

Evolution und Mensch

Kränkungen, Komplexität und zentrale Steuerung

Luc Saner

1. Einleitung

In den letzten Jahrhunderten haben die Naturwissenschaften Schritt für Schritt ein neues Weltbild entworfen. Dieses Weltbild beruht auf der Annahme einer kosmischen und biologischen Evolution. Wir Menschen sind nach diesem Weltbild Produkt und Bestandteil dieser Evolution.

Die Konsequenzen dieses Weltbildes sind fundamental. Es erlaubt in umfassender Art und Weise, die verschiedensten Fragestellungen neu anzugehen. Dies gilt sowohl für die Natur- als auch für die Geisteswissenschaften. Letztere haben, nicht zuletzt auch aus Unkenntnis, die Bedeutung der Evolutionstheorien noch zu wenig erkannt. Eine Ausnahme stellt unter anderem die evolutionäre Erkenntnistheorie dar (Vollmer / Erkenntnis). Die Basler Gesellschaft Au Bon Sens hat versucht, Konsequenzen aus den Evolutionstheorien für die Staatsleitung (Saner / Staatsleitung) und die Religionen, Rituale und Symbole (Saner / Religionen) zu ziehen.

An dieser Stelle wird in der gebotenen Kürze ein Überblick über die Position des Menschen in der Evolution gegeben. Zu diesem Zweck wird zuerst auf die "Kränkungen" des modernen Menschen durch verschiedene wissenschaftliche Erkenntnisse eingegangen. Anschliessend wird die Erzeugung komplexer Strukturen im Laufe der Evolution beschrieben, um dann auf die herausragende Stellung des Menschen mit seinem höchst komplexen Gehirn aufmerksam zu machen. Danach folgen grundlegende Überlegungen zur Komplexität. Schliesslich wird begründet, warum die zentrale Steuerung der Strukturen und Prozesse durch einen zentralen Bauplan (Desoxyribonukleinsäure: DNS) und durch ein zentrales Nervensystem (Gehirn) entscheidende Merkmale des Lebens und damit auch des Menschen sind und wie diese zentrale Steuerung zur Komplexitätsbildung beiträgt. Zum Schluss wird die Erhaltung und Steigerung der Komplexität postuliert und aufgezeigt, was dies für die Wissenschaften, den Staat und unser Denken bedeutet.

2. Die Kränkungen des modernen Menschen

a) In unserem Kulturkreis herrschte lange Zeit die Auffassung vor, unsere Erde sei der Mittelpunkt des Sonnensystems, ja gar des Universums. Der Mensch wurde als Krone der Schöpfung angesehen, ausgestattet mit einem freien Willen, um den sich alles auf dieser Welt dreht. Die führenden Religionen wie nament-

lich das Christentum begünstigten diese Sicht der Dinge (zur Geschichte der Kosmologie: Kanitscheider, S. 20 ff.; zur Geschichte der Biologie: Wuketits, S. 9 ff.; zur Geschichte der Willensfreiheit: Stratenwerth, S. 225 ff.; zum Christentum: von Glasenapp, S. 293 ff.).

Durch die Fortschritte insbesondere der Naturwissenschaften wurde dieses Weltbild Stück für Stück demontiert. So wurde offenbar, dass die Erde keineswegs im Zentrum des Universums, ja nicht einmal des Sonnensystems steht. Wir Menschen wurden in eine auf Mutation und Selektion beruhenden Evolution eingereiht, die weitere unzählige Lebewesen hervorgebracht hat. Und unser Unterbewusstsein scheint unsere Entscheide zu steuern. Sigmund Freud sprach in diesem Zusammenhang von den "Kränkungen" des modernen Menschen. Er bezog sich dabei auf die erwähnte kosmische, biologische und psychoanalytische "Kränkung". Weitere kommen dazu. Welche "Kränkungen" wer, wann und wie formulierte, lässt sich nicht genau feststellen (Vollmer / Kränkung). Jedenfalls zeigt sich heute folgende Situation:

b) Die Erde kreist um unsere Sonne, einen von rund 200 Milliarden Sternen unserer Galaxie, der Milchstrasse. In jüngster Zeit schätzten Experten aufgrund von Aufnahmen des Hubbleteleskops die Zahl der Galaxien im Universum auf 125 Milliarden. Dazu kommt eine möglicherweise bedeutendere Einsicht aus jüngster Zeit. Verschiedene Beobachtungen deuten nämlich darauf hin, dass es nicht die bisher bekannte Materie ist, die unser Universum dominiert, sondern eine unbekannte Form von "dunkler" Energie, die mehr als 70% zur Energiedichte des Universums beiträgt. Lediglich die restlichen 30% des Universums bestehen aus Materie. Von diesen restlichen 30% aus Materie besteht möglicherweise nur ein Fünftel aus Materie, die aus gewöhnlichen Atomen zusammengesetzt ist. Der dominierende Anteil der Materie im Universum ist unsichtbar und wie die "dunkle" Energie von unbekannter Natur. Im Resultat könnten 95% des Universums aus heute noch unbekanntem Erscheinungen bestehen (Speicher / Physik sowie Börner, S. 49f. und 56 ff.).

Angesichts dieser gewaltigen Dimensionen des beobachteten Universums und des grossen Anteils an unbekannter Energie und Materie zeichnet sich die Erde bei dieser Sicht der Dinge keineswegs vor anderen Erscheinungen im Universum aus.

c) Auf unserem Planeten entstand vor rund vier Milliarden Jahren aus noch im einzelnen ungeklärten Umständen Leben (vgl. Reichholf / Impuls, S. 200 ff.). Dieses Leben entwickelte sich aus einem Wechselspiel von Mutation und Selektion. Wir Menschen gliedern uns ohne weiteres in diese Evolution ein; in der heutigen Form als Subspezies homo sapiens sapiens existieren wir erst seit gut 100'000 Jahren (Bräuer, S. 46). Dass wir als Spezies langfristig überleben, ist höchst unwahrscheinlich.

