommen stützte lange Zeit meine (sowieso kurzschlüssige) Hoffnung auf das Aufeinanderzugehen von Menschengruppen als Strategie der Zukunft.

Die biotischen Tatsachen müssen dem aber nicht unbedingt folgen. Erst bei der Arbeit an diesem Buch nahm ich in der Literatur auch die anderen Hinweise wahr. Seit 1977 sprechen einige Beobachtungen dafür, daß Prokaryoten und Eukaryoten gemeinsame Vorfahren haben und die Eukaryoten durch Differenzierung innerhalb der Einzeller entstanden sind. Das muß die Endosymbiontentheorie nicht "stürzen", erfordert aber eine Vertiefung.

Nach der **Endosymbiontentheorie** entstanden die Eukaryoten durch eine Assimilation von Prokaryoten unterschiedlicher Struktur und Eigenschaft in einen anderen Einzeller. Ihre Eigenschaften sollen sich dann so ergänzt haben, daß sie in ihrer Gemeinsamkeit den oben erwähnten Herausforderungen genügen konnten.

Diese Annahme ist schon sehr alt. Bezogen auf die aus den Eukaryoten sich entwickelnden Pflanzen schrieb bereits 1883 der Botaniker Schimper: "Möglicherweise verdanken die grünen Pflanzen wirklich einer Vereinigung eines farblosen Organismus mit einem von Chlorophyll gleichmäßig tingierten ihren Ursprung" (zit. bei B. Parthier 1973, S.228).

Eine fermentierende Zelle soll durch Verschlucken einer sauerstoffatmenden Zelle (die dann Mitochondrion genannt wird) zur Fähigkeit des Umgangs mit dem Sauerstoff gekommen sein. Danach fing sie sich noch eine Zelle mit Fortbewegungsmöglichkeiten ein. Einige fingen sich noch einen Chloroplasten ein (wobei hier schon eine Unexaktheit einfließt: die Plastiden bildeten sich erst in der folgenden Stufe der Evolution der Eukaryoten). Insgesamt ist die Qualität der Eukaryoten davon gekennzeichnet, daß der Zellkern separat die genetische Information trägt.

Wie bei den DNS/RNS- und Proteinstrukturen wäre es aber schwer erklärbar, wie die Komponenten vorher genau die geforderten Eigenschaften eigenständig erwerben konnten. Spätestens bei diesen doch recht komplexen biochemischen Prozessen und Strukturen ist eine zufällige Existenz so verschiedener, so hoch komplexer Strukturen ohne Wechselwirkung wenig plausibel.

Neuere Erkenntnisse deuten außerdem darauf hin, daß die genetischen Informationen im Zellkern durchaus die Proteine in den Mitochondrien und den Plastiden kontrollieren. Das spricht gegen eine isolierte Entstehung dieser Proteinstrukturen - oder für eine nachträgliche Übernahme dieser Kontrollen.

Außerdem leiten sich nach neueren DNS-Sequenzuntersuchungen die Mitochondrien nicht direkt von Prokaryoten ab. Das Modell der Einverleibung einer mitochondrienartigen Prokaryotenform würde eine solche Ableitung erfordern.

Spezielle Abschnitte der DNS, die keine Information für eine Aminosäuresequenz tragen (Introns) gibt es bei Prokaryoten nicht - sie liegen aber in Mitochondrien und Chloroplasten vor (Reinbothe/Krauß 1982, S.261ff.). Sie könnten innerhalb ihrer Existenz in Eukaryoten verlorengegangen sein.

Der Vergleich von Aminosäuresequenzen ergab, daß der Stammbaum der Bakterien nicht aus einem Reich der Prokaryoten sich das der Eukaryoten entwickelt,

sondern drei Gruppen (Prokaryoten, Eukaryoten und Archeobakterien) an der gleichen Stelle einem gemeinsamen Vorläufer entstammen (Kandler 1981, S.184). Komponenten können trotzdem durch Endosymbiose entstehen (Mitochondrien, Chloroplasten, ebenda und Kaplan 1979). Außerdem "sieht" der Aminosäuresequenzvergleich prinzipiell nur Differenzen und fragt nicht danach, wie an der entsprechenden Stelle ein neuer "Abzweig" - hier also die Verzweigung in Prokaryoten und Eukaryoten - entsteht.

Als Alternativhypothese zur Endosymbiontenhypothese liegt die **Sukzessivhypothese** vor.

Danach entstehen die verschiedenen Organellen durch strukturelle (und funktionelle) Differenzierung innerhalb der Zellen und werden durch Membraneinstülpungen und -umkleidungen voneinander getrennt (Reinbothe/Krauß 1982, S. 257).

Ohne jetzt alle Details nachzeichnen zu können, kann ich mich mit diesem Modell jetzt aber ebenfalls anfreunden. Vielleicht haben beide Varianten bei bestimmten konkreten Prozessen stattgefunden: die Differenzierung aus vorhandenem Zellmaterial und das Einfangen anderer Zellen. In diesem Fall wäre ein solcher Kompromiß denkbar (im Fall der Existenz von Proteinen und Nukleinsäuren nicht).

Insgesamt darf das Vor-Urteil also kein Richter bei der Entscheidung sein. Auch eine - bewußt oder unbewußt - auf ein derartiges Vor-Urteil aufgebaute Philosophie darf nicht entscheiden wollen zwischen Modellen innerhalb der Einzelwissenschaft. Nicht einmal eine recht gut wissenschaftlich gesicherte Philosophie darf das als ihre Aufgabe ansehen. Sie muß - bei aller Fortbildung ihrer Grundlagen - immer flexibel bleiben gegenüber den "schwarzen Schwänen", die bei der Wissenschaftsentwicklung entdeckt werden können.

In einem bestimmten Zeitraum sind in einer Gegend immer nur weiße Schwäne gesehen und geboren worden. Das schließt aber nicht aus, daß im genetischen Potenzial auch noch eine andere Färbung steckt, die zu anderen Zeiten unter anderen Bedingungen zum Durchbruch kommt. Die Beobachter unter den ersten, aber auch jeden späteren Bedingungen - die konkret immer begrenzt sind - müssen das noch nicht unbedingt wissen.

Die Philosophie kann nur gewinnen durch die Provokation einer Ungewißheit.

Ohne im Einzelnen zu wiederholen, möchte ich auf die schon weiter oben diskutierten Zusammenhänge von Einheit und Mannigfaltigkeit sowie dem Wechselverhältnis von Differenzierung und Synthese hinweisen.

Tatsächlich kommt der *Differenzierung* bei nicht vollzogener Trennung eine wesentliche Rolle im Evolutionsprozeß zu. Die **Integration** vollzieht sich in der Evolution nicht als einfache Summierung, sondern als "spezifische Integration" (Wuketits 1979, S. 270). Die Differenzierung der Teile ermöglicht eine Neukombination von neuen Möglichkeiten in einem Ganzen - entweder als Organismus oder als sozialer Verband von Organismen. Das "Sozialitätsprinzip" wird von Novak (Novak 1973, S.476ff.) als eines der allgemeinsten Evolutionsprinzipien formuliert und spiegelt die Einheit von miteinander wechselwirkenden Mannigfaltigkeiten auf biotischer (und gesellschaftlicher) Ebene wider.

### 3.3.3 Innovative Sprünge

Über die Stelle des qualitativen "Sprungs" können wir nun genauere Aussagen machen:

1. *Durch seine Existenzweise (als Prozeß) verändert jedes aktive System (und nur von solchen sprechen wir hier) seine eigene innere und äußere Qualität. Andere als die bisher wesentlichen Strukturen und Funktionen entstehen aus Variationen. Erst nur langsam - stoßen die quantitativen Veränderungen an die Grenze der Qualität - und führen die bisherige Existenzweise in eine Krise ("selbstorganisierte Kritizität"). Die innerhalb der alten Grundqualität entstandenen anderen Strukturen und Funktionen können sich neu organisieren und zu einer neuen Qualität des Systems führen - oder das System beendet seine Existenz.*
2. *Das bedeutet, daß "vor" dem Sprung durch Differenzierung andere Strukturen und Funktionen "vorbereitend" entwickelt werden. Der Qualitätssprung ist durch eine neue Kombination dieser Strukturen und Funktionen (gemeinsam mit z.T. bleibenden alten Teilen) gekennzeichnet, die als Synthese bezeichnet werden kann.*
3. *Für die neuen Strukturen und Funktionen liegen i.a. mehrere Möglichkeiten vor. Die erste Varianz liegt in der Zufälligkeit des Entstehens jeweils verschiedener anderer Strukturen und Funktionen; die zweite Varianz kommt bei der verschieden möglichen Verknüpfung dieser hinzu.*
4. *Die Kombination mit dem größten Effekt innerhalb seiner Umwelt (sie überlebt selbst, indem sie die Umweltzusammenhänge aktiv mitgestaltet) verdrängt andere, vorher auch mögliche Kombinations- sowie Struktur- und Funktionsvarianten.*

Unter Mangelbedingungen überlebt die zuerst "überlegene" Sorte mit hoher Vermehrungsrate, da die Vermehrungsraten aller anderen Varianten gegen Null geht (Ebeling/Feistel 1994, S.154).

Dabei setzt sich nicht unbedingt die "bessere" durch, sondern die erste, die erfolgreich alles Neue koordinieren kann.

Dieser Sprung beseitigt also frühere Möglichkeiten - schafft aber neue auf einer ganz anderen Basis.

Diese Veränderungen des alten Möglichkeitsfeldes beziehen sich

- a) auf die Negierung der vorher gleichberechtigten anderen Varianten. Nach dem sog. Redischen Prinzip konnten z.B. nach der Entstehung der ersten Lebewesen keine grundlegend neuen Lebensformen entstehen, weil das vorhandene Leben die vorhandenen organischen Stoffe "verbaut", bevor die andere Variante diese Milliarden von Jahren Zeit hatte, sich selbst so weit zu entwickeln.
- b) Es werden die noch vorhandenen alten Formen in ihrer Evolutionsmöglichkeit gehemmt, da die Umwelt ab jetzt von den dominierenden Formen bestimmt wird. Das muß jedoch relativiert werden, wenn an die Fortexistenz und weitere wesentliche Wirkung der Bakterien bei der Gestaltung der Litho- und Atmosphäre gedacht wird!

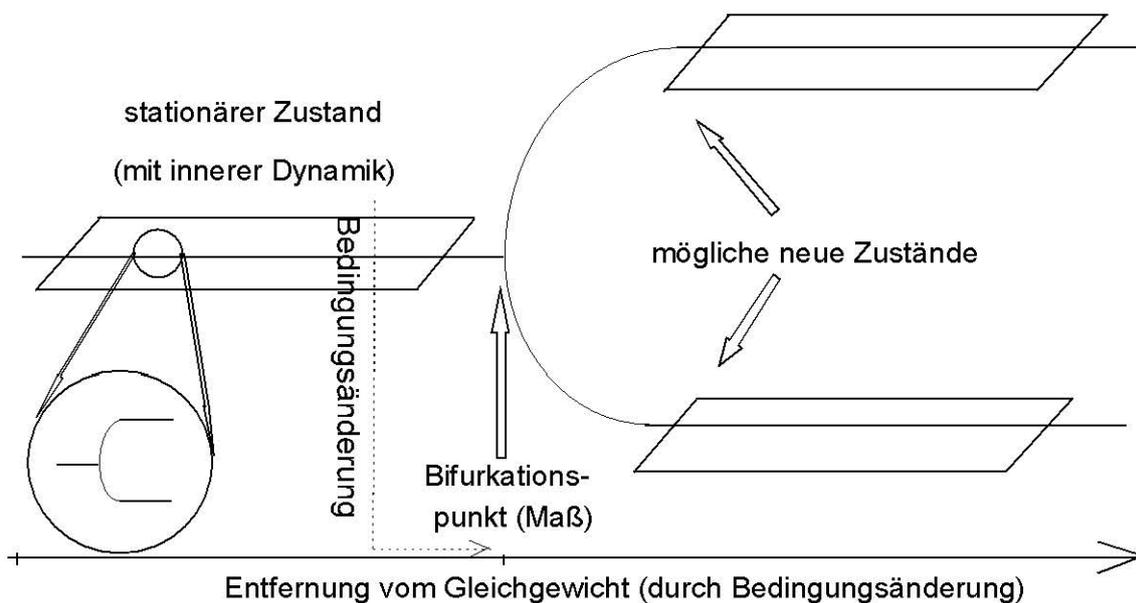


Abbildung 3.7: Sprung in eine neue Qualität nach dem selbst-organisierten Erreichen des kritischen Punktes (Maß der alten Qualität wird am „Bifurkationspunkt“ überschritten)

5. Eröffnen diese neuen Möglichkeiten wiederum neuen Wirklichkeiten eine Chance, so sprechen wir von **Höherentwicklung**.

Auf der Basis neuerworbener Eigenschaften vergrößert sich die Vielfalt ("Radiation"; Möglichkeitsfeld wird "breiter") und Geschwindigkeit (z.B. nach "Erfindung" der Sexualität, wodurch die Variantenvielfalt plötzlich stieg) der Evolution auf der neuen Stufe.

6. Ein Zyklus der Negation der Negation ist abgeschlossen, wenn sich die entstandenen neuen Systemeigenschaften mit denen vor dem qualitativen Sprung vergleichen lassen. Unabhängig vom Ergebnis (ob "niedriger", "gleich = stagnativ" oder "höher" entwickelt), sprechen wir dann von einem **Entwicklungszyklus**.

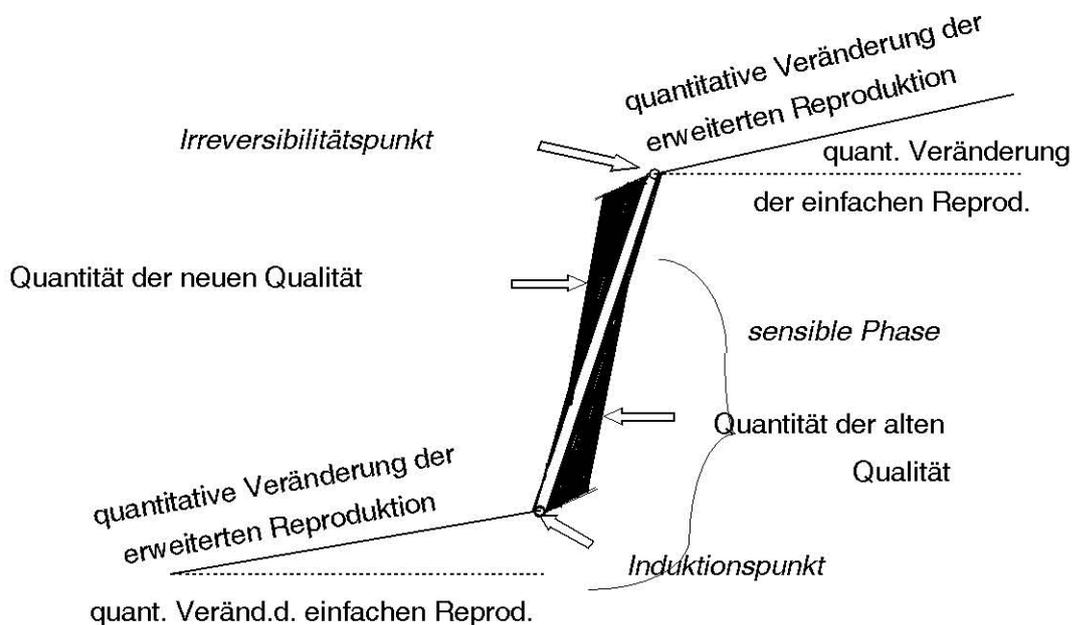


Abbildung 3.8: Qualitativer Sprung (nach Plesse 1982, S.91)

7. Für eine Höherentwicklung wie im Fall der zellularen Organismen müssen *Bedingungen* erfüllt sein:

- innere Plastizität (geeignete stoffliche Träger bestimmter und neuer Funktionen, Verhaltenselastizität),
- Gestaltung der neuen Lebensweise gemeinsam mit der Umgebung: die Umgebung muß sich mit verändern können, muß ausreichend vielfältig und elastisch in ihrer Qualität sein.

8. **Konkurrenz- und Kooperationsprozesse** ergänzen sich. Es findet z.B. Konkurrenz bei der Suche nach neuen relevanten Informationen und dem "Ausprobieren" von Varianten (vor und während des Sprungs) statt. Bei der

Realisierung des neuen Zustands ist ein geordnetes Wirken, eine Vereinfachung komplizierter Strukturen durch Kollektivität wesentlich (Steigerwald 1994, S.86; vgl. Soziabilitätsprinzip nach Novak 1973, S.476).

Konkurrenz als einziger wesentlicher Faktor würde nur eine Variable maximieren. Nach Ashby beruht die Existenz komplexer Interaktionssysteme aber gerade auf der Vermeidung der Maximierung einer Variable (nach Bateson 1985, S.176/177)

### *3.3.4 Größer und neu: die Mehrzeller*

Obwohl die Einzeller fast sofort nach der Entstehung der Erde und einer festen Oberfläche entstanden, dominierten sie über zwei Milliarden Jahre lang. Es ist eigentlich verwunderlich, daß es erst danach - und zwar wieder in rasant kurzen Zeiträumen in überwältigender Vielfalt weiterging. Dies hängt wahrscheinlich mit der dafür notwendigen Sauerstoffatmosphäre zusammen.

Den Vorteil und die Notwendigkeit von Mehrzellern kann man sich leicht vorstellen. Die Urzellen wuchsen und wegen der zunehmenden Oberflächenspannung kam es zu Teilungen, bei denen jeweils ein Teil der genetischen Information mitgenommen wurde. Es erwies sich dafür als vorteilhaft, daß auch Wachstums- und Teilungsaufgaben differenziert wurden.

Auch für die Entstehung der Mehrzeller widerstreiten Konzepte, welche die Vereinigung von Einzellern als Mechanismus sehen wollen mit denen, die eher eine Differenzierung bevorzugen. Bonik u.a. (1977) beschreiben einen möglichen differenzierenden Entwicklungsweg von mehrkernigen Einzellern zu Mehrzellern mit differenzierten Funktionen der einzelnen Plasmabezirke um jeden Kern.

Höhere Formen zeigen die Differenzierung in ihrer eigenen Ontogenese.

Bei einer Form der **Staatsquallen** gehen aus einem Polypen mehrere Nachkommen durch Knospung hervor, die innerhalb einer Kolonie von Polypen spezialisierte Aufgaben als Fangpolypen, Freßpolypen und Geschlechtspolypen ausführen. Im Film "Das Leben auf unserer Erde - Die unermessliche Vielfalt" (Attenborough 1991) wurde das anschaulich gezeigt.

Die Evolution der Mehrzeller kann vorsichtig abgeschätzt werden aus Vergleichen mit der Individualentwicklung von Organismen. Die befruchtete Eizelle teilt sich auch, der Zellhaufen unterliegt Verformungen und Ausdifferenzierungen der Funktionen der Zellen. Gerade anhand der Embryonalentwicklung wurden viele chemo-topologische Rückkopplungen erkannt und untersucht (Hemmung und

Aktivierung der Gene in den einzelnen Zellen durch das Milieu oder/und Variation der nichtkodierenden regulatorischen DNS). Einige Gene verändern sich im Laufe der Ontogenese sogar (Fischer 1980, S.99).

Bereits E. Haeckel verwendete bei der Suche nach den stammesgeschichtlichen Vorgängen die Analogie zur Keimesentwicklung eines höheren Lebewesens. Aus einer Eizelle entstehen nach der Befruchtung durch Furchung und Teilung mehrere Zellen, die sich schließlich zu Geweben zusammenfügen (Haeckel 1921, S. 35).

Die Furchungsprozesse können heute genauer untersucht werden (vgl. Ebeling 1983). Bereits Stolte betont hierfür:

„Im normalen Geschehen sehen wir also ein polar geteiltes Wirkungssystem als Grundlage normaler Entwicklung: Es ist dies die Struktur des schöpferischen Systems, das auf Grund polarer Spannungen zu größerer Mannigfaltigkeit und höherer Leistung führt“  
(Stolte 1953, S.10).

Ernst Haeckel untersuchte besonders intensiv **Medusen** und andere niedere Lebewesen, bei denen die Gewebedifferenzierung erst begonnen hat.

In dem oben bereits erwähnten Film werden nach den einfachen Zellanlagerungen (Volvox) die **Schwämme** genannt, bei denen bereits Arbeitsteilung vorliegt. Je nach örtlicher Lage im Schwamm übernehmen die Zellen verschiedene Aufgaben (Strudeln, Fressen, Verstärkung...). Die Abbildung eines Glasschwammes erinnerte stark an Strukturen, wie sie selbstorganisierende Muster ausbilden.

Hier wurden dissipativen Prozessen durch Konservierung über verfestigte Molekülstrukturen und Kalkablagerungen Dauer verliehen.

Die Selbstorganisationswirkung der Kalkeinlagerungen gehen sogar noch weit über die Zellkolonie hinaus.

J. Lovelock bietet eine Erklärung dafür an, warum trotz ständiger Zuführung von Salz aus den Flüssen der Salzgehalt der Meere ständig unterhalb eines für Lebewesen kritischen Wertes gehalten wird (Lovelock 1993, S. 139ff.):

In den Lagunen wird das Salz "ausgeschieden", indem in ihnen das Wasser verdunstet. Die Lagunen selbst entstehen vor allem durch Barrieren an den Rändern der Meere, die durch Ablagerung von Kalziumkarbonat entstehen. Diese Ablagerungen stammen von einer Vielzahl von Organismen. "Ohne jegliche Planung oder Vorausschau hätten sich (nach dieser Annahme, A.S.) die Bausteine dieser lebenden Strukturen, die Kalkstein-Stomatolithen, vor den Küsten aufgetürmt und am Ende die Lagunen abgedichtet..." (Lovelock 1993, S.154).

Diese geophysiologischen Möglichkeiten geben ein neues Bild vom Wirken des Lebendigen auf der Erde. "Alle Schritte von der individuellen Verringerung der Kalzium-Ionen innerhalb der Zellen lebender Organismen bis hin zu den Erdplattenbewegungen (die durch die Ablagerungen letztendlich beeinflusst werden, A.S.) zielen darauf ab, die für die Organismen zuständige Umgebung zu verbessern"

(Lovelock 1993, S.155).

Ein anderes faszinierendes Beispiel ist der Selbstschutz der Korallen vor der Zerstörung durch brandende Meereswellen: Die Korallen-Mikroorganismen sondern eine fettige Substanz ab, die eine monomolekulare Substanz auf der Meeresoberfläche bildet. Die dadurch veränderte Oberflächenspannung verändert die Länge der Wellen (Lovelock 1993, S.169) zugunsten der Korallen.

Neben der Beeinflussung der Gewässer bilden die Bakterien und Algen auch die Grundlage für globale Klima"kontroll"systeme (Lovelock 1993, S. 194ff.).

Tatsächlich ist das massenhafte Wirken dieser kleinsten Lebewesen bisher grundlegender für die geophysikalische Umgestaltung des Planeten Erde gewesen als die Entwicklung aller höheren Pflanzen und Tiere.

Erst die Menschen kommen an diese Gestaltungs- (oder Zerstörungs-) Kraft wieder heran.

Diese *weiterhin existierende Bedeutung der "niedrigsten" Ebene des Lebendigen* dürfen wir nie außer Acht lassen, wenn wir die Evolution einiger ihrer Vertreter zu neuen, höheren Formen des Lebendigen verfolgen.

Insgesamt ist die Wechselwirkung der verschiedenen Ebenen für die biotische Evolution wesentlich. Wenn wir aus der Vielfalt der verschiedenen Ebenen oder auch auf einer Ebene Teile "herausschneiden" müssen, so müssen wir uns der Schnittstellen immer bewußt bleiben. Sie müssen in der Gesamtbetrachtung wieder einbezogen werden.

Trotzdem ist es möglich, einzelne Ebenen voneinander zu unterscheiden. Auf verschiedenen Ebenen der Organisation des Lebendigen wirken jeweils spezifische Gesetze, deshalb können die biotischen **Bewegungsformen** unterschieden werden. Plesse und Mitarbeiter (Plesse u.a. 1982, S.57) unterscheiden den

- Organismus, die
- Population, die
- Biozönosen und das
- Biostroma (vgl. auch *Abbildung 3.3*).

Angesichts unserer Erkenntnisse über die Rolle der Wechselwirkung mit dem Anorganischen sollten wir u.a. W.N.Sukatschew (nach Kamschilow 1977, S.82) folgen, indem wir die Biogeozönosen nicht vergessen (ohne daß in ihnen nur biotische Gesetze wirken). Biogeozönosen sind geographisch begrenzte, typische Gesamtheiten wie: Meere, Deltas, Küstenstreifen, Bäche, Seen, Wüsten, Tundren, Wälder usw.

Um die spezifisch biotischen Prozesse der Entwicklung des Lebendigen zu verstehen, dürfen wir die Evolution des Lebendigen nicht auf die Neuronalentwicklung reduzieren, wie es bei Ebeling und Feistel (Ebeling/Feistel 1994,S.166f.) ab einer bestimmten Entwicklungsstufe getan wird. Hier wird die Evolution nur vom Ergebnis des Menschen her gesehen. Und dieser wird als bewußtseinsbegabtes Wesen auch noch einseitig auf seine neuronalen Voraussetzungen fixiert. Nicht das "Gehirn" allein macht den Menschen zum Menschen, sondern seine spezifische Lebensweise, die Arbeit und erst in diesem Zusammenhang auch seine biotische und neuronale Konstitution.

### ***3.4 Die Evolution des Lebendigen***

*Naja, auf der Erde gab es Eiweißsysteme,  
und auf ihrer Informationsgrundlage  
entwickelten sich die Elektronenkristall-  
systeme. Die Evolution geht weiter.*

*Sawtschenkow in "Das dreifache Ich"*

#### ***3.4.1 Fossilien erzählen die Geschichte***

Die Mehrzeller leben und entwickeln sich auf der Basis des grundlegend übereinstimmenden genetischen Codes und prinzipiell gleichartiger biochemischer Reaktionen im Innern. Diese Gemeinsamkeiten wurden durch die Differenzierung der Ur-Zellen nicht mehr aufgehoben.

Es entstanden jedoch neue Unterschiede.

Bereits im ***Kambrium*** (vor 570 Millionen Jahren bis vor 505 Millionen Jahren) entstanden alle Tierstämme. Innerhalb von 100 Millionen Jahren entstand eine Fülle von Nesseltieren (ohne innere Organe), Würmern (mit Augen und Nervensystem), schließlich Schnecken, Muscheln, Tintenfische und Stachelhäuter (Weichtiere). Man sollte nicht denken, daß z.B. Würmer sehr primitiv seien. Die Entwicklung des Auges nimmt hier bereits ihren Anfang. Nachdem bereits manche Einzeller lichtempfindliche Flecken ausgebildet hatten, entwickelten die Plattwürmer Höhlungen, aus denen heraus bereits eine Art schemenhaftes Bild er-

kennbar sein konnte. Zur Entwicklung einer Linse brauchte dann nur noch ein kleines durchsichtiges Häutchen hinzukommen (Wesson 1995, S. 86).

Über die konkreten Entwicklungsmechanismen in diesem Stadium können nur vage Aussagen gemacht werden. Wir können die Fossilien und noch lebende Vertreter „einfacher“ Tierstämme und Arten betrachten, ihre Morphologie, Lebensweise usw. studieren und vergleichen. Aus der Formenreihe Verwandtschaftsverhältnisse abzuleiten erfordert jedoch zusätzliche Annahmen. Ein geeigneter Ansatz dafür ist m.E. die **Konstruktionsmethode** (siehe Peters u.a. 1974 und Bonik u.a. 1977).

Methodisch zeichnet sie sich dadurch aus, daß sie die Umkonstruktionen und Funktionswechsel in der Stammesgeschichte physikalisch und chemisch nachvollzieht und damit Argumente für eine bestimmte „Leserichtung“ der Formenreihe ausfindig macht. Die einzelnen Fossilien stehen dann nicht mehr nur nach strukturellen Merkmalen geordnet nebeneinander, sondern lassen sich durch interne Umwandlungsprozesse entsprechend *dem Evolutionsprinzip der Ökonomisierung* auseinander ableiten. Dies ist der Versuch der Re-Konstruktion der wirklichen Geschehnisse entsprechend physikalisch-chemischen Möglichkeiten (internes Funktionieren) und biotischen Erfordernissen (Nachkommenschaft, Nahrung usw.).

**Evolution** ist dabei „eine Folge des Wirkens physikalischer Gesetze und ... Folge der Tatsache, daß Organismen „Systeme“ sind, d.h. aus vielen veränderbaren Teilen aufgebaut werden, die durch ihre Interaktionen insgesamt mehr darstellen als ihre bloße Summe“  
(Bonik u.a. 1977, S. 657)

Frei bewegliche Lebewesen haben Vorteile, wenn sie ihr Antriebssystem besonders entwickeln, während festsitzende tierische Organismen ihr Fangsystem entwickeln müssen. Gutmann und seine Kollegen (Bonik, Peters u.a.) untersuchten die Entwicklung der Mehrzeller und fanden, daß die **Hohltiere**, **Plattwürmer** und schließlich die Lebewesen mit Leibeshöhle jeweils eine Folge der Ersetzung früherer Gallerte der Mehrzeller durch Flüssigkeiten und der Entwicklung einer entsprechenden internen und äußeren Bewegungs“hydraulik“ waren.

Die Leibeshöhle ermöglichte wiederum eine neue Verhaltensvielfalt, die zum Ausgangspunkt für weitere Radiationen wurde. So führte das Schlängeln zu einer vermehrten Längsmuskulatur und einer Rückensaite (**Chorda** als Vorläufer der Wirbelsäule), die Spezialisierung auf das peristaltische Kriechen führte zu **Weichtieren** und die **Gliederfüßer** wählten eine Kombination von Schlängeln und Kriechen (Bonik u.a. 1977).

---

Die Differenzierung führte dazu, daß sich Gene verschiedener Lebewesen nicht mehr vereinen lassen. Es bildeten sich **Arten**.

