**Evolution als eskalierende Individualisierung von Organismus und Umwelt**

Wolfgang Sterrer

Bermuda Natural History Museum

Bermuda

“Denn das Maß der Widerwärtigkeiten und Schlechtigkeiten wird augenblicklich wieder durch neue aufgefüllt, als glitte das eine Bein der Welt immer wieder zurück, wenn sich das andere vorschiebt. Daran müßte man die Ursache und den Geheimmechanismus erkennen!”

(Robert Musil, *Der Mann ohne Eigenschaften,* I, 27)

Die Frage, ob Evolution eine Fortschrittskomponente beinhalte, oder zumindest einen Trend zur Komplexität der Organismen oder der Ökosysteme, beschäftigt nicht nur Romanschreiber, sondern Biologen wie Philosophen (Ruse 1993). Ist Anpassung ein Schritt vorwärts? Wovon weg - worauf zu? Ist der komplexere Organismus besser an seine Umwelt angepaßt? Wenn ja, was sind die Konsequenzen und Kosten solchen Fortschritts? Ludwig von Bertalanffy wunderte sich über den Sinn eines evolutionären Dramas, in dem das Leben sich umständlich immer höher schraubt, um für jede erreichte Ebene einen neuen Preis zu zahlen: für Vielzelligkeit den Tod des Individuums, für das Nervensystem den Schmerz, für das Bewußtsein die Angst (Davidson 1983). Daß Evolution nicht, wie man lange glauben wollte, partout der Komplexität zustrebt, zeigt sich am Verlust der Flugfähigkeit bei vielen Inselvögeln in Abwesenheit terrestrischer Räuber, oder an der strukturellen Vereinfachung der meisten Parasiten, wird aber besonders deutlich in den klassischen Experimenten von Spiegelman (1967). Spiegelman inkubierte die RNA eines Virus in einer konstant gehaltenen Brühe aus freien Monomeren und Replikase. Unter artifizieller Selektion für rapide Reproduktion etablierte sich in diesem Experiment nach nur 75 Generationen eine stabile Mutante, die sich zwar fünfzehnmal so schnell vermehrte, sich aber von ursprünglich 4200 Nukleotiden auf nur mehr 220 reduziert hatte, nicht viel mehr als die Erkennungsstelle für die Replikase. Im Schlaraffenland, wo Ressourcen nie weniger werden, Abfälle sich nie anhäufen und Feinde nicht existieren, in einer Umwelt also, in welcher der Organismus weder bedroht noch von den Rückwirkungen seiner eigenen Handlungen betroffen wird, verläuft die Evolution anscheinend nicht in Richtung auf zunehmende Größe und Komplexität, wie dies Bonner (1988) für die reale Welt zu zeigen versuchte, sondern genau umgekehrt.

Ich werde im folgenden eine Antwort auf dieses Paradoxon skizzieren, die aus den folgenden Thesen besteht:

1. Jeder Adaptivschritt eines evoluierenden Organismus zieht einen Komplementärschritt seiner unbelebten und seiner belebten Umwelt nach sich. Die Umwelt weicht vom sich adaptierenden Organismus zurück. *Der Organismus von heute ist an die Umwelt von gestern angepaßt.*

2. Während die unbelebte Umwelt lediglich in passiver Weise auf das energetische Vordringen des Organismus reagiert, sind Wechselwirkungen zwischen Organismus und belebter Umwelt, also anderen Organismen, teleonomisch. Wechselwirkungen, die im Energiefluß asymmetrisch sind (wie zum Beispiel zwischen Räuber und Beute), sind im Informationsfluß komplementär asymmetrisch. In dem Maße wie Energie zum erfolgreichen Räuber fließt, fließt Information zur erfolgreichen Beute. *Der Räuber von heute erbt das Beutebild von gestern.*

3. Einmalige Individualität, das Resultat sexueller Fortpflanzung, vermittelt diese asymmetrische Rückkoppelung und puffert die daraus resultierende zeitverschobene Eskalation. Der Trend zur Individualisierung ist selbstverstärkend und führt zu zunehmender räumlicher und zeitlicher Komplexität von Organismen und Umwelten. *Individualität ist die stärkste Triebfeder in der Gestaltung der Biosphäre.*

