

SCHWERPUNKT *LEBENSDEFINITION*

**Leben und Tod:
Grundphänomene der Lebewesen aus der Sicht der Biologie**

von Markus SCHWARZ

ZUSAMMENFASSUNG

Die biologischen Phänomene der Lebewesen werden in diesem Artikel beschrieben und anhand vier verschiedener Kriterien untersucht: Die Unterscheidung von Lebewesen von ihren eigenen Vorläuferzellen, der hypothetischen Urzelle; die Unterscheidung zur unbelebten Natur; die Abgrenzung zu technisch hergestellten Dingen und zuletzt die Abgrenzung eines Lebewesens von seinem eigenen Leichnam. Die essentiellen Grundeigenschaften aller Lebewesen werden beschrieben und weitere Phänomene, die mit dem Leben und dem Tod von Lebewesen zusammenhängen, werden untersucht.

Stichwörter: Lebewesen, Unterscheidungskriterien von Lebewesen, Grundphänomene des Lebendigen

ABSTRACT

The biological phenomena of animals will be described in this paper in the context of four different criteria: the distinction of animals and their predecessors, the hypothetical primary cell, the distinction of animals and nature, the frontier of animals to artificial phenomena and finally the frontier between animals and their own corpses. The basic qualities of all animals will be described and additional phenomena surrounding life and death will be investigated.

key words: animals, distinctions of animals, basic phenomena of animals

VOM Beginn der biologischen Forschung an standen sich zwei konträre Sichtweisen des Verständnisses von Leben gegenüber. Einerseits versuchte man das Leben und im besonderem das menschliche Leben aus einem mechanistischen Weltbild heraus zu erklären, das im Menschen im Prinzip nichts anderes als eine hochentwickelte Maschine sieht. Zugleich hatten aber eine Reihe von Forschern Probleme mit diesem sehr reduktionistischen Bild von Leben, weshalb schon seit den Zeiten von Aristoteles Leben als die Wirkung einer Lebenskraft, einer *anima* beschrieben wurde.

Das Lebensverständnis der Reduktionisten

Die Reduktionisten paßten zwar die grundlegenden mechanischen Prinzipien an das vorherrschende physikalische-chemische Verständnis ihrer Zeit an, doch änderte sich *de facto* nur die konkrete Vorstellung von der Verwirklichung des mechanischen Prinzips, nicht jedoch dessen grundlegende Bedeutung für die Erklärung von Leben. Wurden der Mensch und andere Lebewesen zur Zeit Newtons noch mit einer komplizierten Dampfmaschine verglichen, so erklären heutige Vertreter der mechanistischen Lebensvorstellung den Menschen durch eine komplexe Überlebensmaschine, die von einem in den Genen des Menschen kodierten Programm (dem Überlebensprogramm) gesteuert wird.¹

Diesen Modellvorstellungen von Leben liegt jedoch ein rein chemisch-mechanistisches Weltverständnis zugrunde, *das* den Menschen und alle anderen Lebewesen auf nichts weiter als ein kompliziertes Erscheinungsbild von chemischen Verbindungen und komplexen Strukturen reduziert. Auch das Lebensmodell des österreichischen Nobelpreisträgers Erwin Schrödinger, der in einer vielbeachteten Ringvorlesung während seines Aufenthaltes in Cambridge die Grundvorstellungen des Le-

bensverständnisses der modernen Biologie erarbeitete, geht eigentlich nicht über diese reduktionistische Sichtweise hinaus. Zusammengefaßt wurden diese Vorlesungen in einem Buch mit dem Titel „Was ist Leben?“ (im Original „What is Life?“) veröffentlicht.² Darin nimmt Schrödinger das Konzept der zentralen Bedeutung der Desoxyribonukleinsäure (DNA) als Grundlage der Weitergabe und des Erhalts von Leben vorweg. Ohne die genaue Struktur und Beschaffenheit der DNA zu kennen, konstruiert er theoretisch die Notwendigkeit eines so beschaffenen Moleküls, das für alle Lebensfunktionen von entscheidender Bedeutung ist.

Der Lebensfaden

Und biologisch gesehen ist die DNA, der sogenannte „Lebensfaden“ tatsächlich das entscheidende und wichtigste Molekül, das sowohl für die Erhaltung als auch für die Weitergabe von Leben unersetzlich ist. Diese zentrale Bedeutung läßt sich aus unzähligen Beispielen ablesen. Veränderungen in der Erbsubstanz der DNA, wie sie z.B. bei Erbkrankheiten vorkommen, wirken nicht nur auf einzelne Zellen oder Organe des betroffenen Lebewesens, sondern haben eine Auswirkung auf den Gesamtzustand und damit auf den Grad der Verwirklichung von Leben dieses Lebewesens. Aber besonders bei den einzelligen Formen von Leben, wie einer Zygote oder auch obligat einzellig lebenden Lebewesen, wie Bakterien, tritt die Bedeutung der DNA hervor. Der Austausch der DNA oder von Teilen der DNA im Stadium einer Zygote führt zu einer Veränderung des gesamten Lebewesens, genauso wie der Austausch von Teilen einer Bakterien-DNA die Lebensumstände und -bedingungen total verändern kann. In diesem Zusammenhang fällt aber sogleich die faszinierende Einfachheit, mit der alle Lebewesen zu einer individuellen Einheit aufgebaut sind, ins Auge. Es

erscheint wahrlich unglaublich, daß der menschliche Körper sein gesamtes Repertoire an Eiweißen aus nur 20 Aminosäure-Bausteinen zusammensetzen kann und, daß der genetische Code, also die Kodierung der DNA für die einzelnen Proteinbausteine, sowohl bei dem winzigsten Bakterium als auch bei den höchst entwickelten Organismen auf dem gleichen Prinzip beruht.³

