

Rechtlicher Hinweis

© Werner Schneider und den zitierten Autoren bzw. ihren Verlagen.

Das Material wird ausschließlich für wissenschaftliche und unterrichtliche Zwecke zur Verfügung gestellt. Sie sind auf der sicheren Seite, wenn Sie es behandeln wie Material aus einer Bibliothek: danach können Sie bis zu sieben Kopien zum privaten Gebrauch ziehen.

Alle darüber hinausgehenden Verwertungsrechte bleiben unberührt.

Technischer Hinweis

Aus technikhistorischen Gründen sind die Fonts nur für den Ausdruck, nicht jedoch die Bildschirmdarstellung optimiert.

Aber nun viel Spaß und erfrischende Adrenalinschübe!

;-) Werner und die Drachen

Energiesparen in Deutschland – Interview mit der Klima-Expertin Edda Müller

(Spiegel 24.11.1997 p^{294f})

- Müller: “Das Problem der Klimapolitik ist leider, dass erst ein ausdifferenziertes Bündel von tausend Einzelmaßnahmen den großen Effekt ergibt. Das macht die Vermittlung so schwierig. Könnte man die Klimaerwärmung mit einem einzigen riesigen Technologie-Projekt bekämpfen, wären die notwendigen Investitionen und Fördermittel vermutlich leichter locker zu machen.”
- Spiegel: “Viele kleiner Schritte sind mühsamer als großer Sprung?”
- Müller: “Ja. Zudem erschweren Irrationalitäten die Debatte. Praktisch alle Wissenschaftler sind sich einig, dass sich, selbst ohne die Energiepreise zu erhöhen, zwischen 10 und 30% CO₂ einsparen ließen, und das auch noch mit wirtschaftlichem Gewinn für alle. Stattdessen streitet man schon über CO₂-Reduktionen von 1 oder 5%.”
- Spiegel: “Ist das nicht etwas naiv? Die Wirtschaft betrachtet eine erzwungene Senkung der CO₂-Emissionen als Bedrohung.”
- Müller: “Diese Befürchtungen beruhen auf einem Irrtum. Das beste Beispiel ist Japan. Weil dort die Energiepreise sehr hoch sind, produzieren die Japaner ihr Pro-Kopf-Bruttosozialprodukt aus halb soviel Energie wie etwa die Amerikaner, und es geht ihnen damit nicht schlecht. Natürlich gibt es anfangs immer Anpassungsprobleme, aber hinter der Idee der ökologischen Steuerreform steht ja der Gedanke, dass jeder, der es will, ohne höhere Energierechnung auskommen kann. Der Autofahrer muss eben bei steigendem Benzinpreis ein sparsameres Auto kaufen und langsamer fahren. Die Energiepreiserhöhung bleibt für den Einzelnen kostenneutral, für die Volkswirtschaft bedeutet er Innovationsschub...
Klimapolitik war für mich von Anfang an Wirtschaftsstrukturpolitik. Es gibt keinen besseren Hebel für Innovationen und Modernisierung, wobei auch noch eine ökologische Klimadividende abfällt, also eine Entlastung der Umwelt. Diese Botschaft muss rein in die Köpfe.”
- Spiegel: “Beim Stichwort Modernisierung denkt jedermann an Telekommunikation oder Biotechnologie.”
- Müller: “Und an den ganzen Energiebereich will niemand ran. Das hat seine Gründe in bestimmten zentralisierten Machtstrukturen. Wir haben eine vom Stromsektor dominierte Energiepolitik. Alle reden vom Strom. Wärmeerzeugung und Treibstoffverbrauch, die einen viel größeren Posten in unserer Energiebilanz ausmachen, werden viel zu wenig beachtet. Dabei gibt es gerade in diesem Bereich viele – Heizungsbauer, Baustoffindustrie und Handwerk – die von einer effizienteren, modernisierten Energiewirtschaft profitieren würden. Aber die vertreten ihre Interessen völlig unzureichend...”
- Spiegel: “Die Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes sieht vor, Strom aus erneuerbaren Quellen nur noch in Grenzen zu vergüten.”
- Müller: “Da fasst man sich an den Kopf. Das sind Weichenstellungen, die im Widerspruch zu jeder Klimapolitik stehen. Zudem sehe ich in einer ungehemmten Liberalisierung des Strommarktes eine große Gefahr. Wenn es in Deutschland neben den Auswirkungen der Vereinigung überhaupt CO₂-Minderungserfolge gibt, dann sind sie meist angestoßen von dezentralen Aktivitäten in den Kommunen, und genau die wären die Leidtragenden einer Liberalisierung. All diese vielversprechenden Ansätze sind gefährdet, wenn das Energierecht so novelliert wird, wie es die Bundesregierung derzeit plant. Das verspricht ein Investitionshindernis erster Ordnung zu werden...
Energieimportabhängige Staaten wie Deutschland ... können ihre Abhängigkeit mit jeder weggesparten Tonne Erdöl oder -gas entschärfen. Sie substituieren importierte Energie durch effiziente Technik, letztlich durch Knowhow und Inge-

nieursverstand. Eine aktive Klimapolitik bedeutet deshalb Innovation, neue Märkte und damit Arbeitsplätze.”

Gaia – keine Hypothese WS 3.4.1998

Der Gaia-Befund: sinnvolle Vielverschlingung und Ineinanderverschachtelung der Lebensfunktionen, eine Vielfalt real existierende Regelkreise bildend, ohne deren wohlabgestimmtes Ineinandergreifen die für das Leben im Allgemeinen und die existierenden Lebewesen und Ökosysteme im Besonderen erforderlichen Randbedingungen nicht erfüllt wären.(321p154-155)

‘Leben’ zeigt sich nicht nur an die Umgebung angepasst, sondern

- (a) an physikalisch-chemisch ‘kontingente’ Bedingungen
- (b) an anderes Leben
- (c) an eine homöostatisch genau geregelte Biosphäre

(b) bedeutet Koevolution, (c) noch schlimmere, fraktaldimensionale Henne-und-Ei-Verschrankungen krauser Komplexität Die natürliche Selektion im Kampf ums Dasein erklärt vielleicht die Anpassung im Sinne von (a), aber schon bei (b) gibt es prinzipielle Probleme, und bei (c) versagen die Theorien Darwins und seiner Nachfolger ganz, denn es gibt insgesamt nur eine Biosphäre: wo die Evolution nur einen einen, langen Schuss im Lauf hat, kann sie sich nicht einschließen.

Darauf weisen gerade die Kritiker der Gaia-Hypothese hin – völlig zu recht. Ihr Pech, dass Gaia keine Hypothese ist, sondern Realität. Die Regel- und Funktionskreise sind da, passen prima, und ohne sie wäre das Leben höchstens eine kurze Episode auf diesem Planeten geblieben.

Das Problem ist nicht die Realität, sondern ihre Erklärung. Die in Erklärungsnotstand geratene Realität zu leugnen, ist keine fruchtbare wissenschaftliche Methodologie.

Grob sortiert, sehen wir drei Möglichkeiten:

- (1) Im Großen und Ganzen war das ein glücklicher Zufall.
- (2) Im Großen und Ganzen war das Gott.
- (3) Also da müssen wir uns jetzt aber dringend mal was denken.

Gaia ist genauso Realität wie die Evolution: viele Details ungeklärt und hypothetisch, aber im Großen und Ganzen nicht zu leugnen. Die Entwicklungsbiologen sind herzlich eingeladen, an “Mechanismen” für Entstehung und Erhaltung von Gaia zu basteln; und solange sie damit nicht rüberkommen, sollten sie besser nicht die Nase rümpfen über ‘weit hergeholte’ Erklärungen, auch wenn diese noch so kräftig nach ideologischen Unerwünschtheiten wie Finalität, Teleologie, Animismus riechen.

Es kann nicht oft genug gesagt werden: Finalität erfordert genausowenig Rückgriff auf Gott oder sonstige metaphysische Entrücktheiten wie Kausalität: Teleologie kommt genauso gut ohne metaphysische ‘Endzwecke’ aus wie Kausalität ohne metaphysische ‘Erstursachen’; und die ‘kausale’ Vorstellung der mechanistischen Kraftwirkung entstammt direkt der ‘animistischen Projektion’ willentlicher Kraftäußerungen. Merke: entscheidend ist nicht, wo eine Vorstellung her kommt, sondern “was hinten bei rauskommt”. (H. Kohl)

Karl Popper und Imre Lakatos würden sagen: Sorgt erst einmal dafür, dass euer kausalmechanisches Forschungsprogramm über die Evolution des Lebens auf dem Planeten Erde einen ernstnehmbaren harten Kern bekommt: dann bekommt ihr (wieder) eine Chance, dass die ‘negative Heuristik’, finale oder animale Konzepte einfach zu verbieten, möglicherweise Garant des Fortschritts wird.

James Lovelock **Das Gaia-Prinzip**

(321p⁹) Die Gaia-Hypothese stammt von James Lovelock und der Biologin Lynn Margulis. Immer wieder wird den beiden die Todsünde der Teleologie vorgeworfen. Aber sie hatten keine “teleologische Hypothese im Auge. Wir haben nirgendwo geschrieben, dass die Selbstregulierungskraft dieses Planeten zweckgerichtet sei oder dass ihr eine Voraussicht oder Planung der Natur zugrundeliege.” Trotz möglicher Fehlinterpretationen einiger Aussagen “war dieser hartnäckig verfolgte Gedanke von einer zweckgerichteten Gaia, den einige völlig unlogisch die Hypothese von der ‘starken’ Gaia nennen, niemals in unseren Köpfen. Es ist lediglich eine Konstruktion unserer Gegner in der Biologie, die damit und mit anderen Strohpuppen ihre zeremoniellen Scheiterhaufen entfachen.”

Unterschied zwischen Gaia und dem Darwinismus

Der Darwinismus berücksichtigt nur den starken Einfluss der Umgebung auf die lebenden Organismen, während die Gaia-Theorie auch den ebenso starken Einfluss lebender Organismen auf die Umgebung systematisch berücksichtigt. Was beim Darwinismus im wesentlichen eine kausale Einbahnstraße ist, ist für die Gaia-Theorie ein rückgekoppeltes System.

(321p¹⁰⁻¹¹) Andrew Watson vor der Linné-Gesellschaft 12.89: “Nahezu jeder Forscher ... akzeptiert heute die Ansicht, dass Leben einen grundlegenden Einfluss auf seine Umgebung ausübt. Unter den Geochemikern herrscht in diesem Punkt zwischenzeitlich Einvernehmen, eine nicht unbedeutende Meinungsäußerung gegenüber ihrer Sichtweise vor Gaia.” Leben und seine Umgebung stellt also “ein Verbund- und Rückkoppelungssystem dar. Veränderungen in einem Element werden sich auf ein anderes auswirken und das wird wiederum seine Rückwirkung auf die ursprüngliche Veränderung p¹¹ haben. Die tatsächliche Frage ist also nur, wie bedeutend und wie eng die Verbindung ist. Verleiht sie dem System ... neue Eigenschaften, beispielsweise eine größere Stabilität oder das Verhalten eines lebenden Organismus?”

Die Gaia-Hypothese

“Gaia geht davon aus, dass diese enge Verbindung zwischen den Organismen und ihrer Umgebung stark genug ist, um einen großen Einfluss auf die Entwicklung des Lebensumfeldes auf der Erde ... ausgeübt zu haben. Sie ist so stark, dass wir die Erdgeschichte tatsächlich nicht eher begreifen werden, als bis wir das System als eine Gesamtheit betrachten und unsere Versuche einstellen, einen Teil losgelöst von einem anderen verstehen zu wollen.”

Eiszeiten als Rückgang des planetaren Fiebers

(321p¹¹⁻¹²) “Aus der Sicht eines Bewohners der nördlichen Hemisphäre mögen [sich die Eiszeiten] wie eine Katastrophe ausnehmen, unter einem planetarischen Gesichtspunkt aber sind sie vielleicht ein idealer Zustand für ein vitaleres Leben. p¹² Die globale Kältefreundlichkeit eines vitaleren Eiszeit-Ökosystems stimmt auch mit dem niedrigen CO₂-Gehalt – 180 ppm – überein, den man im Innersten der Antarktis festgestellt hat. Es war eine stärkere biologische Kraft, welche die Erde während der Eiszeiten kühl hielt. Das neue Land, das in den Tropen freilag, als der Meeresspiegel sich über 100 m unter dem heutigen Niveau befand, muss besiedelt gewesen sein. Und die Ökosysteme der Meere waren vitaler, was sich an ihrem reichlichen Ausstoß von Schwefelgasen zeigte. Die Temperaturschwankungen zwischen den Eiszeiten und den Zwischeneiszeiten könnten die Vibrationen eines Steuerungssystems gewesen sein, das an die Grenzen seiner Regulierungsfähigkeiten geraten ist... Wenn man die gegenwärtige Zwischeneiszeit unter diesen Aspekten betrachtet, erscheint sie wie ein planetares Fieber.”

Neue Evolutionstheorie

- (321p17) Lovelocks neue Evolutionstheorie “bestreitet Darwins großartige Vision nicht, sondern ergänzt sie durch die Beobachtung, dass die Evolution der Arten von Organismen nicht unabhängig von der Evolution ihrer materiellen Umgebung abläuft. In der Tat sind Arten und Umwelt eng miteinander verbunden und entwickeln sich als Gesamtsystem.”
- “Lynn Margulis ist die zuverlässigste und beste unter meinen Kollegen. Zu meinem Glück stellt sie mit ihrem weiten Verständnis für die lebende Welt und deren Umgebung auch eine Ausnahme unter den Biologen dar. In einer Zeit, in der die Biologie sich in 30 oder mehr enge Spezialgebiete aufgespalten hat, in denen jeder stolz ist auf seine Unkenntnis in anderen Wissenschaften, ja sogar in anderen biologischen Disziplinen, bedurfte es eines Menschen mit Lynns seltener Sichtweise, um einen biologischen Kontext für Gaia zu erstellen.”

Entdeckung von Leben

- (321p24) “Der Gedankengang, dass die Erde durch das Leben an der Oberfläche aktiv erhalten und gelenkt wird, entstand bei der Suche nach Leben auf dem Mars.”
- (321p24-25) 1961 wurde Lovelock von Abe Silverstein, dem damaligen Direktor der NASA-Raumfahrtprojekte, zu experimenteller Mitarbeit am ersten Mondflugprojekt ins Jet Propulsion Laboratory (Pasadena) eingeladen. Nach dem Mondprojekt entwickelte er dort empfindliche Geräte zur Analyse der Oberflächen und Atmosphären von Planeten.
- “Mit meinem Hintergrundwissen aus der Biologie und der Medizin war ich neugierig auf die Art der Experimente, mit deren Hilfe man Leben auf anderen Planeten finden sollte. Ich erwartete, Biologen zu treffen, die die Aufgabe hatten, Versuche und Instrumente zu planen, die genauso wunderbar und ausgezeichnet waren wie die Raumschiffe selbst. Die Wirklichkeit aber war eine Enttäuschung, was meine Euphorie stark dämpfte. Ich ahnte, dass sie mit ihren Experimenten kaum eine Chance hatten, Lebewesen auf dem Mars zu finden, selbst wenn es dort davon wimmeln sollte.
- Wenn eine große Organisation vor einem schwierigen Problem steht, gehört es zum üblichen Verfahren, Experten einzustellen... Diese Methode bewährt sich, wenn es darum geht, einen besseren Raketenantrieb zu konstruieren. Aber wenn man das Ziel hat, Leben auf dem Mars zu entdecken, dann stehen dafür keine Experten zur Verfügung. Es gibt keine Professoren für das Leben auf dem Mars, also musste die NASA sich mit Experten für das Leben auf der Erde zufriedengeben. Diese aber waren als Biologen meist mit dem begrenzten Bereich an Lebendigem vertraut, mit dem sie in ihren erdgebunden Laboratorien zu tun hatten. Es gab freilich keinen Grund für die Annahme, dass solche Lebensformen auf dem Mars existierten, selbst wenn dort vielfältiges Leben vorkommen sollte.”
- (321p26) Die Philosophin Dian Hitchcock war von der NASA “beauftragt, die dortigen Experimente auf ihre logische Schlüssigkeit zu untersuchen. Gemeinsam gelangten wir zu der Überzeugung, dass der sicherste Weg, Leben auf Planeten zu entdecken, die Analyse der jeweiligen Atmosphäre sei.”
- (321p26-27) Die Zusammensetzung der Marsatmosphäre war nun von Spektralmessungen schon lange bekannt: sie bestand größtenteils aus CO₂ und war fast im ^{p27} chemischen Gleichgewicht, wogegen die Erdatmosphäre sich ständig im Ungleichgewicht befindet. Dies legte den Schluss nahe, der Mars sei tot.

Der Planet als die *größte Ganzheit* des Lebens

Die kleinste ist die lebende Zelle! →KP-6

- (321p27) Lovelock hatte eine “feinsinnige Auseinandersetzung mit Carl Sagan, der es für möglich hielt, dass es Leben in Oasen gebe, in denen die örtlichen Bedingungen

günstiger wären. Schon lange Viking Kurs auf den Mars nahm, fühlte ich intuitiv, dass Leben nicht so vereinzelt auf einem Planeten vorkommen könne; es könne sich nicht in ein paar Oasen festgesetzt haben, außer zu Beginn oder am Ende seiner Existenzperiode. Mit der Entwicklung der Gaia-Theorie wuchs auch diese Erkenntnis; heute sehe ich sie als ein Faktum an.”

(321p28-29)

“Die Suche nach einem Leben irgendwo anders ist heute keine dringende Aufgabe der Wissenschaft mehr”, denn die weiche Landung der Viking-Roboter 1975 auf dem Mars bestätigte dessen totale Unfruchtbarkeit. Diese aber bildete p29 “den Hintergrundkontrast für neue Modelle und Vorstellungen von der Erde. Wir wissen heute, dass unser Planet sich gewaltig von seinen beiden toten Geschwistern Mars und Venus unterscheidet.

Das war damals der Beginn der Gaia-Hypothese. Wir blickten ... mit neuen Augen ... auf die Erde und entdeckten viele Dinge, unter anderem die Ausstrahlung eines infraroten Signals als Merkmal für die ungewöhnliche chemische Zusammensetzung unserer Atmosphäre. Diese unaufhörliche Melodie des Lebens kann jeder hören, der einen Empfänger hat, sogar außerhalb des Sonnensystems. Ich will versuchen, in den folgenden Kapiteln aufzuzeigen, dass die Voraussetzungen für die Bewohnbarkeit eines Planeten erst dann erfüllt sind, wenn Leben von ihm Besitz ergreift und einen großen Raum einnimmt. Planetarisches Leben muss imstande sein, sein Klima und seinen chemischen Zustand zu regulieren. Zeit- oder teilweises Bewohnen oder bloß gelegentliche Besuche reichen nicht aus, die unausweichlichen Kräfte, die die chemische und physikalische Evolution eines Planeten vortreiben, in den Griff zu bekommen.”