*Der Organismus besteht aus Umwelt*

Bertrand Russell nennt den lebenden Organismus “eine Art Imperialist, der darauf aus ist, seine Umgebung in sich selbst und seinen Samen zu verwandeln.” Organismus ist transformierte Umwelt. Der Drang des Organismus zu internalisieren, das heißt ‘Außen’ in ‘Innen’ zu verwandeln, betrifft sowohl Energie wie Information; er charakterisiert den Organismus sowohl ontogenetisch, nämlich zur Befriedigung des Energie- und Informationsbedarfes von Metabolismus und Fortpflanzung, als auch phylogenetisch, nämlich zur relativen Verbesserung ebendieses Energie- und Informationsflusses von einer Generation zur nächsten. Leben ist in dieser Sicht ein Auto-Katalysator, der lokal und temporär seiner Umwelt mehr Energie entreißt als er an sie abgibt, um mit dem Gewinn Kopien seiner selbst zu erzeugen. Dieser Gewinn ist das Resultat von Adaptationen, die ihrerseits aus zwei Komponenten bestehen: Information und Energie, beide im Organismus eng verwoben. Information baut sich auf durch die Internalisierung, also die Verlegung in den Organismus, aller jener Umweltmuster, die für den Organismus von energetischer Bedeutung *und* voraussagbar sind. Solche Information wirkt im Organismus einerseits in Form von Konstruktionsprinzipien (wie zum Beispiel das Auge), und andererseits in Form von Betriebsanleitungen (wie zum Beispiel das lebenerhaltende Verarbeiten visueller Reize). Energie existiert nun ebenfalls in zwei Formen, einerseits inkorporiert als Struktur der Organe, und andererseits gespeichert als Treibstoff, um die somatische Maschinerie zu betreiben, inklusive eine Sicherheitsreserve für alle diejenigen Variablen, die prinzipiell unvoraussagbar sind.

Diese Verflechtung von Umwelt und Organismus, von Information und Energie kann anhand eines Werkzeugs verdeutlicht werden (Sterrer 1993). Menschliche Werkzeuge sind, genauso wie Organe, *aus* Umwelt geformt worden mit der Absicht, dem Eigentümer die weitere Transformation *von* Umwelt “in sich selbst und seinen Samen” zu erleichtern. Ein Hammer, als exosomatische Verlängerung der Hand, besteht aus *inkorporierter* Information (wie zum Beispiel Form, Größe, und Gewicht) und *inkorporierter* Energie (wie Stiel und Kopf), benötigt aber zusätzlich *gespeicherte* Information (im Gehirn) und *gespeicherte* Energie (in den Muskeln) zur Anwendung. Dieses Modell beschreibt Adaptationen als Einwegkanäle, die die Umwandlung von Umwelt in Organismus ermöglichen, und die Evolution eines Organismus als die Summe der Prozesse, die diesen Umwandlungsvorgang *hic et nunc* zugunsten des betreffenden Organismus verbessern.

*Der Organismus ist eine Hypothese seiner Umwelt*

Die Umwelt eines Organismus definiere ich hier als all das, und *nur* das, womit der Organismus energetisch in Beziehung zu treten erwartet. Ich sage ausdrücklich *erwartet,* weil der Organismus, um seine positive Energiebilanz aufrechtzuerhalten, ein Antizipator, ein Prädiktor, eine Hypothese seiner Umwelt sein muß. Er muß Energiequellen und Energiefallen voraussagen können, um als Energie-Nehmer die ersteren auszunützen, und als potentieller Energie-Geber die letzteren zu vermeiden. Akkurate Hypothesen akkumulieren den angestrebten Energiegewinn und pflanzen sich fort, inakkurate aber bleiben auf der Strecke.

