

Rolf Löther

Zeit und Evolution der Lebewesen

Überarbeitete Fassung eines Vortrages vor den Arbeitskreisen „Zeitrhythmik“ und „Evolutionsforschung als Rekonstruktion der Vergangenheit“ der Leibniz-Sozietät am 13. November 2003.

Die Erforscher der Erdgeschichte erzählen, dass der Planet Erde etwa 4,6 Milliarden Jahre alt ist und sich seitdem ständig verändert. In den ersten 500 Milliarden Jahren entstanden eine feste äußere Schale, die Lithosphäre (Gesteinshülle), und darüber eine Gashülle, die Atmosphäre, deren Temperatur vor etwa 4 Milliarden Jahren die 100° C-Grenze unterschritt. Mit der Abkühlung der zunächst heißen Erde wurden große Mengen Wasser in Form von Wasserdampf bei magmatischen Prozessen freigesetzt. Der Wasserdampf kondensierte und es entstanden die Urmeere und damit die Hydrosphäre, die Wasserhülle des Planeten. Ein Teil des Wassers könnte auch von dem Meteoritenhagel stammen, der auf die Uerde prasselte. Vor etwa 2,3 Milliarden Jahren hatte sich die Erdoberfläche so weit abgekühlt, dass sich Eis bilden konnte. Vor knapp 4 Milliarden Jahren entstand nach heute vorherrschender Meinung im Ergebnis der chemischen Evolution das Leben, d.h. die ersten Lebewesen, im Meer. Damit begann die Ausbildung der Biosphäre. Durch die Photosynthese betreibenden Lebewesen änderte sich die Zusammensetzung der Atmosphäre grundlegend, sie wurde zur Sauerstoffatmosphäre. Die Lithosphäre aber wurde zum Bereich einstiger Biosphären, zur versteinerten Hinterlassenschaft des voranschreitenden Lebens.¹ In der Zeit des Ordoviziums, das vor etwa 510 Millionen Jahren bis vor etwa 438 Millionen Jahren dauerte, probierten erste Pflanzen und Tiere den Übergang vom Leben im Meer zum Leben auf dem Lande. Im anschließenden Silur-Zeitalter, das etwa 26 Millionen Jahre dauerte, wurde das Festland dauerhaft belebt.

Bei der Evolution des Lebens haben wir es also mit einem seit knapp 4 Milliarden Jahren andauernden Vorgang zu tun.² Dieser Vorgang ist der di-

1 Vgl. Andrey V. Lapo: *Traces of Bygone Biospheres*. Moskau 1987.

2 Vgl. Richard Fortey: *Leben – Eine Biographie*. Die ersten vier Milliarden Jahre. München 2002; Steve Jones: *Wie der Wal zur Flosse kam*. Ein neuer Blick auf den Ursprung der Arten. München 2002.

rekten Beobachtung entzogen. Zeitmaschinen zur Rückkehr in die Vergangenheit gibt es ja nur als Science Fiction. Doch wird die Vergangenheit zugänglich durch die Nutzung der historischen Methode in der Erd- und Lebensgeschichtsforschung.³ Ihre Anwendung in der Biologie führt zur Deszendenztheorie. Durch sie ist bewiesen, dass die Evolution stattgefunden hat und weiter stattfindet. Die Evolution ist eine theoretisch erschlossene Wirklichkeit, die heute als Tatsache anerkannt ist. Die Deszendenztheorie geht davon aus, dass die gegenwärtig existierenden Lebewesen eine nach Ähnlichkeit und Verschiedenheit gradweise abgestufte Mannigfaltigkeit bilden, die im natürlichen System der Organismen abgebildet wird, und zwar in einer vom Einzelnen zum Allgemeinen aufsteigenden Hierarchie von *Kategorien*. Die mit diesen Kategorien erfassten Organismengruppen heißen *Taxa* (Einzahl *Taxon*), in der Botanik auch *Sippen*. Die hauptsächlichen Kategorien sind Art, Gattung, Familie, Ordnung, Klasse, Stamm (in der Botanik: Abteilung) und Reich. Im Bedarfsfall werden weitere Kategorien wie z.B. Unter-gattung und Überfamilie dazwischengeschoben. Die Art Feuerlilie beispielsweise gehört neben anderen Lilienarten zur Gattung Lilie, Familie Liliengewächse, Ordnung Lilienblütige Gewächse, Klasse Einkeimblättrige, Unterabteilung Bedecktsamige Pflanzen, Abteilung Samenpflanzen, Pflanzenreich. Schätzungsweise sind derzeit etwa 1,5 Millionen heute lebende Tierarten und 500 000 Pflanzenarten beschrieben und dem System eingeordnet worden. Die Angaben über die heute tatsächlich auf der Erde lebenden Tier- und Pflanzenarten bewegen sich zwischen 3 und 30 Millionen. Das zeigt, wie wenig wir von unseren Mitbewohnern auf dem Planeten wirklich wissen.