Ungleichgewicht der Atmosphäre

(32 p30)

	Venus	Erde ohne Leben	Mars	Erde, wie sie ist
Kohlendioxyd	96,5%	98%	95%	0,03%
Stickstoff	3,5%	1,9%	2,7%	79%
Sauerstoff	gering	0	0,13%	21%
Argon	70ppm	0,1%	1,6%	1%
Methan	0	0	0	1,7ppm
Temperatur in °C	459	240–340	–53	13
Druck in Bar	90	60	0,0064	1

Bild G 1 Zusammensetzung verschiedener Planetenatmosphären

(321p29-30)

Gaia-Hypothese von Lovelock erstmals unterbreitet 1972 in einem kurzen Aufsatz in der Zeitschrift *Atmospheric Environment*: ‘Gaia as Seen Through the Atmosphere’.

“Bei der Beweisführung berief ich mich hauptsächlich auf die Zusammensetzung der Erdatmosphäre und ihren Zustand des chemischen Ungleichgewichts”, wie in Bild G 1, Seite G-5 dargestellt.

(321p54)

Die Atmosphären von Mars und Venus sind annähernd in einem chemischen Gleichgewichtszustand, das heißt: “Nimmt man eine bestimmte Menge Luft von einem der beiden Planeten, erhitzt sie gemeinsam mit einer durchschnittlichen Gesteinsprobe von der Planetenoberfläche bis zum Glühen und lässt sie dann langsam abkühlen, würde nur eine geringfügige oder überhaupt keine Veränderung in der Zusammensetzung eintreten.”

Führt man das gleiche Experiment mit Luft von der Erde durch, “so träte wohl eine Veränderung auf. Sie würde die Zusammensetzung p55 der Atmosphäre von Mars und Venus annehmen... Es ist gar nicht so weit hergeholt, wenn man die Luft mit einem Gasgemisch am Einlassventil eines Verbrennungsmotors vergleicht: eine

Mischung aus brennbaren Gasen, Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff. Die Atmosphäre von Mars und Venus dagegen entspricht den Auspuffgasen, alle Energie ist verbraucht.

In der erstaunlichen Unwahrscheinlichkeit der Erdatmosphäre wird Negentropie deutlich – und auch die unsichtbare, lenkende Hand des Lebens.”

Früheste Formulierung der Gaia-Hypothese

(321p³¹) “Die Vorstellung von der Erde als etwas Lebendigem ist vermutlich so alt wie die Menschheit. Doch die erste öffentliche Äußerung davon, als wissenschaftliche Tatsache formuliert, stammt von dem schottischen Wissenschaftler James Hutton. 1785 sagte er auf einer Versammlung der Royal Society of Edinburgh, dass die Erde ein riesiger Organismus sei und sie eigentlich von Physiologen erforscht werden müsste. Er fuhr fort, den Kreislauf der Nährstoffe im Boden und die Bewegung der Ozeane zum Land hin mit der Zirkulation des Blutes zu vergleichen. James Hutton ist zu recht als Vater der Geologie in die Geschichte eingegangen, doch seine Idee von der lebenden Erde geriet in Vergessenheit oder wurde in dem gewaltigen Reduktionismus des 19. Jahrhunderts verworfen.”

Planetarische Homöostase

(321p⁴²) “Leben ist etwas Soziales. Es findet in Gemeinschaften und Kollektiven statt. In der Physik gibt es ein nützliches Wort, das die Eigenschaften von Ansammlungen beschreibt: *kolligativ*. Man benötigt diesen Begriff, weil es keine Möglichkeit gibt, die Temperatur oder den Druck eines einzelnen Moleküls zu messen. Temperatur und Druck sind, wie die Physiker sagen, die kolligativen Eigenschaften einer merklichen Ansammlung von Molekülen. Alle Ansammlungen von lebenden Gebilden weisen Eigenschaften auf, die man aus der Kenntnis eines einzelnen von ihnen nicht erwarten würde. Die Menschen haben, wie auch andere Lebewesen, eine konstante Körpertemperatur, die unabhängig von der Umgebungstemperatur ist. Diese Tatsache hätte man niemals aus der Beobachtung einer einzelnen menschlichen Zelle ableiten können. Die Tendenz hin zur Beständigkeit wurde erstmals im 19. Jahrhundert von dem französischen Physiologen Claude Bernard festgestellt. Der Amerikaner Walter Cannon verfolgte seine Gedanken in diesem Jahrhundert weiter und nannte das Phänomen Homöostase oder die Weisheit des Körpers. Homöostase ist die kolligative Eigenschaft des Lebens.”

Homöostase beinhaltet die Aufrechterhaltung eines Vorrats an freier Energie

(321p⁴³) “Als wir die Gaia-Hypothese in den Siebziger Jahren vorstellten, gingen wir davon aus, dass sich die Atmosphäre, die Meere, das Klima und die Erdkruste aufgrund der Verhaltensweise von lebenden Organismen so regulieren, dass Leben möglich ist. Genauer ausgedrückt besagt die Gaia-Hypothese, dass die Temperatur, der Oxydationszustand, der Säuregehalt und bestimmte Aspekte von Gesteinen und Gewässern zu jeder Zeit konstant bleiben und dass sich diese Homöostase durch massive Rückkoppelungsprozesse erhält. Diese Prozesse werden von der Lebenswelt unwillkürlich und unbewusst in Gang gesetzt. Für die geeigneten Lebensbedingungen sorgt die Sonnenenergie. Die Bedingungen bleiben allerdings nur kurzzeitig konstant. Sie entwickeln sich entsprechend den wechselnden Erfordernissen in einer Welt von Lebewesen, die sich ebenfalls entwickeln. Leben und seine Umgebung sind so eng miteinander verflochten, dass eine Evolution immer Gaia betrifft, nicht die Organismen oder deren Umgebung für sich genommen.”

Biologen als Super-Bibliothekare

Das System des Lebens zwischen Offenheit und Abschließung

(321p⁴⁴) “Von außen betrachtet scheint die Arbeit der Biologen zu einem Großteil aus dem Aufbau von Datenbanken zu bestehen – so als ob sie das ganze Leben katalogisieren möchten. Wenn ich in nachdenklicher Stimmung in, kommt es mir manchmal

so vor, als ob die lebende Welt für die Biologen nur eine riesige Sammlung von Büchern darstellte, die man in einem Netzwerk von Bibliotheken aufbewahrt. Bei dieser Vision erscheinen mir die Biologen als perfekte Bibliothekare, die sich für jede Bücherei, die sie entdecken, ein perfektes Klassifizierungssystem einfallen lassen, aber niemals eines der Bücher lesen. Sie spüren zwar, dass irgendetwas an ihren Lebensbibliotheken fehlt, doch dieses Gefühl lässt sie nur verzweifelt nach neuen Buchsammlungen Ausschau halten, die immer schwerer zu finden sind. Ich sehe ein beinahe fühlbares Aufatmen durch ihre Reihen gehen, seit sich ihnen die Molekularbiologen angeschlossen haben, die sich an die noch gewaltigere Aufgabe heranwagen, die einzelnen Wörter in den Büchern zu klassifizieren. Das bedeutet, dass man die Suche nach der Antwort auf die fürchterliche Frage, was es überhaupt mit den Büchern auf sich habe, hinausschieben kann, bis die neue und unendlich detaillierte Klassifikation der Molekularbiologen fertiggestellt ist.”

(321p51-52)

“In jüngster Zeit gewann man interessante Erkenntnisse über die Thermodynamik von Strudeln, Wirbeln und vielen anderen kurzlebigen, schwach entropiehaltigen Systemen durch die Untersuchungen von Ilya Prigogine und seinen Mitarbeitern. Erscheinungen wie ^{p52} Strudel und Wirbel entstehen bei einem hinreichenden Fluss freier Energie von selbst ... ähnlich wie beim Blasen einer Flöte... In Fortführung der früheren mathematischen Berechnungen des amerikanischen Wissenschaftlers für physikalische Chemie, Lars Onsager, entwickelten Prigogine und seine Mitarbeiter die Thermodynamik des stabilen Zustandes weiter, wobei so etwas wie eine Thermodynamik des ‘instabilen Zustandes’ herauskam. ... ‘Dissipative Strukturen’ ... haben ... nicht die Beständigkeit von Festkörpern. Unterbricht man die Energiezufuhr, zerstreuen sie sich... Die Kategorie ist sehr umfassend. Sie schließt eine Reihe von industriellen Geräten, Kühlschränke z.B., mit ein, aber auch natürliche Erscheinungen wie Flammen, Wirbel, Orkane und einige besondere chemische Reaktionen. Lebende Dinge sind im Vergleich mit den dissipativen Strukturen des flüssigen Zustands unendlich komplex. Viele glauben daher, dass die Thermodynamik bei der Definition von Leben noch einen weiten Weg vor sich hat, obwohl die Richtung stimmt. Auch wenn Physiker, Chemiker und Biologen diese Ideen nicht ablehnen, lassen sie sich doch in ihrer Arbeit nicht davon inspirieren. Ihre Reaktion ähnelt der einer reichen Glaubensgemeinschaft, die von ihrem Pfarrer zu den Tugenden der Armut angehalten wird. Man spürt, dass er grundsätzlich recht hat, aber es ist keine Lebensmöglichkeit für die nächste Woche.

(321p52-53)

Eine ausschlaggebende Erkenntnis aus Schrödingers allgemeinen Betrachtungen über das Leben ist die, dass die lebenden Systeme sich nach außen hin abgrenzen. Lebende Organismen sind in dem Sinn offene Systeme, als sie Materie und Energie aufnehmen und abgeben. ^{p53} Theoretisch sind sie offen bis zu den Grenzen des Universums. Aber sie sind auch eingebunden in eine Ordnung innerer Abgrenzungen. Wenn man sich im Weltraum auf die Erde zubewegt, bemerkt man als erstes die atmosphärische Hülle, die Gaia umschließt; danach die Grenze eines Ökosystems, eines Waldes z.B.; schließlich die Haut von Lebewesen oder die Rinde von Bäumen. Weiter innen gibt es die Zellmembranen und zu guter Letzt den Zellkern und seine DNS. Wenn man Leben als ein sich selbst gestaltendes System definiert, dann lebt auch alles, was sich innerhalb der genannten Grenzen befindet.”

Biosphärische Selbstregulierung und ihre scheinwissenschaftliche Leugnung

(321p56)

“Seit James Hutton gibt es eine ‘loyale Opposition’ von Wissenschaftlern, die die konventionelle Lehre anzweifeln, dass die Evolution der Lebensumwelt allein auf chemischen und physikalischen Kräften beruhe. Wernadski übernahm bei seiner Definition der Abgrenzung des Biobereichs den Begriff der Biosphäre von Suess. Seit Wernadski gibt es in [Russland] – in geringerem Umfang auch andernorts –

eine ununterbrochene Tradition der so genannten Biogeochemie, die das Zusammenwirken zwischen den Böden, Meeren, Seen und Flüssen einerseits und dem Leben in und auf ihnen andererseits erkannt hat. Der russische Wissenschaftler M.M. Jermolaew hat das in *Introduction to Physical Geography* sehr gut ausgedrückt: ‘Unter der Biosphäre versteht man den Teil der geografischen Erdhülle, innerhalb dessen die physikalisch-geografischen Voraussetzungen für die normale Funktion der Enzyme bestehen.’ In jüngerer Zeit haben sich folgende Persönlichkeiten dieser wissenschaftlichen Opposition angeschlossen: Alfred Lotka von der John-Hopkins-University und Eugene Odum, der als einziger unter den Ökologen eine physiologische Sichte der Ökosysteme vertritt; der Limnologe G. Evelyn Hutchinson und der Paläoontologe Heinz A. Lowenstam...; der britische Meeresforscher und A. Redfield und der schwedische Geochemiker L.G. Sillén. Sie aller erkannten den bedeutenden Anteil des Lebens an der Entwicklung seiner Umgebung. Das Gros der Geologen bezieht jedoch eine aktive Beteiligung lebender Organismen in die Theorien über die Evolution der Erde nicht ein.

(321p56-57)

Im Gegensatz zu dieser Gruppe geologischer Abweichler weigern sich die meisten Biologen anzuerkennen, dass die Evolution der Arten eng mit der Evolution der Umgebung verknüpft ist. 1982 erschien p⁵⁷ beispielsweise das Buch *Evolution Now: a Century after Darwin*, eine von John Maynard herausgegebene Sammlung von Aufsätzen renommierter Biologen zu den kontroversesten Standpunkten in der Evolutionsbiologie. In der ganzen Sammlung wurde nur ein einziges Mal (und auch dort nur sehr verschwommen) die Lebensumwelt erwähnt, und zwar in einem Aufsatz von Stephen J. Gould. Dort heißt es: ‘Organismen sind keine Billardkugeln, die von der Queue der natürlichen Selektion mit deterministischem Effet getroffen wurden und daraufhin auf dem Tisch des Lebens in ihre optimalen Positionen rollen. Sie nehmen vielmehr auf interessante, komplexe und nachvollziehbare Weise auf ihr eigenes Schicksal Einfluss. Diese Auffassung von Organismus müssen wir in die Evolutionsbiologie integrieren.’

Der einzige mir bekannte Biologe, der außer Lynn Margulis die Umgebung in die Betrachtung des Lebens miteinbezogen hat, ist J.Z. Young. 1971 kam dieser hervorragende Physiologe völlig unabhängig von uns in einem Kapitel des Buches *An Introduction to the Study of Man* über Homöostase zu dem Ergebnis: ‘Das Gefüge, das intakt gehalten wird und von dem wir alle ein Teil sind, ist nicht das Leben eines Einzelnen von uns, sondern letztlich die Gesamtheit von Leben auf diesem Planeten.’ J.Z. Youngs Sicht schafft eine Verbindung zwischen der Gaia-Theorie und der allgemeinen Wissenschaftsmeinung. Die Gaia-Theorie ermöglicht es mir, die Erde und das Leben auf ihr als ein System zu betrachten. Dieses System ist imstande, die Temperatur und die Beschaffenheit der Erdoberfläche so zu regulieren, dass sie für lebende Organismen eine Existenzmöglichkeit bietet. Die Selbstregulierung ist ein aktiver Prozess, der durch die vom Sonnenlicht ausgehende freie Energie in Gang gehalten wird.”

In den frühen Siebziger Jahren wurde die Gaia-Hypothese vollkommen ignoriert; die kritische Auseinandersetzung begann erst Ende der Siebziger.

(321p58)

Kritik von W. Ford Doolittle (1979): Evolution durch natürliche Auslese könne nicht zu ‘Altruismus’ globaler Größenordnung führen. Ähnlich Richard Dawkins in *The extended Phenotype* (1982). In der “mikroskopischen Welt” schien es den Evolutionsbiologen “undenkbar, die ‘eigennützig’ Interessen lebender Zellen aus der Distanz des Planeten heraus zu erklären. Die Regulierung der Atmosphäre durch mikrobisches Leben zu postulieren, schien diesen qualifizierten und engagierten Biologen ... absurd.”

Lovelock nahm diese Kritik offenbar ziemlich ernst:

“Ich bin beiden zu Dank verpflichtet. Sie haben deutlich gemacht, dass wir zuviel als selbstverständlich angesehen hatten und dass Gaia eine stabile theoretische Grundlage brauchte.”

Exkurs: Wo greift die Selektion an? Noch lange kein entschiedener Streit!

Nicht doch! Natürlich braucht “Gaia eine stabile theoretische Grundlage” – wie die gesamte Biologie, Evolutionstheorie eingeschlossen. Doch der wissenschaftlich ernstzunehmende Kritiker muss gefälligst ein konstruktives Misstrauensvotum einbringen, um eine wissenschaftliche Theorie (Ideologie, Metaphysik pipapo) zu stürzen.

Die atomistische Ideologie ist angesichts des Lebens höchstens gut für Fußnoten.

Doolittles Kritik ist in erster Linie nicht Gaias Problem, sondern das von Dawkins und Konsorten! Palmström ist hier kein Argument! Schließlich reden wir über empirische Befunde, die als “zufällig” zu bezeichnen ein schwerer Fall von Zahlenblindheit ist. Seriöse Wissenschaft bietet entweder eine alternative Erklärung an oder publiziert nicht. Die Erklärung realer Befunde wegen “Undenkbarkeit” oder “Absurdität” zu verwerfen, ohne eine bessere anbieten zu können, ist Todsünde wider den wissenschaftlichen Geist.

*Aber allemal bequemer als zuzugeben, man sei **prinzipiell** auf dem falschen Dampfer. Das Leben, dessen Evolution Dawkins beschreibt, gibt es nicht und wird es nie geben. Der Kardinalfehler ist die metaphysische These, Lebewesen würden getrennt existieren, daher sei ein Gegensatz zwischen Altruismus und Egoismus zu konstruieren. Die DNS wird grotesk verabsolutiert, so dass Lebewesen nur noch als Anhängsel erscheinen. Doch der ganze schmutzige Rest der Welt erst entscheidet, was die DNS **bedeutet** – und auf die **Bedeutung** kommt es an, nicht auf die Buchstaben. Die **Bedeutung**, die konkrete Information für die gesamte Biosphäre (mehr als der Phänotyp) wird selektiert, und das ist ein – wie sagt Lovelock so schön – **kolligativer Vorgang**.*

‘Egoistische Gene’, die wissen, was für gut für sie ist, müssten die Umwelt sorgfältig manipulieren, um dort etwas zu ‘bedeuten’. Sie treiben Politik. Doch die Metapher vom politisch aktiven Gen ist genauso daneben wie die vom egoistischen. Viel ist daran nicht zu retten. Gene sind für sich genommen gehaltsleere Datenträger begrenzter Kapazität – jedwede anthropomorphe Projektion auf die Gene – der klebrige Kern der ganzen Soziobiologie – geht einfach ins Leere.

Dawkins’ Ansichten werden “unter praktizierenden Biologen” so sehr belächelt, dass Steven Rose (427p¹¹) sich regelrecht entschuldigt, ihnen überhaupt entgegenzutreten: “Sie sind viel zu einflussreich, als dass Biologen es sich leisten können, sie zu ignorieren.”

