

Rolf Oerter



Der Mensch, das wundersame Wesen

Was Evolution,
Kultur und Ontogenese
aus uns machen

SACHBUCH

 Springer Spektrum

Der Mensch, das wundersame Wesen

Rolf Oerter

Der Mensch, das wundersame Wesen

Was Evolution, Kultur und Ontogenese
aus uns machen

Rolf Oerter
München
Deutschland

ISBN 978-3-658-03321-7
DOI 10.1007/978-3-658-03322-4

ISBN 978-3-658-03322-4 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

Vorwort

In jahrzehntelanger Beschäftigung mit dem Thema Mensch, das meine berufliche Laufbahn in Forschung und Lehre als Psychologe bestimmt hat, wuchs das Bedürfnis, über den Zaun zu schauen und die Sichtweise anderer Disziplinen, die sich mit dem Menschen beschäftigen, kennenzulernen. Es erschien mir zunehmend wichtig, diese unterschiedlichen Erkenntnisse und Sichtweisen miteinander zu verbinden. Dies wird im vorliegenden Buch versucht. Freilich ist das ein Unterfangen, das sich angesichts der Fülle des Materials bescheiden muss. Die Auswahl, die hier getroffen wird, richtet sich nach dem Ziel aus, ein Menschenbild zu vermitteln, das unser Verständnis des Zusammenwirkens von Evolution, Kultur und individueller Entwicklung (Ontogenese) vertieft. Obwohl einerseits versucht wurde, den neuesten Stand der Forschung zu berücksichtigen, geht es in dem Buch vor allem darum, gesicherte Grundlagen aus Evolution, Kultur und Entwicklungspsychologie darzustellen und aufeinander zu beziehen. Als Einzelinformation zählen viele Inhalte zu Selbstverständlichkeiten und mögen sogar manchmal einem breiteren Leserkreis bekannt sein. Aber die Zusammenführung dieser Inhalte und ihre Kombination ergeben ein neues, und wie ich meine, tieferes Verständnis vom Menschen.

Durch die rasante Entwicklung der Forschung driften die einzelnen Disziplinen immer weiter auseinander. Sie haben weder großes Interesse, noch die Zeit, sich zu interdisziplinärer Diskussion zusammen zu finden. Geschieht dies dennoch, so erkennt man rasch, dass man verschiedene Sprachen spricht und gibt das Unterfangen kopfschüttelnd auf.

Angesichts dieser Situation mag es vermessen erscheinen, den Versuch zu unternehmen, vorhandenes Wissen aus verschiedenen Disziplinen, vor allem aus der Evolutionsbiologie und -psychologie, der Soziologie und Kulturanthropologie und – last not least – der Entwicklungspsychologie, zu vereinen. Die Kritik der Kolleginnen und Kollegen ist vorprogrammiert. Mein Wunsch ist es, dass Leserinnen und Leser durch die in diesem Buch dargestellten Ideen zum Nachdenken angeregt werden und vielleicht manches davon für ihr eigenes Leben im privaten wie im öffentlichen Bereich umsetzen können. Sollte das Buch darüber hinaus zu einer interdisziplinären Diskussion führen, so würde es eine Aufgabe erfüllen, die heute dringend angegangen werden muss.

Das Buch wendet sich an interessierte Laien, an Studierende, die über ihre verschulte Ausbildung hinaus mehr wissen wollen, und schließlich an Fachleute, die prüfen mögen,

ob die dargestellten Thesen und Ideen brauchbar und weiterführend sind. In allen Studiengängen, die ein *Studium generale* vorsehen, bietet sich der Inhalt dieses Buches als interessantes übergreifendes Stoffgebiet an.

Die griechischen Götter begleiten jedes Kapitel kritisch und fügen Ergänzungen aus ihrer Sicht an, die nicht selten allzu menschlich sind.

Ich danke dem Verlag Springer Spektrum für die Bereitschaft, dieses Buch zu publizieren und ihm eine gediegene äußere Form zu geben. Besonderen Dank verdienen Frau Grit Zacharias für Ihr sorgfältiges Lektorat sowie die Bearbeitung und Formatierung des Textes und der Abbildungen sowie Frau Eva Kohler und Frau Kerstin Hoffmann für ihre Mithilfe bei der Endredaktion.

