

ZWEI ANMERKUNGEN ZU EINER KOMMENTIERTEN AUSGABE VON DARWINS

ÜBER DIE ENTSTEHUNG DER ARTEN

oder

Die Alternative eines Erdexpansionisten zu Gould, Dawkins & Co.

von

CARL STRUTINSKI, Saarbrücken

cstrutinski@yahoo.com

Kurzfassung. Ohne die Rolle der natürlichen Selektion und der allopatrischen Artbildung in Frage zu stellen, setzt sich der Autor dafür ein, die Entstehung neuer Arten vorwiegend als Resultat *gepunkteter sympatrischer Artbildung* unter Bedingungen erhöhten Umweltstress zu betrachten. Extrem hoher Umweltstress führt meistens zu Massenextinktionen und wird, nach Meinung des Verfassers, vielfach durch relativ plötzlich einsetzende Aufwärts-Trends der Schwerkraft ausgelöst. Dass die Schwerkraft der Auslöser der als Tandem auftretenden Prozesse der Extinktion und der Artbildung ist, wird durch die Existenz der „lebenden Fossilien“, wie beispielsweise *Latimeria* und *Nautilus*, bezeugt. Deren Kladen¹ haben meist mehrere Massenextinktionen dank Schlüssel-Neuerungen überlebt, welche diesen erlaubten, sich mit Erfolg der stufenweisen Erhöhung der Schwerkraft anzupassen.

1.

Schlüsselworte: Isolation, allopatrische Artbildung, sympatrische Artbildung

Aus: Kapitel IV Natürliche Selektion – Umstände, die der natürlichen Selektion förderlich sind

S. 105 ff.

Darwin (D): Letztendlich gewährt Isolation, indem sie Einwanderung und somit Konkurrenz hemmt, jeder neu erschienenen Art die nötige Zeit, um sich langsam (besser) anzupassen; und das mag manchmal für das Erscheinen neuer Arten entscheidend sein. Wenn aber ein isolierter Bereich sehr klein ist, sei es durch abgrenzende Barrieren oder durch spezielle physikalische Bedingungen, wird die Gesamtzahl der Individuen darin auch entsprechend klein sein; und die niedrige Zahl der Individuen wird dann, wegen der reduzierten Möglichkeit des Erscheinens vorteilhafter Variationen, die Bildung neuer Arten durch natürliche Selektion einschränken.

¹ Die Klade oder monophyletische Gruppe ist die biologische Einheit, die einen gemeinsamen Vorfahren und alle seine Nachfahren enthält (aus: Wikipedia).

Wenn wir zur Natur zurückkehren, um die Wahrheit dieser Überlegungen zu überprüfen, und einen kleinen Bereich wie zum Beispiel eine ozeanische Insel in Augenschein nehmen, stellen wir Folgendes fest: Obzwar die Gesamtheit der Arten, die den Bereich bewohnen, klein ist, sind diese in hohem Maße endemisch, also an Ort und Stelle entstanden und nirgendwo anders. Auf den ersten Blick scheint es also, als ob eine ozeanische Insel ein höchst günstiger Ort sei, um eine neue Art entstehen zu lassen. Doch könnten wir uns bloß etwas vormachen, denn um festzustellen, ob ein kleiner isolierter oder aber ein weiter offener Bereich, wie z.B. ein Kontinent, günstiger für die Neuentstehung organischer Formen ist, müssten wir uns auf gleich lange Zeiträume beziehen, was wir leider nicht können.

Wenngleich ich nicht daran zweifle, dass Isolation von erheblicher Bedeutung für die Entstehung neuer Arten ist, neige ich doch im Großen und Ganzen dazu, zu glauben, die Weite des Bereiches sei wichtiger, besonders im Hinblick auf die Entstehung von Arten, die über längere Zeiten fortauern und sich weit verbreiten können. Innerhalb eines großen, offenen Bereiches besteht die Möglichkeit, dank der großen Zahl der Individuen einer bestimmten Art, mehr günstige Variationen entstehen zu lassen. Außerdem erweisen sich hier die Lebensbedingungen als äußerst komplex infolge der großen Zahl koexistierender Arten; und wenn verschiedene Arten Veränderungen erfahren und dadurch konkurrenzfähiger werden, müssen sich andere entsprechend anpassen oder das Feld räumen. Jede neue Form wird außerdem imstande sein, sobald sie sich genügend gefestigt hat, sich außerhalb ihres Bereiches zu verbreiten und dadurch in Konkurrenz mit vielen anderen zu treten. Auf diese Art entstehen viele neue Lebensbereiche, und der Wettbewerb, diese zu füllen, wird im Falle eines ausgedehnten Gebietes viel härter sein als im Falle eines engen, isolierten...

Abschließend ist festzustellen, dass, obgleich kleine isolierte Bereiche in gewissen Hinsichten für die Entstehung neuer Arten höchst günstig erscheinen mögen, die Geschwindigkeit, mit welcher die Veränderungen in großen Arealen stattfindet, viel höher ist; und was noch wichtiger ist: Neue Formen, die in diesen Arealen entstehen und die schon ihre Überlegenheit gegenüber vielen anderen Konkurrenten erwiesen haben, sind diejenigen, welche sich am weitesten ausbreiten und die meisten Varietäten und Arten hervorrufen, folglich eine wichtige Rolle in der wechselnden Geschichte der organischen Welt spielen.

Costa (C): Isolation war für Darwins frühere Denkweise wichtiger als für seine spätere. In *Natural Selection* (Stauffer, 1975, S. 255) schrieb er noch: „Ich folgere, ein gewisser Grad an Isolation wird für gewöhnlich unabdingbar sein.“ In *Origin* hinterlässt er jedoch den klaren Eindruck, seiner Meinung nach sei Isolation nicht das einzige oder gar das hauptsächlichste Mittel in Bezug auf die Evolution der Arten. Tatsächlich spielt er die Rolle der Isolation zugunsten eines die Selektion antreibenden Mechanismus herunter. Bemerkenswert ist, wie er nun suggeriert, ozeanische Inseln würden nur „auf den ersten Blick“ den Eindruck erwecken, bessere Voraussetzungen - als es ausgedehnte Festländer tun - für die Entstehung neuer Arten zu schaffen; eigentlich würden wir uns da „bloß etwas vormachen“. Darwin vermutet, „die Weite des Bereiches“ sei wichtiger als Isolation.... Die moderne Interpretation

von Artbildung, zum erstenmal überzeugend von Mayr (1942) dargelegt, geht jedoch davon aus, Isolation spiele nahezu immer eine Rolle, und ozeanische Inseln würden folglich wahre Schmelztiegel für die evolutionäre Veränderung darstellen.

D: Von diesen Vorstellungen ausgehend, könnten wir vielleicht bestimmte Tatsachen verstehen, auf die wir in einem folgenden Kapitel zur geographischen Verbreitung zurückkommen werden; zum Beispiel, dass die Arten des kleineren Australien früher wie heute vor den aus dem weiten euro-asiatischen Raum kommenden Arten zurückweichen mussten/müssen. Gleichfalls, dass Arten aus kontinentalen Räumen sich so gut auf Inseln einbürgern. Auf einer kleinen Insel wird wohl der Existenzkampf nicht so stark ausgefochten, es werden weniger Umwandlungen und weniger Verdrängungen stattgefunden haben.

C: Um seinen Standpunkt zu untermauern, die Weite des Areal sei wichtiger als die Isolation, macht Darwin hier folgende Bemerkung: Wenn „kontinentale Produktionen“ (d.h. kontinentale Spezies) auf Inseln oder in sonstige isolierte Gebiete eingeführt werden, neigen sie dazu, gewandt die einheimischen Arten aus dem Feld zu schlagen, indem sie sie verdrängen, was nicht selten zu deren Extinktion führt. Darwin deutet das als ein Anzeichen für die höhere Konkurrenzfähigkeit der kontinentalen Arten, eine Überlegenheit, die auf der starken historischen Auseinandersetzung beruht, der sie sich haben unterziehen müssen.