Nach der auf Robert H. Whittaker zurückgehenden Konzeption der fünf Organismenreiche gibt es das Reich Monera (Prokaryoten), das Reich Protocista (eukaryotische Mikroorganismen und Nahestehendes, z.B. Schleimpilze) und die drei Reiche der Pflanzen, der Tiere und der Pilze. Von Carl R. Woese stammt die Einteilung der Lebewesen in drei große Domänen, die Domänen der Bacteria (Eubakterien), der Archaea (Archäobakterien) und der Eukarya (Eukaryonten). Diese Einteilung basiert auf der vergleichenden molekularbiologischen Untersuchung einer bestimmten Gensequenz in der Ribosomen-

3 Vgl. Rolf Löther: Wie die Vergangenheit erkannt wird. Die historische Methode in der Naturforschung. In: Gerhard Banse, Siegfried Wollgast (Hrsg.): Philosophie und Wissenschaft in Vergangenheit und Gegenwart. Festschrift zum 70. Geburtstag von Herbert Hörz. Berlin 2003.

RNA. Wie dem auch sei, die Zeit, da alle Lebewesen entweder dem Tierreich oder dem Pflanzenreich zugeordnet wurden, ist endgültig vorbei.⁴

Die im natürlichen System abgebildete gradweise abgestufte Mannigfaltigkeit wird von der Deszendenztheorie erklärt, und zwar durch die abgestufte Abstammung der heute lebenden Organismenarten von gemeinsamen Vorfahrenarten, die vor ihnen auf der Erde gelebt haben, und deren Evolution auf sich verzweigenden Wegen, durch Charles Darwins „descent with modification“ (Abstammung mit Abwandlung). Das ist die unausweichliche Konsequenz aus der logischen Verknüpfung des natürlichen Systems mit gewissen allgemeinen Aussagen der Biologie. Diese allgemeinen Aussagen sind:

- die durch die Fortpflanzung vermittelte Kontinuität des Lebens seit seiner abiogenen Entstehung aus nichtlebender Materie (Redisches Prinzip „Omne vivum e vivo“ nach Vladimir I. Vernadskij⁵);
- die Kontinuität der spezifischen Organisation der Lebewesen, die auf der Übertragung der genetischen Information bei der Fortpflanzung beruht.
- Die genetisch bedingte Variabilität der Organismen, die letztlich aus ihrer Mutabilität resultiert;
- ein Vorgang, durch den genetisch bedingte Unterschiede zwischen organismischen Individuen einer Art zu Unterschieden zwischen großen Organismengruppen werden. Das ist Darwins „natural selection“ (natürliche Auslese) im „struggle for existence“ (besser mit „Ringens um die Existenz“ als mit „Kampf ums Dasein“ übersetzt). Durch die natürliche Auslese zwischen den Individuen werden die genetischen Unterschiede ausgelesen, d.h. eliminiert oder aber aufbewahrt, akkumuliert und kombiniert, so dass sich daraus in der Aufeinanderfolge der Generationen große Unterschiede in der Organisation der Lebewesen ergeben.

Im Lichte der Deszendenztheorie erweisen sich die höheren systematischen Kategorien – von der Gattung an aufwärts – als Bezeichnungen für mehr oder minder adäquat erfasste Abstammungsgemeinschaften verschiedener Ordnung. Das trifft genau dann zu, wenn die damit bezeichneten Organismengruppen, die höheren Taxa, monophyletische Taxa sind. Die Einzeldinge aber, auf denen das System basiert, sind die Arten, die Spezies. Die Arten sind ihrem Wesen nach keine logischen Klassen von Individuen

4 Vgl. Lynn Margulis: Die andere Evolution. Heidelberg – Berlin 1999, S. 67 ff.; Karl O. Stetter: Feuerzwerge – Zeugen der Urzeit. In: Rolf Emmermann u.a. (Hrsg.): An den Fronten der Forschung. Kosmos – Erde – Leben. Stuttgart – Leipzig 2003.