Die im Folgenden referierte Ablehnung von Gaia ist sichtlich ideologisch motiviert, und die Gegenargumente kindisch und irrational. Solche pseudowissenschaftliche Kritik verkennt den Umstand, dass die antiteleologische Metaphysik zur ‘negativen Heuristik’ eines bestimmten, in seinen Grenzen erfolgreichen Forschungsprogramms gehört, dieses Forschungsprogramm aber nur solange Vorrang genießt, wie es die metaphysische Konkurrenz an empirischem Gehalt übertrifft. Und ein ‘empirischer Gehaltsüberschuss’ der finalen Konkurrenz ist zumindest angesagt (wenn auch noch nicht ausgespielt, d.h. ‘empirisch bewährt’), wenn diese Tatsachen erklärt, welche der kausale Ansatz nicht erklärt. Schlimm für die Kausalität! Die ‘Kausaliker’ dürfen dann nicht dogmatisch auf Apriori-Geltung pochen, sondern sollten gefälligst zeigen, wie sie solche üblen Teleologizitäten kausal beschreiben können, und solange dies nicht gelungen ist, kleinlaut bleiben und besser nicht publizieren.

Tatsächlich fühlt sich Lovelock dem kausalmechanistischen Weltbild genug verpflichtet und ist so nett, den Kausalisten ihr Weltbild zu retten – auch angesichts solcher kindischer Einstufungen durch “viele Wissenschaftler”, die ihm ohnehin nicht zuhören:

“Viele Wissenschaftler stuften Gaia als eine teleologische Weltsicht ein, die Vorausschau und Planung der Lebewesen der Lebewesen bedingen würde. Aber

wie in aller Welt sollten die Bakterien, die Bäume und die Tiere eine Konferenz einberufen, um die optimalen Lebensbedingungen festzulegen? [?!¹] Wie könnten Organismen den Sauerstoffanteil der Luft bei 21 % halten und die durchschnittliche Temperatur bei 20⁰ C? Weil diese Wissenschaftler keinen Steuerungsmechanismus für die Planeten sahen, leugneten sie seine Existenz und brandmarkten die Gaia-Hypothese als teleologisch.[!²] Das aber war eine unwiderrufliche Verdammnis. Teleologische Erklärungen sind im akademischen Bereich eine Sünde wider den Geist wissenschaftlicher Vernunft; sie stellen die Objektivität der Natur in Frage.[?³]

[?!¹] *‘Aber wie in aller Welt sollten die Planeten, die Sonne und die Meteoriten eine Konferenz einberufen, um die einvernehmliche Befolgung der (kausal oder final lesbaren) dynamischen Gleichungen Newtons zu beschließen?’ Auf solch enormem Niveau kaspern die Kritiker herum!*

[!²] *Etwas **nicht** erklären zu können oder zu wollen, ist keine wissenschaftliche Argumentation.*

[?³] *Objektivität der Natur und die Kategorien ‘Finalität’ und ‘Kausalität’ haben nichts miteinander zu tun. Dass die Natur ‘objektiv kausal’ sei, ist unhinterfragte anthropomorphe Projektion – das ist Sünde wider die wissenschaftliche Vernunft! Richtig ist, dass der Kausalmechanismus in der Physik von hohem kognitiven Nutzen ist und empirisch gut bewährte Wissenschaft. Falsch ist, dass dies andere Metaphysiken auf ewig aus dem Rennen wirft. Vor allem in der Evolutionsbiologie ist das Rennen nach über 100 Jahren Bewährungsfrist offener denn je; denn die darwinistischen Erklärungen erleichtern uns zwar psychologisch, weil sie ein schmerzhaftes Vakuum ausfüllen, aber ein kognitives Surplus für die Biologie ist nicht erkennbar. Zu welchen neuen Entdeckungen und Erfindungen hat der ständig herumgeschleppte mechanistische Aspekt der Evolutionstheorie geführt? Hat er nicht eher welche verhindert? Er ist bislang nichts als ein Lückenbüßer, den der begabte Biologe regelmäßig vor die Tür schickt, wenn er Entdeckungen machen will (dann denkt er nämlich teleologisch!)*

Im Raume steht doch folgender empirischer Befund: (beispielhaft neben vielen weiteren)

1. *Dass die irdische Atmosphäre so fernab des thermodynamischen Gleichgewichts ist, ist (‘kausale’) Folge des Lebens.*
2. *Dieser höchst unwahrscheinliche Zustand ist langfristig stationär (Homöostase), warum auch immer;*
3. *Das Leben auf der Erde ist genau an diesen Zustand angepasst.*

Solange die Evolutionsbiologen diese Tatsachen-Trias als ‘kontingent’ beschreiben, als ‘zufällig’, weil, sonst wäre es eben nicht so gekommen, wie es eben gekommen ist – solange besitzt jede – jede! – Erklärung, auch die weithergeholteste, höherem empirischen Gehalt; weil Etwas mehr ist als Nichts. Da wäre – Gott behüte! – sogar der Kreationismus oder Leibnizens prästabilisierte Harmonie ‘wissenschaftlicher’. Wenn die Evolutionsbiologie hie und da wieder die Kreationisten auf dem Hals hat, hat sie es sich selber zuzuschreiben.

Alles die üble Folge des metaphysischen Aberglaubens, es gäbe ‘da draußen’, ‘objektiv’, so etwas wie Kausalität. Aber die Speisekarte ist nicht die Mahlzeit! Kausalität ist zuerst einmal eine evolutionär erworbene, an gewisse Aspekte der Wirklichkeit angepasste Erklärungskategorie in erster Linie für den sozialen Bereich: von den ‘Gründen’, die wir für unser Verhalten haben, schließen wir erfolgreich auf die Gründe der anderen; dies erlaubt Vorhersagen des Verhaltens anderer Lebewesen und erfolgreicher Agieren. Aber darum hat ‘die Natur’ noch keine ‘Gründe’ – genausowenig wie ‘Zwecke’! Oder sind wir alle naive Animisten?

Lovelock konstatiert “unbedachte Verwendung” des “verschwommenen Begriffs ‘Anpassung’” durch die Gaia-Kritiker und hilft ihnen auf die kausalen Sprünge:

Anpassung

erfolgt in zwei Richtungen: (1) *Leben an Umwelt* – (2) *Umwelt an Leben*. Jede Selektion wirkt darum zweiseitig; Dawkins & Co argumentieren einseitig und darum falsch. Sozialpädagogisch höchst wertvoll, seine Gegner dort abzuholen, wo sie stehen: bei ihrer abergläubisch mit Wissenschaftlichkeit verwechselten kausalmechanistischen Metaphysik. Wissenschaftlich reife, keiner besonderen Metaphysik für ihr existenzielles Sicherheitsgefühl bedürftige Menschen kann man darauf hinweisen, dass Lovelocks Argumentation – Daisyworld inklusive – weder auf eine kausale oder finale Metaphysik angewiesen, noch derselben verpflichtet ist, und schon gar nicht auf eine Entscheidung zwischen den beiden. Das ist alles nur eine Frage der Bequemlichkeit (zu deutsch: Konvenienz) – wie die newtonsche Mechanik: final, kausal, scheisseegal! →GP-39

“Das Leben hat sich nicht an eine unbeteiligte Welt angepasst, die dem leblosen Wirken der Chemie und Physik ausgeliefert war. Wir leben in einer Welt, die unsere früheren und neueren Vorfahren aufgebaut haben und die von den heutigen Lebewesen fortwährend erhalten wird. Organismen passen sich in einer Welt an, deren materieller Zustand durch die Handlungsweise ihrer Nachbarn bestimmt ist. Das aber bedeutet, dass die Veränderung der Umgebung mit dazu gehört. Eine andere Ansicht würde auch voraussetzen, dass die Evolution ein Spiel mit Regeln war, vergleichbar mit Cricket oder Baseball, und dass diese Regeln eine Veränderung der Umwelt untersagten. Wenn in der realen Welt ein Organismus den materiellen Zustand seiner Umgebung durch seine Handlungsweise zu seinem Vorteil [und zur Erhöhung der Bedeutung seiner Gene!] verändert und sich infolgedessen häufiger fortpflanzt, dann wird sowohl die Art als auch die Veränderung zunehmen, bis ein neuer stabiler Zustand erreicht ist. In einem beschränkten, lokalem Bereich ist Anpassung ein Mittel für Organismen, mit ungünstigen Umweltbedingungen zurechtzukommen, auf planetarer Ebene jedoch ist die Verbindung zwischen Leben und Umgebung so eng, dass die Vorstellung von ‘Anpassung’ dazwischen glatt zerdrückt wird. Die Evolution der Gesteine und der Luft und die Evolution der Lebewesen sind nicht voneinander zu trennen.”

(321p74)

“Die überzeugendste Kritik an der Gaia-Theorie besagt, dass es eine planetare Homöostase durch und für lebende Organismen nicht geben könnte, da sie den Aufbau einer Kommunikation unter den Arten und die Fähigkeit zu Vorausschau und Planung bedinge. Diese Kritik bedeutete für mich sowohl Herausforderung als auch Hilfe. Die Kritiker aber hatten sich nicht mit den Beweisen [nicht mal mit den Befunden!] auseinandergesetzt, die ihnen als Fakten vorliegen: Die Erde hat trotz erheblicher Erschütterungen ein für das Leben günstiges Klima aufrechterhalten, und die Zusammensetzung der Atmosphäre ist heute trotz der chemischen Unverträglichkeit ihrer einzelnen Gase stabil.”

Es handelt sich um die klassische Kritik ex ignorantia, auch Palmströms Gesetz genannt: Tatsachen sind zu leugnen (oder auf Gott oder Zufall zu schieben), weil sie aus den dogmatischen Grundsätzen des Kritikers nicht ableitbar sind, oder zu Annahmen führen, die diesen Grundsätzen widersprechen.

In diesem Falle scheint der Fall aber noch schlimmer. Dass Lebewesen miteinander viel mehr und intensiver kommunizieren, als die Biologie bisher weiß, sollte unabhängig von irgendwelchen Gaia-Thesen sowieso jeder denkende Mensch unterstellen. Schon die bisher bekannte Kommunikation ist für jeden, der auch nur laienmäßig über Kybernetik oder Synergetik (208) informiert ist, ein Argumentat pro und nicht kontra! Anscheinend ist für derartige Ignoranten schon ein simpler Regelkreis des teologischen Teufels.

Unterstellen wir mal das Zutreffen der grotesk anthropomorphen Projektion der Kritiker, Bakterien, Pflanzen und Tiere würden im planetaren Homoöstate-Rat nach Menschenart palavern, Gutachten beauftragen, planen, Maßnahmen beschließen und ihre Durchführung an alle ‘lebende Organismen’ delegieren – dann wäre die Erde schon

lange mausetot. So (und auch nicht annähernd ähnlich) kann Gaia nicht funktionieren! Wir können ja nicht mal unsere nationale Wirtschaft 'planen' (nicht als ob es nicht versucht worden wäre). Wohl nur aus pädagogischen Gründen nimmt Lovelock diese kindisch unqualifizierte Kritik ernst.

Final, kausal, scheißegal →GP-39 →Ev-87

(321p61) Lovelock hält den "Vorwurf der Teleologie" für falsch, nimmt ihn aber sehr ernst. *Und es gibt tiefere, wissenschaftstheoretische und moralische Gründe, als die oben angeführten, die diese Kritik auf die Kritiker zurückfallen lassen.*

Denn auch der Evolutionstheorie könnte man diesen "Vorwurf" machen. Tatsächlich arbeiten sich Zweidrittel aller evolutionsbiologischen Texte daran ab, den sich immer wieder neu erhebenden, überwältigenden Anschein der Teleologie abzuwehren. Dabei ist aristoteleologisches Denken in der Biologie einfach ein prima Analyse-Instrument; das Unglück beginnt, sobald man sich in der Metaphysik versteigt und unbefugt auf die ontologische Ebene gerät.

Ob man jetzt regulative Funktionsmodelle für Gaia formuliert, Bewegungsgleichungen für Massepunkte, chemische Reaktionen oder neuronale Netze: ohne viel am Inhalt zu ändern, ließen sich Begriffe wie 'Grund' und 'Zweck' austauschen (mutatis mutandis); wissenschaftlich streng genommen, sind beides Begriffe der Beschreibung, Redeweisen, Definitionsachen wie 'oben' und 'unten', 'plus' oder 'minus', 'vorne' und 'hinten'.

Dass Zweck und Ursache vertauschbar sind, ist ironischerweise geradezu konstitutiv für den mechanistische Weltansicht und hängt mit der Zeitumkehrbarkeit zusammen. Die Gleichungen der Mechanik (und viele Analogien) bezeichnen lediglich einen Zusammenhang in der Zeit, ohne eine Richtung zu bevorzugen (kein 'Zeitpfeil'). Jedwede 'Ursache' für eine Bewegung ist vom Experimentalisten willkürlich festgelegt; die Gleichungen beschreiben ein System von Ewigkeit zu Ewigkeit, und sie können rückwärts wie vorwärts gelesen werden: jeder Zustand impliziert über die Gleichungen alle anderen; niemals ist ein bestimmter Zustand der 'Grund' für einen bestimmten anderen oder umgekehrt.

Es gibt auch abseits der Zeitumkehr eine 'streng finale' Beschreibung der Mechanik, die eine Zeit lang sogar mit allem metaphysischen Ernst verfochten wurde: Maupertuis' Extremalprinzip besagt, dass allen Veränderungen in der Natur so vor sich gehen müssen, dass die physikalische Größe 'Wirkung' ein Minimum wird. Leonhard Euler gelang es, aus dem maupertuisschen Prinzip die newtonschen Bewegungsgleichungen herzuleiten. (475p302)

(321p61-67) Um den Heißhunger der Wissenschaftler nach Funktionsmodellen der planetaren Selbstregulierung zu stillen, erfand Lovelock seine berühmten 'Daisyworld'-Modelle. p67 "Ich hatte sie lediglich als Antwort auf den Teleologie-Vorwurf Ford Doolittles und Richard Dawkins entworfen. Mit Daisyworld wollte ich nur zeigen, dass irgendein Umweltfaktor unseres Planeten, in diesem Fall die Temperatur, effektiv reguliert werden kann. Eine imaginäre Pflanzenwelt, die diese Regulierung übernahm, bedurfte dazu keinerlei Vorausschau oder Planung... Die Anschuldigung, die Gaia-Hypothese sei teleologisch, ist somit eindeutig widerlegt, die Hypothese ist insofern unbestritten."

Daisyworld Erstvorstellung in J. Lovelock, A. Watson (1983): The parable of Daisyworld, *Tellus*.

(321p63-64) Daisyworld ist ein Planet mit größerer Landfläche und weniger Meer als Erde, Größe, Sonnenabstand und Solarkonstante wie bei der Erde. Auf dem Land wachsen weiße und schwarze Gänseblümchen (daisy). p63 Wie auf der Erde, steigt die Solarkonstante in der angenommenen Simulationszeit von 60% auf 140% (allgemeines Charakteristikum der Sternentwicklung). Zustandsparameter des

Systems sind Durchschnittstemperatur T und Populationszahlen der diversen Gänseblümchenarten. ^{p64} Die Gesamt-Albedo und die einstrahlende Sonnenenergie bestimmt T (atmosphärische Effekte konstant gehalten). Albedo-Beitrag unbedeckter Boden=0,4; weiße Daisy=0,7, schwarze=0,2. Daisies überleben zwischen 5 und 40 Grad mit einem Maximum bei 20 Grad; ihre individuelle Temperatur errechnet sich aus T und der je absorbierten Sonneneinstrahlung.

In kalten Zeiten sind die schwarzen, mehr Wärme absorbierenden Daisies bevorteiligt, während die weißen eher erfrieren. Die schwarzen nehmen zu; das verringert die Albedo und die damit abgestrahlte Wärme, so dass die Durchschnittstemperatur steigt. Davon profitieren mehr und mehr die weißen Daisies, deren Zunahme wiederum die Albedo erhöht und die Temperatur senkt. Dies spielt sich schnell auf einen für beide Arten optimalen Wert ein, der bei ansteigender Gesamt-Sonneneinstrahlung immer eingeregelt wird. Die kalte Urzeit ist die große Zeit der schwarzen Daisies; am modernen Ende dominieren die weißen, die verzweifelt versuchen, die zunehmende Sonnenwärme via Reflektion loszuwerden, bis das Regelsystem überlastet zusammenbricht. Innerhalb dieser Regelgrenzen bleibt jedoch die Temperatur immer nahe dem Optimum eingeregelt.

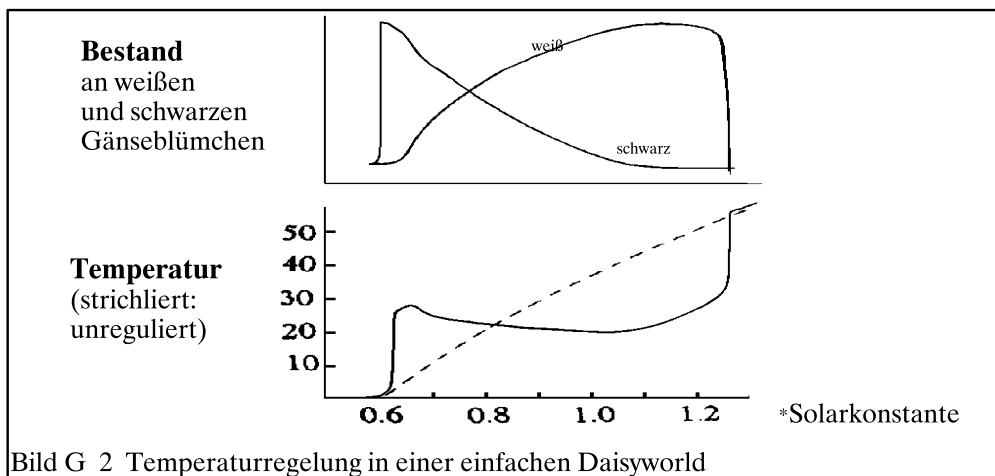
(321^{p66})

Bild G 2 Temperaturregelung in einer einfachen Daisyworld

Was ist Leben?

“Was ist Gaia also? Wenn die reale Welt, die wir bevölkern ein selbstregulierendes System entsprechend dem Daisyworld-Modell ist, und wenn das Klima und die Lebensumwelt, die wir genießen und nach eigenem Gutdünken in Anspruch nehmen, ein selbsttätiges, nicht aber zweck- und zielgerichtetes System darstellen, dann ist Gaia die umfassendste Erscheinungsform von Leben überhaupt.