Es ist daher nicht verwunderlich, wenn die moderne Biologie die Bedeutung der DNA so stark herausstreicht und ihrem Wirken sogar alle Überlebensstrategien und Maßnahmen zuschreibt, die von Lebewesen je entwickelt wurden.⁴ Dabei wird jedoch allzu oft die den Lebewesen eigene Dimension des Immateriellen negiert, die durch gedankliche Kurzschlüsse übergangen wird. Es werden dabei Eigenschaften, die dem Menschen und anderen Lebewesen gemeinsam sind, untersucht und auf dem Wege der biologischen Methode der Reduktion auf physiologische Vorgänge Erklärungen gesucht, die zumeist an Modelltieren und unter Laborverhältnissen gefunden wurden. Die daraus gezogenen Folgerungen werden aber als Grundlage für das gesamte biologische, aber auch das ganzheitliche Verständnis eines Lebewesens herangezogen, in das natürlich auch das jeweilige Bild vom Menschen hineingehört.

Wenn also die DNA eine so bedeutende Rolle für Bakterien und andere einfache Lebensformen aufweist, so wird diese Vorstellung auch auf höhere und die höchsten Lebensformen übertragen, ja überhaupt zum Lebensprinzip erklärt. Auf anderer Ebene versuchte ein anderer österreichischer Nobelpreisträger, Konrad LORENZ, ein Phänomen zwischenmenschlicher Beziehungen auf ähnliche Weise zu erklären.⁴ Da er bei seinen Graugänsen Verhaltensweisen wie beim Menschen wahrnehmen konnte, die als Ausdruck der „Liebe“ oder der „Treue“ bekannt sind, glaubte er auch die Ergebnisse seiner Forschungen bei der Graugans auf den Menschen komplett übertragen zu können, ohne die vielen tiefschichtigeren

Dimensionen von Liebe und Treue, die gerade solche Phänomene nur beim Menschen beinhalten, zu berücksichtigen. Es steht uns natürlich in keiner Weise an, die biologischen Ergebnisse dieser Forschungen irgendwie in Frage zu stellen, doch möchten wir nur die Beschränkungen und die Grenzen dieser Ergebnisse, die ganz einfach in ihrer eigenen Methodik begründet sind, aufzeigen.

Das Lebensverständnis der Animalisten

Die zweite Strömung in der Biologie nimmt eine große Zahl von Anleihen bei dem griechischen Denker ARISTOTELES, der das Leben ursprünglich als das *Sein der lebendigen Dinge, der Lebewesen* verstand.⁵ „Das Sein der Lebewesen ist das Leben“ ist die zentrale Definition in ARISTOTELES' Traktat 'Über die Seele'. Als wesentliche Eigenschaft nennt ARISTOTELES weiters die Ernährung, das Wachstum und den Verfall (zusammen also den Stoffwechsel) *aus sich selbst*. Und er unterscheidet weiterhin zwischen einer „ernährenden Seele“ als Grundlage für jedes Leben und einer „wahrnehmenden Seele“ und führt damit auch eine bis heute gültige Unterscheidung und Stufung von Leben ein, die natürlich einerseits durch die Systematik und andererseits durch neue Erkenntnisse über bislang unbekannte Lebensformen erweitert und vertieft wurde.

Als zentrales Element bleibt auf alle Fälle die Seele, die *anima*, eine nicht lokalisierbare Kraft, eine Lebenskraft, die letztendlich das Beseelte (das Lebendige) vom Unbeseelten (dem Toten oder nie Lebendigen) unterscheidet, also der „kleine“ Unterschied, den ein Lebewesen gegenüber dem rein Materiellen genauso wie gegenüber seinem eigenen Leichnam voraus hat.

„What is life?“, „Was ist Leben?“ oder „Was ist die Seele?“. Damit ergibt sich auch eine Annäherung an die Frage: „Was ist der Tod?“.

Zum Leben gehören nach heutigem Stand der biologischen Forschung die Bewegung – im Sinne von Aristoteles als Ernährung, Verfall und Wachstum –, ein Bauegefüge, das aus Zellen besteht, die Fähigkeit zur Reproduktion und Reizbarkeit, sowie die Kontaktnahme mit der Umwelt als offenes System⁶.

Das Leben wird hierbei als Prozeß dargestellt, dem man verschiedenste Eigenschaften und Phänomene zuordnen kann. Dies entspricht natürlich der üblichen Arbeitsweise naturwissenschaftlicher Forschung, die eigentlich eine endgültige streng biologische Definition des Lebens unmöglich macht. Eine endgültige Definition in diesem Sinne würde eine erschöpfende Darstellung aller Phänomene des Lebens erfordern, was jedoch niemals mit Sicherheit festgestellt werden kann. Im Unterschied zu einer philosophischen Definition kann sich die Naturwissenschaft nicht auf wesensnotwendige Einsichten, also Erkenntnisse, die dem Wesen des Untersuchungsobjektes zugrunde liegen, berufen, sondern muß sich auf rein empirische Analysen beschränken.⁷ Und hier zeigt sich, daß man auf sehr unterschiedliche Weise einen Zugang zum Leben findet. Es ist demnach leichter, ein *Lebewesen zu beschreiben*, als das Leben *zu definieren*.