5 Vgl. Rolf Löther: Das Werden des Lebendigen. Wie die Evolution erkannt wird. Leipzig – Jena – Berlin 1983, S. 41 ff.

(obwohl man die Gesamtheit der organismischen Individuen einer Art auch als logische Klassen oder auch als Mengen traktieren kann), sondern objektiv-reale, materielle Systeme und im Sinne der Logik Individuen. Mit diesen Aussagen bekenne ich mich als Anhänger der von Willi Hennig begründeten konsequent phylogenetischen Systematik (auch „Kladistik“ genannt) und des von Michael Ghiselin, David Hull und mir vertretenen „species-as-individual“-Konzepts, die beide nicht unumstritten sind.⁶

Monophyletische Taxa sind mehrartige Taxa, Einheiten aus zwei oder mehr Arten nebst einer Vorfahrenart, die ihnen ausschließlich eigen ist. Sie entstehen durch Aufspaltung der ancestralen Spezies, und umfassen alle Spezies, die durch Speziationen aus der Vorfahrenart hervorgegangen sind. Die zeitliche Aufeinanderfolge der Speziationsvorgänge bedingt abgestufte stammesgeschichtliche Verwandtschaftsbeziehungen von hierarchischer Struktur zwischen den Arten des monophyletischen Taxons. Peter Ax betrachtet monophyletische Taxa als „geschlossene Abstammungsgemeinschaften der Natur“.⁷ Er konstatiert, dass es raumzeitliche Entitäten sind. In räumlicher Hinsicht existieren sie in bestimmter geographischer und ökologischer Verteilung. Zeitlich haben sie einen bestimmten Anfang, d.h., sie beginnen mit der Aufspaltung einer evolutionären Art in letztlich zwei Folgearten und sind weiter zeitlich bestimmt durch die historische Kontinuität aufgrund der Verbindung der Arten durch die aufeinanderfolgenden Speziationen. Zugleich gibt es keinen vertikalen oder horizontalen Zusammenhang zwischen den Arten einer geschlossenen Abstammungsgemeinschaft, durch die diese als Einheit evolviert, weder solches bewirkende Umweltbeziehungen noch Evolutionsmechanismen. Geschlossene Abstammungsgemeinschaften sind stammesgeschichtliche, phylogenetische Einheiten, nicht Einheiten der Evolution. Nur Populationen und Arten (Gruppen von Populationen) sind evolvierende Einheiten, Einheiten der Evolution. Die Geschlossenheit monophyletischer Taxa als Abstammungsgemeinschaften bezieht sich selbstredend auf ihre Vergangenheit und Gegenwart; ihre Zukunft ist offen.

Geschlossene Abstammungsgemeinschaften sind keine materiellen Systeme, da es keine Beziehungen zwischen ihren Arten (ihren Elementen) oder

6 Vgl. Michael Th. Ghiselin: *Metaphysics and the Origin of Species*. Albany 1997; Rolf Löther: *Die Beherrschung der Mannigfaltigkeit. Philosophische Grundlagen der Taxonomie*; Bernhard Wiesemüller, Hartmut Rothe, Winfried Henke: *Phylogenetische Systematik. Eine Einführung*. Berlin – Heidelberg – New York 2002.

7 Vgl. Peter Ax: *Systematik in der Biologie. Darstellung der stammesgeschichtlichen Ordnung in der lebenden Natur*. Stuttgart 1988.

zwischen der Gesamtheit der Arten und der Gesamtheit ihrer Umwelten gibt, durch die sie ein Ganzes bilden. Aber sie unterscheiden sich auch von Mengen und Klassen, weil sie raumzeitlich bestimmte und zeitlich kontinuierliche Gebilde sind. Es handelt sich um historische Entitäten, und zwar um materielle historische Entitäten. Es sind materielle Einheiten aufgrund einer existentiellen (nicht logischen) Beziehung zwischen ihren Elementen, die der später als Psychologe hervorgetretene Kurt Lewin wissenschaftstheoretisch untersucht und „Genidentität“ genannt hat, eine Relation, die auf ihrer Genese beruht⁸, dem Umstand, dass die Elemente in einer zeitlichen Folge auseinander hervorgegangen sind. Nach Lewin ist „Stammgenidentität“ ein Spezialfall von Genidentität.

Stammgenidentität schließt ein, dass geschlossene Abstammungsgemeinschaften der Natur, Artengruppen als historische Entitäten, aufgrund ihrer innewohnenden Vergangenheit individuelle Einheiten sind, ihrer innewohnenden Vergangenheit, die im Genpool der Arten kodiert ist: die Erfolge im Ringen um die Existenz in der sich verzweigenden Aufeinanderfolge der Arten im Verlauf der Evolution. Die gemeinsame inhärente Vergangenheit der Arten geschlossener Abstammungsgemeinschaften bedeutet auch gemeinsame innere Bedingungen zukünftiger Evolution.

