

Selbstorganisation und Entwicklung

Zur Bedeutung eines physikalischen Paradigmas in der Biologie

VON CHRISTIAN KUMMER S. J.

In der Physik ist es üblich geworden, die strukturellen Effekte gewisser nichtlinear determinierter Vielteilchen-Systeme als „Selbstorganisation“ zu bezeichnen, etwa Laser, Bénard-Zellen, hydrodynamische Strömungseffekte, gewisse chemische Reaktionssysteme, die neben zeitlichen Oszillationen auch räumliche Strukturen bilden, wie die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion und anderes derartiges mehr. Durch mathematische Behandlung und Computersimulation des Reaktionsverhaltens solcher Systeme hat man mehr und mehr eine Vorstellung davon bekommen, welche anordnenden Fähigkeiten in der Materie stecken, so daß man zu glauben begann, nun endlich den Schlüssel zum Verständnis der evolutiven Formbildung in Händen zu haben. Die Ausweitung eines physikalischen Konzepts auf die Biologie bot sich einmal mehr verführerisch an, denn wo sonst als bei der Entwicklung eines Lebewesens könnte man mit besserem Recht von „Selbstorganisation“ sprechen. Namen wie Prigogine¹, Jantsch² und Eigen³ wären in diesem Zusammenhang zu nennen⁴.

1. Eine Äquivokation

Es wird dabei leider meistens übersehen, daß in dem Wort Selbstorganisation ein doppelter Gebrauch von „selbst“ enthalten ist: einmal adverbial im Sinn von: „von selbst“ = *spontan*, zum andern als Pronomen: „selbst“ = *eigen*, persönlich. Der erste Gebrauch beinhaltet den *Zufall*, insofern man einem System die Fähigkeit zur Organisation „ohne weiteres“, d. h. ohne Berücksichtigung eines eigenen, dafür verantwortlichen Grundes zuspricht. Etwas organisiert sich „von selbst“ bedeutet: es hat die Voraussetzungen zu einem höheren Ordnungsgrad in sich, aber es beabsichtigt ihn nicht. Die Voraussetzungen sind in der Regel gewisse Determinismen, die aber ihrerseits auf den Organisationseffekt nicht notwendig hingeordnet sind. Der zweite Gebrauch setzt das Tätigsein eines *Subjekts* voraus, welches die Aufrechterhaltung und die Zunahme seines Ordnungszustandes aktiv intendiert und sich damit selbst bestimmt. Im ersten Fall ist der Grund für die Komplexitätszunahme mit dem System identisch, im zweiten Fall ist zwischen Systemebene und

¹ I. Prigogine, Vom Sein zum Werden. München – Zürich 1979.

² E. Jantsch, Die Selbstorganisation des Universums. Vom Urknall bis zum menschlichen Geist, München 1982.

³ M. Eigen, Stufen zum Leben, München – Zürich 1987.

⁴ Vgl. zum Ganzen auch: Selbstorganisation. Die Entstehung von Ordnung in Natur und Gesellschaft. Hrsg. A. Dress u. a., München 1986.

Subjektebene zu unterscheiden, wobei letztere den Grund für die Komplikation der ersteren darstellt.

Ist es nun Zufall oder Absicht, daß diese beiden Ebenen, System und Subjekt, in den modernen Selbstorganisationstheorien miteinander vermischt werden? Hat der Versuch der Ausweitung dieser Theorien auf den Bereich der lebendigen Evolution seinen Grund nur in einer unsauberen begrifflichen Trennung, oder liegt dahinter die Strategie, Subjekthaftigkeit bzw. Geist wenigstens im Bereich des Lebendigen als Scheinphänomene zu entlarven und auf materielle Mechanismen zu reduzieren? Hinter einem solchen Zweifel liegt natürlich die Kardinalfrage, ob es überhaupt Gründe gibt, die für die Annahme eines echten lebendigen „Selbst“ sprechen, ob Lebewesen also nur Systeme oder echte Subjekte sind.

