

- 9 -

Generelle Eigenschaften der Biosphäre

Rupert Riedl

Unsere Position in diesem Universum zu begreifen, ist ein Anliegen, das jeden, der denkt, zu bewegen scheint. Und die Geschichte der Naturwissenschaften lehrt, wie die Entwicklung von Denken und Methode das All und die Verwandtschaft des Lebendigen erweitert, die Erde und den Menschen aber aus dem Zentrum verdrängt hat. Und man findet oft die Auffassung vertreten, daß die Koinzidenz des Wachstums der Naturwissenschaft und der Rationalität von Weltbild und Gesellschaft auf einer echten Wechselwirkung beruhe. Ja, die Meinung gewinnt an Raum, daß von der Ratio eine entscheidende Hilfe zur Lösung unserer Probleme zu erwarten wäre.

Heute ist die Naturwissenschaft wieder an einer solchen Schwelle der Erkenntnis angelangt. Die Ökologie ist es, die in einer neuen Synthese dabei ist, unsere Position weiter und genauer zu bestimmen; in einer Synthese, die von der Physik bis zur Soziologie reichen muß, um unsere Position, wie man früher gesagt hätte, im Haushalt der Natur zu begreifen als Glied der Biosphäre, wie wir uns heute ausdrücken.

Und auch das tun wir nicht von ungefähr. Im Gegenteil. Unsere grenzenlose Erde ist in wenigen Jahren zum Raumschiff geworden, dessen Limitationen wir schon in jeder Hinsicht fühlen, dessen Mechanismus wir zu verstehen beginnen und von dem wir uns schon weit genug zu entfernen vermögen, um es vom Weltall aus als ein Ganzes zu überblicken: eine dünne, leuchtendblauweiße Schicht über dem schwarzen und rotroten Grund des Planeten Erde. Das ist ja alles bekannt.

Welch' Ding nun auch immer als Ganzes gesehen werden will, es muß von außen betrachtet werden. Ich möchte damit sagen, es bedarf der Maßstäbe, die in einem so großen Gebiete Geltung

-----  
 Dieser Artikel ist eine Kurzfassung des Vortrages 'Energie, Information und Negentropie in der Biosphäre', gehalten am 9. Oktober 1971 in Konstanz anlässlich der Gründung der Gesellschaft für Ökologie.  
 Tagungsbericht "Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen"  
 Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Rupert Riedl, A-1090 Wien, Währinger Str. 17/VI, I. Zoologisches Institut.

haben, daß unser Ding darin nur einen kleinen Ausschnitt einnimmt, und die so generell sind, daß alle Erscheinungen mit ihnen gemessen werden können. Zwei Maßstäbe, die diese Bedingungen erfüllen, sind in die Ökologie eingetreten und von ihnen soll die Rede sein; und ich will zeigen, daß ihre gemeinsame Anwendung nur auch jenen Teil unserer Position objektiv beschreiben und beurteilen läßt, den wir seit den Anfängen der Zivilisation als den wesentlichen betrachten und der uns heute die größten Sorgen macht; eine Objektivierung des Antagonismus von Macht und Ordnung. Lassen Sie mich nun sogleich zum Konkreten kommen.

### Ein Stau von Energie

Es ist das Verdienst von H.T.ODUM (1955, 1959, 1971), Energie als ein universelles Maß in die Ökologie eingeführt und gezeigt zu haben, daß dieselben Prinzipien für die Erhaltung eines Kristalles, den Betrieb eines Eiskastens, eines Organismus, einer Biozönose und der menschlichen Gesellschaft gelten und in Erg genau bestimmbar sind. Mit einer eigenen Symbolik läßt sich dieses Prinzip wie eine universell-wissenschaftliche Sprache anwenden und in den individuellen wie superindividuellen Systemen die Qualität der Aufnahme, den Durchsatz und Stau, die Kanalisierung, die Transformierung in verschiedene Fließ- und Speicherformen der Energie feststellen, die Effizienz des Systemes berechnen.

Zunächst erfährt man, daß der Durchsatz geregelt und die Effizienz gering ist. Erhalt und Betrieb lebendiger Systeme ist mit beträchtlichen Verlusten verbunden. Aber das ist natürlich eine Wertung, die nur für jenen Sinn hat, in dessen Betrieb gerade Energiezufuhr einen Minimumfaktor bedeutet. (Wir beklagen ja auch nicht die Insuffizienz unseres Atmungsapparates, weil uns in der Atemluft noch Sauerstoff verläßt.)