Um drei Grundfragen geht es im Hinblick auf die Evolution, um die Fragen nach dem Ob, dem Wie und dem Warum. Die Antwort auf die Frage nach dem Ob ist die Deszendenztheorie, die die Evolution als theoretisch erschlossene Wirklichkeit und damit als Tatsache erweist. Grundlegend für die Antwort auf die Wie-Frage ist die phylogenetische Systematik, die das Grundgerüst für die Rekonstruktion der Evolution in der Vergangenheit, für die Stammesgeschichte oder Phylogenese darstellt. Durch die Molekularbiologie haben sich neue Hilfsmittel für die Rekonstruktion der Vergangenheit durch den Zugriff auf die molekulare Grundlage der inhärenten Vergangenheit ergeben. „Die vielen Millionen Basenpaare in den Genomen der heute lebenden Organismen stellen eine Blaupause der Evolution und Phylogenie eines jeden Individuums dar. Punktmutationen haben das Genom im Verlauf der Zeit in kleinen Schritten verändert. Durch Verdoppelungen von DNA-Abschnitten oder ganzen Genomen, Insertionen und Inversionen wurden Genome umorganisiert oder vergrößert. Alle diese DNA-Veränderungen, die in der Vergangenheit auftraten, sind gespeichert. Wenn es gelingt, diese Informationen zu lesen und zu

8 Vgl. Kurt Lewin: *Der Begriff der Genese in Physik, Biologie und Entwicklungsgeschichte. Eine Untersuchung zur vergleichenden Wissenschaftslehre.* Berlin 1922.

interpretieren, dann können wir die nahe, mittlere und ferne evolutionäre Vergangenheit aller Lebewesen rekonstruieren. Theoretisch lässt sich über die DNA-Analyse die Verwandtschaft der Lebewesen bis zur Entstehung des Lebens zurückverfolgen, ohne dass wir Zwischenglieder oder Fossilien kennen. So wie der Archäologe aus alten Scherben auf frühere Kulturen oder der Paläontologe anhand von Fossilien auf die Phylogenie ausgestorbener Arten schließen kann, vermag die molekulare Evolutionsforschung anhand der DNA-Analyse die Entstehung des Lebens auf der Erde sowie die Phylogenie oder Phylogeografie, Art oder Population zu rekonstruieren“, schreiben Volker Storch, Ulrich Welsch und Michael Wink⁹.

Für die Antwort auf die Frage, die von der biologischen Evolutionstheorie beantwortet wird, die Frage nach den Faktoren und bewegenden Kräften der Evolution, sei der Elementarzyklus der Evolution sich zweieltrig-sexuell reproduzierender Lebewesen nach Ivan I. Smal'gauzen¹⁰ skizziert:

1. Ringen der Lebewesen um die Existenz innerhalb der Biogeozönose (Ganzes von Biozönose und Biotop), d.h. eines Ökosystems. Einfluss der Biogeozönose auf die Population durch die direkte und indirekte Elimination ihr angehörender Individuen (Eingangskanal des Zusammenhangs).
2. Damit vergleichende Bewertung der Varianten, d.h. der Phänotypen innerhalb der Population (Umbildung der Population und folglich ihrer genetischen Struktur).
3. Paarung und Vermehrung der ausgewählten Individuen. Erhöhung der Konzentration entsprechender Gene in der Population (Weitergabe und Verstärkung der unmittelbaren, d.h. der genetischen Information).
4. Entwicklung der Individuen nach ererbtem Programm mit direkter Regulation (Umwandlung der genetischen in rückbezügliche Information).
5. Einfluss der Population auf die Biogeozönose durch die Aneignung der Lebensmittel (Ausgangskanal des Zusammenhangs mit der Umwelt, der die Information über den Zustand der Population durch die aktive Lebens-tätigkeit ihrer Individuen enthält). Ringen um die Existenz innerhalb der Biogeozönose (Kontrolle).

Mit 5. schließt sich der kybernetische Regelkreis zwischen Population und Biogeozönose von Neuem. In der Wiederholung wird er zur Evolutions-spirale, die sich in der Zeit vorwärtsschraubt. Damit die Populationen ihre Plätze im Ökosystem behalten, gilt, was die Red Queen in Lewis Carrols

9 Volker Storch, Ulrich Welsch, Michael Wink: Evolutionsbiologie. Berlin – Heidelberg – New York 2001, S. 184.

10 Ivan I. Smal'gauzen: Problemy darvinizma, 2. Aufl. Leningrad 1969, S. 459.

„Through the Looking Glass“ zu Alice sagt: „Now, *here*, you see, it takes all the running *you* can do, to keep in the same place. If you want to get somewhere else, you must run at least twice as fast as that!”¹¹

