

Der folgende Beitrag ist im Jahre 2004 von der Zeitschrift *Biologie in Unserer Zeit* abgelehnt worden. Da der Autor die Ansicht vertritt, dass es neben dem *Peer Review*enden noch Wissenschaftler/innen geben könnte, für die die hier dargelegten Gedankenexperimente bei ihrer wissenschaftlichen Arbeit hilfreich sind, macht er die folgenden Seiten unverändert im Internet zugänglich.

Damit verbindet sich natürlich auch die Frage, die die Leser damit für sich selbst beantworten können, wie sinnvoll ein solches *peer reviewing* heute noch ist. Die Möglichkeit, die Arbeit einer anderen Zeitschrift anzubieten wurde nicht genutzt, da sich dieser Weg über das Internet sehr viel problemloser anbietet.

Berlin, im Frühjahr 2005

Die Biologie und ihre Evolutionsstrategie

Walther Umstätter

Seit dem es Computer gibt ist die Zahl der Überlegungen zur Nutzung genetischer und evolutionärer Algorithmen bei der Lösung von Problemen, aber auch bei den Erklärungsversuchen bezüglich der biologischen Evolution, ständig gestiegen. Wie sich aber zeigen lässt, haben die bisherigen Evolutionsstrategien, so erfolgreich sie in mancher Anwendung auch schon waren, alle einen wichtigen Aspekt der Biologie vernachlässigt, den des sogenannten Biogenetischen Grundgesetzes. Die bisherigen Evolutionsstrategien sind Lernstrategien, auf der Basis von Versuch-und-Irrtum, der Selektion und der genetischen Vererbung. Sie sind aber, wie hier gezeigt werden soll, nur ansatzweise biologische Evolutionsstrategien.

Die biologische Evolutionsstrategie ist ein Beleg dafür, dass die Phylogenese über Jahrmillionen gelernt hat, das Leben auf dieser Erde zu sichern. Dabei konnten allerdings nur Inhalte erlernt werden, die auf Naturgesetzen oder Regelmäßigkeiten beruhten, und damit zu einer gleichbleibenden Selektion führten.

Die drei nachfolgenden einfachen Gedankenexperimente zeigen nun, warum das Element, das Ernst Haeckel 1866 das Biogenetische Grundgesetz nannte, zum Verständnis der Evolution wichtig ist.

Das Biogenetische Grundgesetz wurde immer wieder angezweifelt, weil man es nicht richtig zu deuten verstand. Es geht dabei aber zunächst darum, dass die Ontogenese die Phylogenese vereinfacht wiederholt. Diese Beobachtung hatte vor Haeckel schon 1864 Fritz Müller und noch früher J.F. Meckel und A. Serrès gemacht. Ab 1811 als Meckel-Serrès-Gesetz bekannt, entwickelte es J. Agassiz ab 1840 weiter. K.E. von Baer machte die gleiche Beobachtung, interpretierte sie aber im Sinne von Goethes Urpflanze, als Ausdifferenzierungen von Grundbauplänen.

Als Schüler Haeckels entwickelten Oscar Hertwig und sein Bruder Richard die Theorien von A. Weismann, W. Roux und insbesondere die ihres Lehrers zur Biogenesetheorie. Denn die Keimbahntheorie von A. Weismann zeigte 1887, dass die Selektion nicht an der Keimbahn ansetzt, sondern an den Lebewesen, die das genetische Material weiter geben. Nimmt man die Beobachtungen zur Phylembryogenese von A.N. Sewertzoff und die „Grundzüge der vergleichenden Anatomie“ von C. Gegenbaur noch hinzu, so kann es über die Ähnlichkeit

von Ontogenese und Phylogenese schon seit langem keinen Zweifel mehr geben. Die Erklärungen dazu waren aber unzureichend. Am Gedankenexperiment 3 soll daher deutlich gemacht werden, warum es auf Grund der Biogenetischen Evolutionsstrategie zu dieser Ähnlichkeit zwischen Ontogenese und Phylogenese kommt.

Die gemeinsame Sicht einer evolutionären und ontogenetischen Entwicklung, kurz als evo-devo (*evolutionary developmental biology*) bezeichnet, erfährt daher seit einigen Jahren eine Renaissance. Außerdem wirft unser Gedankenexperiment 3 ein neues Licht auf die Entstehung der Homöoboxes oder Hox-Gene, die ganze Entwicklungslinien, wie z.B. die der Augen, auslösen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Epigenese, weil sich jeder Entwicklungsschritt aus den vorherigen ergibt.

