

## Notizen zur Evolutionslehre

### Vokabular:

**Redundanz:** Von R. spricht man, wenn eine Nachricht überflüssige Information enthält. R. ist oft nötig zum Erkennen von Fehlern bei Zeichen oder Signalen (prüfbarer Code); außerdem kann durch eine geeignete Codierung erkannt werden, wie das Zeichen richtig heißen muß (korrigierbarer Code).

**Codierung:** (Verschlüsselung) die Umwandlung einer Nachricht (Information) in ein Signal nach vorher festgelegten Regeln; z.B. wird die Stärke eines auf ein Sinnesorgan wirkenden Reizes in die Frequenz der ablaufenden Aktionspotentiale verschlüsselt.- Der umgekehrte Vorgang einer K. wird Decodierung genannt.

**Gene:** die Gene bestimmen in Wechselwirkung mit der Umwelt die Ausbildung der sichtbaren Merkmale eines Individuums, den Phänotyp. Sie werden definiert als Einheiten der Merkmalsausbildung (genetische Funktion), der Mutation und der freien Kombinierbarkeit mit anderen Genen (Rekombination). Alle Nachfahren eines Elternpaares erhalten ein vollständiges Genom; welche Erbanlagen jedoch vom Vater bzw. von der Mutter stammen, bleibt dem Zufall überlassen.

*genetisch* bedingt: *erblich* bedingt.

**Unterscheidungsmerkmale** bei menschlichen Rassen: Haut-, Haar- und Augenfarbe (Komplex der Pigmentierung), bestimmte Körper-, Kopf- und Gesichtsformen; physiologische u. psychologische Unterschiede: Wärmeregulation, Hormonhaushalt, Empfindungsfähigkeit, Verhalten. Großrassen: Europide (weiße), negride (schwarze), mongolide (gelbe) Menschenrassen; die indianide aus der mongoliden? Kleinrassen: Australiden, Pygmiden.

### *Überlegungen zur Entstehung verschiedener menschlicher Rassen*

Wenn von der Wiege der Menschheit gesprochen wird, stellt man sich im allgemeinen erst einmal ein ursprüngliches Menschenpaar oder eine ursprüngliche Menschenrasse vor, die durch Wanderung und Anpassung an das jeweilige Klima (Ökosystem) bestimmte körperlichen und im Zusammenhang damit psychischen Eigenheiten entwickelt. Im Verlaufe langer Zeiträume (sie müssen schon sehr lang sein) bildet sich ein bestimmter rassischer Typ heraus, der nunmehr relativ unverändert (abgesehen von kleineren, individuellen Modifikationen) durch Vererbung weitergegeben wird. Ein oder mehrere Merkmale verändern sich spontan, die natürliche Auslese (das Überleben der Effektiveren) tut dann das Übrige... Das ist im Grunde auch die Basisanschauung der wissenschaftlichen Rassenlehren.

In der Sprache der Biologie heißt es, daß vererbare Deviationen (=Abweichungen) verantwortlich sind für die Alteration (=Abwandlung) von Rassenmerkmalen, und so auch für die Entstehung, Herausbildung weiterer Rassen, die sich dann von der (einer, mehreren) ursprünglichen durch diese unterscheiden. [Lassen sich die Rassen auf einen Prototyp reduzieren?] Aber es ist ja nicht nur ein Merkmal, sondern es ist jeweils ein ganzes Bündel zusammenhängender Merkmale, der die einzelnen Rassen unterscheidet. Als Entstehungsmechanismus wird am häufigsten spontane Mutation genannt plus chromosomale Vererbbarkeit.

Der sicher richtige, weil logische Grundgedanke, daß jede Rasse ihr spezifisches Ökosystem hat, in dem sie sich entwickeln konnte und mußte, wird von den Wissenschaftlern meist darauf verengt, daß diese eben auf verschiedenen Kontinenten unseres Planeten entstanden seien. Das würde eventuell die weiße Farbe der Europäer und die dunkle Haut der Afrikaner erklä-

ren; wie aber die mandelförmigen Augen und die gelbe Haut der Asiaten? Hier versagt die Analogie. Wenn in der Natur außerdem nichts ohne Not entsteht (alles auch noch funktional und notwendig zu sein hat) wozu dann die gelbe Haut, die mandelförmigen Augen? Welches Ökosystem kann (und warum?) diesen Typus hervorgebracht haben?

Die alte Geisteslehre lehrt, daß ein jeglicher Planet in der Regel nur eine, ihm gemäße Menschenrasse hervorzubringen imstande ist. Das wird von der Wissenschaft ignoriert. Sie behauptet eben weiter, ohne faktische biologische Mechanismen dafür anbringen (anführen) zu können, daß die Menschenrassen auf unserem Planeten durch spontane genetische Mutation entstanden sind, nach dem Kernsatz: Vererbare Deviationen sind verantwortlich für die Alteration von Rassenmerkmalen, und so auch für die Entstehung, Herausbildung weiterer Rassen, die sich von der (einer, mehreren) ursprünglichen dann durch diese neu-entstandenen Merkmale unterscheiden. Das Schlüsselwort hier ist „spontan“ und bedeutet eigentlich „durch Zufall“ oder „ich weiß nicht was“ - der Mechanismus wäre also der Zufall: Mutter Natur würfelt. Dabei verliert sie in der Mehrzahl der Fälle die Partie durch das Prinzip der natürlichen Auslese, die nämlich nur die überleben läßt, die - zufällig oder nicht? - am besten an das jeweilige ökologische System angepaßt sind.

***Es fragt sich: ist das Prinzip der natürlichen Selektion ein intelligentes, logisches Prinzip, und welche Art von Logik liegt ihm zugrunde?*** Vom Menschen anhand von Beobachtungen erdacht und entwickelt, soll es die Evolution in der Natur best-möglich erklären. Außerdem: welchen Zweck, welche Funktion für das menschliche Zusammenleben drückt dieses Prinzip (Gesetz) aus? Es propagiert logischerweise, folgerichtig wiederum das Gesetz des Dschungels, des einfachen, nackten Überlebens. Denn wenn das Beobachten der Natur uns unmißverständlich lehren würde, daß nur Überleben zählt, und wir ein Teil dieser Natur sind, so wären auch wir diesem ihren Treiben eingeordnet, und würden nur die Vorstufen für noch effektivere Lebensformen (Maschinen?) darstellen, die uns dann irgendwann einmal ersetzen würden. Denn daß dieses Prinzip im Grunde ein primitiv-mechanistisches ist, ist wohl eindeutig. ***Ein Prinzip, das auf Zufall (die Devianten, Variationen der Merkmale sind rein zufällig, unterliegen aber der Selektion, da nur der Organismus mit den besser an das Ökosystem angepaßten Merkmalen überlebt, wodurch diese wiederum vererbt werden können) basiert, würde demnach selbst nur zufällige (oder eben rein mechanische) Resultate liefern, könnte nie stringent (zwingend) sein.*** Warum sollte der Organismus im Übrigen zufällig für ihn ungünstige Merkmale entwickeln? Das wird er wahrscheinlich nie tun. Eher wird sich die Entwicklung in seiner Umwelt ungünstig für ihn entwickeln, so daß er sich Z.B. nicht mehr schnell genug an sie anpassen kann.

„Zufall“ in der Natur beobachten wir im Falle einer Auflösung von Ordnung. Was wir im weiteren beobachten können, ist eine ständige Zunahme der Entropie, der Unordnung, wo ein System sich selbst überlassen wird. Lebensprozesse sind nach unserem Verständnis stets durch eine Abnahme der Entropie begleitet. Das setzt eine ständige Zufuhr von Energie an das lebende System voraus. Und doch tendiert der gesamte Kosmos zu einem Zustand niedriger Entropie. Vielleicht ist es eine gute Analogie dafür, daß man man in der Geisteslehre davon spricht, daß die Schöpfung allen ihren Kreationen stets nahe sein muß, weil ansonsten keine Kreatur existieren könnte.

Logisch wäre aber auch, daß ein menschliches Denken, dessen ganzes Trachten und Streben ausschließlich auf Überleben zielt, wiederum selektiv in der Natur nur das sieht, was es selber erfassen kann: Überleben um jeden Preis, mit allen Mitteln.

Es fragt sich: was ist zuletzt im beobachtbaren Kosmos entstanden? Die Frage läuft im weiteren darauf hinaus: gibt es relativ zu uns Menschen, die in der Zukunft leben? Oder: gibt es über unsere Zeit hinaus Leben? Wie ist es beschaffen?

Um zu zeigen, wie schnell sich die Dinge bei uns verändern oder entwickeln, möchte ich im Zusammenhang mit dem Problem der spontanen Mutationen und der Möglichkeit nicht-spontaner Mutationen einen Wissenschaftler anführen, der sich vor noch nicht einmal zwanzig Jahren das „löbliche“ Ziel gesetzt hatte, Däniken und die ganze Präastronautik lächerlich zu machen, indem er unter anderem die Möglichkeit gezielter Mutationen seitens des Menschen mit den folgenden Argumenten für *nicht durchführbar* erklärte:

Aus „Beweisnot“ von Emil Heinz Schmitz, Ariston Verlag, Genf 1978,<sup>1</sup> :

„... Von Däniken traut den Göttern derartiges zu, sagt aber nicht, wie er sich solche Manipulationen vorstellt. Offensichtlich sieht er gar keine Schwierigkeiten, am Erbgut Veränderungen vorzunehmen und auf einem Chromosom ein paar andere Erbmerkmale gleichsam wie Perlen neu aufzufädeln und damit einen „mutierten“ Menschen zu erzeugen.