Smal'gauzens Wiedergabe des Darwinschen Evolutionskonzepts in leicht abgewandelter Form als Zyklus bzw. Regelkreis ist dem Begreifen des Evolutionsprozesses als selbstregulierender und selbstorganisierender Prozess förderlich. Nicht selten wird diese Konzeption mit Herbert Spencers Formel „survival of the fittest“ wiedergegeben, übersetzt mit „Überleben des Passendsten“ und „des Tauglichsten“, aber auch vulgär- und sozialdarwinistisch mit „des Besten“ oder „des Stärksten“. Theodosius Dobzhansky bemerkte zur Spencerschen Formulierung: „Herbert Spencer sprach von der zum ‚Überleben des Passendsten‘ führenden Natürlichen Auslese. Viel zu oft schien diese Ausdrucksweise, besonders in Anwendung auf den Menschen, einen Eroberer nahezu legen, der seine Konkurrenten in einem mörderischen Kampf vernichtet hat. Aber der Geeignetste kann ebenso auch eine weniger romantische Figur sein, nämlich ein Elter der größten überlebenden Nachkommenschaft, die jeden Kampf durch rechtzeitige Unterwerfung vermieden hat. Biologische Eignung wird manchmal durch Konkurrenz und Kampf vorangetrieben und zu anderen Zeiten durch Zusammenwirken und Unterwerfung. Die Natürliche Auslese ist von Anfang bis zu Ende opportunistisch; sie fördert die genetische Ausrüstung, die den reproduktiven Erfolg begünstigt, ganz gleich, wie er zustande kommt. Und sie hat die Vorteile wie die Schwäche aller Opportunisten – sie vergrößert die Chance des unmittelbaren Erfolges, allerdings oft um den Preis von Schwierigkeiten auf weitere Sicht. Denn der reproduktive Erfolg ist kein völlig adäquates Maß der Vortrefflichkeit einer biotischen Organisation. Er fördert nicht notwendigerweise die Fähigkeit, an zukünftige Änderungen der Umgebung angepasst zu werden.“¹² Man schätzt, dass 90–99 Prozent der Arten, die jemals auf der Erde gelebt haben, nachkommenlos ausgestorben sind. Doch wie bei den Ärzten ist es auch bei der Evolution: Ihre Misserfolge verdeckt die Erde, ihre Erfolge bescheint die Sonne.

Die Evolution ist kein langsam und stetig in gleichbleibendem Tempo vorangehendes Dahinfließen. Das Gesamtgeschehen ist zeitlich strukturiert

11 Lewis Carroll: *Alice's Adventures in Wonderland & Through the Looking Glass*. New York etc. 1981, S. 127 („Du musst aus Leibeskräften rennen, wenn du am selben Ort bleiben willst. Und wenn du woanders hin willst, musst du doppelt so schnell rennen.“ – Lewis Carroll: *Alice im Wunderland/Alice im Spiegelland*. Leipzig 1981, S. 148).

12 Theodosius Dobzhansky: *Die Ursachen der Evolution*. In: Gerhard Heberer, Franz Schwanitz (Hrsg.): *Hundert Jahre Evolutionsforschung*. Stuttgart 1960, S. 42.

durch nebeneinander und nacheinander stattfindende Teilvorgänge von unterschiedlicher Dauer. Für den Zugang des Erkennens zu ihnen bestehen methodische Unterschiede zwischen der Makroevolution oder transspezifischen Evolution, der Aufeinanderfolge der Arten in der Stammesgeschichte, und der Mikroevolution oder infraspezifischen Evolution, der Evolution der Populationen im Artrahmen bis hin zur Entstehung neuer Arten. Die zeitlichen Bestimmungen der Makroevolution ergeben sich aus den relativen und absoluten oder numerischen Altersbestimmungen der Geologie.

Relative Altersbestimmung beantwortet die Frage, was älter oder jünger, früher oder später ist und beruht darauf, dass bei Schichten von Sedimentgesteinen in ungestörter Lagerung das Darunterliegende älter ist als das Darüberliegende. Die Identifizierung der gleichen Schichten in verschiedenen Territorien erfolgt durch die so genannten Leitfossilien. Ideale Leitfossilien sind erdweit verbreitet und schichtenspezifisch. Für die absolute oder numerische Datierung, die zu Altersangaben in Jahreszahlen führt, haben Zerfallsprozesse und -produkte radioaktiver chemischer Elemente in den Gesteinen besondere Bedeutung.