So gesehen, sind wir ein vorübergehendes, eher nebensächliches Produkt der biologischen Evolution.

d) Unser Gehirn wird massgeblich durch Gehirnteile gesteuert, die unserem Bewusstsein nicht zugänglich sind. Dieses Postulat von Sigmund Freud wurde durch jüngste Experimente bestätigt (Roth / Fühlen, S. 435 ff.). Offenbar hat das sogenannte limbische System, das unsere Gefühle steuert, die Kontrolle über unsere Entscheide, nicht aber die Grosshirnrinde, die unseren Verstand und unsere Vernunft steuern. Im Resultat fällen wir diejenigen Entscheide, die unsere Gefühlslage optimieren, nicht aber diejenigen, die uns unser Verstand und unsere Vernunft gebieten würden (Roth / Gehirn, S. 164 f.).

Zudem ist unsere Vorstellungskraft offenbar nur für den sogenannten Mesokosmos der Evolution selektioniert. Dies bedeutet unter anderem, dass wir nur für mittlere räumliche und zeitliche Dimensionen Anschauungen haben, nicht aber für sehr kleine und sehr grosse Dimensionen, auch nicht für hohe Geschwindigkeiten. So fehlt uns die Vorstellungskraft für die Theorien, die gegenwärtig unsere Welt am besten beschreiben, nämlich die allgemeine und spezielle Relativitätstheorie und die Quantenmechanik: Wir haben keine Anschauungen für die von der allgemeinen Relativitätstheorie postulierte Krümmung des Raumes durch die Gravitation. Es fehlt uns die Anschauung für das Postulat der speziellen Relativitätstheorie, wonach Zeit nicht etwas Absolutes ist. Weiter fehlen uns die Anschauungen für zentrale Postulate der Quantenmechanik, so für den Umstand, dass sich kleinste Erscheinungen wie Teilchen, aber auch wie Wellen verhalten (Vollmer / Erkenntnis, S. 13f. und 118 ff.).

Schliesslich ist unser Gehirn für den Umgang mit komplexen Situationen nicht optimal selektioniert. Die geringe Zahl der Informationen, die wir gleichzeitig verarbeiten können, und die vergleichsweise geringe Aufnahmefähigkeit unseres Gedächtnisses erschweren das Denken in komplexen Situationen. Dazu kommt die Tendenz, unzulässige Abkürzungen und Unterlassungen beim Denken vorzunehmen, um nicht die eigene Kompetenz in Frage stellen zu müssen. Gefährlich für das Denken in komplexen Situationen kann unsere Neigung sein, die Aufmerksamkeit auf die gerade aktuellen Probleme zu lenken und Lösungen mit einem Schritt anzustreben (Dörner, S. 295). Und schliesslich ist Denken generell anstrengend, besonders in komplexen Situationen und ganz besonders, wenn dabei Neues, Unbekanntes zu durchdenken ist. Viele vermeiden deshalb das Durchdenken von komplexen Situationen.

So gesehen ergibt sich, dass wir von unserem Unterbewusstsein gesteuert werden und mit begrenzter Intelligenz ausgerüstet sind.

e) Bei dieser Sicht der Dinge könnte man zur Auffassung gelangen, dass wir auf einem unbedeutenden Planeten leben und nur ein vorübergehendes, eher nebensächliches Produkt der biologischen Evolution sind, gesteuert von unserem Unterbewusstsein und ausgestattet mit begrenzter Intelligenz. Ist diese Sicht der Dinge aber richtig? Es gibt gute Gründe, dass wir mit der dargelegten Beurteilung falsch liegen könnten.

Diese Möglichkeit aufzuzeigen, ist der Sinn dieser Schrift. Dabei dient ein naturwissenschaftliches Weltbild als Grundlage, das auf der kosmischen und biologischen Evolution beruht. Die Wahl dieses Weltbildes lässt sich mit verschiede-

nen Überlegungen begründen. So werden die einschlägigen Theorien durch Experimente falsifiziert und haben sich in unzähligen Anwendungen bewährt. Zudem entsprechen sie dem neuesten Stand der Wissenschaften und werden laufend aktualisiert. Es besteht ein steter Wettbewerb um die besten Ideen, an der eine Vielzahl international tätiger Wissenschaftler beteiligt sind. Auswahl und Wissen der entsprechenden Wissenschaftler weisen darauf hin, dass sie die "Verständigsten" sind. Schliesslich lässt sich trotz vielen Lücken ein überzeugender Zusammenhang der Theorien aufzeigen, nämlich die Idee einer umfassenden Evolution, die ein holistisches Weltbild ermöglicht. Allerdings erlaubt auch dieses Weltbild keine Letzterklärungen.

3. Evolution und Komplexität

a) Die Evolution begann nach den herrschenden naturwissenschaftlichen Lehren vor rund 14 Milliarden Jahren mit dem sogenannten Urknall (Speicher / Weltbild; vgl. die Darstellung alternativer Theorien, insbesondere der Steady-State-Theorie, durch Kanitscheider, S. 336ff.). Offen bleibt nach dieser Lehre die Situation vor dem Urknall, offen bleibt die Frage nach einer Schöpfung und "Gott", offen bleibt die Frage, ob es sich um das einzige Universum handelt (Tegmark). Ein grundlegendes Merkmal dieser Evolution ist aber die Herausbildung komplexer aus einfachen Strukturen (Unsöld, S. 7).

Was genau Komplexität ist, ist nicht einfach zu definieren. Der Physiker Murray Gell-Mann hat Komplexität durch die Menge an Informationen definiert, die zur Beschreibung der Regelmässigkeiten und der Unregelmässigkeiten eines Systems nötig ist. Dabei ist diese Komplexität davon abhängig, mit welcher "Sprache" und bis auf welche Gliederungstiefe das System beschrieben wird (Gell-Mann, S. 508 ff.). Zudem ist der Anteil der unregelmässigen Merkmale des Systems festzustellen. Ist dieser Anteil entweder sehr klein oder sehr gross, verringert dies die Gesamtkomplexität deutlich. Der nach Gell-Mann interessante Bereich der Komplexität ist also zwischen Ordnung und Unordnung angesiedelt (Gell-Mann, S. 509 ff.). Allerdings dürften die Einzelheiten der Definition von Komplexität noch klärungsbedürftig sein.