Bis heute weiß keiner der modernen Molekularbiologen, auf welche Weise es einmal möglich sein wird, am Erbgut einer Geschlechtszelle Veränderungen vorzunehmen. Zellen sind außerordentlich klein. Nur der Zellkern enthält die für die Vererbung verantwortlichen Strukturen. Im Kern liegen diese meist nur in einer Phase des Lebens in Form der extrem kleinen und außerordentlich dünnen Chromosomen vor! Wie soll man hier manipulieren? Wie kann man hier gezielt eine Operation durchführen? ***Vielleicht wird es irgendwann einmal möglich sein***, mehr oder minder ungezielte Veränderungen im Erbgut vorzunehmen. Kein Mensch ist bisher in der Lage, dafür irgendeine Methode oder Technik vorauszusagen. Experimente an Viren und Bakterien führen kaum zu einer Technik, die es gestatten könnte, etwa Säugetiere oder den Menschen genetisch zu manipulieren. Diese komplizierenden Sachverhalte ignoriert von Däniken. Er zitiert statt dessen einige gewagte Äußerungen des Futurologen Kahn. Dieser Physiker hat in den letzten 15 Jahren Strategien für den Einsatz von Atomwaffen im modernen Vernichtungskrieg entworfen und sich neuerdings der Zukunftsforschung zugewandt. Seiner Meinung nach sei es in absehbarer Zeit, in 15-20 Jahren möglich, Embryonen nach Augen- und Haarfarbe vielleicht auch sonstigen anderen Eigenschaften, käuflich zu erwerben - so wie man heute Samen in einem Blumengeschäft kauft. Wer solche Voraussagen wagt, dokumentiert damit seine Unkenntnis von den komplizierten Erbzusammenhängen und biochemischen Mechanismen in einer Zelle. Zu unseren Lebzeiten werden wir solche Käufe bestimmt nicht tätigen. Der Weg zum Verständnis des Lebens auf unserer Erde könnte länger sein als der zu fernen Sternen!“ ...

Dieser Text ist ein Beweis dafür, daß der „Intelligentere“ und vielleicht auch „Klügere“ nicht immer recht behalten. Sie unterschätzen oft, daß Aussicht auf großen Profit einen gewaltigen Motivationsschub im materiell denkenden Menschen auslösen kann. Er versetzt die Menschen in Rausch: Goldrausch, Ölrausch, Entdeckungsrausch... Und siehe da, zwanzig Jahre nach dem Verfassen des obigen Textes kann Däniken in einem seiner neueren Bücher auftrumpfen: stolz prangt da das Photo einer „Schiege“: eine Kreuzung aus Schaf und Ziege, die genetisch manipulierte Riesensau, die „druckfeste“ Tomate, etc.etc. und der obige Text zeugt nur noch von trauriger, naiver Kurzsichtigkeit und Naivität des Autors in Bezug auf die (immer noch materiell-bewußtmäßigen) Fähigkeiten des Menschen. („Spinne Stroh zu Gold...“) Im traditionell häretischen und sektiererischen Amerika, wo der christliche Gott nur ein Untergott des allesüberragenden unbarmherzigen Idols Mammon ist, hat man eben eine bessere Nase dafür,

---

<sup>1</sup> isbn 3 7205 11715

und traurig sieht die deutsche Wirtschaft nach Kalifornien, wo die Gentechnik ein Labor nach dem anderen, ein Forschungsinstitut nach dem anderen aus dem Boden schießen läßt. Der heimische christliche Gott (=Kirche) ist eben etwas rückständig (schon immer gewesen...): und gerne würde man an seinem Stuhl sägen... Aber man sägt ja nicht am Ast, auf dem man selber sitzt... Ja, die alten Götter... Und damit schließt sich der Kreis, wäre man wieder beim eigentlichen Thema. Wie Herr Schmitz und die von ihm hier zitierte Kapazität Herr W.Fr.(?) Gutmann wohl heute über ihre früheren Aussagen denken? Aber das Problem bleibt: und es ist nicht die Frage nach der fremd-verursachten genetischen Mutation, deren einfachste Mechanismen man heute (1995) schon beherrscht, sondern eben die nach der viel berufenen „spontanen“ Mutation, die uns im weiteren beschäftigt, da man deren biologische Mechanismen auch heute noch nicht klar und deutlich benennen kann. Dazu ein längeres Zitat eines anderen Wissenschaftlers, der im Zusammeng mit Fragen der Evolution 1974 folgendes publiziert hat:

**J.P.Wesley, Ecophysics, Kapitel VIII, S.202: Mechanisms for producing inheritable deviations:**

### **...Entstehungs-Mechanismen vererbbarer Deviationen**

*... Die sicherlich gültigen Mendelschen Gesetze sind jedenfalls nicht ausreichend, da schließlich Veränderungen (Mutationen) in den Genen selbst auftreten müssen, um die in heterogenen (Bevölkerungen) Populationen auftretenden **unterschiedlichen** Gene verursachen zu können. Dank der großen Anzahl möglicher chromosomaler Typen braucht die **Veränderungsrate der Gene** nicht besonders groß zu sein, um die **Rate der beobachteten Deviationen** zu erklären (to account for). Lange Zeit wurde daher angenommen, daß vererbare Deviationen (Abweichungen) durch *Genveränderungen, also Mutationen*, in Verbindung mit der chromosomalen Vererbbarkeit hinreichend (adäquat, angemessen) erklärt werden könnten.*

Viel Forschungsarbeit ist darauf verwendet worden, die Mechanismen (das „wie?“) zu entdecken, mittels derer *Gene* verändert werden könnten. *Es genügt offensichtlich nicht, Mutationen einfach für „spontan“ zu erklären und die effektiven Entstehungs-Mechanismen zu ignorieren.* Muller (1951) demonstrierte in den späten 20-ern, daß Gene durch eine starke Ionisationsstrahlung verändert werden können. Starke Strahlung kann auch neue Sequenzen alter Gene produzieren, durch (by? mittels?) Mechanismen wie die Kreuzung von Chromosomenpaaren. Die neuen Gene, entstanden durch solche künstlichen Mittel, sind für das Individuum fast immer von (*schädlicher*) *nachteiliger* Natur, da sie sich alle im Wesentlichen als nicht zweckdienlich herausstellen. *Lange Zeit wurde angenommen, daß Genveränderungen, oder Mutationen, in der Natur zufällig entstehen, aufgrund von Hintergrundstrahlung oder thermisch induzierter Störungen (disruptions). Doch ist die natürliche Hintergrundstrahlung nicht ausreichend für die beobachtete Mutationsrate, und was die thermischen Störungen betrifft, so sind diese viel zu selten, um für die beobachtete Häufigkeit verantwortlich sein zu können.* Die kürzliche Bestätigung der Tatsache, daß die doppelstrangige DNS (der Stoff, aus dem die Gene bestehen [Drake, 1970] ) fähig ist, sich - nach einer Beschädigung - selber wiederherzustellen, vermindert um ein Weiteres die Möglichkeit (Plausibilität), den Großteil der Mutationen als zufällig induzierte Vorgänge (Geschehen) zu erklären.

Genauso offensichtlich ist, daß vererbare Deviationen, entstanden durch Mutationen plus chromosomaler Vermischung, auf eine breite Zahl von Spezies, die sich nicht sexuell reproduzieren, überhaupt nicht anwendbar ist. Bakterien, zum Beispiel, zeigen eine bemerkenswerte Adaptibilitätsrate vererbbarer Merkmale. Einst wurde angenommen, daß diese Fähigkeit einer viel höheren Mutationsrate zuzuschreiben wäre, in Berücksichtigung der Tatsache, daß jedes Bakterium auch eine Keimzelle ist. Heute wissen wir, daß die Erklärung darin zu finden ist, daß ein direkter Transfer genetischen Materials von einem Bakterium zum anderen stattfindet, wodurch der bei höheren Organismen gewöhnlich langsame Prozeß der Herausbildung neuer genetischer Typen einfach umgangen wird. Ein Transfer genetischen Materials zwischen Bakterien (Burns, 1972) kann (1) durch Aufnahme unbehüllter DNS aus einem von anderen Individuen hinterlassenen Medium erfolgen; (2) durch Konjugation - Abwandlung, wobei, g. Material über einen männlichen Pilus auf eine weibliche Zelle übertragen wird; und (3) Transduktion - Übertragung, wobei ein virusähnliches Partikel, oder Episom, in eine Zelle eindringt und sich an die DNS des Wirts heftet, um dann samt der Wirts-DNS repliziert zu werden (Campbell, 1972). Auf diese Weise ist ein Bakterium in der Lage zu mutieren, ohne sich reproduzieren zu müssen. Auf diese Weise kann ein günstiges mutationsfähiges Merkmal direkt an die gleiche Generation weitergegeben werden, ohne den langen Umweg über zahlreiche Generationen machen zu müssen.

Bei der Paramecia (einer Pilzart) kann man beobachten, daß sie ihr genetisches Material untereinander durch Konjugation austauschen (vermischen). Bei Fehlen weiterer Individuen, mit denen sie sich verbinden (konjugieren) könnten, findet bei ihnen schließlich eine innere Umbildung (rearrangement) statt, der Endomixus (Endomixis?). Auf diese Weise hat Paramecia, die sich nicht sexuell reproduziert (vermehrt), anscheinend eine Art von Fähigkeit, genetische Information zu variieren, die dem chromosomalen Mixing nahekommt. Der direkte Transfer genetischer Information und die daraus mögliche und folgende Alteration des Individuums ist durchaus vergleichbar mit dem direkten Informationstransfer beim Bakterium.

Es wird (mit dem Fortschreiten der Forschung) immer klarer, daß (organisches) *Leben* in zwei allgemeine Klassen aufgeteilt ist: zum einen die **Eukaryoten**, also Organismen, die aus Zellen aufgebaut sind und einen zentralen Nukleus mit genetischer Information besitzen, nebst den Organellen mit begrenzter genetischer Information; zum anderen die **Prokaryoten**, Organismen, die aus Zellen aufgebaut sind, die keinen Kern besitzen, und bei denen die genetische Information über das Cytoplasma verteilt wird. Eukaryoten, welche die entwickeltere Klasse darstellen, entstanden anscheinend als eine innerhalb einer einzelnen Zellmembran zusammengeschlossene symbiotische Gruppe von Prokaryoten (Margillis, 1971). Man kann sich das so vorstellen, daß die ersten Eukaryoten entstanden, als ein Prokaryote in einen weiteren als Parasit eindrang, ein Phänomen, das noch heute beobachtbar ist. In der Folge wären diese Prokaryoten - durch evolutionäre Anpassung mittels natürlicher Selektion - eine Symbiose miteinander eingegangen, und hätten ihre Fähigkeit, unabhängig voneinander zu existieren, verloren. Mitochondria und Chlorplaste sind Organellen, die anscheinend solche symbiotisch evolutionierten Prokaryoten darstellen, solange sie klein sind; sie besitzen immer noch einen gewissen Grad an Autonomie; und sie tragen den Großteil der genetischen Information für ihre eigene Reproduktion. Die Evolution des Hauptkerns eines Eukaryoten konnte nicht unabhängig von der Evo-

lution der in ihm eingeschlossenen halbautonomen Organellen erfolgen, und umgekehrt. Die Mechanismen zur Entstehung und Verbreitung vererbbarer Deviationen solcher Ansammlungen halbautonomer Individuen ist notwendigerweise kompliziert.