2. Analyse des Werdens

Unser Ausgangspunkt soll die Frage sein, ob Leben echtes Werden ist. Spontan wird man antworten, wenn überhaupt irgendwo mit Recht von Werden gesprochen werden kann, dann hier. Die Phänomene des Lebendigen lassen sich in keinem adäquateren Beschreibungsrahmen fassen als in der Dimension des Evolutiven. Das heißt, daß wir uns bei der Betrachtung eines Lebewesens bewußt sind, daß seine Form, die wir zu einem bestimmten Zeitpunkt wahrnehmen, immer nur die Momentaufnahme, der augenblickliche Querschnitt aus einem stetigen Fluß der Veränderung darstellt – sei es nun unter der Rücksicht der genetischen Abwandlung oder des metabolischen Stoffaustauschs.

Der Begriff des Werdens enthält seinsmetaphysisch ein Paradoxon⁵, das bekanntlich Aristoteles gelöst hat. Man mag eine solche Problemstellung als antiquiert belächeln und befinden, daß Werden einfach als Urdatum unserer Welt hinzunehmen ist, bzw. zum Prozeßdenken Whiteheads seine Zuflucht nehmen. Die Frage bleibt aber bestehen, woran ich denn die Identität eines Gegenstandes in der Abfolge seiner Veränderungen erkenne. Das Akt-Potenz-Schema des Aristoteles hat so naturphilosophisch nach wie vor sein gutes Recht, weil es uns ein sich veränderndes Seiendes als differenzierte Einheit sehen läßt: dessen, was es aktuell ist, und dessen, was daraus noch werden kann.

⁵ Es handelt sich um das Dilemma des Parmenides, das in Anlehnung an *Weissmahr* wie folgt lautet: Seiendes kann weder entstehen noch vergehen. Was nämlich neu entsteht, entsteht entweder aus dem, was ist, oder aus dem, was nicht ist. Wenn es aus dem entstehen soll, was ist, dann ist es kein wirkliches Entstehen, weil alles Seiende schon ist, und damit das Entstehende nichts Neues, d. h. im Vergleich zum Gewesenen Verschiedenes sein kann. Wenn es aber aus dem entstehen soll, was nicht ist, dann behauptet man die Unmöglichkeit, daß aus nichts etwas wird. (Vgl. *B. Weissmahr, Ontologie, Stuttgart 1985, 136*).

2.1 Drei Arten des Werdens

Die Erinnerung an das Trivialbeispiel vom Bildhauer, der aus einem „Material“ etwas „formt“, hilft uns, drei verschiedene Ebenen des Werdens zu unterscheiden. Es zeigt zunächst, daß neben den beiden „inneren Ursachen“ des Werdens, Akt und Potenz, noch zwei „äußere Ursachen“ angenommen werden müssen: die Wirkursache, durch welche das der Potenz nach Seiende in den Akt überführt wird, und die Zielursache, welche die Auswahl und Ausrichtung der Wirkursachen derart trifft, daß aus den vielen Seinsmöglichkeiten des Materials jene aktualisiert wird, die dem Plan des gestaltenden Subjekts entspricht. Es ist evident, daß in diesem Beispiel der tote Stoff nicht aus sich selbst zur Figur werden kann, sondern eines tätigen und planenden Gestalters bedarf.

Neben dieser ersten Form der Veränderung durch Fremdeinwirkung gibt es aber auch andere Arten materieller Veränderung, die keiner Einwirkung eines zusätzlichen Subjekts bedürfen, wie etwa die Kristallisation oder die Radioaktivität. Bei diesen Vorgängen ist es nicht notwendig, von einer eigenen Zielursache zu sprechen; der „Zielpunkt“ der Veränderung ist hier durch die immanente Wirkursachenkette determiniert. Man spricht in diesem Fall von Mechanismus und versteht darunter eine Veränderung aufgrund bloßer Ortsbewegung von in sich unveränderlichen letzten Bestandteilen. Trotz aller dynamischen Aufmachung sind die modernen Selbstorganisationsreaktionen „fern vom Gleichgewicht“ genau unter dieser Rubrik zu subsumieren, wenn man die lineare Wirkursachenkette um die Möglichkeit der Rückkoppelung erweitert⁶.