Der heutige Zustand der Evolution ist aber ohne Zweifel ausserordentlich komplex; dabei zeigt die Geschichte der Evolution, dass die komplexen Strukturen aus den einfachen Strukturen entstanden und zusammengesetzt sind. Beginnend mit den einfachsten und aufsteigend zu den komplexesten uns bekannten Strukturen soll im folgenden ein Überblick über den heutigen Stand der Kenntnisse gegeben werden, der sich allerdings in vielem auf vereinfacht dargestellte Beispiele beschränken muss und nur die Regelmässigkeiten der Strukturen beschreibt. Komplexitätsforschung ist im übrigen ein eigenes Forschungsgebiet, dem sich unter anderem ein EU-Impulsprogramm widmet (www.complexityscience.org und www.cordis.lu/ist/fetco-0.htm).

b) Heute beruht die Physik auf dem sogenannten Standardmodell. Dieses beschreibt die einfachsten uns bekannten Strukturen, eingeteilt in Materieteilchen

und in Kräfte. Auf diesen Strukturen beruhen die weiteren Strukturen unseres Universums. Doch sind noch viele Fragen rund um das Standardmodell offen. So ist offen, inwieweit das Standardmodell auch die erwähnte dunkle Materie und Energie beschreiben kann. Zudem muss das Standardmodell bereits unter Berücksichtigung der bekannten Physik als vorläufig bezeichnet werden. So existiert bis heute keine umfassende Theorie der Gravitation. Schliesslich ist offen, ob die nach dem Standardmodell postulierten Materieteilchen tatsächlich elementar sind. Die folgenden modifizierten Übersichten von Lederman / Schramm, S. 120 und 124, stellen den heutigen Stand der Kenntnisse dar:

Teilchen (Fermionen)

Leptonen		Quarks	
Name	Ruhemasse (MeV/c ²)	Name	Ruhemasse (MeV/c ²)
Elektron-Neutrino	etwa 0	up	etwa 5
Elektron	0.511	down	etwa 7
Müon-Neutrino	etwa 0	charm	1'500
Müon	105,7	strange	etwa 150
Tau-Neutrino	weniger als 35	top / truth	> 41'000
Tau	1'784	bottom / beauty	etwa 5'000

Kräfte (Bosonen)

Name	Kraft	Stärke im Abstand 10 ⁻¹³ Zentimeter im Vergleich zur starken Kraft	Reichweite	Ruhemasse (GeV/c ²)	Bemerkungen
Graviton	Gravitation	10 ⁻³⁸	unendlich	0	vermutet
Photon	Elektromagnetismus	10 ⁻²	unendlich	0	direkt beobachtet
intermediäre Bosonen	schwache Kraft	10 ⁻¹³	weniger als 10 ⁻¹⁶ Zentimeter	81	direkt beobachtet
W ⁺				81	direkt beobachtet
W ⁻				81	direkt beobachtet
Z ⁰				93	direkt beobachtet
Gluonen	starke Kraft	1	etwa 10 ⁻¹³ Zentimeter	0	eingeschlossen, indirekt beobachtet

(MeV = Millionen Elektronenvolt; GeV = Milliarden Elektronenvolt; c = Lichtgeschwindigkeit; vgl. Lederman / Schramm, S. 65 ff.)

Aus diesen grundlegenden Strukturen bestehen nun komplexere Erscheinungen. Heute sind dies vor allem die Atome, auch Elemente genannt, die im sogenannten Periodensystem systematisiert sind. Ein Atom besteht aus einem Atomkern und aus den diesen Kern umkreisenden Elektronen. Die Elektronen werden von Photonen an den Kern gebunden (Lederman / Schramm, S. 25 und 75). Der Atomkern besteht aus einem oder mehreren Protonen beziehungsweise Neutronen. Protonen bestehen aus zwei up-Quarks und einem down-Quark, Neutronen aus einem up-Quark und zwei down-Quarks, jeweils in unterschiedlichen sogenannten "Farben". Gluonen halten diese Quarks zusammen. Die intermediären Bosonen schliesslich sind für den spontanen Zerfall der Teilchen verantwortlich (Lederman / Schramm, S. 80).

Grosse komplexere Strukturen wie Sterne bestehen aus Atomen. Dabei handelt es sich vor allem um einfache Atome wie Wasserstoff und Helium; im Zuge der Sternentwicklung treten auch vermehrt komplexere Atome wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Neon, Silizium und Eisen auf (Lederman / Schramm, S. 91 ff.). Galaxien und damit Galaxienhaufen bestehen aus Sternen und je nachdem auch aus Staub und vor allem aus Gas, ohne hier auf Sonderformen wie schwarze Löcher eingehen zu können (Lederman / Schramm, S. 27 f.; Luminet, S. 378 f.). Im Gas und im Staub zwischen den Galaxien finden sich vermehrt Strukturen wie einfache Moleküle (JRO-Atlas, S. 425). Moleküle sind aus Atomen zusammengesetzte Strukturen. Planeten wie unsere Erde, kleine Himmelskörper, die Sterne umkreisen, können noch wesentlich komplexere Strukturen ermöglichen.

c) Dies beweist ein Blick auf die biologische Evolution auf unserer Erde mit ihren biologischen Strukturen. Biologische Strukturen haben ihren Ursprung auf der Ebene der Moleküle. Das Hämoglobin unseres Blutes ist ein typisches Proteinmolekül. Dieses Proteinmolekül besteht aus kleineren Molekülen, den Aminosäuren, von denen jede ungefähr zwei Dutzend in einem bestimmten Muster angeordnete Atome enthält. Das Hämoglobinmolekül besteht aus 574 Aminosäuremolekülen. Diese bilden eine dreidimensionale Struktur von verwirrender Komplexität. Im menschlichen Körper befinden sich mehr als 6 Trillionen (10^{18}) derartiger Hämoglobinmoleküle (Dawkins, S. 41 f.).

Wesentlich komplexer als das Hämoglobinmolekül ist eine Zelle, die strukturelle Organisationseinheit der Lebewesen (vgl. Fischer, S. 219). So ist das Hämoglobin nur ein Teil der sogenannten Blutzellen.

Noch einmal wesentlich komplexer ist ein ganzes Lebewesen wie ein Mensch. Ein Mensch besitzt je nach Körpergrösse, ohne Berücksichtigung der Blutzellen, zwischen 10 - 100 Billionen (10^{13} - 10^{14}) Zellen (Atlas zur Biologie I, S. 9). Neben freien Zellen fügen sich die Zellen zu Geweben wie Muskel-, Nerven-, Binde- und Stützgeweben (Atlas zur Biologie I, S. 66). Verschiedene Gewebe verbinden sich schliesslich zu Organen, so beim Menschen zum Herzen oder zum Gehirn. Unser Gehirn ist unser komplexestes Organ.