Deskriptive Definition von Lebewesen

Dem Biologen ermöglicht die Arbeitsmethode seiner eigenen Wissenschaft im Prinzip nur die empirische Abgrenzung des Lebendigen vom Nicht-Lebendigen. Also die deskriptive Beschreibung des Unterschiedes dieser beiden Daseinsformen.

Dabei ergeben sich für die Biologie im wesentlichen vier verschiedene Zugänge, die natürlich nicht getrennt voneinander beurteilt werden können, sondern nur gemeinsam ein einigermaßen umfassendes Bild von Leben vermitteln können.

1. Zunächst kann der Biologe hypothetisch das erstmalige Auftreten von Lebenserscheinungen zur Hand nehmen und daran das Phänomen des Lebens "festmachen". Diese gedanklich konstruierte Urzelle gibt dabei schon die wesentlichsten Grundmerkmale des Lebens preis.
2. Ähnlich kann der Biologe rezente Lebewesen mit der unbelebten Natur, wie Kristallen oder Viren vergleichen und daran die entscheidenden Unterschiede feststellen.
3. Von Menschenhand konstruierte Maschinen, die dem Leben zugeschriebene Eigenschaften aufweisen, können ebenfalls zur Abgrenzung der Lebewesen von der unbelebten Umwelt dienen.
4. Und zuletzt kann man die Unterschiede der Lebewesen von ihrem eigenen Leichnam, also kurz vor und kurz nach dem Tod erfahrbar machen. Hier zeigt sich eigentlich am deutlichsten das Phänomen Leben, da innerhalb kürzester Zeit aus einem Lebewesen ein rein materieller Körper entsteht, der keine Eigenschaften des Lebendigen mehr aufweist, aber andererseits auch keine erkennbaren materiellen Veränderungen durchmacht. Dieser Bereich des Lebens hat natürlich auch für die Fragestellung dieses Buches am meisten Bedeutung, da beim Übergang von Lebewesen zu Leichnam auch der Tod in seiner materiellen Erscheinung manifest wird.

Ad 1. Beschreibung des Minimallebewesens

Nun möchten wir eine Definition eines Lebewesens in seiner Minimalversion versuchen. Die einfachsten Organismen sind Einzeller, und wir könnten sogar eine Minimalzelle, einen Lebewesen-Prototyp definieren. Dazu brauchen wir ein autoreduplikatives System, eine Nukleinsäure; wir brauchen dazu Eiweißstoffe, Proteine. Wir brauchen dazu einen Energiehaushalt, ATP/ADP und wir brauchen noch eine Kompartimentierung, also eine

Strukturierung. Somit besteht das Minimallebewesen aus Nukleinsäuren, Proteinen, ATP und einer Membran.

Reaktion

Eine Grundfunktion des Lebens ist, was wir als *Reaktion* bezeichnen möchten, als „response“ zur gesamten Umwelt. Dieses Kriterium wendet letztlich auch der Arzt an, wenn er feststellt, ob jemand lebt oder tot ist, indem er die Reaktion des Patienten in mehrfacher Weise testet. Die Reaktion äußert sich z.B. in Beweglichkeit, in Bewegung, in Empfänglichkeit, in Ansprechbarkeit. Das sind Grundphänomene, die wir mit dem Leben assoziieren.

Wachstum

Ein weiteres Phänomen, das wir mit dem Leben assoziieren, ist das Wachstum, und zwar kein additives Wachstum, also nicht wie ein Kristall, dem Elemente hinzugefügt werden, sondern es ist *die* Form des Wachstums, die wir als *Assimilation* bezeichnen im Sinne einer geordneten, geplanten Integration aufgenommener Stoffe. Mit dem Wachstum gekoppelt ist – neben der Assimilation – natürlich auch die Stoffausscheidung, die *Exkretion*. Zusammen bezeichnet man diese Vorgänge als Stoffwechsel.

Energiehaushalt

Es ist eine weitere Grundeigenschaft des Lebens, daß Lebewesen dauernd vor dem Problem stehen, ihre Integrität zu erhalten. Dazu müssen sie dauernd *Energie* aufwenden. Wir nehmen somit an, daß sich Lebewesen durch Interaktion mit der Umwelt verändern und wachsen und durch Umsatz von Energie ihre Integrität permanent aufrechterhalten können. Hierzu gibt es ein molekulares Äquivalent: das Adenosintriphosphat/diphosphat-System (ATP/ADP – gewissermaßen ein Ener-

giespeicherprinzip. Auch hier, von dieser Lebensäußerung her gesehen, hätte man die Möglichkeit, den Tod zu definieren: Das Leben ist unmöglich, wenn der Energiehaushalt zusammenbricht.