(321^{p67-68})

Zu dem eng verknüpften System von Leben und seiner Umgebung, zu Gaia also, gehören:

1. Lebende Organismen, die alle Möglichkeiten, die ihnen ihr Lebensumfeld bietet, zu kraftvollem Wachstum nutzen.
2. Organismen, die den darwinschen Gesetzen der natürlichen Selektion unterworfen sind: die Art von Organismen, welche die zahlreichste Nachkommenschaft hervorbringt, überlebt.
3. Organismen, die ihre physikalische und chemische Umgebung beeinflussen. So wie Menschen und Tiere tun, die die Atmosphäre ^{p68} durch ihr Atmen verändern: sie nehmen Sauerstoff auf und geben Kohlendioxid ab. Pflanzen und Algen machen es genau umgekehrt. Alle Formen von Leben verändern ihre physikalischen und chemische Umgebung, und sie haben dazu zahlreiche Wege und Möglichkeiten geschaffen.
4. Das Vorhandensein von zwingenden Voraussetzungen oder Beschränkungen, die die Grenzen von Leben bestimmen. Es kann zu heiß sein oder zu kalt; der Idealsus-

tand liegt dazwischen: eine als angenehm empfundene Wärme. Etwas kann zu sauer sein oder zu basisch; erwünscht aber ist Neutralität. Bei fast allen chemischen Stoffen gibt es einen Bereich von Konzentrationen, die vom Leben toleriert oder benötigt werden. Für viele Elemente wie Jod, Selen oder Eisen gilt: Zu viel ist giftig, zu wenig führt zu Mangelerscheinungen. Reines, steriles Wasser nützt ebenso wenig wie die gesättigte Salzbrühe des Toten Meeres.

(321p69)

“Wenn wir Leben durch das Gaia-Teleskop [besser: *Makroskop*] betrachten, sehen wir es als eine Erscheinung planetarer Größenordnung mit kosmologischer Lebensdauer. Gaia als die unfassendste Erscheinungsform von Leben unterscheidet sich von anderen lebenden Organismen der Erde, so wie Sie und ich uns von einem Stamm lebender Zellen unterscheiden.

Irgendwann am Anfang der Geschichte der Erde, als noch kein Leben existierte, entwickelten sich das Festland, die Atmosphäre und die Ozeane noch ausschließlich nach den physikalischen und chemischen Gesetzen. Es war eine rasende Talfahrt hin zu dem leblosen, unveränderlichen Zustand eines Planeten, der sich in einem annähernden Gleichgewichtszustand befindet. Bei ihrer wilden Jagd durch die verschiedenen chemischen und physikalischen Zustandsbereiche landete die Erde auch auf einer Stufe, die günstige Bedingungen für das Leben bot. In einem besonderen Augenblick dieses Stadiums wuchsen die neugebildeten, lebenden Zellen in einem solchen Maß, dass ihr Vorhandensein den Erdraum beeinflusste. Die Sturzfahrt ins Gleichgewicht stoppte. An diesem Punkt verschmolzen Lebewesen, Steine, Luft und Meere zu einem neuen Gebilde – Gaia.”

“Nach den Meteorologen und Klimatologen interessierten sich am meisten die Geologen und Geochemiker dafür. Die Biologen ignorierten die Modelle bis auf wenige Ausnahmen, oder sie standen ihnen wie gewohnt skeptisch gegenüber.”

Die Biologen brachten ihr bekanntes Dogma von der Konkurrenz einzelner Arten, die jeden Anflug von Altruismus alsbald bestrafe: die farbstarken Gänseblümchen müssten in der realen Welt einen Teil ihrer Energie zur Pigmentierung aufbringen und wären daher gegenüber den grauen benachteiligt: “Die grauen würden falsch spielen”, diese würden die Reguliererblümchen verdrängen, und so fände keine Temperaturregulierung statt. Ein von grundlegenden Unkenntnissen über dynamische Systeme zeugende anthropomorphe Projektion, die sich – natürlich – anhand eines geeigneten Modells schnell als unpassend erweist.

Dazu genügte simples Nachdenken, aber schön, dass sich in einer mathematikgläubigen Welt konstruktive Gegenbeispiele zum Egoismus-Dogma in Form mathematische Modelle angeben lassen. Aufgrund meiner Erfahrung mit der Simulation neuraler Netze weiß ich, dass das auf viele Arten und zwanglos geht; so Systeme mit ‘Hemmung’ (bzw. begrenzten Existenz-Intervallen) sind robust und hängen fast gar nicht von der individuellen Form der Kennfunktionen ab, wenn Sättigung vorliegt (endliche Randbedingungen). Es finden sich viele für eine Evolution günstige Realisierungen. Es muss also nicht gezeigt werden, dass es immer geht: wenn eine Art tatsächlich einmal durch ihren Egoismus das Regulierungssystem eines Planeten an die Wand des Extrems fährt, erleiden alle Arten einen Rückschlag außer den für dieses Extrem gerüsteten ‘Altruisten’, die brav die Suppe auslöffeln.

Wobei niemals garantiert ist, dass der Prozess nicht auch einmal ganz abbricht; in Lovelocks Modellen ist das sogar fest vorgesehen. Eine Bestandgarantie für gewisse Arten (z.B. homo sapiens sapiens) ist also nicht gegeben, im Gegenteil: Wer keinen Platz mehr findet im Regelkreis, fliegt bei der nächsten Katastrophe raus. Metaphysischen Trost oder sonstigen heteronomen Optimismus kann man aus der Gaia-Theorie nicht saugen.

(Diese falsche Schlussfolgerung haben anscheinend sowohl Öko-Opimisten wie -Pessimisten mit je unterschiedlicher Bewertung gezogen.)

- (321p76-77) Lovelock baut ein Modell mit drei Arten von Gänseblümchen: weißen, grauen und schwarzen, wobei die weißen und die schwarzen eine sie benachteiligende “Wachstumssteuer” zur Pigmentherstellung aufgebracht bekamen, und stellte “mit Genugtuung” fest, “dass die zynische Weltsicht der p77 Biologen durch dieses neue Modell keinerlei Bestätigung erfahren hat”: “Den grauen Blumen nützt es fast nichts, dass sie keine Energie zur Pigmentbildung aufbringen müssen, wenn ihre Welt zu heiß oder zu kalt für ein Wachstum ist. Dunkle Gänseblümchen jedoch gedeihen bei Kälte, weiße bei Hitze. Den grauen geht es in gemäßigttem Klima und dann, wenn keine Regulierung notwendig ist, am besten.”
Sonst bleibt im wesentlichen alles wie gehabt.

Gaias empirischer Gehaltsüberschuss

- (321p75-76) Daisyworld, ursprünglich nur die simple Antwort auf eine dumme Kritik, erwies sich sich “als eine Quelle des Verständnisses und eine Fundgrube von Lösungen auf Fragen zur theoretischen Ökologie und zum Darwinismus wie auch Fragen zu Gaia. Ein bedeutender Vorteil des Modells liegt darin, dass es auch mathematischen Ansprüchen genügt.” Die simulierte Artenvielfalt sei nur durch Computerkapazität und Geduld des Programmierers begrenzt. Die Rückkoppelung durch das Lebensumfeld schein das System von Differenzialgleichungen zur Darstellung von Wachstum und Konkurrenzkampf unabhängig von den Einzelkomponenten stabil zu sein. p76 Diese Stabilität sei unabhängig von der Wahl bestimmter Anfangswerte oder Parametern und sehr allgemein anwendbar.
- (321p78) Ein 20-Gänseblümchen-Modell mit gleichmäßigen Abstufungen von dunkel zu hell ergibt im wesentlichen dasselbe Bild, aber ‘neue Tatsachen’ beginnen hervorzutreten, anderen Orts verzweifelt gesucht und höchst erwünscht.
 “Wenn die Belastung am geringsten ist, weist das Ökosystem seine größte Verschiedenartigkeit auf. Die größte Artenvielfalt stellt sich also dann ein, wenn die Sonnenwärme für das Wachstum ideal ist und sich die Pflanzen nicht um eine Temperaturregulierung zu bemühen brauchen. Steht das System aber unter Belastung, etwa zu Beginn der Entwicklung oder zum Zeitpunkt seines Niedergangs, ist seine Vielfalt am geringsten. Die Population besteht dann fast gänzlich aus den dunkelsten oder hellsten Arten. Der Vorteil liegt in solchen Zeiten tatsächlich bei den dunkelsten oder hellsten, nicht bei den grauen.”

Bedeutung *Damit ist der (Überlebens-)Wert der Gene keinesfalls konstant, und die Bedeutung der Gene, ihre Interpretation durch die gesamte Ökosphäre, ist wichtig. Ob Pigmentierungsgene gut oder schlecht sind, ob sie ihrem Träger eher nützen oder schaden, hängt hier davon ab, ob die für die Pigmentierung aufgewandte Energie sich für das Einzelindividuum rentiert. In wohltemperierter Umgebung ist Pigmentierung tatsächlich ein kleiner Nachteil, aber mit der Abweichung von der Normtemperatur wächst der individuelle Vorteil, und die egoistischen ‘Müßiggänger’ werden beiseite geschoben zugunsten der ‘extremen Typen’, wo individueller und kollektiver Vorteil gerade übereinstimmen. Was immer vom Gesamtsystem abhängt. (Wobei also zu bedenken wäre, ob die ‘graue’ Population nicht etwas hat, das Katastrophenfällen anderen Typs von Bedeutung ist.)*

- Das Modell wurde entworfen ohne Kenntnis der theoretischen Ökologie, jenes Zweiges der mathematischen Biologie, der sich mit den Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Arten eines Ökosystems befasst.
- (321p80-81) “In den Zwanziger Jahren stellten die mathematischen Biologen Lotka und Volterra ihr berühmtes Modell von dem Konkurrenzkampf zwischen Kaninchen und Füchsen”, das nach Lovelocks Beschreibung genau der logistischen Parabel entspricht, mit dem bekannten Verhalten: endliche Grenzyklen oder Chaos, aber keine Rückkehr ins Gleichgewicht. →A7 (Seite 114).

Solche Populationszyklen oder chaotische Verhalten wird gelegentlich tatsächlich beobachtet, aber meist an “kranken oder von Menschen geschaffenen Ökosystemen”, “Dort gibt es nur wenig Haupt-Arten, und nur zwei davon werden für gewöhnlich zur Beobachtung^{p81} ausgewählt (Z.B.: Schädlinge befallen die Pflanzen einer landwirtschaftlichen Monokultur oder: eine Bakterienerkrankung bei Tieren oder Pflanzen). In diesen Zwei-Arten-Beispielen sind die Populationen entweder einen periodischen Kreislauf unterworfen” oder schwanken chaotisch.

Chaos ist oft begründet in zuwenig Komplexität; je komplexer ein System, umso höher die Wahrscheinlichkeit der Stabilisierung. Erinnert an meine jugendlichen Versuche zur Konstruktion von Pseudozufallsgeneratoren: je komplizierter, desto leichter ‘entarteten’ diese und lieferten äußerst ‘langweilige’ Zahlenfolgen... Die besten Generatoren haben eine ganz einfache Struktur.

Und hier zeigt sich der bewährte empirische Gehaltsüberschuss von Daisyworld:

“Nicht erklären konnten bislang weder diese ökologischen Modelle noch die theoretische Ökologie überhaupt die große Stabilität von natürlichen, komplexen Ökosystemen wie der tropischen Regenwälder oder Darwins pflanzenüberwucherter Böschung, ‘auf der wilder Thymian blühte, Schlüsselblumen wuchsen und das nickende Veilchen.’

Zum Ausgleich der Unzulänglichkeiten experimentierten die Ökologen mit einer “wohlgegliederten Hierarchie von Arten”, einem “Nahrungsgefügen” in “Form einer Pyramide, deren Spitze der größte Beutemacher mit der kleinsten Population bildete, beispielsweise der Löwe”, mit zunehmendem Bestand in Richtung Basis mit den “zahlreichen Grundstoffherstellern, die das ganze System mit Nahrung versorgen”.

(321p81-82)

“Trotz jahrelanger Bemühungen und ebensoviel Computerzeit erzielten die Ökologen keinen wirklichen Fortschritt in dem Versuch, das Modell eines komplexen, natürlichen Ökosystems wie das des tropischen Regenwalds oder des dreidimensionalen Ökosystems des Meeres zu entwerfen. Die Modell der theoretischen Ökologie vermögen die offenkundige Stabilität dieser riesigen natürlichen Systeme nicht in mathematischen Kategorien zu beschreiben.”

Dynamische Stabilität

Robert May:

“Die Mehrzahl von mathematischen Modellen bei dieser Art Forschungen zeigt auf, dass ein System immer brüchiger wird, je komplexer es sich in dem Sinn einer größeren Artenvielfalt und einer^{p82} komplizierten Struktur gegenseitiger Abhängigkeiten präsentiert . . .

In der Mathematik gilt aber der allgemeine Grundsatz, dass ein System mit wachsender Komplexität eher immer brüchiger als stabiler wird.’

Cum grano salis! Es kommt auf den Typ des Systems an – wie ja das Gaia-Modell (und neuronale Netze) zeigen. Natürlich gibt es in Gaia und im Großhirn Aufruhr und epileptische Anfälle; diese sind aber die Ausnahme.

(321p82)

“May schreibt weiter:

“Das besagt aber noch nicht, dass komplexe Ökosysteme in der Natur notwendigerweise weniger stabil erscheinen als einfache. Ein komplexes System in einer Umwelt mit wenig vorhersehbaren Schwankungen hat wahrscheinlich die gleichen Überlebenschancen wie ein einfaches System in einer Umwelt mit vielen solchen Fluktuationen. Beiden ist die dynamische Stabilität zu eigen, die zu ihrer Umwelt passt... Eine wichtige allgemeine Erkenntnis ist jedoch, dass große und beispiellose Erschütterungen, die der Mensch hervorgerufen hat, sich auf komplex Ökosysteme traumatischer Auswirken als auf einfache. Das widerlegt diese zwar gut gemeinte, aber letztlich naive Ansicht, dass ‘Komplexität Stabilität erzeugt’ und den dazugehörigen Standpunkt, komplexe Systeme als Puffer gegen dem Men-

schen abträgliche Situationen zu erhalten oder sogar aufzubauen. Meiner Meinung nach sind die derzeit bedrohten komplexen natürlichen Ökosysteme in den Tropen und Subtropen weniger widerstandsfähig gegen unsere Eingriffe als die relativ einfachen in den gemäßigten und nördlichen Zonen.'

Dieser Einwurf erkennt die Stabilität komplexer Ökosysteme in der realen Welt an. Es bleibt dennoch der Eindruck bestehen, dass Artenvielfalt ia einen Nachteil darstellt und und die Natur sich einfach über die eleganten mathematischen Lösungen der theoretischen Biologie hinwegsetzt und irgendwie falsch spielt.

Natürlich hätte ich nie das alberne Modell mit den 20 Gänsefüßchen versucht, wenn mir dieses Werk schon damals bekannt gewesen wäre. Glücklicherweise entstammte ich jener Wissenschaftsschule, in denen man die Bücher nach einem Experiment liest und nicht davor. Was verleiht denn eigentlich den Daisyworld-Modellen ihre große Stabilität und was bewahrt sie vor diesen zyklischen und chaotischen Prozessen? Die Antwort ist, dass es in Daisyworld ^{p83} niemals ein unkontrolliertes Wachstum der Arten geben kann. Käme es dennoch dazu, würde sich das Lebensumfeld verschlechtern und das Wachstum würde zurückgehen. Desgleichen kann sich die physikalische Umgebung nicht verschlechtern, solange die Gänseblümchen existieren. Dafür sorgt das reaktive Wachstum von Pflanzen der entsprechenden Farbe. das enge, gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis hält Blumenwachstum und planetare Temperatur in Schranken und bewirkt das Funktionieren des Modells. Vielleicht ist es eine Entsprechung unserer eigenen Erfahrung, nämlich dass eine Familie oder Gesellschaft mit strengen, aber richtig angewandten Regeln besser zurechtkommt als eine mit schrankenloser Freiheit."

Das müssen vor allem solche Regeln sein, die den Einzelnen mit den Folgen besonders seinen exzessiven Tuns quasi automatisch konfrontieren. Im Kapitalismus heißt diese Regel: Kapital darf nie über einen bestimmten Betrag (gemessen am gesellschaftlichen Reichtum) wachsen; dann muss so etwa wie ein negativer Zins oder eine über 100%tige Einkommensteuer greifen, die das Wachstum begrenzt. Generell müssen die Regeln der Anarchie greifen, die extreme Schwankungen renormieren und dadurch dämpfen. klassisches Beispiel ist das Scherbengericht der Athener.

Es gibt da immerviele mögliche Realisierungen. Wichtig ist die möglichst sicher implementierte Kontrolle des Wachstums, das in der Natur (und auch der Daisyworld-Simulation) über die Berücksichtigung begrenzter Ressourcen sozusagen automatisch ergibt.

Katastrophen

(321p83)

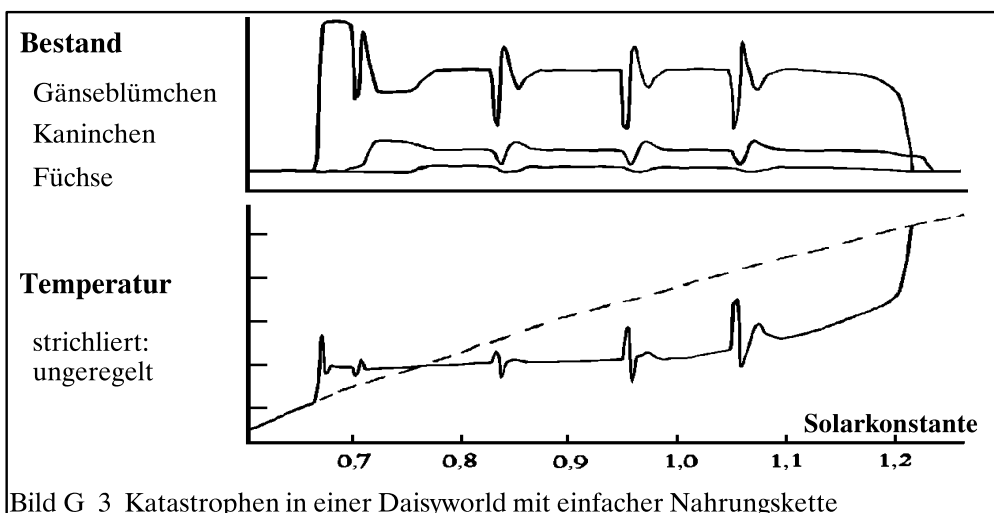


Bild G 3 Katastrophen in einer Daisyworld mit einfacher Nahrungskette

(321p84)

Zur Kontrolle der Stabilität wurden auf Daisyword Kaninchen ausgesetzt, die Gänseblümchen aßen, und Füchse, die wiederum die Kaninchen verzehrten – “so-

zusagen eine Kombination aus Daisyworld und dem Modell von Lotka und Volterra". Zwecks Überprüfung der Stabilität wurde das Modell viermal der Katastrophe ausgesetzt, dass 30% des Daisybestandes plötzlich abstarben (entsprechend einer plötzliche auftretenden Krankheit). "Bemerkenswerterweise beeinträchtigten weder das Einführen der Pflanzenfresser noch Krankheiten die Fähigkeit der Gänseblümchen, das Klima zu regulieren. Während des normalen Entwicklungsprozesses bleiben alle Bestände stabil und erholen sich umgehend wieder von den einschneidenden Störungen."