Mein Kommentar: In seinen frühen Überlegungen zur Evolution hatte Darwin angenommen, Artbildung finde sehr langsam über lange Zeiträume statt und *Isolation* sei dabei eine Grundvoraussetzung. Diese Annahmen werden wahrscheinlich einerseits von seinem Studium der Fauna auf den abgelegenen Galapagos-Inseln, andererseits von seiner Kenntnis der kontinuierlichen Bemühungen der künstlichen Zuchtwahl beeinflusst worden sein. Die weniger perfekte Isolation der Madeira-Inseln gegenüber Europa und Afrika hat hier nach Darwins Ermessen die Bildung neuer Arten verhindert oder stark eingeschränkt (Stauffer, 1975, S. 256-257). In seiner ersten Erläuterung zu dem hier wiedergegebenen Darwinschen Text weist Costa darauf hin, Darwin habe in seiner *Entstehung der Arten* offensichtlich seine anfängliche Meinung über die Bedeutung der Isolation revidiert. Gleichzeitig betont Costa, dass, entsprechend moderner Interpretationen, „Isolation nahezu immer eine Rolle spielt“, was als Kritik an der späteren Abwendung Darwins von seiner ursprünglichen Idee aufgefasst werden könnte. Das wohl deshalb, weil das Konzept der Isolation grundlegend für die *allopatrische Artbildung* ist, die heute als wichtigste Form der Artbildung angesehen wird². Entsprechend müssen Populationen sich erst aufspalten und voneinander isoliert werden, bevor sie sich eigenständig entwickeln und differenzieren können. Der allopatrischen Artbildung kommt unzweifelhaft die wichtigste Rolle zu, wenn Kontinente sich spalten und durch Ozeanbodenspreizung auseinander driften. So ist sie bestens dazu geeignet, zu

² Darwins Vorbehalte, Isolation als unumgänglich für die Artbildung zu betrachten, kamen in der 6. Auflage der *Entstehung der Arten* (Darwin, 1872) noch deutlicher zum Ausdruck. So schrieb er nun: „I can by no means agree ... that migration and isolation are necessary elements for the formation of new species... I believe that many perfectly defined species have been formed on strictly continuous areas.“ Das veranlasste Mayr die Behauptung aufzustellen, Darwin läge, trotz richtiger Ansätze, mit dieser Schlussfolgerung völlig falsch, da inzwischen fest stehe, dass Isolation für die Artbildung „unverzichtbar“ sei (Mayr, 1976).

erklären, weshalb Australien sich zu so einem besonderen natürlichen Lebensraum entwickelt hat. Viel schwieriger ist es, herauszufinden, weshalb die einheimische Fauna und Flora so leicht von der euro-asiatischen verdrängt werden konnte, ein Prozess, der auch heute fort dauert. Darwin meint, es hänge damit zusammen, dass die euro-asiatischen Taxa sich dank des größeren Selektionsdrucks innerhalb des Großkontinents rascher entwickelt hätten und also gegenüber den australischen „primitiveren“ Taxa einen Vorteil haben. Dieses Argument kann man gelten lassen, doch mögen daneben noch andere Umstände von Wichtigkeit sein. So ist nicht zu übersehen, dass eine invasive Art immer eine Störung des Ökosystems hervorruft, in das sie eindringt, und da sie im neuen Umfeld vorerst keine natürlichen Feinde hat, entwickelt sie sich meist ungebremst, wobei sie einheimische Arten verdrängt oder völlig ausrottet.

Eine klar untergeordnete Rolle bei der Entstehung neuer Arten wird der *sympatrischen Artbildung* zugeschrieben, weil angenommen wird, Sympatrie, also der einheitliche Lebensraum einer Art, könne den freien Genfluss, der Uniformierungsprozesse fördert, nicht verhindern, wodurch Abspaltungen innerhalb einer Population und also auch die Herausbildung neuer Arten drastisch erschwert werden. Ich werde in ein paar Sätzen zu erklären versuchen, weshalb sympatrische Artbildung gar wohl von Wichtigkeit sein kann. Diese Form der Artbildung findet im Lebensraum der Elternart statt und kommt ganz ohne physische Trennung aus. Wie ist es aber möglich, den Genfluss zu unterbinden, um Variationen entstehen zu lassen, die dann zu neuen Arten führen können? Wir sollten uns erst einmal vor Augen führen, dass allopatrische Artbildung nur ermöglicht wird, wenn die Teilpopulationen keinen direkten Kontakt mehr miteinander haben. Paarung zwischen Individuen verschiedener Teilpopulationen ist also ausgeschlossen. Die Umweltfaktoren (u.a. Temperatur, Salinität des Meerwassers, Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre und der Hydrosphäre, Wechselbeziehungen innerhalb des Ökosystems) sind jedoch die gleichen geblieben, zumindest eine Zeit lang, so als ob die physische Trennung überhaupt nicht stattgefunden hätte. Unter dergleichen Bedingungen muss angenommen werden, nur zweitrangige Umweltfaktoren, wie zum Beispiel zwischen- und innerartlicher Konkurrenzkampf, könnten den notwendigen Selektionsdruck aufbauen, welcher allopatrische Artbildung ermöglicht.

Wenn jedoch katastrophale Umweltveränderungen plötzlich im Gebiet einer Population eintreten und möglicherweise eine Massenextinktion auslösen, wächst der Anpassungsdruck auf die Individuen dermaßen, dass Mutations-„Lawinen“ im Sinne der von Bak (1996) und Sneppen und Zocchi (2005) beschriebenen *avalanches* ausgelöst werden. Diese lassen relativ schnell reproduktive Inkompatibilitäten innerhalb einer Population entstehen (*reproductive barriers*, nach Nei und Nozawa, 2011; Nei, 2013), welche zwar *Paarung nicht ausschließen*, jedoch postzygotale Isolationsmechanismen erzeugen und auf diese Weise den Genfluss unterbrechen. Aus diesem Grunde wird mehrheitlich lebens- oder zeugungsunfähiger Nachwuchs, wenn überhaupt, produziert. Dieser bleibt im Gestein meistens nicht erhalten, aus welchem Grunde fließende Übergänge zwischen Eltern- und Tochterarten im Fossilverband nicht aufgefunden werden. Gleichwohl kann es zufallsbedingt zur Paarung

genetisch kompatibler positiv transmutierter Individuen (oder so genannter „hoffnungsvoller Monster“ im Sinne von Goldschmidt, 1960) kommen, wodurch in relativ kurzer Zeit (d.h. in Tausenden oder Zehntausenden von Jahren) eine oder sogar mehrere Tochterarten entstehen können. Da sich die neu entstandenen Populationen punktförmig innerhalb des Lebensraumes der Elternpopulation herausbilden, könnte man diese Artbildung als *gepunktete sympatrische Artbildung* bezeichnen. Die meisten der neuen Arten werden über kurz oder lang gleichfalls untergehen, doch einige davon, die sich als die lebensfähigsten erweisen, werden sich weiterentwickeln, ausbreiten und möglicherweise die Elternpopulation verdrängen. Ich vermute, so funktioniert größtenteils die „Wiederbelebung“ der Natur nach einer Massenextinktion. Diese Sichtweise scheint mir den Tatsachen am besten zu entsprechen und auch ganz gut die Möglichkeit des Überlebens der Elternarten oder aber ihr endgültiges Abtreten von der Bühne (Absterben einer Art, Gattung oder ganzer Familien) beinhalten. Gleichfalls schließt sie widerspruchlos die Hypothese des Punktualismus (Eldredge und Gould, 1972) ein, die besagt, dass Evolution in Schüben stattfindet, die sich über kurze Zeitspannen erstrecken, welche von langen Stasis-Intervallen getrennt werden. Tatsächlich deckt sich die Folgerung von Eldredge und Gould, die meisten evolutionären Umwandlungen würden innerhalb kurzer Zeitspannen erfolgen, mit der Erkenntnis, die uns die großen Umbrüche innerhalb der lebenden Welt, die Massenextinktionen, vermitteln. Nichtsdestotrotz meinte Gould (Glen, 1994): „punctuated equilibrium is about the extinction and origination of species; mass extinction is a different scale of event within the punctuational model“. Eine Beziehung zwischen Punktualismus und Massenextinktionen herzustellen würde demnach eine *misapplication* sein (Gould, 2007). Diese Sicht kann aber meines Erachtens nur für die Fälle gelten, bei denen es nachweislich um allopatrische Artbildung geht. Jedoch haben wir es im Falle von Massenextinktionen mit Sympatrie zu tun (wenngleich „gepunktete“ Sympatrie), weshalb die Feststellung: „new fossil species do not originate in the place where their ancestors lived“ (Eldredge und Gould, 1972) nicht zutrifft³. Mehr noch, der ganze Vorgang der Extinktion/Artbildung wird von einer ökologischen Katastrophe und nicht vom Kampf um neue ökologische Nischen ausgelöst. Anders ausgedrückt: Wir haben es im ersteren Fall mit einer *Reaktion* der Organismen, im letzteren mit ihrer *Aktion* auf die Umwelt zu tun.