Kompartimentierung

Das Lebewesen muß sich gegenüber der Umwelt in optimaler Weise abgrenzen. Eine Abgrenzung, die seine Integrität definiert, aber gleichzeitig den Kontakt mit der Umwelt in Form von Reaktion, aber auch von Assimilation und Exkretion erlaubt. Diese Trennung wird bereits bei Bakterienzellen vollzogen, die durch eine Membran und einen selektiven Stoffwechsel – wieder im Unterschied zu Viren – deutlich eingeschränkt mit ihrer Umwelt Kontakt aufnehmen. Und sie wird noch viel deutlicher bei allen höheren Lebewesen.

Autoreplikation

Ein weiteres Grundphänomen des Lebendigen ist die *Selbst-Reproduktion*; man findet diese Tendenz bereits in der präbiotischen Zeit in Form molekularer, autoreduplikativer Systeme, die die Fähigkeit besitzen, von sich selbst eine Kopie herzustellen. Die Makromoleküle dieser Kategorie sind die Nukleinsäuren, die in Ribonukleinsäuren (RNA) und Desoxyribonukleinsäuren (DNA) unterteilt werden. Das Prinzip der Reproduktion ist ein Grundphänomen des Lebens, das sich auch als „survival“, als Überlebensstrategie aller Lebewesen, und zwar nicht nur auf Individualebene, sondern auch auf Populationsebene äußert.

Progenoten

Tatsächlich glauben wir solche Lebewesen zu kennen, die diese Minimalanforderungen erfüllen. Der Biologe unterscheidet eine sogenannte präbiotische Zeit, die ungefähr 3,5 Mrd. Jahre zurückliegt, und eine Zeit, in der es

zu allen heutigen rezenten Lebewesen einen Vorfahren gegeben haben muß. Das ist eine hypothetische Zelle, eine einzelne Zelle, die man als Progenote bezeichnet und die man etwa auf 1,5 Mrd. Jahre zurückdatiert. Möglicherweise war es nicht nur eine Zelle, sondern es könnten mehrere ähnliche Progenotenzellen parallel entstanden sein. Allerdings glaubt man, daß in der präbiotischen Zeit, einer unglaublich langen Zeitspanne, in der sich dieses Leben gebildet hat, aufgrund von Phänomenen, die man auch dem Darwinismus entnimmt – nämlich der Variation und der Selektion und die daraus resultierende Adaption, die Anpassung – selbstreduplizierende Systeme aus Nukleinsäuren und Eiweißstoffen, die später durch Membranen geschützt wurden, gebildet haben. Es findet eine Anpassung an die Umwelt in dem Sinn statt, daß die Erfolgreichsten oder – wie Darwin es formuliert hat – die 'Fittesten' (= Geeignetsten) überleben. Die Variation, die Selektion, die Isolation, wodurch sich die selektierten Systeme konkurrenzfrei weiterentwickeln können und die resultierende Adaption an bestimmte ökologische Nischen können wir als Motoren der Evolution von der präbiotischen Zeit und der frühen biologischen Evolution bis zum Heute postulieren.

Ad 2. Abgrenzung von unbelebter Natur

Selbstregulierte Aktivität

Vor allem die Selbstregulation und damit die integrierende Einheit ist es, die das Leben von anderen Systemen, die ähnliche Eigenschaften aufweisen, unterscheidet. Kristalle, die ein offensichtliches Wachstum aufweisen, erfahren dieses Wachstum nur durch Zufügung von außen, eine Umwandlung von Substanz wie im pflanzlichen oder tierischen Wachstum ist nicht vorhanden. Auch Viren, fehlt jedes Maß

an Selbstregulation, da sie vollständig vom Wachstum ihres Wirtes abhängig sind. Interessanterweise nehmen Viren, wie auch Kristalle nur mathematisch voraussagbare Formen an, die – wie alle rein molekularen Systeme – immer ein Stadium minimaler Energie anstreben. Hingegen stellen z.B. die Symmetrien der Seeigel oder Seesternschalen eine einzigartige fünf-fache Symmetrie dar, die nur durch ein von innen heraus gesteuertes Wachstum erklärt werden kann.

Auch jede Zelle in einer Zellkultur bedarf der Regulation von außen, da sie nur unter Zuchtbedingungen und damit unter Einwirkung von außen weiter"leben" kann. Die entscheidenden Wachstumsfaktoren müssen dabei der Zelle zur Verfügung gestellt werden, um ihr Wachstum zu ermöglichen. Sie können nicht aus einem Angebot an Grundbausteinen erzeugt werden.

Weiters funktionieren Lebewesen von innen heraus und von selbst. Äußere Faktoren können nur bedingt auf die Entwicklung eines Lebewesens Einfluß nehmen. Ein Keimling kann zwar versengt werden oder verwelken. Doch niemand kann ihm vorschreiben, ob aus ihm schließlich ein Apfelbaum oder ein Birnbaum wird.

Eine letzte Eigenschaft des Lebens besteht in diesem Zusammenhang in seiner selbständigen Aktivität. Das Leben ist ein Prozeß und kein Zustand. So ist jedes Lebewesen, das keine Aktivität zeigt, tot. Und diese Aktivität ist schon auf niedrigstem Zellniveau zu erkennen, wenn man bedenkt, daß eine durchschnittliche Bakterienzelle ca. 2000 verschiedene chemische Reaktionen in kürzester Zeit selbstständig durchführt. Und das noch dazu auf engstem Raum, da alleine 500 Bakterien auf der Fläche des Punktes Platz haben, der diesem Satz folgt⁸!