Viren sind seit über hundert Jahren bekannt. Der Arbeit von Pasteur mit dem Tollwutvirus verdanken wir die Entdeckung einer Vielzahl der charakteristischen Merkmale eines Virus. Heute weiß man, daß ein Virus in eine Zelle eindringt und Information einführt, welche die Zelle veranlaßt, weitere Viruspartikel zu produzieren. Man hegte lange den Verdacht, den man dann durch neue Entdeckungen bestätigt fand, daß in manchen Fällen das Viruspartikel sich direkt an ein Chromosom im Nukleus der Wirtszelle anhängt (Campbell, 1972). Ein solches angehängtes Stück Information kann als zusätzliches Gen angesehen werden, sei es nun gutartig oder schädlich. Es ist nunmehr zumindest in einem Fall verifiziert worden, daß ein solches angekoppeltes virales Gen auf nachfolgende Generationen der Wirtszelle übertragen werden kann. Einige Zeit spekulierte man, daß *virale Infektionen* den Mechanismus darstellen, mittels dessen die meisten Mutationen zellulärer Organismen erfolgen. Heute scheint es, als müßte man eine solche Möglichkeit ernsthaft in Betracht ziehen. Wenn dies zutrifft, würde *die Mutationsfähigkeit des Virus die Fähigkeit des Lebens bestimmen, vererbare Deviationen zu produzieren*.

Aus all diesen Überlegungen folgt anscheinend, daß der Mensch, je mehr er über die Mechanismen der Entstehung vererbbarer Deviationen lernt, sich einer immer schwieriger zu analysierenden Situation gegenüber sieht, die keine einfachen Antworten zuläßt. Es wird hier die Feststellung genügen müssen, daß *vererbare Deviationen* vorkommen und daß wir auf eine weitere Untersuchung, bezüglich möglicher Mechanismen für dieses Vorkommen, im weiteren verzichten.

**Der Autor streicht also die Segel, und konstatiert schließlich nur noch die Tatsache, daß vererbare Deviationen vorkommen oder vorgekommen sind und zur Ausbildung verschiedener menschlicher Rassen geführt haben. Da, wo unsere Wissenschaftler noch keine wirkliche Faktenkenntnis haben, wird eben gekleistert, gefeixt und zurechtgefieilt, wie es ja schon der Vater der modernen Evolutionstheorie, Ch. Darwin vorexerziert hat. Nicht nur fehlt immer noch das missing link vom Affen zum Menschen, auch der biologische Mechanismus mittels dessen die eine Art des Homo sapiens sich in verschiedene Rassen geteilt haben soll, ist heute noch nicht klar bestimmt. Diese Tatsache sind die heutigen Wissenschaftler jedoch nicht bereit offen zuzugeben: sie sprechen weiter von natürlicher, spontaner Mutation und hoffen immer noch, den oder die spontanen Mechanismen zu finden, die zu den einzelnen Rassen geführt haben, wobei dann bei den verschiedenen Rassen die jeweiligen (Super?-)Gene veranlassen, daß die rassenspezifischen Merkmale immer wieder reproduziert werden. Daß das Ökosystem der Erde ursprünglich nur eben die eine „irdische“ Rasse hervorzubringen fähig war, würde nämlich bedeuten, daß tatsächlich eine Art „Import“<sup>2</sup> stattgefunden hat, wie auch immer. Die verbleibende andere Möglichkeit wäre dann wieder eine genetische Mutation, wiederum entweder spontan oder nicht spontan, mittels „viraler**

**Infektion“ durch ein gutartiges Virus, das aber noch nie außerhalb eines Organismus nachgewiesen werden konnte.**

**EINLEITUNG, KAPITEL VIII „EVOLUTION IN THE PAST“:** Evolution schreitet von Zuständen hoher zu Zuständen niedriger Entropie. Die Sterne, die Sonne und die Erde kondensierten aus Gaswolken und Staub, verbunden mit einer bedeutenden Entropieminderung. Kapitel VIII bespricht das kosmologische Paradox, welches das Vorkommen solcher thermodynamischen Ordnungsprozesse gestattet und folglich das Leben selbst möglich macht. Evolution und frühe organische Verbunde oder Verbindungen gab es wahrscheinlich schon vor der Geburt der Sonne. Sonnenlicht hat die Oberfläche der Erde geordnet, wie sich aus der Beobachtung der Lithosphäre ergibt. Die Masse rezyklierender organischer Verbindungen, die Ökomasse, stellt eine Zunahme der thermodynamischen Ordnung dar, über CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O. Folglich - während die Erde evolutioniert - ist die Ökomasse bestrebt, eine maximale Durchschnittsmasse zu erreichen.

### **VIII S.202 Mechanisms for producing inheritable deviations:**

#### **...Entstehungs-Mechanismen (der Hervorbringung vererbbarer Deviationen)**

*... Die sicherlich gültigen Mendelschen Gesetze sind jedenfalls nicht ausreichend, da schließlich Veränderungen (Mutationen) in den Genen selbst auftreten müssen, um die in heterogenen (Bevölkerungen) Populationen auftretenden **unterschiedlichen** Gene verursachen zu können.* Dank der großen Anzahl möglicher chromosomaler Typen braucht die **Veränderungsrate der Gene** nicht besonders groß zu sein, um die **Rate der beobachteten Deviationen** zu erklären (to account for). Lange Zeit wurde daher angenommen, daß vererbbare Deviationen (Abweichungen) durch *Genveränderungen, also Mutationen*, in Verbindung mit der chromosomalen Vererbbarkeit hinreichend (adäquat, angemessen) erklärt werden könnten.

Viel Forschungsarbeit ist darauf verwendet worden, die Mechanismen (das „wie?“) zu entdecken, mittels derer **Gene** verändert werden könnten. *Es genügt offensichtlich nicht*, Mutationen einfach für „spontan“ zu erklären und die effektiven (Entstehungs-)Mechanismen, wodurch diese entstehen könnten, zu *ignorieren*. Muller (1951) demonstrierte in den späten 20-ern, daß Gene durch eine starke Ionisationsstrahlung verändert werden können. Starke Strahlung kann auch neue Sequenzen alter Gene produzieren, durch (by? mittels?) Mechanismen wie die Kreuzung von Chromosomenpaaren. Die neuen Gene, entstanden durch solche künstlichen Mittel, sind für das Individuum fast immer von (schädlicher) nachteiliger Natur, da sie sich alle im Wesentlichen als nicht zweckdienlich herausstellen. *Lange Zeit wurde angenommen, daß Genveränderungen, oder Mutationen, in der Natur zufällig entstehen*, aufgrund von Hintergrundstrahlung oder thermisch induzierter Störungen (disruptions). Doch ist die natürliche Hintergrundstrahlung nicht ausreichend für die beobachtete Mutationsrate, und was die thermischen Störungen betrifft, so sind diese viel zu selten, um für die beobachtete Häufigkeit verantwortlich sein zu können. Die kürzliche Bestätigung der Tatsache, daß die doppelstrangige DNS (der Stoff, aus dem die Gene bestehen [Drake, 1970] ) fähig ist, sich - nach einer Beschädigung - selber wiederherzustellen, vermindert um ein Weiteres die Möglichkeit (Plausibilität), den Großteil der Mutationen als zufällig induzierte Vorgänge (Geschehen) zu erklären.

Genauso offensichtlich ist, daß vererbbare Deviationen, entstanden durch Mutationen plus chromosomaler Vermischung, auf eine breite Zahl von Spezies, die sich nicht sexuell reproduzieren, nicht anwendbar ist. Bakterien, zum Beispiel, zeigen eine bemerkenswerte Adaptibilitätsrate vererbbarer Merkmale. Einst wurde angenommen, daß diese Fähigkeit einer viel höheren Mutationsrate zuzuschreiben wäre, in Berücksichtigung der Tatsache, daß jedes Bakterium auch eine Keimzelle ist. Heute wissen wir, daß die Erklärung darin zu finden ist, daß ein direkter Transfer genetischen Materials von einem Bakterium zum anderen stattfindet,



wodurch der bei höheren Organismen gewöhnlich langsame Prozeß der Herausbildung neuer genetischer Typen einfach umgangen wird. Ein Transfer genetischen Materials zwischen Bakterien (Burns, 1972) kann (1) durch Aufnahme unbehüllter DNS aus einem von anderen Individuen hinterlassenen Medium erfolgen; (2) durch Konjugation - Abwandlung, wobei, g. Material über einen männlichen Pilus auf eine weibliche Zelle übertragen wird; und (3) Transduktion - Überführung, wobei ein virusähnliches Partikel, oder Episom, in eine Zelle eindringt und sich an die DNS des Wirts heftet, um dann samt der Wirts-DNS repliziert zu werden (Campbell, 1972). Auf diese Weise ist ein Bakterium in der Lage zu mutieren, ohne sich reproduzieren zu müssen. Auf diese Weise kann ein günstiges mutationsfähiges Merkmal direkt an die gleiche Generation weitergegeben werden, ohne den langen Umweg über zahlreiche Generationen machen zu müssen.

Bei der Paramecia (einer Pilzart?) kann man beobachten, daß sie ihr genetisches Material untereinander durch Konjugation austauschen (vermischen). Bei Fehlen weiterer Individuen, mit denen sie sich verbinden (konjugieren) könnten, findet bei ihnen schließlich eine innere Umbildung (rearrangement) statt, der Endomixus (Endomixis?). Auf diese Weise hat Paramecia, die sich nicht sexuell reproduziert (vermehrt), anscheinend eine Art von Fähigkeit, genetische Information zu verändern variieren, die dem chromosomalen Mixing nahekommt. Der direkte Transfer genetischer Information und die daraus mögliche und folgende Alteration des Individuums ist durchaus vergleichbar mit dem direkten Informationstransfer beim Bakterium.