Schließlich läßt sich noch eine dritte Art des Werdens denken, bei dem das Werdende selbst Subjekt seiner Veränderung ist. Materielle Potenz und formendes Subjekt sind hier keine getrennten Entitäten mehr, sondern das sich verändernde Seiende ist seine eigene Wirk- und Zielursache. Wir kennen diese Art des Werdens aus der geistigen Tätigkeit unseres Bewußtseins: ich setze mir selbst ein mir mögliches Ziel und verwirkliche es mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln. Das erst wäre „Selbst“-organisation im Vollsinn, wengleich man hier üblicherweise von „Selbstbestimmung“ spricht, ein Ausdruck, der freilich erst im Grenzwert uneingeschränkter Freiheit seine präzise Geltung hat.

Organisches Werden in dieser dritten Weise als eigentätige Veränderung der lebenden Substanz aufzufassen, kommt unserem spontanen Empfinden gegenüber dem, was Leben ist, wohl am nächsten. Mißlicher-

⁶ Wenn man letztere genau genug analysiert, sind die Resultate etwa der *Belousov-Zhabotinsky*-Reaktion nicht mehr überraschend, sondern einleuchtend, obgleich man über die jeweilige konkrete Formveränderung keine Voraussagen machen kann. Während der materiellen Strukturbildung entstehen hier keine neuen Kausalitäts-Instanzen, die den Ablauf zusätzlich beeinflussen würden. Das aber wäre von einer Selbst-„organisation“ zu erwarten, wie der Vergleich mit der Keimesentwicklung (Induktionsereignisse) lehrt.

weise verwickelt eine solche Auffassung die Biologie auf der Stelle in die Problematik der Finalitätsbetrachtung und des Bewußtseinsbegriffs: Wie kann ein Lebewesen das Ziel seiner Entwicklung präsent haben? Muß man in Übereinstimmung mit der aristotelischen Analyse des Werdens dem Lebewesen nicht notwendig Bewußtsein zuschreiben, damit es Subjekt seiner eigenen Veränderung sein kann? Wenn die aristotelische Analyse des Werdens adäquat ist, scheint eine solche Sicht des Lebendigen unvermeidlich, es sei denn, die Lebensvorgänge lassen sich restlos auf die zweite Ebene des Werdens, den Mechanismus, reduzieren⁷.

3. Die mechanistische Position

Das ist die Denkweise des gängigen molekularbiologischen Theoriegebäudes. Die Strategie dahinter ist uralte: um die genannten metaphysischen Implikationen zu umgehen, wird das lebendige Werden von einer höheren Ebene aus als Scheinproblem entlarvt. Das auftretende Neue ist dann nicht wirklich neu, sondern liegt in einer anderen materiellen Wirkungsebene schon restlos vor. Diese Rolle übernimmt gemäß einer molekularbiologischen Theorie der Entwicklung die genetische Information. Damit kann jeder Entwicklungsschritt als von einem vorliegenden Programm gesteuert aufgefaßt werden, und lebendiges Werden wäre als Mechanismus, ohne Zuhilfenahme eines planenden und tätigen Subjekts, entlarvt. Zwei Fragen bleiben indessen zu stellen: (1) Auch wenn es absurd ist, an der Gültigkeit des molekulargenetischen Konzepts zu zweifeln – ist die damit etablierte Maschinentheorie des Lebens lückenlos zutreffend? Wie gewichtig ist ein etwaiger Restbestand an Phänomenen, die durch dieses Konzept nicht abgedeckt sind? (2) Ist die Herkunft der