Im **Ordovizium** (vor 505 Millionen Jahren bis vor 438 Millionen Jahren) entstanden viele Formen von Moostierchen und riffbauenden Korallen. Pflanzen sind seit ca. 450 Millionen Jahren nachweisbar - allerdings bereits in differenzierten Formen, ohne eine Verbindung zwischen ihnen (Wesson 1995, S. 66).

Am Ende dieser Epoche fiel wahrscheinlich der Meeresspiegel und viele Familien und Gattungen starben aus.

Daraufhin nahm im **Silur** (vor 438 Millionen Jahren bis vor 408 Millionen Jahren) die Vielfalt wieder zu. In diese Zeit fällt das Ansteigen der Sauerstoffkonzentration auf mindestens 2%, was eine abschirmende Ozonschicht ermöglichte (Kandler 1981, S.191).

Viele neue Pflanzenstämme entstanden. Es entstanden die ersten **Wirbeltiere**.

Das **Devon** (vor 408 Millionen Jahren bis vor 360 Millionen Jahren) wird auch "**Zeitalter der Fische**" genannt. Knochenfische und Knorpelfische lebten in den Meeren. Die heute noch "lebenden Fossilien", die Quastenflosser, entstanden. Knochenfische hatten die Fähigkeit, auch gegen Flußströmungen anzukommen, die Wirbelsäule hat hier ihre Wurzeln. Diese Zeit war auch eine Blütezeit für Korallen und Trilobiten.

Daraufhin entstanden die ersten **Amphibien**. Auch die **Insektenähnlichen** und die ersten Gefäßpflanzen sind auf dem Land seit dieser Zeit nachweisbar.

Wiederum sank das Meer ab und es folgte ein Massenausterben.

Trotzdem eroberten im **Karbon** (vor 360 Millionen Jahren bis vor 286 Millionen Jahren) Insekten und erste **Reptilien** die Sumpfwälder. Die Reptilien profitierten davon, daß die Eier erstmals im Körper der Weibchen befruchtet werden. Das Ei ist dabei von einer Fruchtblase umgeben, in der sich eine salzige Flüssigkeit befindet. Die Reptilien nahmen den Ozean sozusagen im Ei mit an Land (Bylinsky 1982, S. 43). Allerdings ist die "Reptilwerdung der Amphibien" nicht mit Fossilfunden belegt. Es gibt sogar eine kleine Reptilart, die so alt wie die ältesten Amphibien zu sein scheint (Wesson 1995, S. 62).

Im **Perm** (vor 286 Millionen Jahren bis vor 248 Millionen Jahren) entstanden schließlich neue Insektenordnungen, neue Reptiliengruppen.

Auch die früher schon vorhandenen Arten, wie die Knochenfische oder die Ammoniten veränderten sich und differenzierten sich weiterhin aus.

Aber dann kam das (bisher) größte Aussterben aller Zeiten. 96% aller vorher vorhandenen Arten starben aus (Futuyama 1990,375).

Erhalten blieben vor allem Fische und das Lebendige auf dem Land.

Dieses große Aussterben trennt die Epochen unserer Zählung. Das Perm ist hier zu Ende und ebenfalls das sog. Paläozoikum, in dem alle bisherigen Epochen zusammengefaßt werden.

Jetzt begann das Mesozoikum mit dem **Trias** (vor 248 Millionen Jahren bis vor 213 Millionen Jahren).

Im Trias als "**Reptilienzeitalter**" entstanden die ersten Dinosaurier und Säugetiere.

Die vorher vereinten jetzigen Kontinente trennten sich und die "*Provinzialisierung*" des Lebendigen begann. Trotz aller Verschiedenheit ergaben sich in voneinander isolierten Gebieten oft erstaunliche Parallelentwicklungen (Bylinsky 1982, S. 65).

Das **Jura** (vor 213 Millionen Jahren bis vor 144 Millionen Jahren) steht im Zeichen der Saurier. Aus ihnen sollten später die Vögel entstehen.

Gleichzeitig entstanden aber die ersten primitiven Frösche, Salamander und Eidechsen. Die Wirbellosen entwickelten vielfältige äußere Schutzhüllen gegenüber den sich entwickelnden Räubern (*Ko-Evolution*).

In der **Kreide** (vor 144 Millionen Jahren bis vor 65 Millionen Jahren) nahm die Vielfalt - auch auf Grundlage der geographischen Trennung - weiter zu. **Schlangen** und **Vögel** entstanden.

Die Entstehung der Vögel ist noch nicht eindeutig erklärt. Der Archaeopteryx als oft zitiertes Zwischenglied zwischen Reptilien und den Vögeln wurde nur an einer einzigen Fundstelle gefunden und soll nur ein später abgebrochener Seitenzweig der Evolution sein. Kurze Zeit nach der Existenz dieser Wesen traten "fertige" Vögel bereits massenhaft auf. Federn und die Möglichkeit zu fliegen gab es lange Zeit vorher bereits. Der Fortschritt der Vögel beruht eher auf der hohen Stoffwechselrate, dem vierkammrigen Herz und dem System aus Luftsäcken und Röhren (Wesson 1995, S. 262). Aufgrund dieser Vorteile gab es dann auch bald nichtflugfähige Vögel mit diesen Merkmalen.

Es entstanden **Blütenpflanzen** und die Vielfalt der Insekten nahm zu (in Ko-Evolution mit den Blütenpflanzen; außer bei den Orchideen, die sich einseitig an die Insekten anpaßten).

Das Ende der Kreidezeit wurde von dem zweitgrößten Massensterben eingeleitet. Jetzt starben ca. 75% aller Tierarten aus (Wesson 1995, S. 264), darunter alle Saurier außer den Vorläufern der Krokodile und der Vögel. Dadurch erhielten Lebensformen eine Chance, die vorher keine Chance hatten - unter anderem die Säugetiere. Diese erwiesen sich also nicht im direkten Vergleich mit den Sauriern als "geeigneter", sondern konnten lediglich die rapiden Umweltveränderungen besser verkraften und dabei die frei gewordenen Nischen der gestorbenen Arten nutzen.

Die Ursachen für dieses Massenaussterben sind nicht genau bekannt. Es wird spekuliert über außerirdische Objekte - aber die gefundene Iridiumanreicherung könnte vielleicht auch durch irdische Prozesse erklärbar sein (Erben 1983, S.424). Nachweisbar ist eindeutig eine Klimaveränderung. Das Aussterben geschah nicht sofort, sondern in längeren Zeiträumen (30 000 Jahre bis 50 000 Jahre nach Hsü 1983, S.77 oder innerhalb von 2 Millionen Jahren nach Erben 1983, S.424).

Das nun beginnende Känozoikum umfaßt das **Tertiär** (vor 65 Millionen Jahren bis vor 2 Millionen Jahren) und reicht mit dem **Quartär** ( vor 2 Millionen Jahren bis heute) in die heutige Zeit hinein.

Blütenpflanzen wurden vielfältiger; die Insekten ebenfalls.

Das Klima wurde kühler und brachte neue Biogeozönosen (Savannen) hervor.

Die Entwicklung der "**höheren**" **Arten** war ebenfalls von vielen Radiationen geprägt und immer wieder starben einige der Arten, Stämme und Gattungen aus. Diese Entwicklung kann ich im Einzelnen hier nicht mehr weiterverfolgen.

Die Entwicklung der **Menschen** könnte vor ca. 14 Millionen Jahren begonnen haben und vor ca. 4 Millionen Jahren zu ersten qualitativen Ergebnissen geführt haben (Fossilienfund "Lucy"). In dieser Zeit brachte ein Klimaumschwung 12 Millionen lang eine starke Trockenheit mit sich, in der viele Säugetiere zurück ins Meer fanden. Elefanten, die damals zurück zu den Meeresküsten kamen, weinen z.B. salzige Tränen, wie es auch andere Meeressäuger tun, um das Salzwasser auszuschcheiden. Ihre Milchdrüsen sind weit oben am Körper angesiedelt und die Vagina ist beim Weibchen nach vorn verlagert, weil ein lungenatmendes Säugetierjunges nach der Geburt schnell an die Wasseroberfläche gelangen muß.

Genau diese Merkmale zeichnen auch den Menschen gegenüber allen anderen Primaten aus (nur die uns am verwandtesten Bonobos zeigen teilweise ähnliche Merkmale)! Weitere Hinweise, wie die nach der Geburt sofort schwimmen könnenden Babys, die typisch stromlinienförmige Behaarung der Menschen-Föten, die Fettschicht unter der Haut, Schwimmhautrudimente beim Menschen und die Abhängigkeit von Mondrhythmen sind Eigenschaften, die den Menschen von Primaten unterscheiden und die sie gemeinsam mit Meeressäugern haben (Weiler 1994). Der Verlust des Fells (bis auf die aus dem Wasser ragende Kopfhaut) und der aufrechte Gang (im flachen Wasser) kann recht natürlich durch ein wassergebundenes Leben der Vorfahren der Menschen in diesen 12 Millionen Jahren erklärt werden.

Die erstaunliche Tatsache, daß Meeressäuger im allgemeinen sehr intelligent sind (Wesson 1995, S. 322) weist darauf hin, daß *hier im (flachen) Meer auch der Anstoß für die Intelligenz-entwicklung der Menschen* gegeben wurde. Die bisherigen "Begründungen", daß das Leben in den Bäumen /oder der Savanne besondere Intelligenz gefördert habe, sind nicht stichhaltig, da andere Baum- und Savannenbewohner durchaus gut ohne diese Intelligenz auskommen - ganz im Gegensatz zu den Meeressäugern und den Elefanten, die die Trockenzeit im Pliozän ebenfalls an den Meeresküsten verbracht haben!

Die **Eiszeiten** seit ca.2 Millionen Jahren führten zu Standortwechseln eines Großteils der Flora und Fauna. Nur besonders große Tiere starben in den letzten Jahrzehntausenden aus (was auch zu einer Veränderung der Pflanzenwelt, die an diese Tierpopulationen angepaßt waren, führte - und umgekehrt.)

Durch die Schwankungen der Temperatur vollzogen sich geographisch bedingte Isolierungen und Neukombinationen der Ökosysteme.

Diese waren also eigentlich nie in einem richtigen Gleichgewicht.

Das Wirken der Menschen hat seit Beginn ihrer tätigen Existenz als Ackerbauern zu weiteren einschneidenden Veränderungen geführt, die an dieser Stelle nur indirekt eine Rolle spielen.

Das Verständnis der Rolle der Arbeit als tätige Einflußnahme und Beteiligung am Wechselverhältnis der verschiedenen Formen des Lebendigen (verkürzt: das Mensch-Natur-Verhältnis) wird hier durch die Betrachtung der "ungestörten" oder der noch von ihren schöpferischsten Möglichkeiten un-"entbundenen" Naturkräfte (Ernst Bloch) vorbereitet.

### 3.4.2 Ist der Darwinismus noch aktuell?

In vielen populären Veröffentlichungen über die Biologie ist der "Darwinismus" wieder zum Kampfbegriff geworden (vgl. über die Debatten zum Darwinismus besonders Mayr 1994). Hier wollen wir von den Leugnern der Evolution absehen. Aber auch um seine eigenen Erkenntnisse zu Gehör zu bringen, ist es modern geworden, die eigenen Ansichten gegen den "Darwinismus" zu stellen. Eine beliebte Methode ist dann das Aufstellen von Behauptungen über den "Darwinismus", die man leicht widerlegen kann. Aus Darwins umfangreichem Lebenswerk ist es kaum möglich, "den einen" Darwinismus herauszuschälen. Deshalb können vereinzelte Zitate für fast jede Meinung herhalten.

Zu unterscheiden ist zwischen zwei Theorien. Zuerst muß **die Theorie der gemeinsamen Abstammung** genannt werden, die von fast allen Biologen zeitig übernommen wurde. Sie sagt etwas aus über das Vorliegen von Abstammungsverhältnissen.

Die **Theorie der natürlichen Auslese** sagt als zweites etwas über den konkreten Mechanismus der Veränderungen aus, die zur Evolution führen. Sie unterliegt ständig vielen konkreten Untersuchungen. Je nach der Auswahl der dabei betrachteten Zusammenhänge sind die Erkenntnisse mehr oder weniger vollständig.

Werden dann einzelne Erkenntnisse verallgemeinert, ergeben sich Interpretationen "des" Darwinismus, die aus einer jeweils anderen Sicht zumindest ergänzungsbedürftig sind.

Interpretationen des Darwinismus, die einen Automatismus einer ständigen Höherentwicklung ableiten wollen, sollten z.B tatsächlich kritisch hinterfragt werden.

Sehr erfolgreich hinterfragt Stephen Jay Gould diesen einseitigen Fortschrittsoptimismus. Unter anderem in der Gesamtschau über Entwicklung im "Leben und Kosmos" des Specials der Zeitschrift "Spektrum der Wissenschaft" (1994, S.52-60) attackiert er diese Sicht: "Höherentwicklungen waren aufs Ganze gesehen sehr selten."

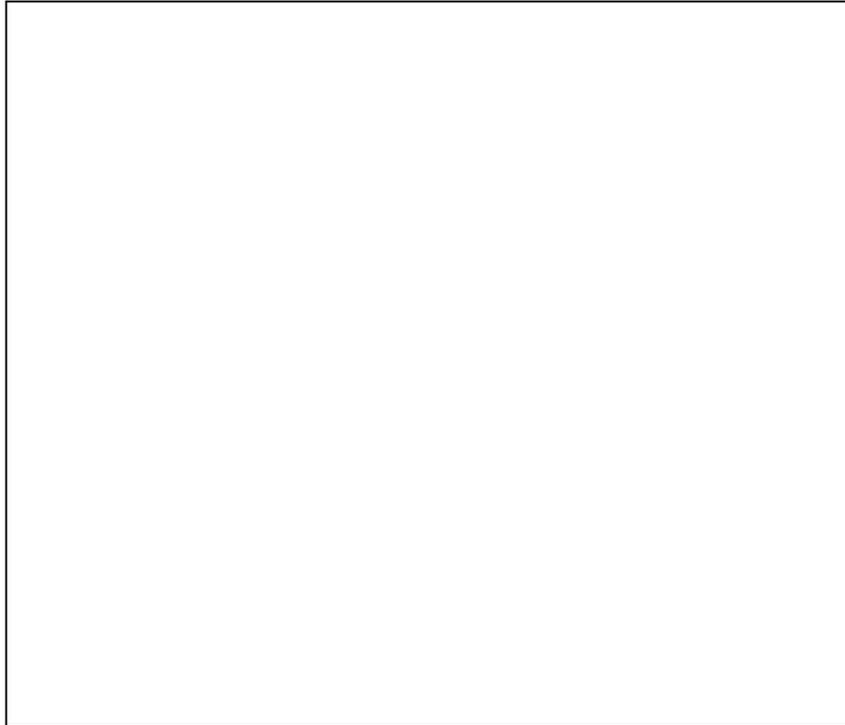


Abbildung 3.9: Die Häufigkeit der verschiedenen Lebewesen: „Höheres“ Leben ist vergleichsweise selten (nach Gould 1994, S.54)

Ob eine Einseitigkeit, die einer Einseitigkeit entgegengestellt wird, die wahren Verhältnisse trifft, ist fraglich. Sie regt aber zum Nachdenken an.

Gould hinterfragt in diesem Zusammenhang die seiner Meinung nach zu sehr betonte Rolle der Selektion als Evolutionsfaktor. Er betont demgegenüber die Vielfalt der Wechselwirkungen und die Rolle des Zufalls in Form von Störungen oder gar Katastrophen, die "normale" gesetzmäßige Entwicklungspfade gar nicht zugelassen haben.

Auf den folgenden Seiten werde ich diese Punkte nicht erschöpfend "abarbeiten" können. Ein Aufgreifen wichtiger Zusammenhänge der Evolution des Biotischen in seinen verschiedenen Ebenen und deren Wechselwirkungen wird aber zu diesen Kritikpunkten konstruktiv zurückfinden.

### 3.4.3 Das Wechselspiel der Ebenen

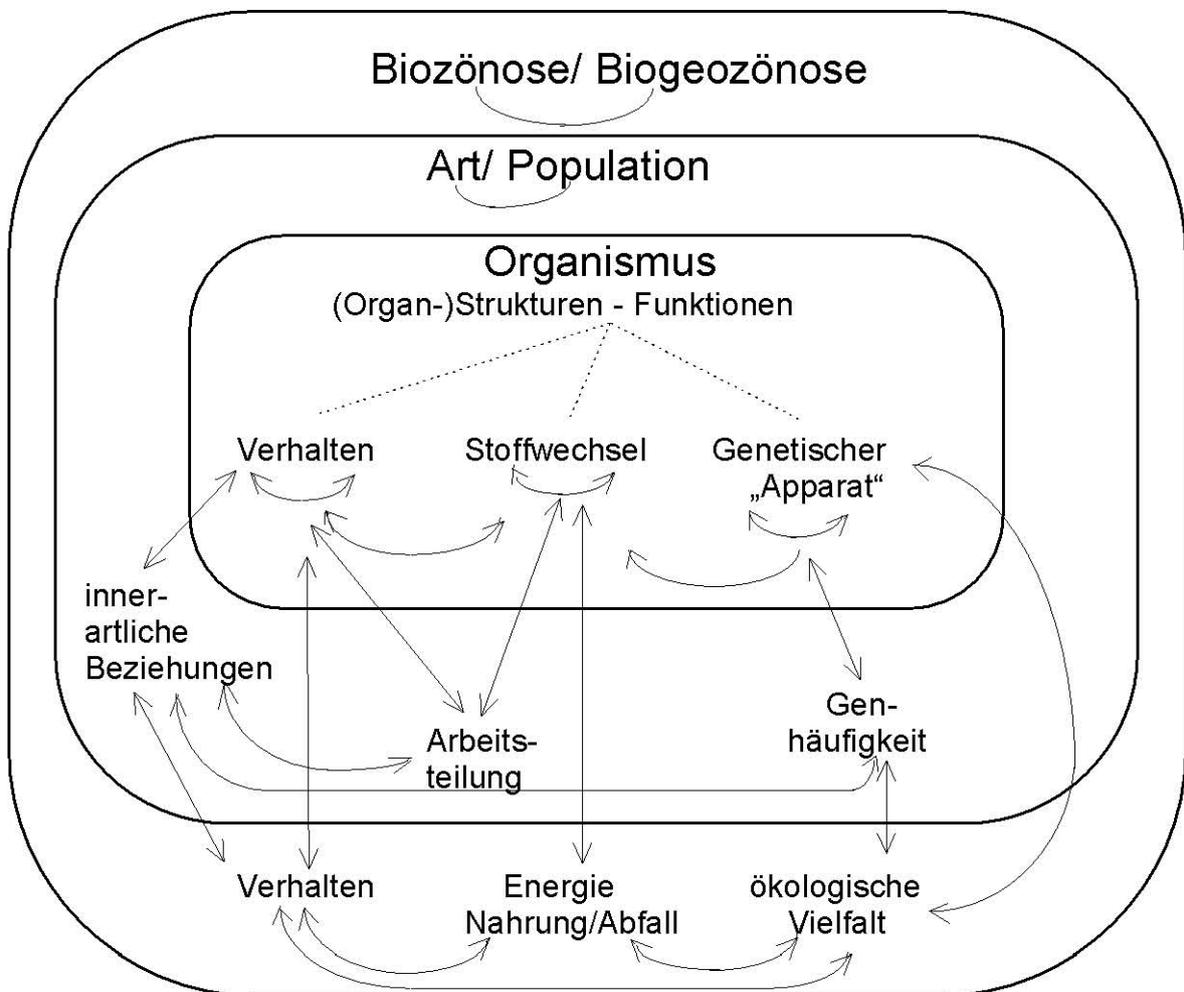


Abbildung 3.10: Einige Wechselwirkungen innerhalb und zwischen den Strukturebenen im Biologischen

#### 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 Reduplikationsapparats 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 Beutewolf 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 entstände, 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" (Kamschilow 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 Sich-fortpflanzen 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 "Kanalisierung" 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 Stoffwechsellleistungen (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 "geleitet". 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 An Schub 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 Säugtiere 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 Sauerstoffproduktion 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 Evolutionschübe, 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 Ressourcennüternutzung 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*.

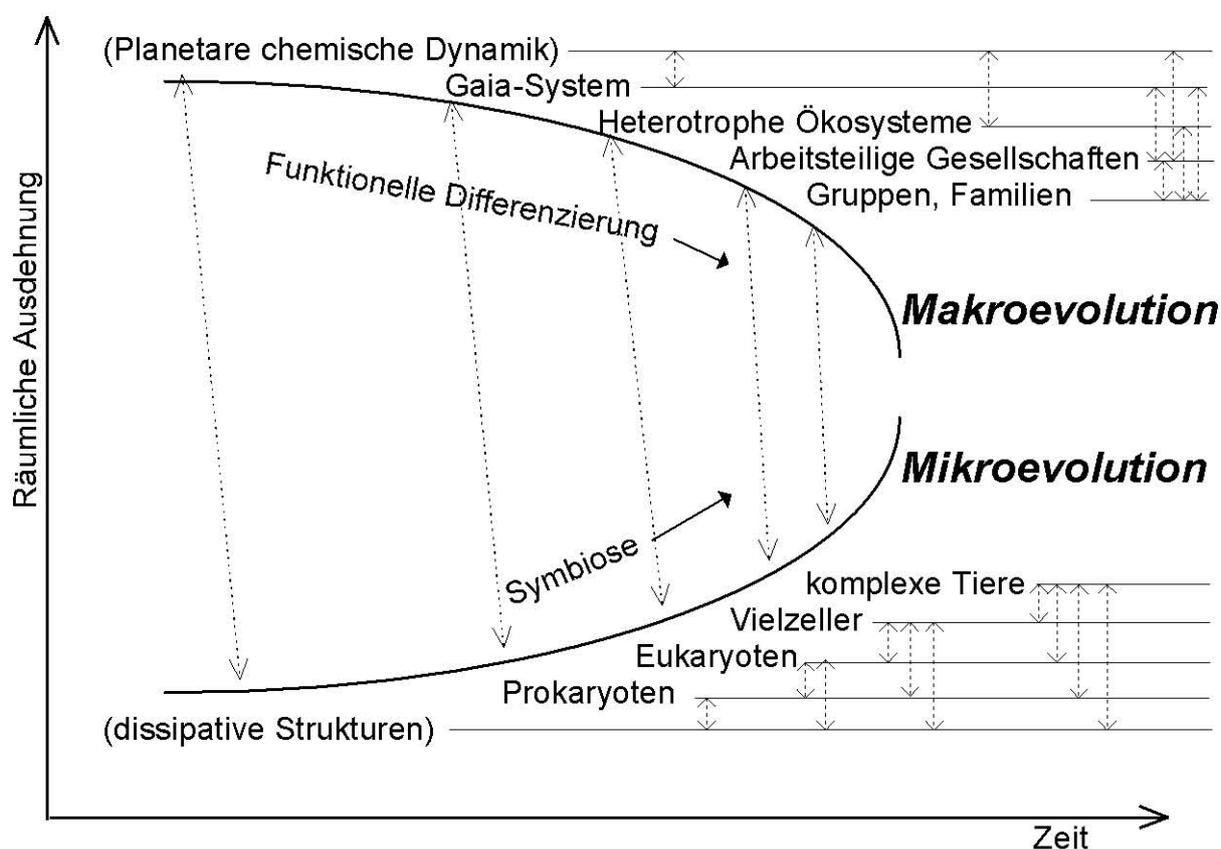


Abbildung 3.11: *Ko-Evolution von Mikro- und Makroobjekten* (nach Jantsch 1988, S.189)

*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, Waldbrand-ökologie: 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 biotischen 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 -triebkräfte eigenständig untersucht werden müssen, daß es gesellschaftliche Gesetzmäßigkeiten gibt, die nicht aufs Biotische reduziert werden können.

Die Verhaltensbiologie selbst untersucht *biosoziale* Zusammenhänge. Diese Biosozialität 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 allein eigenen Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten 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 Lese- 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).

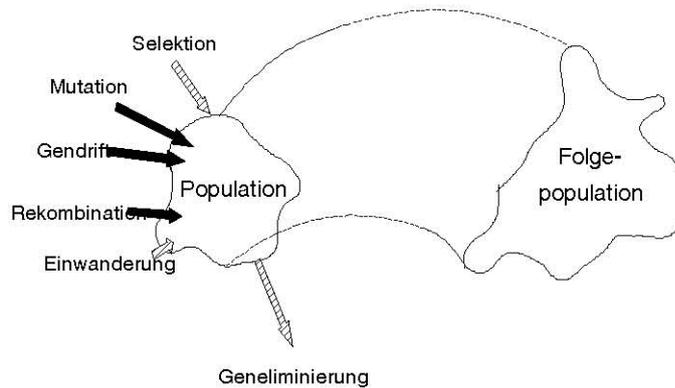


Abbildung 3.12: Einige der auf die Population einwirkenden Evolutionsfaktoren

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 Phylogenese 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, Biozöosen, Biogeozöosen).

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 Biogeozone: Widerspruch zwischen unbegrenztem Reproduktionsvermögen und den begrenzten materiellen Ressourcen (Kamschilow 1977, S.195),
- auf der Ebene der Biozone: 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), worunter durchaus auch die "höheren" Einheiten wie Population/Art, Biozönose, Biogeozönose 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 Biogeozönosen (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 mitmischt. 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 "oprimierten 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.

### 3.5.3 Der "Kampf ums Dasein" in der "ökologischen Harmonie"

Menschliches Erkennen widerspiegelt die Umwelt niemals völlig voraussetzungs- und vorurteilslos. Die denkende Vernunft kann sich bemühen, die verschiedenen Sichtweisen überlegend und abwägend in eine sinnvolle Beziehung zu stellen. Einseitige Urteile widerspiegeln oft unbewusste Prägungen des Denkens. Dies ist bei den beiden Extremen des ökologischen Denkens auch der Fall.

Im Fernsehen wurde vor kurzem wieder massiv für eine Videosammlung geworben, in der das Fressen und Gefressenwerden in den Mittelpunkt der Natur- und Tierbetrachtung gestellt wurde. Alle Lebensäußerungen sind dabei aus der Sicht des Beutemachens oder des Schutzversuches interpretiert. Die Legitimation für diese Interpretation sucht man sich bei dem "Kampf ums Dasein" nach Darwin zu holen.

Darwin selbst nimmt dazu Stellung. Er will diese Floskel verstanden wissen als "*Abhängigkeit der Wesen voneinander*" (Darwin 1980, S. 76). Dies ist fast das Gegenteil dessen, was daraus gemacht wurde.

Seine Evolutionstheorie zeigt auch inhaltlich den Fehler der damit verbundenen Ansichten: Während der "Kampf ums Dasein" in der allgemeinen Lesart zwischen den verschiedenen Arten stattfindet, bezieht sich Darwin auf die sich in der Nachkommenzahl und -qualität ausdrückende Fitneß. Und diesbezüglich findet der heftigste Kampf zwischen den Individuen und Varianten derselben Art statt (ebenda S. 73). Wer sich mit den meisten und variablesten Nachkommen in das Band der Generationen einflieht, gehört zu den Tendenz-Trägern der Evolution.

Die Evolution ist kein "Null-Summen-Spiel", bei der ein Starker sich einfach nur gegen den Schwachen durchsetzt. In der Realität gibt es eine Ko-Evolution von allen beteiligten Organismen, den Populationen (z.B. beim Räuber-Beute-Problem) und Arten.

Gould erwähnt gern die Bakterien, die seit Beginn des einzelligen Lebens unverändert geblieben sind und trotz ihrer geringen Komplexität durch ihre Massenwirkung enorme Umwelteinflüsse (Klimaregelung...) haben. Nach ihm ist das hervorstechendste Merkmal es Lebens die enorme Stabilität des Bakterienreiches (Gould 1994, S. 56).

Dieses Bakterienreich hat sich aber nur so lange gehalten, weil es sich eingebracht hat in die Wechselwirkungen der Biogeozönose.

Ohne die sich entwickelnden sauerstoffverbrauchenden Mehrzeller wären die einfachsten Einzeller (Prokaryoten) am Sauerstoff "erstickt"!

Das Abschneiden alternativer Entwicklungsmöglichkeiten, der "Verlust einstigen Reichtums" (Gould 1994, S. 58) durch das Aussterben der Träger bestimmter Merkmale setzt ökologische Nischen frei für andere Lebensformen, deren Radiation neue Möglichkeitsfelder eröffnet. Der Verlust an internen Gestaltungsmöglichkeiten durch Tradierung und Konservierung einmal gebildeter Merkmale wird evolutiv genutzt bei den darauf aufbauenden weiteren Innovationen. Insofern ist nur durch diesen Verlust Evolution möglich. *Zur Stabilisierung des jeweiligen Neuen gehört der Verlust der anderen, nichtstabilisierten Versuche, Neues hervorzubringen, dazu.* Die Evolution ist dadurch nicht blockiert, sondern wird *geöffnet für Neues auf einem neuen Niveau.*

Diese Öffnung jedoch wäre nicht möglich, wenn sich das Lebendige in reinen, geschlossenen Kreisläufen vollziehen würde, wie es von Vertretern der absoluten "ökologischen Harmonien" immer wieder als ökologisches Vorbild für menschliches Verhalten suggeriert wird.

Gegen die Kampf-Verabsolutierer schrieb Darwin:

"Man könnte auch sagen, eine Pflanze *kämpfe* am Rande der Wüste mit der Dürre ums Dasein; obwohl man das ebenso gut so ausdrücken könnte: sie *hängt* von der Feuchtigkeit *ab*." (Darwin 1980, S. 76).

Aber ohne dieses Naß geht sie ein, wenn sie so kampflos-passiv ergeben würde und sich nicht durch stammesgeschichtliche Variationen so verändern würde, daß sie auch Dürrezeiten übersteht.

Genauso falsch wäre also auch die Verabsolutierung einer statischen Harmonie, eines sich gegenseitig blockierenden Aneinander-Klammerns.

Die gegenseitige Abhängigkeit enthält den Aspekt der harmonischen Übereinstimmung nur in einer gemeinsamen Bewegung, die auch immer den Verlust früherer Zustände mit sich bringt.