Es wird immer klarer, daß *Leben* in zwei allgemeine Klassen aufgeteilt ist: zum einen die Eukaryoten, also Organismen, die aus Zellen aufgebaut sind und einen zentralen Nukleus mit genetischer Information besitzen, nebst den Organellen mit begrenzter genetischer Information; zum anderen die Prokaryoten, Organismen, die aus Zellen aufgebaut sind, die keinen Kern besitzen, und bei denen die genetische Information über das Cytoplasma verteilt wird. Eukaryoten, welche die entwickeltere Klasse darstellen, entstanden anscheinend als eine innerhalb einer einzelnen Zellmembran zusammengeschlossene symbiotische Gruppe von Prokaryoten (Margillis, 1971). Man kann sich das so vorstellen, daß die ersten Eukaryoten entstanden, als ein Prokaryote in einen weiteren als Parasit eindrang, ein Phänomen, das noch heute beobachtbar ist. In der Folge wären diese Prokaryoten - durch evolutionäre Anpassung mittels natürlicher Selektion - eine Symbiose miteinander eingegangen, und hätten ihre Fähigkeit, unabhängig voneinander zu existieren, verloren. Mitochondria und Chlorplaste sind Organellen, die anscheinend solche symbiotisch evolutionierten Prokaryoten darstellen, solange sie klein sind; sie besitzen immer noch einen gewissen Grad an Autonomie; und sie tragen den Großteil der genetischen Information für ihre eigene Reproduktion. Die Evolution des Hauptkerns eines Eukaryoten konnte nicht unabhängig von der Evolution der in ihm eingeschlossenen halbautonomen Organellen erfolgen, und umgekehrt. Die Mechanismen zur Entstehung und Verbreitung vererbbarer Deviationen solcher Ansammlungen halbautonomer Individuen ist notwendigerweise kompliziert.

Viren sind seit über hundert Jahren bekannt. Der Arbeit von Pasteur mit dem Tollwutvirus verdanken wir die Entdeckung einer Vielzahl der charakteristischen Merkmale eines Virus. Heute weiß man, daß ein Virus in eine Zelle eindringt und Information einführt, welche die Zelle veranlaßt, weitere Viruspartikel zu produzieren. Man hegte lange den Verdacht, den man dann durch neue Entdeckungen bestätigt fand, daß in manchen Fällen das Viruspartikel sich direkt an ein Chromosom im Nukleus der Wirtszelle anhängt (Campbell, 1972). Ein solches angehängtes Stück Information kann als zusätzliches Gen angesehen werden, sei es nun gutartig oder schädlich. Es ist nunmehr zumindest in einem Fall verifiziert worden, daß ein solches angekoppeltes virales Gen auf nachfolgende Generationen der Wirtszelle übertragen werden kann. Einige Zeit spekulierte man, daß **virale Infektionen** den Mechanismus darstel-

len, mittels dessen die meisten Mutationen zellularer Organismen erfolgen. Heute scheint es, als müßte man eine solche Möglichkeit ernsthaft in Betracht ziehen. Wenn dies zutrifft, würde die Mutationsfähigkeit des Virus die Fähigkeit des Lebens bestimmen, vererbare Deviationen zu produzieren.

Aus all diesen Überlegungen folgt anscheinend, daß der Mensch, je mehr er über die Mechanismen der Entstehung vererbbarer Deviationen lernt, sich einer immer schwieriger zu analysierende Situation gegenüber sieht, die keine einfachen Antworten zuläßt. Es wird hier die Feststellung genügen müssen, daß *vererbare Deviationen* vorkommen und daß wir auf eine weitere Untersuchung, bezüglich möglicher Mechanismen für dieses Vorkommen, im weiteren verzichten.

.....

## DEFINITIONEN:

### *Thermodynamisches Gleichgewicht:*

Bezeichnung der Thermodynamik für einen sich nicht mehr ändernden Zustand eines thermodynamischen Systems. Im Ggs. zum stationären Zustand treten im thermodynam. Gleichgewichtszustand auch keine *stationären* Energie- oder Massenströme auf, bei Abwesenheit äußerer Kräfte ist das thermod. System bezügl. aller thermodynam. Parameter und Funktionen völlig homogen. Beim abgeschlossenen thermodynamischen System wird die Entropie maximal. Das bedeutet, daß die Energie  $U$ , das Volumen  $V$  und die Teilchenzahl  $N$  konstant sind. Jedes thermodynamische System ist bestrebt, möglichst schnell in das th. G. zu kommen.

### *Thermodynamisches System:*

Bez. für ein makroskopisches System, dessen Zustand durch die thermodyn. Parameter Temperatur, Druck, Volumen und Entropie beschrieben werden kann, solange es im thermodynamischen Gleichgewicht ist. Der thermod. Zustand eines th. Systems kann durch die thermodynam. Prozesse geändert werden, man spricht dann von den Zustandsänderungen des Systems.

### *Thermodynam. Potential (thermodynamische Funktion)*

Eine aus den thermodynam. Parametern Volumen  $V$ , absolute Temperatur  $T$ , Druck  $p$  und Energie  $s$  bestehende math. Formulierung, aus der durch Differentiation *nach der Zeit* und *nach* den thermodynam. Parametern selbst alle wichtigen th. Größen abgeleitet werden können, d.h. aus einem beliebigen Potential kann man durch geschicktes Ableiten die Zustandsgleichungen, Beziehungen für die einzelnen thermodyn. Parameter Entropie, Volumen usw., aber auch die Formulierung aller anderen Potentiale erhalten.

Jedes th. P. beschreibt vollständig ein thermodynam. System, es gibt die Potentiale als Folge der Existenz der thermodynam. Hauptsätze. Zu den thermodyn. Potentialen zählen die innere Energie  $U$ , die Enthalpie  $H$ , die freie Enthalpie  $G$  und die freie Energie  $f$ .

### *Thermodynamischer Prozeß: Zustandsänderung*

### **LEBEN AUF DER SONNE:**

Die äußere Schicht der Sonne sorgt für eine enorme Entropieproduktion pro Flächeneinheit. Sie weist auch ein gewaltiges Maß an freier Konvektion<sup>3</sup> auf. Über einen längeren Zeitraum verläuft die Evolution jeden Sterns, also auch der Sonne, in Richtung einer Verminderung (Abnahme) der internen Entropie. Der einzige Grund, der an der Möglichkeit von Leben auf der Sonne Zweifel aufkommen läßt, ist das Fehlen von Körpern in festem Zustand. Wie auch immer, die Entropieproduktion bringt geordnete Strukturen, wie Konvektionszellen und Sonnenflecken, hervor. Das kühlere Gas in den Sonnenflecken weist auf das Vorhandensein eines Abkühlungsmechanismus hin. Innerhalb der Sonnenoberfläche, wo die Schläuche (Kanäle, Ströme) kühleren Gases nicht beobachtet werden können, befindet sich die Region, wo Entropieproduktion in großem Ausmaße stattfindet. Der Mechanismus, aufgrund dessen die Sonnenflecken entstehen, bleibt so der Beobachtung unzugänglich. Auch wenn es unwahrscheinlich erscheinen mag, besteht doch die Möglichkeit, daß im Inneren der Sonne, wo die magnetischen Felder viel stärker sind und wo der Abkühlungsprozeß stattfindet, Körper in festem Zustande vorkommen. Folglich besteht die Möglichkeit, daß Leben auf der Sonne existiert. Außerdem sollte man bedenken, daß die Sonnenflecken einen Durchmesser aufweisen, der ein vielfaches des Durchmessers der Erde beträgt, sodaß das Volumen, in dem *Ordnungsprozesse* ablaufen, beträchtlich ist.

Man könnte sich ein Raumschiff vorstellen, von einem 5800 ° K kalten Plasma in einem gekühlten Zustand erhalten, mit dem man die Oberfläche der Sonne erforschen könnte und welches sogar fähig wäre, Sonnenenergie zur In-Gang-Haltung des Gefriermechanismus zu nutzen. Das Problem, einen geeigneten Gefrier-Mechanismus zum Erhalt eines 5800 ° K Plasmas zu entwerfen, ist nicht so schwierig, wie es zunächst scheinen könnte. Das Plasma könnte durch Magnetfelder zusammengehalten werden, und, wegen des gigantischen zur Verfügung stehenden Volumens, bräuchten die Felder nicht einmal eine besondere Stärke aufzuweisen. Elektrische Ströme, die das Plasma innerhalb der magnetischen Felder durchlaufen würden, könnten folglich einen elektromagnetischen Pumpeffekt erzeugen. Durch zentrifugale Trennung heißer Gase von kühleren könnte man schließlich das Raumschiff ständig mit einer

---

<sup>3</sup> Bez. für die Wärmeübertragung durch sich bewegende kleinste Flüssigkeits- und Gasteilchen. Es wird zw. der *erzwungenen* Konvektion, bei der ein Wärmeübergang durch eine äußere Strömung erzwungen wird (die Bewegung der wärmeübertragenden Gas- und Flüssigkeitsteilchen also unabhängig vom Wärmeübergang ist), und der *natürlichen* Konvektion unterschieden, bei der die für die Wärmeübertragung verantwortl. Gas- und Flüssigkeitsteilchen wegen der durch Temperaturunterschiede entstandenen Dichteunterschiede bewegt werden. Wird die durch Konvektion entstehende Gas- bzw. Flüssigkeitsströmung nicht durch Wände begrenzt, spricht man von *freier Konvektion*. Der Erscheinung der K. begegnet man im tägl. Leben bei allen Abkühlungsvorgängen, in der Technik bei Wärmeaustauschern und bei meteorolog. Vorgängen. Mit K. bezeichnet man ebenfalls den stationären Umlauf des flüssigen Gesteins im Erdmantel und Erdkern.

kleinen Wolke kalten Gases umhüllen (das ständig erneuert werden müßte, um absorbierte (Wärme?-) Strahlung wieder zu entfernen, abzusondern).