⁷ Freilich weisen *R. Spaemann* und *R. Löw* in: *Die Frage Wozu?*, München – Zürich 1981 nach, daß nach aristotelischer Auffassung Teleologie kein Bewußtsein voraussetze, sondern bei Naturdingen die Bewegung auf das *Telos* mit der Form (als Realmöglichkeit der Substanz) identisch sei (vgl. 69 bzw. 62 und 58). Erst mit Thomas von Aquin werde die teleologische Struktur der Natur an ein (göttliches) Bewußtsein gebunden (85). Als Beweis dafür, daß die Bewußtheit einer Handlung nicht zum Wesen ihrer Zielgerichtetheit gehöre, führen die Autoren die automatische Verrichtung von Kunstfertigkeiten, wie etwa das Klavierspielen, an, welche zeigen sollen, daß die bewußte Überlegung nicht zum Wesen der Kunst gehöre, da sie ja den unvollkommeneren Zustand in der Ausübung darstelle (vgl. 70). Formal ist eine solche Trennung von Bewußtsein und Teleologie sicher berechtigt. Es fragt sich aber, wie bei dieser Sicht der Dinge Evolution konzipiert werden kann. Daß es sich im Fall der automatisierten Handlungen beim Menschen um (bewußt erfolgende!) Selbstprogrammierung handelt, ist evident. Wer aber programmierte die Naturdinge, sprich Lebewesen, für die Verwirklichung der Realmöglichkeit ihrer Form? Entweder ist dann doch im Sinne des Thomas auf eine göttlich-bewußte Zielsetzung zurückzugreifen, die einer statischen Welt ihre Analogie zu unseren Kunstgegenständen verleiht, oder die Programmierung ist eben in der Tat ein unbewußter Mechanismus. Die dritte Möglichkeit einer selbsttranszendenten Einholung der naturegegebenen Form macht aber die Annahme eines – analogen! – Bewußtseinsbegriffs unvermeidlich. Vgl. zu dieser Auffassung von Bewußtsein als Haben der eigenen Form: *C. Kummer*, *Evolution als Höherentwicklung des Bewußtseins*, Freiburg – München 1987, 72 bzw. 82. Im hier vorliegenden Aufsatz wird Bewußtsein allerdings nur im empirisch faßbareren Ausschnitt des psychischen Phänomens betrachtet.

biologischen Information, welche letztlich den Plan der Entwicklung enthält, als spontaner Selbstorganisationsprozeß (in der oben erwähnten ersten Bedeutung von „selbst“) zu bestimmen, oder setzt der biologische Informationsgewinn seinerseits ein tätiges Subjekt voraus?

4. Lücken in der Maschinentheorie

4.1 *Alternative Konzepte*

Es ist daran zu erinnern, daß das Lager der Entwicklungsphysiologen immer noch zweigeteilt ist in solche, die von der Genetik herkommen und in die Vertreter der experimentellen Embryologie. Diese letzteren legen in ihren Regenerationsexperimenten immer wieder auch Befunde vor, die zweifeln lassen, ob wirklich alle Formbildung in den Genen verankert ist. Unter ihnen gibt es Außenseiter, wie die Marseiller Entwicklungsphysiologin Rosine Chandebois, die eine ausdrückliche Gegenposition zur genetischen Theorie der Entwicklung riskiert hat⁸. Diese „Zellsoziologie“ genannte Theorie hat durchaus Ähnlichkeit mit dem, was Driesch einst mit seinem „harmonisch-äquipotentiellen System“ gemeint hat, ohne indessen in vitalistische Annahmen zu verfallen. Primärer Garant der Einheit eines sich differenzierenden Organismus ist in diesem Konzept nicht das Genom, sondern die Eigentätigkeit des Cytoplasmas, welche Chandebois zwar durchaus chemisch zu erklären versucht, aber dabei unvermeidlich Ansatzpunkte bietet, die eine Interpretation im Sinne echter Selbstorganisation nahelegen⁹.