Zweitens lernt man erkennen, daß Begriffe wie Ernte, Ertrag, Geld, Einfluß, Macht, Kapital und Rüstung sämtlich die Synonyme von Energiestau (-storage) in ökologischem Sinne sind. Merkwürdigerweise wird diese Einsicht gelegentlich als Ärgernis zurückgewiesen, obwohl sie erkenntnismäßig wie metrisch besonders leicht nachzuvollziehen ist.

Drittens scheint es sich zu bewahrheiten, daß die Evolution der Organismen und Gesellschaften alle Systeme mit mäßigem Erfolg in Richtung auf bessere Verwendung, aber mit größerem Erfolg in Richtung größeren Durchsatzes (und höheren Stauens) an Energie selektiert. An diesem Punkte wird der Erfahrene aufhorchen. Denn er fragt sich sogleich, ob das, was man in den Sozietäten des Genus Homo z.B. das Wachstum von Macht nennt, als die fatale Folge oder das eigentliche Ziel der Evolutionsmechanismen aufzufassen wäre.

Wenn wir uns nun dem Energiehaushalt der Biosphäre als Raumschiff zuwenden, stellen wir zunächst fest, daß alle Energie (wie sie ja für jeden Lebensvorgang und die Erhaltung jeglicher Struktur des Lebendigen unentbehrlich ist) von außen kommt; Bruchteile kommen als Wärme vom Erdkern, als Gravitationskräfte von Nachbargestirnen, der überwältigende Rest aber als Licht und Wärme von der Sonne (HUBBERT, GATES 1971).

In der Biosphäre wird die mit Lichtgeschwindigkeit ankommende Energie (Wärme) zu einem Bruchteil in Bewegung umgesetzt; zum Betrieb des lebensnotwendigen Rührwerkes der Atmosphäre und der Ozeane herabgebremst. Zu einem ganz verschwindenden Bruchteil wird sie (Photonen) zur Energie jener chemischen Bindungen umgesetzt, die alles Lebendige aufbauen und im Fluß zu jenen Geschwindigkeiten verlangsamt, die wir von Stoffwechsel, Entwicklung und Evolution kennen.

Im Verhältnis zum Durchsatz sind die Stauung gering und stabile Speicherung scheint es nicht zu geben. Die Energiereserven, die in Organismen, Maschinen und Städten, ja selbst in bestimmten Biozönosen und Nationen vorgesehen sind, reichen nur Tage bis Wochen. Nur ausnahmsweise geht Energie in eine Falle, wie das Erdöl; aber auch dessen vollständiger Abbau ist bereits abzusehen (LUTEN 1971).

Letztenendes geht wieder alle Energie verloren. Meist wird sie schon in einer nur drei- bis vierstufigen Nahrungskette völlig dezimiert und verläßt nach der Desintegration der Leichen die Erde als nächtliche Abstrahlung gegen die Kälte

des Weltraumes, mit der Geschwindigkeit, mit der sie gekommen ist.

### Eine Häufung von Information

Es ist das Verdienst von RAMON MARGALEF (1965, 1970), den Begriff der Information in die Ökologie eingeführt zu haben, Information, meist in Bit (digitale Entscheidungen) gezählt, definiert man als den logarithmus dualis des Kehrwertes der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses. (So hat z.B. der Adler bei Münzwurf mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  den Kehrwert 2, dessen logarithmus dualis 1 bit Entscheidung.) Den Informationsgehalt eines Systemes kann die Zahl der Entscheidungen beschreiben, die dem Zufalle eingeräumt sind, oder die erforderlich sind, um seinen gesetzmäßigen Zustand festzulegen. Letzterer Gesichtspunkt hat sich sei BRILLOUIN (1969) für die Naturwissenschaft als höchst fruchtbar erwiesen.

Dieser Determinations- oder Ordnungsgehalt (wie ich sagen möchte) mal Anwendung kennzeichnet nun die Biosphäre in ganz besonderer Weise. Während nämlich alle Prozesse in diesem Universum, in welchem die Erde ein unglaublich kleiner Bestandteil ist, dem zweiten Satze der Thermodynamik, dem Entropiesatze folgend, zu einer Vergrößerung der Unordnung führen, vermögen die Organismen Ordnung in ungeheuren Dimensionen aufzubauen.