Gegen Ende, als die Störgröße (Zunahme der Solarkonstante) dem Ende des Regelbereichs nahekam, "wirken sich die Erschütterungen ... immer gravierender aus".

Tatsächlich sollten Realismus beanspruchende Modelle des irdischen Ökosystems gut daran tun, mit Katastrophen fertig zu werden. Es hat sie im Laufe der Erdgeschichte oft genug gegeben, allein schon durch Impakte aus dem Weltraum, aber auch hausgemachte:

(321p73-74)

"Eine Ummenge an historischem Beweismaterial lagert in den Gesteinen. Während seiner Existenz ist unser Planet von meteorit-ähnlichen Körpern (Planetesimale) getroffen worden. Nahezu 30 kleine Planeten mit einem Durchmesser von bis zu 16 km sind mit 60-facher Schallgeschwindigkeit auf der Erde aufgetroffen. Die bei diesen Einschlägen freiwerdende Energie war tausendmal so groß wie die Energie, die freigesetzt würde, wenn alle Nuklearmächte ihr gesamtes Waffenpotenzial auf einmal explodieren ließen. Bei solchen Ereignissen entstehen nicht nur Krater von 300 km Durchmesser; es können auch bis zu 90% aller lebenden mikroskopischen und makroskopischen Organismen zugrundegehen. Die Einschläge lassen die Erde wie eine Glocke erklingen, und das ^{p74} Echo eines solchen Ereignisses hallt, bildlich gesprochen, vielleicht noch eine Million Jahre oder mehr in den Systemen der Erde wider. Die Geschichte unseres Planeten ist gezeichnet von solchen Erschütterungen. Ihre Chronik gibt uns Aufschluss darüber, wie das System funktioniert, und über die Art und Weise, wie erneut der Zustand der Homöostase eingekehrt ist." Allein in Kanada finden sich 22 große Einschlagskratern in den älteren Oberflächengesteinen. (Abb.p73) Es sieht dort aus wie in einer Mondlandschaft. Auf den meisten Festlandsgebieten und auf dem gesamten Meeresboden haben jedoch Verwitterung und die Verbreiterung des Meeresbodens die Spuren rasch getilgt. Nur die jüngsten Einschläge sind noch zu sehen.

(321p74)

Nicht alle Katastrophen wurden von außen verursacht. Einige, wie das Auftreten von Sauerstoff, entsprangen inhärenten Spannungen innerhalb des Systems... Die 'Sprache' der Gesteine liefert, wenn auch oft unvollständig und vom Zahn der Zeit entstellt, manches Zeugnis von dem chemischen und physikalischen Zustand der Erde und von der Verbreitung der Arten vor und nach jeder solchen Erschütterung. Doch die Enträtselung dieser Sprache ähnelt nicht selten der Spurenfahndung in den Trümmern eines Gebäudes, das von der Bombe eines Terroristen zerstört wurde."

(321p84)

Fachidiotischerweise kommen für theoretische Ökologen nur die Art Störungen in Betracht, die man durch ihr Fach sehen kann; für sie spielt folglich "die physikalische und chemische Umgebung" keine Rolle, sondern "sie verstehen unter 'Umwelt' die Gesamtheit der Arten selbst".

(321p85)

"Die Eingriffe in den tropischen Regenwald von Menschen mit Kettensägen, die an seiner Stelle ein landwirtschaftliches Ökosystem aufbauen wollen, ist ein traumatischer Vorgang. Es wäre etwa so, als würde man das Ökosystem mit den 20 Arten zerstören und es durch eine Monokultur aus dunklen Gänseblümchen ersetzen. Sowohl in Daisyworld als auch im Wald kann ein solcher Eingriff zum vorzeitigen Ende durch Überhitzung führen, besonders, wenn er zu einer Zeit oder an

einem Ort mit großer Sonnenintensität stattfindet. Geophysiologen und Ökologen sind sich darin einig, dass sich komplexe Systeme von solchen Schlägen nur mehr schwer erholen.

(321p86)

Was die “Stabilität der Monokultur” anbelangt, weicht die Ansicht der Geophysiologen dahingehend ab, “dass solche Ökosysteme wegen ihres begrenzten Austauschvermögens mit der physikalischen Umgebung dieses Umfeld im Fall einer gravierenden Störung nicht erhalten können. Die Regenwälder haben trotz Klimaveränderungen überlebt, die aus menschlicher Sicht gewaltig, in planetarischen Maßstäben freilich eher belanglos sind. Die Existenz einer großen Artenvielfalt wirkt sich dabei auf die klimatische Widerstandsfähigkeit günstig aus.”

(321p85)

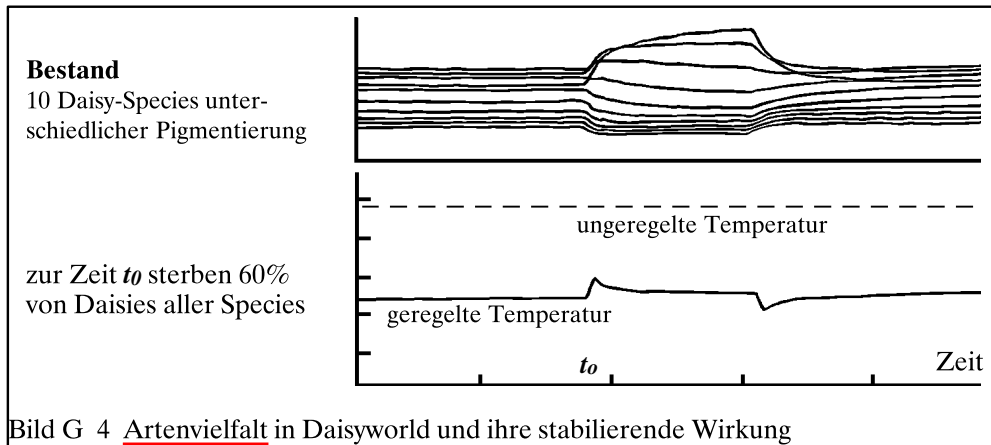


Bild G 4 Artenvielfalt in Daisyworld und ihre stabilierende Wirkung

(321p86-87)

Dazu ein numerisches Experiment mit einer 10-Gänseblümchen-Welt, “deren stabile Existenz plötzlich durch eine Krankheit erschüttert wird. Dabei gehen 60% der Gänseblümchen unabhängig von der Farbe ein.” Nach dieser Störung “stellt das System den vorherigen Zustand rasch wieder her.” Insgesamt entferne sich das System nie weit von dem angenehm eingeregelt e n Zustand. “Die deutlichste Wirkung ist in der Verteilung der verschiedenen Arten ... festzustellen. Die rasche Reaktion von Daisyworld p87 auf die Veränderung” ist “ein explosionsartiges Wachstum jener Arten..., welche die günstigste Wechselwirkung mit dem Klima” aufweisen. “Die abrupte Veränderung in der Verteilung der Arten zu Beginn und am Ende des störenden Ereignisses zeigt den massiven Selektionsdruck während dieser Zeit. Das Experiment deckt sich weitgehend mit den Beobachtungen von Stephen Jay Gould und Niles Eldredge über eine punktuell fortschreitende Evolution. Anstelle der stetigen und allmählichen Veränderung ... aus der Sicht des konventionellen Darwinismus gibt es Perioden von abrupten und raschen Entwicklungen.”

Nach der Gaia-Theorie verlaufe die Entwicklung der Arten und ihrer physikalischen und chemischen Umgebung stets parallel. “Lange Perioden von Homoösta se mit geringfügiger Änderung der Umwelt und wenig Artbildung wechselt sich ab mit jäh en Veränderungen in beiden Bereichen. Solche punktuellen Entwicklungen können von innen vorangetrieben werden, z.B. als ein Ergebnis der Entwicklung einer starken Art wie des Menschen, dessen Auftreten die Umgebung verändert. Sie können ihre Kraft aber auch aus einer äußeren Einwirkung beziehen, etwa aus dem Einschlag eines Meteoriten.”

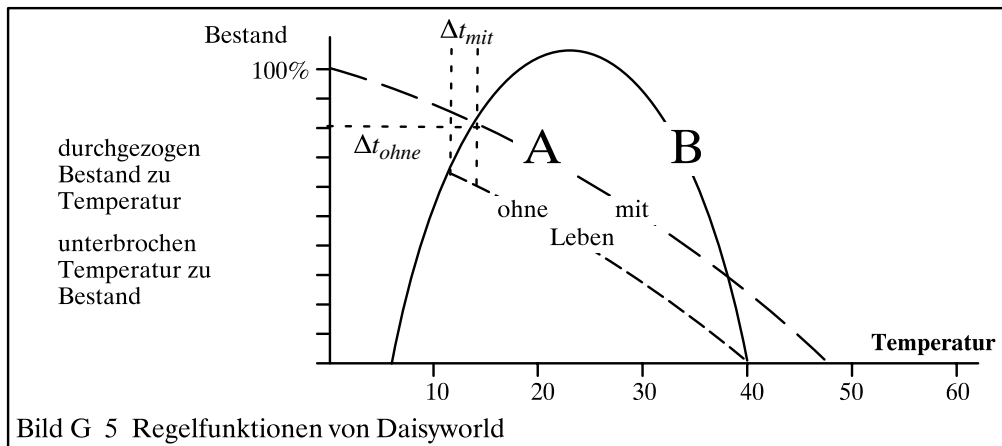
Grundlagen von Daisyworld

(321p90-91)

“Die Kurven A und B drücken das Verhältnis zwischen der planetaren Temperatur und der Population von Daisyworld in einem stabilen Zustand aus. Dieser Zustand wird durch den Schnittpunkt der zwei Kurven charakterisiert.” Dabei gewährleiste nur der obere Schnittpunkt, in dem die Ableitungen von A und B ver-

schiedene Vorzeichen haben, Stabilität. “Wenn man Daisyworld bei irgendeiner beliebigen, jedoch zuträglichen Temperatur beginnen lässt, wird sie sich immer zu dem oberen Schnittpunkt hin bewegen und dann dort verharren.”

(321p91)



“Ich beschränke mich bei diesem Modell auf sehr wenige Annahmen. Man braucht keine Vorausschau oder Planung bei den Gänseblümchen zu bemühen. Es wird lediglich angenommen, dass sich das Wachstum der Gänseblümchen auf die planetare Temperatur auswirkt und umgekehrt. Der Mechanismus funktioniert im übrigen in beide Richtungen gleich gut; d.h. das Modell lässt sich auch mit schwarzen Gänseblümchen denken. Voraussetzung ist nur, dass die Albedo bei vorhandenem Pflanzenbewuchs eine andere ist als bei blanker Erde. Die Annahme, dass das Gedeihen von Gänseblümchen auf einen schmalen Temperaturbereich beschränkt ist, stellt einen entscheidenden Punkt für das Funktionieren des Mechanismus dar. Man hat nämlich beobachtet, dass alle wesentlichen Exponenten von Leben mit einem schmalen Bereich zurechtkommen müssen. Die ... Wachstumskurve (B) gilt nicht nur für die Temperatur, sondern auch für andere Größen, beispielsweise für den pH-Wert.”

(321p91-92)

“Das parabolische Verhältnis zwischen Temperatur und Gänseblümchenwachstum ist willkürlich gewählt.” Um die Empfindlichkeit gegenüber speziellen Formen zu prüfen, wurden verschiedene Formen dieser Funktion ausprobiert, die jedoch alle nur zwischen 15° und 40° von Null verschieden waren: p92 Rechteck, Dreieck, Halbkreis, Rauten. Nur für die Konstante trat Instabilität auf, weil keine Temperaturregulierung stattfindet. “Solche Modelle gleichen sehr jenen einfachen Auslese-Modellen der Populationsbiologie, bei denen die Umgebung keine Rolle spielt, und die auch bekanntermaßen instabil ist.” Aber jede unimodale Wachstumskurve lieferte ein funktionales Modell.

Nicht überraschend. Wir kennen ähnliche Unempfindlichkeiten der Form von I/O-Funktionen bei neuronalen Netzen (442p55) oder aus der Theorie nichtlinearer Systeme. So kann statt der logistischen Parabel andere unimodale Kurvenformen eingesetzt werden, solange nur ihr absolutes Maximum quadratisch ist, ohne dass sich universelle Merkmale sogar ihrer nicht-stabilen Dynamik – etwa die Feigenbaumkonstante – ändern. (444p292)

(321p92-93)

In grundsätzlichem Unterschied zu “früheren Versuchen, die Arten oder die Erde in einem Modell darzustellen”, sei p93 Daisyworld in kybernetischer Terminologie ein ‘geschlossener Regelkreis’. Konstruktionen ohne Selbstregulierung – ‘offene Regelkreise’ – seien oft instabil. Anders als kybernetische Apparate, wäre Daisyworld ebensowenig wie Gaia zur Einhaltung bestimmter ‘Sollwerte’ konstruiert. “Daisyworld hat kein so klar definiertes Ziel. Sie ist eher wie eine Katze, die sich an einem bequemen Platz niederlegt und allen Versuchen trotz, sich von dort vertreiben zu lassen.

Das Stammesdenken in der Wissenschaft führt dazu, dass sich die einzelnen Disziplinen gegeneinander abschotten. So können es sich die Biologen erlauben, Modelle von einem konkurrierenden Wachstum der Arten zu erstellen, ohne dabei einen Gedanken an die physikalische und chemische Umgebung zu verlieren. Ebenso bedenkenlos ignorieren die Geochemiker bei ihren Modellen von den Zyklen der Elemente und die Geophysiker bei ihren Klimamodellen die dynamischen Interaktionen unter den Arten. Als Folge davon waren die Modelle, wie detailliert sie auch ausfallen, unvollständig. Das ist so, als würde im Bild G 5 auf S. G-20 der biologische Zusammenhang zwischen Gänseblümchenbestand und Temperatur völlig unabhängig von der dazugehörigen geophysikalischen Komponente betrachtet würde. Ein Ingenieur oder ein Physiologe würde sofort erkennen, dass es sich dabei um eine 'offene-Regelkreis'-Methode handelt, die folglich nur ein Beispiel für einen extremen oder pathologischen Zustand liefern kann... Eine pathologischen Zug verrät auch die Hybris jener Wissenschaftler, die stolz auf ihr Spezialwissen sind, für die Erkenntnisse der anderen Disziplinen indes nur Verachtung übrighaben."

Das Ganze ist einfacher als die Summe seiner Teile!

(321p93-94)

Der Biologietheoretiker Alfred Lotka beschreibt in *The Elements of Physical Biology* p94 "das Modell vom Konkurrenzkampf der Kaninchen und Füchse und warnt: 'Eine Tatsache sollte man auf keinen Fall übersehen. Es ist heute üblich, die 'Evolution einer Organismen-Art' zu diskutieren. Im weiteren werden wir viele Gründe dafür feststellen, stets die Entwicklung des gesamten Systems (der Organismus einschließlich seines Umfeldes) im Auge zu behalten. Es mag auf den ersten Blick den Anschein haben, als sei das komplizierter als die Betrachtung eines losgelösten Teil des Systems. Im weiteren Verlauf aber wird sich herausstellen, dass sich die der Entwicklung zugrundeliegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten aller Wahrscheinlichkeit nach als einfacher erweisen, wenn man sie auf das System als Ganzes und nicht nur auf irgendeinen Teil davon bezieht.'

Alfred Lotka:

"Seit drei Generationen denken sich die theoretischen Ökologen nun schon Modelle zur Entwicklung des Ökosystems aus, und die physikalische Umgebung bleibt dabei stets ausgeklammert. Genausolange basteln die Biochemiker an ihren Modellen von den Zyklen der Elemente, ohne darin jemals die Organismen als Teil eines dynamischen und reaktiven Systems mitaufgenommen zu haben. Zu Alfred Lotkas Zeiten stellten Systeme mit nicht-linearen Differentialgleichungen selbst für ein so simples Modell wie Daisyworld noch ein gewaltiges Problem dar. Doch heute, in der Zeit der Computer, besteht keine Notwendigkeit mehr, weiterhin Modelle in das enge Korsett einer einzelnen Wissenschaftsdisziplin einzuschnüren.

(321p95-96)

Die moderne Mathematik hat Lotkas Einsicht, dass die Konstruktion von Modellen unter Berücksichtigung des gesamten Systems einfacher sei als eine Teilbetrachtung, weitgehend bestätigt. Gleichungsmuster, die Modellsysteme in der theoretischen Ökologie und Biogeochemie beschreiben, sind bekanntermaßen so chaotisch, dass sie heute mehr als Spielzeug oder als eine neue Form von grafischer Illustration interessant erscheinen. Die mathematische Darstellung natürlicher Phänomene kann aus der Scheuklappensicht einer einzelnen Fachdisziplin so verwickelt und komplex werden, p95 dass sich in jedem Untersuchungsstadium neue Welten farbenfroher Abstraktion auftut. Man kann nur noch den Kopf schütteln darüber, dass die Praktiker in den verschiedenen Disziplinen noch die Vorstellung hegen, sie würden in diesen Pseudowelten einen Schimmer der realen Welt erhaschen. In Wirklichkeit haben sie sich längst in einer bruchstückhaften Welt a la Benoit verloren... Die Täuschung wird noch von jenen professionellen Mathematikern genährt, die zwischen ihren mathematischen Theorien und den pathologi-

schen Erscheinungen der realen Welt eine Ähnlichkeit entdeckt haben. Außerdem gibt es noch die vielen modernen mathematischen Wissenschaftler, die über den Dämonen des vierdimensionalen[*warum 4?*] Raums nachsinnen, über die ‘chaotischen Attraktoren’ – und das ist allemal verlockender als diese alte, langweilige, reale Welt der Natur.”

In der Tat klafft hier noch eine gewaltige Lücke zwischen Theorie und Praxis! Betrübliche Nebenwirkung des Chaos als Modeerscheinung!