Gedankenexperiment 1

Zur leichteren Anschaulichkeit kann man sich ein Feld mit $9 \times 9 = 81$ Quadraten vorstellen, das ein beliebiges, aber regelmäßiges Selektionsmuster (hellgrau) enthält. Veränderungen (Mutationen) „überleben“ im grauen Feld, während alle außerhalb dessen „aussterben“. In der angegebenen Abbildung 1, würden also wahrscheinlichkeitstheoretisch $2/3$ der Mutationen verloren gehen, während $1/3$ überlebt.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	
									1
									2
									3
									4
									5
									6
									7
									8
									9

ABB. 1: Selektionsfeld, bestehend aus $9 \times 9 = 81$ Unterfeldern, mit grau eingezeichneter Markierung, als Beispiel eines Selektionsmusters.

Geht man in Abbildung 2 also von drei Mutationen aus, von denen wahrscheinlichkeitsgemäß zwei letal sind (in Abbildung 2a und 2b durch einen schwarzen Rand gekennzeichnet), dann würde eine dritte bestehen bleiben (in Abbildung 2c mit grauem Rand gekennzeichnet). Weitere Zufallswerte zwischen a1 und i3 bzw. a7 und i9 gehen ebenfalls zugrunde.

Im Prinzip entsteht damit sukzessive ein Abbild des Selektionsmusters, dass uns an das Kinderspiel, „Schiffe versenken“ erinnert, bei dem die Positionierungen gegnerischer Schiffe durch Versuch-und-Irrtum ergründet werden.

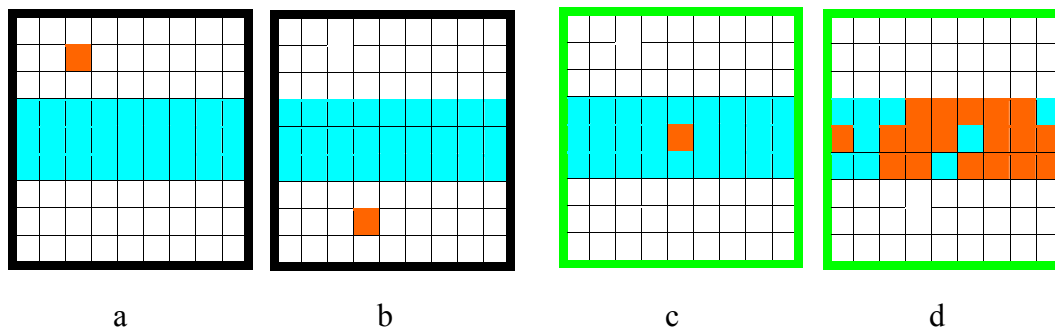


ABB. 2: Evolutionsstrategisch sich füllendes Selektionsfeld, bei dem Mutationen außerhalb der grauen Markierung (a und b) verloren gehen, während c sich nach hundert Mutationen in d weiter verwandelt.

Da im Vorliegenden Fall einige der Felder, durch sich wiederholende Mutationen, mehrfach getroffen wurden, sind in unserem Experiment von den 27 grauen Feldern nur 18 besetzt. Das System hat damit ein „Gedächtnis“ dafür, was überlebt, aber nicht dafür, was es schon „getestet“ hat, denn Mutationen können sich wiederholen.

Diese erste Form einer Evolutionsstrategie hat aber mit der biologischen Evolution wenig gemein – auch wenn sie in trivialdarwinistischen Argumentationen, wie den Schreibmaschine schreibenden Affen, oder dem sogenannten Blinden Uhrmacher wiederholt auftaucht. Das Beispiel von der Uhr, deren Einzelteile man so lange schüttelt, bis sie funktioniert, geht im Prinzip auf den Lehrer Darwins, W. Paley zurück, der am Beispiel der Komplexität einer Uhr belegen wollte, dass noch kompliziertere Systeme, wie die Lebewesen einen „*intelligent designer*“ haben müssen. Diese Vorstellung von 1802 blüht im sogenannten „*intelligent design*“ der Kreationisten heute wieder auf. Dabei wird allerdings die Grundforderung Darwins, nach *gradualnes* in der Evolution völlig ignoriert.

Gedankenexperiment 2

Das folgende Beispiel geht insbesondere auf Überlegungen von I. Rechenberg zurück, der mit seiner Evolutionsstrategie 1973 [2] erfolgreich zeigen konnte, dass man eine Gelenkplatte in einem Windkanal anströmen kann, um mit der Evolutionsstrategie in Abbildung 3 zu einem minimalen Widerstand zu gelangen.