All diese Phänomene streichen die Einzigartigkeit des Phänomens Leben in der gesamten Natur und seine Abgrenzung zur unbelebten Natur heraus.

Ad 3. Lebewesen und Maschinen

Alle Lebewesen besitzen die erstaunliche Fähigkeit, körperfremde Substanzen in körpereigene Substanzen umzuwandeln (siehe oben), und damit den eigenen Körper aufzubauen. Bei der Umwandlung von einer Raupe in die ausgereifte Imago des Schmetterlings oder eines anderen Insekts gibt es Stadien, in denen sich der größte Teil der Stoffe verflüssigt.⁹ Und doch findet in einer schier unglaublichen Kooperation jeder Teil seinen richtigen Platz. Und diese Verwandlung dauert z.B. beim Monarchfalter keine 12 Tage. In jedem unbelebten System wie Maschinen, findet man auch noch nach Jahren dieselben Bestandteile wie bei seiner Entstehung.

Struktur und Form der Lebewesen

Die Struktur der Lebewesen, die durch ihre Abgegrenztheit von der Umwelt am deutlichsten zu Tage tritt, verlangt aber auch, daß der Organismus nur als Ganzheit betrachtet werden kann und als solcher Priorität vor den Einzelteilen, den Organen hat. Die Einzelteile bekommen ja ihre Funktion erst im Rahmen des Ganzen und ihr Sinn kann erst von der Ganzheit her erfaßt werden.¹⁰ Die Chips eines Computers sind völlig austauschbar. Ihre Funktion liegt ihrer Struktur zugrunde und wird nicht von der Form und Struktur des Computers, in den es eingebaut wird, beeinflusst.

Die Bezogenheit der Einzelteile zueinander führt dabei zu Wesen mit völlig neuen Eigenschaften, wie dies auch schon am Beispiel von chemischen Verbindungen verdeutlicht werden kann. Nicht die tatsächliche Zusammensetzung eines chemischen Moleküls ist entscheidend für seine Eigenschaften, sondern vielmehr die konkrete Form und deren Organisation. Die Rolle der Form in chemischen Verbindungen läßt sich sehr einfach am Beispiel von Isomeren demonstrieren: Dieselbe

Anzahl von Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffatomen läßt sich in verschiedener Weise anordnen, sodaß zwei völlig unterschiedliche Moleküle mit gänzlich anderen Eigenschaften entstehen. Auf der einen Seite z.B. kann aus C_2H_6O Äthylalkohol entstehen, der jedem Weintrinker ein Genuß ist, auf der anderen Seite das hochreaktive und giftige Gas Diäthylether. Es ist allein die Form bzw. die Struktur entscheidend für die Eigenschaften des Moleküls.

Seit HEIßENBERG wissen wir, daß die Materie völliger Verwandelbarkeit unterliegt. Alle Elementarteilchen können mit Stößen hinreichender Energie in andere Teilchen umgewandelt werden, und sie können sich umgekehrt in Strahlung verwandeln. Es sind also alle Elementarteilchen aus demselben Stoff gemacht, den wir nun Energie nennen. Die Ausprägungen der Materie erscheinen für uns nur als verschiedene Formen von Energie¹¹. Auf jeder Organisationsebene der Natur herrschen andere und neue Formen vor. Und je komplexer die Formen und Strukturen, umso stabiler erhält sich das System.

Die Wichtigkeit der Form für das Lebensprinzip auf Zellebene lassen Experimente von BEQCHEREL aus den Jahren 1950/1 erkennen, der verschiedene Mikroorganismen wie Algen, Bakterien, Sporen, Pflanzensamen und anderes für mehrere Stunden auf den absoluten Nullpunkt abkühlen konnte (0.008–0.047°K). Dabei näherte sich die Stoffwechselaktivität asymptotisch der Nulllinie (e-Funktion), während die räumliche Struktur erhalten („eingefroren“) blieb. Nach Normalisierung der Temperatur zeigen die gleichen Zellen wieder die typischen Eigenschaften des Lebens wie vor der Kryokonservierung¹². Es kommt also auf dieser Organisationsebene vor allem auf die definitive (in der Zelle vorliegende), dynamische Struktur von Atomen und Molekülen an, die zur Selbstregulation fähig sein muß.

Ad 4. Das Ende des Lebewesens

Wenden wir uns aber jetzt dem anderen Ende der Skala zu, dorthin, wo das Leben versiegt. Welche Unterschiede können wir an dieser Schwelle zwischen Tod und Leben, zwischen beseelt und unbeseelt feststellen?

Regenerationsfähigkeit

Neben dem Verlust der oben beschriebenen Grundphänomene des Lebens weist der Leichnam eines Lebewesens noch einen sehr deutlichen Mangel auf – den Verlust der Regenerationsfähigkeit. Wie zuvor beschrieben ermöglicht das Lebensprinzip die Formgabe des Lebewesens. Die Zellen wissen sozusagen um ihren Platz und der dazugehörigen Funktion im Organismus. Bei einfachen Organismen, wie dem Strudelwurm *Caenorhabditis elegans*, einem beliebten Forschungsobjekt der Molekularbiologen, konnte man bereits die genaue Position und das jeweilige Schicksal aller Zellen im Organismus bestimmen, beginnend von einer einfachen Polarität, die bereits im Vierzellstadium beginnt, bis zum komplexen, differenzierten Organismus mit all seinen Funktionen.