4. Mensch und Komplexität

a) Im uns bekannten Universum sind ähnlich komplexe Strukturen wie unser Gehirn nur auf unserer Erde nachzuweisen. Unser Gehirn besteht aus verschiedenen Teilen mit verschiedenen Funktionen. Es besitzt etwa 100 Milliarden Nervenzellen mit je rund 10'000 Eingabestellen, die von anderen Nervenzellen kommen und verschiedene Reize unterschiedlicher Stärke weitergeben können (Baars, S. 65 ff. und 23; Atlas zur Biologie II, S. 365). Diese Komplexität führt dazu, dass die Leistungen unseres Gehirns aussergewöhnlich sind. So sind wir in der Lage, ein hohes Mass an Informationen zu sammeln, zu speichern, zu verarbeiten und weiterzugeben. Dies ermöglicht uns insbesondere unsere Fähigkeit zu innerer und äusserer Sprache. Durch die Erfindung der Schrift und durch den weltweiten Datenaustausch haben wir in jüngster Zeit diese Fähigkeiten weiter ausgebaut. Auf dieser Grundlage ist bei uns Menschen die Fähigkeit zur Entwicklung und Verfolgung langfristiger Ziele besonders ausgeprägt (Roth / Gehirn, S. 60 ff.).

Allerdings sind auch die Gehirne von anderen Lebewesen ausserordentlich komplex. So besitzen Elefanten eine ähnliche Dichte an Nervenzellen im Grosshirn wie wir, nur ist ihr Grosshirn wesentlich grösser als unseres (Roth / Gehirn, S. 62). Trotzdem haben die Elefanten weder unser Sprachvermögen noch unsere Fähigkeit zur Entwicklung und Verfolgung langfristiger Ziele. Dazu ist es offenbar nötig, Komplexität im Hinblick auf wichtige Eigenschaften wie Informationsaustausch und Ziele bündeln zu können. Evolutionär kleine Unterschiede im Körperbau, insbesondere im Gehirn, können grosse Wirkungen auslösen.

b) Bisherige, allerdings bescheidene Versuche, ausserirdische Intelligenz ausfindig zu machen, sind bis heute erfolglos geblieben. Kürzlich kam eine Analyse gar zum Schluss, dass komplexes Leben im Universum selten sein könnte (Ward / Brownlee). Für die Entstehung von komplexem Leben war es aufgrund dieser Analyse wichtig, dass die Erde nicht zu stark aus dem Weltall bestrahlt oder mit Himmelskörpern bombardiert wurde. Es war zudem wichtig, dass auf der Erde selbst Bedingungen herrschten, die komplexes Leben begünstigen. Dazu zählt insbesondere eine über Milliarden Jahre konstante und für komplexes Leben ideale Temperatur, die Wasser flüssig hält, gleichzeitig aber auch das Vorhandensein von genügend Landflächen. Schliesslich sind entsprechende Atome und Moleküle nötig, die nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen entstehen. Die Analyse der Voraussetzungen für diese Bedingungen zeigt, dass derartige Verhältnisse im Universum selten sein dürften. Obwohl all diese Überlegungen nur vorläufigen Charakter haben, sind sie doch bemerkenswert. So ist es möglich, dass im Universum intelligente Lebewesen wie wir sehr selten sein könnten.

c) Im Resultat ist es denkbar, dass wir Menschen mit unserem komplexen Gehirn und dessen Fähigkeiten eine höchst seltene Erscheinung im Universum sein könnten. Hat die Evolution die Herausbildung komplexer Strukturen zum Ziel, sind wir bei dieser Sicht der Dinge ein herausragendes Produkt der Evolution. Die beschriebenen Kränkungen verlieren so gesehen an Bedeutung.

5. Grundlagen der Komplexität

a) Die Herausbildung komplexer Strukturen in unserem Universum bedarf nach der hier vertretenen Idee irgendeines ursprünglichen Unterschiedes. Wie dieser Unterschied entstanden ist und wie er sich beschreiben liesse, ist nicht bekannt. Die Behauptung eines derartigen ursprünglichen Unterschiedes beruht auf der Überlegung, dass ohne Unterschied die Evolution komplexer Strukturen nicht möglich erscheint; es sind vielmehr die Unterschiede, die Komplexität ermöglichen.

Um aber einen Unterschied zu erzeugen, braucht es eine Veränderung einer stabilen Struktur, woraus wiederum neue stabile Strukturen erzeugt werden. Erzeugt dieses Wechselspiel von Stabilität und Veränderung immer mehr unterschiedliche Strukturen, so kann es zur Bildung immer komplexerer Strukturen kommen.

b) In unserem Universum beruht heute dieses Wechselspiel von Stabilität und Veränderung auf dem Zusammenspiel der Materie und der Kräfte. Um dieses Wechselspiel zu veranschaulichen, sei die "Lebensdauer" verschiedener Erscheinungen dargestellt.

Bei den kleinsten Teilchen zerfallen die meisten in Sekundenbruchteilen; sehr stabil sind dagegen das Elektron und das Proton, dessen Zerfall noch nie beobachtet werden konnte. Seine mittlere Lebensdauer wird auf mehr als 10^{30} Jahre geschätzt (Stierstadt, S. 75; Lederman / Schramm, S. 184 ff., S. 80 und 56 zum Begriff und zur Messung der Lebensdauer). Als sehr stabil gelten auch gewisse Teilchen, die die Kräfte erzeugen, wie das für die elektromagnetische Wechselwirkung verantwortliche Photon (Stierstadt, S. 75). Die 1900 bekannten Atomkerne, die regelmässig aus Protonen und Neutronen bestehen, sind überwiegend instabil; lediglich 270 gelten als stabil, das heisst ihre Lebensdauer beträgt mehr als 10^{13} Jahre (Stierstadt, S. 107). Steigt man zur Ebene der Atome und dann zu aus zwei bis 10^7 Atomen zusammengesetzten Ebenen der Moleküle auf, so zeigen sich auch ausserordentlich unterschiedliche Lebensdauern. Sie liegt für die heute bekannten Moleküle zwischen 10^{-12} Sekunden und 10^9 Jahren (Stierstadt, S. 142). Geläufig ist uns die Lebensdauer von Lebewesen. Allerdings betrifft diese Lebensdauer nur die Lebewesen als Ganze. Ihre Teile unterliegen einer steten Veränderung. So beträgt die Lebensdauer der Zellen des Menschen oft nur wenige Tage (Flindt, S. 195).

c) Ob allerdings das Unterschiede erzeugende Wechselspiel von Stabilität und Veränderung genügt, um komplexe Strukturen zu erzeugen, ist fraglich. Weitere Voraussetzungen sind denkbar.