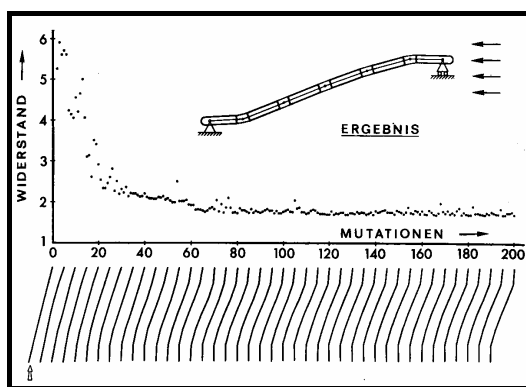
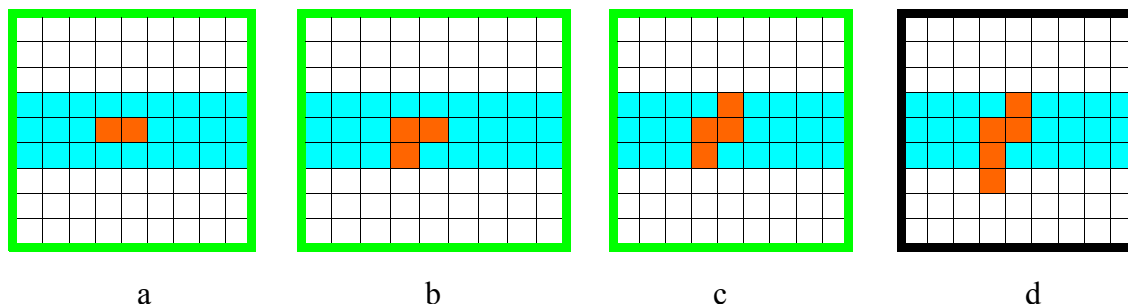


ABB. 3: Verlauf der Optimierung einer schräg angeströmten Gelenkplatte, mit Hilfe der Rechenbergschen Evolutionsstrategie.

Bezogen auf unsere Ausgangssituation (Abbildung 2c) würde nach dieser Strategie das Planquadrat e5 sich nur noch in eine der benachbarten Felder weiter entwickeln können. Mögliche Entwicklungsreihen wäre demnach vorgezeichnet. Trotz der hier berücksichtigten *gradualnes* entspricht auch diese Strategie noch nicht der, die wir in der Biologie beobachten.



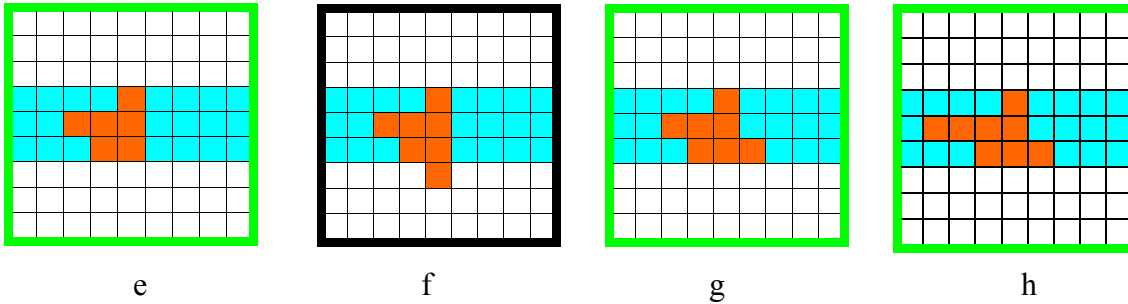


ABB. 4: *Evolutionsstrategisch sich füllendes Selektionsfeld, bei dem die Mutationen auf dem bereits vorhandenen aufsetzen. Die Adaptation an das vorgegebene Muster (grau) erfolgt damit sehr viel rascher als im Gedankenexperiment 1. Während sich die Positionen a – c, e, g und h weiter vererben, sind d und f letal. Nach etwa 100 Mutationen ist das Selektionsfeld weitgehend erfasst.*

Gedankenexperiment 3

Erst dieses Beispiel berücksichtigt die wesentliche Eigenschaft aller Lebewesen, das sogenannte Biogenetische Grundgesetz.

Wir gehen in diesem Experiment wieder von der Ausgangssituation in Abbildung 2c aus, wobei wir allerdings berücksichtigen, dass höhere Pflanzen und Tiere immer bei dem Einzellstadium der befruchteten Eizelle von vorne beginnen. Die Mutationen setzen also auch am Beginn der jeweiligen Ontogenese an, und nicht wie bei Rechenberg, immer nur am quasi ausgewachsenen Individuum.