Besser bekannt ist uns allen wahrscheinlich die normale Heilung einer Wunde. Auch dabei finden die neuentstandenen Zellen auf einzigartige Weise ihren Platz und ihre Funktion, sodaß sogar die Rillen der Handfläche nachgebildet werden können. Die Regenerationsfähigkeit mancher Organismen nimmt aber teils extreme Formen an: Verschiedene Schwämme können durch ein Sieb gepreßt und so bis zu einer Einzelzellsuspension zerlegt werden und jede einzelne Zelle findet danach exakt ihren Platz im Zellverbund. Natürlich weisen diese Zellen eine stark eingeschränkte Kommunikation auf, die nicht mit höheren Lebewesen oder auch nur Pflanzenzellen zu vergleichen ist. Doch wird das Prinzip der Formvorgabe durch das innewohnende Leben sehr klar.

Nach Wegfall dieses Lebensprinzips verschwindet auch das Prinzip, das dem Organismus Form gab.

Definition

Zusammenfassend kann gesagt werden:

»Lebewesen sind selbstreproduzierende Systeme höherer Ordnung mit der Fähigkeit zu wachsen, auf die Umwelt zu reagieren und ihre Integrität durch Aufwendung von Energie selbstständig zu erhalten.

Stufen des Lebens

Diese Definition will natürlich eine sehr allgemeine Vorstellung von Leben vermitteln, die in der Natur aber nicht ganz den Gegebenheiten entspricht. Selbstverständlich tritt Leben in völlig unterschiedlichen Formen und Varianten auf, die sehr wenige Gemeinsamkeiten zu besitzen scheinen. Doch bei aller Variabilität des Lebens können die oben beschriebenen Grundphänomene als Maßstab für die Zuordnung zum Leben herangezogen werden. Das Minimallebewesen, das über diese Grundfunktionen nicht hinausreicht, nimmt in gewisser Weise aber an allen höheren Lebensformen Anteil. Denn auch ein tierisches Leben beginnt in einer Zelle, der Zygote, die eigentlich von ihrer biologischen Funktion her gesehen einem Minimallebewesen entspricht, auch wenn ihre ontologische Verfassung, wie dies gerade beim Menschen am deutlichsten wird, völlig anders ist.

Und wie bei der hypothetischen Minimalzelle, die letztlich in allen höheren Lebewesen wieder vorkommt, sind alle Stufen des Lebens in ihrer jeweils höheren Form enthalten. Das rein DNA-bezogene Leben einer Bakterienzelle, der man tatsächlich keine andere biologische Funktion zuordnen kann, als Kopien ihrer eigenen DNA herzustellen,

findet sich in jedem höheren Leben, wenn auch in sehr untergeordneter Weise. Unter anderem jedoch zeigen Phänomene, die in der klassischen Biologie als *Atavismen* bezeichnet werden, genau dieses Prinzip. Die pathologischen Veränderungen einer Krebszelle führen das Lebensprinzip, das in dieser Zelle vorhanden ist, auf die Ebene des bakteriellen Lebens zurück und bringen damit das DNA-bezogene Leben dieser Zelle wieder zum Vorschein.

Ähnlich verhält es sich mit dem rein vegetativen Leben niederer, einzelliger Organismen und der fortschreitenden Höherentwicklung der Lebewesen und Lebensformen bis hin zum Säuger. Eine grundsätzlich unterschiedliche Lebensform kann dabei nur den Pflanzen zugesprochen werden, die sich durch ihre autotrophe, also selbsternährende und zumeist sessile Lebensweise von den tierischen, heterotrophen Organismen unterscheiden.

Diese Stufung des Lebens, das auf niederen Formen aufbaut, ist im Kontext dieses Buches aber besonders für die Definition des Lebens und Todes des Menschen von Bedeutung. Denn da – wie gesehen – der Mensch auch von den Grundfunktionen und Phänomenen des Lebens abhängig ist, kann man mit dem Erlöschen dieser Funktionen auch das Ende des menschlichen Lebens definieren, ohne dabei seine geistige und ontologisch völlig unterschiedliche Verfassung zu negieren. Denn den Menschen darf man natürlich nicht auf solche oder noch andere biologische Funktionen reduzieren, wie dies ja oft versucht wurde. Aber von dem Standpunkt des Naturwissenschaftlers und im konkreten des Biologen ist es durchaus legitim, die Frage der rein natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen auf die Frage nach dem biologischen Funktionieren des Organismus zu reduzieren.

Ähnliches gilt auch für das Konzept der Evolution, von dem die derzeitige biologische Forschung ausgeht. Wenn man die Natur und ihre

verschiedensten Lebensformen betrachtet, ist die kontinuierliche Entwicklung der Arten sicherlich die plausibelste und auch am besten belegte Erklärung des Zustandekommens der rezenten Artenvielfalt. Die Argumente für die Evolutionstheorie sind hinlänglich bekannt und sind nicht Gegenstand dieses Artikels. Und es ist gerade das große Verdienst Darwins, diese Zusammenhänge erkannt zu haben und auch einer systematischen Überprüfung unterzogen zu haben.