Ungewollt komme ich mit meiner kurz umrissenen Hypothese dem Kreationismus oder der Katastrophenhypothese Cuviers sehr nahe, kann sie gleichfalls aber wissenschaftlich fundiert⁴ entkräften. Es erübrigt sich hiermit, weiter nach *missing links* zu suchen, die angeblich die lückenlose Entwicklung einer Art über Zwischenstufen zu der/den aus ihr abgeleiteten dokumentieren⁵. Dadurch wird die wichtigste Angriffswaffe, welche die

³ In letzter Zeit ist auch Eldredge (2013) zu der Einsicht gekommen: „much, if not all, evolution [und also Artbildung, meine Hinzufügung] occurs only after episodes of ecosystem disruption, sufficiently widespread and severe to cause the extinction of entire species – and in the most dramatic and easily seen cases – of higher taxa“.

⁴ Ich verweise auf meine Hypothese, entsprechend welcher Massenextinktionen meistens mit hohen Mutationsraten verbunden sind (siehe Strutinski, 2016a).

⁵ Zu dieser Erkenntnis kam schon Schindewolf vor 80 Jahren (Schindewolf, 1936)!

Kreationisten⁶ bezüglich der Evolutionstheorie ins Feld führen, zunichte gemacht. Meine Lösung des *Missing-links*-Problems ist auch viel einfacher als diejenige von Eldredge und Gould (1972), insofern ich noch nicht einmal die „Marginalisierung“ oder Migration einer neu gegründeten Minipopulation außerhalb des Lebensraumes der Elternpopulation bemühe.

Literatur

Bak, P. (1996): *How Nature Works: The Science of Self-Organizing Criticality*. Springer, New York, 212 S.

Darwin, C. (1859; 2009): *The Annotated Origin. A Facsimile of the First Edition of On the Origin of Species*, annotated by James T. Costa. Belknap Press of Harvard University Press, 576 S.

Darwin, C. (1872): *The Origin of Species*. John Murray, London, 458 S.

Eldredge, N. (2013): Stephen J. Gould in the 1960s and 1970s, and the origin of “Punctuated Equilibria”. In: Stephen J. Gould: *The Scientific Legacy* (Eds.: G.A. Danieli, A. Minelli, T. Pievani), Springer, Milano, 3-20

Eldredge, N., Gould, S.J. (1972): Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. In: *Models in Paleobiology* (Ed.: T.G.M. Schopf), Freeman, Cooper & Comp., San Francisco, 82-115

Glen, W. (1994): On the mass-extinction debates: An interview with Stephen J. Gould (conducted and compiled by William Glen). In: *The Mass-Extinction Debates: How Science works in a Crisis* (Ed. W. Glen), Stanford University Press, Stanford, CA, 253-267

Goldschmidt, R. (1960): *The Material Basis of Evolution*. Pageant Books, Inc., Paterson, 223 S.

Gould (2007): *Punctuated Equilibrium*. The Belknap Press of the Harvard University Press, Cambridge, Ma, London, 396 S.

Mayr, E. (1942): *Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist*. Columbia University Press, New York, 334 S.

Mayr, E. (1976): Darwin and isolation. In: *Evolution and the Diversity of Life: Selected Essays*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Ma. & London, England, 120-128

Nei, M. (2013): *Mutation-Driven Evolution*. Oxford University Press, Oxford, 247 S.

⁶ Die Kreationisten behaupten, zu Recht, es gebe keine Zwischenglieder. Daraus schließen sie, zu Unrecht, es gebe auch keine Evolution. Das legen sie dann in dem Sinne aus, dass sie wiederholte „Schöpfungen“ in der Erdgeschichte voraussetzen, wobei sie zwangsläufig einen „Schöpfer“ bemühen.

- Nei, M., Nozawa, M. (2011): Roles of mutation and selection in speciation: from Hugo de Vries to the modern genomic era. *Genome Biol. Evol.*, 3, 812-829. Doi: 10.1093/gbe/evr028
- Schindewolf, O.H. (1936): Palaeontologie, Entwicklungslehre und Genetik. Borntraeger, Berlin, 108 S.
- Sneppen, K., Zocchi, G. (2005): Physics in Molecular Biology. Cambridge University Press, Cambridge, 315 S.
- Stauffer, R.C. (Ed.) (1975): Charles Darwin's Natural Selection; being the second part of his big species book written from 1856 to 1858. Cambridge University Press, Cambridge
- Strutinski, C. (2016): Wachsende Schwerkraft – Triebfeder der Evolution? http://www.wachsende-erde.de/web-content/2_material6strutinski.html (Abgerufen: 21.04.2016)

2.

Schlüsselworte: „lebende Fossilien“, Schlüssel-Neuerungen, wachsende Schwerkraft

Aus: Kapitel IV Natürliche Selektion – Umstände die der natürlichen Selektion förderlich sind
S. 107

Darwin: Alle Süßwasser-Becken zusammengenommen bedecken bloß eine kleine Fläche, wenn man sie mit derjenigen des Meeres oder des Festlandes vergleicht; somit war der Wettlauf zwischen Süßwasserarten weniger hart als sonstwo; neue Arten werden sich viel langsamer herausgebildet haben und alte werden viel langsamer verschwunden sein. Und es ist gerade das Süßwasser, in dem wir heute noch sieben Gattungen von Ganoid-Fischen – einer ehemals vorherrschenden Ordnung – vorfinden; und gleichfalls im Süßwasser finden wir einige der ungewöhnlichsten Formen, die heute in der Welt leben, *Ornithorhynchus* und *Lepidosiren*, welche, genau wie Fossilien, in gewissem Grade Verbindungen zwischen bestehenden Ordnungen herstellen, die heute weit auseinander liegen. Diese ungewöhnlichen Formen könnte man fast als *lebende Fossilien* [meine Hervorhebung] bezeichnen; sie haben es geschafft, bis heute zu überleben, da sie in einem beschränkten Areal beheimatet waren, in welchem ein weniger strenger Konkurrenzkampf herrschte.

Costa: Hier zählt uns Darwin Beispiele auf, um die Behauptung zu untermauern, Insel-Arten seien weniger gut angepasst als kontinentale Formen. .. [Es wird] weiterhin ... ausgeführt, archaische Tierformen seien oft [populationsmäßig] auf Inseln oder auf inselartige Habitats (wie beispielsweise Seen) beschränkt – Schutzräume, in denen relikte Art-Varianten

überleben können. Sein Standpunkt ist, solche Organismen seien deshalb nur auf Inseln oder in insel-ähnlichen Milieus anzutreffen, weil sie in kontinentalen Bereichen verdrängt und zum Aussterben gezwungen wurden. Es steckt selbstverständlich etwas Wahrheit in beiden Behauptungen Darwins: Insel-Arten können oftmals nicht mit eingeführten Arten konkurrieren und taxonomische Relikte sind besonders oft in inselartigen Bereichen anzutreffen (z.B. die Tuataras in Neuseeland, der letzte Überrest der einstmals florierenden Ordnung der Rhynchocephalen unter den Reptilien). Beachten Sie den Ursprung der Redewendung „lebendes Fossil“, die Darwin prägte, um ungewöhnliche oder relikte Arten zu beschreiben, welche offenbar die Blütezeit, als die Gruppe, der sie angehören, dominierte, weit überschritten haben. Diese Bedeutung des Begriffs „lebendes Fossil“ weicht von der heute gebräuchlichen ab, die sich typischerweise auf Arten wie den Pfeilschwanzkrebs oder den Ginkgo-Baum bezieht, welche sich anscheinend wenig von ihren zeitlich weit entfernten - im fossilen Bestand erhaltenen - Vorfahren unterscheiden. Alle von Darwin angeführten Organismengruppen gehören basalen Abstammungslinien an. Ganoiden sind eine primitive Fischgruppe mit dicken, knöchigen, rautenförmigen Schuppen. Sie sind als Fossilien bestens bekannt (z.B. alle Sarcopterygier und einige Actinopterygier), jedoch existieren einige Actinopterygier, wie Knochenhechte (*Lepisosteidae*) und die bizarren Flösselhechte Afrikas (*Polypteridae*), bis auf den heutigen Tag. *Ornithorhynchus* ist das Schnabeltier Ost-Australiens, während *Lepidosiren* der südamerikanische Lungenfisch ist, der durch eine einzige Art, *L. paradoxa* aus der Familie der *Lepidosirenidae*, vertreten ist.