Empirischer Gehalt der Gaia-Theorie und seine Bestätigung

(321p⁹⁵) “Welche Vorhersagen der Gaia-Theorie wurden schon bestätigt? Ist sie überprüfbar? Die erste Überprüfung war der Viking-Flug zum Mars. Die Expedition belegte das Ergebnis der atmosphärischen Analysen durch die Infrarot-Astronomie, dass es kein Leben auf dem Mars gibt. Michael Whitfield, Andrew Watson und ich behaupteten, dass die Langzeitregulierung von CO₂-Vorkommen und Klima über die biologische Steuerung der Gesteinsverwitterung geschieht.”

(321p⁹⁵⁻⁹⁶) “Es spielt eine untergeordnete Rolle, ob die Gaia-Theorie richtig oder falsch ist. Jedenfalls hat sie uns bereits eine neue, ergiebigeren Sichtweise von der Erde und den anderen Planeten beschert. Die Gaia-Theorie liefert folgende Gesichtspunkte über die Erde:

1. Leben ist eine Erscheinung planetarer Größenordnung. In dieser Größenordnung ist es nahezu unsterblich und braucht sich daher nicht fortzupflanzen. p⁹⁶
2. Eine partielle Besetzung eines Planeten durch lebende Organismen kann es nicht geben. Ein solches Phänomen wäre genauso kurzlebig wie ein halbes Lebewesen. Zur Regulierung der Lebensumwelt braucht ein Planet eine genügende Anzahl lebender Organismen. Bei einer unvollständigen Verteilung der Organismen würden ihn die unvermeidbaren Kräfte physikalischer und chemischer Entwicklung bald unbewohnbar machen.
3. Die gängige Auslegung von Darwins großartigen Thesen muss verändert werden. Gaia weist auf die Fehlerhaftigkeit der Anpassungstheorie hin. Die Aussage, dass sich Organismen, die besser als andere angepasst sind, mit größerer Wahrscheinlichkeit fortpflanzen, genügt nicht mehr.[¹] Man muss hinzufügen, dass das Wachstum eines Organismus seine physikalische und chemische Umgebung beeinflusst. [²] Die Evolution der Arten und die Evolution der Gesteine sind daher in einem gemeinsamen und unteilbaren Prozess eng miteinander verbunden.

[¹] *Wir müssen jedenfalls den Begriff ‘Anpassung’ erheblich weiter fassen, ihn vielleicht verallgemeinernd ersetzen durch ‘Passung’. Schlüssel ans Schloss und/oder Schloss an Schlüssel!*

[²] *Inbesondere werden diejenigen bevorzugt, die ihre Umgebung zum eigenen Vorteil und zum Vorteil ihrer Symbionten modifizieren; ‘sogar’ wenn dies ‘altruistisch’ auch den anderen zugutekommt.*

4. Die theoretische Ökologie wird vergrößert. Wenn man die Arten und ihre physikalische Umgebung zu einem einzigen System zusammenfasst, kann man erstmals ökologische Modelle erstellen, die mathematisch stabil sind und dennoch eine große Anzahl untereinander konkurrierende Arten umfassen. Eine größere Artenvielfalt in diesen Modellen führt zu einer besseren Regulierung.

(321p⁹⁶⁻⁹⁷) Gaia liefert schließlich auch einen Grund für unsere instinktive Wut über die achtlose Vernichtung von Arten; eine Antwort auch für die, welche uns schiere Sentimentalität nachsagen. Wir brauchen nun die Erhaltung des Artenreichtums in natürlichen Ökosystemen wie in denen der tropischen Regenwälder nicht mehr mit den schwachen humanistischen Argumenten zu rechtfertigen, dass in ihnen beispielsweise Pflanzen zur Heilung menschlicher Krankheiten wachsen. Die Gaia-Theorie zeigt uns, dass sie uns noch weit mehr zu geben haben. Durch ihre

Fähigkeit, große Mengen Wasser durch die Oberfläche ihrer Blätter verdunsten zu lassen, erhalten die ^{p97} Bäume die Ökosysteme in den feuchten Tropen. Die so entstehenden schattenspendenden, weiß reflektierenden Wolken sorgen gleichzeitig für eine kühle Temperatur auf dem Planeten. Die Bäume durch Nutzpflanzen zu ersetzen, würde zu einem regionalen Desaster mit weltweiten Auswirkungen führen.”

Usw. usw.

Gaias Zeugung

- (321p⁹⁸) Um zu einer handlichen Zeiteinteilung zu gelangen, fasst Lovelock eine Jahrmilliarde zu einem ‘Äon’ zusammen.
- (321p⁹⁹) “Gaia ist so alt wie das Leben. Wenn sich mit dem Urknall vor 15 [oder bis zu 20] Äonen das Universum formte, so ist Gaia ein Viertel so alt wie die Zeit selbst. Ihre Geburt fällt also in jenen Zeitabschnitt, in dem ein paar kleine Inseln der Erkenntnis in einem Ozean des Unwissens schwimmen. Einen Fuß auf diese Inseln zu setzen, gibt ein höchst trügerisches Gefühl von Sicherheit.”
- (321p¹⁰⁰⁻¹⁰¹) “Es gibt eine geschickte Methode, Informationen über Ereignisse zusammenzutragen, die so alt sind wie das Leben selbst. Mit dieser ^{p101} Methode vermeidet man die ansonsten allgemeine Tendenz von Nachrichten, mit der Zeit schwächer zu werden und zu vergehen. Sie geht auf die schier unglaubliche Eigenschaft lebender Materie zurück, die Auflösungstendenz der Zeit zu überwinden. Nicht nur, dass Gaia sich von Anfang an am Leben gehalten hat; sie beschert uns auch einen störungsfreien Kanal chemischer Botschaften aus jenen Urzeiten.”
- “Indem das Leben codierte Informationen im genetischen Material der Zellen weitergibt, wirkt es als Verstärker, der in jeder Generation die Biotchaft der chemischen Bausteine aus der Frühzeit der Erde auffrischt... eine viel besser Informationsquelle als das Zeugnis der Gesteine.” Natürlich sind wie bei der stillen Post der Einfluss der Mutationen zu berücksichtigen.
- (321p¹⁰⁴) Das Leben auf der Erde begann 0,6 bis 1 Äon nach dem Zeitpunkt, an dem sie als planetarer Körper Gestalt angenommen hatte, wie sich aus der Verteilung der Kohlenstoffisotope C¹², C¹³ und C¹⁴ ungefähr ablesen lässt. Die ältesten sicher in einer Zeit ohne Leben entstandenen Gesteine stammen vom Mond oder von Meteoriten und sind 4,55 Äonen alt. “Der Isotopenanteil dieser Steine aus toter Materie ist leicht von jenen zu unterscheiden, die vor 3,6 Äonen auf der Erde entstanden waren.” Die ältesten bisher auf der Erde gefundenen Sedimentgesteine sind 3,8 Äonen alt (Fundstelle: Isua, Grönland). Der deutsche Chemiker Manfred Schidlowski die Funde 1973 in einer Vorlesung und vermutete, dass die Verteilung der Kohlenstoffisotope auf die Existenz von Leben zur Zeit ihrer Sedimentierung hindeutet.”
- (321p¹⁰⁵) Der Zustand der Atmosphäre zeigt den Gesundheitszustand des Planeten an. Planetarisches Leben ist an bewegliche Medien wie die Luft oder der Meere gebunden. “Sie transportieren die Rohstoffe und nehmen die Abfallprodukte auf. Der Gebrauch dieser flüssigen oder gasförmigen Medien führt zu grundlegenden Veränderungen in ihrer chemischen Zusammensetzung und zu ihrer Abkehr vom stabilen Zustand eines annäherndes Gleichgewichts, der typisch für Planeten ohne Leben ist.”
- (321p¹⁰⁶) “Kein Gasgemisch, das eine chemische Reaktion eingehen kann, vermag in der Atmosphäre lange unverändert zu bleiben. Wenn wir sehen, wie ein brennbares Gas wie Methan in einer Sonnenlichtatmosphäre gemeinsam mit Sauerstoff auftritt, dann wissen wir mit Sicherheit, dass irgendetwas diese Gase erzeugt.”

Gaia in anderen Umständen

(321p106-107)

“Man stellt sich vor, dass die Erde bereits in ihrer Frühzeit an der Oberfläche die chemischen Komponenten aufwies, aus denen sich das Leben zusammensetzt”, also ‘organische’ Verbindungen wie die Aminosäuren (Eiweißbausteine), die Nucleotiden (Bausteine der Erbsubstanz), die Zucker^{p107} (Bausteine der Polysacchariden) u.v.a. Wichtig sei, “dass diese chemischen Grundstoffe für uns untrennbar mit Leben zusammenhängen und gleichzeitig Produkte aus dem abiologischen, stabilen Zustand sind. Das bloße Vorhandensein solcher Verbindungen auf einem sauerstofffreien Planeten ist für sich allein genommen noch kein Beweis für Leben. Es ist lediglich der Beweis dafür, dass die Möglichkeit zu Bildung von Leben gegeben ist.”

(321p107-108)

Klima: Die chemischen Grundbausteine des Lebens existieren nur in wässriger Lösung; Entstehung von Leben setzt also die Existenz von genügend Wasser und eine Temperatur zwischen 0^o und 50^o C voraus, denn das Wasser darf weder kochen noch gefrieren. Modellrechnungen der Atmosphärenchemiker und Klimatologen T. Own, R.D. Cess und V. Ramanathan aus dem Jahre 1979 führen auf ein mittlere Oberflächentemperatur von 23^o C zur Zeit der Entstehung des Lebens (etwa der heutige Mittelwert in den Tropen). Größte Unsicherheitsfaktoren sind der unbekannte Stickstoffanteil in der Atmosphäre^{p108} sowie die Verteilung des Wassers in Meeren, Schnee, Eis, Wolken und Wasserdampf. Der Klimatologe R.J. Dickinson kam 1987 auf ein paar Grad weniger – entsprechend dem heutigen Wert.

(321p108-109)

In *The Chemical Evolution of the Atmosphere and the Oceans* schildert H.D. Holland den wahrscheinlichen Zustand vor der Geburt Gaias: eine Atmosphäre mit hohem CO₂-Gehalt, Anteilen von Stickstoff, kein Sauerstoff und Spuren von Schwefelwasserstoff und Wasserstoff. Im Meer Eisen und andere Elemente, dazu Verbindungen, die im Beisein von gelöstem Sauerstoff unmöglich wären,^{p109} vermutlich kleine Mengen von Schwefel- und Stickstoffverbindungen – hinreichend ‘Reduktionsmittel’ zur Bindung allen freien Sauerstoffs.

Die Radioaktivität im Erdinnern war dreimal höher als heute, mit den hauptsächlichen Effekten einer stärkeren Vulkantätigkeit, höheren Gasausstoßes in die Luft und rascherer Reaktion zwischen Vulkangestein und Meerwasser, letzteres mit einer fortlaufenden, beträchtlichem Freisetzung von Wasserstoff verbunden. Da die Gravitations der Erde nicht stark genug zur dauerhaften Bindung der Wasserstoffmoleküle ist, hätte die Erde einen Großteil ihrer Meere verloren oder wäre vielleicht sogar so trocken geworden wie Mars und Venus, wenn nicht das Leben eingesetzt und den im Meer gelösten Wasserstoff biochemisch gebunden hätte.

(321p110)

Präbiotische Evolution über die Entwicklung dissipativer Strukturen mit der Sonne als Energiequelle nach Prigogine und Eigen. *Hyperzyklus pipapo*. “Die schrittweise Entwicklung der Urform zur ersten lebenden Zelle im Zuge einer natürlichen Selektion ist für mich intellektuell nicht so schwer nachzuvollziehen.” *Ups! Schade, dass ers dabei bewenden lässt. Er sollte diesen intellektuellen Nachvollzug der wissenschaftlichen Welt doch nicht vorenthalten, er könnte sich ja vor Nobelpreisen nicht mehr retten. Im Ernst: der Gebrauch des Wortes ‘intellektuell’ ist durchaus nicht angebracht; es handelt sich um Plausibilität, zu weiten Teilen Gefühlssache: insgesamt eine Glaubensangelegenheit. Was nicht disqualifizieren soll, nur darauf hinweisen, dass es noch viel zu verstehen gibt, bis wir das intellektuell ohne hastige Sprünge über geistige Abgründe nachvollziehen können.*

(321p110-111)

“Das Problem bei den dissipativen Strukturen ... ist, dass sie zu schnell dissipieren. Wenn sie sich zu bleibenden Strukturen entwickeln sollen, brauchen sie etwas Festes als Anker oder Hülle...^{p111} Der spezielle feste Zustand der aperiodischen Kristalle der DNS speichert die Zellprogramme und verleiht den Organismen eine

Lebenszeit, die jene von dissipierenden Wirbeln oder chemischen Kreisläufen weit übersteigt.”

Anfänglich standen den lebenden Einheiten neben den vorhandenen Grundbausteinen nur die Trümmer ‘gestorbener’ Einheiten zur Verfügung, um nicht immer wieder beim Punkt Null anfangen zu müssen, was allein den Begriff der Entwicklung rechtfertigt: die schwächste Form der Nachhaltigkeit des Lebens.

Aber dann ‘entdeckten’ sie das Sonnenlicht als Energiequelle zur Nahrungsproduktion – anfänglich vermutlich nur zur Dissoziation von Schwefelwasserstoff.

“Schon bald [*ela hopp!*] aber gelang der Geniestreich, mit Hilfe der Lichtenergie die starken Bande zwischen Sauerstoff einerseits und Wasserstoff und Kohlenstoff andererseits zu sprengen.” Cyanobakterien (so genannt wegen ihrer blaugrünen Farbe) “schafften diese Leistung als erste. Sie sind damit die Vorgänger aller heute existierenden lebenden Pflanzen.”

Damit hatten wir bereits im Archaikum “ein vollständiges planetarisches System.”

(321p111-112)

“An der Oberfläche ... lebten die Grundstofferzeuger, die Cyanobakteria, die organische Verbindungen aus Sonnenenergie herstellen.” Der von ihnen erzeugte Sauerstoff breitete sich infolge der reaktiven Umgebung lange Zeit nicht weiter aus. Außerdem gab es als “Müllschlucker” Methanogene, p¹¹² die die Biomasse aufarbeiteten; dabei setzten sie Methan und den wichtigen Kohlenstoff (in Form von CO₂) frei. “Sie konnten jedoch nicht wie Menschen und Tiere die Cyanobakterien essen und deren synthetisch zusammengestellte Nahrung verwerten; dazu hätten sie Sauerstoff gebraucht.”

(321p112-113)

Gaia sei erst nach Entstehung des Lebens “erwacht”, nämlich erst nach der globalen Ausbreitung der Bakterien, habe dann aber die Bedingungen für Leben gegen alle “widrigen Veränderungen” dauerhaft stabilisiert. Einem Oasen-Leben wäre niemals diese Dauerhaftigkeit beschieden gewesen. p¹¹³ “Spärliches Leben findet man nur am Anfang und am Ende eines Gaia-Systems”.

(321p113-114)

Das erste Zeugnis für Gaias Erwachen sei gleichzeitig auch die erste Umweltkrise: die neu eingeführte Photosynthese führte zu einem CO₂-Problem, p¹¹⁴ allerdings entgegengesetzter Natur wie das unsrige: die Cyanobakteria drohten, Gaias warmen Mantel aufzufuttern, sobald die Vulkane den Verlust des Treibhausgases nicht mehr ausgleichen konnten; und dann wäre das Leben wieder auf die wenigen Erdwärme-Oasen angewiesen gewesen.

(321p114-115)

Leider seien die geologischen Zeugnisse der Epoche dürftig und darum Theorien, wie sie durch “dynamische Wechselwirkung” zwischen Fotosynthetikern und deren Dekompositoren “ein stabiles Selbstregulierungssystem” entwickelt habe, noch sehr spekulativ. Es sei zu früh, sich auf ein bestimmtes Modell festzulegen. p¹¹⁵ Die Gaia-Hypothese erlaube jedoch die Aufstellung einer großen Vielfalt alternativer, plausibler Modelle. “Die möglichen klimatologischen und geologischen Verhältnisse auf einem lebenden Planeten sind ganz andere als die auf einem toten, auf dem Leben nur eine Art Beifahrerfunktion innehat.”

(321p116)

Vor Ingangkommen der Sauerstoffkreisläufe hätte ein “Methan-Smog” die Rolle der sauerstoffbasierten Ozonschicht gespielt und trotz seiner Instabilität insgesamt einen nennenswerten Beitrag zum Treibhauseffekt geliefert.

(321p117-119)

CO₂-verbrauchende Fotosynthese-Organismen wirken kühlend (weiße Gänseblümchen), zersetzende CO₂- und Methan-Erzeuger wirken erwärmend (schwarze Gänseblümchen): im Prinzip also durch ein äußerst einfaches Daisyworld-Modell zu erfassen, welches in weitem Parameterrahmen auch noch bei starken Störungen langfristig stabil bleibt.

Daisyworld erweist sich damit als wissenschaftlich gehaltvolles Paradigma: es liefert nicht nur qualitativ aussagekräftige, sondern sogar quantitativ überprüfbare Vorher-

sagen und kommt mit einem Minimum von Adhoc-Annahmen über Struktur und Randbedingungen aus.

(321p120) Daisyworlds nichtlineare Vorhersage: gleich nach Beginn des Lebens eine drastische Transiente der Umweltbedingungen bis zum Erreichen eines stationären Zustands. “Diese rapide, nahezu explosive Tendenz, solange zu expandieren, bis eine Umweltnische ausgefüllt ist, wirkt wie ein Verstärker.” Die nichtlineare Rückkopplung sorgt für rasche Bewegung des Systems in Richtung Gleichgewicht – das ist der Hintergrund seiner starken Regulierungskraft.

Evolution ohne Auslese WS 02.10.2000

Anschluss an Evolutionstheorie (angeblich sei Evolution für einen singulären Organismus nicht möglich – welche Engführung!): das Leben kann also kurz hintereinander oder in verschiedenen Nischen gleichzeitig durchaus eine ganze Reihe von Anläufen genommen haben, von denen sich schließlich nur die systemisch optimal eingespielten Teams durchgesetzt haben. Das Leben hatte also mehr als nur einen Schuss; und der beschriebene Verstärker-Effekt wirkt auch als Verstärker der Selektivität konkurrierender Ökosysteme.