Mikroevolution, die vordere Prozessfront der Evolution erschließt sich in der Kombination von numerischer Altersbestimmung mit Beobachtung und Experiment, ist im Laboratorium z.B. mit Populationen von *Drosophila*-Fliegen oder Bakterien machbar und ist auch in praktischer Erfahrung leidvoll spürbar. Ergiebig für die Evolutionsforschung unter Naturbedingungen sind besonders Beobachtungen auf Inseln wie dem Galapagos-Archipel oder Hawaii und in Gewässern wie dem Baikalsee oder dem afrikanischen Victoria-See, Wasserinseln im Festland, mit ihrer endemischen Tierwelt, Arten, die nur dort und sonst nirgends auf der Erde vorkommen, die dort entstanden sind. Solche Inseln und Seen sind für die Evolutionsforschung gleichsam natürliche Laboratorien, um natürliche Auslese und andere Evolutionsfaktoren sowie die Speziation zu studieren.¹³

Der Victoria-See ist 200 000 Jahre alt, doch war er vor 12 500 Jahren einmal vollständig ausgetrocknet. Nach der letzten Schätzung gab es einmal in ihm mehr als 500 verschiedene endemische Arten von Buntbarschen (Cichliden). Ihre Anzahl ist inzwischen durch Eutrophierung des Sees und in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts eingesetzte Nilbarsche, Raubfische, die

13 Vgl. Tijs Goldschmidt: Darwins Traumsee. Nachrichten von meiner Forschungsreise. München 1999; David Quammen: Der Gesang des Dodo. Eine Reise durch die Evolution der Inselwelten. München 2001; Jonathan Weiner: Der Schnabel des Finken oder der kurze Atem der Evolution. München 1996.

sich rasch vermehrt haben, erheblich dezimiert worden. Die Artenfülle der Buntbarsche des Victoria-Sees muss folglich in den letzten 12 500 Jahren entstanden sein.¹⁴

Man muss nicht unbedingt zum Victoria-See oder zu den Galapagos-Inseln fahren, um Evolution in Aktion und ihre Auswirkungen zu erfahren. Sie findet um uns und auch in uns überall statt, denken wir nur an gegen Insektizide resistent gewordene Insekten sowie gegen Arzneimittel resistent gewordene Krankheitserreger, deren Evolution in uns stattfindet. Gegen die Evolution hat die Insektizide und Antibiotika produzierende chemische und biotechnische Industrie auf Dauer schlechte Chancen. „Die natürliche Selektion hat mit Hilfe der Dummheit über die Medizin triumphiert. In den Vereinigten Staaten werden jedes Jahr zwölf Millionen Antibiotikadosen gegen Erkältung oder Halsentzündung gegeben – obwohl sie in solchen Fällen nicht helfen. In vielen europäischen Ländern wird täglich mehr als eine Tonne verbraucht, und das meiste davon wird vergeudet. Noch schlimmer sieht es in der Dritten Welt aus: In Kenia werden starke Medikamente wie Tetracyclin und Ampicillin auf der Straße verkauft. Eine noch größere Menge bringen die Bauern in die Umwelt, die solche Chemikalien dem Tierfutter zusetzen. Zu ihren ‚wachstumsfördernden‘ Mitteln gehören Substanzen, die von der Medizin eines Tages dringend benötigt werden könnten. Sie zu verfüttern könnte fast dazu gedacht sein, die Evolution absichtlich zu beschleunigen“, vermerkt Steve Jones¹⁵. Auch sonst befördert der Mensch die Evolution kräftig. Infolge der Klimaveränderung verändern sich die Verbreitungsgrenzen der Arten. Als blinde Passagiere des globalen Verkehrs gelangen Arten in neue Umwelten. Das anthropogene Artensterben macht ökologische Nischen für die Überlebenden frei. Alles Herausforderungen, auf die die Evolution antwortet. Mit der Züchtung von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen betreibt der Mensch von ihm gesteuerte und kontrollierte Evolution. Und beim Menschen selbst steht die evolutionäre Veränderung auch nicht still.

Auch für die Makroevolution sind Vorstellungen von den Zeitmaßen von Evolution und Stammesgeschichte, die sich am geologischen Uniformismus von James Hutton und Charles Lyell und dem darauf beruhenden Gradualismus Darwins orientierten, inzwischen relativiert worden. Nach zweihundert Jahren Diskussion über Katastrophismus und Aktualismus und ihre evoluti-onstheoretischen Pendanten wird deutlich, dass es sich nicht um unversöhn-

14 Tijs Goldschmidt, a.a.O., S. 318 f.

15 Steve Jones, a.a.O., S. 146; vgl. Randolph M. Nesse, George C. Williams: Warum wir krank werden. Die Antworten der Evolutionsmedizin. München 1997, S. 67 ff.