Mein Kommentar: Ich erinnere mich, wie ich über Jahrzehnte hinweg mit dem Eindruck lebte, Darwins „lebende Fossilien“ seien nur deshalb unsere Zeitgenossen geworden, weil sie über zig- oder sogar Hunderte Millionen Jahre in einer „anormalen“ Umwelt, will heißen einer Umwelt ohne Veränderungen, gelebt haben, welche diese „anormalen Formen“ (Darwin, 1859) offensichtlich nicht unter Zwang stellte, sich zu verändern. Es war dies damals die einzige Sichtweise, die ich akzeptieren konnte um die Existenz der „lebenden Fossilien“ mit der Evolutionstheorie Darwins in Einklang zu bringen. Nach Werth und Shear (2014) stellt das Überleben einiger Taxa mit „archaischen“ Baumerkmalen über zig- oder Hunderte Millionen Jahre (sowohl im Pflanzen- als auch im Tierreich) weiterhin „ein Mysterium dar, das die Biologen lange geplagt hat“. Genannte Autoren sind nicht weit weg von der Ansicht, die ich selbst damals vertrat, wenn sie annehmen:

“Ecological stasis might reward morphological stasis, and species that are well adapted face little need to change without the spur of an environmental alteration”.

Soll das nun wirklich heißen, dass „lebende Fossilien“ sich unter Umweltbedingungen entwickelten, die über Äonen unverändert geblieben sind? Heute bin ich überzeugt, dass das nicht wahr sein kann. Zumindest während der „großen fünf“ Massnextinktionen sollte kein Habitat der Erde unbeeinflusst geblieben sein. Jedoch finden kleine Veränderungen der Umwelt so gut wie ständig statt. So sind auch die Organismen ständig gefordert, sich anzupassen, und ihre Evolutionsrate hängt damit von der Höhe des Umweltstresses ab. Ein geringer Umwelt- oder „Hintergrund“-Stress kann einer *Stasis* gleichgesetzt werden, und

weil er sich über Jahrmillionen oder noch längere Zeiträume erstrecken kann, werden Organismen, ja ganze Ökosysteme, auch so etwas wie eine Stasis durchlaufen, genau wie es die Hypothese des Punktualismus (Eldredge und Gould, 1972) voraussetzt. Andererseits vertreten Dawkins und Krebs (1979) den Standpunkt, nicht die „statische“ Umwelt sei es, die die Entwicklung einer Art zum Stillstand bringe, sondern die Inexistenz des „Wettrüstens“: „Lineages that evolve slowly do so precisely because they are not involved in severe arms races.“ Das könnte als verallgemeinerte Form der Darwinschen Aussage gelten, die besagt, dass in begrenzten, isolierten Arealen der Existenzkampf weniger hart ausgetragen wird, eine Folgerung, die durch die weniger entwickelten Arten Australiens bestätigt erscheint. Ich möchte deshalb diese Erkenntnisse nicht in Frage stellen, ziehe aber die „weichere“ Formulierung Darwins – Existenzkampf – dem „kriegerischen“ Wettrüsten auf alle Fälle vor. Probleme habe ich jedoch, wenn Dawkins und Krebs (1979) bezüglich innerspezifischen Wettlaufes die Behauptung aufstellen, er sei „die primär treibende Kraft der Darwinschen Evolution“. Wäre das nämlich der Fall, so müsste Evolution ständig und selbst unter „statischen“ Umweltbedingungen stattfinden, eine Voraussetzung, die vom Fossilbestand keinesfalls unterstützt wird; zweitens ist es unter den Bedingungen einer stetig sich wandelnden Umwelt *und* innerartlichen Wettlaufs kaum erklärbar, wieso sich „archaische“ Muster bei den „lebenden Fossilien“ erhalten konnten. Wenn ich auch eine Art von Wettlauf zwischen Arten oder Individuen derselben Art nicht in Abrede stelle, soweit es um die Besetzung ökologischer Nischen oder um die Auseinandersetzung zwischen Räubern und Beutetieren geht, vertrete ich trotzdem die Ansicht, der Fossilbestand bestätige im Großen und Ganzen die Hypothese des Punktualismus. Das führt aber zu einer völlig neuen Erkenntnis beziehungsweise zur Auffassung, dass „primäre <<Kämpfe>> nicht gegeneinander, sondern gegen sich ändernde klimatische, geologische und geographische Umstände ausgefochten werden“ (Gould, 1985). Das kann aber nur bedeuten, dass wahrscheinlich nur ein höherer als der normale „Hintergrund-Stress“ als primärer Faktor der Evolution in Frage kommt, wie das neuerdings auch Eldredge (2013) vermutet. Demnach scheint das Dawkinssche „Wettrüsten“ nur eine untergeordnete Rolle zu spielen, wohl nur beschränkt auf die allopatrische Artbildung und auf Fehden innerhalb einzelner Ökosysteme. Gleichfalls muss hinterfragt werden, ob es innerhalb der Biosphäre zeitlich betrachtet so etwas wie eine *automatische* Tendenz zu höherer Vielfalt und Komplexität gibt, so wie das u.a. McShea und Brandon (2010) behaupten. Dagegen sprechen nämlich verschiedene Tatsachen, die nicht einfach als Ausnahmen, welche die Regel bestätigen, abgetan werden können. Ich beziehe mich vor allen Dingen auf die „lebenden Fossilien“ mit ihren altertümlichen Merkmalen, aber auch auf rückläufige Evolution und auf die völlig verwirrende Tatsache, dass es extreme Unterschiede zwischen verschiedenen Tier- und Pflanzengruppen bezüglich ihrer Differenziertheit gibt. Es ist schon faszinierend, festzustellen, wie weit die Neigung zur Differenzierung bei einigen Organismengruppen ging (z. B. bei einigen Gruppen der Echten Knochenfische, der Dinosaurier oder der Säugetiere), während sie sich bei einigen anderen in Grenzen hielt (z.B. bei Schwämmen, Nesseltieren oder Haien) oder ausgesprochen gering war (z.B. bei Rippenquallen, Schleimaalen, Quastenflossern, Lungenfischen, Flösselhechten). Erstaunlicherweise haben die Vertreter