Bis heute konnte auch der Grundgedanke dieser kontinuierlichen Entwicklung der Arten nicht widerlegt bzw. eine ähnlich gut untersuchte Alternativhypothese vorgelegt werden, weshalb sich die Biologie auch nach wie vor darauf stützt. Und bei den einfachen Lebensformen wie den Bakterien, aber auch bei niederen Pflanzenarten konnten auch schon verschiedene Mechanismen der Evolution nachgewiesen werden.

Aber alle Aussagen der Evolution beziehen sich natürlich immer nur auf die rein natürlichen Grundlagen der Lebewesen und außerdem nur auf die belebte Natur als geschlossenes System. Die Evolutionstheorie kann daher weder Aussagen über das nicht Lebendige treffen, noch irgendwelche Schlüsse ziehen, die sich auf Phänomene beziehen, die die biologische Natur übersteigen. Und insofern der Mensch auch an der biologischen Natur teilhat, kann er durchaus unter dem Aspekt der Evolution betrachtet und untersucht werden. Es wäre jedoch nicht legitim und würde die Möglichkeit der Theorie ganz einfach überschreiten, wenn von dieser Betrachtung aus Folgerungen für das geistige bzw. immaterielle Wesen des Menschen gezogen würden.¹³

Tod als Preis der Vielzelligkeit

Dieses Leben, wie wir es in seiner einfachsten Form definierten, ist auf Unsterblichkeit ange-

legt. Die einfachsten Zellen vermehren sich durch Teilung und aus einer Zelle werden zwei Tochterzellen. Diese leben wieder weiter, so daß in jener einfachsten Form das Leben gar nicht mit dem Tod gekoppelt ist.

Auch das Grundphänomen der Replikation von Mehrzellern besteht darin, daß das Prinzip des Lebendigen weitergegeben wird, d.h. der Tod kann nur toleriert werden, wenn *etwas*, wenigstens *eine* Zelle, vom lebendigen Prinzip, z.B. von einem mehrzellige Individuum, überlebt. Das Kontinuum ist die Keimzelle. Die Biologie geht von der sogenannten Keimzellkontinuität aus. Sie nimmt an, daß die rezenten Organismen alle über eine lückenlose Kontinuität von Keimzellen mit dem einfachsten Organismus vor 1,5 Mrd. Jahren verwandt sind.

Es sieht so aus, als ob der Tod eine Konsequenz der höheren Komplexität der Organismen und der Mehrzelligkeit, der arbeitsteiligen Differenzierung ist. Man kann das sehr schön an gewissen biologischen Systemen beobachten, wo wir in einem lückenlosen Verwandtschaftskreis, der rezent alle Entwicklungsstufen umfaßt, vom Einzeller über einen Vierzeller, Achtzeller, Sechzehnzeller bis zu einem 10^4 Zeller das erstmalige Auftreten des Todes lokalisieren können: Wenn Mehrzelligkeit auftritt, treten Differenzierungen (z.B. Polarität) auf, was bedeutet, daß nicht mehr alle Zellen eines Organismus gleich sind. Wir können eine Polarität feststellen und wir können eine arbeitsteilige Differenzierung beobachten. Gewisse Zellen sind nur noch für die Ernährung da, andere für die Reproduktion, und andere wieder für die Bewegung. Auf der einzelligen Stufe kann jede Zelle alles. Man beobachtet diese Entwicklungstendenz z.B. bei der rezenten Familie der Phytomonadinen (*Volvocales*)¹⁴, ursprüngliche Organismen, die zwischen Tieren und Pflanzen stehen und deren verschiedene Gattungen die Transition von Einzellern zu Vielzellern nachvollziehen lassen. Hier kann man sehen, daß die Endstufe dieser Entwick-

lung zur Mehrzelligkeit, die sogenannte 'Kolonie', sich nicht bewährt hat. Es ist jedoch eine etwas andere Form des Zell-Verbandes und der Zellzusammenarbeit als wir das bei Tieren und den höheren Pflanzen finden. Bei den *Volvocales* tritt der Individualtod zum ersten Mal bei der Gattung Volvox auf. In dem Zeitpunkt der Entwicklung einer Volvoxkolonie, bei dem es zu einem Abbruch der vegetativen Vermehrung kommt und die geschlechtliche Fortpflanzung auf Grund bestimmter Umweltbedingungen einsetzt, stirbt die sogenannte Mutterkolonie ab und bildet eine Leiche. Wichtig ist auch, daß bei diesem Übergang zur organischen Vielzelligkeit auch zum ersten Mal das Phänomen des *Altruismus* zu beobachten ist, da sich gewisse Zellen zugunsten anderer opfern, während bei der Einzelle, die prinzipiell unsterblich ist, der Altruismus nie auftritt. Mit der Differenzierung und höheren Komplexität finden wir somit das Phänomen des Altruismus und zum ersten Mal das Phänomen des Todes.