Das System folgt in Abbildung 5a zwangsläufig der Weiterentwicklung zu 5b, da die erste Mutation auch in den Nachkommen so lange fortlebt, bis sie durch eine erneute Mutation verändert wird. Wir kennen eine Vielzahl solcher beobachtbarer Tendenzen in der Phylogenese, Beispiele, die oft als Orthogenese verstanden wurden. Sie sind aber lediglich Zeichen dafür, dass Mutationen grundsätzlich zu bestimmten Entwicklungstendenzen führen.

Gene produzieren über das sogenannte Processing Enzyme, die im Prinzip nichts anderes tun, als bestimmte Stoffwechselabläufe zu beschleunigen oder zu hemmen. Das führt unter anderem zu Allometrie. Die Tendenz einer Mutation hält somit an, bis sie an Grenzen stößt. Das geschieht, wenn Lebewesen nicht mehr zur Reduplikation ihrer selbst gelangen, weil ihre Entwicklung schon vor diesem Zeitpunkt beendet, d.h. letal, ist (Abbildung 5c).

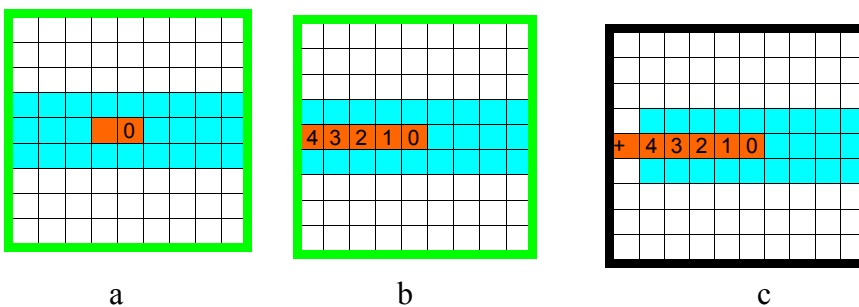


ABB. 5: *Biogenetische Evolutionsstrategie, bei der die Mutationen sozusagen als Vektoren wirksam werden. Ausgehend von der Position 0 kommt es zunächst zu einer zufälligen „Teilung“, nach links (a), die sich dann so lange wiederholt (b), bis sie zum Erliegen kommt (c).*

Die Genetik vererbt nicht das fertige Konstrukt erwachsener Lebewesen, sondern jeweils die gesamte Ontogenese [5]. Eine Variante zu Abbildung 5 wäre die abwechselnde „Teilung“ in Abbildung 6.

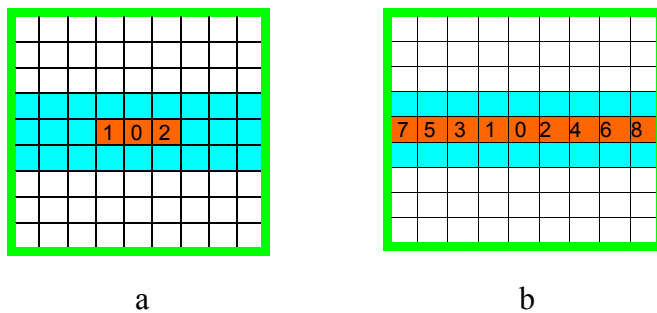


ABB. 6: *Wie in Abbildung 5, führen hier die Entwicklungsschritte zu einer wechselseitigen Ausdehnung (a), die durch Extrapolation weiter führt (b).*

Als dritte Variante der selben Strategie kann ein verändertes Selektionsmuster, wie das in Abbildung 7, durch einen einfachen Algorithmus schrittweise ausgefüllt werden.

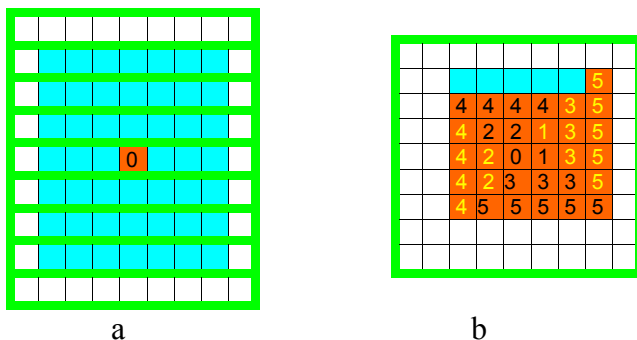


ABB. 7: *Das gegenüber Abbildung 6 veränderte Selektionsfeld (a), kann entsprechend der Biogenetischen Evolutionsstrategie durch den einfachen Algorithmus, bei dem ein immer gleicher Vorgang zu einer Spiralförmigen Ausdehnung (b) führt, erfüllt werden. Der Algorithmus besteht dementsprechend in einer stetigen Zunahme der „Teilungen“ mit entsprechendem Richtungswechsel.*

Die Ähnlichkeit der in Abbildung 7 erscheinenden Spiralförmigen Ausdehnung zu den von D'Arcy Wentworth Thompson [3] untersuchten Wachstumsspiralen, die teilweise dem Goldenen Schnitt folgen, liegt auf der Hand, auch wenn dies nur eine stark vereinfachte Erklärung des Wachstumsphänomens in Abbildung 8 ist.