der letzten beiden Kategorien die Flaschenhalse der Massenextinktionen anscheinend ohne herbe Verluste überwinden können, und das trotz ihrer geringen Mannigfaltigkeit. Viele „lebende Fossilien“ gehören diesen Kategorien an. Wie Werth und Shear (2014) hervorheben, „ist es nicht pures Glück ... sondern oft *eine Schlüssel-Neuerung, die es den lebenden Fossilien erlaubt hat, erfolgreich über lange Zeitabstände hinweg zu bestehen* [meine Hervorhebung]“. Diese Feststellung scheint der heutigen Definition von Schlüssel-Neuerung (englisch *key innovation*) jedoch entgegenzustehen, weil dieser Definition zufolge „eine Schlüssel-Neuerung die evolutionäre Umstrukturierung individueller Merkmale darstellt, welche kausal mit einer *gesteigerten Differenzierungs-Rate* in der resultierenden Klade zusammenhängt [meine Hervorhebung]“ (Heard und Hauser, 1995). Die Unvereinbarkeit besteht darin, dass ja „lebende Fossilien“ größtenteils Kladen angehören, die durch extrem niedrige Differenzierungs-Raten gekennzeichnet sind. Deshalb will mir die ursprüngliche Ansicht Millers (1949) treffender erscheinen, der bloß von „Schlüssel-Korrekturen (englisch *key adjustments*) des morphologischen und physiologischen Mechanismus“ sprach, die wesentlich für das Entstehen (englisch *origin*) neuer wichtiger Organismengruppen sei. Selbst diese Beschreibung trifft nicht genau auf „lebende Fossilien“ zu, da selbige kaum (wenn überhaupt) Änderungen ihres Bauplanes aufweisen. Das Dilemma in Bezug auf „lebende Fossilien“ wird weiter durch den Zwist der Biologen verdeutlicht, die sich uneinig sind, ob nun erstere Generalisten oder aber Spezialisten sind (Werth und Shear, 2014; Strutinski, 2016a). Somit „plagen“ das „Mysterium“ der „lebenden Fossilien“ und die niedrige Differenzierungs-Rate der Kladen, denen sie angehören, weiterhin die Bioforschung. Die Annahme, hohe Diversifizierungs-Raten innerhalb von Kladen würden eine besondere Überlebensfähigkeit kundtun und somit auf „Fortschritt“ deuten, scheint offensichtlich falsch zu sein. Ganz im Gegenteil stellen meiner Ansicht nach „lebende Fossilien“ lebende Beispiele dafür dar, dass hohe Überlebens-Raten, besonders wenn wir Massenextinktionen mit einbeziehen, in umgekehrtem Verhältnis zu Diversifizierungs-Raten stehen. Drastischer ausgedrückt heißt das: Auf lange Sicht betrachtet scheint *Homo sapiens* schlechter da zu stehen als beispielsweise *Latimeria*! Die Quastenflosser haben zumindest mehrere Massenextinktionen überlebt, während ein ähnlicher Test den Hominiden noch bevorsteht und es gar nicht sicher ist, ob sie ihn bestehen würden. Ich habe *Latimeria* nicht zufällig hier genannt. Wenn wir nach Schlüssel-Neuerungen suchen, die es den Quastenflossern erlaubt haben, mehr als 400 Millionen Jahre zu überleben, sollten wir nicht an Neuerungen denken, die eine starke Diversifizierung und implizit eine gute Anpassung an ökologische Nischen als Vorgabe haben, sondern an Neuerungen, die es ihnen erlaubt haben, große ökologische Katastrophen zu überleben. In dieser Hinsicht ist die Geschichte, die uns die Quastenflosser erzählen, außergewöhnlich (Strutinski, 2016a). Die ersten Quastenflosser, die kurz nach ihrer Abspaltung von den übrigen Knochenfischen während des Unteren Devons lebten, teilten mit letzteren höchstwahrscheinlich noch das Knochenskelett und die luftgefüllte Schwimmblase. Jedoch schon kurz nach der Massenextinktion am Ende des Devons und während des ganzen Karbons haben sich die Quastenflosser entscheidend von den anderen Knochenfischen entfernt. Das geschah, indem sie ihr Knochenskelett stufenweise durch leichten Knorpel ersetzten und ihre Schwimmblase durch eine knöcherne Hülle schützten,

die von Williamson (1849) als „eine Anomalie, zu der es ... bislang *keine Parallele in der Natur* gibt [meine Hervorhebung],“ betrachtet wurde. Diese „knöcherne“ luftgefüllte Schwimmblase wurde während des ganzen Mesozoikums beibehalten, womöglich noch bis ins Tertiär hinein, ist aber schließlich von einer ölgefüllten Blase ohne Knochengehäuse ersetzt worden. Das Resultat: *Latimeria* hat im Meerwasser neutralen Auftrieb, was bedeutet, dass für diesen Fisch „der Wasserraum wirklich isotrop“ ist, wie Adamicka und Ahnelt (1976) schreiben. Damit steht er in krassem Gegensatz zu den meisten Echten Knochenfischen, die ihren negativen Auftrieb hydrodynamisch durch Schwimmen wettmachen müssen. Es ist schon erstaunlich, wieso solch markante „Anomalien“ innerhalb des Reiches der Fische, wie sie die „knöcherne“ und hinterher die ölgefüllte Blase der Quastenflosser darstellen, bisher nicht als Schlüssel-Neuerungen erkannt wurden, umso mehr als andere Merkmale dieser Fische eindeutig rückständig geblieben sind und keine Hinweise darauf liefern können, weshalb sich ihre Vertreter so gut durch vier der fünf großen Massensterbungen der Erdgeschichte hindurch geschlagen haben. Es gibt aber doch eine einfache Erklärung für diese Unterlassung seitens der paläobiologischen Forschung: Niemand hat bisher ernsthaft in Erwägung gezogen, dass sich *im Laufe der Erdgeschichte die Schwerkraft erhöht* haben könnte. Ansonsten sollte das „Mysterium“ der Quastenflosser längst gelöst sein, denn eine „knöcherne“ und hinterher eine ölgefüllte Blase ergeben eigentlich nur Sinn, wenn man sie als Anpassungen an einen sich ständig erhöhenden hydrostatischen Druck auffasst, ausgelöst durch steigende Schwerkraft. Mehr noch, ich vermute, der Anstieg hat sprunghaft stattgefunden, wobei die markantesten Sprünge gerade zu den Zeiten stattfanden, als auch die großen Massensterbungen über die Bühne gingen (Strutinski, 2016a; Strutinski, in Vorbereitung, a, b). Es mag vielen Evolutionsbiologen spanisch vorkommen, wenn ich die gewagte Behauptung aufstelle, die immerhin „höher“ entwickelten Echten Knochenfische hätten gegenüber den Quastenflossern Nachholbedarf! Es hat aber wirklich den Anschein, sie stünden mit ihrer luftgefüllten, ungeschützten Schwimmblase schlechter da als die Quastenflosser; und zwar bis auf den heutigen Tag⁷. Das kann man leicht feststellen; denn sie haben besonders an der Kreide-Tertiär-Grenze massiv Federn lassen müssen (Friedman, 2009), was sie nachträglich nur durch erhöhte Diversifizierungs-Raten ausgleichen konnten. So scheint es fast, als ob hohe Diversifizierungs-Raten ein Notbehelf sind, zumindest als Erstmotivation, und nur vom Menschen dünkelt als „Fortschritt“ gewertet werden. Selbstverständlich sehe ich nicht über die Tatsache hinweg, dass Schlüssel-Neuerungen ihren Preis haben. Bei *Latimeria* bewirkten sie die Rückbildung des Gehirns (Involution!), welches durch Öl „verdrängt“ wurde. Folgerichtig steht *Latimeria* im Vergleich zu seinen „Vettern“, den Echten Knochenfischen, heute als „dummer“ Fisch da. Was jedoch die Wahrscheinlichkeit des Überwindens von Flaschenhälsen betrifft, ist ein entwickeltes Gehirn nur ein schwacher Ersatz, wenn überhaupt. Wir sollten deshalb mit Gould (1996) zweifeln, ob es so etwas wie

⁷ Schließlich haben sie in ihren Auftriebsmechanismus weniger „investiert“, indem sie die physostome Schwimmblase zum Teil durch eine physokliste ersetzen oder ganz auf die Schwimmblase verzichten (Strutinski, 2016a). In beiden Fällen aber sind sie gegenüber erhöhtem hydrostatischem Druck anfälliger im Vergleich zu den Quastenflossern.

Ausrichtung (englisch *directionality*)⁸ innerhalb der biologischen Entwicklung gibt, ungeachtet der Kritik, die uns von Seiten der Soziobiologie entgegenschlagen wird. Denn, wie Davies (2013) feststellt, sind „die Argumente im Sinne einer systematischen Ausrichtung in der Biologie nicht sehr gut begründet“, besonders auch, wenn wir dem Umstande Rechnung tragen, dass die am höchsten entwickelten Lebewesen auf Erden, einschließlich des Menschen, bloß verschwindend kleine 0,2 Prozent der Gesamtmenge der Biomasse ausmachen.