## DIE ÖKO-PHYSIKALISCHE DEFINITION DES *LEBENS* UND DES *LEBENDEN*

Während die *Ökologie* sich dem *Studium lebender Organismen* und ihren wechselseitigen Beziehungen widmet, sowie ihre Bedeutung für die Umwelt untersucht, haben wir es bei der *Ökophysik* mit der Anwendung der *Physikwissenschaft auf die Ökologie* zu tun. Dementsprechend soll hier eine diesem Sachverhalt angemessene Definition von *Leben* gefunden werden.

### ***Was eine Definition grundsätzlich leisten sollte***

Im allgemeinen sollte eine Definition möglichst explizit (ausdrücklich, umfassend) und einfach, sowie von größtmöglichem Nutzen sein. Das Schlüsselwort hier ist *Nutzen*. Die hier gesuchte Definition sollte von möglichst großem Nutzen für das Studium der Ökophysik sein.

Um mit dem Kürzel *Physik* in Ökophysik kompatibel zu sein, sollte die Definition der Eigenschaft *Leben* auf ein (beliebiges) physikalisches System anwendbar sein, unter Verwendung ausschließlich physikalischer Parameter. Um dem *Öko* in *Ökophysik* Genüge zu tun, sollte die Definition der Eigenschaft *Leben* ausschließlich von der Art der Wechselwirkungen (Interaktionen) eines physikalischen Systems mit dem Rest des Kosmos (Universums) bestimmt sein. Ein *lebendes* System ist so als „black box“<sup>4</sup> anzusehen. Das Interesse ist somit weitgehendst darauf gerichtet, was ein System *tut* oder leistet, und weniger auf die innere Beschaffenheit des Systems.

### ***Einige bedeutsame thermodynamische und ökologische Beobachtungen bezüglich des Lebens***

Die Beobachtung bekannter lebender Organismen aus unserer Umwelt zeigt, daß sie offene thermodynamische Systeme darstellen, die sowohl Materie wie auch Energie mit ihrer Umwelt austauschen. Solche Organismen sind aus Atomen zusammengesetzt, die ursprünglich aus dem Umfeld dieser Organismen stammen. Die Entropie dieser Atome in den Organismen ist niedriger als die Entropie der gleichen Atome in ihrer ursprünglichen Umgebung.

Autotrophe Organismen wie Grünpflanzen wandeln unter Lichteinwirkung  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  hoher Entropie in  $\text{O}_2$  hoher Entropie und Bestandteile niedriger Entropie, wie Zellulose, um, die sie in ihrem Inneren ablagern. Allein die Beobachtung dieses Vorgangs läßt eine klare Verringerung der Entropie auf der Erdoberfläche erkennen. Die meisten dieser in den Autotrophen (Organismen) abgelagerten Verbindungen von niedriger Entropie werden schließlich in die Umwelt wieder eingeliedert („recycelt“). Die Atmung der Pflanzen gibt einige davon als  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  direkt wieder an die Umgebung zurück. Einige dieser Verbindungen werden von Heterotrophen als Nahrung eingenommen und in der Folge oxydiert. Weitere werden durch Busch- und Waldbrände an die Umwelt zurückgegeben. Andere werden im oder als Müll oder Abfallprodukt ausgeschieden abgelagert und in der Folge durch *Aasfresser*<sup>5</sup> oder langsame atmosphärische Oxydation gebunden. Der Kreislauf von (chemischen) Verbindungen in der Ökosphäre ist allerdings fast ganz ausgeglichen (stationär), und so ergibt sich eine

---

<sup>4</sup> „Schwarzer Kasten“: Hilfsmittel, um durch Abstraktion den Kern einer Aufgabe festzustellen. Eine B.-B. ist ein Kasten ohne erkennbaren Inhalt; gibt die Systemgrenze (Nahtstellen) für eine zu konstruierende Maschine an, um damit klarer die Ein- und Ausgangsbedingungen erkennen zu können.

<sup>5</sup> people

bedeutsame Verringerung in der Entropie der Erdoberfläche über geologische Zeitläufe hinweg (was im nächsten Kapitel weiter ausgeführt wird.)

Heterotrophe Organismen sind ebenfalls offene thermodynamische Systeme, die Materie und Energie mit der Umwelt austauschen. Sie sind ebenfalls aus Atomen zusammengesetzt, die ursprünglich aus ihrer Umgebung stammen, wobei diese Atome einen niedrigeren Entropiegrad aufweisen, als die gleichen Atome in ihrem ursprünglichen Umfeld. Im Gegensatz zu den Autotrophen allerdings wandeln heterotrophe Organismen, unter Lichteinwirkung, Verbindungen niedrigeren Entropiegrades in Verbindungen hoher Entropie um, die dann an die Umwelt zurückgegeben werden. Dieser Vorgang - allein für sich genommen - ist dazu geeignet die Entropie der Erdoberfläche zu vergrößern. Wie auch immer, berücksichtigt man den nahezu stationären Zustand<sup>6</sup> des Kreislaufs der Verbindungen in der Ökosphäre, kommt man zum Schluß, daß Heterotrophe offenbar, über die Jahrhunderte hinweg, zur Verringerung der Entropie auf der Erdoberfläche beitragen.

### ***Eine ökophysikalische Definition des Begriffs „Leben“***

In Anbetracht der bisher angestellten Überlegungen (Beobachtungen), wird hier die folgende ökophysikalische Definition von *Leben* vorgeschlagen: *Leben* wird als Eigenschaft eines thermodynamischen Systems (definiert) angenommen, das

1. offen ist, indem es Energie und/oder Materie mit der Umwelt austauscht,
2. aus Atomen besteht, deren Entropie im jew. therm. System niedriger ist als die Entropie der gleichen Atome im ursprünglichen Umfeld, und
3. einen Teil des allgegenwärtigen, langzeitigen, ganze geologische Epochen umfassenden Vorgangs der Entropieverringering in der Ökosphäre darstellt.

Diese ökophysikalische Definition von *Leben* ist zunächst als deskriptiver Leitfaden anzusehen; sie kann nicht als völlig zufriedenstellend gelten. Es kann, zum Beispiel, oft schwer zu entscheiden sein, ob ein gegebenes System in der allgemeinen Entropiebilanz (Gleichgewicht) der Ökosphäre tatsächlich eine Rolle spielt. Zum anderen läßt sie offen, wie niedrig die Entropie des inneren Zustands eines Systems genau sein muß, um dieses (schon) als lebend bezeichnen zu können. Aufgrund der mit Hilfe des Elektronenmikroskops entdeckten kristallförmigen Anordnung der Moleküle in Mollusken (Kleinstlebewesen), wird hier angenommen, daß *Leben* eine Eigenschaft physikalischer Systeme ist, die sich im Wesentlichen in festem Zustand befinden oder diesem sehr nahekommen.

### ***Der alltägliche Gebrauch des Begriffs Leben und die ökophysikalische Definition***

Eine einzelne Definition von *Leben*, die alle Möglichkeiten abdeckt, in denen dieses Wort normal verwendet wird, ist offensichtlich unmöglich. Die Wahl einer adäquaten Definition wird im Übrigen noch von der starken emotionalen Aura, die dieses Wort umgibt, erschwert. Viele Bedeutungen dieses Worts beziehen sich auf inneres, persönliches oder geistiges *Leben*, das hier für unsere Zwecke nicht herangezogen zu werden braucht.

Im alltäglichen Gebrauch wird das Wort *Leben* in einem anthropomorphen Sinn verwendet. Ein Stein ist nicht lebendig, da er sich nicht bewegt oder wächst, und nichts zu tun scheint. Pflanzen geltend als lebend, weil sie, wie der Mensch, wachsen, und weil man sie töten kann,

---

<sup>6</sup> steady state theory: die Theorie vom stationären Kosmos

wie Menschen auch. Tiere, die sich bewegen, sind „mehr“ lebend als Pflanzen, die sich nicht bewegen. Wirbeltiere sind „mehr“ lebend als Mollusken. Ein intelligenter Schimpanse ist „mehr“ lebend als ein „unintelligenter“ tumber Barsch, usw.

Der alltägliche Begriff des Lebens gründet auf makroskopischen Beobachtungen des Verhaltens makroskopischer Objekte. Der alltägliche Begriff des Lebens kommt *ohne* das Wissen um die Existenz von Zellen und chemisches Fachwissen aus. In dieser Hinsicht ist der ökophysikalische Begriff des Lebens kompatibel mit dem alltäglichen Gebrauch dieses Wortes, insofern er sich in der Hauptsache darauf bezieht, *was ein System tut* und nicht auf die Besonderheiten seiner jeweiligen inneren Struktur oder Chemie.

Um dies noch klarer zu machen, seien hier zwei hypothetische Beispiele angeführt. Zum ersten: Nehmen wir an, ein kluger Kopf hätte es zuwege gebracht, Roboter aus Stahl, Messing, Plastik, usw., zu bauen, die sich wie Menschen bewegten, wie diese zu handeln und denken imstande wären. Solange man sie nicht auseinandernähme, würde man keine Unterschiede zum Menschen bemerken können. Solche Roboter, die man nicht von Menschen unterscheiden könnte, würden als Menschen angesehen und folglich als lebende Wesen (=Lebewesen) gelten. Der alltägliche Begriff von *Leben*, wie auch seine ökophysikalische Definition, bezieht sich auf das dynamische Verhalten eines Objekts und nicht auf seine besondere innere Struktur und Chemie.

Ein weiteres Beispiel: Ein Weltraumfahrer landet auf dem Mars und wird, nach Verlassen des Raumschiffs, sofort von einem siebenarmigen, purpurnen Marswesen angegriffen. Um sich selbst zu schützen, tötet der Raumfahrer den Marsianer mit seiner Laserpistole. Allein das Verhalten des Objekts wies dieses als lebend aus, sowohl im alltäglichen wie auch im ökophysikalischen Sinn des Wortes, ganz absehend von der Beschaffenheit seiner inneren Struktur.