*Anpassung hinkt hinter der Umwelt nach*

Ein Organismus jedoch, der eine Voraussage zu seinen Gunsten verwendet, ändert damit das Vorausgesagte, zumindest in diesem Augenblick. Organismen verändern die Umwelt, mit der sie energetisch in Beziehung treten, als Individuen, als Kategorien, und als Systeme. Pflanzenwurzeln ändern die Struktur und Chemie des Bodens, Biber gestalten ganze Landschaften mit ihrem Dammbau, Regenwälder und marines Phytoplankton beinflussen das globale Klima... In dem Augenblick und in dem Maße, wie ein Organismus die Ordnung seiner Umwelt in sich selbst verwandelt, umgibt er sich mit Unordnung. Dies gilt sowohl für ontogenetische wie für phylogenetische Transaktionen. Jeder Adaptationsschritt eines Organismus zieht eine komplementäre Veränderung seiner Umwelt nach sich. Energetisch gesehen weicht die Umwelt vom sich adaptierenden Organismus zurück; sie ist dem Organismus jeweils einen Schritt voraus. Perfekte Anpassung bleibt somit Utopie; andererseits ist ein Organismus, der sich mit dem Erreichten zufrieden gibt, ein toter Organismus - einfach deswegen, weil seine Umwelt, um das von ihm Erreichte ärmer, von ihm abrückt. Wenn ich wieder Robert Musil bemühen darf (I, 445): “Der Zug der Zeit ist ein Zug, der seine Schienen vor sich herrollt. Der Fluß der Zeit ist ein Fluß, der seine Ufer mitführt. Der Mitreisende bewegt sich zwischen festen Wänden auf festem Boden; aber Boden und Wände werden von den Bewegungen der Reisenden unmerklich auf das lebhafteste mitbewegt”.

Nun besteht die Umwelt eines Organismus sowohl aus abiotischen wie aus biotischen Elementen; diese beiden unterscheiden sich grundlegend in ihrer Reaktion auf den adaptiven Fortschritt des Lebens. Die abiotische Umwelt wird vom Organismus lediglich verändert - sie verarmt oder verschmutzt zum Beispiel in dem Maße, wie sie als Energiequelle oder Mülleimer benutzt wird. Aber während der Organismus im Evolutionsgeschehen Information erwirbt und an seine Nachkommen weitergibt, stiftet er in seiner abiotischen Umwelt nur Unordnung - die er dann ebenfalls seinen Nachkommen hinterläßt. Der evolutionäre ‘Schritt’ ist also asymmetrisch zwischen Organismus und unbelebter Umwelt; die letztere weicht einfach vor dem vorrückenden Organismus zurück, ohne aber ihre heutige Erfahrung in vererbbarer Form festzuhalten oder die Richtung und Geschwindigkeit ihres Rückzugs zu bestimmen. Solche Teleonomie ist das Monopol der belebten Umwelt, und zwar mittels sexuell erzeugter Individualität.

*Sex erzeugt einmalige, unvoraussagbare Genkombinationen*

Sexuelle Fortpflanzung ist ein Duplikations-Modus, der trotz seiner Aufwendigkeit in einer oder der anderen Form von fast allen rezenten Organismen gepflogen wird (Bell 1982, Maynard Smith 1978, Margulis & Sagan 1986, Michod & Levin 1988). Das Kernstück von Sex ist das Mischen von Genomen in der Meiose; die Genotypen der Eltern werden neu kombiniert ungeachtet dessen, ob sie ausgezeichnet oder nur genügend ‘angepaßt’ sind. Verglichen mit asexuellen Fortpflanzungsmethoden ist Sex eindeutig aufwendiger, nicht nur wegen des erwähnten Auseinanderbrechens von bewährten Genomen, sondern auch wegen der Risiken und energetischen Kosten von Partnerwahl und Befruchtung; vor allem jedoch, wenn man bedenkt, daß eine asexuelle Weibchenpopulation sich doppelt so schnell vermehren kann wie eine aus beiden Geschlechtern bestehende. Nachdem es aber scheint, als wären Arten, die dem Sex ganz entsagen, phylogenetisch recht kurzlebig, liegt der Schluß nahe, daß sexuelle Fortpflanzung einen signifikanten Vorteil mit sich bringt. Welchen?