liche Alternativen handelt.¹⁶ Für das Aussterben der Arten zeichnen sich neben einem stets stattfindenden, zur Evolution gehörenden „normalen“ Aussterben katastrophale Einschnitte in die Stammesgeschichte ab. Im Phanerozoikum, also in den letzten 545 Millionen Jahren, haben mindestens fünf Massenaussterben globalen Charakters stattgefunden: im späten Ordovizium (vor 440-450 Millionen Jahren), im Oberdevon (vor 360-370 Millionen Jahren), am Ende des Perm (vor 250–255 Millionen Jahren), am Ende der Trias (vor gut 200 Millionen Jahren) und an der Kreide-Tertiär-Grenze (vor 65 Millionen Jahren). Der größte Einschnitt fand am Ende des Perm statt, als etwa 50 Prozent der marinen Wirbellosen-Familien verschwanden und wohl über 80 oder gar 90 Prozent aller Arten mariner Wirbelloser. Außer diesen fünf Massenaussterben hat es weitere Phasen des Aussterbens in großem Ausmaß gegeben. Eine gemeinsame Ursache aller Massenaussterben hat es allem Anschein nach nicht gegeben und die Vorgänge waren auch nicht mit der Stoppuhr zu messen, sondern haben sich über Hunderttausende und Millionen Jahre hingezogen.¹⁷ Unter evolutionärem Aspekt bedeuteten die Massenaussterben zugleich Innovationsschübe in der Geschichte der Biosphäre, man denke nur an die Entfaltung der Säugetiere im Tertiär nach der Katastrophe am Ende der Kreidezeit.

In den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts entstanden Hypothesen, nach denen Massenaussterben periodisch auftreten und durch kosmische Vorgänge verursacht werden. Durch sie soll die Erde periodisch in ein intensives Bombardement durch Meteoriten oder Kometen geraten. So wird angenommen, dass sich irgendwo jenseits des Pluto ein zehnter Planet namens „Nemesis“ befindet, der sich auf einer stark elliptischen Bahn bewegt und etwa ein Zehntel der Sonnenmasse besitzt. Passiert er die Oortsche Wolke aus Staub und Gesteinsbrocken, lenkt er Bestandteile dieser Materiewolke aus ihrer Bahn und einige von ihnen kollidieren mit der Erde. Da Nemesis die Sonne einmal in 26 Millionen Jahren umrunden soll, soll dieses Bombardement aller 26 Millionen Jahre stattfinden und ein Massenaussterben hervorrufen. Eine andere Variante solcher Hypothesen postuliert, dass die Sonne einen dunklen Begleiter hat, der die Nemesis-Rolle spielt. Allerdings mangelt es im Himmel und auf Erden an Beweisen für diese Hypothesen. Da lobe ich mir die Faust-

16 Vgl. Eduard I. Kolcinskij: Neokatastrofizm i selekcionizm – vecnaja dilemma ili vozmožnoč' sinteza? Istoriko-kritičeskie ocerki. St. Petersburg 2002.

17 Vgl. Tjeerd H. van Andel: Das neue Bild eines alten Planeten. Die Erkenntnisse der dynamischen Erdwissenschaft. München 1992; Vincent Courtillot: Das Sterben der Saurier. Erdgeschichtliche Katastrophen. Stuttgart 1999.

regel der Paläontologen, wenn es um die Erklärung irdischer Vorgänge geht: „Der Kosmos zuletzt!“ Ausgeschlossen werden damit kosmische Ursachen irdischer Katastrophen nicht, aber diese heuristische Regel richtet sich gegen das Postulieren kosmischer Ursachen als *Deus ex machina*.

Wenn es um die Zeitmaße der Evolution geht, ist auch der so genannte Big Bang, der Urknall in der Evolution der Tiere zu erwähnen, der mit Beginn des Kambriums einsetzte, das vor ca. 545 Millionen Jahren begann. In dieser „kambrischen Explosion“ erschienen in nur etwa 10 Millionen Jahren Vertreter praktisch all jener Tierstämme, die heute noch existieren. Darunter befand sich *Pikeia gracilens*, ein ca. 3 cm langes Tierchen, das als Kandidat dafür gilt, Ahne der Chordatiere zu sein, also des Stammes, zu dem wir als Angehörige des Unterstammes der Wirbeltiere und seiner Klasse Säugetiere gehören. Vermutlich war die kambrische Explosion ein Innovationsschub nach einer gewaltigen globalen Katastrophe im Präkambrium.¹⁸