Es ist nicht bloß eine Verirrung der menschlichen Sprache, wenn eine Telefonleitung, die nicht funktioniert, als *tot* bezeichnet wird, von einem *Abwürgen* oder *Absterben* des Motors gesprochen wird, von einer zum *Leben* erweckten Maschine. Das sind, in der Tat, akkurate Anwendungen des alltäglichen Begriffs von *Leben*, die gleichzeitig im ökophysikalischen Sinn richtig sind.

Die vorliegende Definition von *Leben* kommt der wahren Bedeutung dessen, was allgemein unter *Leben* verstanden wird, näher, als jede andere bisher vorgeschlagene wissenschaftliche Definition.

### ***Einige enger gefaßte wissenschaftliche Definitionen des Lebens***

Beim Versuch, eine wissenschaftliche Definition von *Leben* zu finden, wurden immer wieder einige einschlägige Merkmale vorgeschlagen. Im folgenden eine Teilliste von Merkmalen, die häufig vorgeschlagen worden sind:

1. ***Kohlenstoff-Chemie***: Der Ausdruck *Organische Chemie* entstand vor gut zweihundert Jahren aufgrund des ursprünglichen Glaubens, daß allein sie mit dem Phänomen *Leben* in Verbindung stünde. Heute wird sie einfach mit dem allgemeineren Begriff Kohlenstoff-Chemie bezeichnet.

Es gibt jedoch immer noch den weit verbreiteten Glauben, daß *Leben* notwendigerweise auf Kohlenstoff-Chemie basieren müsse. Entsprechend diesem Glauben wäre dies das definierende Merkmal für *Leben*.



**2. Fortpflanzung:** Viele Biologen (e.g. Fox, 1971) bevorzugen als definierendes Kriterium für *Leben* die Fähigkeit zur Fortpflanzung (Selbst-Reproduktion). Für Genetiker ist das *Leben* ein sich selbst reproduzierendes System, das in sich selbst die für die eigene Fortpflanzung notwendige Information trägt. Während Kristalle normalerweise durch Selbst-Reproduktion wachsen, und daher nach dieser Definition als *lebend* gelten würden, dürfte diese Definition offenbar die Möglichkeit ausschließen, Maschinen *Leben* zuzusprechen.

**3. Tod:** Es wird häufig angenommen, daß, abgesehen von Keimzellen oder Samen, jeder Organismus schließlich sterben müsse, um der Reproduktion und Evolution Raum zu geben.

**4. Genetischer Code:** Daß Lebewesen Träger von Information sind und diese an zukünftige Generationen weitergeben, wodurch sie deren Beschaffenheit bestimmen, wird häufig als einzigartiger Aspekt des Lebens betrachtet. Als definierendes Merkmal von *Leben* wird hier die Existenz eines genetischen Codes angenommen, der Selbst-Reproduktion ermöglicht.

**5. Fähigkeit zur Evolution:** Die Fähigkeit einer bestimmten Linie einer Spezies, sich weiterzuentwickeln, wird häufig als definierende Eigenschaft von *Leben* erachtet. Es wird angenommen, daß zufällige Änderungen im genetischen Code zufällige Änderungen im Charakter individueller Organismen bewirken. Es wird angenommen, daß in der Folge durch natürliche Selektion nur jene Individuen mit dem höchsten Überlebenspotential zum Zuge kommen.

**6. Proteine und Aminosäuren<sup>7</sup>:** Da Proteine und Aminosäuren die wesentlichen Bausteine des auf Kohlenstoff basierenden Lebens sind, wird manchmal vorgeschlagen, die Anwesenheit von Proteinen und Aminosäuren als Entscheidungshilfe bei der Unterscheidung des Lebenden vom Nicht-Lebenden anzusehen. (e.g. Schwartz, 1971).

**7. Optische Aktivität:** Da gewöhnlich die in lebenden, auf Kohlenstoffchemie basierenden Organismen gefundenen Proteine eine besondere spiralförmige (helikale) Symmetrie besitzen, ist vorgeschlagen worden (Stryer, 1966), bei der Suche nach außerirdischem *Leben* nach optisch aktiven Proteinen Ausschau zu halten.

**8. DNS:** Da es scheint, daß der genetische Code des auf Kohlenstoffchemie basierenden Lebens von DNS-Molekülen dargestellt wird, wurde vorgeschlagen, die DNS als grundlegendes Wesensmerkmal des Lebens anzusehen.

**9. Metabolismus:** Es ist herrschende Auffassung, daß in die Definition von *Leben* die *dynamische* Natur des Lebens Einlaß finden sollte. Die Nutzung (Zufuhr) von Energie und Nahrung zum Aufbau von Strukturen und zur Aufrechterhaltung verschiedener (Lebens-) Prozesse wurde oft als einer der wesentlichen Aspekte des Lebens angesehen.

**10. Enzyme<sup>8</sup>:** Gelegentlich wurde die Ansicht ausgesprochen, daß der grundlegende Lebensprozeß in der Hauptsache ein enzymatischer Prozeß sei.

**11. Zellen und Membranen:** Seit der anfänglichen Entdeckung der zellularen Natur des größten Teils des auf Kohlenstoff basierenden Lebens, wurde allgemein angenommen, daß *Lebe-*

---

<sup>7</sup> Carbonsäuren, in denen an Kohlenstoff gebundener Wasserstoff durch die Aminogruppe (-NH<sub>2</sub>) ersetzt ist. Die Aminosäuren haben durch die saure Carboxylgruppe (-COOH) und die basische Aminogruppe amphoteren Charakter, d.h., die A. erscheinen je nach dem pH-Wert des Mediums, in dem die A. gelöst sind, sauer, neutral oder basisch; die A. bilden Zwitterionen. A. sind die Bausteine der Eiweißstoffe (Polipeptide)). Die A. sind in Enzymen und auch in Giften enthalten. Die essentiellen A. müssen dem tierischen Organismus wie auch dem Menschen mit der Nahrung zugeführt werden, weil sie im Körper nicht aufgebaut werden können.

<sup>8</sup> große Gruppe hochmolekularer organ. Katalysatoren, Proteine, die von lebenden Zellen gebildet und dann auch ohne sie wirksam sein können. Die E. erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit chem. Prozesse, indem sie die Aktivierungsenergie beeinflussen. Die E. sind von größter Bedeutung beim Ablauf von biochem. Reaktionen im menschl., tierischen und pflanzl. Organismus.

wesen aus Zellen bestehen müssen. Insbesondere wird angenommen, daß die hoch-selektiven Funktionen der Membranen für *Leben* unabdingbar seien (Oparin, 1971).

**12. Reaktion auf Stimuli:** Häufig wird angenommen, daß eine hervorragende Eigenschaft des Lebens seine Fähigkeit sei, auf Reize zu antworten. Es wird allgemein angenommen, daß der Respons die Überlebenschancen des Organismus vergrößere. Während jedes physikalische System auf fast jeden Stimulus auf irgendeine Weise antworten wird, wird die Reaktion des nicht-lebenden Systems auf Stimuli im allgemeinen, verglichen mit der eines lebenden, verhältnismäßig gering ausfallen.

Alle diese Merkmale sind mit der eingangs vorgeschlagenen, allgemeinen ökophysikalischen Definition kompatibel. Die ökophysikalische Definition stellt also eine sehr weite Definition dar, während die in der obigen Liste aufgezählten Punkte zu engeren Definitionen von *Leben* führen. Während einige dieser engeren Definitionen in manchen begrenzten Feldern der Forschung von Wert sein dürften - wie z. B. in der Genetik, der Physiologie des auf Kohlenstoff basierenden Lebens sowie der Evolution des letzteren-, braucht man beim Studium der Ökophysik - dem Studium physikalischer Systeme von niedriger innerer Entropie, die eine aktive Rolle in der Ökosphäre spielen - keine solchen restriktiven Merkmale zu berücksichtigen (ausgenommen möglicherweise 3, 9 und 12 in der obigen Aufzählung).

### ***Der Nutzen der ökophysikalischen Definition des Lebens***

Die thermodynamischen Gesetze gehören zu den allgemeinsten, grundlegendsten und fruchtbarsten wissenschaftlichen Gesetzen. Sie sind gleichermaßen auf einfache wie auch komplexe Systeme anwendbar. Die vorliegende Definition von *Leben*, die auf diesen Grundprinzipien basiert, ist so weit gefaßt wie möglich und dürfte sich als wissenschaftlich fruchtbar erweisen.

Die Beziehung von *Leben* zu seinem Umfeld ist vor allem eine thermodynamische Beziehung. Daher dürfte sich für das Studium der Ökologie eine Definition von *Leben*, die auf der thermodynamischen Rolle basiert, die das *Leben* für seine Umwelt spielt, als sehr produktiv erweisen.

Die hier vorgeschlagene Definition von *Leben* ist ausreichend allgemein gehalten, um die Möglichkeit *aktuell (effectiv) existierender, extrem fremder Lebensformen* aufzuzeigen. Was auch immer die morphologischen oder chemischen Züge solch fremder Lebensform wären, sie würde stets noch von den gleichen thermodynamischen Gesetzen beherrscht, die das *Leben* hier auf Erden regieren. Zum Beispiel muß ein Roboter die gleichen thermodynamischen Bedürfnisse und das gleiche thermodynamische Verhalten aufweisen, wie gewöhnliches auf Kohlenstoffchemie basierendes *Leben*.

Die thermodynamische Definition betont das dynamische Verhalten lebender Systeme. Es zeigt, was ein lebendes System wahrscheinlich tun wird und wie es sich wahrscheinlich verhalten wird, ohne die Einzelheiten seiner inneren Struktur in Betracht zu ziehen. Die thermodynamischen Bedürfnisse des Menschen und aller anderen Lebensformen sind grundsätzlich die gleichen. Wo immer der Mensch auch hinkommen wird und was auch immer für fremden Lebensformen er begegnen wird - das thermodynamische Verhalten von Lebendem wird im Grunde stets voraussagbar sein.

Die Wahrscheinlichkeit, in einem bestimmten Umfeld *Leben* zu finden, hängt von den thermodynamischen Eigenschaften dieser Umwelt ab. Das *Leben* kann sich, vor allem, nur in einem Umfeld entwickeln, das ständig die Entropie des Universums nach der Zeit (um den Faktor Zeit) vergrößert (wie im nächsten Kapitel detaillierter besprochen wird).