4.2 *Entwicklungsgenetik*

Auf der anderen Seite sind die Erklärungserfolge der „Neuen Biologie“, wie sie sich seit etwa fünf Jahren darstellen, derart eindrucksvoll, daß man sich hüten sollte, nur aus metaphysischen Vorlieben heraus der Leistungsfähigkeit der genetischen Entwicklungstheorie vorschnell das Vertrauen zu entziehen. Die Möglichkeit ist nahegerückt, das, was in der Zelle als Leben pulsiert, als ein faszinierendes Räderwerk von Konformationsänderungen der Proteine zu begreifen. Wenn man auf sich wirken läßt, bis in welche Einzelheiten Computergraphiken das räumliche Zusammenspiel von DNA-Abschnitten und Enzymmolekülen aufdecken, wenn man sich einen Überblick darüber verschafft, was an interzellulären Kommunikationswegen bekannt ist, wie raffiniert die einzelnen Schritte der Signalübertragung durch die Zellmembran hindurch erfolgen, wenn

⁸ Vgl. dazu: R. Chandebois & J. Faber, From DNA transcription to visible structure. What the development of multicellular animals teaches us, in: Acta biotheoretica 36 (1987) 61–120.

⁹ Dazu gehört vor allem der Begriff des „readjustment“, mit dem Chandebois die nach dem irritativen Eingriff eines jeden Induktionsereignisses erfolgende Reorganisation der Keim-Ganzheit charakterisiert.

man die vielfältige Wirksamkeit der inzwischen bekannten Neuroproteine berücksichtigt, dann ist die Rede vom Mechanismus der Zelle auf weite Strecken kein Reduktionismus mehr, sondern eine ebenso präzise wie adäquate Beschreibung der Wirklichkeit. Selbst der Katalog der genetischen Programmvorschriften erscheint auf einmal gar nicht mehr so unübersehbar, – ein Einwand, der dem genregulatorischen Konzept häufig gemacht wird – denn es stellt sich heraus, daß es immer wieder dieselben Sequenzen sind, die mit wenigen Abwandlungsstrategien (z. B. gespleißte Gene) für ganz verschiedene Aufgaben genützt werden können. Freilich stehen einem vollständigen molekularbiologischen Verständnis auf der anderen Seite noch große Schwierigkeiten entgegen – etwa, wie es das Leben geschafft hat, sich nur aus den chemisch unwahrscheinlichen Proteinen mit stabilem Faltungsmuster aufzubauen, während die Mehrzahl aller künstlich (d. h. durch „Selbstorganisation“!) hergestellten Polypeptide nur lockere, flexible Knäuel mit dauernd wechselnder Tertiärstruktur sind¹⁰; oder, wie denn die Hierarchie der Regulationsgene im einzelnen geschaltet ist. Dennoch sollte man, schon aus strategischen Gründen, zur Zeit nicht in diesen Grauzonen und Lücken der Erkenntnis herumstochern, um eine Gegentheorie zu etablieren. Dazu ist die Flut neuer Einzelbefunde zu gewaltig, als daß selbst der Fachmann einen kritischen Überblick über alle einschlägigen Bereiche wahren könnte. Allerdings muß man schon darauf hinweisen, daß deshalb der Anspruch der genetischen Theorie, den Entwicklungsverlauf eines Organismus „aufgrund der Wirkungen und Wechselwirkungen von Genen zu verstehen“¹¹ vollmundiger ist, als ihn das derzeitige Wissen deckt.

4.3 Selbstorganisation in der Ontogenese

Allerdings ist darauf hinzuweisen, daß zumindest für das Zentralnervensystem eine genetische Festlegung der Entwicklung nicht hundertprozentig gilt. Nicht nur, daß die Zahl der Synapsen hier die Kapazität des genetischen Informationsspeichers restlos übersteigt; es gilt auch als gesichert, daß die Erfahrung des individuellen Subjekts auf die neuronale Verschaltung einwirkt, ja, für die strukturelle Differenzierung bestimmter Hirnbereiche unumgänglich ist¹². Damit liegt in diesem Bereich der Ontogenese ein echter Fall von Selbstorganisation vor, indem das lebendige Subjekt tatsächlich in die Steuerungsprozesse seiner eigenen Entwicklung eingebunden ist. Man könnte darüber spekulieren, wie weit das Zusammenspiel von genetischer und individueller Information bei der

¹⁰ Vgl. dazu *F. M. Richards*, Die Faltung von Proteinmolekülen, in: *Spektrum der Wissenschaft*, März 1991, 72–81.