Eine andere „lebende Fossilie“, deren Fähigkeit, den neutralen Auftrieb im Pelagial aufrecht zu erhalten, anscheinend ausschlaggebend dafür war, dass sie mehrere Massenextinktionen überlebt hat, ist der Kopffüßer *Nautilus*. Nach Greenwald und Ward (2009) ist „*Nautilus* irgendwie empfindlich in Bezug auf seinen Auftrieb und kann angemessene Korrekturen vornehmen“. Eigentlich hatten schon Jordan et al. (1988) den experimentellen Nachweis erbracht, *Nautilus* könne auf Anstieg Änderungen des hydrostatischen Drucks von bloß $1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ (entspricht 1 atm) erfühlen, was ihm aufgrund eines bis heute nicht völlig verstandenen Mechanismus gelänge. Es liegt nahe, diese Schlüssel-Neuerung als das tatsächliche „Überlebensgeheimnis“ (lt. Switek, <http://www.wired.com/2012/05/the-secret-of-ammonoid-success/>, abgerufen: 06.08.2016) der Nautiloiden im Vergleich zu ihren höher entwickelten Vettern, den Ammonoiden, zu betrachten. Es ist nicht klar, weshalb letztere nicht auch dieselbe Fähigkeit hatten und schließlich am Ende der Kreide aussterben mussten⁹. Meine Vermutung ist, Ammoniten hätten bloß in die Erhöhung ihrer Geschwindigkeit „investiert“, um einem stetig steigenden Druck entgegenzuwirken, wie das wahrscheinlich auch die meisten Echten Knochenfische taten. Wir haben es wiederum mit einer „fortschrittlichen“ Tiergruppe zu tun, welche – weniger gut als die „primitiven“ Nautiloiden zur Durchquerung eines Flaschenhalses angepasst – der Idee der Ausrichtung widersprechen. In dieselbe Richtung weist auch die Äußerung Protheros (2013), wenn er über Muscheln schreibt:

“Bivalves may not be smart or fast or have heads with many sense organs, but they are well adapted for their niches and have survived many crises that wiped out much faster, more intelligent groups of animals (such as the ammonites)”.

Es drängt sich auch die Erwägung auf, dass Dinosaurier, trotz ihres relativ kleinen Gehirns, während des Mesozoikums immerhin unter den terrestrischen Tetrapoden die

⁸ *Ausrichtung* kann als Trend der Evolution verstanden werden, mit der Zeit immer komplexere und intelligentere Wesen hervorzubringen. Vergleiche auch: Robert Wright „The Accidental Creationist“ (<http://www.nonzero.org/newyorker.htm>, abgerufen: 30.07.2016).

⁹ Eine Erklärung könnte die unterschiedliche Funktionsweise des Siphunkulus (Sipho) liefern, der in Nautiloiden zentral, in Ammonoiden ventral angelegt ist/war. Kennedy und Cobban (1976) vermerken diesbezüglich noch Folgendes: „Viele Ammoniten verfügten in den letzten Kammern über keinen Sipho ... es könnte sein, dass diese letzten Kammern zu Lebzeiten geflutet waren und wegen der Abwesenheit eines Siphos auch nicht geleert werden konnten“. Unter den Bedingungen eines schrittweise ansteigenden hydrostatischen Druckes, könnte sich diese Struktur als in hohem Maße ungünstig erwiesen haben und die diskontinuierliche Evolution der Ammonoiden erklären. Denn nach Wiedmann (1973) „wurden die Zeiten der Evolution wiederholt von explosiven Revolutionen und plötzlichen Extinktionen unterbrochen“.

fortschrittlichsten waren. Gleichwie verschwanden sie alle, mit Ausnahme ihrer direkten Nachfahren, der Vögel, am Ende der Kreidezeit. Ihr Gehirn konnte das nicht verhindern.

Wenn wir die wachsende Schwerkraft der Erde akzeptieren und sie als einen wichtigen Stressfaktor für Organismen betrachten, ist es verständlich, wenn wir den Süßwasserbereich und das Litoral der Meere, trotz größerer Unbeständigkeit solcher Areale (Lavers, 2000), als diejenigen auffassen müssen, die am besten geeignet sind, Schutz vor einer in Sprüngen wachsenden Gravitation zu bieten. Und das einfach, weil sowohl die Fortbewegung als auch viele physiologische Prozesse von Organismen, die auf dem Festland oder im Pelagial leben, durch die steigende Erdanziehungskraft extrem beeinträchtigt sind, während die gleichen Prozesse nur schwach behindert werden, wenn hydrostatischer Druck noch zu verkraften ist und Auftrieb weiterhin funktioniert, wie das in seichten Gewässern, egal ob kontinental (Süßwasser) oder marin (Brackwasser, Salzwasser), der Fall ist. Ich vermute, das war der Grund, warum ausgesprochen große Tiere, wie Krokodile und Schildkröten, neben kleineren Amphibien, Reptilien und Säugetieren, den Faunenschnitt an der Kreide-Tertiär-Wende ohne größere Verluste überlebt haben. Laut einer statistischen Auswertung haben 90% der Süßwasser-Vertebraten von Montana die Massenextinktion überwunden, während die Überlebensrate der Landbewohner nur bei gerade mal 12% lag (Sheehan und Fastovsky, 1992). Andere Erklärungsversuche dieses Phänomens, wie die Schutzraum-Hypothese von Robertson et al. (2004), sind entweder unglaubwürdig oder haben nur die großen Tiere, wie Krokodile und Schildkröten, im Blickwinkel (Lavers, 2000)¹⁰. Es ist vielsagend, dass praktisch alle von Darwin zitierten „lebenden Fossilien“ in Süßwasser-Biotopen heimisch sind: Ganoid-Fische, *Ornithorhynchus* und *Lepidosiren*. Selbst die Vorfahren der „altmodischen“ Tuataras (von Costa erwähnt) sowie der Komodo-Warane oder der Galapagos-Echsen könnten die Zeit der großen Massenextinktion am Ende der Kreidezeit in seichten Gewässern überlebt haben. Das gleiche gilt natürlich auch für Pfeilschwanzkrebse, wobei diese gleich mehrere Massenextinktionen überlebt haben. Lungenfische, wie auch Ganoid-Fische (Störe und Löffelstöre, Flössel-, Kahl- und Knochenhechte), bewohnen auch vorwiegend Süß- und Brackwassergebiete. Nach Darwin überlebten sie alle, weil „der Konkurrenzkampf zwischen Süßwasser-Arten weniger hart als anderswo war“.

All die archaisch anmutenden Tiergattungen, die ich aufgezählt habe (mit Ausnahme der Quasterflosser und Nautiloiden), zu denen ich noch einige diadrome Fische der auf der Evolutionsleiter höher gestellten Ordnungen der *Anguilliformes*, *Clupeiformes* und *Salmoniformes* hinzuzähle (Strutinski, 2016a), scheinen die Kreide-Tertiär-Grenze ohne große Verluste überwunden zu haben, weil sie, wenigstens zeitweise, in seichten Gewässern lebten. Es war jedoch nicht der weniger harte Konkurrenzkampf, der Darwin zufolge in solchen Bereichen herrscht, der es erlaubte, ihre altertümlichen Formen zu erhalten und ihr

¹⁰ Nach Robertson et al. (2004) löste der Chicxulub-Impakt eine Hitzewelle aus, die das ganze Leben auf dem Festland vernichtete, mit Ausnahme vornehmlich kleiner Tiere, die es schafften ins Wasser oder in unterirdische Hohlräume zu flüchten. Andersherum sah Lavers (2000) das seiner Ansicht nach „unübertreffliche ökologische Design“ der Krokodile als den Grund an, der es diesen Tieren erlaubt hat über 200 Ma bis auf den heutigen Tag zu existieren.