Die vorgeschlagene Definition zeigt, daß die Entropie von Verbindungen, die aus einem ursprünglichen Umfeld stammen, reduziert werden muß, bevor diese in ein lebendes System eingegliedert werden können. Folglich muß Energie von einem Zustand hohen Nutzens in einen Zustand niederen Nutzens übergeführt werden. Mit anderen Worten, die Definition zeigt, daß *Leben* zu seiner Existenz einen Nachschub (Zufuhr) an Energie benötigt.

Die thermodynamische Rolle von Maschinen in der Ökosphäre gewinnt zunehmend an Bedeutung. Als Beispiel sei angemerkt, daß das Verbrennen flüssiger Brennstoffe, an dem die Maschinen zu einem großen Bruchteil beteiligt sind, zu einer 13%-igen Steigerung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre geführt hat, in einem Zeitraum von (nur) 50 Jahren (Sawyer, 1972). Es ist relativ einfach, sich eine zukünftige Technologie vorzustellen, wo alle Funktionen des Menschen durch Maschinen und Roboter übernommen werden. Ein solches System von Maschinen ist kompatibel mit der hier dargelegten Definition von *Leben*. Solches Maschinenleben ist bei seinem Aufbau und seinem Energiebedarf nicht von der Kohlenstoff-Chemie abhängig, da Sonnenenergie und nuklearer Brennstoff ein solches System mit Energie versorgen können.

Da Maschinen in das vorliegende ökophysikalische Konzept des Lebens mit eingeschlossen werden können, ist es möglich, die Koexistenz von Maschinen und Menschen zu studieren, wobei hier Maschinen wie jede andere wettbewerbsfähige Spezies behandelt werden (siehe Kapitel IX für eine weitergehende Diskussion dieses Themas). Jegliche Voraussage über die Zukunft der irdischen Biosphäre wäre völlig unrealistisch, würde man die Maschinen hier nicht mitberücksichtigen - als eine signifikante Form ökophysikalischen Lebens. Sie beanspruchen Raum. Sie verschmutzen die Luft, den Boden, Ströme, Flüsse, Seen, Ozeane mit ihren Absonderungen. Die vorliegende ökophysikalische Definition des Lebens erlaubt eine realistischere Behandlung des Verhältnisses der Maschinen zu allen anderen Lebensformen.

### ***Tod, Reproduktion und Evolution ökophysikalischen Lebens***

Tod, Reproduktion und Evolution sind allgemeine Merkmale ökophysikalischen Lebens. Jeder individuelle Organismus oder lebendes System wird aus dem einen oder anderen Grund zu funktionieren aufhören, dank Unfällen, Verschleiß, oder planmäßiger Substitution wegen Überalterung. Wenn ein individuelles System aufhört zu funktionieren, kann man davon sprechen, daß es stirbt.

Ein lebensfähiges Ökosystem muß dafür sorgen, daß lebende Systeme, die absterben, ersetzt werden. Mit anderen Worten, ökophysikalisches *Leben* muß ganz allgemein für Reproduktion sorgen. Während *Leben*, das auf Kohlenstoffchemie basiert, selbst für seine Fortpflanzung sorgt, sind andere Formen ökophysikalischen Lebens nicht dazu imstande. Viren, z. B., liefern (nur) ihre eigenen Blaupausen (Bauplan) und bringen so ihre Wirtszelle dazu, weitere Virenpartikel zu produzieren. Autos und andere Maschinen werden in Fabriken reproduziert, die die Baupläne für ihre Herstellung besitzen.

Nicht nur kohlenstoff-gebundenes *Leben* hat evolutioniert (während der letzten 4 Milliarden Jahre), auch Maschinenleben hat evolutioniert (während der letzten 4 Tausend Jahre). Der Prozeß der natürlichen Selektion ist der gleiche für beide Lebensformen, wobei die Mechanismen zur Produktion von Devianten für jede dieser Lebensformen völlig verschieden voneinander sind (siehe Kapitel VIII und IX).

### ***Systeme die als lebend angesehen werden, die jedoch ökophysikalisch tot sind.***

Wie offen die ökophysikalische Definition von *Leben* auch ist, es gibt einen Fall, wo ein System, das manchmal als lebend angesehen wird, im ökophysikalischen Sinn tot ist. Eine gefrorene Amöbe, z. B., die weder Materie noch Energie mit ihrer Umwelt austauscht, ist, im Sinne der ökophysikalischen Definition, *nicht-lebend*. Diese gefrorene Amöbe hat jedoch das Potential zu *Leben* (zum *Leben*), da man sie wieder auftauen kann und sie folglich wieder ein offenes thermodynamisches System darstellen wird, das fähig ist, normale Lebensprozesse in Gang zu halten. Ähnlich können manche Sporen für ökophysikalisch tot angesehen werden - für alle praktischen Zwecke.

### ***Komplexität, Ordnung und Leben***

Ab und zu wird die Überzeugung laut, Komplexität sei eine definierende Eigenschaft des Lebens. Z. B. wird manchmal behauptet, *Leben* müsse auf der Kohlenstoff-Chemie basieren, weil nur diese die (für Leben) erforderliche Komplexität bieten würde. Das - allerdings - ist ein Irrtum. Kohlenstoffgebundenes *Leben*, wie ökophysikalisches *Leben* allgemein, sind einfachere Systeme, die aus einer komplexen Umwelt stammen.

Der Irrtum entsteht aus einem Mißverstehen dessen, was komplex und was einfach ist. Um Naturphänomene angemessen zu beschreiben, muß man das Wort *komplex* in seinem strengen, eindeutigen, statistisch-mechanischen Sinn nehmen. Der genaue Zustand eines Systems ist spezifiziert (Ein System gilt als vollständig beschrieben), wenn die Momente und Positionen aller Atome des Systems bekannt sind. Die Komplexität eines Systems könnte dann die Anzahl selbständiger unabhängiger Sätze (Aussagen) sein, die nötig sind, um das System vollständig zu beschreiben. Eine kleine Menge einer reinen Substanz in gasförmigem Zustand ist daher komplex, weil die Position und der Impuls eines jeden Moleküls einzeln spezifiziert werden muß. In diesen Fall sind  $6N_0$  (wobei  $N_0 = 6.02 \times 10^{23}$  Avogadros Zahl ist) Sätze zur vollen Spezifizierung nötig. Ein perfekter Kristall der gleichen Substanz ist andererseits sehr einfach (wenn man von kleineren Schwingungen absieht), weil der genaue Zustand des Kristalls durch die Abmessungen der Gitterräume, die Position des Kristalls und die Ausrichtung des Kristalls spezifiziert werden kann - wofür in diesen Fall nicht mehr als neun bis 24 Sätze nötig sind. Auch die Entropie ist ein Maß für die Komplexität eines Systems: je größer die Entropie, desto größer die Komplexität. Die Ordnung eines Systems könnte durch eine angemessen große Konstante minus die Entropie ausgedrückt werden (oder die Ordnung wird durch die Negentropie gemessen). Daher ist ein Gas komplex, besitzt hohe Entropie und ist nicht geordnet, während ein perfekter Kristall einfach ist, niedrige Entropie besitzt, und geordnet ist. Naiv betrachtet, könnte man geneigt sein, Gas als etwas einfaches anzusehen, da es scheint, als würde man nur drei Parameter benötigen (Temperatur, Druck und Dichte), um seinen Zustand vollständig zu beschreiben. Diese Sicht der Dinge ist - allerdings - ein großer Irrtum (siehe Diskussion in Kapitel I).

Da *Lebendes* aus Atomen niedrigerer Entropie besteht, als in der ursprünglichen Umgebung, ist das *Lebende* einfacher als die Umwelt, aus der es gekommen ist. Eine korrekte, richtige Sicht von *Leben* ist also mit dem Begriff Einfachheit zu verbinden, und nicht mit Komplexität.

### ***Wachsende Kristalle, die einfachste Form ökophysikalischen Lebens***

Ein Salzkristall, das in einer gesättigten Lösung wächst, entspricht den vorliegenden Kriterien des ökophysikalischen Lebens, vorausgesetzt es gibt ein solches in einer Ökosphäre. Ein solcher Kristall ist ein offenes thermodynamisches System, im Prozeß des Austauschs von Materie und Energie. Die Ionen in einer Lösung befinden sich in einem ungeordneten Zustand hoher Entropie. Diese Ionen bilden dann einen Kristall von sehr hoher Ordnung und niedriger

Entropie. Um aufzuzeigen, daß wachsenden Kristallen das Attribut *Leben* durchaus zukommt, seien hier einige Punkte angemerkt:

Elektronenmikroskope enthüllen die Tatsache, daß gewöhnliches *Leben* viele kristalline Eigenschaften aufweist. Bei Organellen<sup>9</sup> stellt man z.B. fest, daß sie ein geordnetes Gefüge komplexer Moleküle aufweisen (e.g. Fischman und Weinbaum, 1967). Das legt die Möglichkeit nahe, daß gewöhnliches, auf Kohlenstoffchemie basierendes *Leben* von Natur aus grundlegend kristallin sei, was der im ersten Drittel unseres Jahrhunderts vorherrschenden Meinung zuwiderläuft, *Leben* sei im Grunde eine Lösung oder Suppe, genannt Protoplasma.

Wachsende Kristalle, wie jede Form ökophysikalischen Lebens, können eine bedeutende Rolle in der Thermodynamik der Erdoberfläche spielen, und können daher in bedeutsame Wechselwirkungen mit den auf Kohlenstoffchemie basierenden, üblicherweise als Lebensformen bezeichneten Organismen treten. Zum Beispiel ist allgemein bekannt, daß die Kristallisation des Wassers eine wichtige Rolle für die Lebensprozesse auf der Erde spielt.

Es ist bedeutsam, daß Kristalle nur in einer Umgebung wachsen können, die den Ablauf Entropie-vermindernder Prozesse gestattet, was ja ganz allgemein für alle Lebensprozesse gilt. Es ist denkbar (und könnte effektiv Aktualität sein), daß wachsende Kristalle und gewöhnliches, kohlenstoffbasierendes *Leben* gleiche Energieformen und gleiche chemische Verbindungen benötigen und nutzen, und daher in Konkurrenz zueinander stehen.