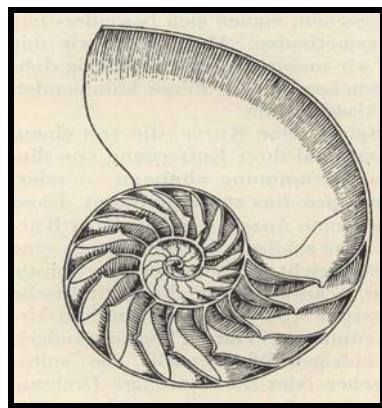


ABB. 8: *Die Schalenform von Nautilus pompilius, nach J.C. Chenu, in einer Abbildung bei D'Arcy Wentworth Thompson [3 S.216]*

Konsequenzen der Biogenetischen Evolutionsstrategie

Die Evolutionsstrategie des Lebens führt zu Inneren Modellen [4]. Das heißt, dass sie nicht nur, wie in den Gedankenexperimenten 1 und 2 einem Selektionsdruck folgt, sondern, dass die Individuen Algorithmen erzeugen, mit denen sie modellhaft ihre Umwelt in sich abbilden. Es wird dadurch immer die Ontogenese und folglich auch die notwendige Gesetzmäßigkeit des Wachstums genetisch vererbt. Die Gesetze der Statik, der Schwerkraft oder auch die der Diffusion sind somit im Inneren Modell der Lebewesen verankert.

Wenn man beispielsweise an das Poisseullesche Gesetzes denkt, nach dem Flüssigkeiten in Leitungsbahnen transportiert werden, so verhalten sich die Durchmesser aller Kapillaren zu denen in den Hauptleitungsbahnen in den physikalisch bedingten Relationen. Dieses Gesetz wird beim Wachstum aller Leitungsbahnen ebenso eingehalten, wie das Dickenwachstum von Bäumen, das dafür sorgt, dass kaum weniger als hundert Prozent aller Stürme gefahrlos überstanden werden. Wir wissen auch, dass Bäume schon im Herbst, mit abnehmender Tageslänge, ihren Stoffwechsel auf den kommenden Winter umstellen [4], Mechanismen in Gang setzen mit denen Sie wichtige Substanzen aus den Blättern ziehen, diese abtrennen und damit dem vertrocknen bei niedrigen Temperaturen vorbeugen. Neben dieser Fähigkeit auf bestimmte Reize vorausschauend zu reagieren, müssen sich Lebewesen so weit selbst identisch reduplizieren, dass die Selektion wirksam werden kann. Das ist weit mehr als nur irgend eine Selbstorganisation, die nicht selten mit der Selbstreduplikation verwechselt wird.

Es ist dieser Evolutionsstrategie implizit, Pflanzen und Tiere auf dem Wege der Phylogenese mit so viel Erfahrungswissen über ihre Umwelt auszustatten, dass diese bis heute überleben konnten [6]. Auch K. Popper kam daher zu der Erkenntnis: „Also die Blumen »wissen« etwas über allgemeine Regelmäßigkeiten.“ [1] Beim Menschen führte dieses evolutionär erworbene Wissen sogar dazu, dass er mit seinem Bewusstsein, sein unter- oder unbewusste Wissen analysieren und in Theorien weiterentwickeln kann.

Die Rolle des Todes in der Biogenetischen Evolutionsstrategie

Schon am Beginn des Darwinismus, bei T.R. Malthus, spielte die Frage des Sterbens eine zentrale Rolle, als man zu der Erkenntnis gelangt war, dass die Natur den Verlust großer Nachkommenszahlen als Grundprinzip hat. C. Darwin und A.R. Wallace waren die ersten die dies erkannten.