Aber davon musste es – wegen der aufgezeigten inhärenten Stabilität – nicht viele gegeben haben; da erste “halbwegs passende” sich schnell durchgesetzt haben und damit von Anfang an als “versklavende Kollektivmode” für die Phylogenese oder gar Individual-Evolution gewirkt haben.

Evolution ist immer Koevolution: Zusammenspiel war von Anfang an ein stärkerer Selektionskriterium als Konkurrenz. Die Organismen wurden bevorzugt gefördert, die ihrerseits einen möglichst förderlichen Beitrag zu globalen Randbedingungen des Lebens leisteten: das bedeutet einen Selektionsvorteil für Kooperation und eine weiteres Feedback zur Stabilisierung Gaia's.

Wasser bedeutet Leben, Leben bedeutet Wasser

(321p124-125) Eisen und Schwefel hätten auf der Venus dem ursprünglich vorhandenen Wasser den Sauerstoff entzogen, der Wasserstoff sei in den Weltraum entwichen. Ohne Leben wäre nach Berechnungen von Robert Garrels die Erde nach etwa 1,5 Jahrmilliarden, also etwa in der Mitte des Archaikums, völlig ausgetrocknet. Problematisch sei vor allem der flüchtige Wasserstoff; eine der Wege, ihn auf einem Planeten zu erhalten, sei ständige Freisetzung von Sauerstoff, um Wasserstoff als Wasser zu binden. Die Fotosynthese spaltet CO_2 in C und O_2 , so dass jedem in der Erdkruste abgelagerten Kohlenstoffatom zwei frei werdene Sauerstoffatome entgegenstehen. Der auf dem basaltischen Meeresboden durch Reaktionen zwischen dem Eisen und Meerwasser freigesetzte Wasserstoff wird von Bakterien in Methan, Schwefelwasserstoffen und anderen, weniger flüchtigen Verbindungen konserviert. Das durch die UV-Strahlung zersetzte atmosphärische Methan bildet eine Trennschicht, die letztlich ebenfalls p125 das Entweichen von Wasserstoff ins Weltall verhindert.

“Auf diese und andere, noch subtilere Weise bewahrte die Gegenwart von Leben im Archaikum unseren Planeten vor einem staubigen Ende.”

Landleben schon vor Sauerstoffzeiten?

(321p125) Elso Barghoorn und Stanley Tyler entdeckten als erste fossile Bakterien in Feuerstein aus dem Archaikum (Gunflint-Felsen der nordamerikanischen Great-Lakes-Region). Die Mikrofossilien stammen alle aus Feuchtgebieten; Leben auf dem trockenen Land ist also für diese Zeit nicht belegt. Lovelock mag nicht glauben, “dass so unternehmensfreudige Lebewesen wie Bakterien die Landflächen ungenutzt haben lassen sollen”.

Der Annahme von Leben auf dem Lande stehe vor allem die Annahme vom “zerbrechlichen Schutzschild der Erde” entgegen, der UV-filternden Ozonschicht.

Ungehindert einstrahlende UV-Strahlung würde bis zu einer Wassertiefe von 30m jegliches Leben unmöglich machen; vor Aufkommen des atmosphärischen Sauerstoffs keine Ozonschicht, nach dieser Annahme also auch kein Leben auf dem Festland.

(321p127) Bei Untersuchungen zur Sterilisation der Krankenhausluft mussten Robert Bourdillon, Owen Lidwell und Lovelock feststellen, wie schon ein dünner Film aus organischer Substanz auch empfindliche Bakterien fast vollkommen vor UV-Strahlung schützte. “Nackte” Bakterien, die in Tröpfchen aus einer homogenen Lösung lebten, waren leicht durch UV-Beschuss zu töten, aber “in ihrem normalen Lebensbereich sind sie von Schleimabsonderungen oder von den organischen und mineralischen Bestandteilen der Umgebung eingehüllt. Sie leben ebensowenig nackt wie wir. Nach vielen praktischen Versuchen stand fest: Ultraviolette Bestrahlung ist keine wirksame Methode, die zarten, zerbrechlichen Krankheitserreger aus dem Krankenhausbereich zu entfernen. Es bedarf nur einer geringen Hülle, um die ultraviolette Strahlung abzuhalten.”

(321p127-128) Eine schützende Ozonschicht ist also keine Vorbedingung bakteriellen Lebens auf der Erdoberfläche. Viele andere Gase können die Filterfunktion übernehmen, und als letzte Sicherheit genügt ein dünner Schleimfilm.

(321p128-129) “Die Überzeugung, dass ultraviolette Strahlung sich für das Leben auf der Erde unbedingt tödlich auswirke, hat ein verzerrtes Bild vom Archaikum und von anderen Perioden in der Evolution von Gaia geschaffen. Und dieses Bild ist noch immer tief in den wissenschaftlichen Gehirnen eingegraben. Unter den Wissenschaftlern, die nach Leben auf dem Mars suchten, war es allgemein verbreitet. Ich kann mich über ihr Denken nur wundern. Auf der einen Seite konnten sie sich ein Leben auf der stark bestrahlten Marsoberfläche vorstellen, p¹²⁹ auf der anderen Seite hielten sie die Erde unter der dicken, dichten Atmosphäre im Archaikum für steril.”

(321p129) Wichtiger als der Schutz vor UV sei die Wasserversorgung, sprich: der Regen, der heutzutage in beträchtlichem Umfang eine dichte Bewachsung (wie den Regenwald) voraussetze.

Kohlenstoff

(321p133) “Während des Archaikums war etwa die gleiche Menge Kohlenstoff im Boden gebunden wie heute.” Der Kohlenstoff in Sedimentgesteinen weist einen etwas anderen Isotopenmischung auf als “das Mondgestein, das niemals mit Leben in Berührung gekommen ist. Der Unterschied ist ein Beweis für die Existenz von Fotosynthese-Organismen.”

Kalzium- und Salzregulierung im Meer: Terraformung durch Gaia, den Landschaftsarchitekten

(321p143) “Der Übergang zur Sauerstoffdominanz hat seine Spuren in den Gesteinen hinterlassen, aber die darauf folgende, lange Periode ist einer der dunkelsten Epochen der Erdgeschichte. Die Gaia-Theorie geht davon aus, dass die eng verknüpfte Entwicklung von lebenden Organismen und ihrer materiellen Umgebung den Zustand der Erde in dieser wie auch in anderen Perioden bestimmt hat. Können wir uns ... einen lebenden Planeten im Proterozoikum mit seinen Regulierungssystemen vorstellen?

Wenn die Geowissenschaftler das Wort ‘Regulierung’ gebrauchen, dann schwebt ihnen meist ein passiver Prozess vor, bei dem ‘Input’ und ‘Output’ irgendeines Bestandteils oder einer Eigenschaft zueinander im Gleichgewicht stehen. In der Geophysiologie dagegen beschreibt die Regulierung den aktiven Prozess der Homöostase, die Erhaltung einer lebensfreundlichen Erde durch die Wechselwirkung von Leben und seiner Umgebung.”

Daraus ergeben sich “Spekulationen über die Regulierung von Klima, Sauerstoffgehalt und anderen Komponenten der Umgebung” nach dem Modell eines “lebenden Organismus”.

“Das setzt keinesfalls ein teleologisches Konzept voraus oder impliziert, dass die Gesamtheit der Lebewesen die Regulierung der Erde mit Vorausschau und Planung betreibe.”

.Zwanghafte Projektion derer, die Regulierung und der Autopoiese nicht begreifen wollen oder können, und die den epistemischen Unterschied zwischen finaler und kausaler Betrachtung mit Gewalt metaphysisch begreifen wollen. Wer diesen metaphysischen Aberglauben konsequent durchhält, müsste auch die Evolution lebender Organismen ohne “Vorausschau und Planung” für unmöglich halten und fände sich unversehens im Lager der Kreationisten wieder. Gut, dass die Menschen so konsequent auch wieder nicht sind,

NB Die Konkurrenz der Lebewesen erklärt bisher weder die Entstehung des Lebens noch die Speziation; hier werden in der modernen Evolutionsforschung weitere Prinzipien angenommen, die um den Begriff der Autopoiese und der Selbstorganisation kreisen, und deren Vagheit in der Natur der Sache einerseits, und in unserem relativen Unwissen andererseits begründet liegt. Müde gewordenen intellektuellen Defaitisten wie Stephen Gould oder ewigen Epigonen wie Richard Dawkins bieten sich zu diesen Vorstellungen eigentlich keine andere intellektuell redliche Alternative als der Kreationismus – die einzige bequeme Alternative zu diesen komplexen und intellektuell anspruchsvollen Vorstellungen. Aber das zuzugeben verbietet ihnen die Eitelkeit, was man ja versteht.

Ausgangspunkt sei die autopoetische Frage: “Wie kann sich ein globales Regulierungssystem aus der örtlich begrenzten Aktivität von Organismen heraus entwickeln? Die Vorstellung, dass ein einzelnes, neues Bakterium, das sich mit seiner Umgebung entwickelt, ein System schafft, das die Erde verändern kann, ist keinesfalls weit hergeholt. Das war ja genau die Leistung des ersten Cyanobakteriums, als es ein Ökosystem im Gang setzte, das die Lichtenergie in organische Materie und Sauerstoff umwandelte.

(321p145) “Was das Element Sauerstoff für die geophysiologicalhe Entwicklung der Atmosphäre war, musste Kalzium für die Geophysiologie der Meere und der Erdkruste sein.” Nach Na und Mg dritthöchste Kationen-Konzentration im Meerwasser. Hohe Bedeutung für Zellphysiologie, darum auch kritisch: “Trotz seiner Bedeutung für das Leben ist Kalzium in seiner Form der freien Ionen sehr giftig”, in einer Konzentration über einigen ppm in unseren Zellen “so tödlich wie Zyanid”. Darum hat der Kalziumgehalt als lebenskritischer Wert hohes aktives und passives Gewicht in lokalen und globalen Regelkreisen der Ökosphäre.

Hypothese kalkbildender Bakterien

(321p144-145) Kalkbildende Bakterien “in den Meeren der Frühzeit” hätten den im Meer üblichen Kalziumüberschuss stetig abgebaut und damit die eigenen Überlebenschancen in kalziumhaltigen Biotopen und letztlich die des Lebens überhaupt deutlich verbessert. “In der sonnenreichen Zone des offenen Meeres würde das Wachstum dieser Organismen zu großen Mengen p145 Kalziumkarbonat führen, das sich am Meeresboden ablagert.” Solche Kalkbilder wirken “wie ein Förderband. Weiter unten lebende Bewohner werden mit Nahrung versorgt, das Meer wird klar und durchsichtig gehalten, und potenziell giftige Elemente wie Kadmium verschwinden aus den Oberflächenbereichen. Bakterienverbände ... bauen daraus die flachen, pilzförmigen Felsenstädte, die man Stromatolithen genannt hat. Die Konzentration von Kalzium-Ionen in den Meeren hätte sich verringert und das Leben wäre aufgeblüht. Die überall anzutreffenden Kalkablagerungen ozeanischen Ursprungs weisen auf den Erfolg und die Dauerhaftigkeit dieser Vorgänge hin.

Einige Geologen halten ... die frühen Kalkablagerungen für das Ergebnis eines unorganischen Prozesses. Mit ist unklar, wie man zwischen der spontanen Kristallisation von übersättigtem Kalziumkarbonat im Archaikum und der von Organismen gesteuerten Kernbildung unterscheiden kann. Ich glaube vielmehr, dass die Kernbildung bei übersättigten und anderen metastabilen Zuständen in der Natur ein geophysiologischer Schlüsselprozess ist, der im Archaikum seinen Ausgang genommen hat.”

Die “Erfindung” der Kalk-Fällung “führte nicht nur zur Regulierung von Kalzium, Kohlendioxyd und dem Klima, sondern auch zum weitläufigen Ausbau von Kalziumkarbonat-Strukturen (Stromatolithen). Später kulminierten die gleichen Prozesse in komplizierten Zellmechanismen, mit deren Hilfe Kalzium zum Aufbau unserer Knochen und Zähne herangezogen wird.”

(321p145-146)

Am Beachtlichsten aber sei der “endogene” ^{p146} Kalziumkreislauf “von der Oberfläche und vom Meer zu den Gesteinen der Erdkruste und wieder zurück”. “Der Geologe Don Anderson vermutet, dass die Kalksteinablagerung auf dem Meeresboden eine wesentliche Rolle bei der Bewegung der Erdkruste spielt.” Die Kalkablagerung habe in der frühen Erdgeschichte zu einer drastischen Änderung der chemischen Gesteinszusammensetzung nahe der Kontinentalränder geführt, von Geologen “Basalt-Eklogit-Phasenübergang” genannt, der “die große Maschinerie der Plattenbewegung” in Drehung versetzt habe. (Anderson 1984) Diese Theorie werde aber von den wenigsten Geologen geteilt.

(321p146-147)

“Die Erforschung der verwickelten biologischen Prozesse der Abscheidung und Konzentration von Elementen der Erdkruste und ^{p147} des Ozeans in Form von Mineralien ist ein eigenes Gebiet der Geowissenschaften geworden: die **Biomineralsation**.

“Die Regulierung des Salzgehalts ist eines der interessantesten und aufregendsten Gaia-Systeme. Es gibt nur wenige Organismen, die Salzkonzentrationen über 6 % aushalten... Es ist erstaunlich, dass das bevorzugte innere Salzmilieu bei einem Großteil von Organismen ähnlich ist. Angeblich spiegelt es den Salzgehalt der Meer zu Beginn des Lebens wider. Tatsache ist jedenfalls, dass der Salzgehalt im Blut von Walen, Menschen, Mäusen und von den meisten Fischen, egal ob ... im Meer oder im Süßwasser ... gleich ist.”

Optimal für das Leben sei ein Salzgehalt von 0,16 Mol (1% Wassergewicht), bis zu 0,6 Mol sei tolerabel. Doch über 0,8 Mol würden die Zellmembranen durchlässig oder lösten sich sogar auf, ^{p148} “indem sie die elektrischen Kräfte stören”, welche die Sterine, Kohlenwasserstoffe, Proteine und Phosphatide in der lebenden Zelle zusammenhalten.

(321p148-149)

Im heutigen Ozean ist der Salzgehalt ^{p149} “unangenehm hoch”. Fische betreiben hohen Aufwand, um einen niedrigeren Salzgehalt aufrechtzuerhalten: ein relativ kostspieliger Kampf gegen den osmotischen Druck. Einzeller können sich das kaum leisten. Es winkt also eine evolutionäre Gratifikation für alle Organismen und Hyper-Organismen (Systeme), die das Meerwasser möglichst ‘flüssig’ halten und den Salzgehalt auch gegen die ständige Einwaschung von Ionen unter 0,8 Mol drücken. So begegnen sie wirksam der Gefahr des Austrocknens und Gefrierens, die am Anfang des Lebens allgegenwärtig gewesen sind.

(321p150-152)

“Die einzige Möglichkeit, den Meeren ihre gewaltigen Salzmengen zu entziehen, war, Meerwasser in Lagunen zu ^{p151} separieren, wo es unter der Hitze der Sonne verdunsten konnte.” Ein gewaltiges landschaftsarchitektonisches Projekt, zu realisieren etwa durch den “Bau von großen Kalksteinriffen..., um das Salz in den ‘Verdunstungslagunen’ einzuschließen”. ^{p152} Das Wasser der Lagunen steigt als Wasserdampf unter Zurücklassung des auskristallisierenden Salzes “in die Atmo-

sphäre auf und kondensiert schließlich als Regen, reines Wasser also, das wieder ins Meer fließt und zu seiner Verdünnung beiträgt”.

(321p152-153)

“Verdunstungslagunen findet man an vielen Stellen der Kontinentalränder. Unter der Erdoberfläche, manchmal auch unter dem Meer, lassen sich vielerorts ehemalige Lagunen feststellen.” Grundlage für ihren Aufbau “ist die Ablagerung von Kalziumkarbonat. Das Kohlendioxyd der Luft reagiert permanent mit alkalinen Gesteinen an der Landoberfläche und bildet dabei Bikarbonate.” Diese Reaktionen vollziehen sich auch in der Abwesenheit von Leben, dabei würden die Ablagerungen aber “ziemlich willkürlich über den Meeresboden verteilt. In der p153 heutigen Welt stammen die Kalksteinablagerungen zumeist von lebenden Organismen. Der Kalkstein lagert sich weder zufällig noch entsprechend den Erwartungen von Physikern und Chemikern ab.

(321p154)

Die Fällung von Kalziumkarbonat bewirken Kolonien von Mikroorganismen in großem Umfang in den seichten Gewässern an den Kontinentalrändern, wo der Gehalt an Nährstoffen und Kalziumkarbonat sehr hoch ist. Ohne jegliche Planung und Vorausschau hätten sich die Bausteine dieser lebenden Strukturen, die Kalkstein-Stromatolithen, vor den Küsten aufgetürmt und am Ende die Lagunen abgedichtet, in denen ständig Meerwasser verdunstet wäre und sich Salz abgelagert hätte. Anfangs hätte sich der Bau von Riffen nur lokal ausgewirkt, doch mit der Zeit hätte allein allein schon die Masse des Kalksteins die Erdkruste an ihrer Oberfläche verformt; Vertiefungen wären entstanden und die Größe der Lagunen hätte zugenommen. Sobald ein Riff absank, hätten sich fortwährend neue ‘Steinbauer’ auf seiner Oberfläche angesiedelt und die Lagune intakt gehalten. Wenn, entsprechend Don Andersons Annahme, die Bewegung der Erdkruste auf die ständige Ablagerung von Kalziumkarbonat im Meer zurückgeht, dann könnten die Kalksteinriffe die vielschichtige Bildung von Gebirgen und die Auffaltung von Felswänden an den Kontinentalrändern bewirkt haben. das hätte wiederum die Gesamtlänge der Küsten vergrößert, an der sich Verdunstungslagunen bilden konnten.”

Salzlager werden im Lauf der Erdgeschichte eingeschlossen und wieder freigegeben. “Der Ausgleich von Erosion und Neubildung scheint immer so vonstatten gegangen zu sein, dass in den Verdunstungsbetten genug Salz abgeschieden wurde, um die Meer frisch und lebensadäquat zu halten. Es ist dabei nur allzu offensichtlich, dass die Bildung und Erhaltung der Lagunen stark von dem spezifischen Verhalten von Mikroorganismen des Meeres abhängt.”