¹¹ So *W. Gebring* in: *Zoologie*, Stuttgart – New York 1990, 244.

¹² Gedacht ist dabei etwa an die Vorgänge perinataler Prägung. Vgl. *A. Alvarez-Buylla, J. R. Kim, & F. Nottebohm* in: *Science* 249 (1990) 1444.

neuronalen Selbstorganisation nicht ein Paradigma abgeben könnte für die Interpretation der Keimesentwicklung überhaupt. Dann wäre das „lebendige Subjekt“ als Wirkursache seiner selbst einerseits in einem echt vitalistischen Sinn etabliert, gleichzeitig aber die Zielursache des lebendigen Werdens in einem mechanistisch verstehbaren Instruktionsprozeß festgeschrieben. Für eine derartige Generalisierung ist aber, wie gesagt, der empirische Boden bisher entschieden zu unsicher.

4.4 Das Erleben

Auch wenn es von den meisten Biologen als wissenschaftliches Tabu empfunden wird: es gibt noch eine andere Seite in der Biologie eines Lebewesens, die mit der physiologischen Erklärung prinzipiell nicht erfaßt ist: das subjektive Erleben. So aufsehenerregend etwa Entdeckungen der Neurobiologie über Vielfalt und Wirkungsweise von Rezeptoren und Neuroproteinen sind, sie tragen nur dann etwas zum Verständnis der Gehirntätigkeit bei, wenn man nicht außer acht läßt, daß mit Hilfe dieser Mechanismen *etwas gespürt* wird. Endorphine z. B. werden deshalb ausgeschüttet, damit das Lebewesen – nicht das Gehirn! – in einer bestimmten traumatischen Situation keine übergroßen Schmerzen empfindet. Die Sache hat also durchaus eine biologisch zweckmäßige („teleome“) Funktion, aber in diese Funktion ist das materiell nicht greifbare Phänomen des inneren Erlebens eingebaut. Ganz allgemein kommt man beim Betrachten der Antriebe des Handelns höherer Wirbeltiere nicht ohne die Annahme einer Erlebnisseite aus, wie die klassische Ethologie mit ihrer Vorstellung vom „consumatory act“ lehrt, dessen Ablauf orgasmisch empfunden (!) wird¹³. Damit ist das Lebewesen, wenigstens das des autonomen Handelns fähige, also das Tier, als ein „Selbst“, ein erlebnisfähiges Subjekt, das Träger seiner eigenen Empfindungen ist, etabliert. Freilich organisiert dieses physische Subjekt – wenigstens in erster Näherung – nicht seine physiologische Maschine, verwaltet sie nicht im Sinne eines Eccles'schen Dualismus, sondern hängt von ihr ab. Es muß hier offenbleiben, ab wann, d. h. ab welcher Entwicklungshöhe man einem Lebewesen die Fähigkeit des psychischen Erlebens zusprechen muß. Prinzipiell läßt sich keine Grenze ausmachen¹⁴, so daß man die Erlebnisfähigkeit

¹³ Freilich sucht die moderne Soziobiologie diesen unliebsamen Berührungspunkt mit dem Leib-Seele-Problem herunterzuspielen, indem sie alle Verhaltensweisen nur als zufällig entstandene Strukturen auffaßt, die dem Selektionsvorteil des Fortpflanzungserfolgs zu verdanken sind.