*Individualität ist janusköpfig*

Sex produziert Populationen, die aus einmaligen Individuen bestehen. Ein oft zitierter Vorteil solcher Individualität ist der vorwärtsschauend-schöpferische (oder prometheische[[1]](#footnote-1) ): neue Genkombinationen ermöglichen das Abstoßen von schädlichen Allelen, und den Erwerb von derzeit neutralen oder sogar vorteilhaften. Neue Nischen können somit erschlossen, oder unvorhersehbare Umweltänderungen überlebt werden. Das zweite, rückwärtsschauend-defensive (oder proteische[[2]](#footnote-2) ) Gesicht einmaliger Individualität aber hat erst in jüngster Zeit Beachtung gefunden, als sogenannter ‘Red Queen Effekt’, den Hamilton (1980) im Wechselspiel zwischen Parasit und Wirt beschrieb. Seinen Namen bezieht er von der Episode in Lewis Carroll’s “Alice im Spiegelreich”, in der Alice und die Rote Königin Hand in Hand durchs Königreich laufen, ohne jedoch einen Schritt vom Fleck zu kommen. Von der atemlosen Alice daraufhin befragt, antwortet die Königin: “Siehst du, *hier* mußt du so schnell laufen wie du nur kannst, um am selben Platz zu bleiben!”. Seger und Hamilton (1988) beschreiben das “Hin- und Hergleiten von Wirt und Parasit auf dem koevolutionären Tanzparkett” wie folgt: “Wenn ein bestimmter Wirt-Genotyp an Frequenz zunimmt, so begünstigt er damit eine Zunahme desjenigen Parasiten-Genotyps, der am besten geeignet ist, ihn auszubeuten; die Zunahme des letzteren wiederum vermindert die Fitness dieses Wirt-Genotyps, was es einem anderen Wirt-Genotyp ermöglicht zuzunehmen, der einen anderen Parasiten-Genotyp begünstigt, und so weiter... Im Endeffekt ist die jeweilige Position des einen Partners eine ‘Erinnerung’ an die unmittelbare Vergangenheit des anderen...”[[3]](#footnote-3) . In polymorphen Populationen führen solche Wechselbeziehungen zu zeitverzögerten Zyklen relativer Genfrequenz. Der Erwerb einer einzigen vorteilhaften Mutation durch einen der Partner aber würde dieses dynamische Äquilibrium interpunktieren, und zuerst den einen, dann den anderen Partner auf den nächsthöheren Tanzboden transportieren - in der sogenannten Eskalation (Vermeij 1987).

*Die Teleonomie der Evolution ist auf die Vergangenheit scharfgestellt*

Ich sehe keinen Grund, dieses bisher für Parasit (oder Pathogen) und Wirt vorgeschlagene Modell nicht auch auf Räuber und Beute auszudehnen, und auf Pflanzenfresser und Pflanze; ganz allgemein auf alle energetisch asymmetrischen Beziehungen zwischen sex-generierten Populationen. Nehmen wir an, daß nur *erfolgreiche* Räuberindividuen und *erfolgreiche* Beuteindividuen sich fortpflanzen. Erfolg bedeutet für den Räuber, Beute zu fressen, für die Beute aber, dem Räuber zu entkommen. Aus diesen Prämissen folgt, daß Populationen, die im Energiefluß asymmetrisch sind, es auch im Informationsfluß sind: in sexuell erzeugten Populationen besteht der ‘heutige’ Gen-Pool der Beute (1-x) aus dem ‘gestrigen’(1) minus den gestrigen Verlusten (x) an den Räuber. Der heutige Gen-Pool des Räubers ist andererseits von Eltern ererbt, die diese Verluste (x) verursacht haben. Der heutige Gen-Pool der Beute ist somit durch die gestrigen Verluste neu definiert, während der heutige Gen-Pool des Räubers auf ebendiese Verluste (x) eingestellt ist und nicht auf die Überlebenden (1-x). In der Sprache der evolutionären Erkenntnistheorie (Wuketits 1990) könnte man sagen, daß jedes erlegte Beute-Individuum die ‘Räubervermeidungs-Hypothese’ der überlebenden Beutepopulation stärkt, jedoch die ‘Beutefang-Hypothese’ der nächsten Räuberpopulation schwächt. Die Beute entfernt sich phylogenetisch vom Räuber umso mehr, je erfolgreicher dieser ontogenetisch ist. Energie und Information fließen in entgegengesetzter Richtung - der Räuber von heute erbt das Beute-Bild von gestern, und die Beute bleibt dem Räuber einen Schritt voraus. Das ‘a priori’ der Information in Organismen, das als ein ‘a posteriori’ ihrer evolutionären Erfahrung entstanden ist (Lorenz 1941), hinkt konstitutionell hinter der Welt nach, die es vorauszusagen anstrebt - eine unheilbar kurzsichtige, auf die Vergangenheit scharfgestellte Teleonomie.