Im Zuge der Differenzierung und Arbeitsteilung in höheren Organismen hat sich ein sehr entscheidendes Relikt aus dieser Frühzeit der Entwicklung erhalten. Noch immer besteht auf der Zellebene ein Altruismus, der für viele Entwicklungsschritte in der Individualentwicklung der Lebewesen von großer Bedeutung ist. Durch ein allen Zellen eingebautes Programm können Zellen, die die Entwicklung oder die physiologischen Abläufe im Körper stören könnten, vernichtet werden. Der sogenannte programmierte Zelltod, die *Apoptose* kommt z.B. in der Eliminierung von selbstreaktiven Zellen des Immunapparates zum Einsatz. Auch bei der Entwicklung von Extremitäten im Zuge der Embryonalentwicklung spielt die *Apoptose* eine wichtige Rolle. Obwohl die einzelnen Faktoren noch nicht genau erforscht sind, handelt es sich dabei um ein den Zellen intrinsisches Programm, das, sobald es einmal gestartet ist, unweigerlich zum Tod der Zelle führt. Dieses Relikt der

Apoptose zeigt auch, auf welche erstaunliche Weise sich das Leben verschiedenste Mechanismen zunutze macht, um sein eigenes Überleben zu sichern, auch wenn es sich um ursprünglich destruktive Mechanismen handelt.

Überlebensstrategien

Zum Abschluß ein anderes Phänomen, das uns Leben und Tod in der Biologie noch näher bringt. Obwohl die einzelligen Organismen auf Unsterblichkeit angelegt sind, können sie natürlich sterben, z.B. wenn die Nahrung ausgeht oder wenn das Medium austrocknet. D.h. das Evolutionsmodell berücksichtigt auch auf Populationsebene den „Selektionsfaktor“ Tod, gewissermaßen den Unfalltod durch äußere Einflüsse, nicht jedoch den in der Entwicklung programmierten Tod. Die Evolutionsstrategien, die auf dieser Stufe entstanden sind, nehmen auf diese Form der Mortalität Bezug. Es hat sich gezeigt, daß man zwei Gruppen von Evolutionsstrategen unterscheiden kann. Die sogenannten r-Strategen und die K-Strategen. Die r-Strategen überkommen die Mortalität, und zwar die Unfallmortalität durch eine Erhöhung der Natalität, d.h. diese Organismen entwickeln in einer feindlichen Umwelt, damit sie als Population und Art überleben, Strategien, ihre Natalität, die Geburtenrate zu erhöhen. Dies sind die uns bekannten Mikroorganismen, wie z.B. Bakterien. Ihre Überlebensstrategie ist einfach eine unglaublich rasche Reproduktion. In etwa 20 Minuten kann ein Bakterium sich verdoppeln.

Die anderen Organismen, dazu gehören die komplexen Organismen, haben sich durch ihre Spezialisierung an ihre Umwelt angeglichen, bis hin zu den Warmblütern, die klimatisch nicht mehr von der Umgebung abhängig

sind. Sie besitzen u.a. ein kompliziertes Nervensystem mit dem Ziel der erhöhten Reaktionsfähigkeit. Es wird somit nicht die Natalität erhöht, sondern die Mortalität herabgesetzt. Als Biologe kommt es einem natürlich bemerkenswert vor, wie die menschliche Gesellschaft des 20. Jahrhunderts aufgrund des biologischen und medizinischen Fortschritts dieses Prinzip geradezu auf die Spitze getrieben hat.

Referenzen

1. DAWKINS, R.: Das egoistische Gen. (The Selfish Gene.). Springer-Verlag, Berlin. 1978.
2. SCHRÖDINGER, E.: Was ist Leben?
3. ALBERTS, B., et al: The molecular biology of the cell. Garland Publ. Inc., New York. 1989.
4. LORENZ, K.: Das Jahr der Graugans. R. Piper Verlag, München. 1979.
5. ARISTOTELES: Über die Seele. ed. G. BIEGL, Leipzig, 1926.
6. KÖHLER-WIEDER, R., et al: Was ist Leben? in: Organismus und Umwelt. UEBERREUTER Verlag, OLDENBOURG, 1978.
7. SEIFERT, J.: Die Rationalität der Wesenseinsicht. in: Leib und Seele, Anton Pustet Verlag, Salzburg, 1973.
8. JACOB, F.: Die Logik des Lebenden. Fischer, Frankfurt a.M., p. 290. 1972.
9. FARB, P.: The insects. Time-Life, New York, p. 58. 1962.
10. siehe dazu auch die Beiträge von J. BONELLI und G. PÖLTNER in diesem Band
11. HEIßENBERG, W.: Physik und Philosophie. ULLSTEIN, Frankfurt a.M. p.131-132. 1986.
12. BECQUEREL, P. La suspension de la vie des algues, lichens, mousses, au zéro absolu et rôle de la synerese réversible pour l'existence de la flore polaire et des hautes altitudes. C.R. Acad. Sci. Paris 232, 22. 1951.
13. zur genaueren Analyse solcher Tendenzen in der modernen Biologie siehe SPAEMANN, R. und LÖW, R.: Die Frage wozu?-Geschichte und Wiederentdeckung des teleologischen Denkens. R. Piper Verlag, München 1985.
14. GRELL, K.G.: Morphologie und Fortpflanzung der Phytomonaden. Beilage zum Film veröffentlicht vom Zoologischen Institut der Uni. Tübingen. 1963.