Der Physiker und Komplexitätsforscher Murray Gell-Mann erwägt dazu das Auftreten von sogenannten "gefrorenen Zufallsereignissen" (Gell-Mann, S. 323 ff.). Offenbar ist eine Voraussetzung von Komplexität, dass anziehende Kräfte lokal imstande sind, Materie über eine ausreichend lange Zeit in einem stabilen Zustand zu halten. Gleichzeitig darf die Stabilität nicht so gross sein, dass damit jede Veränderung ausgeschlossen ist, es sei denn, die stabilen Strukturen wie zum Beispiel Protonen und Elektronen dienen als Bausteine für komplexere

Strukturen. Das Wechselspiel von Stabilität und Veränderung muss also in einem ausgewogenen Verhältnis stehen, um komplexere Strukturen zu erzeugen.

Doch weshalb sind biologische Strukturen so ausserordentlich komplex? Dies beruht offenbar auf dem Auftreten einer zentralen Steuerung.

6. Zentrale Steuerung

a) Nach der hier vorgeschlagenen Idee lässt sich tote und lebende Materie danach unterscheiden, ob eine dezentrale oder eine zentrale Steuerung der Strukturen und der Prozesse stattfindet. Tote Materie ist dezentral gesteuert. Ihre Strukturen und ihre Prozesse ergeben sich durch das Zusammenspiel der Eigenschaften der individuellen Strukturen, genauer der Materie und der Kräfte. Dieses Wechselspiel erzeugt aus einfachen Strukturen wie den Elementarteilchen komplexere Strukturen wie Atome, Moleküle oder Sterne, Galaxien und Planeten. Jedoch liegt weder einem Atom, noch einem Molekül, noch einem Stern oder einer Galaxie oder einem Planeten eine zentrale Steuerung in Form eines Bauplanes oder einer Prozesssteuerung zugrunde.

Anders verhält es sich mit einem Lebewesen. Die Struktur eines Lebewesens ist durch einen zentralen Bauplan wesentlich bestimmt. Dies geschieht durch ein komplexes Molekül, die DNS, und deren Abschnitte, die Gene. Bei höheren Lebewesen besteht zudem eine zentrale Steuerung der Prozesse durch ein zentrales Nervensystem, bei uns in Form eines Gehirns. Zentraler Bauplan und zentrale Prozesssteuerung sind den anderen Strukturen der Lebewesen in gewisser Weise übergeordnet und bestimmen wesentlich Struktur und Lebensprozesse. Allerdings ist diese "Planwirtschaft des Lebens" keine Reinform; die dezentralen Strukturen beeinflussen die zentralen Strukturen der Lebewesen ebenfalls; die zentralen Strukturen bestehen ihrerseits aus den dezentralen Strukturen. Die zentrale Steuerung ist also keinesfalls eine strenge Hierarchie; vielmehr besteht ein höchst komplexes Zusammenspiel einer Vielzahl von Strukturen (vgl. Arber / Variationen, S. 225; Reicholf / Impuls, S. 193 ff., insbesondere S. 233; Schatz, S. 79 f.).

Die Unterscheidung von toter und lebender Materie aufgrund dezentraler oder zentraler Steuerung hat den Vorteil, dass damit ein eindeutiges Kriterium aufgestellt wird. Andere Merkmale der Lebewesen wie Reproduktion, Mutation und Stoffwechsel kommen dazu, sind aber weniger eindeutig. So finden sich ähnliche Prozesse auch bei toter Materie in Form der Autokatalyse, der Instabilität und von Transportprozessen. Zudem betont das Kriterium der zentralen Steuerung die Bedeutung der DNS und des Zentralnervensystems für das Leben. Ohne DNS und, für höhere Lebewesen, ohne Zentralnervensystem, ist Leben nicht möglich. DNS und Zentralnervensystem und damit unser Gehirn sind zugleich der Schlüssel für die Erhöhung der Komplexität.

b) Das Wechselspiel zwischen Stabilität und Veränderung zeigt sich in der biologischen Evolution als Wechselspiel zwischen Mutation der DNS (= Veränderung) und Selektion der Lebewesen (= Auswahl des Stablen). Mutationen der

DNS sind naturgegeben und ereignen sich bei allen Arten von Lebewesen. Zumindest bei Bakterien gibt es offenbar gar evolutionär wirkende Gene. Produkte dieser Gene, sogenannte Enzyme, lösen Mutationen aus oder beschränken die genetischen Veränderungen auf ein tolerierbares, aber evolutionär wirksames Niveau (Arber / Variationen, S. 224f.). Schliesslich ermöglicht die riesige Anzahl möglicher Kombinationen der DNS genügend unterschiedliche Strukturen, um komplexe Strukturen zu entwickeln. Die Selektion der Lebewesen beruht auf einer Auswahl der bestangepassten Arten. Der Biologe Richard Dawkins bezeichnet diese Selektion als Sonderfall des allgemeineren Gesetzes vom Fortbestand des Stablen (Dawkins, S. 40).

Durch dieses Wechselspiel von Mutation und Selektion sind mittlerweile unzählige Arten entstanden, die sich mehr oder weniger stark voneinander unterscheiden. Die wesentliche Schranke zwischen den Arten besteht im Umstand, dass sich verschiedene Arten untereinander nicht reproduzieren (Reichholf / Bestandesaufnahme, S. 271); damit sichern sie die für Komplexität nötigen unterschiedlichen Strukturen.