Unverständlich blieb aber, was sich die Natur, Gott, das Schicksal oder wer auch immer dabei „gedacht“ hat, Menschen jahrzehnte lang ein einzigartiges Wissen über diese Welt erwerben zu lassen, um sie dann einfach dem Tod preiszugeben. Für eine erfolgreiche Evolutionsstrategie wäre es im Sinne J.B. de Lamarcks scheinbar sinnvoller, erworbene Erfahrungen und Eigenschaften gleich weiter zu vererben. Dieses scheinbar sinnlose Sterben hervorragender Persönlichkeiten erscheint zunächst so absurd, weil es an den Konstrukteur einer Maschine erinnert, der diese weg wirft, um sie zu verbessern. In Wirklichkeit folgen wir aber dieser Strategie durchaus, bei der Programmierung einer verbesserten Software, wenn wir erkennen, dass die eine oder andere kleine Verbesserung nicht weiter hilft, weil die Gesamtkonzeption verändert werden muss.

Daraus ergibt sich für die Biogenetische Evolutionsstrategie die interessante Frage, die meist vernachlässigt wird, wie es der Natur gelungen ist, Lebewesen zur rechten Zeit zu reduplizieren, ebenso rechtzeitig sterben zu lassen und Räuber und Beute aufeinander abzugleichen, damit neue Generationen zur rechten Zeit nachrücken können. Der Grund hierfür ist im Prinzip sehr einfach. Während trivialdarwinistische Strategien nur erklären,

warum es für eine bestimmte Art gut ist sich möglichst rasch zu vermehren, erklärt die Biogenetische Evolutionsstrategie auch, warum es sinnvoll ist, das erworbene Wissen ausreichend zu testen, bevor man es vererbt. Insofern korreliert eine verzögerte Pubertät mit verringerter Nachkommenzahl, die automatisch das notwendige Wissen zur Kompensation der geringeren Nachkommenzahl erzeugt.

Wenn Pflanzen und Tiere innere Modelle ihrer Umwelt enthalten, so wie wir es täglich in der Natur beobachten können, und wie es unser Gedankenexperiment 3 stark vereinfacht erklärt, so gehört dazu auch, dass diese Modelle die eigenen Freunde und Feinde mit integriert haben. Ein in den letzten Jahren hinzugewonnenes Beispiel für diese Vorstellung sind auch die Spiegelneuronen, die speziell darauf ausgerichtet sind, in unserem Gehirn spiegelbildlich so aktiv zu werden, als würden wir Aktionen anderen Personen selbst durchführen. Dass dabei unsere menschliche Sprache mit involviert ist, wirft ein interessantes Licht darauf, dass wir gerade mit dieser Sprache wiederum ein Modell von dieser unserer Welt ausdrücken können. Alles uns betreffende, auch der eigene Tod und ebenso der Altruismus sind wichtige Bestandteile der jeweiligen inneren Modelle von Lebewesen.

Es gehört vermutlich zu den größten Irrtümern des Trivialdarwinismus, dass der Kampf ums Dasein die Vorstellung von „egoistischen“ Lebewesen, Organen, Zellgeweben oder Zellen nach sich zog, so wie es beispielsweise Roux oder auch Nietzsche diskutierten. Richard Dawkins ging sogar so weit, „egoistische“ Gene zu postulieren. Dieser Gedanke ist unter dem Aspekt der Biogenetischen Evolutionsstrategie insofern abwegig, weil sich kein Gen allein vermehren kann. Seine Existenz ist immer vom ontogenetisch entstandenen Gesamtsystem abhängig. Bedingt durch die Sexualität, sogar von der Population in der Gene ausgetauscht werden. Insofern beobachten wir in der Natur vielmehr Altruismus, bis hin zur totalen Selbstaufgabe der Individuen. Das gilt auch auf der Ebene von Zellen oder von ganzen sozialen Verbänden.

Wenn Ehepartner oder Eltern ihr Leben einsetzen, um das Leben anderer zu schützen, ist das ohne Zweifel ein Teil ihres ererbten Wissens. Sie tun das nicht erst nachdem sie sich bewusst gemacht haben, ob sie z.B. ihr Kind unter Einsatz des eigenen Lebens vor einem herannahenden Auto retten wollen oder nicht. In ihrem inneren Modell hat die geliebte Person höchste Priorität. Sie ist das Zentrum ihres Weltbildes. Es ist daher das eigentliche Phänomen der Liebe, sie als einen egoistischen Altruismus definieren zu müssen. Im Gefühl eines Selbsterhaltungstriebes hat sich schon so manches Lebewesen für andere geopfert. Jede Evolutionstheorie, die dies ignoriert, steht damit nicht auf dem Fundament der Biologie.