(321p155)

Die “subtile Ökonomie der Bakterienmatten in den Lagunen” der Baja California: “Die roten und grünen Mikrobenverbände an der Oberfläche wirken wie ein Regenmantel, der verhindert, dass sich das Salz im Regen auflöst und wieder in den Ozean gewaschen wird. Einmal war die ganze Lagune meterhoch von Frischwasser überflutet worden. Innerhalb von 2 Jahren war das ganze Flutwasser verdunstet und hatte sich verlaufen, ohne die Mikrobenverbände oder die darunterliegenden Verdunstungsbetten zu zerstört zu haben. In normalen Zeiten verringert das ablaufende Regenwasser den Salzgehalt der Matten und fördert das Wachstum von Fotosynthese-Organismen an der Oberfläche, die für die darunterliegenden Bakterienverbände die Hauptversorger an Nahrung und Energie sind. Die Salzkristalle an oder nahe der Oberfläche sind mit einer besonderen Schicht überzogen, die sie gegen eine rasche Auflösung durch das Regenwasser schützt.”

NB Es sind vor allem solche Beobachtungen, die glaubensschwache Schulwissenschaftler nervös machen. Denn wir haben hier komplexe, wunderbar ineinandergreifende, nur zu reale Vorgänge, welche die für die Evolution des Lebens notwendigen Randbegriffen gewissermaßen ‘on the fly’ erschaffen. Ein Bootstrapping-Prozess, als ziehe sich das Leben nach und nach am eigenen Schopfaus dem Sumpf, als lege das Leben gele-

gentlich vor sich die Schienen für die eigene Entwicklung, um sie hinter sich wieder abzureißen. Wenngleich real, wirkt es doch auf unabgebrühte Beobachter leicht unreal, wie im Märchen von der Bohnenranke.

Die Befürchtung, hier müsse doch ein Gott im Spiel sein, ein höherer Plan, etwas Spirituelles, wird übermächtig, kann nicht mehr niedergehalten werden, bricht sich Bahn und muss nun, um die vibrierenden theologischen Nerven wieder zu beruhigen, schleunigst auf den Überbringer der verfänglichen Botschaft projiziert werden, also in dem Fall auf die Verfechter der Gaia-Hypothese wie Lynn Margulis und James Lovelock. Da scheint es vergessen, was den wahren Forscher ziert: den Mut, den Tatsachen ins Auge zu sehen, sogar wenn sie sich im überall anerkannten Paradigma nicht erklären lassen oder wenn sie ideologisch unpassende Konsequenzen zu haben scheinen. Der wahre Forscher akzeptiert die Tatsachen mit schwebendem Urteil und sieht sich nach neuen Erklärungsmustern um. Er wird in diesem Falle sowohl Gott als auch den Zufall verwerfen, solange diese nur einen Erklärungsersatz bieten, nur einen wissenschaftlichen 'deus ex machina', der im gordischen Handstreich den Problemknoten durchhaut und uns weiterer Beschäftigung mit der Sache enthebt: "Das können wir nicht verstehen, das können wir nur glauben."

Die ideologisch wenig belastbare, schwachnerfige Schulwissenschaft muss sich an ihr Paradigma klammern, um nicht alsbald in voraufklärerische Position abzustürzen. Und darum greift sie zu dem Argument, welches den Forscher so arg verunziert:

- (A) Derartiges sei mit dem Prinzip evolutionär verschwenderischer Anpassung durch Auslese nicht zu erklären, denn es gebe ja nur eine Erde.
- (B) Darum sei das Phänomen nicht existent.

In der Tat ist die Prämisse (A) richtig. Aber aus (A) auf (B) zu folgern, ist pathologische Logik, Pseudologica fantastica: ein klassische "unmögliche Tatsache" des rührend in die Jahre gekommenen Palmström.

Schade. Denn Lovelock bietet durchaus andere interessante Erklärungsmuster, die zwar nicht alles durchgängig erklären, also noch reichlich lückenhaft sind (n richtiges Lückenparadigma, jau)– aber sie wären des Aufgreifens doch wohl wert! Und wenn sie falsch sind: eine Herausforderung, richtigere zu finden, statt vor den Kreationisten zu bibbern.

- NB Noch eine Klarstellung: Sowohl Gott als auch Zufall können als Erklärungsmuster herangezogen werden, aber nur solange sie etwas erklären, d.h. Modelle liefern, überprüfbar Vorhersagen ermöglichen, neue Tatsachen erschließen usw. So war die politomorphe Projektion eines gesetzgebenden und sich daran 'konstitutionell' bindenden Gottes ausgesprochen förderlich für die Aufdeckung der bekannten Naturgesetze. Die Bild eines voluntaristischen Gottes, modelliert nach dem Vorbild des despotischen Willkürherrschers, war dagegen eher ein Erkenntnishindernis. Es kommt halt immer drauf an!

Aber nix für Glaubensschwächlinge, für theologische Neurastheniker. . . s.u. Lovelock ist sich dieser Wissenschaftspathologie nur zu sehr bewusst, aber er riskiert, sich noch mehr zu verstricken, indem er fortfährt:

"Ist das alles ein großes, ungeplantes, staatliches Konstruktionsunternehmen von Gaia? All die Schritte von der individuellen Verringerung der Kalzium-Ionen innerhalb der Zellen lebender Organismen bis hin zu den Erdplattenbewegungen zielen darauf ab [geschlossenes Aufheulen der Meute: ha'mwa dich, blasphem'scher Teljolog!], die für die Organismen zuständige Umgebung zu verbessern. Doch die Bindeglieder zwischen der Biomineralisation, der Salzbelastung und der Plattentektonik sind so fein, dass die meisten Wissenschaftler die Verbindung für eher zufällig als geophysiologisch bestimmt halten. Ich werde aber nicht aufhören, nach den Grenzen der Gaia-Steuerung zu fragen und nach einer Leitlinie zu suchen. Und das alles unter der einfachen Fragestellung: Wie würde die

Erde ohne Leben aussehen? Würde es Kalksteine an den Kontinentalrändern geben, die Verdunstungslagunen bilden? Hätte sich das Salz in ihnen abgelagert oder würde es ohne einen lebenden Regenmantel aus Mikrobenmatten vom Regen wieder in das Meer gespült werden? ...”

*Verstehen wir ‘darauf abzielen’ ruhig als anthropomorphe Projektion und überlegen wir, welche konkreten, nachprüfbaren Modelle sie stiftet; eine konstruktive Metapher – und nicht so kasperlmäßig **wörtlich**, wie die Meute! Als wäre damit eine planende Intelligenz unterstellt!*

Ein solcher Voraus-Interventionismus ist übrigens auch von theologischer Seite abzulehnen. Der moderne Gott delegiert, versucht soviel Autonomie, Autopoiese als möglich ins Spiel zu bringen, denn das mobilisiert ceteris paribus mehr schöpferisches Potenzial als auch die durchtriebenste Planung. Ein solcher Gott hat dem Menschen einen freien Willen gegeben, damit dieser selbst Verantwortung übernimmt, um Gottes Geschäft zu potenzieren. Dieser Gott verordnet: “Hilf dir, Selbst, dann hilft dir Gott!” Denn so bewirkt Seine Hilfe die größte schöpferische Hebelwirkung.

Lovelocks Annahmen sind auf jeden Fall weniger abstrus, als Lebewesen wie die Soziobiologie nur als die Roboter der egoistischen Gene zu sehen: eine wissenschaftlich absolut sterile deus-ex-machina-Annahme, welche das Nachdenken über das Leben an vielen bedenklichen Stellen stoppt, ein antiaufklärerisches ist und obskurantistisches Einlullen des Denkens; wogegen Lovelocks ketzerische Thesen eine Herausforderung des Denkens darstellt. Es sind immer die Ketzer, die den geistigen und seelischen Fortschritt befördern!

Lovelocks ‘Leitlinie’ ist die Frage nach der Entropie: Der Weg ohne Leben wäre der Weg ins thermodynamische Gleichgewicht, dem Pfeil der Zeit entlang hin zu wachsender Entropie. Dann kann seine Frage so gestellt werden:

Ist diese oder jene Erscheinung (wie die Lagunen) im Rahmen einer Zufallsfluktuation befriedigend erklärbar, oder handelt es sich um einen (um der Geltung der Thermodynamik willen energieabsorbierenden) Prozess dauerhafter Anti-Entropie in einem offenen System, auch als ‘Leben’ beschimpft?

Theologische Nervosität und die Gaia-Hypothese WS 28.3.2000

Den Teufel spürt das Völkchen nie! Aber Gott, den spürt es sofort, und dann ist das Geschrei groß in all der Möchtegern-Gottlosigkeit! (‘Ich dachte, Gott wär’n wir los!’)

Die Gaia-Hypothese stößt auf gewaltige Akzeptanzprobleme, weil sie die schwachen theologischen Nerven der Schulwissenschaft allzusehr reizt. Und da ergieht man sich zur Abwehr in kopfloser Irrationalität!

Evidenz der Verzahnung evolutionärer Vorgänge, teils durch einfache Modelle zu erklären, teils durch komplexe koevolutionäre, teils aber immer noch Wundersames enthüllend – wie übrigens, bei näherem Hinsehen, auch die klassischen darwinistischen Erklärungsansätze, die in vielen Fällen nur unfruchtbare Hinweg-Erklärungen sind, damit man sich bloß zu wundern aufhört. Lieber eine haarsträubend nichtssagende Erklärung als ein nackenhaarsträubendes Wunder!

Lovelock legt da einen wissenschaftlich garantiert unabhängigen, aber sonst ganz konventionellen Finger auf Phänomene und Verkettungen, gut beleuchtbar durch wissenschaftlich ehrenwerte Hypothesen, keiner konservativen wissenschaftlichen Theorie widersprechend, sondern diese eher an entscheidenden Stellen ergänzend – und stößt dennoch auf erheblichen ideologischen Widerstand; dieser verschanzt sich hinter einem dummen ‘Teleologie’-Vorwurf, der ja einer Exkommunikation gleichkommt.

Da mag Lovelock sein absolut konservatives Festhalten am strikten ontologischen Reduktionismus (kausalem Mechanismus) noch so betonen, man überhört dies

einfach; denn näheres Hinsehen zwänge ja zur Befassung mit Sachverhalten, die unsere glaubensschwachen und theologisch übernervösen Meinungsherrscher intellektuell lange nicht mehr verkraften. Und würde es nicht die anvertrauten Meinungsschäfchen tief verstören, all die sprichwörtlichen alten Mütterchen, also 80% der Intellektuellen? Haben wir nicht schon so genug Probleme mit dem Kreationismus? In den U.S.A hat er seine fröhlichen Urständ' schon lange hinter sich und greift zum Entsetzen der Aufgeklärten weiter um sich; in einigen Schulen wird bereits wieder die Schöpfungslehre neben dem Darwinismus gleichberechtigt gelehrt.

Das kommt davon, wenn man ein halbes Jahrhundert lang immer mehr Dinge unter den Teppich kehrt und sich dabei noch einbildet, dies sei im Interesse der Aufklärung.

Zu Newtons Zeiten waren die theologischen Nerven noch intakt. Newton sah im Nachweis des mathematisch organisierten Kosmos *expressis verbis* den von ihm intendierten Gottesbeweis. Der damit 'bewiesene' Gott verkümmerte allerdings ziemlich rasch zu der 'deistischen' Vorstellung, Gott habe die (mathematischen) Spielregeln des Universums ein für alle Mal festgelegt und werde fürderhin nicht mehr gebraucht, um die Sache in Gang zu halten: 'Je n'ai plus besoin de cette hypothese', sagt Laplace zu Napoleon III auf die Frage nach Gottes Rolle in der Mechanik des Himmels.

Der ideologische Rahmen, in dem der Darwinismus entstand, siegte und sich trotz aller Rückfälle bis heute behauptet, ist ein noch weitaus radikalerer Mechanismus als der physikalische. Was die neu entstehenden Wissenschaften vom Leben an mathematischer Exaktheit und Eleganz nicht bieten konnten, versuchten sie auf dem Felde eines streitbaren Antitheismus wett zu machen. Anders als die Physiker, gestanden die Biologen Gott nicht einmal die Rolle eines uranfänglichen Schöpfers und mathematischen Gesetzgebers zu. Das Leben sollte ganz von alleine, völlig voraussetzungslos, *ex nihilo* entstanden sein, und sich ohne besondere 'Gesetze des Lebens' aus der toten Materie entwickelt haben.

Und wenn es mit dieser Vorstellung Schwierigkeiten gab, musste die Wirklichkeit schuld sein, nicht aber dieser mechanistische Methodismus. Anders geartete Modellvorstellungen führen seitdem – wie das Beispiel Sheldrake zeigt – immer noch zur Exkommunikation. Dass modernes wissenschaftliches Denken grundsätzlich nur mit Modellen zu tun hat, ist der Biologie bis heute vollkommen fremd. Dem Biologen ist ein Modell nur eine Art Hilfsvorstellung, eine hilfreiche Metapher, bestenfalls Analogie, denen nicht der gleiche Rang zukomme die wirkliche Wirklichkeit, die ihm für das eigentliche, unmittelbare Objekt der Erkenntnis gilt.

Du sollst kein Modell zum Fetisch machen!

Richtig. Andererseits haben wir aber nichts anderes als Modelle, sobald wir von dem sprechen, was im Himmel, auf der Erde und im Wasser unterhalb der Erde ist. Diese Modelle haben mehr oder weniger Wirklichkeitsgehalt – aber *wirkliche Wirklichkeit* ist keines von ihnen. Wirkliche Wirklichkeit umfasst mehr als das Sagbare.

(Praktizierende Biologen sehen das pragmatisch, und wissen ansonsten scharf zu unterscheiden zwischen Modell, Analogie, Homologie und Metapher. In der Außenwahrnehmung und auch in der Selbstdarstellung geht es hier aber gerne wild durcheinander; ganz schuldlos sind die Biologen hieran nicht. Sie haben hier eine gewisse Richtigstellungspflicht, vermahnt Steven Rose (427p¹¹) die Kollegen!)

Ganz typisch ist der selbsternannte 'Biophilosoph' F. Wuketits (569), der ontologischen Materialismus in ausgeklügelter Naivität mit 'objektiver Erkenntnis' verwechselt.

Aber wie die Lovelock-Rezeption zeigt, drohen auch dem mechanistischen Puritaner schwere Kirchenstrafen, sobald er den ‘Mechanismus’ der Evolution so konstruktiv erweitert, dass die bisherige Unvollständigkeit, ja Dürftigkeit der kanonisierten Erklärungsansätze aufscheint. Wichtiger als die reine Lehre ist der Erhalt der Orientierung im Vertrauten! Die geistigen Koordinaten, an denen man sich ein Leben lang entlangehandelt hat, möge man bitte nicht verrücken. (Der Sturm im Rechtschreib-Fingerhut lässt ahnen, wie groß die geistige Trägheit in Deutschland ist...)

Wer einmal anfängt, sich auf Lovelocks (irrtümlich) als ‘teleologisch’ abgetane Gedanken einzulassen, dem drohen wissenschaftlichen *interessante* Zeiten – welch furchtbarer Fluch für alte Chinesen und neue Scholastiker! Völlig neue Fragen tauchen auf, wunderbare, erklärungsbedürftige Zusammenhänge, wo man einfach nicht mehr mit Überraschungen rechnen möchte. Generationen bienenfleißiger Biologenarbeit müsste neu aufgerollt werden; die ganze Biologie könnte in ein völlig neues, *fremdes* Fahrwasser geraten; und – oh Schreck meine Aktien – der Mainstream des nun leider vergangenen ‘Jahrhunderts der Biologie’ könnte sich als doch recht kümmerlicher Seitenarm entpuppen, und nicht als der donnernde Niagara der Zukunft.

Vorausgesetzt, man nähert sich den sich öffnenden Horizonten und künftigen Wundern mit offenem Herzen und kritischer Vernunft; vorausgesetzt, man stopft die Erklärungslücke nicht mit Gott, wie die Kreationisten (eine Sünde nicht nur in den Augen der Wissenschaftler, sondern auch der Theologen) oder mit dem Zufall (auf gut Deutsch Kontingenz).

Du sollst den Namen Gottes nicht missbrauchen!

Richtig gebraucht, ist Gott kein Lückenbüßer der Erkenntnis, sondern ein Grundfruchtbarer neuer Ideen. Reden wir halt drüber.

Packen wir den Stier bei den Hörnern und treffen den theologischen Nerv möglichst kurz und schmerzlos: es ist immer wieder Gott, der sich auch durch die strikteste mechanistische Observanz nicht bannen lässt. Dass Gott wissenschaftliche Relevanz erlangen könnte, aus seinem pietistischen Reservat ausbricht und zur kreativen Grundlage der Wissenschaft wird – diese Vorstellung raubt dem dogmatisch eingemauerten Scholastiker den letzten Nerv und er bringt kein rationales Argument mehr zustande. Gott in der Wissenschaft – das ist für unseren zeitgenössischen Wissenschaftsbarock, diese spätmoderne Scholastik, der Teufel, die Antithese der wissenschaftlichen Vernunft, der Inbegriff der Irrationalität. Gott gehört in die Moraltheologie; mit Wissenschaft darf er nichts zu tun haben.

Aber die Lehre der Geschichte ist, dass die ‘objektive Erkenntnis’ ohne substanziale Gottesvorstellungen (meinetwegen: Gottesmodelle) nie entscheidend vom Fleck gekommen wäre.

Der deistische Gott Newtons und Laplace kann als heuristisch fruchtbare Arbeitshypothese angesehen werden, als eine Modellvorstellung, die uns im Verständnis des Universum weiter brachte, wie übrigens auch schon die Vorstellungen der antiken Astronomen von der kreisförmigen Göttlichkeit der Himmelskörper; diese waren es nämlich und nicht die weitverbreiteten “gottlosen Ideen” (Plato) eines Demokrit oder eines Anaxagoras, dieser antiken Materialisten, welche die griechische Astronomie “den sicheren Gang der Wissenschaft” (Kant) gehen ließen. An der Wiege der neuzeitlichen Wissenschaft stand die Vorstellung von einem die Welt nicht durch fortwährende Intervention, sondern durch klare Gesetze regierenden Gott, in anthropomorpher Projektion des gerade in Schwange kommenden politischen Absolutismus; und diese Vorstellung stand von Kopernikus über Galilei und Kepler bis hin zum frommen Newton hin Pate bei der Entdeckung der Naturgesetze.

Ohne einen solchen Paten wird die Biologie so stehen bleiben, wie sie am Ende des Jahrhunderts da steht: als eine Wissenschaft, die eine große Zukunft hinter sich hat – das vielbesungene ‘Jahrhundert der Biologie’ ist und bleibt zu Ende. Auf ein Neues! Und im Übrigen gibt es nicht nur alte Mütterchen, sondern auch alte Mütter, und die wollen es durchaus noch wissen: Mann unterschätze sie nicht.