Entsprechend dem Wechselspiel von Stabilität und Veränderung ist allerdings die Stabilität der Arten begrenzt, das Artensterben ein Evolutionsprinzip. So sind 99% der Arten wieder ausgestorben, die jemals unseren Planeten bevölkert haben, wobei allerdings zwischen Artentod, Artumwandlung und Artaufspaltung zu unterscheiden ist (Czihak / Langer / Ziegler, S. 926). Die durchschnittliche Lebensdauer einer Art dürfte wenige Millionen Jahre betragen (vgl. Raup, S. 108). Gerade diejenigen Arten sind recht kurzlebig, die wie wir zu den "Hominiden" zählen. Von dem knappen Dutzend Arten resp. Unterarten "Hominiden" überlebte keine wesentlich länger als eine Million Jahre, manche jedoch bloss ein-, zweihunderttausend Jahre (Engeler). Man geht davon aus, dass oft Klimaschwankungen zum Aussterben führten. Ein mögliches Szenario für das Aussterben unserer Subspezies, die mittlerweile seit rund 100'000 Jahren die Erde bevölkert, könnte auch die Verbreitung einer tödlichen Seuche sein, begünstigt durch die Bevölkerungsdichte, geschwächte Immunsysteme und die rege Reisetätigkeit.

Dank der Fähigkeit des zentralen Bauplanes zur Reproduktion führt nun aber weder der Tod einzelner Lebewesen noch das Artensterben zwingend zum Untergang, sondern kann zur Weiterentwicklung des komplexen Lebens führen. Die DNS überlebt in anderen Lebewesen und Arten weiter, deren Entwicklung durch den Tod oder das Artensterben begünstigt werden kann.

Mit der Entwicklung der DNS ist der biologischen Evolution gegenüber der kosmischen Evolution im Resultat ein Evolutionsprung gelungen, indem durch die DNS eine zweite Ebene in der Evolution eingeführt wurde, die die Möglichkeiten der Entwicklung komplexer Strukturen deutlich erhöht. So findet das Wechselspiel von Stabilität und Veränderung sowohl auf der Stufe der DNS als auch der entsprechenden Lebewesen statt.

c) Dieses Wechselspiel hat auch Lebewesen mit einem zentralen Nervensystem hervorgebracht. Mit der Erfindung einer zentralen Steuerung in Form

eines zentralen Nervensystems ist eine dritte Ebene in der Evolution eingeführt worden, die das Wechselspiel von Stabilität und Veränderung zur Erzeugung von komplexen Strukturen auf eine völlig neue Stufe führt (vgl. die differenziertere Einteilung der biologischen Evolution bei Brosius, S. 9). Vor allem bei uns Menschen hat dieses zentrale Nervensystem in Form unseres Gehirns die Möglichkeiten der biologischen Evolution, Komplexität zu erzeugen, deutlich erweitert, was als kulturelle Evolution bezeichnet werden kann (vgl. Reichholf / Impuls, S. 236 ff.).

So findet in unserem Gehirn selbst das Wechselspiel von Stabilität und Veränderung mit hoher Geschwindigkeit statt. Deshalb können wir aus einer grossen Menge von Informationen rasch zahlreiche geistige Strukturen in Form verschiedener Ideen entwickeln, stabilisieren oder wieder verwerfen. In Analogie zu den Genen der biologischen Evolution werden diese Ideen auch Meme genannt (Dawkins, S. 308 ff. und 513 ff.). Die Erzeugung von Memen wird zudem dadurch gesteigert, dass wir dank unserer Sprache, der Schrift und technischen Hilfsmitteln eine Vielzahl von Gehirnen vernetzen können. Vor allem aber erlaubt uns unser zielgerichtetes, langfristiges Denken und Handeln, dieses Wechselspiel zu bündeln und damit neue komplexe Strukturen zu erzeugen.

So können wir das Wechselspiel von Stabilität und Veränderung auf unserem Planeten auf allen Ebenen beeinflussen. Dank der Physik und der Chemie können wir in die Materie und Kräfte eingreifen und in grossem Masse Substanzen umformen und neue Substanzen entwickeln. Dank der Biologie können wir Lebewesen nach unseren Vorstellungen züchten; mit der Gentechnologie sind wir imstande, die zweite Ebene der Evolution direkt zu beeinflussen. Die Hirnmedizin könnte uns erlauben, die dritte Ebene der Evolution weiterzuentwickeln. Mit der Erfindung von Maschinen, insbesondere der Computer, haben wir uns tatkräftige Helfer zur Seite gestellt.

Dank Sprache, Schrift und technischen Hilfsmitteln können unsere Meme auch den individuellen Tod, vielleicht auch unser Aussterben überdauern.

d) All dies lässt die Überzeugung wachsen, dass wir eine ganz ausserordentliche Chance zur Weiterentwicklung der Evolution in Händen halten. Es ist schwer abzuschätzen, wie einmalig sich diese Chance in der Evolution auftut. So hat der Mikrobiologe Werner Arber dargelegt, dass das Leben seit seiner Entstehung erst aus einem sehr kleinen Teil der möglichen genetischen Varianten ausgewählt hat (Arber / Evolution, S. 70 ff.). Tröstlich ist zudem, dass die Evolution noch sehr lange Zeit hat, komplexe Strukturen zu erzeugen. Erst das Erlöschen der Sterne wird die Chancen wahrscheinlich deutlich verringern (Gell-Mann, S. 327f.).

7. Erhaltung und Steigerung der Komplexität

a) Das Wechselspiel von Stabilität und Veränderung zur Erzeugung von komplexen Strukturen wird nach heutigem Kenntnisstand nicht von einer höchsten Erscheinung, einem "Gott", zentral gesteuert. Es ergibt sich vielmehr über

viele Umwege. So sind zum Beispiel zahlreiche Mutationen der DNS schädlich, ja gar tödlich. Aufgrund unserer ausserordentlichen kulturellen Fähigkeiten haben wir Menschen die Chance, die Evolution auf eine neue Stufe zu führen. Vor allem unsere Fähigkeit zum zielgerichteten, langfristigen Denken und Handeln ist dabei von besonderem Nutzen. Viele Umwege der Evolution können so vermieden, ja gewisse Chancen der Evolution nur so genutzt werden. Deshalb sollten wir in erster Linie versuchen, unser Aussterben zu verhindern. Und deshalb sollten wir uns intensiv mit Sinnfragen, den Fragen nach den sinnvollen Zielen, beschäftigen (vgl. Saner / Sinn). Im Lichte all dieser Überlegungen ergeben sich folgende Massnahmen (vgl. das Programm der Basler Gesellschaft Au Bon Sens: (www.aubonsens.ch/page3.html):