Zufall und Naturgesetz

Es ist ein weiteres Phänomen, das man bei evolutionsstrategischen Betrachtungen nicht vernachlässigen darf, dass die Natur neben ihren physikalischen Naturgesetzen auch solche der belebten Natur kennt. Selbstverständlich ergeben sich diese Gesetze des Lebendigen zwangsläufig aus den schon bekannten Naturgesetzen. Hinzu kommt aber der Erwerb von Information, so wie wir sie aus der Informationstheorie des letzten Jahrhunderts kennen. Sie erwuchs aus den Überlegungen über die Entropie von L. Boltzmann, von R.A. Fisher, R.V.L. Hartley, H. Nyquist, C.E. Shannon, W. Weaver und N. Wiener, um nur einige der Wegbereiter zu nennen. Sie besagt, dass jede Information eine Frage der syntaktischen Wahrscheinlichkeit ist. Bezogen auf die Entstehung von Wissen können wir ebenso sagen, dass jedes Wissen immer nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit richtige Vorhersagen liefert. Insofern können wir im Sinne des Versuch-und-Irrtums-Prinzips per Zufall eine richtige Vorhersage treffen. Zuverlässiger ist aber, wenn wir eine Vorhersage wohl begründet

machen. Diese Begründung basiert bei allen noch lebenden Individuen auf Jahrtausenden Erfahrung, das in ihrem Unbewussten agiert.

Bezüglich der Information in lebenden Systemen, die noch im vorletzten Jahrhundert, also vor der Informationstheorie, zu so unscharfen Begriffen wie „élan vital“ oder Vitalismus führten, ist die DNS (Desoxyribonukleinsäure) ein höchst erstaunliches langkettiges sich selbst reduplizierendes Molekül, das Informationen so speichern kann, dass die sich daraus ergebende Proteinsynthese zur Erzeugung von Enzymen und Strukturproteinen führt. Diese Proteine sind bemerkenswerterweise geeignet, die inneren Modelle aufzubauen, weil sie strukturelle, enzymatische und reaktive Eigenschaften in sich vereinen. Die Erkenntnis der letzten Jahre, dass die Genome fast aller Lebewesen sehr hohe Übereinstimmungen haben, ist somit nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass die einfachsten Bedürfnisse, die der Energiegewinnung und Zellbildung allgemein die selben sind. Damit hat das sogenannte Biogenetische Grundgesetz neben seiner morphologischen Bedeutung auch eine physiologische Entsprechung.

Bemerkenswert ist auch, dass die DNS eine Stabilität besitzt, die gerade so groß ist, dass Mutationen in ausreichendem Maße vorkommen können, ohne dass die überlebenswichtigen Informationen zur Arterhaltung verloren gehen. Die Biogenetische Evolutionsstrategie basiert also zweifellos auf einem ausgewogenen Verhältnis von Gen-, Genom und Chromosomenmutationen, das den Verlust an Information durch Redundanzbildung kompensiert.

Wie flexibel die inneren Modelle der Pflanzen und Tiere sind, zeigt sich u.a. in ihrer Fähigkeit der Regeneration. Die Plastizität totipotenter Zellen, wie beispielsweise die von Stammzellen, macht deutlich, wie weit eine Zelle „weiß“ welche Aufgaben sie im jeweiligen Zellverband zu übernehmen hat. In der Botanik haben wir schon seit hundert Jahren Kenntnis von dieser Totipotenz somatischer Zellen.

Literatur:

1. K. Popper: Alles Leben ist Problemlösen. Über Erkenntnisse, Geschichte und Politik. S.135 Piper Verl. München, 1994.
2. I. Rechenberg: Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. Stuttgart-Bad Cannstatt: Frommann-Holzboog 1973.
3. D.W. Thompson: On growth and form. Cambridge: Cambridge University Press, 1942.
4. W. Umstätter: Kann die Evolution in die Zukunft sehen? Umschau 1981 (17) S.534-535.
5. W. Umstätter: Die Wissenschaftlichkeit im Darwinismus. Naturw. Rundsch. 1990 21 (9) Beil.: Biologie Heute S.4-6.
6. W. Umstätter: Die evolutionsstrategische Entstehung von Wissen. Fortschritte in der Wissensorganisation Band 2 (FW-2), Hrsg. Deutsche Sektion der Internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation e.V. S.1-11, Indeks Verlag, 1992.

Glossar:

Allometrie: Ein von J. S. Huxley 1932 eingeführter Begriff, der in einem Potenzgesetz den Funktionalen Zusammenhang relativer Wachstumsverhältnisse beschreibt. So folgt beispielsweise die Körpermasse zum Energieumsatz, der Körperoberfläche etc. bestimmten Relationen.

Irritabilität: Die Fähigkeit der Lebewesen auf Reize zu reagieren. Sie tun dies auf Grund phylogenetischer Erfahrungen meist in höchst angepasster und sinnvoller Weise.