### 3.5.4 Entwicklung als Höherentwicklung

Inwieweit Entwicklung eine fortschreitende Höherentwicklung darstellt, ist umstritten. Es werden tatsächlich manchmal ungerechtfertigte "Linien" in die verschlungenen Pfade der Evolution hineingedeutet, die dann als berechtigt kritisiert werden.

Einzelne konkrete "Regeln" können einseitig sein und nicht das Wesen der Höherentwicklung erfassen. Bei der Wiederlegung solcher "Regeln" ist nicht die Höherentwicklung überhaupt widerlegt.

Der Trend der wachsenden Körpergröße bei Säugetieren ist z.B. zwar weit verbreitet, aber kein absolutes Kriterium für den Entwicklungstrend.

Gegen die Vorstellung einer kontinuierlichen Höherentwicklung steht die Tatsache, daß bei den Fossilformen keine konstante Rate des Fortschreitens in irgendeine Richtung gefunden werden konnte. Typischerweise sind hier Perioden des Wandels von langen Perioden offensichtlichen Stillstands unterbrochen (Fukuyama 1990, S.415, vgl. dazu auch Gould). Dies ist aber auch nicht unbedingt gegen jede Höherentwicklung und präzisiert die Erkenntnis über die Art und Weise ("Treppenform") der Evolution.

Eine andere Warnung vor unberechtigter Richtungsbestimmung der Höherentwicklung ist die vor einer Illusion aus der Retrospektive (Fukuyama 1990, S. 415). Demnach greifen wir aus dem komplexen Verzweigungsmuster oft diejenigen Linien heraus, die zur Gegenwart führen und ignorieren alle, die die jeweiligen Merkmale nicht haben. Das geschieht vor allem, wenn Evolution nur als ein "Hinwachsen zum Menschen" betrachtet wird. Das deshalb oft hervorgehobene Anwachsen der Informationsverarbeitung, des Nervensystems ist in Wirklichkeit biologisch recht einseitig, denn Lebewesen sind nicht nur informationsverarbeitende Systeme.

Recht prägnant ist die „Lehre“, die Gould an dem Beispiel eines häufigen Irrtums zieht. Seit ich seinen Artikel dazu gelesen habe, habe ich in meinem Bekanntenkreis häufig die Frage gestellt: „Was entstand zuerst: die Schwimmblase oder die Lunge?“ Regelmäßig erhielt ich die Antwort: „Die Schwimmblase, weil sich doch die Lunge erst aus ihr entwickelt hat.“ Ohne Nachfrage wird oft dazu erklärt: „Die höheren Lebewesen haben alle eine Lunge, während die niederen Fische eben noch keine haben“.

Tatsächlich führt auch Darwin noch die Entwicklung der Lunge aus der Schwimmblase als typisches Beispiel für eine mit Funktionswechsel verbundene Entwicklung auf. Glücklicherweise hatte ich beim Schreiben des entsprechenden

Abschnitts für dieses Buch schon weitere Literatur zu Rate gezogen und diesen Irrtum nicht übernommen. Tatsächlich wurden bereits seit längerem Lungenfische aus einer so frühen Zeit gefunden, zu der sie noch nicht vermutet wurden.

Nun kann man die gesamte Entwicklung der Fische vordatieren, um auf frühere (aus ihnen entstandene) Lungenfische zu stoßen - allerdings kommt man da in Datierungsschwierigkeiten.

Einen anderen Vorschlag diskutiert Gould im Zusammenhang mit sehr grundsätzlichen Überlegungen: Das Vorhandensein von Lungen bei „höheren“ Lebewesen muß nicht heißen, daß Lungen selbst „höher“-entwickelt als Schwimmblasen seien. Es kann durchaus auch sein, daß sich die Schwimmblasen erst aus den vorher vorhandenen Lungen entwickelt haben!

Die *Abbildung 3.13* zeigt links die „alte“ Vorstellung der stufenweisen Höherentwicklung. Rechts ist die alternative Denkweise dargestellt, die nicht nur Zeitmaße variiert, sondern ein gänzlich anderes Bild einer offenen Evolution bietet. Eine Höherentwicklung gibt es hier durchaus auch. Die stammesgeschichtliche Reihenfolge ist ausgehend von lebenden Formen durchaus über qualitative Stufen zurückzuverfolgen.

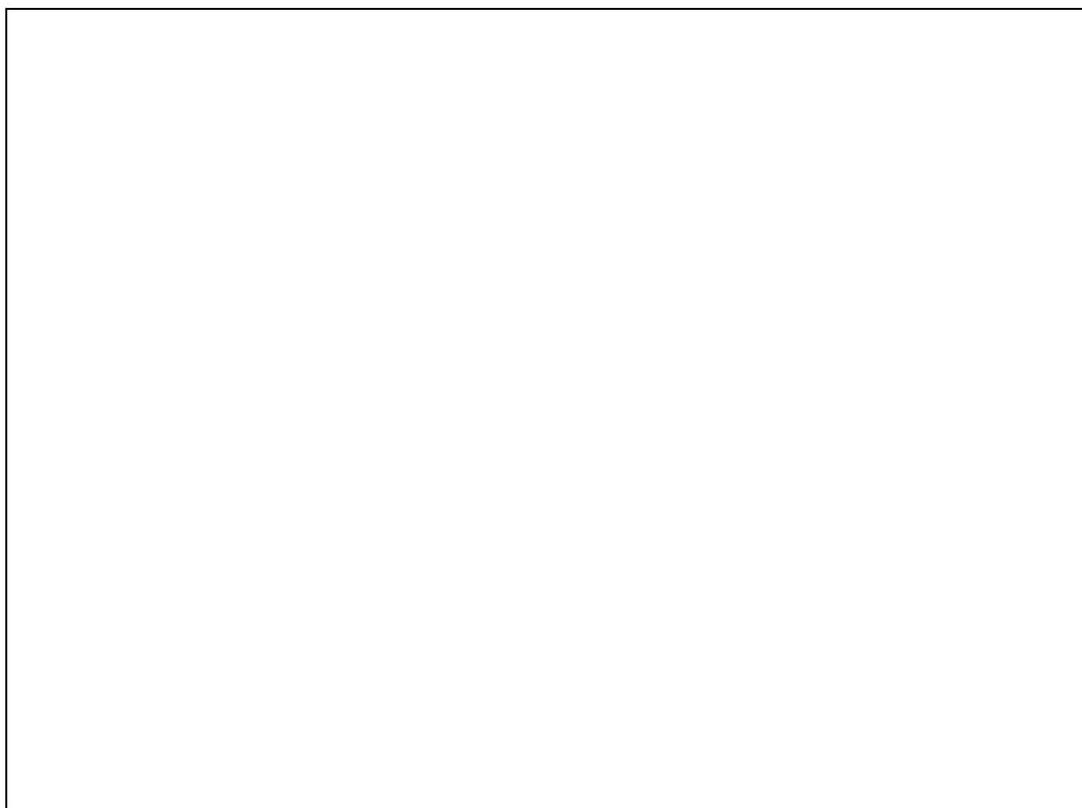


Abbildung 3.13: Höherentwicklungs-Modelle nach (Gould 1990, S.121)

Ein anderer wichtiger Punkt ist die Anschauung der Evolution als "Optimierung" oder "Anpassung". Dies würde eine nicht vorhandene Vorausschau erfordern. Aber die natürliche Auslese sagt nicht den globalen Fortschritt vorher, sondern erreicht lediglich eine *Adaption an lokale Umgebung* (Gould 1991, S. 108) und gleichzeitig deren Veränderung. Erst die Wechselwirkung bringt eine Höher-Ko-Evolution, nicht die "Auslese" an einem einzelnen Objekt.

Tatsächlich jedoch gibt es auch Hinweise auf reale Trends:

Nach Sepkovski (nach Fukuyama 1990, S. 401f.) lassen sich drei sich überlappende "evolutionäre Faunen" voneinander unterscheiden.

- ◆ **Fauna des Kambriums** (vor 600 Millionen Jahren bis vor 300 Millionen Jahren): maximal 100 Familien
- ◆ **Fauna des Paläozoikums** (vor 500 Millionen Jahren bis vor 200 Millionen Jahren): max. 400 Familien
- ◆ **Fauna der Neuzeit** (vor 400 Millionen Jahren bis jetzt): 600 Familien.

Die aufeinanderfolgenden Faunen sind gekennzeichnet von einem

- höheren Grad an Diversität,
- größerer Vielfalt der Lebensformen und damit größerer Vielfalt im Ressourcenverbrauch. Diese Vielfalt dient dann als "Sprungbrett" für die nächste Treppe.

Eine **Richtung** ergibt sich auch daraus, daß aufgrund der Tradierung und Konservierung einige Änderungen wahrscheinlicher sind als andere (Fukuyama 1990, S. 418). Auf diese Weise entstehen auch gerichtete Selektionen.

Die Organismen haben sogar einen Einfluß darauf, welchen Selektionsdrücken sie ausgesetzt sein werden. Auch dies bringt eine **Tendenz** in das Verhalten.

Die prinzipiell stets vorhandenen *Wechselwirkungen* in Form der Ko-Evolution Beute-Räuber führen zu einer *Irreversibilität* der Veränderungen.

H. Erben (Erben 1988, S. 204) faßt Merkmale der Evolution zusammen:

- ⇒ gerichteter Verlauf
- ⇒ phasenhafte Gliederung (Beschleunigungspasen)
- ⇒ Unmöglichkeit der Umkehrung.

Die Begriffe zur Darstellung verschiedener Meinungen variieren sehr stark. So wird der Begriff "Fortschritt" von Gould und Fukuyama abgelehnt, während "Trends" durchaus akzeptiert werden.

Damit regen sie zumindest zu einer genaueren Analyse gegenüber leichtfertigem Fortschrittsoptimismus an. Darwin selbst formulierte auch eher vorsichtig und differenziert:

"Diese Veränderung führt unausbleiblich bei der Mehrheit aller Lebewesen zu einem stufenweisen Fortschritt der Organisation" (Darwin 1980, S. 135) aber: es " ... läßt sich die Existenz eines Gesetzes notwendiger Vervollkommung nicht nachweisen" (ebenda S. 405).

Der Anteil der Biomasse, der höhere Ebenen des biotischen Seins erklimmt, ist tatsächlich nicht sehr groß. Für Gould (Gould 1994, S. 54) ist *Höherentwicklung deshalb "selten"*. Er betont den Verlust des Reichtums an Variationen und meint, daß die Menge an Komplexität konstant sei. Er sieht in der Ausbreitung der Bakterien die eigentliche Erfolgsgeschichte des Lebens.

Es muß aber daran erinnert werden, daß auch die Existenz dieser Bakterien ein schnelles Ende gefunden hätte (Sauerstoff-"Katastrophe" für die Prokaryoten), wenn sich nicht höhere, differenziertere Lebensformen entwickelt hätten, innerhalb deren biosphärischer Vernetzung die Bakterien jetzt ihre Lebensprozesse realisieren.

Konkrete **Kriterien** für die Höherentwicklung zu benennen fällt nicht leicht.

Darwin sah sie

- bei Wirbeltieren in der Annäherung an die Menschen und den Intellekt (Darwin 1980, S. 135), außerdem in der
- Summe der Differenzierung der Teile, der
- Anpassung an verschiedene Verrichtungen und der
- Vollkommenheit der physiologischen Arbeitsteilung.

Aber auch er stellte schon die Frage:

"Wer will entscheiden, ob der Tintenfisch höher steht als die Biene?"  
(Darwin 1980, S. 392)

Hierfür kann auch das Kriterium nicht dienen, wonach derjenige höherentwickelt ist, der alte Formen verdrängt hat. "Das Überleben des Tüchtigsten schließt noch nicht notwendig einen Fortschritt der Entwicklung ein; sie zieht vielmehr nur aus solchen Veränderungen Vorteile, die einem Wesen in seinen verwickelten Lebensbeziehungen nützen" (Darwin 1980, S. 137).

Tatsächlich läßt sich die in der Tendenz der Evolution *realisierte Höherentwicklung nur durch die Rolle von Wechselwirkungen erklären.*

Die "Tendenz", die "Richtung" kommt daher, daß alle Lebensprozesse in ihren Wechselbeziehungen keine vollkommen in sich geschlossener Kreisläufe sind. Während das Leben seine Existenzmittel aus der Umwelt bezieht, ändert es diese und muß sich selbst wieder anpassen (Kamschilow 1977, S. 51).

Auf diese Weise knüpft das Leben eines Einzelindividuums (genauer des biotischen Organismus zwischen einem Eistadium und dem nächsten = Ontogenese) nicht an demselben "Punkt" an, an dem sein Vorgänger begann, sondern an einer anderen Stelle des Gesamtzustands. Es gibt eine Verschiebung. Aus dem Kreis (Geburt, Tod, Geburt) wird eine Spirale ins Offene. Die Phylogenese als Richtungsäußerung der aufeinanderfolgenden Ontogenesen wird gemeinsam mit den in sich zurückführenden Ei→Ei-Zyklen der Ontogenesen zu einer *spiralförmigen Hologenese*.

Der direkter Vergleich von Lebewesen auf dieser Spirale ist aber nur mit geeigneten Maßstäben möglich. Nicht in Richtung zum Menschen wird gemessen, sondern bezüglich vergleichbarer Punkte (Löther 1992, S. 78,82). **Fortschritt** kann demnach nur in Bezug auf jede besondere Stammeslinie definiert werden (Erben 1988,93). In diesem Rahmen kann eine gewisse

- Ökonomisierung der Funktionen, die
- Differenzierung und Integration der Teile und die jeweilige
- Autonomie

verglichen werden.

Interessant ist, daß die *Hintergrundausterberate seit dem Kambrium sinkt*, was sich in der Nettozunahme der Tierfamilien im Meer zeigt (Fukuyama 1990, S.408).

"Höher" bedeutet im Durchschnitt auch "stabiler".

Vor 600 Millionen Jahren starben durchschnittlich 4,6 Gattungen pro Million Jahren aus. Heute sind das nur noch 2 Gattungen pro Million Jahre (Gould 1991, S. 346).

Die Ursache dafür ist nicht etwa "bessere Anpassung", sondern *eine größere Komplexität, die Umweltschwankungen auffängt* sowie die allgemeine Ökonomisierung der Funktionen.

Deutlich ist auch die *Beschleunigung der Evolution*.

Obwohl die Tendenz der Höherentwicklung mit der Evolution verbunden ist, stand nicht von vornherein fest, daß der Mensch am Ende der Spirale steht. Es hätten auch ganz andere biotische Organismen zu Gesellschaftlichkeit und Intelligenz kommen können.

Ich erwähnte bereits die grundlegenden, nicht zwingend-notwendigen "Entscheidungen" des Lebens auf der Erde bezüglich der Chiralität der Aminosäuren, des genetischen Codes und der Enzymreaktionen. Spätere Scheidewege erwähnt Gould (Gould 1994, S. 54):

- Vor 530 Millionen Jahren blieb aus der Vielfalt der Vorfahren der Wirbeltiere nur eine kleine Linie übrig. Es wären danach auch andere Grundmuster möglich gewesen.
- Vor 350 Millionen Jahren entwickelte im Devon eine recht kleine, wenig auffällige Fischgruppe Flossen mit kräftiger Mittelachse.
- Vor 65 Millionen Jahren starben die bis dahin die Säugetierentwicklung blockierenden Saurier wahrscheinlich durch eine zufällige äußere Einwirkung aus.
- Vor 2-5 Millionen Jahren schließlich gelang es einer Primatengruppe, sich weiterzuentwickeln. Nicht nur ihre innere Möglichkeit dazu war bei der Entscheidung ausschlaggebend, sondern auch zufällige äußere Bedingungen (speziell Klimaänderungen und territoriale Folgen).

Der **Determinismus** (*Bestimmtheit und Bedingtheit bei aller noch möglichen Offenheit*) wird wiedergespiegelt in der Aussage:

Der "Beginn des Lebens (war) nicht überraschend,  
die weiteren Entwicklungen aber kaum vorhersehbar."  
(Gould 1994, S. 55).

Tatsächlich sieht es im Nachhinein so aus, als wären alle Zufälle ausgerechnet so "gefallen" daß wir als erkennende Menschen entstehen konnten. Ein **biologisches Anthropisches Prinzip** also. Hier in der Biologie ist es jedoch möglich zu sehen, daß unter anderen Zufällen anders aussehend/funktionierende Lebensformen sich wohl ebenfalls weiterentwickelt hätten.

Der Verweis auf die Vielzahl der Zufälle und die gleichzeitige reale Tendenz zur Höherentwicklung bis zur Gesellschaftlichkeit und Intelligenz läßt vermuten, daß andere Lebensformen im Weltall existieren, daß sie uns aber kaum sehr ähnlich sein werden.

### 3.5.5 Entwicklung

Die Entwicklung ist eine Tatsache, sie schließt die Tendenz zur Entstehung höherer Qualitäten ein. Der Begriff "Fortschritt" impliziert eher eine Wertung.

J. Huxley kennzeichnet die Entwicklung:

"Evolution... entspricht einem dialektischen Prozeß, der zur Realisierung neuer Möglichkeiten neigt, aber ständig in den aufeinanderfolgenden Trends durch Grenzen, die nicht überschreitbar sind, gehemmt wird" (Julian Huxley 1960, zit. in: Löther 1983, S. 123).

Evolution ist nicht nur eine Linie. Sie ist

1. Progression vom Niederen zum Höheren, vom Einfachen zum Komplizierten,
2. Spezialisierung auf einem Niveau und
3. Regression, Rückbildung.

Dabei haben die Spezialisierung und die Regression und Rückbildung die Progression zur Voraussetzung (Löther 1983, S. 126).

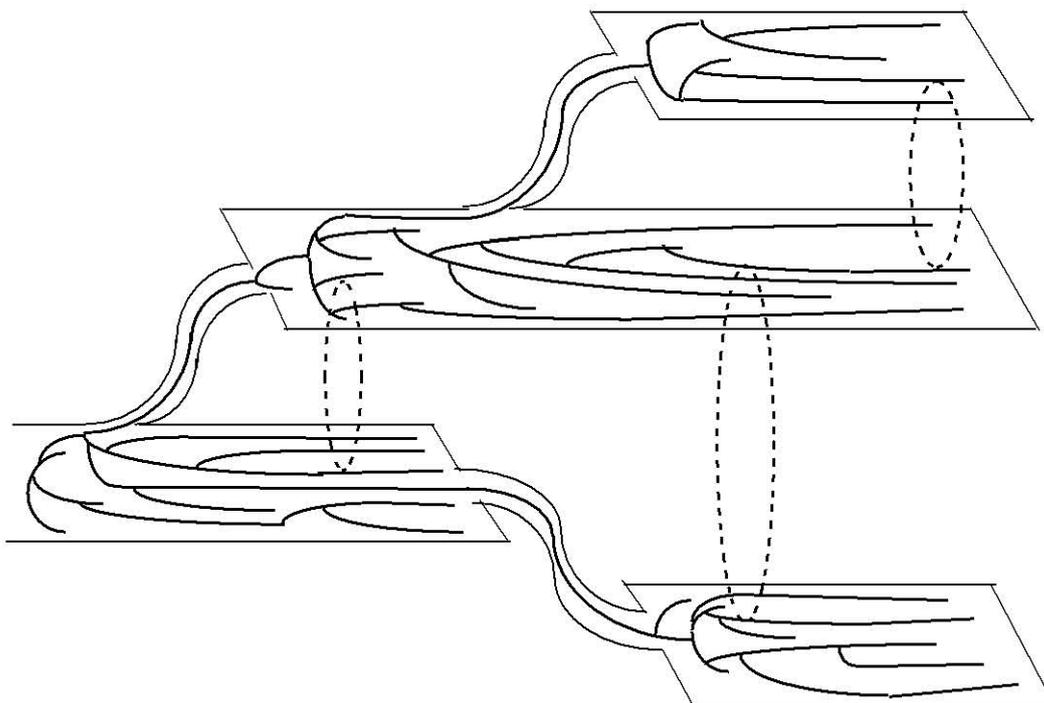


Abbildung 3.14: *Entwicklung als „Stagnation“ auf stationärer Ebene, Progression und Regression mit Andeutungen der ständigen Wechselwirkung der gleichzeitig existierenden Ebenen.*

Zu betonen ist die Rolle der wechselwirkenden Ko-Evolution (zur Erzeugung und Stabilisierung von Neuem), aber auch des innovativen Individuums als Quelle von Neuem.

Entwicklung ist insofern ein "Grundprozeß, der auf einer Wechselbeziehung beruht, welche zwischen den Anforderungen der Umwelt und den Möglichkeiten des im Individuum verwirklichten Funktionsgefüges besteht"  
(Erben 1988, S. 69).

Das Lebendige kann weder in sich gespalten noch isoliert von seinen Umwelten gesehen werden.

"Die Entwicklungsgeschichte des Lebendigen umfaßt die Lebewesen, ihre inner- und zwischenartlichen Beziehungen sowie ihre Beziehungen zur nichtlebenden Umwelt bis hin zum Gesamtsystem der Biosphäre"  
(Löther 1992, S. 69).

### 3.5.6 Evolutionsprinzipien:

Vor der Diskussion allgemeiner Evolutionsprinzipien möchte ich nur kurz eine Zusammenstellung aus der Literatur wiederholen, die mir ausgesprochen gut auch als Orientierung für eine *Allianz von Natur und menschengemachter Technik* geeignet erscheint.

E. Broda nennt folgende "bisher nicht nachgeahmte Prinzipien" des Lebendigen (Broda, 1978):

1. Die Erfindung der **Enzyme** als Katalysatoren aus Eiweiß;
2. Die Erfindung der **Matrix** (Nukleinsäure), die die Synthese der Proteine regelt, ohne selbst Katalysator zu sein;
3. Die Erfindung des **Kreisprozesses**, bei dem jedes Glied im Prozeß selbst ein Katalysator ist, aber nicht verbraucht wird;
4. Die Erfindung der chemodynamischen Energiegewinnung ohne den Weg über die Wärme durch extrem **dezentralisierte chemodynamische Reaktionen**;
5. Die Erfindung der **universellen Energiewährung ATP** zur Speicherung der Energie, bei deren enzymatisch katalysierter Reaktion eine besonders große Menge an freier Energie verfügbar ist und die entstehenden energiearmen Produkte zyklisch wieder aufgebaut werden;
6. Die Erfindung der negativen Rückkopplung zur Unterdrückung der Produktion von Überschußgütern ("**Endprodukthemmung**") mit dem Prinzip des selbsttätig regelbaren, reversiblen (enzymatischen) Katalysators;
7. Die Erfindung der **Induktion und Repression** bei der Umstellung der katalytischen Ausrüstung der Zelle auf längere Sicht, wobei die Erzeugung des Enzyms selbst (und nicht nur des Produkts) unterdrückt oder induziert werden kann,
8. Die Erfindung des **aktiven Transports** gegen die natürliche (osmotische oder elektrische) Bewegungsrichtung durch lokale Veränderung der Membran in orientierten Gewebeverbänden bei Mehrzellern,
9. Die Erfindung des **chemiosmotischen Prinzips zu Energiegewinnung**,
10. Die Erfindung der **Photosynthese**,
11. Die Erfindung der **Wasserphotolyse**  
usw.

Besonders hebt Broda das *arbeitsteilige Zusammenwirken mehrerer oder vieler Arten von differenzierten Zellen* hervor.

---

Diese "Erfindungen" entstanden nicht durch bewußtes Nachdenken, sondern auf dem Wege der natürlichen *Evolution*. Deren Prinzipien fasse ich im Folgenden eher allgemein und philosophisch reflektiert zusammen:

### **1. Organisches System**

Organische Systeme enthalten Elemente und Beziehungen, deren prozeßhafte Wechselwirkungen die Ordnung des Ganzen erzeugen. Für jedes derartige System gibt es eine innere Mannigfaltigkeit, deren Momente ineinander (in ihr jeweils Entgegengesetztes) übergehen. Jedes System selbst ist wiederum Teil der Mannigfaltigkeit eines übergreifenden Systems.

Die gegenseitige Beziehung der Momente innerhalb der Mannigfaltigkeit sichert die relative Autonomie der Einheit. Die Einheit wirkt als Ganzes - obwohl die Teile in sich nicht streng determiniert sind, sondern sich in ihren Beziehungen jeweils verschiedene Möglichkeiten realisieren.

### **2. Identität und Unterschied**

Die inneren Beziehungen selbst sind geprägt einerseits von der Einheit, die sie bilden (Kooperation) - andererseits von ihrer Gegensätzlichkeit, ihrer Differenz (Konkurrenz). Kooperation und Konkurrenz sind deshalb nicht voneinander zu trennen.

Insgesamt sind Spezialisierungen vorteilhaft.

Auf diese Weise wird die Einheit (Kooperation) durch einander in ihrer Unterschiedlichkeit ergänzende Teile realisiert. Die Unterschiedlichkeit kommt aber nur zum Tragen, wenn konkurrenzhaftes Wechselwirkungen stattfinden.

Eine andere Form der Realisierung von mehr Vielfalt ist die Flexibilisierung.

### **3. "Subjektivität"**

Die Autonomie der organischen Einheit führt dazu, daß es in weiten Grenzen selbst bestimmen kann, welcher Selektion es sich aussetzt (Jantsch 1988, S. 207).

### **4. Hierarchie**

Die enkaptische Hierarchie der ineinander eingebetteten organischen Einheiten verschiedener Ebenen führt zu einer *stufenweisen Vernetzung*, die an selbstähnliche Gebilde wie Fraktale erinnert.

### **5. Wechselwirkung**

Diese "vertikale" Vernetzung zwischen den Ebenen führt dazu, daß die "Kreise" der Prozesse auf einer Ebene nicht kreisförmig bleiben, sondern durch die Wechselwirkung "verzerrt" werden, eine ("horizontale") Tendenz und Richtung bekommen.

Ein Beispiel dafür ist das Dollosche Gesetz der Nichtumkehrbarkeit der biotischen Evolution.

Auf der Ebene der Gene kann es durchaus auch Rückmutationen geben. Jedoch wird schon auf der Ebene der Organismen ein Merkmal im allgemeinen vom Zusammenwirken mehrerer Gene beeinflusst, und die Evolution (Veränderung der Genhäufigkeit über Generationen hinweg) geschieht vermittelt über die Populationen. Genetische Veränderungen werden also "festgehalten", sie gehen in die Tradition ein, führen zu einer irreversiblen Veränderung.

### **6. Rückkopplungen**

Die Wechselwirkungen der Ebenen wirken nicht nur in je eine Richtung, sondern rückgekoppelt. Auf diese Weise wird die Evolution ein Vorgang, in dem "die Wirkungen des Evolutionsmechanismus auf das, was wir seine Ursache nennen, selbst zurückwirken" (Mayr, zit. in Löther 1983, S. 89).

Die rückkoppelnden, sich gegenseitig verstärkenden Wechselwirkungen verweisen auf das *Prinzip der Selbst-Organisation*. Es erweitert das nicht hinreichende Bild des Mutations-Selektions-Mechanismus. Die Entwicklung auf den verschiedenen Ebenen erfolgt eigenbestimmt, nicht fremd-selektiert.

(Diese Sicht wird verzerrt, wenn in der Widerspiegelung das subjektive System "zu klein" gewählt wird.)

### **7. Neues**

Neue evolutionäre Anfänge beginnen meist in lokalen, isolierten Populationen. Jedoch erkannte schon Darwin, daß sich die Neuerungen nur in großen Gebieten dann auch schnell ausbreiten.

Insgesamt entsteht weniger Neues durch punktuelle Mutationen *als durch neuartige Wechselwirkungen*. Neue Komponenten entstehen oft (wenn ihre Ausgangskomponenten genügend plastisch, also Möglichkeiten ausformend sind) *durch Funktionsteilung, Funktionssynthese oder Funktionswechsel*. Anders gesprochen kann sich auch der Zweck von der biotischen Konstruktion lösen und sich ändern (Ziel-Mittel-Dialektik) (vgl. Ritualisierung nach Ebeling/Feistel 1994, S. 170).

Da die Innovationen die vorher nicht beschrittene Möglichkeitsfelder realisieren, tauchen sie *an unerwarteten Stellen* (Wesson 1995, S. 193) auf.

Tiefgreifende Innovationen gingen eher von "konservativen", wenig differenzierten Linien aus (sie sind noch "plastischer"). (Erben 1988, s.244). Dieses "Gesetz der nichtspezialisierten Abstammung" (Cope nach Erben 1988, S.202) darf aber

nicht dazu verführen, auch alles Aussterben daraus zu erklären ("Überspezialisierte sterben aus").

Es gibt den Evolutionvorteil nicht unbedingt für die "bessere" Erfindung, sondern für die *schneller Innovativen*. Wer zuerst eine bessere als die vorhandene Lösung stabilisiert, dominiert dann die neuen Funktionsweisen und Formen. Das Nachsehen haben andere Alternativen, die zwar gegenüber der ersten besser sein können, aber später kamen. ("Wer zu spät kommt, den bestraft das Leben.")

### 8. Sprünge

Grundlegende Innovationen sind mit "Sprüngen", dem Wechsel von grundlegenden Eigenschaften und Qualitäten verbunden. Nach Gould und Eldridge ähneln diese Beschleunigungsphasen dem Steigen einer Treppe.

Zu diesem Sprung haben oft *vorherige quantitative Veränderungen der Bedingungen* (des Zustands, der Qualität) geführt, *die durch den Lebensprozeß selbst hervorgerufen wurden*.

Im Sprung verändern sich die Elemente/Komponenten/Funktions- und Verhaltensweisen und ihre Kombination wird neu organisiert. Insofern siegt im Sprung nicht etwa ein Stärkerer, sondern es gelingt *eine neue Ko-Evolution der neuen Teile des Ganzen*. Die neue Grundqualität entstand aus den Möglichkeiten des vorherigen Zustands und enthält neue Möglichkeiten. Die Gesetze sind verändert und ebenfalls die Evolutionsprinzipien (Evolution der Evolution).

Typisch ist, daß im Sprung die Entropieproduktion maximiert wird (Neuaufbau fordert "Kosten"), während die neue Funktionsweise selbst wieder effektiv, unter Minimierung der Entropieproduktion verläuft (Jantsch 1988, 87).