Überleben zu gewährleisten. Nach der hier vorgestellten Hypothese war es der Umstand, dass in diesen Bereichen *die Wirkung des sprunghaften Anstiegs der Schwerkraft weniger hart empfunden wurde*. Wenn wir in isolierten Ökosystemen oft eine hohe Diversifizierungs-Rate antreffen (Beispiel: die ostafrikanischen Seen mit ihren mannigfaltigen Buntbarsch-Populationen), spricht dieses Faktum entschieden gegen die Behauptung, Isolation fördere die Unveränderlichkeit von Arten. Ganz im Gegenteil hat es den Anschein, dass sowohl Veränderlichkeit als auch Diversifizierungs-Raten besonders dann extrem niedrig sind, wenn eine Schlüssel-Neuerung, die zufällig als Antwort auf einen hochgradigen Umwelt-Stress entwickelt wurde, sich nahe an ihrem Optimum befindet¹¹. Verkörpert wird diese Gesetzmäßigkeit durch die beiden „lebenden Fossilien“ *Latimeria* und *Nautilus*, als Vertreter der Kladen (Quastenflosser und Nautiloiden), die mehrere Massenextinktionen ohne nennenswerte Verluste „geschafft“ haben, wohingegen höher gestellte Schwester-Taxa durch die genannten Massenextinktionen stark gebeutelt wurden oder sogar ausstarben. In beiden Fällen waren es in meiner Auffassung wichtige Schlüssel-Neuerungen, die, wenngleich höchst unterschiedlich, die Tiere dazu befähigten, sich optimal an eine sprunghafte Erhöhung des hydrostatischen Drucks anzupassen, ausgelöst durch die entsprechende Erhöhung der Schwerkraft. Wie ich an anderer Stelle aufzeige (Strutinski, 2016a), stellen die beiden Taxa keine Ausnahmen innerhalb des marinen Bereiches dar, denn ganze Klassen von Meerestieren, wie die Haie unter den Fischen und vier der fünf Klassen der Quallen, sind besser an Schwankungen des hydrostatischen Drucks angepasst als die überwiegende Mehrheit der Fische. Haie hatten zwar Verluste während der paläozoischen Massenextinktionen hinnehmen müssen, doch überwandten sie die mesozoischen relativ glimpflich. Kriwet und Benton (2004) zufolge starben von den 41 Haifamilien, die in der Kreide lebten, bloß sieben aus. Heute leben mehr als 500 Arten von Haien, die aber nur zwei Prozent der entsprechenden Zahl der Knochenfischarten darstellen. Das mag als ein weiteres Argument angesehen werden, bessere Schlüssel-Neuerungen ermöglichten es, Diversifizierungs-Raten niedrig zu halten¹².

Ein anderer Hinweis, der dahingehend gedeutet werden kann, der Anstieg der Schwerkraft könnte der wichtigste Stressfaktor während der großen Massenextinktionen gewesen sein, ist die Tendenz der Organismen, zunächst durch Verminderung ihrer Körpergröße zu reagieren. Dieses Phänomen ist als „Liliput-Effekt“ bekannt (Strutinski, 2016b). Reduzierung der Körpergröße wurde nämlich auch während der Tierexperimente unter Hypergravitation festgestellt (Sondag, 1996; Howes, 2014). Viele Pflanzen und Tiere reduzierten ihre Körpergrößen beträchtlich im Laufe der Evolution, und besonders alte Abstammungslinien scheinen es in ihren Genen verankert zu haben, dass Reduzierung der Körpergrößen möglicherweise die einzige Möglichkeit bietet, dem Aussterben zu entgehen. Wenn man von

¹¹ Was das bedeutet, wird verständlich, wenn wir bedenken, dass „im Laufe der Evolution [...] regelmäßig nicht die bestmögliche sondern die erstbeste Lösung für ein Problem auftaucht“, siehe Wolfgang Wickler (http://www.seniorenstudium.uni-muenchen.de/forschung/publikationen/pub_pdf/wickler_darwin.pdf, abgerufen: 29.05.2012).

¹² Es drängt sich mir folgender Vergleich auf: gut situierte Familien bringen auch wenig Nachwuchs hervor, zum Unterschied zu den wenig bemittelten!

einigen großen Vertretern älterer Kladen absieht (z.B. dem Amphibium *Mastodonsaurus* in der Trias oder den Krokodilen der Gegenwart), die aber seichte Gewässer bewohn(t)en und folglich untypisch sind, waren es immer die Vertreter neu erschienener Kladen, in denen sich Riesenwuchs, gemäß dem so genannten Copeschen Gesetz, bemerkbar machte. So waren es im frühen Paläozoikum besonders Arthropoden, Brachiopoden und Stachelhäuter, die zu Gigantismus neigten (Novack-Gottshall, 2008). Bemerkenswerter Riesenwuchs war hinterher der Reihe nach für Amphibien (im späten Paläozoikum), Reptilien (im Mesozoikum), Vögel und Säugetiere (im Tertiär) charakteristisch. So scheint es tatsächlich, als ob die verschiedenen Großtaxa viel Zeit benötigen und die verheerenden Auswirkungen von mehr als nur einer Massenextinktion erdulden müssen, um schließlich zu „lernen“, in Anpassungen zu „investieren“, die einem ständigen Anwachsen der Schwerkraft erfolgreich entgegenzusteuern oder, anderenfalls, auf die Reduzierung der Körpergröße zu setzen. Die „Investition“ in eine schnellere Fortbewegung der Tiere des Pelagials wird üblicherweise als bessere Anpassung ausgelegt, um den Raubtieren die Jagd zu erleichtern, beziehungsweise um den Beutetieren das Entkommen zu gewährleisten (mit anderen Worten, um den Wettlauf oder die „arms race“ voranzutreiben). Es ist jedoch zur Genüge bekannt: Fische sind zum Schwimmen „verdammte“, um den hydrodynamischen Auftrieb zu realisieren, mit dessen Hilfe sie das Absinken verhindern. Wenn wir aber von der Annahme einer wachsenden Schwerkraft und der entsprechenden Zunahme des hydrostatischen Drucks ausgehen, wäre es denkbar, dass die „teure Investition“¹³ in die Fortbewegung ursprünglich diesen Umständen zu verdanken war und nicht der Notwendigkeit, ihre Jäger-Gejagte-Kapazitäten zu vervollkommen. Dasselbe könnte für andere „hoch-energetische“ Raubtiere, wie die Ammoniten, gelten. Es könnte zum Beispiel sein, dass auf eine während des frühen Paläozoikums eingetretene Erhöhung der Schwerkraft die Fauna der Meere im Devon durch die „Nekton-Revolution“ (Klug et al., 2010) reagiert hat. Entsprechend wurden die „schwerfälligen Jäger“ der vor-devonischen Zeiten, als da wären Nautiloiden, Eurypteriden und Seesterne, sukzessive von den „aktiven Schwimmern“ (Ammoniten und Kiefermäuler) verdrängt (Bambach, 1999). Jedoch ist die Methode der Geschwindigkeitserhöhung unter den Bedingungen einer ständig steigenden Schwerkraft nicht die geeignetste, um den Auftrieb auf lange Sicht zu gewährleisten. Und die schließlich erfolgte Extinktion der Ammoniten (aber, wohlgemerkt, nicht der Nautiloiden!) (MacLeod et al., 1997) und besonders der schnellschwimmenden Fischarten (Friedman, 2009) am Ende des Mesozoikums mögen als weitere Argumente im Sinne der hier vorgestellten Hypothese gelten.

Schlusswort. Wie ich weiter oben zu zeigen versucht habe, gestattet die Annahme einer (stufenweise) ansteigenden Schwerkraft, als Ausdruck des Erdwachstums, eine bessere Erklärung biologischer Rätsel, wie beispielsweise der „lebenden Fossilien“ Darwins oder spezifischer Merkmale von Massenextinktionen, die weiterhin Biologen und Paläobiologen zu schaffen machen. Vom Standpunkt der Astrophysik sollte die Annahme einer steigenden Schwerkraft der Erde nicht unzulässig sein, da sie mit der Annahme des durchgängigen

¹³ Nach Dyson (2003), werden bis zu 20 % der Energie der Fische zum Bewahren des Auftriebs aufgewendet.