Leben: Eine durch grundsätzlich drei untrennbare Eigenschaften definierte Erscheinung in dieser Welt: Irritabilität, Reproduktion und Metabolismus, der diese Reproduktion möglich macht.

Ontogenese: Die Entwicklung jedes einzelnen Individuums von der Eizelle zum erwachsenen Lebewesen.

Orthogenese: Ein von T. Eimer 1888 ausgeführter Begriff, der die Erscheinung einer gerichteten, also nicht rein zufällig ablaufenden, Evolution beschreibt.

Phylogenese: Die evolutionäre Entwicklung der Pflanzen- und Tierstämme.

Totipotenz von Zellen: Zellen bei denen sich zeigen lässt, dass sie noch die gesamte Fähigkeit (Potenz) besitzen, um ein vollständiges Individuum hervorzubringen. Für befruchtete Eizellen ist das selbstverständlich. Für Körperzellen, sog. somatische Zellen konnte diese Fähigkeit schon 1901 von G. Haberlandt bei Pflanzen nachgewiesen werden.

Vitalismus: Worte wie „élan vital“ (H. Bergson) oder Vitalismus (H. Driesch) haben deutlich gemacht, dass man bis zur Entdeckung der Informationstheorie in der belebten Natur etwas suchte, das über die bis dahin bekannte Mechanik der Physik und die organische Chemie hinaus ging. Durch die Entdeckung der Kernsubstanz DNS in Verbindung mit der Informationstheorie wurden plötzlich viele Probleme des Lebens evident, die vorher unlösbar schienen.

Infokasten1:

Trivial-Darwinismus

In ihm, ebenso wie im verheerend wirksamen Sozialdarwinismus des Nationalsozialismus, ging man davon aus, dass Lebewesen nur ein Ziel haben, sich „egoistisch“ rasch zu vermehren, um die eigene Art zu sichern. Das gilt weitgehend für niedrige Lebewesen, wie Bakterien und Einzeller. Sie sind antropomorph gesprochen dumm. Dagegen testen höhere Lebewesen ihr Wissen nicht selten ein oder zwei Jahrzehnte, bevor sie sich reduplizieren.

Infokasten 2:

Entstehung der Arten

Was wir unter einer Art verstehen ergibt sich aus der Klassifikation von K. Linné, die zum Evolutionsgedanken führte, weil sein Systema Naturae auf der Basis der Sexualität entstand. Er griff damit auf R.J. Camerarius zurück, der 1694 den Nachweis erbrachte, dass auch Pflanzen Sexualität besitzen. Linné betrachtete diese Erscheinung höchst anthropomorph, wenn er vom Brautbett sprach bzw. im Zusammenhang mit der Polyandrie feststellte, dass sich in einer Blüte mit 20 Staubgefäßen und einem Griffel "Zwanzig Männer und mehr in demselben Bett mit einer Frau" befänden. Durch dieses Klassifikationssystem war festgelegt, dass alle Individuen, die miteinander fertile Nachkommen erzeugen, eine Art bilden. Die Kompatibilität der Sexualorgane wurde so zum entscheidenden Kriterium. Nun muss man davon ausgehen, dass es auch bei der Anlage von Sexualorgane bestimmte Entwicklungstrends gibt, die für beide Sexualpartner gleichzeitig ablaufen. Es gibt daher gute Gründe anzunehmen, dass neue Arten weniger durch einzelne gravierende Mutationen entstehen, von R. Goldschmidt 1940 als *hopeful monsters* bezeichnet, als vielmehr durch stabile morphologische Formen, die bei starker genetischer Durchmischung wirksam werden. Auf der Ebene der Rassen sei hier an Kladruber Pferde oder bei Hunden an Dingo und Dobermann erinnert. Vieles spricht somit für Baupläne erhöhter Wahrscheinlichkeit, weil beispielsweise die Bakterien die wir heute beobachten, zwar phylogenetisch gesehen sehr alt sind, aber trotz der vielen Mutationen über die Jahrtausende hinweg, ihr Aussehen behielten.

Kurzbiographie:

Prof. Dr. Walther Umstätter, geb. 1941, Dissertation in Biologie, 1975 Aufbau der ersten on-line-Informationsvermittlungsstelle in einer Universitätsbibliothek in Deutschland, von 1982 bis 1992 Professor in Köln, und seit 1994 Professor am Institut für Bibliothekswissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin. Schwerpunkte: Wissensorganisation, Wissensverwaltung und Wissensmessung auf der Basis der Informationstheorie.