Die neuen Möglichkeiten sind nicht absolut im alten Zustand vorherbestimmt. Latente Möglichkeiten können durch kleine Änderungen freigesetzt werden (Gould 1991, 236). Aber das Vorhandensein von "Keimen" einer bestimmten Form Neuen erhöht die Wahrscheinlichkeit gerade dieses Neuen (Nicolis/Prigogine 1987, S.236).

Auf diese Weise erklärt sich die Rolle des Individuums als Quelle von Neuem, während eine Stabilisierung nur von stabilen innerhalb Wechselwirkungen geschieht.

Typisch für eine sehr kurze Zeit nach dem Sprung (oder bei etwas anderer Sicht: "im" Sprung) ist ein *explosives Auffächern (Radiation)* der Zustände, bei der der Ressourcenüberschuß (Vorrat wegen neuer Funktionsweise) voll genutzt wird. Es

geschehen vielfältige Differenzierungen und bisher neutrale oder anders genutzte Formen erhalten dabei neue Funktion.

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 (Erstarren des Genotypus nach kurzer Radiation).

### **9. Ordnung und Unordnung**

Für Innovationen ist eine Offenheit (Plastizität) notwendig. Aber die Neuerungen müssen auch stabil in den Prozessen verankert werden.

Es muß ein optimales Verhältnis von Erstmaligkeit (des Schritts ins Offene) und Bestätigung (Stabilität in der Wiederholung) vorliegen (E.v.Weizsäcker nach Fuchs-Kittowski 1990, S. 39).

Das Leben spielt sich zwischen Bereichen von Ordnung und Unordnung, zwischen Komplexität und Chaos ab (vgl. auch Gell-Mann 1994, S. 353). Das auf der Erde viel häufiger vorkommende Silizium ist z.B. gegenüber dem selteneren Kohlenstoff zu stabil für Lebensprozesse.

Aus diesem Grunde ist eine reine "Gleichgewichts"-Ökologie der Realität nicht angemessen. Gleichgewicht bedeutet auch in der Thermodynamik eine tote Statik, es läßt sich nur durch äußere Zwangsbedingungen aufrechterhalten, während sich die Materie selbst immer im Ungleichgewicht befindet.

### **10. Offenheit und Bestimmtheit**

Parallelentwicklungen in verschiedenen Kontinenten zeigen, daß "physikalische Kräfte und Umweltfaktoren ... Schritt für Schritt das ähnliche Aussehen der Tiere (formen), insbesondere derjenigen, deren Lebensweise fast gleich ist" (Bylinsky 1982, S. 69). Diese äußere Form entsteht in der Auseinandersetzung mit Schwerkraft, Reibung und Luftwiderständen (Bylinsky 1982, S. 91).

Insofern wird die Evolution natürlich von den äußeren Kräften und Bedingungen geformt. Gleichfalls ergibt sich eine Bestimmtheit der folgenden Zustände aus den vorangegangenen eigenen Zustände (Tradierung, Aufbau auf vorhandenen Strukturen/Funktionen/Verhaltensweisen, Anschlußfähigkeit).

Trotzdem sind die folgenden Zustände nicht absolut vorherbestimmt. Am deutlichsten wird eine prinzipielle Offenheit an sogenannten "Bifurkationspunkten" beim "Sprung" in neue Qualitäten, bei denen stets weitere andere vorher mögliche Qualitäten nicht realisiert wurden oder deren Weg abgebrochen wurde (nur wenige Wege nach der Radiation werden lange weiterverfolgt).

(Ein Beispiel für solche auswählenden Entscheidungen sind die "Linksspiralität" der Aminosäuren, der genetische Code und die grundlegenden Enzymreaktionen.)

Die Öffnung der Möglichkeiten für die Säugetiere erfolgte auf der Erde auch auf zufälligem Wege durch das (wahrscheinlich von einer äußeren Einwirkung hervorgerufene) Aussterben der Saurier.

Auch im weiteren Verlauf der Evolution hin zum Menschen gab es nichtvorherbestimmte Zufälle. "Hätte es zum Beispiel niemals die offenen Regionen der Savannen (bzw. andere Umweltveränderungen, A.S.) gegeben, wäre unter Umständen mittels natürlicher Auslese die Fledermaus dem Affen vorgezogen worden" (Bylinsky 1982, S. 74).

Daß der Mensch entstanden ist, ist auch im Biotischen nicht vorherbestimmt. "Es wird an dem anthropischen Prinzip festgehalten, demzufolge viele an sich unwahrscheinliche Bedingungen zusammengekommen sein müssen, um den Menschen als Betrachter der Evolution hervorzubringen" (Wesson 1995, S. 12).

Dies gilt für jedes konkrete Evolutionsergebnis.

In dem Verlauf der Evolution jedoch wirkt die Tendenz der Materie, ihre Formen irreversibel zu verändern, in ihren verschiedenen Formen miteinander wechselzuwirken und auf diese Weise stets neue Zustände/Prozesse zu erzeugen. Wenn nicht der Mensch entstanden wäre, würden sich jetzt vielleicht die Fledermäuse fragen, wieso ausgerechnet sie entstanden...

### **11. Evolution der Evolution**

Die Selbst-Organisation der Evolution führt zu einer Evolution der Evolutionsmechanismen. Die selbst-erzeugte Erhöhung der Anzahl der Ebenen erhöht die Wechselwirkungsvielfalt und es erfolgt eine *Beschleunigung* der Evolution, die zu einer "logarithmischen Grundstruktur der Evolution" (Schad 1989, S. 102) führt.

Evolution ist deshalb mehr als ein bloßes "Anpassen". Es ist *ein Erschaffen neuer optimaler Plätze und Funktionsweisen und Gesetze*. Nicht nur die "Objekte" der Evolution (Organismen, Populationen...) entwickeln sich, sondern die Dynamik selbst unterliegt einer richtungsweisenden Selektion.

Das reine Variation-Selektions-Prinzip wird z.B. erweitert durch die "epigenetische" Ausweitung des genetischen Potentials z.B. unter Streß (bei niederen Lebensformen nachgewiesen) oder durch "gelenkte" Mutationen.

In den Biozönosen entwickelt sich Ko-Evolution (Räuber-Beute, Insekten-Blütenpflanzen).

Die Neotomie ist grundlegend für die Entwicklung der Menschen.

Besondere Bedeutung hat das Verhalten als weiterer Faktor, der hin zur Sozialität und schließlich der Gesellschaftlichkeit des Menschen führt.

Obwohl insgesamt nur wenige Zustandsformen einer Hierarchiegruppe den Sprung in höhere Qualitäten "schaffen", scheint die Wahrscheinlichkeit, daß dies einigen Formen gelingt - neben der Geschwindigkeit - zu steigen (Stabilität durch Vielzahl der bereits stabilisierten und mit "schwingenden" Ebenen und wachsende Effektivität der Reaktionsweisen bis hin zu einer erkennenden und bewußt entscheidenden Intelligenz).

Für die Lebensformen ist es gar nicht mehr so unwahrscheinlich, daß sie in ihren Wechselwirkungen intelligentes Leben hervorbringen (Anthropisches Prinzip, siehe Kapitel 2 ab Seite 18). Für die physikalisch-kosmologische Evolution existieren weniger stabilisierende Rückkopplungen, die absichern, daß die geeigneten Bedingungen für Höherentwicklungen entstehen. (Danach zu suchen wäre aber ein heuristischer Hinweis.)

## 12. "Höher"

Daß sich überhaupt etwas "höher"-entwickelt, wird mitunter bezweifelt. Die Frage der Kriterien ist nicht zu unterschätzen.

Wichtig ist, daß *Höherentwicklung nur als gemeinsame Evolution vieler Komponenten möglich ist (Ko-Evolution)*. Unter "einfachen" Lebensbedingungen wäre eine Höherentwicklung eines Teils nicht nützlich, sondern vielleicht sogar schädlicher, weil dieser Teil dann empfindlicher und leichter zu zerstören ist (Darwin 1980, S.139).

Für jeweils betrachtete Einheiten bedeutet Höherentwicklung einerseits eine höhere Geschlossenheit (geringe Abhängigkeit der Funktionen von anderen Einheiten, vgl. Illies 1982) und andererseits eine höhere Autonomie (das Verhalten der Komponenten bestimmt das Verhalten der Einheit wesentlich) (nach Hörz).

An dieser Stelle begegnen wir dem oben bereits erwähnten dialektischen Verhältnis von Offenheit und Bestimmtheit/Geschlossenheit.

Höherentwicklung führt zu jeweils neuen Gesetzen, Evolutionsprinzipien (Evolution der Evolution) und damit zu neue "Ebenen". Insofern ist alles Höherentwicklung, was den Weg zu neuen Ebenen ermöglicht, nicht verschließt, sondern vorbereitet.

---

### *Literatur*

- Attenborough, D.: Das Leben auf unserer Erde - Die unermessliche Vielfalt, Oxford 1991
- Arnold, W.H., Adaption und Emanzipation, Entwicklung - Interdisziplinäre Aspekte zur Evolutionsfrage, Stuttgart 1989, S. 143-174
- Axelrod, R.: Die Evolution der Kooperation, München 1991
- Bateson, G.: Ökologie des Geistes, Frankfurt am Main 1992
- Berckheimer, H.: Die Entwicklung der Erdrinde, Naturwissenschaften 68(1981), S. 323-327
- Bertalanffy, L.v.: Die Biophysik offener Systeme, Naturwissenschaftliche Rundschau 18(1965)12, S. 465-469
- Beurton, P.: Biologische Evolution und Subjekt-Objekt-Dialektik, Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Heft 5/1979, S. 558-570
- Binswanger, M., Entropiesgesetz als Grundlage einer ökologischen Ökonomie, In: Beckenbach, F., Diefenbacher, H. (Hrsg.): Zwischen Entropie und Selbstorganisation, Marburg 1994
- Bloch, E.: Das Prinzip Hoffnung, Frankfurt a. Main 1985
- Bohr, N.: Licht und Leben, In: Küppers (Hrsg.): Leben=Physik+Chemie?, München 1987
- Bonik, K., Graßhoff, M., Gutmann, W.F.: Funktion bestimmt Evolution, Umschau 77(1977)20, S. 657-668
- Breidenstein, G.: Hoffen inmitten der Krisen, Frankfurt/Main 1990
- Bretschneider, J.: Gedanken zur chemischen Evolution, Chem.Schule 35(1988)11, S. 406-409
- Bretschneider, J., Der objektive Zusammenhang von Biosystemen und die Bedeutung seiner Erkenntnis für die gesellschaftliche Praxis, Felsefe arkivi (Archive der Philosophie), Istanbul 1994, S. 87-98
- Breuer, G.: Evolution der Sauerstoffresistenz, Naturwissenschaftliche Rundschau 33(1980)2, S. 59
- Broda, E.: Erfindungen der lebendigen Zelle - Zwölf epochale und bisher nicht nachgeahmte Prinzipien, Naturwissenschaftliche Rundschau 31(1978)9, S. 356-363
- Bylinsky, G.: Evolution im Weltall, Königsst./Ts. 1982
- Capra, F.: Wendezeit, München 1988
- Capra, F.: Das neue Denken, Bern/München/Wien 1990
- Cimutta, J.: Die Dialektik von Zufall und Notwendigkeit im Evolutionsgeschehen, Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 8/1969, S. 967-984
- Cimutta, J., Wuketits, F.M. (Hrsg.): Lebt Darwins Erbe?, Neustadt/Rbge 1995
- Darwin Ch.: Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl, Leipzig 1980
- Ebeling, W.: Physik der Selbstorganisation und Evolution, In: Ernst-Haeckel-Vorlesung an der Friedrich-Schiller-Universität Jena 1983
- Ebeling, W., Feistel, R.: Physik der Selbstorganisation und Evolution, Berlin 1986
- Ebeling, W., Feistel, R.: Chaos und Kosmos, Prinzipien der Evolution, Heidelberg/Berlin/Oxford 1994

- Eigen M., Schuster, P.: The Hypercycle. A Prinziple of Natural Self-Organization, Naturwissenschaften 64(1977)11, S. 541 und 65(1978)7, S. 341
- Eigen, M.: Das Urgen, Nova acta Leopoldina, Halle 1982
- Erben, H.K.: Leserzuschrift (o.Titel) Umschau 83(1983)14, S.424
- Erben, H.K.: Die Entwicklung der Lebewesen, München,Zürich 1988
- Ferguson, M.: Die sanfte Verschwörung, München 1982
- Fischer, E.P.: Gene sind anders, Umschau 80(1980)4, S.99-100
- Fischer, E.P.: Die zwei Gesichter der Wahrheit, Hamburg 1987
- Fox,S.W.: Metabolic Microsphreres-Origins and Evolution, Naturwissenschaften 67(1980), S.278-383
- Fuchs-Kittowski, K.: Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie, Jena 1969
- Fuchs-Kittowski, K.: Geist aus Materie - Philosophische und methodologische Positionen zum Verhältnis von künstlicher und natürlicher Intelligenz, In: Geißler, Tembrock (Hrsg.): Natürliche Evolution von Lernstrategien, Berlin 1990, S.39-66
- Futuyama, D.J.: Evolutionsbiologie, Basel/Boston/Berlin 1990
- Geißler, E., Hörz, H.(Hrsg): Vom Gen zum Verhalten, Berlin 1988
- Geißler, E.; Tembrock, G. (Hrsg.): Natürliche Evolutionen von Lernstrategien, Berlin 1990
- Gell-Mann, M.: Das Quark und der Jaguar, München/Zürich 1994
- Goldanski, V.I.: Chiralität-Voraussetzung des Lebens, wissenschaft und fortschritt 38(1988)7,S.188-190
- Gould, S.J., Wo Darwin irrte, bild der wissenschaft 6/1990, S. 116-121
- Gould, S.J., Wie das Zebra zu seinen Streifen kommt, Frankfurt/Main 1991
- Gould, S.J., Die Evolution des Lebens, In: Spektrum der Wissenschaft - Spezial: Leben und Kosmos, 1994, S.52-60
- Gutmann, W.F., Bonik, K.: Kritische Evolutionstheorie, Ein Beitrag zur Überwindung altdarwinistischer Dogmen, Hildesheim 1981
- Haeckel, E.: Die Welträtsel, Stuttgart 1921
- Hegel, G.W.F.: Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften, Band I, Frankfurt/M. 1986 (1986a)
- Hegel, G.W.F.: Wissenschaft der Logik, Band II, Frankfurt/M. 1986 (1986b)
- Hegel, G.W.F.: Phänomologie des Geistes, Hamburg, 1988
- Hoffmeister, J.: Wörterbuch der philosophischen Begriffe, Hamburg, 1955
- Hörz, H.: Zur dialektischen Beziehung zwischen Inhalt und Form, Deutsche Zeitschrift für Philosophie 3/1977, S. 301-313
- Hörz, H.: Zufall - Eine philosophische Untersuchung, Berlin 1980
- Hörz, H.; Wessel, K.-F.: Philosophische Entwicklungstheorie, Berlin 1983
- Hörz, H.; Wessel, K.-F. u.a.: Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1985
- Hsü, K.J.: Was verursachte das Massenaussterben im Erdmittelalter?, Umschau 83(1983)1, S. 77-80
- Illies, J.: Genügen Zufall und Notwendigkeit?, Umschau 82(1982)7, S.223-227

- 
- Ishii,S., Hirano, T., Wada, W.: Hormones, Adaptation and Evolution, Berlin-Heidelberg-New York 1980
- Jantsch, E.: Die Selbstorganisation des Universums, München 1988
- Junge, Ch.: Die Entwicklung der Erdatmosphäre und ihre Wechselbeziehung zur Entwicklung der Sedimente und des Lebens, Naturwissenschaften 68(1981), S.236-244
- Kamschilow M.M.: Das Leben auf der Erde, Urania Leipzig/Jena/Berlin 1977
- Kandler, O.: Archaeobakterien und Phylogenie der Organismen, Naturwissenschaften 68(1981),S.183-192
- Kaplan, R.W.: Frühe Verzweigungen des Organismenstammbaumes, Naturwissenschaftliche Rundschau 32(1979)11, S.440-448
- Kaplan, R.W.: Eine Lanze für Darwin, Umschau 82(1982)12, S.372
- Körner, U.: Probleme der Biogenese, Jena 1974
- Küppers (Hrsg.): Leben= Physik+Chemie?, München 1987
- Lem, St.: Summa technologiae, Berlin 1980
- Lorenz, K.: Die Rückseite des Spiegels - Lernen und Erkennen in der Tierwelt, München/Zürich 1973
- Lorenz, K.: Die acht Todsünden der Menschheit, München 1973
- Lorenz, K., Kreuzer, F.: Leben ist Lernen, München 1981
- Lorenz, K., Wuketits, F.M.: Die Evolution des Denkens, München 1983
- Löther, R.: Philosophische Probleme der Biologie, Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Heft 3/1966, S.315-327
- Löther R.: Das Werden des Lebendigen, Leipzig/ Jena/Berlin 1983
- Löther, R.: Der unvollkommene Mensch, Berlin 1992
- Lovelock, J.: Das Gaia-Prinzip, Die Biosphäre unseres Planeten, Frankfurt am Main, Leipzig 1993
- Luhmann, N.: Soziale Systeme, Frankfurt/M. 1988
- Lutz, R. (Hrsg.): Innovations-Ökologie, Frankfurt a.M., Berlin 1994
- Margulis, L.;Schwartz, K.V.: Die fünf Reiche der Organismen, Heidelberg 1989
- Maturana, H.R., Varela, F.J.: Der Baum der Erkenntnis, Bern/München 1990
- Mayr, E.: ... und Darwin hat doch recht, München 1994
- Metzner, A.: Offenheit und Geschlossenheit in der Ökologie der Gesellschaft, In: Beckenbach, F., Diefenbacher, H.(Hrsg.): Zwischen Entropie und Selbstorganisation, Marburg 1994
- Müller, F.: Hierarchical Approaches to Ecosystem Theory, Manuskript, Kiel 1991
- Nichelmann, M.: Temperatur und Leben, Leipzig/Jena/Berlin 1986
- Nicolis,G.,Prigogine, Die Erforschung des Komplexen, München/ Zürich 1987
- Niemann, H.J.: Umschau 82(1982)10, S.308
- Novak, V.J.A.: Das Prinzip der Soziabilität als eines der Hauptprinzipien der Evolution der Organismen, In: Evolution, Nova Acta Leopoldina Nr. 218, Bd.42, Hrsg. J.- H.Scharf, Halle 1973, S.475-488

- Oeser, E.: Die Evolution der wissenschaftlichen Methode, In: Lorenz, K., Wuketits, F.M.: Die Evolution des Denkens, München 1983
- Parthier, B.: Zur Evolution von Chloroplasten und Mitochondrien, In: Evolution, Nova Acta Leopoldina Nr. 218, Bd.42, Hrsg. J.-H.Scharf, Halle 1973, S.223-239
- Penzlin H.: Die Erscheinung des Lebendigen in unserer Welt, Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Math.-Naturwiss. Klasse 119 (1986) H.2
- Penzlin H.: "Leben" - was heißt das?, In: Biologie in unserer Zeit 6/94 S. 81-86
- Peters, D.H., Franzen, J.L., Gutmann, W.F., Mollenhauer, D.: Evolutionstheorie und Rekonstruktion des stammesgeschichtlichen Ablaufs, Umschau 74(1974)16, S. 501-506
- Piechocki, R.: Die Zählung des Zufalls, Leipzig-Berlin-Jena 1987
- Plesse, u.a.: Philosophische Aspekte der Biologie, Jena 1982
- Priebe, L.: Rhythmus des Lebendigen, Umschau 81(1981)2, S.43-48
- Reichholf, J.H.: Der schöpferische Impuls - Eine neue Sicht der Evolution, Stuttgart 1992
- Reinbothe, H., Krauß, G.-J., Entstehung und molekulare Evolution des Lebens, Jena 1982
- Riedl, R.: Biologie der Erkenntnis, München 1988
- Rohde, K.: Warum sind ökologische Nischen begrenzt? Naturwissenschaftliche Rundschau 33(1980)3, S.98
- Ruben, P.: Stichwort "Totalität", In: Philosophie und Naturwissenschaften, Wörterbuch, Berlin 1978
- Russell, P.: Die erwachende Erde, München 1982
- Sackov, J.V.: Wahrscheinlichkeit und Struktur, Berlin 19782
- Schad, W.: Die Zeitgestalt in der Evolution der Ceratites-Ammoniten aus dem Oberen Muschelkalk Mitteleuropas, In: Entwicklung- Interdisziplinäre Aspekte zur Evolutionsfrage, Stuttgart 1989, S. 99-142
- Schrödinger, E.: Beruht das Leben auf physikalischen Gesetzen, In: Küppers (Hrsg.): Leben=Physik+Chemie?, München 1987
- Schwemmler, W.: Allgemeiner Mechanismus der Zellevolution, Naturwissenschaftliche Rundschau 28(1975)10, S.351-364
- Schwemmler, W.: Auf der Suche nach einer vereinheitlichten Theorie der Evolution, In: academie spectrum 22(1991) 7, S.23-27
- Segal, E.: Das Leben- ein Rätsel?, Berlin 1972
- Sheldrake, R.: Die Wiedergeburt der Natur, Bern/München/Wien 1992
- Steigerwald, R.: Abschied vom Materialismus?, Bonn 1994
- Stöhr, H.-J.: Zum Grundwiderspruch des Lebens, Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Heft 3/1980, S.382-389
- Stolte, H.-A.: Gedanken über das Schöpferische im lebendigen Geschehen, Naturwissenschaftliche Rundschau 6(1953)1, S. 7-13
- Strickberger, M.W.: Genetik, München/Wien 1988
- Reinbothe, H.; Krauß, G.-J.: Entstehung und molekulare Evolution des Lebens, Jena 1982
- Russell, P.: Die erwachende Erde, München 1991

- 
- Tembrock, G.: Grundfragen der Biologie des Sozialverhaltens, Zeitschrift für Psychologie Suppl. 4 (1982) S. 7-24
- Theimann, W.: Chiralität in chemischen Systemen, Umschau 80(1980)21, S.668
- Umschau 1979 (o.Autor): Evolution durch DNA-Variation, Umschau 79(1979)3, S.98
- Umstätter, W.: Kann die Evolution in die Zukunft sehen? Umschau 81(1981)17, S.535-536
- Vester, F.: Neuland des Denkens, München 1984
- Vogel: Soziale Evolution und die Entstehung des Menschen, Evolution, Ringvorlesung Wintersemester 1981/1982, Heidelberg 1982
- Vollmer, G.: Was können wir wissen? Bd.2, Stuttgart 1985
- Wachtel, S., Jendrusch, A.: Das Linksphänomen, Berlin 1990
- Wagner, K.: Stichwort "Wesen", Philosophie und Naturwissenschaften, Wörterbuch, Berlin 1987
- Wandtner, R.: Wie das Leben entstand, bild der wissenschaft 1/1991, S. 60-65
- Warnke, C.: Die "abstrakte" Gesellschaft, Berlin 1974
- Weiler, G.: Der aufrechte Gang der Menschenfrau, Frankfurt/M. 1994
- Weingarten, M.: Wiederentdeckung der Form, Marxistische Blätter 1-94, S.43-49
- Weller, K.: Soziobiologische Überlegungen zur Gesellschaftsgestaltung, spectrum 22(1991) 4, S. 41-44
- Wellnhofer, P.: Das größte Fluchtier aller Zeiten, Umschau 79(1979)3, S.96-97
- Wesson, R.: Die Dynamik der Evolution, In: Die Würfelspiele Gottes, Hrsg. G. Kurth, München 1994
- Wesson, R.: Chaos, Zufall und Auslese in der Natur, Frankfurt/M./Leipzig 1995
- Wuketits, F.M.: Gesetz und Freiheit in der Evolution der Organismen, Umschau 79(1979)9, S.228-275



---

## 4 Philosophie für Menschen

*Man macht der Philosophie den Vorwurf, sie sei nicht imstande, einen Hund hinter dem Ofen hervorzulocken; das ist zwar vollkommen richtig, aber das ist auch nicht ihre Aufgabe.*

Hegel

### 4.1 Was kann ich tun?

Wir haben festgestellt, daß es gar nicht so selbstverständlich ist, daß es uns als Menschen auf dem Planeten Erde gibt. Es wären auch viele andere Varianten der Entwicklung der Materie möglich gewesen. Diese Erkenntnis berührt die Frage nach der Stellung des Menschen in der Welt und nach dem Sinn seines Lebens aufs tiefste. Diese Hauptfragen der Philosophie stehen im Mittelpunkt aller zusammengetragenen Erkenntnisse und zielen auf *Orientierungswissen* und *Entscheidungshilfe* für das konkrete, eigene Leben.

Wir erfuhren, daß die Zufälle, die zu uns führten, tatsächlich nicht vorherbestimmt waren - aber daß sich die Materie zu immer neuen Formen fortentwickelt. Dies steckt in ihren Möglichkeiten, die sich jeweils physikalisch, chemisch, biotisch und schließlich kulturell, psychisch, gesellschaftlich ausformen.

Die aktive Materie gelangte schließlich zu Strukturniveaus, auf denen ihre Dinge mit allen vorherigen Stufen aktiv wechselwirken und dies bewußt reflektieren und (im Rahmen ihres Entwicklungsstandes) steuern können.

Noch ist die Freiheit der bewußten Wahl oft begrenzt auf die Wahl des nächsten Urlaubsortes, die Käsesorte auf dem Brot und die Versicherungsgesellschaft, der man sich anvertraut. Schon diese Wahlen haben viele, viele Menschen auf unserem Erdball nicht einmal.

Wer keine Fragen mehr richtet an die Welt, bekommt auch keine Antworten mehr, sondern bleibt in innerer Leere.

Ich habe im Buch einige meiner Fragen und Antworten aufgeschrieben. Durch andere Perspektiven läßt sich das Bild gut ergänzen - andere sehen die Welt anders, befragen sie anders, bekommen andere Antworten.

Tendenziell jedoch sind wir uns alle ähnlich in unserer Beziehung zur Natur. Wir sind alle in ihre Entwicklung eingebunden.

*Menschliche Praxis ist eine Form der Aktivität der schöpferischen Materie.* Dies ist ein Anspruch, vor dem man manchmal fliehen möchte. Ein Zuviel an falschen menschlichen Eingriffen gefährdet die natürlichen Zusammenhänge. Aber ein "Zurück" ist kein Ausweg.

Die Natur hat die Tendenz, intelligente Wesen hervorzubringen. Sie stellen eine neue Stufe in der Evolution der Natur selbst dar, stehen ihr nicht prinzipiell fremd gegenüber. Ihre Eigenständigkeit und Eigengesetzlichkeit jedoch läßt es offen, ob sie sich gemeinsam mit den anderen Naturformen weiterentwickeln, oder ob sie ein absterbender Seitenzweig der kosmisch fortschreitenden Evolution sind.

Diese ganz allgemeinen Aussagen können nicht so stehen bleiben. Sie müssen konkretisiert werden für die einzelnen Entwicklungsstufen der Menschen in ihren jeweiligen Gemeinschaften. Dies kann erst im zweiten Band dieses des Buches erfolgen.

Als Voraussetzung dafür werden im Folgenden noch einmal die Haupterkenntnisse der Entwicklung der Materie bis an die Schranke zur Entstehung der Menschheit zusammengefaßt. Diese Materiearten und -formen "vor uns" sind zwar historisch vor uns entstanden, stehen aber jetzt gemeinsam "mit uns" im Leben und der weiteren Entwicklung mit all ihren hoffnungsvollen und gefährdenden Möglichkeiten. Deshalb müssen wir wissen, wie sie sich bewegen und entwickeln, welche Tendenzen und Möglichkeiten in ihnen schlummern, wie weit sie offen sind für verändernde Eingriffe.

Die zentrale Frage dabei ist die nach den *Möglichkeiten des Handelns innerhalb des Verhältnisses von Offenheit und Bedingtheit jeder Situation*, jedes Zustands im Laufe der Entwicklung.

Meine Fragen waren: Wie trägt das Sein das Werden in sich? Welche Hoffnungen kann ich auf eine Veränderung des heutigen sozialen und ökologischen Seins haben? Was kann ich tun, um ein humanes und ökologisches Werden zu befördern?

Die Natur, befragt mit diesem Hintergrund, antwortet, daß sie selbst sich bewegend immer weiter verändert und über qualitative Sprünge neue Formen hervorbringt. Die Quelle für dieses Verändern, das Hervorbringen von Neuem ist nicht mein eigenes Bewußtsein oder ein über dem natürlichen Sein schwebender "objektiver" Geist, sondern die Materie selbst.

## 4.2 Allgemeine Prinzipien der Evolution

### 4.2.1 Die Einheiten

Die Ordnung des Lebendigen fasziniert die Menschen und besonders die Naturforscher seit eh und je. Ernst Haeckel war von den ästhetisch schönen Formen vieler Kleinstlebewesen genauso fasziniert wie von den Formen größerer Organismen und zeichnete sie mit hingebungsvoller Exaktheit. Vielleicht noch frappierender als die ästhetischen Formen ist das Wunder der ineinandergeflochten funktionierenden Lebenstätigkeiten unterschiedlichster Lebensformen in ihrem Lebensraum.

Typische, immer wiederkehrende Ordnungsmuster analysiert der Biologie Rupert Riedl (Riedl 1975, 78ff.). Er findet die vier Muster:

- **Normierung:** alle größeren Formen bauen sich aus kleineren, sich sehr ähnelnden oder fast gleichen, normierten Teilen auf,
- **Hierarchie:** die Formen sind Teil größerer Objekte und enthalten selbst genormte "Bauteile",
- **Interdependenz** (wechselseitige Abhängigkeit): alle diese Teile wechselwirken miteinander und
- **Tradierung:** alle Zustände sind Teil von Aufeinanderfolgen ohne Lücke.

Im übertragenen Sinne gelten diese Muster auch im kosmischen Bereich. Auch hier ist jedes kosmische Objekt aus kleineren, einander sehr ähnlichen Teilen aufgebaut (Norm und Hierarchie), die Teile wechselwirken miteinander (Interdependenz) und die Zustände gehen "tradierend" auseinander hervor (in der chemischen Zusammensetzung unseres Planeten Erde ist die Geschichte unserer kosmischen Umgebung "eingeschrieben", tradiert).