Sie umgehen gewissermaßen (MOROWITZ 1968, 1970) den Entropiesatz, indem sie als offene, stets durchflossene Systeme mehr chaos abführen, als sie Ordnung in sich aufbauen. Ich darf in dem hier vorgesehenen Rahmen nicht versuchen, die Begründung abzuleiten (RIEDL 1973).

Wir beginnen aber zu verstehen, wie Information entsteht (EIGEN 1971, SCHUSTER 1972), wie sie zu messen und organisieren ist. Schon eine Bakterienzelle übertrifft an Informationsgehalt die komplizierteste Maschine, die Menschen bisher gebaut haben; z.B. ein vollautomatisiertes Telefonnetz mit 100.000 Teilnehmern; und ein Mensch enthält soviel Information

(besser: Determination), daß sie durch eine Zahl mit 25 Nullen angeschrieben werden müßte. Das ist mehr Informationsgehalt als in allen Schriftwerken der Menschheit enthalten ist (BRILLOUIN 1969, LINSCHITZ 1953, DANCOLL 1953, QUASTLER 1964, LWOFF 1969). Von dem Maß an Determination oder Ordnung, das in der Biosphäre bereits gestapelt ist, kann man sich erst eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, daß Zahlen obiger Dimension noch mit Millionen rezenter Arten und Milliarden derer identischer Replika (Individuen) zu multiplizieren sind.

Das Produkt der Genesis, der Evolution der Organismen, ist ein mit der unbelebten Materie in keiner Weise mehr vergleichbares Maß an Ordnung. Eine Ordnung, die über die Einzelorganismen hinausgreift, sie selbst in geordnete Verbindung bringt, in den Gesellschaften der Tiere und noch viel mehr in jenen der Menschen jene Gesetzmäßigkeit entstehen läßt, die wir Sozialverhalten, Staaten, Zivilisation und Kultur nennen.

Die Evolution treibt ganz unzweifelhaft zur steten Vergrößerung dieser Ordnung, weil, wie es erscheint, bislang mehr Informationsgehalt mehr Stabilität gewährte; wieder ein Punkt, der uns aufhorchen läßt, zudem er noch unserer Hoffnung entspricht.

Wenn wir nun wieder den Haushalt betrachten, so stellen wir fest, daß die Ordnung erst in der Biosphäre aufgebaut wird, daß ihre Replika in den Nahrungsketten ja mit dem Tod jeglichen Wesens wieder verschwenderisch hingeopfert werden, daß sie, außer in einigen Raumkapseln, die Biosphäre nie mehr verlassen hat, und daß sie im Kommen und Gehen der Arten, Stämme und Kulturen - in den genetischen und kulturellen Codices weitergereicht - ständig wächst. Zwar mit der Langsamkeit, aber auch über die Zeiträume der geologischen Skala.

### Energie kontra Information

Es besteht kein Zweifel: Ordnung kann nur durch einen verschwenderischen Durchzug an Energie aufgebaut, erhalten und weitergegeben werden. Es besteht aber ebenso kein Zweifel,

daß jedes der auf das feinste equilibrierten lebendigen Systeme, ob Individuum, Sozietät oder Kultur, auf einen bestimmten Durchzug von Energie angestimmt ist. Ein Zuviel verbrennt es, so wie ein zu hoher Stromstoß die Ordnung in der Glühbirne zerstört.

Zweifellos haben sich in den Systemen die Durchgangsschleusen und die Verwendungs- oder Abbaumechanismen für Energie Hand in Hand entwickelt und vergrößert. Dieser Prozeß aber beansprucht Jahrmilliarden von den ersten Nucleinsäuren bis zu den ersten Werkzeugen; und solange die Weitergabe von Information ausschließlich auf den genetischen Code angewiesen war, erfolgte er in winzigen Schriften von Art zu Art, deren jeder 10.000 bis 100.000 Jahre beanspruchte, Das ist die von den Konstrukteuren der somatischen Evolution, Mutation und Selektion unverbrüchlich vorgeschriebene Geschwindigkeit. Nur einige Populationen einer der zwei Millionen rezenter Spezies sind ausgebrochen.