Kristalle aus den verschiedensten Verbindungen haben sich in der Erde als Erze von niedriger Entropie abgelagert. Diese Lagerstätten werden von Mensch und Maschine genutzt. In diesem Zusammenhang können wachsende Kristalle als autotrophe Organismen angesehen werden, deren tote Hüllen als Nahrung für fortgeschrittenere Heterotrophe dienen. Kohle ist eine besonders wichtiges Beispiel für ein solches entropiearmes Erz.

Es scheint, daß die Kristallbildung in der Natur unter gewöhnlichen Umständen nicht spontan erfolgt. Wie bei gewöhnlichen Lebensformen ist hierzu ein Samen, Nukleus, Keim oder Mutter-Kristall vonnöten. Während des Ersten Weltkriegs waren die Amerikaner, zum Beispiel, nicht fähig TNT (Trinitrotoluene) in kristalliner Form zu synthetisieren. Erst nachdem man kristallines TNT aus einer deutschen Blindgänger-Granate in die USA importierte, wurde es möglich, kristallines TNT herzustellen. Heutzutage gibt es jederzeit genügend Keime (Nuklei) in der Luft, um TNT problemlos herzustellen. Während es unter Laborbedingungen möglich ist, Kristalle aus einem Samen von chemisch fremden Material zu züchten (das jedoch gewöhnlich über eine ähnliche Struktur verfügen muß), bereitet es doch Schwierigkeiten und ist oft nicht zu erreichen. Solche Phänomene kommen in der Natur selten vor.

Solare Energie von hohem Nutzwert, in der Form von Wärmeenergie, hat das Potential dafür gebildet, daß auf der Erdoberfläche - seit die Erde, vor vier einhalb Milliarden Jahren, zum ersten Mal zu ihrer jetzigen Form abkühlte - lebensbildende Ordnungsprozesse stattfinden können. Die Spekulation sei erlaubt, daß gerade die wachsenden Kristalle die frühesten Lebensformen darstellten. Frühe Evolution mag durchaus ganz einfach in der kompetitiven Kristallisation (und/oder Polymerisation<sup>10</sup>) von Aminosäuren bestanden haben (Cairns-Smith, 1971).

---

<sup>9</sup> Kleinstlebewesen

<sup>10</sup> Polymerisation: eine chem. Reaktion zur Verknüpfung zahlr. ungesättigter oder auch unbeständiger cycl. Moleküle von niedrigem Molekulargewicht (Monomere) zu fadenförmigen, vernetzten oder verknäulten Makromolekülen, den Polymeren mit sehr hohem Molekulargewicht. Die P. ist eine Kettenreaktion, die durch eine Aktivierung der Monomeren mittels Wärme, Katalysatoren, Radikale, ionisierende Strahlung oder Licht eingeleitet wird.

### ***Die Suche nach einem kontinuierlichen Maß für „Leben“***

Ein jegliches Phänomen, das mit ihm verbundene dichotomische und kontinuierliche Variable aufweist, kann zufriedenstellender verstanden werden, wenn man sich auf die kontinuierlichen Variablen stärker konzentriert als auf die dichotomischen (siehe Kapitel XI für eine weitere Behandlung dieses Punkts). So ist die Dichotomie zwischen Leben und Nicht-Leben (oder Tod) oder zwischen „belebt“ und „unbelebt“ am besten durch eine kontinuierliche Skala dargestellt. So können in der Folge Systeme als „mehr“ oder „weniger“ *lebend* oder „unbelebt“ betrachtet werden. Das Wort, das hier für ein solches kontinuierliches Maß vorgeschlagen wird, ist „lebend“. Genauso gut könnte man Wörter wie „Lebendigkeit“, „Vitalität“, oder „Belebtsein“ wählen. Die dichotomische Betrachtungsweise von *Leben* kann dabei noch dadurch zum Ausdruck gebracht erhalten werden, daß man die kontinuierliche Skala des *Lebenden* in zwei Teile aufbricht, wobei die kleineren Werte (die auch negativ sein können) einen Mangel an *Leben* ausdrücken und die größeren Werte das Vorhandensein von *Leben* anzeigen könnten.

Im Einklang mit der hier gegebenen ökophysikalischen Definition von Leben, sollte die Eigenschaft „Leben“ eine Wechselwirkung des lebenden Systems mit dem übrigen Kosmos voraussetzen. Das setzt wiederum Prozesse voraus, die in der Zeit stattfinden. Insbesondere wird vorausgesetzt, daß Leben ein Prozess ist, der anhält (effektiv abläuft). Wenn der Prozeß zum Stillstand kommt, hört das Leben(de) auf. Insofern die Zeitgrößen des Wechsels der kontinuierlichen Variablen und des Fließens von kontinuierlichen Quantitäten ebenfalls kontinuierlich sind, sollte ein kontinuierliches Maß des Lebenden eine Funktion des Energieflusses, des Materieaustauschs oder ähnlicher solcher quantitativer Größen in und aus dem System sein.

### ***Ein Maß von Leben***

Aus den bisherigen Überlegungen ergibt sich, daß das Leben, vor allem, als die Erhaltung eines inneren Zustands niedriger Entropie oder höherer Ordnung interpretiert wird. Eine solche Auffassung beinhaltet eine von der Zeit unabhängige Eigenschaft oder Größe, den Begriff eines statischen oder stationären Zustands. Die zweite Eigenschaft bringt die Rate oder den Grad, in dem ein System mit dem Rest des Ökosystems verbunden ist, zum Ausdruck. Das Maß für das Lebende L wird dann mit der Formel

$$L = (\text{Stationärer Zustand}) \times (\text{Grad der Anbindung}) \quad (\text{III.1})$$

wiedergegeben. Das Maß des Grads oder des inneren stationären Zustands dürfte als die Differenz zwischen der inneren Entropie  $S_1$  im Vergleich zu einem standardmäßigen hohen Entropiezustand der selben Atome  $S_0$  (zum Beispiel, die Entropie derselben Atome wie sie normalerweise in der Umwelt vorkommen) angenommen werden, sodaß

$$(\text{Stationärer Zustand}) = 1 - S_1/S_0 \quad (\text{III.2})$$

Die Größe der Anbindung Ankoppelung an das Ökosystem kann nicht so einfach dargestellt werden. Für die momentanen Zwecke ist es aber wahrscheinlich ausreichend, den Energiefluß R durch das System pro Einheit Masse M (wobei die Masse des Kohlenstoffs für das auf Kohlenstoffchemie basierende Leben gesetzt wird) des Systems, das mit Ökosystem gekoppelt ist, sodaß

$$(\text{Grad der Koppelung}) = R / M \quad (\text{III.3})$$

Diese Ankoppelungsrate ist im Fall des auf Kohlenstoff basierenden Lebens genau die metabolische Rate.

Aus den Gleichungen III.1, III.2 und III.3 ergibt sich das Maß für das *Lebende durch*

$$L = (1 - S_1/S_0) (R/M) \quad (\text{III.4})$$

Dieses besondere Maß des Lebenden ist, natürlich, willkürlich (arbiträr) und nicht ganz zufriedenstellend; es hat jedoch eine ganze Anzahl von Vorteilen und nützlichen Eigenschaften. Es ersetzt ein allgemeines, qualitatives Konzept durch eine konkrete Definition anhand meßbarer Parameter. Insoweit meßbar, wird L eine wissenschaftliche Anwendung ermöglichen. Es ersetzt eine primitive dichotomische Idee von Leben durch einen kontinuierlichen Begriff (Vorstellung, Auffassung) von *Lebendem*. Nach Wunsch kann man den dichotomischen Begriff des Lebens wiedergewinnen, indem man  $L > 0$  für Leben setzt und  $L \leq 0$ , um das Fehlen von Leben auszudrücken.

### ***Ist die Entropiereduktion ein besonderes oder einmaliges Merkmal von Leben?***

Insofern Leben auf entropiemindernden Prozessen beruht, ergibt sich die Frage, wie das möglich ist und mit dem zweiten Gesetz der Thermodynamik in Einklang zu bringen ist. Dem zweiten Gesetz der Thermodynamik wird Genüge getan, wenn die Entropieminderung durch *Lebendes* geringer ist, als der entsprechende Zuwachs in der Entropie der Umwelt, oder

$$dS (\text{innerhalb des Organismus}) < ds (\text{Umfeld des Organismus}) \quad (\text{III.5})$$

Jedes isolierte System, sich selbst überlassen, wird allein Entropiezunahmen erfahren. Die meisten bekannten, alltäglichen Prozesse gehen mit einer Entropiezunahme einher, ohne irgendwelche merkbaren Entropieminderungen. Die allgemeine Ansicht ist, daß entropiemindernde Prozesse selten sind. So wird die grundlegende thermodynamische Rolle von Leben oft als etwas besonderes oder einmaliges angesehen. Trotzdem ist eine solche Sicht der Dinge unberechtigt, denn das gesamte beobachtbare Universum scheint langsam an Entropie zu verlieren. Jeder Stern, wie auch ein jedes dazugehörige Planetensystem, evolutionieren aus einer interstellaren Gas- und Staubwolke von hoher Entropie entlang einer langen Reihe von Zuständen (Stadien) von fortschreitender Entropieabnahme und immer größer werdenden Ordnung. Das zweite thermodynamische Gesetz wird dabei nicht verletzt, weil jeder Stern seinen Entropieüberschuß in den Raum abstrahlt - in Form von elektromagnetischer Strahlung. Ein wirkliches Paradox (das bis zur Zeit noch nicht zufriedenstellend gelöst ist) ergibt sich nur, wenn man fragt, warum sich kein Gleichgewicht in der Quantität dieser elektromagnetischen Strahlung beobachten läßt (siehe den Anfang von Kapitel VIII für eine detailliertere Diskussion).

Die Sonne nimmt an Entropie ab, wie alle anderen Sterne. Das Sonnensystem und die Erdoberfläche nehmen an Entropie ab. Leben ist Teil dieser allgemeinen Entropieabnahme des beobachtbaren Universums; also macht die Entropieabnahme das *Leben* nicht zu etwas Besonderem oder Einmaligem.