Die Relevanz sex-generierter Polymorphismen verdeutlicht sich in der jüngsten immunbiologischen Interpretation der frühen Kolonialgeschichte (Black 1992). Im Zuge der Entdeckung der Neuen Welt starben etwa 56 Millionen Eingeborene, örtlich bis zu 90% der Urbevölkerung; die meisten an eingeschleppten Krankheiten wie zum Beispiel Masern. Von afrikanischen Kindern weiß man, daß Maserninfektion doppelt so oft tödlich verläuft, wenn das Virus von einem Familienangehörigen übertragen wird als von einem Nichtverwandten. Das kommt daher, daß das ungeheuer mutable Virus, sobald es auf einen bestimmten Wirt-Genotyp adaptiert ist, sich in einem verwandten Genotyp schneller breitmachen kann als in einem unbekannten. Ein Vergleich der MHC-Immunsystem-Gene von amerindischen Populationen mit europäischen, afrikanischen und asiatischen ergab nun, daß amerikanische Eingeborene nur etwa 25-50% des Polymorphismus der Vergleichspopulationen besitzen. Je weniger Allele in einer Population vorkommen, desto höher ist aber die Frequenz pro Allel. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Virus von einem Wirt zum anderen auf denselben MHC-Typ trifft, ist nur 0.5% bei Afrikanern, aber 32% bei Indianern. Der geringe Polymorphismus vor allem der südamerikanischen Indianer, ein auf die Besiedlung des Kontinents zurückgehender Gründereffekt, rückte deren Populationen gefährlich nahe an die Homogenität eines Klons, und machte es einem anpassungsfähigen Verfolger leicht, Fuß zu fassen.

*Evolution als eskalierende Individualisierung*

Sexuelle Reproduktion ist somit eine Art Versicherung gegen das Aussterben; ein aufwendiger aber anscheinend erfolgreicher Kompromiß zwischen den einander widersprechenden Mandaten zu fressen ohne gefressen zu werden. In der asymmetrischen Rückkoppelung zwischen Organismus und Umwelt und der resultierenden zeitverzögerten Eskalation spielt sex-generierte Individualität eine Vermittler- und Pufferrolle. Insoferne als jeder Organismus sowohl Räuber wie Beute ist, und die meisten Arten nicht nur mit zwei sondern mit zehn oder mehr anderen Arten energetisch kommunizieren (May 1988), gleicht eine aus einzigartigen Individuen bestehende Population dem Gott Janus: als Räuber aggressiv-vorwärtsschauend, opportunistisch, und kreativ auf neue Energiequellen gerichtet; als Beute jedoch defensiv-rückschauend, ein verstreutes, bewegliches Ziel bildend, das sich hinter der Nebelwand der Individualität verbirgt (Sterrer 1992).

Dieses Janusprinzip ermöglicht eine Neuinterpretation des Wettrüstens (‘arms race’), das energetisch asymmetrische Auseinandersetzungen zwischen Organismen, wie zum Beispiel zwischen Räuber und Beute, aber auch zwischen den Geschlechtern und Generationen derselben Art kennzeichnet. Im typischen Fall zieht jedes Vordringen, jede Adaptation also, des aggressiven Partners eine defensive Konteradaptation des passiven Partners nach sich. Ich zitiere nur das von Dawkins & Krebs (1979) nach einer Fabel von Äsop genannte “Leben/Mahlzeit-Prinzip” (‘life/dinner principle’), das besagt, daß der Hase im Durchschnitt schneller laufen muß als der Fuchs, weil der Hase um sein Leben, der Fuchs aber nur um eine Mahlzeit läuft. Beide verbrauchen Energie beim Laufen, aber der Wettlauf (und damit der Energiefluß) wird radikal asymmetrisch, sobald der Fuchs den Hasen erwischt. Warum aber haben es die Füchse bis heute nicht geschafft, die Hasen auszurotten? Dawkins (1982) meint, daß die erwähnte Asymmetrie dazu führe, daß Mutationen für schnelleres Laufen im Hasen stärker selektiert werden als im Fuchs. Mir erscheint eher, daß einmalige Individualität den Mechanismus abgibt, der das Wettrüsten zwischen Energienehmer und Energiegeber über evolutionäre Zeiträume vor dem Zusammenbruch bewahrt. Sexuell erzeugte Individualität beschleunigt die Evolution des Organismus-als-Beute, aber verlangsamt die Evolution des Organismus-als-Räuber; kein Räuber holt daher je seine Beute ein. Der Verlust einer der Fronten, wie zum Beispiel das Fehlen von terrestrischen Räubern im Fall von Inselvögeln, erlaubt Vereinfachung. Solange aber das Geschehen an allen Fronten etwa gleichmäßig eskaliert, wird der vor seinem eigenen gestrigen Selbst davonlaufende Organismus auseinandergedehnt wie der sprichwörtliche Strudelteig. Oder, wie Robert Musil sagt (I, 451): “Man stelle sich ein Eichhörnchen vor, das nicht weiß, ob es ein Eichhorn oder eine Eichkatze ist, ein Wesen, das keinen Begriff von sich selbst hat, so wird man verstehn, daß es unter Umständen vor seinem eigenen Schwanz eine heillose Angst bekommen kann...”.