Diese Populationen des Homo sapiens haben mit Sprache und Schrift einen zweiten Code entwickelt, der der zivilisatorischen Evolution eine bereits hunderttausendfache und exponentiell weiter wachsende Beschleunigung ermöglicht. Aus Hochkulturen sind Industrie- und Erfolgspopulationen geworden, in denen die alten Erfolgsmechanismen der vergrößerten Energiedurchsatzes vorhalten, die Bremse des alten Evolutionsrhythmus aber weggefallen ist. Die Erfolgsgesellschaft ist schneller geworden als die Evolution.

Nicht nur die Vermehrungsrate treibt dem Debakel zu, noch steiler wächst der Energiedurchsatz, weil sich dieser über die sprunghafte Vermehrung hinaus auch noch sprunghaft per Kopf vergrößert (STARR 1971, COOK 1971) und diesem sind die natürlichen Biotope und alle anderen Organismen mit Ausnahme der Krankheitserreger und Parasiten der Erfolgspopulation nicht gewachsen. Sie werden in der Flut dieses Durchsatzes verheizt.

Das ist der entscheidende Punkt. Es mag sein, daß es einer klügeren Menschheit gelingen wird, die Kernspaltung und das

Streuen von Gift zu verbieten, aber auch dann werden die steigenden Abfälle der steigenden Ansprüche genügen, um die Ordnung kollabieren zu lassen. Weil zu hoher Ausstoß selbst jener Abfälle, der Phosphate und Nitrate, mit welchen im Rückkreislauf die Kulturen befruchtet werden können, das Leben der Seen und der Flüsse, selbst schon mancher Meeresküsten zusammenbrechen läßt. Es ist dem Ansturm potentieller Energie nicht gewachsen. Sein Energieabbaumechanismus ist auf ungleich geringere Dosen eingerichtet und seine Adaptierbarkeit hält niemals Schritt. Die Konsequenzen sind Algenblüten, Bakterienboom, Sauerstoffschwund, das Zusammenbrechen des Oxybios, wieder ein Fluß wird zur Kloake und Ordnung, in Jahrtausenden aufgebaut, ist im Handumdrehen und unwiederbringlich dahin. Und die zerfallene Ordnung verläßt als nächtliche Wärmestrahlung diese Biosphäre mit Lichtgeschwindigkeit in die Kälte des Weltraumes.

Wenn wir Ökologen es zulassen, daß man unser Wirken auf diesen postinsultären Teil der Kausalkette beschränkt, dann werden wir zu jener Personalgruppe des 'Krankenhauses Biosphäre' gehören, die die Unheilbaren registriert und ihre letzten Wege lenkt. Wo aber ist der Beginn der Ursachenkette? Sind die Baumeister schuldig, weil sie keine Kläranlagen bauen, die Besitzer der 'Interessen' eines Ferienortes, die Touristen, die den (weil ohne Kläranlagen) billigsten Ort wählen?

Nein. Die Ursache liegt im Auftrieb der Anforderungen unserer Erfolgsgesellschaft, die um des unmittelbaren Vorteiles willen die Ansprüche, letztlich den Umsatz an Energie hinaufreibt, indem das archaische Lebensziel, mehr zu besitzen als der Nachbar und morgen mehr als heute, noch durch die Zivilisationsmechanismen (GALBRAITH 1967, COMMONER 1970) angeheizt wird. Durch die Diktatur des Standards, die Gehirnwäsche der Werbung.

Die sogenannten Energiekrisen sprechen nur für unsere Kurzsichtigkeit oder die Geschäfte, die mit ihr gemacht werden. Sie wären, in ein steady state dirigiert, ja eine Hoffnung.

Aber sie kommen nicht. Wo alles Organische verheizt ist, wird diese Gesellschaft bedenkenlos Reaktoren bauen. Und bevor wir nur ein Hundertstel der erreichbaren Photonen in Futter verwandeln müßten, hätte das unbeschreibliche Menschengewimmel sich längst ausgerottet (LORENZ 1963).

Da die laufende Verdopplung der Energieansprüche pro Kopf bei gleichbleibender Bevölkerung wenigstens ebenso schadet wie die verdoppelte Weltbevölkerung, erkennt man, daß auch mit vollem Stop des Geburtenzuwachses erst die Hälfte getan ist. Ein Stop des Energiezuwachses müßte erreicht werden. Wie wäre das jemals möglich? Die Strukturfehler des 'Erfolges' sind in jeder mächtigen Gesellschaft groß, der kommunistischen wie der kapitalistischen. Und den Teufelskreis, Energie (Macht) mit Macht (Energie) zu brechen, kennen wir schon.