b) In erster Linie sind die Wissenschaften aufgerufen, durch ein Studium generale unsere Fähigkeiten für fundamentale Zielsetzungen in einer komplexen Welt zu erhöhen. Die Evolutionstheorien dienen als Grundlage, da sie aktuell das umfassendste Weltbild darstellen. Damit soll eine zweite Aufklärung eingeleitet werden. Voraussetzung zur Absolvierung eines Studiums generale ist die Absolvierung eines Fachstudiums (Saner / Studium generale). Die Absolvierung eines Studiums generale sollte zur regelmässigen Voraussetzung für eine wissenschaftliche Laufbahn werden. So ist sichergestellt, dass die einzelnen Wissenschaftsdisziplinen einen holistischen Hintergrund haben. Ohne diesen holistischen Hintergrund ist eine Wissenschaftsdisziplin nicht auf dem neuesten Stand und letztlich ohne Fundament. Zudem vergibt sie sich eine reiche Quelle der Inspiration. Die Absolventen des Studiums generale könnten sich zu einer weltweiten Organisation zusammenschliessen, die vor allem Staaten und Staatenverbände beraten kann.

c) Die Staaten sollten ihre Organisation konsequent auf strategische, evolutionär abgestützte Ziele ausrichten. Dabei müssen neben den Synergien vermehrt die Konflikte zwischen biologischer und kultureller Evolution erkannt und das Verbindende gegenüber dem uns Menschen Trennenden hervorgehoben werden; dies bedingt, dass unserem evolutionär geprägten Kleingruppenverhalten überzeugende übergeordnete Ziele entgegengestellt werden (vgl. Reichholf / Bestandesaufnahme, S. 280). Die Staaten müssen die Überbevölkerung bekämpfen. Der Wissensstand auf dem Gebiet von Partnerschaft und Familie ist dem neuesten Stand der Biologie anzupassen. Der Umweltschutz ist zu fördern. Diejenigen Staaten, die dazu in der Lage sind, sollten die Raumfahrt fördern, damit wir notfalls in der Lage sind, unseren Planeten zu verlassen. Gentechnologie, Hirnmedizin und Computertechnologie sind soweit möglich zu fördern, um die Komplexität der Strukturen erhöhen zu können; allerdings ist dazu vor allem bei der Hirnmedizin noch viel Grundlagenarbeit nötig.

d) Damit wir unser Leben entsprechend diesen Überlegungen erfolgreich gestalten können, muss sich unser aller Denken weiterentwickeln. Zwar fallen wir offenbar diejenigen Entscheide, die unsere Gefühlslage optimieren, nicht aber diejenigen, die uns unser Verstand und unsere Vernunft gebieten würden. Doch zeigt die Erfahrung, dass Denken unsere Gefühlslage verändern kann. Sobald es also möglich ist, sich zum Nachdenken entscheiden zu können, werden unsere

Gefühlslage und damit wiederum unsere Entscheide durch das Denken beeinflusst. Dank der Sprache und technischer Hilfsmittel können dabei auch Informationen Dritter nutzbar gemacht werden. Denken ermöglicht uns zudem fundamentale Zielsetzungen. Derartige Zielsetzungen können widersprüchliche Entscheide aufgrund kurzfristiger Gefühlsschwankungen ausgleichen. Dies ist insbesondere in einer komplexen Welt von entscheidender Bedeutung. Schliesslich helfen uns vor allem wissenschaftliche Verfahren, die durch Denken entwickelt wurden, unsere Vorstellungskraft zu erweitern. Damit können wir die evolutionäre Beschränkung unserer Vorstellungskraft auf den sogenannten Mesokosmos sprengen.

Aus all diesen Gründen sollten wir

- die Bedeutung der kosmischen und biologischen Evolution und unsere mögliche Rolle laufend überdenken,
- uns der ausserordentlichen Chance bewusst sind, die uns die Evolution geschenkt hat,
- gleichzeitig nicht in einer anthropozentrischen Betrachtung verharren,
- die Fähigkeit zum Denken als Vorteil des Menschen erkennen und betonen,
- uns gleichzeitig der Mängel unseres Denkens bewusst sein,
- versuchen, Klarheit in unser Denken und damit in unsere Ziele zu bringen.

8. Dank

Mein herzlicher Dank geht an alle Mitglieder der Basler Gesellschaft Au Bon Sens, die mir geholfen haben, diese Schrift zu verfassen, insbesondere an Yolanda Berger, Basel, Ingrid Heitz, Basel, Otmar Jakob, Riehen, und Rodolfo Mandarano, Frenkendorf. Mein herzlicher Dank gebührt zudem der unersetzlichen Hilfe von Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen. Es sind dies Werner Arber, Basel, Gerhard Börner, Garching bei München, Jürgen Brosius, Münster, Bernulf Kanitscheider, Giessen, Josef M. Reichholf, München, Gerhard Roth, Bremen, und Gottfried Schatz, Reinach.

Quellenverzeichnis

- Arber / Evolution Werner Arber, Wie beeinflusst die Gentechnik die biologische Evolution?, in: Technik und Natur - Die Natur als Vorbild technischer Entwicklungen, FERRUM-Heft Nr. 72, herausgegeben von der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG, Schaffhausen 2000, S. 65 ff.
- Arber / Variationen Werner Arber, Über genetische Variationen, ihre Verbindung mit der Gentechnik und ihre Bedeutung für die Evolution, in: Evolution, Geschichte und Zukunft des Lebens, herausgegeben von Ernst Peter Fischer und Klaus Wiegandt, Frankfurt am Main 2003, S. 216 ff.
- Atlas zur
Biologie I Atlas zur Biologie I, herausgegeben von Günter Vogel und Hartmut Angermann, München 1967
- Atlas zur
Biologie II Atlas zur Biologie II, herausgegeben von Günter Vogel und Hartmut Angermann, München 1968
- Baars Bernard J. Baars, Das Schauspiel des Denkens, Neurowissenschaftliche Erkundungen, Stuttgart 1998
- Basler Gesellschaft
Au Bon Sens Basler Gesellschaft Au Bon Sens, Unser Programm, Basel 2002, (www.aubonsens.ch/page3.html)
- Börner Gerhard Börner, Kosmologie, Die Evolution des Universums: Vom Urknall zur komplexen Welt der Galaxien, Frankfurt am Main 2002
- Bräuer Günter Bräuer, Der Ursprung lag in Afrika, in: Spektrum der Wissenschaften, Heidelberg, März 2003, S. 38 ff.
- Brosius Jürgen Brosius, Gene duplication and other evolutionary strategies: from the RNA world to the future, in: Journal of Structural and Functional Genomics, Boston, Nr. 3 2003, S. 1 ff.
- Czihak / Langer /
Ziegler Biologie, Ein Lehrbuch, herausgegeben von G. Czihak, H. Langer und H. Ziegler, 5. Auflage, Berlin, Heidelberg und New York 1992
- Dawkins Richard Dawkins, Das egoistische Gen, 2. Auflage, Heidelberg, Berlin und Oxford 1994
- Dörner Dieter Dörner, Die Logik des Misslingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen, Hamburg 1992