Es wäre interessant zu quantifizieren, wie sehr sich Pflanzen von Tieren unterscheiden in ihrem relativen Aufwand für Energiebeschaffung und Energieverteidigung. Nachdem die Sonne eine erstens sehr homogene und zweitens keiner Bio-Rückkoppelung unterliegende Energiequelle darstellt, sollte man erwarten, daß Energiebeschaffungsmechanismen in Pflanzen relativ stereotyp sind. Andererseits sollten Pflanzen, als Hauptenergiequellen der meisten Tiere, eine Unmenge von Verteidigungsstrategien entwickelt haben. Tiere wiederum sollten, in diesem Modell, sowohl in der Energiebeschaffung wie in der -verteidigung einfallsreich sein, da sie an beiden Fronten überwiegend auf lebende, daher unvoraussagbare und auf das Zusammentreffen selbsterhaltend reagierende Kontrahenten treffen. Die relative Einfachheit von Pflanzen kann somit auf die homogene Art ihres Energie-Erwerbs zurückgeführt werden, und Pflanzen sind dort notwendigerweise erfindungsreich, wo sie sich mit Tieren auseinandersetzen (inklusive Befruchtung und Samenverbreitung).

*Individualität führt zu Komplexität*

Von der genotypischen Individualisierung, also dem Vermischen des phylogenetisch gelernten zu unvoraussagbaren Neukombinationen, ist es nur ein weiterer Eskalationsschritt zur phänotypischen Individualisierung, also dem Speichern und Anwenden von ontogenetisch gelerntem. Ontogenetisches Lernen ist sowohl eine Reaktion auf, wie auch ein wichtiger neuer Faktor für die Entstehung von struktureller, also räumlicher, und funktioneller, also zeitlicher Komplexität. Die progressive Internalisierung all dessen, was in der äußeren Umwelt energetisch signifikant und voraussagbar ist, kreiert nun zunehmend eine innere Umwelt, die der äußeren nicht nur ebenbürtig sondern, was den Energievorteil betrifft, sogar überlegen sein muß: und das ist der Organismus. Aber wie immer sie einander auch widerstreben mögen, so sind die Komponenten dieser inneren Umwelt durch das Mandat verbunden, heil in die nächste Generation zu gelangen. Im dialektischen Wettstreit innerhalb des Organismus und zwischen Organismus und Umwelt ist perpetueller Konflikt unvermeidbar; er manifestiert sich auf und zwischen allen Ebenen: der instinktiven, perzeptiven und kognitiven; und an allen Fronten: in Energiegewinn versus -verteidigung, somatischer Erhaltung versus Reproduktion (was im Englischen so treffend auf die Formel der ‘four F’s’ reduziert wird: ‘fight, flee, feed, or reproduce...’). Komplexität ist die lebenserhaltende Reaktion eines von allen Seiten belagerten Systems. In dem Maße, wie die Individualisierung der kritischen Konfrontationen zunimmt, und damit ihre Voraussagbarkeit, oder Kategorisierbarkeit, abnimmt, versagen vorprogrammierte Reaktionen, und immer mehr Aufmerksamkeit muß der individuellen Konfliktlösung des Augenblicks zugewendet werden. Hier liegen die Wurzeln des Bewußtseins.