Anstiegs der Entropie des Gravitationsfeldes im Universum im Einklang steht, das für die Klumpung der Materie auf allen Ebenen verantwortlich ist (siehe z.B. Davies, 2013) und auf unserer Erde die Energien freisetzt, welche die verschiedenen Prozesse in Gang halten, deren wir rund um uns gewahr werden. Wenn viele meinen, die hier vertretene Hypothese sei unfundiert, da Messergebnisse ein Wachstum des Erdkörpers und damit auch der Schwerkraft gegenwärtig verneinen, so sei hier bloß darauf verwiesen, dass es durchaus nach Jahrtausenden zählende Zeitabschnitte gegeben hat (die erwähnten Stasis-Intervalle), in denen der Zuwachs der Erde zu gering war, um die Biosphäre arg zu bedrohen. Was können also Messdaten, die über bloß einige Jahrzehnte durchgeführt wurden – geologisch betrachtet also einem Wimpernzucken entsprechen – schon für eine Aussagekraft haben?

Literatur

- Adamicka, P., Ahnelt, H. (1976): Beiträge zur funktionellen Analyse und zur Morphologie des Kopfes von *Latimeria chalumnae* Smith. *Ann. Naturhistor. Mus. Wien*, 80, 251-271
- Bambach, R.K. (1999): Energetics in the global marine fauna: a connection between terrestrial diversification and change in marine biosphere. *Geobios*, 32/2, 131-144
- Darwin, C. (1859; 2009): The Annotated Origin. A Facsimile of the First Edition of *On the Origin of Species*, annotated by James T. Costa. Belknap Press of Harvard University Press, 576 S.
- Davies, P.C.W. (2013): Directionality principles from cancer to cosmology. In: Complexity and the Arrow of Time (Eds.: C.H. Lineweaver, P.C.W. Davies, M. Ruse), Cambridge University Press, Cambridge, 19-41
- Dawkins, R., Krebs, J.R. (1979): Arms races between and within species. *Proc. R. Soc. London*, B, 205 (Nr. 1161), 489-511
- Dyson, M. (2003): Chapter 4. Buoyancy and depth. In: Animal Performance. Animal Physiology Book 4. (Ed.: D. Robinson). The Open University, UK, 67-90
- Eldredge, N. (2013): Stephen J. Gould in the 1960s and 1970s, and the origin of "Punctuated Equilibria". In: Stephen J. Gould: The Scientific Legacy (Eds.: G.A. Danieli, A. Minelli, T. Pievani), Springer, Milano, 3-20
- Eldredge, N., Gould, S.J. (1972): Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. In: Models in Paleobiology (Ed.: T.G.M. Schopf), Freeman, Cooper & Comp., San Francisco, 82-115
- Friedman, M. (2009): Ecomorphological selectivity among marine teleost fishes during the end-Cretaceous extinction. *PNAS*, 106/13, 5218-5223. doi: 10.1073/pnas.0808468106
- Gould, S.J. (1985): The Flamingo's Smile. W.W. Norton & Comp. New York, London, 481 S.

- Gould, S.J. (1996): Full House: The Spread of Excellence from Plato to Darwin. Harmony Books, New York, 244 S.
- Greenwald, L., Ward, P.D. (2009): Buoyancy in Nautilus. In: Nautilus: the Biology and Paleobiology of a Living Fossil (Eds.: W.B. Saunders, N.H. Landman), Springer 547-560
- Heard, S.B., Hauser, D.L. (1985): Key evolutionary innovations and their ecological mechanisms. *Historical Biology*, 10, 151-173
- Howes, S. (2014): The effects of hypergravity on development of the heart and behavior of *Xenopus laevis*. Honors Program Theses. Paper 138, 43 S.
- Jordan, M., Chamberlain Jr., J.A., Chamberlain, R.B. (1988): Response of *Nautilus* to variation in ambient pressure. *J. Exp. Biol.*, 137, 175-189
- Kennedy, W.J., Cobban, W.A. (1976): Aspects of ammonite biology, biogeography, and biostratigraphy. *Spec. Paper Palaeont.* No. 17, The Palaeont. Assoc., London, 1-94
- Klug, C., Kröger, B., Kiessling, W., Mullins, G.L., Servais, T., Fryda, J., Korn, D., Turner, S. (2010): The Devonian nekton revolution. *Lethaia*, 43, 465-477
- Kriwet, J., Benton, M. (2004): Neoselachian (Chondrichthyes, Elasmobranchii) diversity across the Cretaceous-Tertiary boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 214/3, 181-194
- Lavers, C. (2000): Why Elephants Have Big Ears. And Other Riddles from the Natural World. St. Martin's Griffin, New York, 288 S.
- MacLeod, N., Rawson, P.F., Forey, P.L. et al. (1997): The Cretaceous-Tertiary biotic transition. *J. Geol. Soc.*, 154, 265-292
- McShea, D.W., Brandon, R.N. (2010): Biology's First Law: The tendency for diversity and complexity to increase in evolutionary systems. University of Chicago Press, Chicago, 184 S.
- Miller, A.H (1949): Some ecologic and morphologic considerations in the evolution of higher taxonomic categories. In: Ornithologie als biologische Wissenschaft (Eds.: E. Mayr, E. Schuz), Carl Winter, Heidelberg, 84-88
- Novack-Gottshall, P.M. (2008): Ecosystem-wide body-size trends in Cambrian-Devonian marine invertebrate lineages. *Paleobiology*, 34/2, 210-228. Doi: [http://dx.doi.org/10.1666/0094-8373\(2008\)034\[0210:EBTICM\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1666/0094-8373(2008)034[0210:EBTICM]2.0.CO;2) (Abgerufen: 09. 08. 2016)
- Prothero, D.R. (2013): Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology. 3rd Edition. Columbia University Press, 671 S.

- Robertson, D.S., McKenna, M.C., Toon, O.B., Hope, S., Lillegraven, J.A. (2004): Survival in the first hours of the Cenozoic. *GSA Bulletin*, 116/5-6, 760-768. Doi: 10.1130/B25402.1
- Sheehan, P.M., Fastovsky, D. E. (1992): Major extinctions of land-dwelling vertebrates at the Cretaceous-Tertiary boundary, eastern Montana. *Geology*, 20/6, 556-560
- Sondag, E. (1996): The Effects of Hypergravity on Function and Structure of the Peripheral Vestibular System. Chapter 3 Effects of prolonged hypergravity on the anatomy and behaviour of small animals. [Academic Thesis]. Academic Medical center (AMC) of the University of Amsterdam. <http://www.descsite.nl/Frames.htm> (Abgerufen: 05.04.2016)
- Strutinski, C. (2016a): Wachsende Schwerkraft – Triebfeder der Evolution? http://www.wachsende-erde.de/web-content/2_material6strutinski.html (Abgerufen: 21.04.2016)
- Strutinski, C. (2016b): The Lilliput Effect – a response of life to increasing gravity? http://www.dinox.org/publications/Strutinski2016_Lilliput_Effect.pdf (Abgerufen: 09.08.2016)
- Strutinski, C. (in Vorbereitung, a): Discussion on the Cause of Earth Growth and its Consequences. A qualitative approach. Der Aufsatz wurde bislang nicht veröffentlicht, da er noch einer Aktualisierung bedarf. Er kann aber auf Wunsch vom Autor bezogen werden.
- Strutinski, C. (in Vorbereitung, b): Massnextinktionen aus Sicht der Hypothese eines wachsenden Erdballs.
- Switek, B. (2012) <http://www.wired.com/2012/05/the-secret-of-ammonoid-success/> (Abgerufen: 06.08.2016)
- Werth, A.J., Shear, W.A. (2014): The evolutionary truth about living fossils. *American Scientist*, 102, 434-443
- Wickler, W.: http://www.seniorenstudium.uni-muenchen.de/forschung/publikationen/pub_pdf/wickler_darwin.pdf (Abgerufen: 29.05.2012)
- Wiedmann, J. (1973): Evolution or revolution of ammonoids at Mesozoic system boundaries. *Biol. Rev.*, 48, 159-194
- Williamson, W.C. (1849): XXIII. On the microscopic structure of the scales and dermal teeth of some Ganoid and Placoid Fish. *Philos. Trans. R. Soc. London*, 139, 435-475
- Wright, R.: The Accidental Creationist <http://www.nonzero.org/newyorker.htm> (Abgerufen: 30.06.2016)

Saarbrücken, 16.08.2016