Die Wechselwirkung von Objekten (sie haben z.T. begrenzte Reichweite, begrenzte Valenzen, unterschiedliche Zeitdimensionen und unterschiedliche Wirkungsweisen) konstituiert dabei deutlich voneinander (relativ) getrennte Bereiche. Innerhalb bestimmter "Dinge" ist die Wechselwirkung zwischen typischen gleichartigen (nicht gleichen!) Teilen stärker als zu anderen Objekten. Diese voneinander relativ getrennten Einheiten können auch **Systeme** genannt werden.

Jedes Objekt ist dabei System für seine Komponenten und gleichzeitig selbst Komponente eines weiterreichenden Systems (Hierarchie).

Beispiele dafür sind die Zellen mit den in ihnen enthaltenen Organellen, bzw. diese und ihre Makromoleküle. Zellen bilden Organe und diese, gemeinsam mit anderen Zellen individuelle Organismen. Organismen wirken innerhalb von Popu-

lationen und Biogeozönosen usw...Systeme sind gerade so "groß", daß sie ihre wesentlichen wechselwirkenden Teile/Elemente/Komponenten enthalten.

Systeme sind nicht nur durch Organismen verkörpert, sondern auf allen Ebenen der Hierarchie des Lebendigen gibt es "organische Einheiten" im Hegelschen Sinne. Deshalb ist der Gedanke der "hierarchischen Evolutionstheorie" von Gould zu unterstützen, solange er nicht die Evolution auf jeder Ebene der Hierarchie getrennt von allen anderen erklären will. Genau dies ist nicht möglich. Alle Dinge existieren nur durch die Wechselwirkung ihrer Teile und innerhalb weiterreichender Wechselbeziehungen.

Zu R. Riedl müssen einige Ergänzungen gemacht werden:

- Die Teile sind nicht völlig gleich ("genormt"), sondern gerade ihre Unterschiedlichkeit führt zu austauschenden Wechselbeziehungen. Besser ist es, von *Modularität* zu sprechen, was die Unterschiedlichkeit, aber auch die Systemhaftigkeit der Module betont. Dadurch ergibt sich die interessante Konstellation, *daß diese modulhaften Komponenten zwar bezüglich ihrer Rolle für die Systemkonstitution identisch sind, diese Rolle aber nur erfüllen durch ihre gleichzeitige Unterschiedlichkeit (Differenziertheit).*
- Die "Teile" können bei einer nicht auf die Morphologie beschränkten Biologie auch nicht-körperliche Bestandteile von systemhaften Zusammenhängen sein. Einzelne Stoffwechselprozesse z.B. treten als Teil größerer Zusammenhänge auf.
- **Hierarchien** sind nicht nur morphologische Eigenschaften, sondern beziehen sich auf die Gesamtqualität der Systeme. Jede **Ebene** wird gekennzeichnet von der Existenz einer Art von wesentlichen Zusammenhängen (Gesetzen), die nur für diese Ebene typisch sind.

Im Kosmos ist die gravitative Wechselwirkung wesentlich, die im Biotischen kaum noch eine wesentliche Rolle spielt. Biomolekulare genetische Prozesse gibt es nicht direkt auf der Ebene des Balzverhaltens der Tiere. Für die gesellschaftliche/kulturelle Evolution ist die biotische Konstitution der Menschen zwar Untergrund, aber nicht mehr die tragende Triebkraft. Hier spielt die Arbeit und die Kultur die wesentliche Rolle.

Wir erhalten ein typisches Strukturierungsprinzip der Materie, das für die Evolution wesentlich sein wird:

**Systeme enthalten die für ihre Existenz wesentlichen Zusammenhänge. Ihre Komponenten sind gleichartig, aber in sich differenziert.**

Jedes konkrete Teil von schöpferischer Materie ist gleichzeitig Bestandteil verschiedener Systeme auf der gleichen Hierarchieebene, anderer Hierarchieebenen und ist oft selbst System. Dadurch steht es zu allen Wechselwirkungspartnern in unterschiedlicher Relation. Einerseits ist es Bestandteil relativ stabiler Wechselwirkungsbeziehungen, andererseits ist es immer Instabilitäten durch Wechselwirkungen unterworfen (durch die in ihm verkörperte *Einheit von Identität und Unterschied*).

Ein System wird durch die Bewegung seiner Bestandteile (gleichgültig, ob diese nun selbst körperlich oder prozeßhaft sind) konstituiert.

**Relativ stabile Strukturen entstehen durch innere Prozesse, wobei die systemhaften Strukturen die eigenen Bestandteile selbst erzeugen.**

Dieses Prinzip der Selbst-Erzeugung (oder Autopoiese) ist besonders typisch für biotische Objekte. In der Kosmologie gilt dies im Prinzip auch. Das Gravitationsfeld von Galaxien erzeugt die Struktur der Verteilung der Sterne und der interstellaren Materie - die wiederum selbst die Galaxien bilden. Sterne und ihre Parameter (Gravitation, chemische Zusammensetzung) bedingen die in ihnen ablaufenden Prozesse - welche wiederum die Struktur "Stern" erzeugen.

Diese *Nichtlinearität* (in der Kybernetik bekannt als positive Rückkopplung) verweist auf *Nicht-Gleichgewichtsprozesse*, wie sie für die *Selbst-Organisation* typisch sind. Weder im Kosmos noch im Bereich des Lebendigen gäbe es stabile Strukturen, wenn sie sich nicht selbst immer wieder organisieren, ja sogar selbst erzeugen würden. Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre deutet die Tatsache der "Verwischung" aller Strukturunterschiede nach langen Zeiten (die das Weltall sicher hinter sich hat) an. Selbst-Organisation ist deshalb - will man keinen Schöpfer im Punkt des Urknalls plazieren - im Kosmos wie im Lebendigen nicht nur Grundprinzip der Entstehung neuer Ordnung (darauf kommen wir später zurück), sondern auch die Voraussetzung für die relative Stabilität der Strukturen.

Das biologische Konzept der *Autopoiese* betont zu Recht die systeminternen Triebkräfte des Seins und der Selbst-Erzeugung. Es betont innere Faktoren auch bei der Wechselwirkung mit anderen Systemen. So wirken z.B. Reize von außen nicht direkt "steuernd" auf innere Prozesse ein. Die inneren Prozesse wählen aus, welche Reize sie überhaupt wahrnehmen und wie sie darauf reagieren. Es erfolgt keine direkte Steuerung von außen, sondern alles Verhalten ist "struktur determiniert" (allgemeiner: "innendeterminiert").

Das Konzept der Autopoiese beseitigt damit die Einseitigkeiten früherer kybernetischer Sichtweisen, die in Organismen nur passive Reiz-Reaktions-Antwort-Maschinen sahen. Auch eine Evolutionstheorie, die nur die Selektionswirkung betonte, wird berechtigt hinterfragt.

Seine Grenze findet dieses Konzept jedoch, wenn man über den einzelnen Organismus hinausschaut. Die Selektion kann nur solange uninteressant sein und die Innendetermination allein wesentlich, wie es dem Organismus gelingt, seine mit außen vermittelten Stoffwechselprozesse zu gestalten. Wo die Selektion das Sein des Organismus nun doch beendet, wird das Autopoiesekonzept sprachlos.

Bisher ist das Autopoiesekonzept biologisch auch sehr an den Organismusbegriff geknüpft worden, und nicht auf andere, weiterreichende biotische Einheiten wie Populationen, Bio(geo)zönosen und andere angewandt worden. Die Evolution ist deshalb mit diesem Konzept prinzipiell (solange nicht die Grenzen des Organismus überschritten werden) nicht erklärbar und der betonte Gegensatz zum Darwinismus ist keine weiterführende Überscheidung (Negation als doppeltes "Aufheben": 1. Beenden, aber auch 2. Aufbewahren im Neuen) des Darwinismus, sondern ein einfaches "Abschneiden" der eigentlichen Fragen.

Allgemeiner ist hier das Konzept der *Selbstorganisation*.

Selbstorganisation benötigt zwar "äußere Zwänge", wie ihre Kritiker betonen. Gemeint ist damit der notwendige Nicht-Gleichgewichtszustand durch die Abführung von Entropie oder Zuführung von Energie zur Minimierung der Entropie in der geordneten Struktur. Aber dies braucht das autopoietische System ebenso, auch wenn es nicht explizit ausgesprochen, sondern aus der Theorie ausgeklammert ist. Ohne "Entropieexport", also Ungleichgewicht, existiert gar kein autopoietisches Objekt erst.

Selbstorganisation ist nach Ebeling und Feistel "*ein irreversibler Prozeß, der durch das kooperative Wirken von Teilsystemen zu komplexeren Strukturen des Gesamtsystems führt*" (Ebeling/Feistel 1986, S.11). Damit ist die Selbstorganisation der Elementarprozeß der Evolution.

Die Voraussetzungen der Selbstorganisation sind damit auch Voraussetzungen für Evolution und sogar die bloße Aufrechterhaltung der Ordnung:

- ⇒ Entfernung vom "toten" Gleichgewicht
- ⇒ Nichtlinearität (positive Rückkopplung)
- ⇒ kooperatives Verhalten der Teile von Einheiten.

Genauere Aussagen zu Voraussetzungen für qualitative Sprünge erfolgen später.

### 2.2.2 *Alles ist in Bewegung*

Die Prozesse zur Aufrechterhaltung der Existenz verändern die Bedingungen der Existenz. Alle realen Prozesse sind deshalb irreversibel. Dabei beruht die Schöpferkraft der Materie, die sie im gesamten bisher bekannten Kosmos "gegen den Strom der Entropie schwimmen" läßt, auf dem durch die "Urknall"-Dynamik begründeten Nicht-Gleichgewicht und der inneren Potentialität zum Formenwandel.

Die *Nichtumkehrbarkeit* beruht auf selbst-veränderten Bedingungsfeldern und auf der Stabilisierung veränderter Zustände in der Vernetzung der Dinge im eigenen System und außerhalb.

Alle Formen der Materie auf allen Strukturebenen sind auf diese Weise veränderlich, jedoch nicht innerhalb der gleichen Zeithorizonte (diese Ungleichzeitigkeit betont Kamshilow 1977, S. 247).

**Veränderungen vollziehen sich auf den einzelnen Ebenen nicht unabhängig voneinander, sondern in einer (vertikalen) Ko-Evolution.**

Innerhalb der einzelnen Ebenen ist ebenfalls eine ko-evolvierende differenzierte Vielfalt (horizontal) typisch. **Radiation**, also die Aufspaltung der Formen innerhalb einer Strukturniveauebene, findet vorzugsweise zu Beginn der Existenz von Zusammenhängen auf dieser Ebene statt. Die gerade erst "erfundenen" Wechselwirkungsprinzipien finden "unverbrauchte" Ressourcen vor und nutzen diese zum "Ausprobieren" vieler neuer Strukturen.

Die sich verändernden Dinge in wechselwirkender Vielfalt verändern die Quantität und die Qualität des vorliegenden Grundzustandes. Strukturen und Funktionen sind innerhalb der Grundqualität über längere Zeiten hinweg relativ stabil. Veränderungen finden zuerst nur innerhalb dieser Grundqualität statt, sind auch nur hier möglich, bis das Gesamtsystem eine "Reife" erreicht hat, daß die Möglich-

keiten für Neues wachsen und die Möglichkeiten des Wirkens der bisherigen Zusammenhänge schwinden.

**Neues** entsteht aber bereits innerhalb der bestehenden Grundqualität. Der Begriff des "Anderen" steht für Qualitäten, die voneinander unterschieden, aber innerhalb der Grundqualität ihr Wesen haben. Das Neue gehört bereits mit seinem Wesen nicht mehr zu dieser Grundqualität, taucht aber innerhalb dieser nur als "Keim", als noch unwesentliche "Abweichung" auf. Seine Existenz ist (noch) nicht wesensbestimmend für die Grundqualität, seine Existenzdauer jeweils nur kurz.

Im Laufe der Abkühlung in einem Raumbereich des Kosmos durch die Expansion können im heißen Strahlungskosmos bereits Atomkerne Elektronen kurzzeitig einfangen, ohne daß Atome lange Existenzdauern haben. Erst nach stärkerer Abkühlung wird die stoffliche, auf Atomen aufgebaute Existenzform der Materie wesentlich.

Die Säugetiere als neue Form des Lebendigen existierten bereits zu Zeiten der Vorherrschaft der Saurier. Wesentliche Form der höchstentwickelten Lebewesen wurden die Säugetiere erst nach dem Aussterben der Saurier. In der direkten Konkurrenz, unter Wirkungsbedingungen der wesentlichen Zusammenhänge von saurierbeherrschten Ökosystemen, hatten sie keine Chance - trotzdem waren sie Vorläufer, notwendige "Keime" für das später Höherentwickelte.

Im Frühmittelalter Italiens gab es bereits kapitalistische Gesellschaftsformen, die sich damals noch nicht durchsetzen konnten und erst einmal wieder verschwanden. Viele andere gesellschaftliche Alternativen, die heute meist als "gescheitert" betrachtet werden, brauchen unter diesem Gesichtspunkt doch noch nicht völlig abgeschrieben werden.

Das Vorliegen einer Vielfalt von "**Fluktuationen**", der Keime von möglichem Neuen ist wichtig für den (späteren) Sprung in neue, höhere Ordnungszustände. Eine gewisse "Fehlerfreundlichkeit", "Mutabilität" ist für selbst-organisierenden Ordnungsaufbau und damit Evolution unabdingbar.

Die *Konkurrenz* ist eine Wechselwirkungsform, die auf der Gleichartigkeit der Komponenten einer Einheit beruht, während die *Kooperation* den gegenseitigen Austausch auf Grundlage der Unterschiedlichkeit betont.

Die nicht nach einer Seite hin auflösbare Dialektik von Konkurrenz und Kooperation ist also eine logische Folge der Einheit von Identität und Unterschied, die nach Hegel das zentrale Moment der dialektischen Entwicklung darstellt.

Unter Bedingungen eines Ressourcenüberschusses zu Beginn von Entwicklungszyklen ist die Konkurrenz noch wenig ausgeprägt. Zu diesem Zeitpunkt entstehen die meisten neuen Strukturen und Funktionen dieses Zyklus. Die Konkurrenz um Ressourcen, die von allen (aufgrund ihrer Gleichartigkeit) gebraucht werden, tritt zu späteren Mangelzeiten und zwischen besonders gleichartigen Komponenten bevorzugt auf. Entgegen allen üblichen Einschätzungen der "innovativen Rolle" von Konkurrenz zeigt sich in den Erfahrungen zu natürlichen Evolutionsprozessen auf allen Ebenen eher, daß diese durch Konkurrenz erzwungenen "Innovationen" i.a. stets innerhalb der Funktionsprinzipien dieses Zyklus bleiben und durch ihren Ressourcenverbrauch den Weg in noch größeren Ressourcenmangel nur beschleunigen. Alle Versuche eines Ausweges (innerhalb der alten "Logik") sind *kontraproduktiv*. Auf diese Weise erzeugt das System seine Kritizität selbst ("selbstorganisierte Kritizität").

Bloch begründet diese *Kontraproduktivität*: "*weil in einer überalterten Quantität der Widerspruch zu ihr besonders mitwächst*" (Bloch 1985b, S. 16).

Veränderungen, die innerhalb der "alten" Grundqualität bleiben, sind ab einem bestimmten Zeitpunkt "kontraproduktiv", sie verstärken Mangelsituationen. Dies liegt daran, daß die verstärkte Anwendung der "alten" Wechselwirkungen die Bedingungen/ Ressourcen nur noch schneller verbraucht.

Zusätzlich werden im Fortgang der Veränderungen sich beeinflussender Systeme die gegenseitigen Vernetzungen stabilisiert, so daß andere Möglichkeiten der Wechselwirkungen vorerst blockiert werden.

Die Aussage, nur die Auslese, also die Konkurrenz erzwingt hochdifferenzierte Zustände und der Konkurrenzdruck sei zur Stabilisierung von Ordnungszuständen notwendig (Eigen 1982, S. 34/35) unterstellt Gleichgewichtszustände, die tatsächlich "von sich aus" in ungeordnetes Chaos zurückfallen würden. Wir gehen allerdings entsprechend den Erkenntnissen zum Verhalten der Materie in unserem Universum prinzipiell von einer schöpferischen Materie aus, die sich ohne weiteren "Zwang" entfaltet und deren innere Strukturen sich selbst organisieren und erzeugen (unter geeigneten äußeren Bedingungen, die aufgrund ihrer Vielfalt *wesentlich weniger* von Konkurrenz geprägt sind, als vielmehr von einem vernetzten Austausch von Ressourcen).

R. Axelrod (Axelrod 1991) modellierte spieltheoretisch (und im praktischen Turniertest) andere Wechselwirkungsmodelle als Eigen und stellte fest, daß in Nicht-Nullsummensituationen (also im Nicht-Gleichgewicht, wo nicht einer am Verlust des anderen gewinnt, sondern bei Kooperation beide gewinnen) andere Regeln erfolgreich sind, als sie die Gleichgewichtstheoretiker fanden und in ihrem "Lob der Konkurrenz" verallgemeinerten. Nach Axelrods Erfahrungen ist **die Regel die erfolgreichste, die im ersten Zug selbst Kooperation anbietet, um danach alle Züge des Gegenübers (je nachdem ob dieser kooperierend oder "defektierend" spielte) zu wiederholen**. Damit erklärt er, wieso auch ohne Vertrauen oder Freundschaft, nur bei vorausgesetzter und realisierter dauerhafter Gegenseitigkeit, Kooperation spontan entsteht, ohne daß sie durch zentrale Herrschaft erzeugt werden muß. Für eine politische Strategie der Kooperation ist im Einzelnen viel von Axelrod zu lernen.

Keime für das Neue, das im nächsten Entwicklungszyklus zum Wesentlichen werden kann (weil es *genügend "anders"*, also wirklich "neu" ist), entstehen im allgemeinen nicht in der Masse dieser konkurrierenden, auf alte Weise funktionierenden "Lösungen".

Neues entsteht vorwiegend unter Bedingungen eines Ressourcenüberschusses, unter Mangelbedingungen erzeugt die Konkurrenz höchstens "Angsttriebe", die nur in den wenigsten Fällen die Innovationen sind, die zum Sprung in höhere Seins-Ebenen führen.

Viele untergegangene Keime werden einfach übersehen, gelangen nie ins "Geschichtsbuch" der Natur. Nur aus der späteren Betrachtung sind die Keime dessen zu sichten, was sich später durchgesetzt hat. Die vielen abgebrochenen möglichen Wege gehen verloren.

**Keime für Neues entstehen im allgemeinen in isolierten Gebieten (wo sie nicht gleich wieder verwischt werden) und an unerwarteten Stellen (außerhalb der Wirkungsmechanismen der bisherigen Zusammenhänge).**

Sie können aber nur "kristallisierend", sich ausbreitend wirken, wenn sie bald in größere Bereiche übertragen oder verstärkt werden.

Die Grundlage dafür ist die Tatsache, daß jede Qualität ihr begrenzendes Maß besitzt. Die Grundqualität eines Bereiches (Systems) ist bestimmt und deshalb nicht "uferlos".

Aus dem kosmischen (heißen) Strahlungskosmos "froren" nach einer entsprechenden Abkühlung (durch die Expansion) stoffliche Teilchen "aus". Das Größenwachstum einer lebendigen Kugel erfordert zur Aufrechterhaltung biochemischer Prozesse "Einbuchtungen" usw.

**Die Bedingungsveränderungen gehen soweit, bis die Bedingungen für die Existenz der bisherigen wesentlichen Zusammenhänge (Gesetze) aufgehoben sind. Dann ist das Maß erreicht. Gleichzeitig wurden neue Bedingungen für die darauffolgenden Materiearten und -formen geschaffen.**

Im Bereich des Lebendigen auf der Erde wurden diese Bedingungen oft nicht selbst-erzeugt bis ans Maß gebracht, sondern durch äußere Katastrophen hervorgerufen. Sogar dann zeigte es sich, daß die vorbereiteten Möglichkeiten innerhalb des früheren Zustands ausreichten, um nach der Katastrophe neue Lebensformen hervorzubringen. Umsomehr sind nach einem Ausreifen der früheren Zustände und einem selbst-vorangetriebenen Weg zur Überschreitung des Maßes Keime für Neues bereit.

Innerhalb des Bereiches zeigt sich dies daran, daß es "offener" für äußere Einwirkungen wird. Die Stabilität der wesentlichen Zusammenhänge (Gesetze) nimmt ab, weil ihre Bedingungen geringer werden. Das System gerät in eine *"sensible Phase"*, wie sie vor allem aus der menschlichen Individualentwicklung bekannt ist.

Schließlich brechen die früheren Gesetze zusammen - *die "Allmählichkeit des nur vermehrenden Fortgangs bricht ab"* (Hegel 1988, S. 10). Alte Blockierungen brechen auf; die Materieformen konfigurieren sich neu. Bisher unwesentliche "Keime" können nun zu wesentlichen Zuständen werden. *"Die Welle bricht"* (Bloch 1985b, S.125).

Unter geeigneten Bedingungen (Voraussetzungen) gelingt ein "Sprung" in "höhere" Ebenen des Seins. Die Gesetze verändern sich, die Entwicklungsprinzipien selbst verändern sich (ohne für Materiebereiche, die auf den "unteren" Ebenen bleiben, d.h. i.a. für ihre Komponenten, deren Gesetze aufzuheben).

### 4.2.3 Neues setzt sich sprunghaft durch

Die Begrenzung der Existenzmöglichkeiten der alten Grundqualität kann unter geeigneten Voraussetzungen zu einer neuen, höheren Grundqualität führen. Insgesamt starben 99% aller jemals lebenden Tierarten auf der Erde aus. Von den übrigen 1% ist der Großteil an Biomasse auf seiner Hierarchieebene geblieben, nur ein Bruchteil vollzog den Weg ins Neue, Höhere.

Ein wichtiges Beispiel aus der Biologie, das auf einer selbst-erzeugten Kritizität beruht, ist die Ergänzung der lebendigen Welt der Einzeller (*Prokaryoten*) durch vielfältigere Lebensformen und die Durchsetzung einer neuen Art von Einzellern (den Eukaryoten). Die erste Krise war das Aufzehren des Vorrats an abiogenen organischen Molekülen. Als Innovationen setzten sich nun Zellen mit der Fähigkeit zur Photosynthese und/oder der Ernährung aus biogenen organischen Stoffen durch. Die nächste Krise erwuchs aus der Photosynthese selbst. Sie verbrauchte Kohlendioxid und brachte damit den notwendigen Treibhauseffekt in Gefahr und erzeugte das Zellgift Sauerstoff. Beide Probleme wurden gelöst. Andere Einzeller in der Vielfalt der Biosphäre erzeugten aus organischen Stoffen die notwendigen Treibhausgase und die Zellen schützten sich durch innere Neuerungen vor der giftigen Wirkung des Sauerstoffs.

**Innere Plastizität und geeignete äußere Vielfalt (bzw. die Möglichkeit, diese gemeinsam zu entwickeln) sind für den "Sprung" ins Neue, Höhere unerlässlich.**

Neue Möglichkeiten wurden dadurch eröffnet (innere Differenzierung → Arbeitsteilung, Mehrzelligkeit, Sexualität). Alte Möglichkeiten gingen aber auch verloren (horizontaler Gentransfer der bakteriellen Einzeller, Stoffwechselvielfalt verringerte sich). Die Gesetze der vorherigen Existenzweise sind nicht mehr wesentlich, ihre Evolutionsergebnisse werden "eingefroren".

Eingebettet in früher entstandene, länger andauernde Prozesse auf "tieferen", älteren Ebenen entstehen so neue, höhere Formen der Materie.

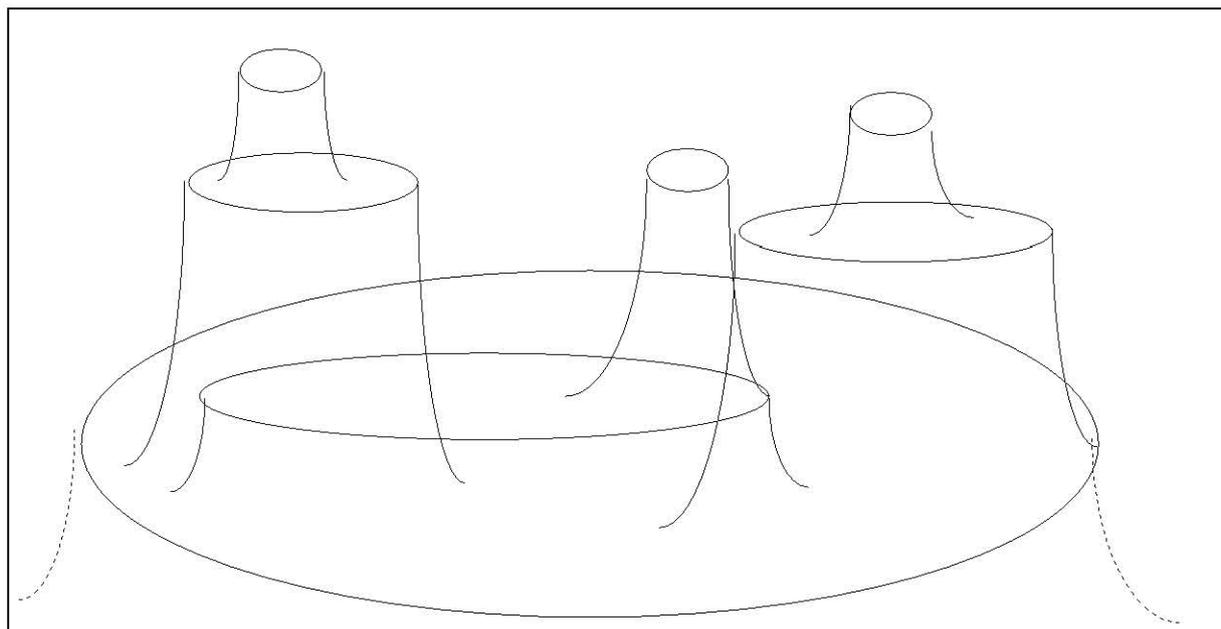


Abbildung 4.1: Entwicklung durch das Entstehen neuer Materieformen auf Grundlage und in Wechselwirkung mit den jeweils früheren Materieformen (nach Kamschilow 1977, S. 69)

Es gibt dabei qualitative "Sprünge" auf unterschiedlicher "Treppenhöhe". Große Einschnitte sind die Unterschiede der Grundqualitäten zwischen kosmisch-physikalisch/chemischen Materieformen, den biotischen Materieformen und den gesellschaftlichen. Innerhalb dieser existieren wiederum in sich recht einheitliche Bereiche, die auf dieser Ebene eigene Grundqualitäten darstellen und die evolutiv nacheinander und aufeinander aufbauend entstanden.

Bei der menschlichen Evolution gibt es dabei den Unterschied, daß die weiterentwickelten Lebens- und Produktionsformen die früheren nicht gleichzeitig als Voraussetzung brauchen. Trotz vieler realer „Ungleichzeitigkeiten“ (Nebeneinander von Sklaverei bis Industriekapitalismus und Sozialismusversuchen) kann die Menschheit in ihrer Kultur „kumulativ“ auf Basis der jeweils „aufgehobenen“ menschlichen und technischen Produktivkräfte neue Lebens- und Produktionsformen entwickeln.

Die aufstrebende Spirale der Entwicklung hinterläßt also kein Vakuum, sondern eine fortexistierende Materiefülle auf allen Stufen, die mit den höheren in enger Wechselwirkung steht. Die Stabilisierung des Neuen auf einer Ebene bedarf der Einbeziehung in die Wechselwirkungen mit den Materieformen der anderen Ebenen.

Die Art und Weise des **Sprungs** ist durch folgende allgemeine Merkmale gekennzeichnet:

- ◆ Viele neue Variationen entstehen (Radiation)

- ◆ Kleine Veränderungen werden in große Bereiche übertragen (quantitativer Aspekt).
- ◆ Vorher unwesentliche neue Qualitäten werden "verstärkt" und werden zu wesentlichen Qualitäten der neuen Grundqualität (qualitativer Aspekt).
- ◆ Eventuelle "Blockaden" durch verfestigte Wechselwirkungen innerhalb der alten Komponenten und Einheiten werden aufgebrochen, da die Bedingungen ihrer Stabilität verschwinden (besonders im Falle der biotischen Katastrophen).
- ◆ Das alte Möglichkeitsfeld verschwindet, es entsteht ein neues (**Negation der Negation: Aufheben des Alten im Neuen**).
- ◆ Das früher noch Offene "friert ein", nunmehr feste "Tradierungen" (fester genetischer Code, feste wesentliche biochemische Stoffwechselprozesse,...) dienen als Grundlage für Veränderliches auf neuen Ebenen.
- ◆ Aus dem alten Möglichkeitsfeld werden einige Kombinationen (bedingt zufällig) ausgewählt - mehrere neue Grundqualitäten (Gesetzmäßigkeiten) wären möglich, nur einige werden realisiert (**bedingte Offenheit**).
- ◆ Die Offenheit der Entscheidung ist unterschiedlich. Meist wirken Einflüsse der wechselwirkenden Materieformen mehr oder weniger ein. Manchmal scheint die Entscheidung auch zufällig zu sein (wie im Fall der "linksdrehenden" Chiralität der Aminosäuren. Hier ist die Entscheidung zwar materiell bedingt, also durch ausreichende Bedingungen für die Entstehung von "linksdrehenden" Aminosäuren ermöglicht; aber nicht notwendig als "Bessere" gegenüber dem Entstehen von Proteinen aus "rechtsdrehenden" Aminosäuren bevorzugt).
- ◆ Es werden verschiedene Formen von Sprüngen unterschieden: Neues entsteht neben weiterbestehenden Formen auf der gleichen Ebene (vergleichbar mit physikalischen Phasenübergängen 1. Art) oder Neues verdrängt alle konkurrierenden Keime für anderer Varianten (Phasenübergänge 2. Art, Hyperselektion).
- ◆ **Im Fall der Entscheidung zwischen verschiedenen Varianten des Neuen setzen sich die Formen des Neuen durch, die sich zuerst durch genügende Wechselbeziehungen ausreichend stabilisieren können.**
- ◆ Es entstehen neue wesentliche Zusammenhänge (Gesetze) und damit Bewegungen und Veränderungen: **Evolution der Evolution**.
- ◆ Den neuen Existenzweisen und Entwicklungsprinzipien stehen bisher unausgenutzte Ressourcen zur Verfügung, die zum Aufbau neuer Strukturen geradezu "verschwenderrisch" genutzt werden (Die Maximierung der Entropieproduktion "im Sprung" betont E.Jantsch).