-
- Engeler Hennig Engeler, Evolution - Der lange Weg zum Menschen, in: GEO, Hamburg 1995, Nr. 1, S. 12 ff.
- Fischer Ernst Peter Fischer, Die andere Bildung, Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte, 7. Auflage, München 2002
- Flindt Rainer Flindt, Biologie in Zahlen, 4. Auflage, Stuttgart, Jena und New York 1995
- Gell-Mann Murray Gell-Mann, Das Quark und der Jaguar, Vom Einfachen zum Komplexen - Die Suche nach einer neuen Erklärung der Welt, München 1994
- JRO-Atlas Der Grosse JRO-Atlas der Astronomie, herausgegeben von Jean Andouze und Guy Israël, München 1987
- Kanitscheider Bernulf Kanitscheider, Kosmologie, Geschichte und Systematik in philosophischer Perspektive, 2. Auflage, Stuttgart 1991
- Lederman / Schramm Leon M. Lederman und David N. Schramm, Vom Quark zum Kosmos - Teilchenphysik als Schlüssel zum Universum, Heidelberg 1990
- Luminet Jean-Pierre Luminet, Das intergalaktische Medium, in: Der Grosse JRO-Atlas der Astronomie, herausgegeben von Jean Andouze und Guy Israël, München 1987, S. 378 ff.
- Raup David M. Raup, Extinction: Bad Genes or Bad Luck?, New York 1991
- Reichholf / Bestandesaufnahme Josef M. Reichholf, Gemeinsam gegen die Anderen: Evolutionsbiologie kultureller Differenzierung, in: Begegnung und Konflikt - eine kulturanthropologische Bestandsaufnahme -, herausgegeben von Wolfgang Fikentscher München 2001, S. 270 ff.
- Reichholf /Impuls Josef M. Reichholf, Der schöpferische Impuls, Eine neue Sicht der Evolution, München 1992
- Roth / Fühlen Gerhard Roth, Fühlen, Denken, Handeln - Wie das Gehirn unser Verhalten steuert, Frankfurt am Main 2001
- Roth / Gehirn Gerhard Roth, Aus der Sicht des Gehirns, Frankfurt am Main 2003
- Saner / Religionen Luc Saner, Religionen, Rituale und Symbole, Auf der Suche nach neuen Antworten, Ritualen und Symbolen auf der Grundlage der Evolution, Basel 2002 (nicht im Buchhandel, www.aubonsens.ch/religionen.html)
- Saner / Sinn Luc Saner, Der Sinn des Daseins, Auf der Suche nach den sinnvollen Zielen der Evolution auf wissenschaftlicher Grundlage, Basel 2000 (nicht im Buchhandel, www.aubonsens.ch/sinn.html)

- Saner /
Staatsleitung Luc Saner, Ein Staatsleitungsmodell, Auf der Grundlage von Ideen zum Sinn des Daseins, des New Public Managements und des politischen Systems der Schweiz, Basel 2000 (nicht im Buchhandel, www.aubonsens.ch/staat.html)
- Saner / Studium
generale Schreiben an die Universität Basel vom 12. Februar 2002 (www.aubonsens.ch/studium.htm)
- Schatz Gottfried Schatz, Me and my genome, in: FEBS Letters, herausgegeben von Elsevier B.V. für die Federation of European Biochemical Societies, Heidelberg 2/2001, S. 79 f.
- Speicher / Physik Christian Speicher, Mut zur Lücke - Das neue Weltbild der Kosmologie fusst grösstenteils auf unbekannter Physik, in: Neue Zürcher Zeitung, Zürich, 12. Februar 2003, S. 57
- Speicher / Weltbild Christian Speicher, Der Satellit MAP bestätigt neues Weltbild - Genaue Bestimmung von kosmologischen Parametern, in: Neue Zürcher Zeitung, Zürich, 13. Februar 2003, S. 56
- Stierstadt Klaus Stierstadt, Physik der Materie, Weinheim, Basel, Cambridge und New York 1989
- Stratenwerth Günter Stratenwerth, Willensfreiheit - eine staatsnotwendige Fiktion?, in: Zeitschrift für Strafrecht, Bern 1984, S. 225 ff.
- Tegmark Max Tegmark, Paralleluniversen, in: Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, August 2003, S. 34 ff.
- Unsöld Albrecht Unsöld, Evolution kosmischer, biologischer und geistiger Strukturen, 2. Auflage, Stuttgart 1983
- Vollmer /
Erkenntnis Gerhard Vollmer, Evolutionäre Erkenntnistheorie, 8. Auflage, Stuttgart und Leipzig 2002
- Vollmer /
Kränkung Gerhard Vollmer, Die 4. bis 7. Kränkung des Menschen - Gehirn, Evolution und Menschenbild, in: Aufklärung und Kritik, Nürnberg 1/1994, S. 81 ff.
- von Glasenapp Helmuth von Glasenapp, Die fünf Weltreligionen - Brahmanismus, Buddhismus, Chinesischer Universalismus, Christentum, Islam, 4. Auflage, München 1963
- Ward / Brownlee Peter D. Ward und Donald Brownlee, Unsere einsame Erde - Warum komplexes Leben im Universum unwahrscheinlich ist, Berlin und weitere Verlagsorte 2001
- Wuketits Franz M. Wuketits, Evolution: Die Entwicklung des Lebens, München 2000