Wo ist ein Ausweg? Vernunft allein, wird sie von unseren Bedürfnissen verlassen, hat uns noch nie weit gebracht. Aber wievielen ist die Erfolgsgesellschaft schon unbehaglich geworden; diese wie jene. Ja, wir kennen längst die ordnungsfördernden Mechanismen des Energieabbaues: Natur, Landschaft, Brauch, Kultur, Humanität, Recht, Forschung und Kunst. Wir kennen freilich Bildung und Kultur als die Antipoden der Zivilisationsformen der Energie. Aber was wir für Luxurierung der Erbauung halten mochten, scheint nun die Forderung eines Naturgesetzes zu sein, an dem unser Überleben hängt. Beugten wir uns nicht erahnten Werten, so vielleicht erkannten Gesetzen.

Die Ökologie ist eine universelle Wissenschaft und sie kann durch die Universalität des Energie- und Informationsmaßes noch durch jene Kulissen dringen, mit welchen dieses Welttheater der Ratio immer noch absichtsvoll seine Hintergründe verdeckt.

Literatur: BRILLOUIN, L.: Science and Information Theory. Academic Press, New York, (2. Ausg.) S. XVIII und 351 (1969). COMMONER, B.: Science and Survival. Ballantine, New York, S. 177 (1970). COOK, B.: The Flow of Energy in an Industrial Society. Scientific American 225, (3), S. 135-144 (1971).

DANCOFF, S. und H.QUASTLER: The Information Content and Error Rate of Living Things. In: H.QUASTLER (Ed.): Information Theory in Biology. Univ. Illinois Press, Urbana, S.263-273 (1953). EIGEN, M.: Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. Naturwiss. 58, (10) S.465-523 (1971). GALBRAITH, J.K.: The New Industrial State. Houghton Mifflin, Boston 1967. GATES, D.: The Flow of Energy in the Biosphere. Scientific American, 225, (3), S.89-100 (1971). HUBBERT, M.: The Energy Resources of the Earth. Scientific American, 225, (3), S.61-70 (1971). LINSCHITZ, H.: The Information Content of a Bacterial Cell. In: H.QUASTLER (Ed.): Information Theory in Biology, Univ. Illinois Press, S.251-262, Urbana 1953. LORENZ, K.: Das sogenannte Böse. Dr.G.Borotha-Schoeler-Verlag, S.XV und 415, Wien 1963. LUTEN, D.: The Economic Geography of Energy. Scientific American, 225 (3), S.165-175 (1971). LWOFF, A.: Biological Order. M.I.T.Press, (2.Ausg.) S.101, Cambridge 1969. MARGALEF, R.: On Certain Unifying Principles in Ecology. In: E.J.KORMONDY (Ed.) Readings in Ecology. Prentice Hall, S.215-219, Englewood, Cliffs, N.Y.1965. MARGALEF, R.: Perspectives in Ecological Theory. Univ.Chicago Press, S.VIII u.111, Chicago - London 1970. MOROWITZ, H.: Energy Flow in Biology. Academ.Press, S.VII u.179, New York 1969. MOROWITZ, H.: Entropy for Biologists. Academ.Press, S.195, New York 1970. ODUM, H.: Trophic Structure and Productivity of Silver Springs, Florida. Ecol.Monographs, 27, S.55-112 (1955). ODUM, H.T. u.E.ODUM: Principles and Concepts Pertaining to Energy in Ecological Systems. Chapter 3 in: E.ODUM (Ed.): Fundamentals of Ecology. W.B.Saunders Comp., S.43-87, London - Philadelphia 1959. ODUM, H.: Environment Power and Society. Wiley and Sons, S.VIII u. 331, New York - London - Sidney - Toronto 1971. QUASTLER, H.: The Emergence of Biological Organization. Yale Univ. Press., S.XII u. 83, New Haven - London 1964. RIEDL, R.: Der Aufbau biologischer Ordnung. P.Parey, Hamburg 1973 (i.Vorbereitung). SCHUSTER, P.: Vom Makromolekül zur primitiven Zelle - die Entstehung der biologischen Funktion. Chemie in unserer Zeit 6, S.1-16 (1972). STARR, C.: Energy and Power. Scientific American 225, S.37-49 (1971).