¹⁴ Psychisches als Systemeigenschaft erst eines komplex gewordenen Nervensystems aufzufassen, wie K. Lorenz das tut, erscheint unhaltbar. Der Vergleich mit dem elektromagnetischen Schwingkreis, der als „Fulguration“ von vorher nicht in Kondensator und Spule nachweisbaren Eigenschaften entsteht, ist nicht stichhaltig. Die elektromagnetische Welle ist sehr wohl aus der Zusammenschaltung von Kapazität und Induktion erklärbar, bleibt also prinzipiell auf der Ebene dieser physikalischen Phänomene, während dies das innere

unabhängig von ihrer empirischen Konstatierbarkeit mit Bernhard Rensch¹⁵ als generelle Lebenserscheinung ansehen sollte.

5. Selbstorganisation in der Phylogenese

Im Bereich der Ontogenese war wenigstens im Teilbereich der neuronalen Organisation echte Selbstorganisation auszumachen, insofern dort ein auf Außenreize ansprechendes und selbsttätiges Subjekt Wirkursache seiner eigenen Entwicklung war. Die Frage ist, ob etwas Ähnliches nicht auch für den stammesgeschichtlichen Prozeß der immer deutlicheren Etablierung psychischer Subjekthaftigkeit zu gelten hat. Sollte die Fähigkeit zum Erleben, wenn sie sich erst einmal deutlich genug manifestiert, nicht zu einem entscheidenden Selektionsfaktor im Evolutionsverlauf werden¹⁶? Unsere These ist, daß auch der genetische Informationserwerb Elemente echter, das heißt subjekthafter Selbstorganisation enthält, insofern das tätige lebendige Subjekt Voraussetzung, das psychische Subjekt in gewisser Weise auch Ursache des biologischen Informationsgewinns ist.

5.1 *Das lebendige Subjekt als Voraussetzung des Informationsgewinns*

Formal betrachtet ist das agierende lebendige Subjekt Voraussetzung des genetischen Informationsgewinns. Das ist zunächst nichts weiter als die „individualistische“ Beschreibung des Selektionsvorgangs. Die Auslese setzt ja niemals unmittelbar an den Genen an, sondern wirkt stets über deren Träger, eben die sich in einer Umwelt behaupten müssenden und dazu über eine gewisse genbedingte Ausstattung verfügenden Lebewesen selbst. Bis hierher ließen sich Lebewesen auf dem Niveau von exekutiven Systemen beschreiben, welche die Geninstruktionen ausführen und damit an der Umwelt erproben. Insofern aber zum Agieren von Lebewesen im oben beschriebenen Sinn die Fähigkeit des psychischen Erlebens gehört, ist eben dieses psychisch zu verstehende Subjekt Voraussetzung dafür, daß die – mechanisch und zufallsbedingte variierbare – genetische Ausstattung dem selektiven Fitness-Test unterworfen wird.

5.2 *Verhalten als Evolutionsfaktor*

Es bleibt die Rolle des lebenden (und erlebenden) Subjekts bei der Entstehung genetischer Information zu untersuchen. Jedes Lebewesen erwirbt Information auf zweierlei Weise: individuell und phylogenetisch. Dazu besitzt es zweierlei Speicher: einmal den genetischen Informations-

Erleben nicht tut, auch wenn man die Physiologie noch so vieler Nervenzellen zusammenschaltet.

¹⁵ Zuletzt in: *Das universale Weltbild*, Frankfurt (M.) 1977.

¹⁶ Die Fragestellung ist nicht so neu; bereits 1968 hat *A. Hardy* auf die Rolle des Verhaltens als auslesender Kraft hingewiesen. Vgl.: *UWT* 68 (1968) 13–17.