Aus der „Natural Theology“ (1802) William Paleys stammt folgendes Gleichnis: Fände man eine Uhr, würde man auch ohne etwas über ihre Entstehung zu wissen, angesichts ihres komplizierten Baus und ihrer präzisen Funktion darauf schließen, dass die Uhr einen Schöpfer gehabt haben muss, der sie entworfen und gebaut hat. Bei den Lebewesen aber, in deren Bau und Funktionen die Andeutung eines Plans, eines Entwurfs, noch viel ausgeprägter ist, müsse man analog auf einen göttlichen Schöpfer schließen. Richard Dawkins nannte, sich auf diese Version des teleologischen Gottesbeweises beziehend, die natürliche Auslese den „blinden Uhrmacher“, der die Lebewesen ohne Plan und Entwurf gestaltet.¹⁹ Die Metapher vom blinden Uhrmacher gewinnt eine spezielle Bedeutung, wenn man sie mit einer anderen Metapher, der von den „biologischen Uhren“ für die Zeitstrukturen des organismischen Lebens, verbindet: Die natürliche Auslese ist der „blinde Uhrmacher“ der „biologischen Uhren“.

„Die fachwissenschaftliche Literatur stellt regelmäßig fest, dass sich biologische Uhren entwickelten, weil das dem Organismus das Überleben ermöglichte. Diese Sehweise ist genauso unpassend wie die Behauptung, die Musiker eines Orchesters hülften dem Orchester, Musik zu machen. Musiker helfen nicht dem Orchester, sie *sind* das Orchester. Ganz ähnlich helfen bio-

18 Vgl. Gabrielle Walker: Schneeball. Die Geschichte der globalen Katastrophe, die zur Entstehung unserer Artenvielfalt führte. Berlin 2003.

19 Richard Dawkins: Der blinde Uhrmacher. Ein neues Plädoyer für den Darwinismus. München 1990.

logische Uhren einem Lebewesen nicht beim Überleben, sie sind das Lebewesen.

Die organische Gegenwart ist ein Zeichen für das Bedürfnis des Lebens, *notwendige Gleichzeitigkeit* durch ununterbrochene innere Koordination aufrechtzuerhalten. Dieses Bedürfnis unterscheidet Leben von nichtlebender Materie“, vermerkt Julius T. Fraser²⁰.

Durch die Zeitstrukturen der Lebensvorgänge sind die Lebewesen mit Zeitstrukturen der astrophysikalischen und geophysikalischen Umwelt synchronisiert. Auch bei Fossilien zeichnen sich Spuren periodischer Lebensvorgänge ab. Sie ermöglichen ihrerseits Rückschlüsse auf ihre Umwelten, z.B. Wachstumsringe von Bäumen auf Witterung und Klima. Korallen lagern täglich eine dünne Kalkschicht ihres Skeletts ab. Die Folge dieser Tageslamellen lässt Monats- und Jahreszyklen erkennen. Colin Scrutton und seine Mitarbeiter haben diese Zyklen bei guterhaltenen fossilen Korallen ausgezählt. „Überraschend ist das daraus gewonnene Ergebnis, dass vor rund 400 Millionen Jahren der Mond länger, nämlich 30 Tage, für einen Umlauf um die Erde brauchte“, resümiert Lambert B. Halstead die Ergebnisse dieser Untersuchungen.²¹ „Noch erstaunlicher war die Feststellung, dass vor rund 570 Millionen Jahren, d.h. etwa zu Beginn des Kambrium, das Jahr 428 Tage umfasste und dass vor ungefähr 400 Millionen Jahren, also im Silur, ein Jahr 385 bis 405 Tage hatte. Die Astronomen hatten schon früher vermutet, dass sich infolge der Gezeitenreibung die Erdumdrehung verlangsamt haben könnte, und zwar um 0,0016 Sekunden in 100 Jahren. Der an den Korallen geführte Nachweis einer Zunahme der Tageslänge im Verlauf der Erdgeschichte bestätigt diese Berechnungen.“

Mit der Historizität von Tag und Jahr haben auch circadiane und circannuale Biorhythmen eine historische Dimension. Aufgrund der Transformation evolutionär gewordener Zeitstrukturen des Lebensgeschehens in mineralische Raumstrukturen geben diese Auskunft über die Rhythmen des Lebens in vergangene Zeit. Diese Sachlage lässt an evolutionäre und Paläo-Chronobiologie denken.

20 Julius T. Fraser: Die Zeit. Auf den Spuren eines vertrauten und doch fremden Phänomens. München 1991, S. 164.

21 Lambert B. Halstead: Der Urzeit auf der Spur – Abenteuer Erdgeschichte. Die Suche nach den Zeugnissen vergangenen Lebens. Stuttgart 1991, S. 59.