Aus der Sicht der Strukturen fällt auf, daß innerhalb der (angesichts längerer Phasen von quantitativen und qualitativen Veränderungen innerhalb einer Grundqualität) kurzen Zeit des "Sprungs" plötzliche Strukturveränderungen geschehen..

Neue Komponenten der Einheit entstehen - für sie ist eine *Differenzierung* typisch. Diese neu differenzierten Komponenten finden sich aber sofort in einer neuartigen *Synthese* in der neu geworden Einheit wieder.

"Das fundamentale Organisationsprinzip der materiellen Bewegungsformen ist die Differenzierung der materiellen Bewegungsformen, die auf der Integration immer neuer Strukturelemente beruht, die sich ihrerseits ständig im Verlauf der Differenzierung bilden."  
(Kamschilow 1977, S. 246).

Die Veränderungen der Differenzierungs- und Integrationsformen ist oft verbunden mit einem Funktionswechsel (oder neuer Funktionsdifferenzierung und -synthese, frühere Nebenfunktionen können z.B. zu neuen Hauptfunktionen werden).

#### *4.2.4 Entwicklungszyklen auf ihrem Weg ins Offene*

Die Materie vollzieht einen ständigen Formenwandel, der Teile von ihr in immer neue Gefilde treibt, neue Entwicklungszyklen auf immer neuen Ebenen, Strukturnivaus und Bewegungsformen eröffnet. Dabei entwickeln sich auch die Bewegungsgesetze, es geschieht eine **Evolution der Evolution**.

Insgesamt ist die Aufeinanderfolge der Entwicklungszyklen der Materie einerseits von einer immer weiteren Integration der Materieformen (von den Elementarteilchen über die Atome, Moleküle schließlich bis zu den lebenden Zellen, Organen, Organismen, und den bewußt handelnden Menschen). Andererseits kann diese Integration nur auf der Grundlage einer immer weiteren Differenzierung (Kamschilow 1977, 186) stattfinden.

Die Anzahl der existierenden Materiearten und damit Bewegungsformen nimmt zu, sie wechselwirken unter- und miteinander. Dadurch werden die Materiekonfigurationen einerseits stabiler, andererseits sind die gegenseitigen Abhängigkeiten komplizierter und sensibler gegenüber Störungen.

Auffällig ist auch die **Beschleunigung der Evolution** mit ansteigender Organisationshöhe.

Das **Feld der offenen Möglichkeiten** wird in der Tendenz breiter.

Die wesentlichen Zusammenhänge (Gesetze) werden komplizierter vernetzt. Die immer stärkere Vielfalt wird innerhalb Vernetzungen verbunden. Neben die Differenzierung und Spezialisierung tritt als Träger von Vielfalt die Flexibilisierung (von Nervenzellen und des Verhaltens) auf. Evolutionäre Veränderungen der Ontogenese treten bei höheren Lebewesen verstärkt hinzu (Retardation, Akzeleration, siehe u.a. bei Löther 1983, S. 120).

Ein "Bild" für diese Vielfalt auf hochentwickelter Stufe ist *das "turbulente Chaos"*, das z.B. einen schnell fließenden Fluß mitsamt seinen Verwirbelungen kennzeichnet. Ein totes Chaos wäre demgegenüber die ungerichtete, einander gleichgültige "Brownsche Bewegung" von Gasteilchen in einem thermodynamischen Gleichgewicht.

Da die Rückkopplungsvielfalt wächst, steigt auch die Wahrscheinlichkeit für die Materieformen in konkreten Bereichen, den Weg in neue, höhere Formen zu finden. Dies macht Hoffnung darauf, daß nicht ebenso wie beim Biotischen 99% aller Zivilisationen im Weltall bald ihr Ende finden.

Die Entwicklung der Materie ist eine "dialektische Qualifizierung" (Bloch 1985c, S. 366). Diese besteht im Hervorbringen eines "immer entwickelteren Bewegungsinhalts".

Mit der Entstehung der Menschen bringt die materielle Natur ihre bisher höchste Form hervor.

"Die bewußte Gestaltung der Biosphäre wird zu einem Gesetz naturgeschichtlicher Erdentwicklung." (P.Marnitz 1990, S. 32)

Noch sind wir von dieser Bewußtheit weit entfernt. In uns liegt die Möglichkeit, sie zu erreichen.

### 4.3 Das Verhältnis von Bedingtheit und Offenheit in der gesetzmäßigen Entwicklung

#### 4.3.1 Materie

Alle Arten und Formen der Materie sind in ständiger Bewegung begriffen, wobei ihre Komponenten einander beeinflussen und bedingen. Die Wechselwirkungen sind mehr als reine Ursache-Wirkungs-Kausalitäten (vgl. Hegel 1986a, S. 158). Der Bedingungs-zusammenhang existiert nicht nur in unseren Köpfen, sondern in der äußeren, *von unserem Bewußtsein unab-hängigen Materie* selbst.

Materie ist kein totes Sein. Sie ist nicht absolut festgelegt, "determiniert". Sie ist, sich bewegend, Werdendes. Dieses Werden schreitet in Offenes, Unbestimmtes - ist aber nicht unabhängig von seinem eigenen Zustand und äußeren Umständen, ist also doch auch bedingt und bestimmt, also "determiniert" in einem erweiterten Sinne.

"Determinismus" und "Kausalität" wird oft so verwendet, daß "Determinismus" für eine absolute Bestimmtheit steht, während die "Kausalität" sich auf konkrete Einflußnahmen bezieht. Damit wäre "Determinismus" strenger in seiner Bestimmtheit als "Kausalität". Die moderne Naturwissenschaft zeigt die Offenheiten des Geschehens deutlich (Quantentheorie, Chaostheorie). Daraufhin wird nun oft der "Determinismus" verworfen, während kausale Zusammenhänge nicht verleugnet werden.

Eine andere Sprechweise ist nach Hegel (Hegel 1986a, S. 237) angemessener und wird hier verwendet:

Der **Determinismus** kennzeichnet demnach die allgemeinere *Bedingtheit und Bestimmtheit* alles Geschehens innerhalb von (unendlichen) Wechselwirkungen. Kausalität dagegen erfaßt nur ausgewählte, jeweils (endliche) konkrete Zusammenhänge in der einen Richtung: Ursache → Wirkung (siehe auch Hörz/Wessel 1983, S. 72).

Alle Erfahrungen mit der Natur als Sein und Prozeß der uns umgebenden verschiedenen Materieformen verweisen auf ihr Gewordensein und auf ihr ständiges Werden. Materie ist nicht nur unausschöpfbar für unsere Erkenntnis, sie ist selbst schöpferisch im Hervorbringen neuer Formen und deshalb nie abgeschlossen, fertig.

Ernst Bloch kennzeichnet die Materie selbst als die "reale Möglichkeit" (Bloch 1985a, S. 237). Sie ist nach ihren (früheren) Möglichkeiten geworden und trägt (für die Zukunft) weitere Möglichkeiten in sich. Materie ist "Nach-Möglichkeit-Seiendes" und "In-Möglichkeit-Seiendes" (Bloch, 1985a, S. 238). Zwischen diesen beiden Polen bewegen wir uns in der Praxis unseres Lebens (*Abbildung 4.2*).

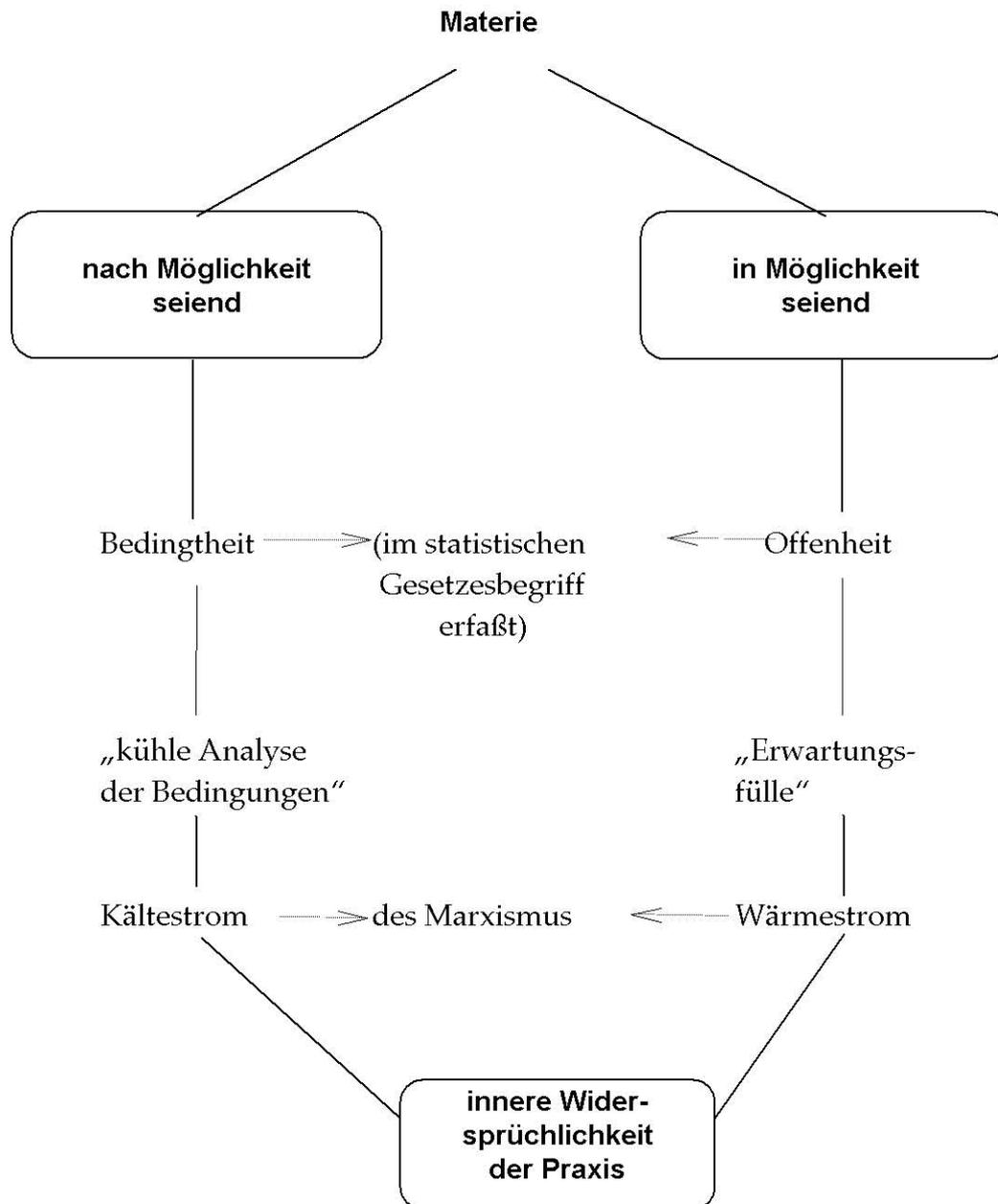


Abbildung 4.2.: *Bedingtheit und Offenheit der materiellen Praxis (nach Ernst Bloch und Herbert Hörz)*

### 4.3.2 Gesetze: *wesentliche Prozeß-Zusammenhänge*

Im Prozeß des Vergehens und Werdens der Materieformen lösen sich Bestimmungen auf und es entstehen neue. In dieser Dynamik existieren Materiebereiche mit Eigenschaften, die sie von anderen unterscheiden. Sie werden bestimmt durch **Grundqualitäten**. Ihre Identität realisiert sich durch ihre *Wesentlichkeit, die jedoch nur in auflösender Bewegung existiert*. Der Prozeß der Bewegung innerhalb des Bereiches einer grundlegenden, bestimmenden Qualität (Grundqualität) konstituiert wesentliche Zusammenhänge.

Diese *wesentlichen Zusammenhänge* (in dem "System" genannten Materiebereich) stellen die **Gesetzmäßigkeiten** dieses Systems dar.

Bei der subjektiven Auswahl von Materiesystemen als zu betrachtende subjektive Systeme muß deshalb den objektiven System-(Wesens-)Zusammenhängen Rechnung getragen werden. Das System muß ausreichend "groß" sein, um die wesentlichen Zusammenhänge zu erfassen. Es darf aber nicht zu umfassend sein ("Alles" enthalten), da dann wesentliche Qualitätsunterschiede verwischt werden.

Das Sein als sich Auflösendes und neu Werdendes hat nur Zusammenhänge, die das Vergehen und Werden selbst sind. Das Gesetz ist kein statisches Festhalten, sondern die "Wesentlichkeit der auflösenden Bewegung (=Grund) der Existenz" (Hegel1986a, 156f.).

Die Identität des Systems entsteht nicht einfach aus der Summe, dem Aufeinanderhäufen von Komponenten. Die Komponenten verhalten sich zueinander, sie realisieren Wechselwirkungen und konstituieren damit das System. Wechselwirkungen beruhen auf Effekten, die aus der Unterschiedlichkeit, der Differenzierung der Komponenten herrühren.

R.Riedl beschreibt die vier Ordnungsmuster Norm, Hierarchie, Interdependenz und Tradierung (siehe Kapitel 4.2). Die Normierung betont die Gleichartigkeit von Teilen, die zu einem Ganzen gehören. Sterne bestehen aus Atomen, Lebewesen aus Zellen, Ökosysteme aus Organismen. Jedoch kommt eine Interdependenz (Wechselwirkung) nur zustande, wenn die Teile nicht gleichgültig nebeneinanderstehen, sondern unterschiedliche Eigenschaften sich vernetzen. Im Stern wechselwirken unterschiedliche Kräfte (Gravitation und Kernkräfte), die Zellen im Organismus sind mannigfaltig differenziert, auch das Ökosystem lebt von dem Austausch der Stoffe und Wirkungen zwischen den Organismen.

Unterschiedliche Komponenten wechselwirken, indem sie ihre Unterschiedlichkeit nicht etwa verlieren, sondern ausprägen. Die Unterschiede wirken nur dann wirklich konstituierend für eine Gesamtqualität, wenn der "tragende" Prozeß aus ihrer Unterschiedlichkeit gespeist wird und diese weiter fördert (positive Rückkopplung). Dies geschieht bei der Atomumwandlung in den Sternen wie auch der organismischen Entwicklung.

In der Sprache des Autopoiesis-Konzepts wird diese Bestimmtheit der Materie auch ausgedrückt als Fähigkeit von Systemen, den eigenen Rand zu konstituieren, operational geschlossen zu sein. Das System konstituiert sich selbst über die Bewegung seiner Komponenten. Hegel betont hierbei deutlicher als die Sprache des Autopoiesis-Konzepts die Gegensätzlichkeit und Widersprüchlichkeit in diesen Bewegungen.

Mit Hegels Worten enthält ein sich selbst widersprechendes Etwas sein Anderes stets in sich. Zu ergänzen ist gegenüber Hegel, daß es in der Realität nicht nur ein Anderes ist, sondern mehrere Andere selbst miteinander ringen (siehe Abbildung 4.3).

Der Begriff des Anderen differenziert hier von dem bei H. Hörz verwendeten der "anderen Qualitäten" innerhalb einer Grundqualität. Mit ihnen sind verschiedene "andere" Qualitäten innerhalb eines Wesens gemeint. Dabei müssen die betrachteten verschiedenen, anderen Systeme nicht objektiv miteinander verbunden sein, aber sich durch ein objektiv gleiches Wesen auszeichnen. Z.B. haben alle Sterne des Universums in bestimmten Stadien das gleiche wesentliche Verhalten bei der Energieerzeugung. Im Folgenden geht es jedoch um eine Andersheit im Hegelschen Sinne, bei der das Andere das Andere *des* jeweiligen Etwas ist. Das Etwas und seine Anderen sind dabei Komponenten der Möglichkeitsfelder. Dies verbindet die beiden Anschauungen.

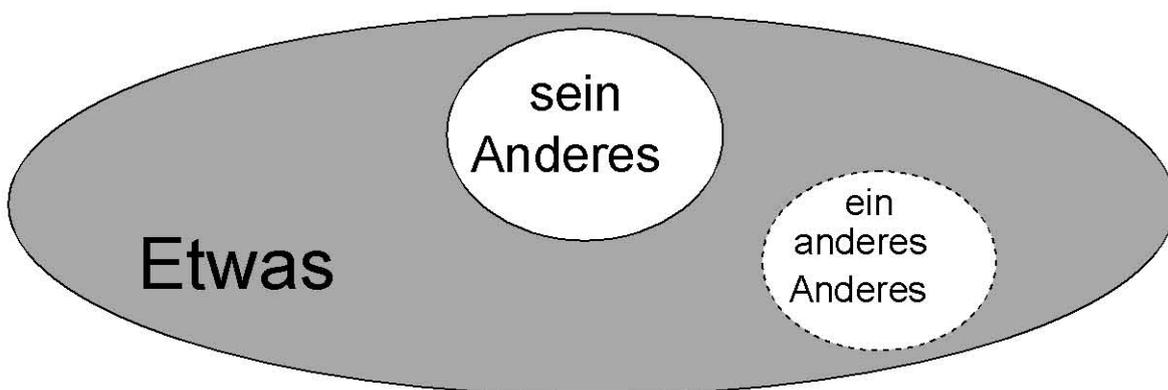


Abbildung 4.3.: *Das Etwas und seine Anderen*

Die innere Widersprüchlichkeit konstituiert zwar einerseits den Zusammenhang, führt aber andererseits zu seiner letztlich (schöpferischen) Auflösung.

Daß diese im Etwas enthaltenen Anderen zu dem Etwas gehören, führt zu einem inneren Zusammenhang der zeitlich aufeinanderfolgenden Zustände, die aus den Prozessen entstehen (Bedingtheit). Nach Bloch ist deshalb "gerade sein Offenes durchaus nicht beliebig... *Auch das Kannsein ist gesetzlich*" (Bloch 1985a, S. 274).

Die *verbindende, innere Beziehung der aufeinanderfolgenden Zustände* führt dazu, daß ein Vorgang zwar konkret auch in anderer Art eintreten könnte, daß er aber unter wesentlich gleichen Bedingungen auch wiederholbar ist. Er ist deshalb gesetzmäßig, folgt einer **allgemeinen** (!), nicht absoluten **Notwendigkeit** (Hörz 1980, S.88).

Die **Gesetze** erfassen also nicht, wie im landläufigen Sinne oft unterstellt, daß aus Einem notwendig das Nächste wird. Sie *erfassen die Bedingtheit und das Offene (das Kannsein) in der Materie für konkrete, durch Grundqualitäten gekennzeichnete Materiebereiche (Systeme)*. Diese Aussagen allein sind noch sehr abstrakt. Die Gesetzmäßigkeiten lassen sich noch genauer untersuchen.

### 4.3.3 Gesetz als Verhältnis von System und Komponenten

Gesetze sind keine von außen an die Materieformen herangetragenen Organisationsprinzipien. Die "Ordnung und Verknüpfung der Dinge (ist) keine äußerliche, sondern eine aus dem Werden des Inhalts, aus der immanenten Lebendigkeit der Sache selbst hervorge wachsene" (Bloch 1985b, S. 64).

Die Gesetze als wesentliche Zusammenhänge konstituieren Systeme. Die **Systeme** beinhalten eine (*relative*) *Gesamtheit von Komponenten, die einander widersprechen, aber ihre Einheit in der Konstitution des Systems durch ihre Wechselwirkungen finden*. Die Komponenten sind "die Anderen des Systems", sind selbst vielfältig und mannigfaltig unterschieden - und enthalten selbst wieder Mannigfaltigkeiten. Die Wechselwirkung der Komponenten ist der Prozeß der Vermittlung von Widersprüchen. Dadurch erhalten/ konstituieren die Wechselwirkungen einerseits das System - andererseits werden durch sie die Systemzustände, die äußeren Umstände und damit die Bedingungen des Seins selbst verändert.

Materie existiert in allen ihren Formen nur als Bewegte, oder genauer: sich selbst Bewegende. Diese Bewegung beruht auf den inneren Wechselwirkungen der widersprüchlichen Momente. Dies setzt eine Strukturierung voraus, die Einheiten voneinander unterscheidet und ihr Inneres unterscheidbar macht. Hegel kenn-

zeichnet das "Organische" als "das Ganze, das als Individuum entweder durch die Hervorbringung der einzelnen Teile seiner selbst oder als Gattung durch die Hervorbringung von Individuum in sich zurückkehrt" (Hegel 1988, S. 181). Unsere Definition von Systemen ist so gewählt, daß diese den organischen Einheiten bei Hegel entsprechen und deshalb eben diese innere Dynamik haben (siehe *Abbildung 4.4*):

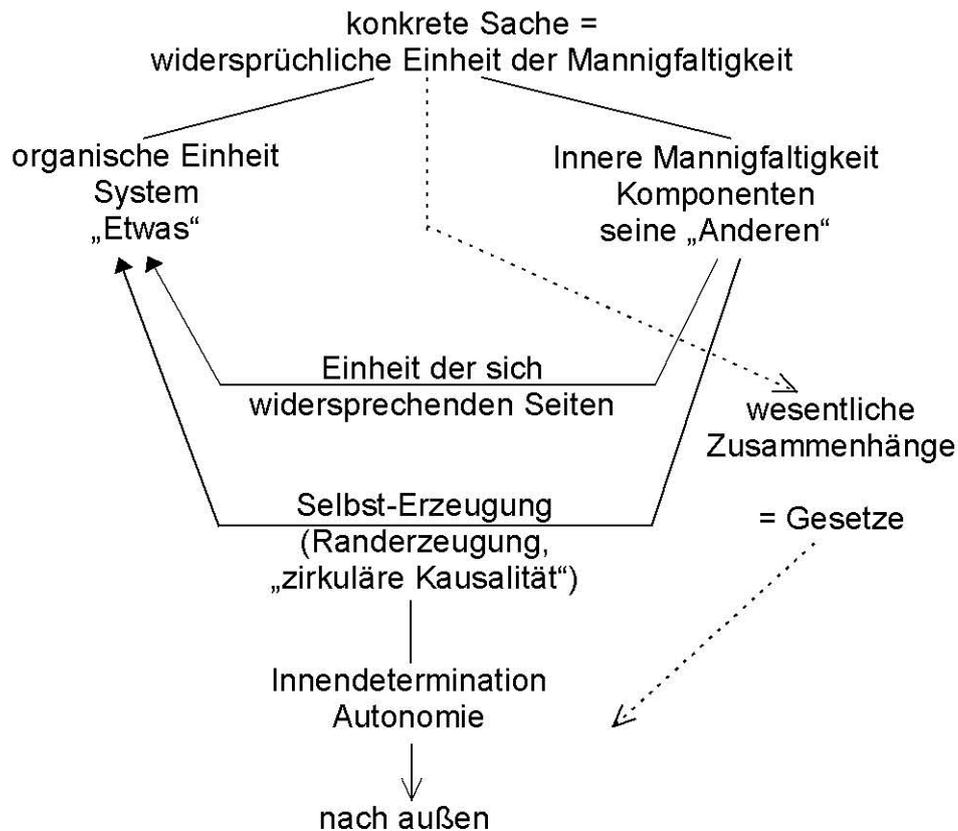


Abbildung 4.4: Konstitution von Systemen als Einheit einer Mannigfaltigkeit

Wenn die Systeme relativ stabile Gesamtheiten von Komponenten darstellen, die durch Gesetze charakterisiert sind (nach Hörz 1988, S. 108), so sind die Komponenten bestimmt als:

- ⇒ selbst voneinander unterschieden,
- ⇒ miteinander wechselwirkend, das System konstituierend und
- ⇒ selbst Einheiten darstellend (konstituiert durch innere Mannigfaltigkeiten).

Komponenten sind nicht nur stoffliche Körper, sondern können ebenfalls andere Objekte, Beziehungen (Relationen), Ereignisse oder Prozesse sein. Wichtig ist ihre Bestimmung, Möglichkeitsfelder auszubilden.

Die Einheit der Komponenten im System und des Systems mit seinen Komponenten wird über die *wesentlichen (und allgemein- notwendigen) Zusammenhänge* vermittelt, die eben ihre **Gesetze** sind. In Richtung der Systeme als einheitliche Gesamtheit kann die Selbsterzeugung, die Selbststeuerung betont werden. In Richtung der Komponenten sind ihr Ineinanderübergehen, ihre widersprüchlichen Wechselbeziehungen wesentlich.

Dadurch entsteht die von Bloch betonte "Einheit der Einheit und der Widersprüche" (Bloch 1985b, S. 124), die keine abschließende Harmonisierung kennt.

Bei Bloch selbst ist Marxens Einheit der humanisierten Natur und der naturalisierten Menschen durchaus ein relativ abschließbares Ziel; dies eröffnet aber gerade erst das Feld für weitere Schöpfungen der Menschen unnerhalb *und* mit der Natur.

Da die Komponenten eine Gesamtheit konstituieren, bildet diese auch eine (konkret stets relative) Bedingungsgesamtheit. In der Entfaltung der Momente der (in der Gesamtheit ja stets vorhandenen) Totalität kommt der Aspekt der Notwendigkeit zum Tragen. Die Komponenten unterliegen nur einer *partiellen Bedingungsgesamtheit*, so daß sie die "Träger" des **Zufalls** sind.

Notwendigkeit und Zufall im Rahmen von Bedingungsgesamtheiten hängen also ab von der Stellung betrachteter Ereignisse und Vorgänge innerhalb systemischer Zusammenhänge. Diese aber sind aufgrund der Objektivität der qualitativen Bestimmtheit von Materiebereichen nicht nur subjektiv erzeugt - also ist auch Zufall und die Offenheit nicht nur subjektives "Nichtsehen" der (tieferen/weiteren) Ursachen, sondern bezüglich konkreter Materiebereiche objektiv. Nicht zu vergessen ist die Tatsache, daß Systeme in weiterreichenden Gesamtheiten selbst nur Komponenten sind und die Komponenten jedes Systems gegenüber in ihnen enthaltenden Mannigfaltigkeiten Systeme darstellen.

Unter Berücksichtigung dieser Hinweise kann der *statistische Gesetzesbegriff* nach Herbert Hörz (Hörz/Wessel 1983, S.108) vertieft werden. H.Hörz unterscheidet für die Kennzeichnung der "inneren Struktur" von statistischen Gesetzmäßigkeiten

- A) den dynamischen Aspekt,
- B) den stochastischen Aspekt und
- C) den probabilistischen Aspekt.

A) Es ist notwendig, daß sich das System verhält. Dieser Satz klingt trivial und zielt auf die Anschlußfähigkeit (Luhmann 1988, S. 61) der aufeinanderfolgenden Zustände. Ein Aufhören der Existenz ist jedoch auch möglich. Dann ist das System als Komponente eines weiterreichenden Systems aus dessen Möglichkeitsfeld "herausgefallen", indem es entweder ohne Erhaltung wegfiel, oder in diesem in anderer (höherer) Form erhalten wurde.

Diese innere Notwendigkeit wird durchbrochen bei einer Änderung des Wesens, der Grundqualität des Systems (Negation). In diesem Fall entstehen neue Systemgesetze. Jedoch sind diese durchaus abhängig von den vorherigen Zuständen, heben sie nicht nur auf im Sinne von Beenden, sondern bewahren ihre Ergebnisse durch ein Umarbeiten dieser auch auf (Negation der Negation).

B) Die Komponenten des Systems konstituieren ein Möglichkeitsfeld. Die Möglichkeiten existieren auf verschiedenen Ebenen:

- Verschiedene Komponenten selbst stellen (in ihrer Prozeßrealisierung) Möglichkeiten anderer Zusammenhänge dar (eine Komponente - eine Möglichkeit), was wichtig werden kann bei der herausragenden Rolle eines "singulären Einzelnen" (Niedersen 1988, S. 47) beim qualitativen "Sprung".
- Die Komponenten enthalten (selbst erst unverändert) in ihrem Zusammenwirken Möglichkeiten anderer Strukturierungs- und damit Funktionsweisen (oder erst anderer Funktionen, dann anderer Strukturen);
- Die Komponenten selbst sind prozessuierende Widersprüche und können sich verändern und als Veränderte Quellen für Neues im System werden.

Nicht zu verwechseln sind diese Bestimmungen innerhalb der gesetzmäßigen Zusammenhänge mit Aussagen über *Ereignisse*. Ein Zusammenhang mit den oben genannten Eigenschaften (Gesetz) ist nicht ein Ereignis. Ereignisse geschehen im Geflecht vieler Zusammenhänge, im Komplex mehrerer Gesetze.

Die Möglichkeiten sind nicht nur "Lücken" im Wirklichen. Sie sind nicht nur Fehlstellen des nur partiell-Bedingten. Die Materie (wenn man sie als wesentlich Schöpferische betrachtet) hat in sich eine "Anlage zu seinem Wirklichen, diese treibend" (Bloch 1985a, S. 275). Sie duldet nicht nur das Ausfüllen von Fehlstellen, sondern sie erzeugt aktiv neue Möglichkeiten und Wirklichkeiten.

Aus diesem Grund unterscheidet E. Bloch die "Fehlstellen"-Möglichkeit des Gegenstands von der Möglichkeit als realer Anlage des Objekts selber.

Im Konkreten wirken alle Ebenen aufeinander ein. Veränderte Beziehungen konstituieren andere Komponenten und Systeme - veränderte Objektbestimmungen verändern die Beziehungen ...

Genau diese Rückkopplungen garantieren die Irreversibilität der Veränderungen und damit die Historizität (und Schöpferkraft der Materie).

Eine genauere Differenzierung des bisher nur allgemein benannten "Möglichkeitsfeldes" als "wesentliche Verhaltensmöglichkeiten" (Hörz/Wessel 1983, S.110) ist notwendig für ein genaueres Verständnis der evolutiven Wirkung verschiedener Variabilitäten auf verschiedenen biotischen Ebenen.