*Vom ephemären Gen-Vehikel zum Ego mit Ewigkeitsanspruch*

Ich fasse zusammen. Als Hypothese seiner Umwelt ist der Organismus darauf aus, Umwelt in sich selbst zu verwandeln. In dem Maße aber, wie er von seinen Voraussagen profitiert, verändert er das Vorausgesagte; seine Umwelt bleibt ihm daher einen Schritt voraus. Während seine unbelebte Umwelt an Ordnung verliert, gewinnt seine belebte Umwelt an Information, und zwar mittels sexuell generierter Individualität, die dafür sorgt, daß Beute phylogenetisch ihrem Räuber umso besser entkommt, je erfolgreicher dieser ontogenetisch ist. Nun ist jeder Organismus zugleich Umwelt für andere Organismen, zugleich Räuber und potentielle Beute. Zunehmende genotypische und phänotypische Individualisierung der Organismen resultiert somit in einer Individualisierung ihrer Umwelt. Diese Eskalation führt dazu, daß das System aus Organismus, seiner Umwelt, und Organismus-als-Umwelt-für-andere-Organismen immer komplexer wird, und immer weniger voraussagbar. In diesem Spannungsfeld etabliert und expandiert sich das Soma, und emanzipiert sich schließlich vom ephemären Gen-Vehikel zum Ego mit Seelen- und Ewigkeitsanspruch. Individualisierung ist selbstverstärkend und führt zu immer größerer räumlicher und zeitlicher Komplexität von Organismen und Umwelten über evolutionäre Zeitspannen. Sex-generierte Individualität erweist sich als der stärkste Motor in der Gestaltung und Differenzierung der Biosphäre. Die zeitverzögerte Kluft aber zwischen dem sich adaptierenden Organismus und seiner ihm vorauseilenden Umwelt erscheint als das biologische Äquivalent der sich ständig selbst erneuernden Diskrepanz zwischen Haben und Wollen im menschlichen Streben nach Glück.

Zitierte Literatur

Bell, G. (1982). The masterpiece of nature. The evolution and genetics of sexuality. University of California Press, Berkeley.

Black, F. L. (1992). Why did they die? Science 258: 1739-1740.

Bonner, J. T. (1988). The evolution of complexity by means of natural selection. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Davidson, M. (1983). Uncommon sense. The life and thought of Ludwig von Bertalanffy, father of general systems theory. Tarcher, Los Angeles.

Dawkins, R. (1982). The extended phenotype. The gene as a unit of selection. W. H. Freeman & Co., Oxford.

Dawkins, R. & J. R. Krebs (1979). Arms races between and within species. Proceedings of the Royal Society of London B 205: 489-511.

Driver, P. M. & D. A. Humphries (1988). Protean behaviour: The biology of unpredictability. Clarendon Press, Oxford.

Hamilton, W. D. (1980). Sex versus non-sex versus parasite. Oikos 35: 282-290.

Lorenz, K. (1941). Kant’s Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie. Blätter der Deutschen Philosophie 15: 94-125.

Maynard Smith, J. (1978). The evolution of sex. Cambridge University Press, Cambridge.

Margulis, L. & D. Sagan (1986). Origins of sex: three billion years of genetic recombination. Yale University Press, New Haven & London.

May, R. (1988). How many species are there on Earth? Science 241: 1441-1449.

Michod, R. E. & B. R. Levin, eds. (1988). The evolution of sex. Sinauer, Sunderland.

Musil, R. (1978). Der Mann ohne Eigenschaften. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg.

Ruse, M. (1993). Evolution and progress. Trends in Ecology and Evolution 8(2): 55-59.

Seger, J. & W. D. Hamilton (1988). Parasites and sex. In: Michod, R. E. & B. R. Levin (eds.). The evolution of sex. Sinauer, Sunderland.

Spiegelman, S. (1967). An in vitro analysis of a replicating molecule. American Scientist 55: 3-68.

Sterrer, W. (1992). Prometheus and Proteus: the creative, unpredictable individual in evolution. Evolution and Cognition 1: 101-129.

Sterrer, W. (1993). Human economics: a non-human perspective. Ecological Economics 7 (in press).

Vermeij, G. J. (1987). Evolution and escalation: An ecological history of time. Princeton University Press, Princeton.

Wuketits, F. M. (1990). Evolutionary epistemology and its implications for humankind. University of New York Press, Albany, NY.

1. Der vorausschauende Prometheus soll Menschen aus Erde und Wasser geformt haben. [↑](#footnote-ref-1)
2. Der griechische Gott Proteus verwandelte sich in einen Löwen, Drachen, oder Feuer, um der Gefangennahme zu entrinnen. ‘Proteisch’ (engl. ‘protean’) beschreibt unvorhersagbare Verhaltensweisen (Driver & Humphries 1988). [↑](#footnote-ref-2)
3. (meine Übersetzung) [↑](#footnote-ref-3)