speicher der DNA, zum ändern den neuralen Informationsspeicher des Zentralnervensystems. Genetische Information ist dabei nur über die Generationsfolge abwandelbar, neural gespeicherte Information kann dagegen im höchsten Maß selbstvariabel sein. Mit diesem zweiten Informationssystem ist damit dem Lebewesen eine relativ rasch wirkende Möglichkeit gegeben, auf seine genetische Potenz einzuwirken: individuell erworbene Verhaltensmuster können, wenn sie nach langem Spielen mit Versuch und Irrtum erfolgreich geworden sind, durch Tradition auf andere Individuen ausgebreitet werden und dann den Ausgangspunkt bilden für die Selektion neuer, bisher unbewerteter Strukturabwandlungen, die freilich ihrerseits auf dem üblichen genetischen Weg entstehen müssen, aber nicht mehr nur von der Umwelt, sondern auch vom eigenen Verhalten des Lebewesens ausgelesen werden. Damit ist das Lebewesen aber nicht mehr nur passives Testobjekt für die Fitness seiner Gene („äußere Selektion“), sondern auch aktives Subjekt, das durch das selbsttätige Ausprobieren seiner genetischen Möglichkeiten auf die Zukunft seiner Entwicklung Einfluß nimmt („innere Selektion“). Das neurale Informationssystem ist durch seine Fähigkeit, in unablässiger Folge Funktionsvarianten der eigenen Organisation zu bieten, an der Fortentwicklung des genetischen Informationssystems beteiligt.

5.3 Bewußtsein als Ziel des Informationsgewinns

Der letzte Gedankengang ist noch um die Dimension des Psychischen zu erweitern. Nicht nur das tätige Subjekt wirkt als Zielursache auf den genetischen Informationserwerb ein, sondern auch das erlebende. Der neutrale Speicher ist nicht nur in der Lage, neue Handlungsbahnen aufzubauen, sondern er stellt sich, wenigstens in den Bereichen der Großhirnrinde, die dem Bewußtsein zugeordnet werden, in einem unablässigen Wechsel von Erregungsmustern dar. Die kontinuierliche Zufuhr von Außen- und Innenreizen wird hier verarbeitet, so daß die corticalen Erregungsmuster als das neurophysiologische Korrelat einer ständig sich aufbauenden inneren Erlebniswelt interpretiert werden können. Über die neuralen Erregungsmuster ist diese Erlebniswelt mit Ausdrucksbewegungen verknüpft, welche, je nach Bewußtseinsgrad des Organismus, als freies oder schöpferisches Spiel auftreten können. Solches zweckfreies Tun ist einmal häufig der Ausgangspunkt für den in (2) dargestellten Erwerb neuer Verhaltensweisen, zum ändern wird es als Selbsta Ausdruck die Grundlage für Kultur und Kunst. Damit befreit es den Aktionsradius der Selbstverwirklichung von der Gebundenheit an die organische Struktur und ermöglicht den Aufbau einer eigenen Welt des Geistes. Der Selektionsvorteil der damit möglichen Welterfassung und -bemächtigung steht außer Frage. Evolution ist nun nicht mehr das beliebige Resultat aktuell wirksamer Umweltbedingungen auf ein instabiles genetisches Potential,

sondern bekommt eine eindeutige Richtung: die Selektionsdrift auf ein immer präziser informationsverarbeitendes und erlebnisfähigeres aktives Subjekt, kurz: auf mehr Bewußtsein. Lebendiges Werden organisiert sich „von selbst“ auf immer mehr „echtes Selbst“.

6. Zusammenfassung

Lebendiges Werden steht zwischen den beiden charakterisierten Formen von Selbstorganisation; es ist weder bloßer Mechanismus noch reine Selbstbestimmung. Auf der Ebene der Ontogenese ist das lebendige Subjekt als erlebnisfähige Entität zu konstatieren, als Wirkursache seiner selbst aber nur in Ansätzen auszumachen. Entwicklungsphysiologisch wird das Lebewesen in weit größerem Umfang „von selbst“ organisiert als daß es „sich selbst“ organisiert. Das lebendige Subjekt erscheint nur in der neuronalen Organisation auch als Ursache seiner Entwicklung. Obwohl die Entstehung der genetischen Information ein spontaner und autonomer chemischer Prozeß ist, ist der phylogenetische Informationserwerb an die Etablierung eines aktions- und erlebnisfähigen Subjekts gebunden. Dieses Subjekt ist zwar nicht an der Entstehung, wohl aber an der Auswahl der Information beteiligt. Bewußtsein erscheint hier als Ziel der Entwicklung.