C) Möglichkeiten sind dadurch bestimmt, daß sie nicht unbedingt in die Wirklichkeit übergehen. Dafür gibt es Wahrscheinlichkeiten, die von konkreten Bedingungen abhängig sind. Deshalb können sich diese Wahrscheinlichkeiten im Prozeß (mitunter auch abrupt und plötzlich) ändern. Die konkreten Formulierungen für den probabilistischen Aspekt (auch in anderen Veröffentlichungen), daß nämlich "*der Übergang eines Element von einem Zustand in den anderen mit einer bestimmten Übergangswahrscheinlichkeit erfolgt*" (Hörz/Wessel 1983, S. 108) sind nicht glücklich gewählt. Hier erscheint es so, als sei ein "Übergang eines Elements" ein konkretes Ereignis (das Mögliche eines Elements wird ereignishaft wirklich), für das die Wahrscheinlichkeit angegeben sei. Dadurch werden jedoch die vielfältigen Ebenen der Möglichkeiten und deren Wechselbeziehungen für Ereignisse innerhalb der Wirkung vieler wesentlicher Zusammenhänge (Gesetze) unzulässig eingegrenzt.

Tatsächlich ist ein **Möglichkeitsfeld** von verschiedenen Polen her strukturiert. Einerseits liegen gleichzeitig mehrere Strukturierungsmöglichkeiten in der Ausgangsqualität (in kleinen Zeiträumen) zumindest keimhaft vor. Andererseits ändert sich mit der Zeit die Rolle verschiedener Strukturen und Funktionen, damit auch die Übergangswahrscheinlichkeiten. Wesentlich sind Kombinationen von Möglichkeitsfeldern verschiedener Materie"ebenen".

Diese Bestimmungen von Gesetzmäßigkeiten mit ihrer inneren Struktur (Einheit des dynamischen, stochastischen und probabilistischen Aspekts) führen weit über landläufige Vorstellungen von "Gesetzen" hinaus und tief hinein in das Verständnis der Wechselwirkung von Wirklichem und Möglichem, von Notwendigem und Zufälligem.

Vielen Ablehnungen von "Gesetzmäßigkeit" besonders in der Gesellschaft liegt ein eingeschränkter Gesetzesbegriff zugrunde und eben nicht dieser weite und tiefe. Zusätzlich ist immer zu beachten, daß kein Ereignis durch nur ein Gesetz bestimmt wird.

Das Gesetz sagt nichts über Kausalität konkreter Zusammenhänge, sondern *verbindet mögliche und wirkliche Zustände* (Hörz/Wessel 1988, S. 108). Robert Havemann betont diese Tatsache in seinen Vorlesungen immer wieder:

"Die Gesetze besagen also nicht, was wirklich geschieht und geschehen wird, sie geben nur an, was geschehn kann"

(Havemann 1990a, S. 129).

Aber: "Was möglich ist, ist mit Notwendigkeit bestimmt" (ebenda). "Vorherbestimmt sind nur die immer neu sich entwickelnden gesetzmäßigen Möglichkeiten des Geschehens" (ebenda, S.41).

#### 4.3.4 *Offenheit und Bedingtheit führen zu Richtung und Tendenz*

Ereignisse sind eingebettet in gesetzmäßige Zusammenhänge. Schon in einem statistischen Gesetz ist die Möglichkeit, der bedingte Zufall enthalten. Umso mehr ist eine Offenheit beim Zusammenwirken vieler Gesetzmäßigkeiten vorhanden. Auf diese Weise spricht "Gesetzmäßigkeit" nicht gegen eine (relative) Offenheit alles Geschehens.

**Zufälle** in systemischen Zusammenhängen enthalten zwar eine Unbestimmtheit - jedoch liegen konkret stets Bedingungskomplexe vor, die auch die Zufälle "kanalisieren". H.Hörz spricht von "*bedingter Zufälligkeit*" bei der Verwirklichung von Möglichkeiten. Dies betont erst einmal die Begrenzung der Zufälligkeit, der Offenheit. Ernst Bloch sieht die Zufälle als etwas dialektisch-vermittelt-Unabgeschlossenes, als die "Möglichkeitsstruktur des wählenden Prozesses" (gegenüber dem schlecht-vermittelt-Beliebigen, in: Bloch 1985a, S. 269). Damit betont er die *Konstruktion des Offenen durch das Sein* selbst, nicht nur das Offene als noch nicht geschlossene "Lücke".

Aus der Bedingtheit des Offenen folgt die "Kanalisation" des Entstehenden. Es entsteht nicht nur zeitlich später eine Richtung, sondern in den Möglichkeiten der (jetzigen) Wirklichkeit steckt eine **Tendenz** als "Daseinsweise gehemmter Aktivität, Geburtstendenz" (Bloch 1985b, S. 132ff.).

Eine Tendenz entsteht also nicht erst als Resultante von Kräften bei der Verwirklichung von Möglichkeiten (wie bei Hörz/Wessel 1983, S. 121), sondern entsteht mit den Möglichkeiten selbst erst.

Dabei gibt es keine vorgebahnte Straße, sondern "an der Front ihres Prozesses ist der Zielinhalt selber in Gärung und realer Möglichkeit" (Bloch 1985a, S. 223).

Die **Ziele** sind nicht längst vorherbestimmt, sondern *entstehen als "relative Ziele"* (Hörz/Wessel 1983, S.112) *erst im Prozeß selbst*. Der Prozeß ist nicht ziellos, beliebig schwankend.

Aus seiner Geschichte heraus, bringt er "Tradierungen" mit. Durch seine Geschichte jedoch erzeugte er selbst Bedingungen, den Weg ins Offene weiter zu beschreiten, selbst neue Zusammenhänge herzustellen. Dieses Erzeugen neuer Gesetzmäßigkeiten durchbricht das Maß der früheren Grundqualität bis hin zu Wesensveränderungen, die das System selbst sich aufheben lassen in neuen, höheren Systemformen.

### 4.3.5 Entwicklung

*"Das Wirkliche ist Prozeß; dieser ist die weitverzweigte Vermittlung zwischen Gegenwart, unerledigter Vergangenheit und vor allem: möglicher Zukunft." (Ernst Bloch)*

Die Historizität des Wirklichen ergibt sich daraus, daß seine Komponenten ihre Existenz nur in Wechselwirkungen realisieren, die das eigene Sein verändern. Beobachtet man diese Prozesse von außen, so erscheinen die Umstände des Seins als **Bedingungen**.

Ein Ding existiert nur, wenn seine Bedingungen vollständig vorhanden sind (Hegel 1986b, S.210). Bedingungen aber sind nichts Bleibendes. Sie haben die *Bestimmung, aufgehoben zu werden* (Hegel 1986b, S.287). Das Aufheben, Aufzehren der eigenen Bedingungen geschieht *im Prozeß der Realisierung des Seins* selbst. Veränderte Bedingungen verändern die Möglichkeiten. Die Möglichkeit der Existenz des Wirklichen auf bisherige Art nimmt ab (Bedingungsauflösung), die veränderten Bedingungen konstituieren neue Möglichkeiten für neue Seinsweisen. Möglichkeiten werden dann in der Wirklichkeit aufgehoben, wenn die entsprechenden Bedingungen vollständig sind. Damit hat sich der Kreis geschlossen, aber für eine neue Wirklichkeit.

Der Kreis Wirklichkeit → Möglichkeit → neue Wirklichkeit →... vollführt eine Spirale, da die neue Wirklichkeit wegen der selbst-veränderten Bedingungen nicht deckungsgleich mit der vorherigen ist. Tatsächlich ist dies keine zeitliche Aufeinanderfolge von Wirklichkeit, Möglichkeit und neuer Wirklichkeit. Es gibt keine Möglichkeit außerhalb der Wirklichkeit. Es existiert stets eine sich selbst verändernde Wirklichkeit, die veränderliche Möglichkeiten enthält. Jede Wirklichkeit entspricht logisch dem Hegelschen "Etwas" (auf der Ebene des Daseins, wo er die Dialektik der Negation der Negation deutlich darstellt, siehe *Abbildung 4.5*):

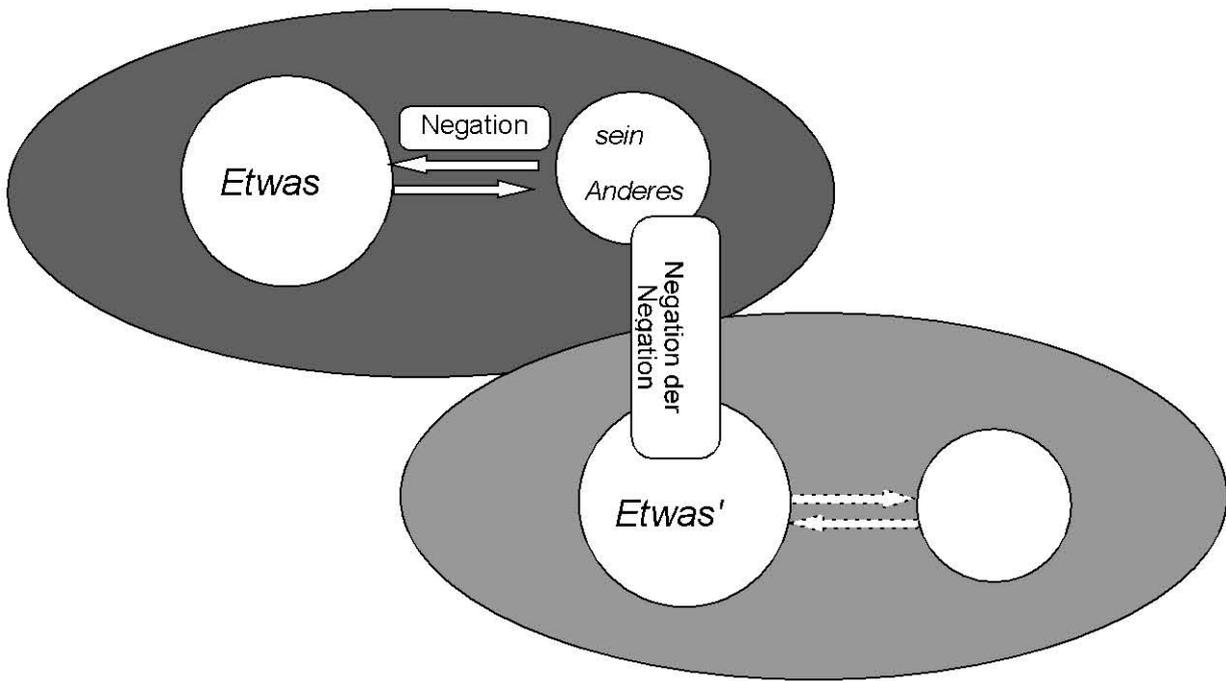


Abbildung 4.5: Die Negation der Negation

Weitergeführt für die Ebene des Wirklichen zeigt die *Abbildung 4.6* stark vereinfacht diese dialektische Negation:

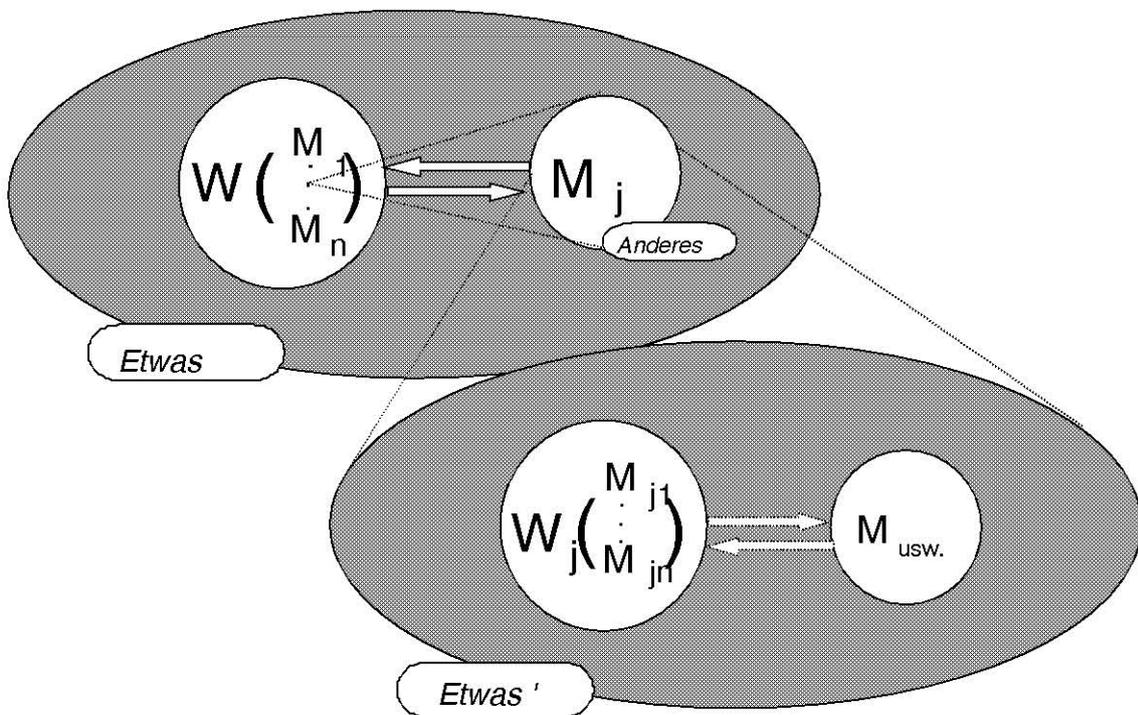


Abbildung 4.6. Die Dialektik des Wirklichen und Möglichen

---

Die folgenden Erklärungen ergänzen die *Abbildung 4.7* auf der Seite 224. Sie beruht auf den obigen Aussagen zur Historizität, wirft aber einen genaueren Blick auf die Einzelheiten.

Jedes Wirkliche ist aufgehobene Möglichkeit des vorherigen Wirklichen und enthält selbst neue Möglichkeiten. Neue Möglichkeiten erwachsen einerseits aus den inneren Strukturen, die im vorherigen Entwicklungszyklus aufgebaut wurden (z.B. morphologische Formen oder Stoffwechselprozesse), andererseits darauf, daß die neuen Bewegungsgesetze andere Beziehungen zur Umwelt aufbauen, als die früheren. Damit können neue, vorher unbrauchbare Ressourcen erschlossen werden (im biotischen Bereich z.B. neue Nahrungsquellen; im gesellschaftlichen z.B. neue Methoden der Umwandlung solarer Energie). Auf dieser Grundlage (Überschuß neuer Ressourcen) können vielfältige neue Wirklichkeiten ausprobiert werden. Die Radiation vergrößert nicht nur das Feld der Möglichkeiten, sondern auch das der verwirklichten Möglichkeiten.

Die Gesetze dieser konkreten Wirklichkeitsbereiche kennzeichnen relativ stabile wesentliche Zusammenhänge. Die relative Stabilität bleibt trotz vielfältiger Veränderungen erst einmal bestehen. Es geschehen umkehrbare und nicht umkehrbare quantitative Veränderungen (z.B. Wachstum) und auch qualitative Veränderungen im Rahmen der Grundqualität, die durch diese Gesetze gekennzeichnet ist. Das Wechselwirken der verschiedenen Komponenten der Wirklichkeit und ihrer sich verändernden Möglichkeiten bringt jedoch irreversible Veränderungen hervor.

Neue Kombinationen von Möglichkeiten bringen neue Wirklichkeiten hervor. Verschiedene Möglichkeiten des Hervorbringens von Neuem sind möglich, einige wenige werden nur verwirklicht. Die Auswahl aus den Möglichkeiten folgt den Umständen, die als Bedingungen in die Wirklichkeit eingehen. Aber Bedingungen für einen Wirklichkeitsbereich sind wegen den Wechselwirkungen nie absolut vollständig aus dem vorherigen Zustand bestimmt. Die Auswahl erfolgt (bedingt) zufällig. Dieses Verharren im Zustand der (nicht das Wesen verändernden) qualitativen und quantitativen Veränderungen führt zur Aufzehrung der Ressourcen der Bewegung und auch dazu, daß sich neben Keimen für Neues auch Blockaden durch angepaßte Wechselwirkungen ergeben.

Die Bewegung endet nie. Deshalb führen selbst-veränderte Bedingungen dazu, daß die Möglichkeit (Ressourcen) für die bisherige Wirklichkeit kleiner wird, schließlich verschwindet. Der Wirklichkeitsbereich kommt in eine sog. "sensible Phase", wo er sensibel nach neuen Möglichkeiten "sucht", offen für sie ist. Blockaden schwächen sich ab, die früheren wesentlichen Zusammenhänge werden kraftlos, das Neue kann sich schlagartig durchsetzen. An dieser Stelle, beim

"Sprung", werden die Veränderungen unumkehrbar und führen zu neuen Grundqualitäten, zu einem neuen Wesen, neue wesentliche Zusammenhänge (Gesetze) werden realisiert. Das frühere Möglichkeitsfeld verschwindet mit.

Daß ich in diesem Fall stets von Wirklichkeitsbereichen statt von "Systemen" spreche, hat folgenden Grund. Systeme sind durch das Vorliegen wesentlicher Zusammenhänge bestimmt. Hören diese auf zu existieren und werden durch neue ersetzt, so hört das so definierte System auf zu existieren und wird durch ein neues ersetzt. Das macht logisch auf ein Problem aufmerksam: Entwicklung mit solchen Wesensänderungen läßt sich nicht durch ein Gesetz für ein System erklären. Entwicklungszyklen sind immer an eine Vielfalt von Systemen und Gesetzen gebunden, vollziehen sich selbst aber durchaus gesetzmäßig (vgl. allgemeine Notwendigkeit, statistischer Charakter).

Es gibt jetzt verschiedene prinzipielle Varianten: Der Wirklichkeitsbereich kann nicht ganz verschwinden, aber er kann lediglich integriert worden sein in die Zusammenhänge anderer Wirklichkeitsbereiche. Der Tod eines Lebewesens, einer Tierart usw. bringt die Materie nicht zum Verschwinden; ihre Materieteilchen jedoch gelangen nur in "niederer" Form wieder in das große Werden. Das Neue (im Vergleich zur früheren Grundqualität), ist im größeren Maßstab gesehen das Noch-Ältere. Es geschieht *Regression*.

Eine andere Variante ist die *Stagnation* auf Grundlage der Zufuhr neuer Ressourcen der alten Bewegungsweise, ohne daß sich die Grundqualität wesentlich ändert. Grundqualität und Wesentlichkeit sind in der Hierarchie der Wirklichkeitsebenen relative Begriffe. Der "Sprung" eines Wirklichkeitsbereiches aus seinen wesentlichen Zusammenhängen heraus kann in Bereiche führen, von ihnen "aufgefangen" werden, für die der Wechsel der Grundqualität der "inneren" Wirklichkeit nur eine kleine Veränderung darstellt. Aus dieser Sicht ist dieser Sprung zwar sicher ein Beitrag zur Historizität der "größeren" Wirklichkeit, stellt aber noch Stagnation dar.

Unter bestimmten Bedingungen gelangt der betrachtete Wirklichkeitsbereich selbst in neue Gefilde. Enthält die aufgehobene Wirklichkeit genügend Möglichkeiten neuer Wechselwirkungen unter den geeigneten äußeren Bedingungen, so entstehen neue wesentliche Zusammenhänge (Gesetze) für diesen Wirkungsbereich, er hat sich "*höher*" entwickelt.

---

Das Kriterium für Höherentwicklung kann also schlecht nur darin bestehen, für den Ergebniszustand im Vergleich mit dem Ausgangszustand eine quantitativ umfangreicher und qualitativ bessere Funktionserfüllung zu attestieren (Hörz/Wessel, 1983, S.54). Denn die Funktionen selbst verändern sich ja. Meist ist gerade ein Funktionswechsel typisch für evolutive Sprünge. Besser ist deshalb eine Bestimmung der "höheren" Ebene über die neuen Gesetzmäßigkeiten. Was zu neuen Gesetzmäßigkeiten führt, ist Höherentwicklung.

Da sich die Prozesse der Veränderung auf allen Hierarchieebenen vollziehen und sie sich durch die wechselseitige Vernetzung der Ebenen gegenseitig "mitziehen" (Ko-Evolution), entsteht für alle Ebenen eine Tendenz hin zu jeweils neuen Ebenen, zur Stabilisierung von neu erzeugten Wirklichkeiten mit immer wieder neuen Möglichkeiten. Diese Tendenz zur Entstehung immer neuer, nicht nur wiederholter wesentlicher Zusammenhänge (Gesetze) wird erfaßt im Begriff der **Höherentwicklung**.

Für die neuen, höheren wesentlichen Zusammenhänge lag ebenfalls ein Feld von Möglichkeiten vor. Auf der Grundlage der physikalischen Gesetze hätten sich verschiedene Formen des Biotischen mit einer anderen Chiralität der Aminosäuren, einem anderen genetischen Code, anderen prinzipiellen Enzymreaktionen usw. entwickeln können. Auch hier gibt es eine Unbestimmtheit.

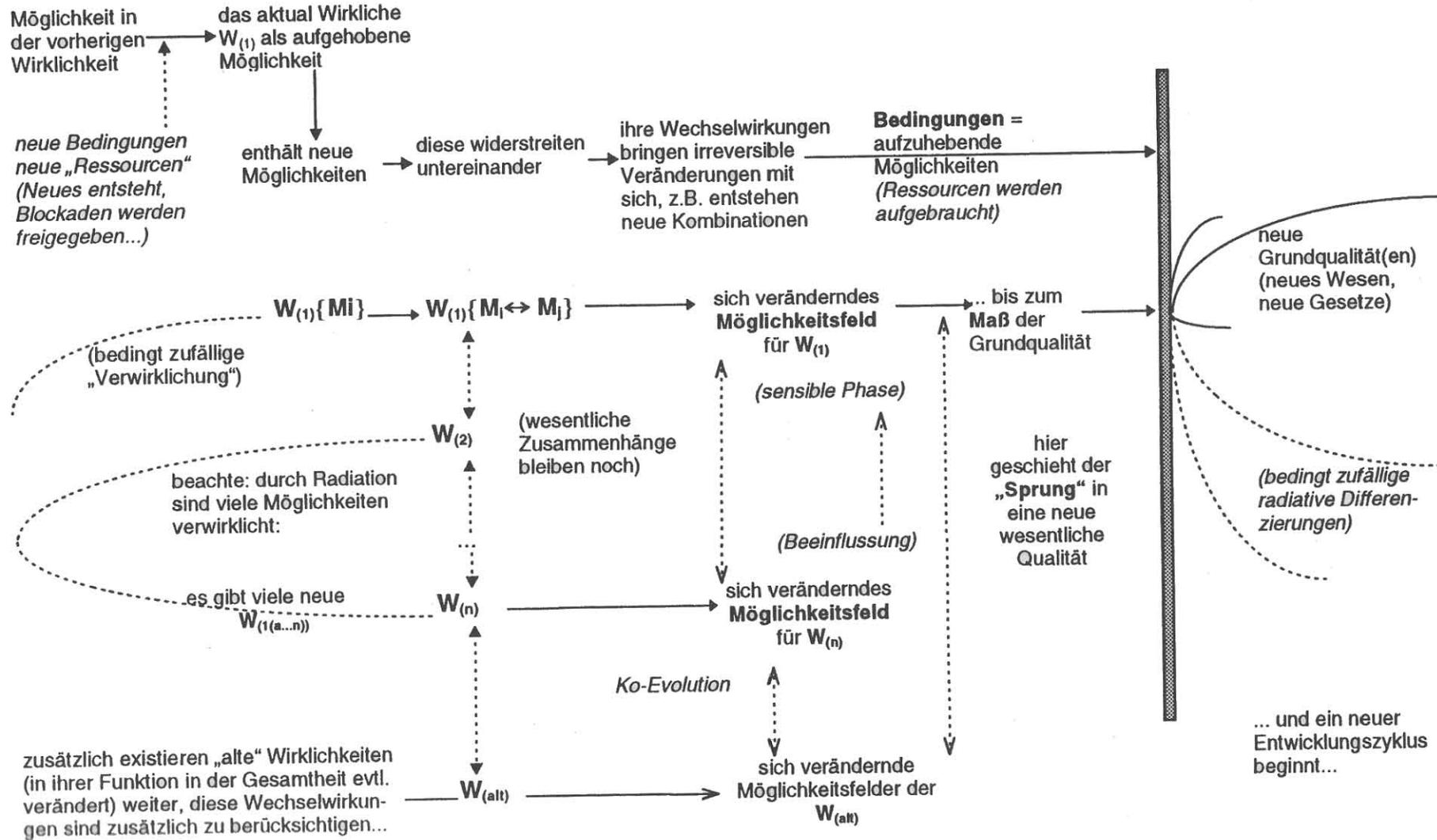


Abbildung 4.7: Entwicklungszyklus mit Veränderung und „Sprung“

Diese Zusammenhänge werden nun nochmals in einer etwas anderen Weise dargestellt.

Jede Struktur ist zwar relativ stabil, aber stets Teil von Prozessen und Entwicklungszusammenhängen. Je nach Stellung des betrachteten Wirklichkeitsbereichs in diesen Zusammenhängen lassen sich drei grundsätzliche Gesetzestypen unterscheiden.

Für (genügend) kleine Zeitintervalle, in der die Veränderungen die Struktur nur unmerklich, unwesentlich verändern, bestimmen wesentliche Zusammenhänge (Gesetze) die Grundqualität, was die Existenz von verschiedenen, sog. "anderen" Qualitäten innerhalb dieser einschließt (Hörz/Wessel 1983, S. 49). Dies sind die *Strukturgesetze*.

Gleichzeitig (und nicht in zeitlicher Aufeinanderfolge, wie es die Abbildung bei Hörz/Wessel 1983, S.127 suggeriert) wird die Struktur selbst durch Bewegungen konstituiert und ist Teil von Bewegungen. Diese Bewegungen vollziehen sich im Rahmen der *Bewegungsgesetze*. Veränderungen als Prozeß können innerhalb der Grundqualität bleiben und erbringen dann umkehrbare und nicht umkehrbare quantitative Veränderungen sowie umkehrbare qualitative Veränderungen (Horstmann 1983). Es entstehen hierbei schon neue Qualitäten innerhalb der alten Grundqualität. In der Realität zeigen sie sich als "Keime" späterer, neuer Grundqualitäten, die sich allerdings noch nicht durchsetzen und ihre Zusammenhänge zu den wesentlichen machen können. Entgegen Hörz/Wessel (Hörz/Wessel 1983) und Horstmann (Horstmann1983) erwähnt auch Pöltz (Pöltz1988) die (wenn auch noch unwesentliche) Existenz des Neuen im Bereich der bloßen Veränderung ohne Wechsel der Grundqualität. Mit den Gesetzen der biotischen Bewegung sind Mutationen als Keime des Neuen z.B. prinzipiell bereits verbunden. Bewegung schließt Neues also nicht aus.

Alle diese Veränderungen geschehen im Rahmen von wesentlichen Grundqualitäten. Die Realität vereint viele Wirklichkeitsbereiche mit unterschiedlichen Grundqualitäten. Dabei geschehen für alle Bereiche auch "Sprünge" in für sie neue Grundqualitäten. Das alte Möglichkeitsfeld verschwindet dabei, schon deshalb ist der Sprung nicht umkehrbar. Von den vorher keimhaft vorhandenen (unwesentlichen) neuen Zusammenhängen setzen sich einige als die neuen wesentlichen Zusammenhänge (Gesetze) bedingt zufällig durch.

Hier wirkt eine weitere Ebene der Offenheit, nämlich der "Entscheidung" beim Sprung in neue Grundqualitäten (in den Selbstorganisationskonzepten wird vom "Bifurkationspunkt" gesprochen). Eine neue Grundqualität entsteht in diesem Wirklichkeitsbereich. Ein Entwicklungszyklus hat sich für sie vollzogen. Da auch neue Funktionen entstehen, ist ein funktioneller Vergleich nicht unbedingt sinnvoll. Wesentlich für die Höherentwicklung ist das Entstehen neuer Gesetzmäßigkeiten, die **Evolution der Evolution**.

Obwohl eine weitere Ebene der (relativen) Offenheit beim "Sprung" existiert, kann von einer Gesetzmäßigkeit hierbei gesprochen werden. Ein *Entwicklungsgesetz* "charakterisiert das Entstehen höherer Qualitäten aus Ausgangsqualitäten, wobei sich die Tendenz der

Höherentwicklung gegen Stagnation und Regression sowie die Ausbildung der Elemente einer Entwicklungsphase durchsetzt" (Hörz/Wessel 1983, S. 128).

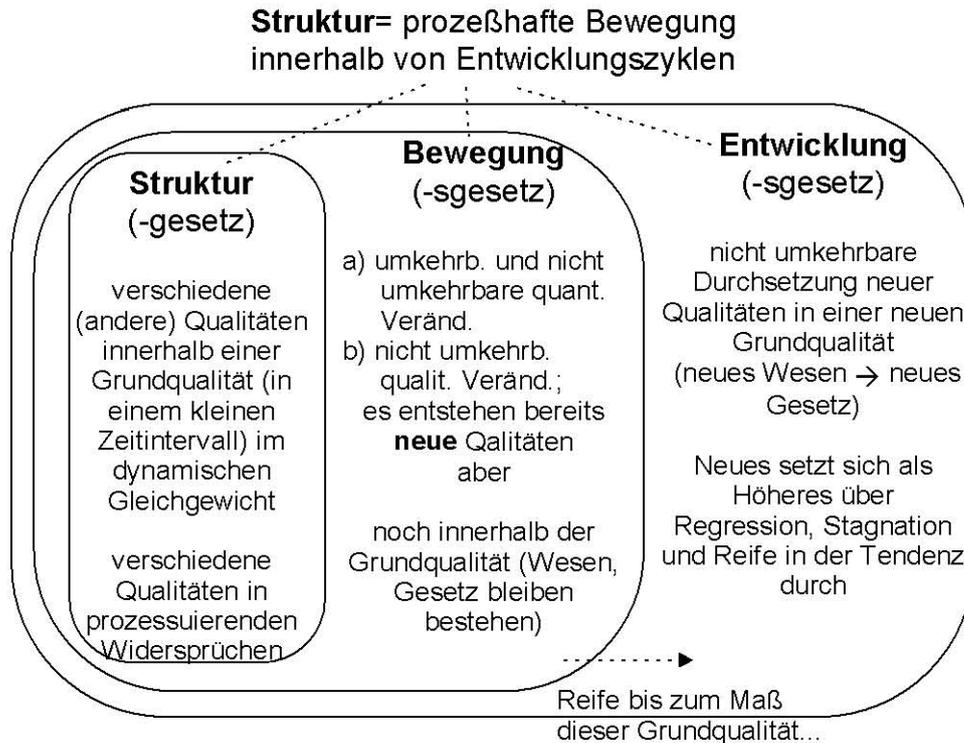


Abbildung 4.8: Struktur-, Bewegungs- und Entwicklungsgesetze

Auch der "Sprung" in neue Grundqualitäten - das Entstehen neuer wesentlicher Beziehungen - steht nicht außerhalb der Naturgesetzlichkeit. Jedoch reicht der dynamische Aspekt von Gesetzen zum Erfassen dieser Tatsachen nicht aus. Offenheiten, nicht vollständige Bedingungs-gesamtheiten, also Zufälle und sich verändernde Möglichkeiten sind Bestandteil jeglicher Zusammenhänge für konkrete Bereiche der Wirklichkeit in allen Materieformen. Zu beachten ist auch, daß sich Entwicklung immer innerhalb einer Vielfalt verschiedener Wirklichkeitsbereiche, verschiedener Gesetze vollzieht. Das Entwicklungsgesetz selbst beinhaltet wie alle Gesetze keine Vorherbestimmung von Ereignissen, sondern macht lediglich die Bedingtheit aller Geschehnisse innerhalb wesentlicher Zusammenhänge deutlich.

Für einen beliebigen Wirklichkeitsbereich kann man den Zusammenhang von Struktur, Bewegung und Entwicklung in zwei Weisen darstellen.

Die *Abbildung 4.9* deutet die Zeithorizonte an:

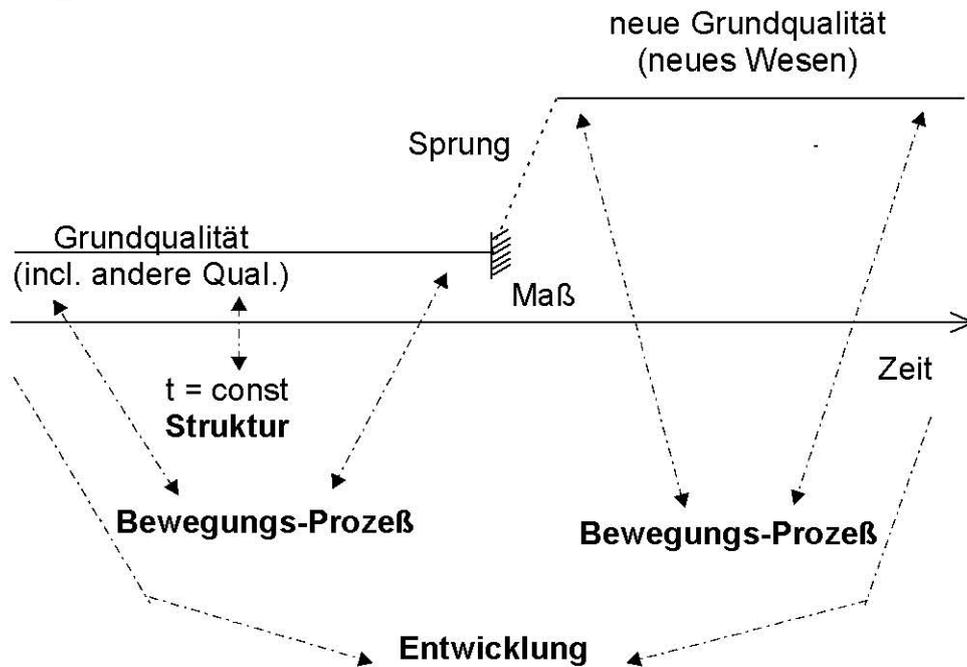


Abbildung 4.9: *Struktur, Bewegung, Entwicklung*

In der *Abbildung 4.10* wird angedeutet, daß jeder Wirklichkeitsbereich Teil von Strukturen, von Bewegungen und Entwicklungszyklen ist:

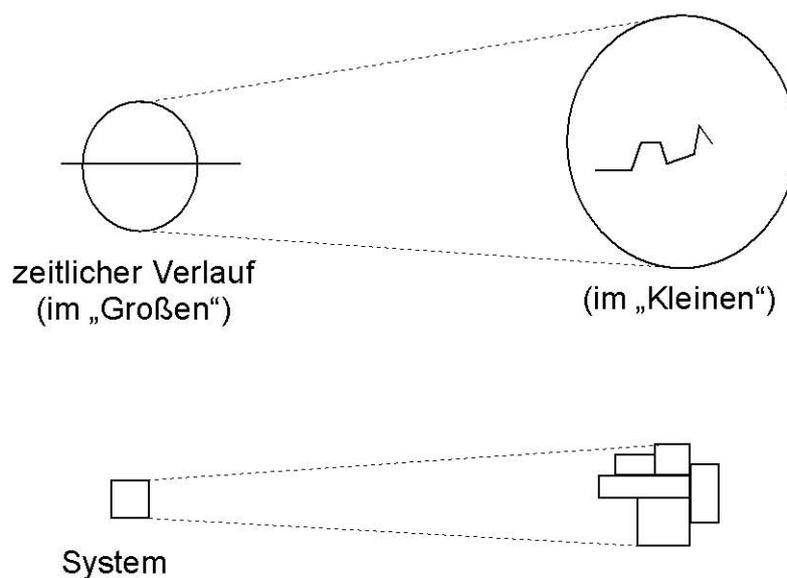


Abbildung 4.10: *Systemhierarchie und Prozeß-Hierarchie*

Bei der Entscheidung, ob Bewegung oder Entwicklung betont wird, ob etwas ein Anderes oder ein Neues ist, ist die Bereichsgröße wesentlich. Neues in den Genen eines Individuums kann für die Population der Organismen nur ein Anderes innerhalb seiner Grundqualität sein.

Tatsächlich jedoch ist jeder Bereich Teil von Entwicklungszyklen.

"**Entwicklung** ist die in den Prozessen auftretende Tendenz zum Entstehen höherer Qualitäten, die sich durch qualitative und quantitative Änderungen im Rahmen einer Grundqualität vorbereitet und durch die Entfaltung und Lösung dialektischer Widersprüche durchsetzt" (Hörz/Wessel 1983,S.49).

#### 4.3.6 Praxis

Die genaue Betrachtung der gesetzmäßigen Entwicklung in der Natur und der Gesellschaft (letzteres wird im 2. Band dieses Buches erfolgen) macht deutlich, daß unsere Lebenspraxis Teil der gesetzmäßiger Evolution der Materie im Weltall ist.

Mit der Entstehung der Menschheit entstand eine neue Offenheit: die bewußt entschiedenen Wechselwirkungsformen zwischen den Menschen, ihrer inneren Natur und ihrer äußeren Natur.

"Der subjektive Faktor ist hierbei die unabgeschlossene Potenz, die Dinge zu wenden, der objektive Faktor ist die unabgeschlossene Potentialität der Wandelbarkeit, Veränderbarkeit der Welt im Rahmen ihrer Gesetze, ihrer unter neuen Bedingungen sich aber auch gesetzmäßig variierenden Gesetze." (Bloch 1985a, S. 286)

Es geht also nicht darum, uns fremde "äußere" Gesetze der Natur zu "finden" und uns ihnen entsprechend, uns ihnen unterordnend zu verhalten, sondern die *Gesetze der Natur enthalten uns selbst als eine Form ihrer eigenen Aktivität und Schöpferkraft.*

Daß intelligente humanoide Wesen ausgerechnet auf dem Planeten Erde entstanden, war nicht im „Urknall“ bereits festgelegt. Die schöpferische Potenz zur Entwicklung immer neuer, höherer Materieformen bis hin zu Selbstbewußtsein jedoch ist in der Materie angelegt und ist bzw. wäre sicher auch auf anderen Planeten in anderen Galaxien bis zur Entwicklung intelligenter Wesen fortgeschritten. Das „Anthropische Prinzip“, von dem wir ausgingen, ist also nicht auf nur unsere Lebensform zugeschnitten, sondern ist Ausdruck der Materie als „mater“ im wahrsten Sinne des Wortes.

Auf dem geschichtlichen Weg der Menschheit sind wir noch in Bereichen, in denen eine Trennung von ihrer äußeren Natur überwiegt. Wir arbeiten noch nicht, um uns mit der äußeren Natur gemeinsam weiterzuentwickeln. Sondern wir erfüllen nur eigene, der Natur und vielen unserer eigenen natürlichen Bedürfnisse entfremdete Ziele (Geldanhäufung, Konsum, Technik "an sich" entwickeln). Wir "überlisten" die Natur noch zu sehr als "Ausbeuter und Tierbändiger", wie dies E.Bloch kennzeichnet. "Unsere bisherige Technik steht in der Natur wie eine Besatzungsmacht in Feindesland..." (Bloch 1985a, S. 814).

Ein scheinbarer Ausweg wäre es, daß wir von der Technik und der aktiven Umgestaltung der Natur ablassen und uns "der Natur" wieder unterordnen, uns ihr unterwerfen. Dies unterstellt jedoch eine Natur, die selbst nur passiv im ewigen Kreise ihrer einmal gebildeten Qualitäten verharrt.

Entsprechend der tatsächlichen naturhaften Tendenz, immer wieder höhere Seinsformen zu "erfinden", wäre ein natürlicheres Verhalten die gemeinsame Weiterentwicklung (Koevolution) von menschlicher Natur und äußerer Natur. Eine andere Technik ist zu erfinden: die **Allianz-Technik**, die nach Bloch eine "Entbindung und Vermittlung der im Schoß der Natur schlummernden Schöpfungen" (Bloch 1985a, S. 813) darstellt. Sie überlistet die Naturkräfte nicht, sondern "verwendet die Wurzel der Dinge mitwirkend" (ebenda, S. 805).

Technik muß also anders entwickelt werden und anders aussehen als heute. Ansätze für "biokybernetische" Produktionstechniken diskutiert z.B. F.Vester (Vester 1984) anhand der Prinzipien:

- ⇒ Funktions- statt Produktionsorientierung,
- ⇒ langfristige Nutzensoptimierung statt Produktmaximierung,
- ⇒ Energieketten, Mehrfachnutzung (Kaskaden),
- ⇒ standardisierte Teile, individuelles Endprodukt,
- ⇒ Symbiose...

In der Wirklichkeit sind diese noch völlig unzureichend entwickelt. Im Möglichkeitsfeld des heute Wirklichen sind sie jedoch enthalten. Als Ansätze werden sie bereits verwirklicht durch viele sogenannte "alternative" Energieumwandlungs- und Produktionstechniken und auch in der "großen Industrie" auf Grundlage der Informationsvernetzung, der Enthierarchisierung der Produktion (Gruppenproduktion usw.).

Interessanterweise scheinen genau diese neuen Tendenzen auch andere menschliche Zusammenhänge zu erfordern (nicht als Automatismus, aber als begünstigende Bedingungen). All diese (biokybernetischen) Technologien funktionieren nur dann wirklich effektiv, wenn sie *dezentral (vernetzt)*, nicht hierarchisch, machtbringend eingesetzt sind. Zu ihrer umfassenden Nutzung ist *deshalb eine andere gesellschaftliche Struktur notwendig*. Der Wandel ist nicht auf Technik reduzierbar, wie die aktuellen Anstrengungen zu einer "Ökologisierung" der kapitalistischen Ökonomie unterstellen, sondern wird nur gelingen, wenn gleichzeitig der Sprung aus den alten (profitorientierten Wirtschafts-) Gesetzen der Gesellschaft heraus in neue Lebens- und Produktionsweisen gelingt (siehe auch Schlemm 1995a und 1995b).

Diese Möglichkeiten sind der Vor-Schein für die Vision Ernst Blochs, des "Philosophen der begriffenen Hoffnung":

"Natur ist kein Vorbei, sondern der noch gar nicht geräumte Bauplatz, das noch gar nicht adäquat vorhandene Bauzeug für das noch gar nicht adäquat vorhandene menschliche Haus." (Bloch 1985a , S. 807)

Für die eigene Lebenspraxis, für die Entscheidungen für das eigene Tun hilft das Wissen über diese Visionen wie auch die Umstände, welches das Handeln begleiten kann. Wir können die Welt gestalten und verändern, "indem wir ihre Möglichkeiten ändern" - formuliert R. Havemann (Havemann 1990b, S. 72).

Unser Weg zum *Anders-Sein* braucht nach Bloch ein *Anders-Tun-Können*, was auf unsere inneren Möglichkeiten verweist, und ein *Anders-Werden-Können*, was die äußeren Umstände meint (Bloch 1985a, S.267).

Das "*Ändern der Umstände*" und die "*Selbstveränderung*" (Marx) können nur zusammenfallend realisiert werden. Eine Trennung ist nach keiner Seite hin möglich. So war die Orientierung auf eine Veränderung der Menschen allein durch veränderte Umstände (und Propaganda) im früheren Staats-Sozialismus nicht ausreichend. Die umgekehrte Hoffnung, allein aus einer veränderten Innerlichkeit (über Meditation und ähnliche Übungen) auf die Umstände einzuwirken, ist ebenso einseitig. Die komplexe Aufgabe, die inneren und äußeren Bedingungen, damit Möglichkeiten zu verändern, kann nicht durch ein zeitliches Nacheinander vereinfacht werden.

"Auch der Mensch ist an Möglichkeitsfelder gebunden, aber er vermag sie mit Hilfe des Bewußtseins zu beherrschen, d.h. zu erkennen und, soweit es in seiner Macht steht, Bedingungen zu schaffen oder zu beseitigen." (Hörz/Wessel 1983, S. 11)

Wissenschaft, die durch die Aufdeckung von Gesetzen (wesentlichen Zusammenhängen) das Wesen der Dinge erkennen will, ist in der Lage, "*Möglichkeiten (zu) zeigen, die zur Verwirklichung drängen*" (Hörz 1971, S. 134). Wirkliche Wissenschaft sollte sich nicht dazu hergeben, nur eine Möglichkeit zu favorisieren, sondern im Gegenteil geradezu *verschiedene Handlungsalternativen zu begründen* (Quaas 1983, S. 435).

Diese mögliche Verschiedenheit wird im Fall der oben angedeuteten **Gesellschaftsvision** *dezentral-vernetzter, aber selbstständiger Lebens- und Wirtschaftseinheiten* strukturell verankert, indem die dezentralen Einheiten ihre Prinzipien selbst festlegen können - solange sie nicht andere Einheiten ausbeuten. Die Grundstrukturen dieser neuen Gesellschaft erfordern und ermöglichen, daß "viele Blumen blühen", wie die Alternativbewegung schon lange fordert. Die neue, auch wissenschaftlich begründete Gesellschaftsvision setzt also den Menschen nicht wieder ein schein-"wissenschaftlich" begründete "Vision" vor, über die sie nicht mitzuentcheiden haben.

An dieser Stelle werden die Texte im zweiten Band dieses Buches ansetzen. Ich lade hiermit ausdrücklich ein, mit mir Kontakt aufzunehmen, um vielleicht noch an der Erarbeitung dieses zweiten Bandes teilzuhaben. In diesem Teil wird der Mensch ausdrücklich im Mittelpunkt stehen und es wird um ihre Möglichkeiten zu handeln unter konkreten Bedingungen und offenen Möglichkeiten gehen.

Die Theorie wird dabei keine Handlungsanleitung anbieten. Aber eine Orientierung in Hinsicht der grundlegenden Möglichkeiten, Grenzen und möglicher Wege kann sie anbieten. Evolutionstheorie verweist uns auf die Tatsache der „Spiralform“. Die Kritik der Gegenwart führt deshalb nicht in ein Zurück in frühere, scheinbar romantischere Zeiten - sondern in ein Vorwärts als nur relatives Zurück auf einer höheren Ebene.

Eine Sicherheit, daß es die Menschheit schaffen wird, habe ich nicht gefunden. Aber es ist noch vieles möglich und mit unserem Handeln kann noch mehr möglich werden. **Daß nichts bleibt, wie es ist...** aber so wird, daß alle Menschen sich gemeinsam mit der Natur entsprechend ihren Bedürfnissen weiterentwickeln können!

**Literatur:**

- Axelrod, R.: Die Evolution der Kooperation, Oldenbourg 1991
- Bloch, E.: Das Prinzip Hoffnung, Frankfurt/Main 1985 (1985a)
- Bloch, E.: .Subjekt-Objekt, Frankfurt/M., 1985 (1985b)
- Bloch, E.: Das Materialismusproblem, seine Geschichte und Substanz, Frankfurt/M., 1985 (1985c)
- Ebeling, W., Feistel, R.: Physik der Selbstorganisation und Evolution, Berlin, 1986
- Eigen, M.: Das Urgen, Halle 1982
- Havemann, R., Dialektik ohne Dogma, Berlin 1990 (1990a)
- Havemann, R., Die Stimme des Gewissens, Reinbek/H. 1990 (1990b)
- Hegel, G.W.F., Wissenschaft der Logik II, Frankfurt/Main 1986 (1986a)
- Hegel, G.W.F., Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften, Frankfurt/Main 1986 (1986b)
- Hegel, G.W.F., Phänomenologie des Geistes, Hamburg, 1988
- Horstmann, H., Widerspruch-Bewegung-Entwicklung, Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Heft 3, 1983
- Hörz, H., Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft, Berlin 1971
- Hörz, H., Zufall- Eine philosophische Untersuchung, Berlin 1980
- Hörz, H., Wessel, K.-F., Philosophische Entwicklungstheorie, Berlin 1983
- Hörz, H., Wessel, K.-F. (Ltr. d.Aut.-koll.), Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1988
- Kamschilow: Das Leben auf der Erde, Leipzig-Jena-Berlin 1977
- Löther, R.: Das Werden des Lebendigen, Berlin 1983
- Luhmann, N.: Soziale Systeme, Frankfurt/Main 1988
- Marnitz, P.: Die gesellschaftstheoretische Bedeutung der Lehre W.I.Wernadskis vom Übergehen der Biosphäre in die Noosphäre; In: W.I.Wernadski und die globalen Probleme der Menschheit, Berlin, 1990
- Marx, K.: Thesen über Feuerbach, In: Karl Marx, Friedrich Engels; Werke, Bd.3, S.6
- Niedersen, U.: Ordnungsgesetzlichkeit und komplexographisches Handeln, In: Komplexität-Zeit-Methode (III), Halle 1988, S. 40- 68
- Pöltz, H.-D.: Struktur von Entwicklungsprozessen, In: Struktur- Bewegung-Entwicklung, Berlin 1988

Riedl,R.: Die Ordnung des Lebendigen, Hamburg und Berlin 1975

Quaas, G.: Die Kategorie des Abstrakten und Konkreten im Kontext der Methodenproblematik bei Marx, Deutsche Zeitschrift für Philosophie 4/83,

Schlemm, A., Von der Überlistungstechnik zur Allianztechnik, In: Zeitschrift "Ökosphäre", Juni 1995 (1995a)

Schlemm, A., Die Natur ist kein Vorbei, In: Zeitschrift "Ökoveision", 1995 (1995b)

Vester,F., Neuland des Denkens, München 1984

## *Verzeichnis wichtiger Begriffe*

- Aliens 169  
 Allianz-Technik 180,229  
 Allgemeinwissenschaften 11,43  
 Anderes 24,212,214,220  
 Anpassung 79,80,110,146,156,161,166,174,175,177,185  
 an sich 65  
 Anthropisches Prinzip 16ff.,178,186,229  
 Anti-Materie 45  
 Arten 150  
 Atome 29,30,46  
 Aussterben 132,133,149,153,155,168,169,176,184  
 Autonomie 61,80,87,214  
 Autopoiesis-Konzept 12,63,79,85,87,155,166,198,212
- Bakterien 113f.,118f.,124,128,142,151,170,175,204  
 Bedingungen 57,61,69,107,203,219,224  
 Bestimmtheit 24,47,57,61,67,184  
 Bewegung 20,24,25,65,67,199,209,213,221,225  
     Bewegungsgesetze 25,225,226  
     Bewegungsformen 128  
 Beschleunigung der Evolution (Entwicklung) 67,177,185,208  
 Bifurkation 62,124,184,225
- Biogeozönose 137,152  
 Biologie 12  
 Biokybernetik 229  
 Biosphäre 153  
 Biozönose 137,152  
 Blütenpflanzen 133  
 Bootstrap-Ansatz 35
- "Chaos" 62,184,208  
 Chiralität 99,223  
 Chromosomenfeldtheorie 118  
 Codierung 105
- Darwinismus 135  
 Determinismus (siehe auch Bedingungen und Bestimmtheit) 177,209,226  
 Devon 131  
 Dialektik 65  
 Differenzierung 46,47,67,95,97,123,145,207,211,224
- Einheit 14,23,37,38,56,61,86,97,181,195,213,214

- Einzelnes, singuläres 216
- Einzelwissenschaften 10,30
- Eiszeiten 134
- Element (auch Komponente) 43,44,61,89,181,211,213,216
- Energie-Zeit-Unbestimmtheit 29
- Endosymbiontentheorie 96,101,120
- Entropie 60,64,92,206
- Entwicklung (Evolution) 25,130,148,164,165,170,172,178ff.,224,228
  - Entwicklungsgesetze 25,226
  - Entwicklungszyklen 59,112,125,224,225
  - Zusammenfassung zur Kosmologie 61ff.
  - Zusammenfassung zur Biologie 180ff.
  - Zusammenfassung 195ff.
- Enzyme 101
- Epigenetik 146,185
- Ereignisse 216
- Erkenntnis 12,14,17,21,42,75,98f.,102,193
- Etwas 24,212,219,220
- Evolution: siehe Entwicklung
- Evolutionäre Erkenntnistheorie 159
- Evolution der Evolutionsprinzipien 59,106,163,185,203,206,207,226
- Evolutionsfaktoren 162
- Evolutionsprinzipien 180,195
  
- Fische 131
- Fluktuationen 200
- Fortschritt 175,176,178
- Funktionen 78,88
- Funktionswechsel 78,87,111,144
  
- Gaia-Konzept 73,115ff.,127,154
- Galaxienentstehung 45,48,49ff.,
- Ganzes (siehe auch Einheit) 44,86,214
- Gen/Genom 138
- Gentechnik 142
- Geophysiologie 115
- Gesellschaftstheorie 12
- Gesellschaftskonzepte 230f.
- Gesellschaftsvision 231
- Gesetzmäßigkeiten (Gesetze) 22,23,88,109,165,196,203,211,213, 214f.,218,221, 225f.,228
  - statistischer Gesetzesbegriff 110,215
  - Bewegungsgesetze 25,225,226
  - Entwicklungsgesetze 25,226
  - Strukturgesetze 24,225,226
  - Gesetze im Kosmos 26
  - gesellschaftliche Gesetze 217

---

Gesetze auf den Strukturniveaus 68  
Gleichgewicht 11,34,184,201  
Gliederfüßer 130  
Globale Probleme der Menschheit 157,230  
Gravitation 29,32f.,35,38f.,48f.,55,59f.  
Grundqualität 65,88,199,203,204,211,212,221,224,225

Hadronenära 40  
Hardy-Weinbergsches Gesetz 148  
Hierarchien 35,68,84,89,165,181,195,227  
Höherentwicklung 47,64,69,111,112,124,135,172,175f,178,186,204,208,222f.  
    Kriterien für Höherentwicklung 175  
Hohltiere 130  
Hologenese 176  
Hyperzyklus 104

Identität 24,56,181,211  
Individualität 80,95,108  
Individuum 137,183  
Inflation (ksomische) 33  
Information 79,105  
Insekten 131  
Instinkte 160  
Integration (siehe auch Synthese) 123,207  
Interdependenz 195  
Irreversibilität 31,58,174,198,217

Jura 132

Kambrium 129  
Karbon 131  
Katastrophen 168,203,206  
Kausalität 24,209,218  
    Kausalität, zirkuläre 214  
Koazervate 94  
Ko-Evolution 48,55f.,102,115,157,170,174,179,183,185,186,199,224  
Komplexität 67,68,78,177,184  
Komponenten (siehe Elemente)  
Kommunikation 79  
Konkurrenz 112,125,156,181,200,201  
Konstruktionsmorphologie 78,130  
Kontraproduktivität 201  
Kooperation 112,125,156,181,200,202  
Kosmologie 12,15ff.  
Kosmologisches Prinzip 19,51  
Kosmos 18,19,20  
Kreide 132

- Kräfte, physikalische Wechselwirkungs- 39,43
- Kriterien für Höherentwicklung 175
- Kritizität, selbst-erzeugte (siehe auch Kontraproduktivität) 204
- Kybernetik 12,43
  
- Lagunen 127
- Leben 73ff.,82,88
- Lernen 160
- Leptonenära 41
  
- Materialismus 42
- Materie 30,37,41f.,65,194,209,210,213,216,229
  - Materiearten 30
  - Materieformen 30
  - Materiestruktur 30
- Materie, dunkle 45,48,52
- Maß 59,124,203,224
- Maximum-Power-Prinzip 156
- Medusen 127
- Mehrzeller 126
- Mensch 12,16,21,133,228,231
- Mensch-Natur-Verhältnis 21f.,134,157,180,194,208,215,228f.
- Mikrosphären 94
- Minimalorganismus 82
- Möglichkeiten 22f.,25,44,107,108,123,164,194,204,210,216,219,220,221,224
- Möglichkeitsfeld 25,65,66,108,212,216,217,224
- Morphogenese 144
- Mosaikevolution 140
- Mutation 140,143
  - Mutation, neutrale 143
  
- Natur 20,230
- Negation der Negation 24,59,206,216
- Neotonie 151,163
- Neues 21,25,31,57,60,62,64,65,66,110,154,163,166,179,182,183,200,202,204,216,221,225
- Neuronales System 158
- New Age 117
- Normierung 195
- Notwendigkeit 26,213,216
- Nukleinsäuren 101
  
- Offenheit (siehe auch Möglichkeiten) 65,81,184,206,207,218,225,226,228
- Optimierung 174
- Ordnung 28ff.,47,62,64,78,184,201
- Ordovizium 131
- Organisation 38,77

Organismus 82,137,144,145,198

Perm 131

Philosophie 10,12,38,97,122,193

Photosynthese 114,204

Planckära 28

Plattwürmer 130

Population 137,147,149

Praxis 11,20,30,42,194,210,228

Progression 178

Proteine 99

Protozellen 104

Qualität 24,37,61,90,203

Quantenära 32

Quantenvakuum 32

Quarks 36,43

Quartär 133

Quasare 50

Radiation 155,183,184,199,224

Regression 25,178,222

Regulation 141,151,163

Reife 66

Reptilien 131

Richtung (siehe auch Tendenz) 174

Ritualisierung 159

Saurier 53,168

Schlangen 132

Schwämme 27

"Schwarze Löcher" 17,49,51,60

Sein als Werden 24,44,58,61,65,81,88,107,155,165,203,211,213,219

Selbstbewegung 65

Selbstorganisation 12,13,28,33,43,52,61f.,76,117,123,155,156,167,182,197,198

Selektion 98,136,142,146,155,164,185

"sensible Phase" (auch kritische Phase) 53,203,221,224

Sexualität 143

Silizium-"Leben" 93

Silur 131

Soziabilitätsprinzip 123

Soziobiologie 160

Spezialisierung 178

Spiralform 176,205

Sprung in der Entwicklung 46,62,123ff.,154,183,203,205,206,216,222,224,  
225,226

Staatsquallen 126

- Stabilität 57,83,88,176,197,207
- Stagnation 25,179,222
- Sternentstehung 53
- Stoffära 46
- Stoffwechsel 76
- Strahlungsära 45
- Struktur 23,43,47,197,213,226
  - hierarchische Strukturen 68,165
  - Strukturgesetze 24,225,226
  - Strukturniveaus 10,68
  - Strukturen in der Biologie 77
- Subjekt 80,181
- Sukzessivhypothese 122
- Symbiogenese 150
- Symbiose 96,120,131,152,162,229
- Symmetriebruch (siehe auch Sprung) 26,34,38,67
- Synergetik 12,68
- Synthese 67,96,111,154,207
- Synthetogenese 150
- System 38,47,56,83,87,89,90,109,181,195,197,211,213,214,222
  - biotisches System 84
  
- Technik 180,228
- Teilchen 36,43
- Tendenz 25,108,109,147,174,176,178,218
- Tertiär 133
- Totalität 87
- Tradierung 106,147,184,195,206
- Trias 132
- Triebkräfte der Entwicklung 165
  
- Umwelt (s.a.Ko-Evolution, Wechselwirkung...) 47,111,141,144,145,154,179
- Umweltkatastrophe 114,204
- Unbestimmtheitsrelation 29
- Unerschöpflichkeit 20,23
- Universum 18,19,20
- "Urknall" 19,27,28,30
  
- Variationen, genetische 140,145,163,185
- Vererbung 138
- Verhalten 152,159,163,186
- Vögel 132,153
  
- Wahrscheinlichkeit 217
- "Wärmetod" des Universums 60,65
- Wechselwirkungen (siehe auch Ko-Evolution) 29,30,35f.,38f.,53,60,67,154,165,174,175,181,195,207,208,211,217,224

---

Weichtiere 130  
Welt 11  
Wesen 37f.,42,57,68,91,224  
Widersprüche 20,24,65,66,155,165,212,216  
Wirbeltiere 131  
Wirkliches 20,22,44,219,220,221,224

Zeit 26,30,60,63  
Ziele, relative 110,218,219  
Zufall 58,66,106,143,215,218  
Zusammenhänge (siehe auch Wechselwirkungen und Gesetze) 11  
Zweckmäßigkeit 80,110  
Zwei-plus-Eins-Prinzip 75

## Die Entfaltung der Komplexität in der Welt und den Begriffsbestimmungen