München, Oktober 2013

Rolf Oerter

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	XI
1 Wo kommen wir her? Das Leben als Glücksfall	1
1.1 Die Bausteine des Lebens	1
1.2 Wie entstand Leben?	3
1.3 Die Entwicklung höherer Lebensformen – ein Streifzug	7
1.4 Resümee	13
Literatur	17
2 Der verzweigte Weg zum Menschen	19
2.1 Was ist anders? Einige Besonderheiten des Menschen	19
2.2 Von den gemeinsamen Primatenvorfahren zum Australopithecus	20
2.3 Homo, Werkzeugmacher und Werkzeugnutzer	24
2.4 Der Neandertaler (Homo neanderthalensis) – die höchste Entwicklungsstufe vor dem Erscheinen des Homo sapiens	26
2.5 Die Entstehung des aufrechten Ganges	28
2.6 Zur Entwicklung weiterer Merkmale und ihrer Bedeutung	31
Literatur	38
3 Kopf und Hand arbeiten zusammen und bringen Erstaunliches zuwege	41
3.1 Die Entwicklung der Hand	41
3.2 Die Entwicklung des Gehirns	44
3.3 Die Entwicklung des Werkzeuggebrauchs	48
3.4 Einige Schlussfolgerungen	53
Literatur	58
4 Der Homo sapiens erobert die Welt	61
4.1 Wachset und mehret euch: Wiege und Wege der Menschheit	61
4.2 Was ist neu am Homo sapiens?	65
4.3 Kunst und Religion als Kriterien des modernen Menschen	67
4.4 Born to be wild. Passen wir in unsere neue Umwelt?	73
Literatur	78

5	Zur biologisch-psychologischen Tiefenstruktur des Homo sapiens – Bindung, Geschlecht, Sexualität, Status, Aggression und prosoziales Verhalten	81
5.1	Bindung	82
5.2	Geschlecht	82
5.3	Sexualität	87
5.4	Status	92
5.5	Aggression	97
5.6	Prosoziales Verhalten	101
	Literatur	109
6	Menschliche Evolution und Kultur gehören zusammen	111
6.1	Was ist Kultur?	111
6.2	Der Gegenstand als Kernstück menschlicher Kultur	113
6.3	Der gemeinsame Gegenstandsbezug als Prototyp sozialer Interaktion	116
6.4	Vier Grundkomponenten kulturellen Handelns	119
6.5	Isomorphie als Regulationsprinzip zwischen Subjekt und Kultur	122
6.6	Kulturelle Meme als neue Form der Weitergabe von Information	125
6.7	Das EKO-Modell: eine erste Annäherung	127
6.8	Weitergabe kulturellen Wissens: das Individuum als aktiver Konstrukteur	128
6.9	Enkulturation und Akkulturation	132
6.10	Das EKO-Modell: eine zweite Annäherung	134
	Literatur	137
7	Kulturen wandeln sich und wir in ihnen	139
7.1	Soziobiologie und Kultur	139
7.2	Kulturelle Entwicklung: Formen der Vergesellschaftung	141
7.3	Kollektivismus und Individualismus	144
7.4	Kulturelle Entwicklung: Der Mensch wird sesshaft; die Entstehung von Stadtkulturen	146
7.5	Die Ausbreitung der Sprachen: Verzahnung von Biologie und Sprachgemeinschaft	149
7.6	Kultureller Entwicklungsschub: Schriftsprache verändert das Denken	153
7.7	Die Suche nach kulturellen Universalien	155
7.8	Akkulturation als Problem der Gegenwart	158
	Literatur	162
8	Ontogenese: „molare“ Sicht	165
8.1	Einflussgrößen für Entwicklung, die wenig beachtet werden	166
8.2	Das Zusammenspiel von Anlage, Umwelt und Selbstgestaltung	169
8.3	Das Individuum wird Mitglied der Kultur	174
8.4	Identität	178
8.5	Entwicklungsaufgaben und kritische Lebensereignisse	184
	Literatur	193

9	Ontogenese: Molekulare Sicht	195
9.1	Kernwissen, Rüstzeug unserer Evolution	195
9.2	Intuitive Theorien: manchmal falsch, aber immer nützlich	205
9.3	Das Vorschulalter: Entscheidende Schritte zur Menschwerdung	212
	Literatur	220
10	Spiel, ein idealer Anwalt für das EKO-Modell. Oder: Nur wo der Mensch spielt, ist er ganz Mensch	223
10.1	Was ist Spiel?	223
10.2	Spielverhalten beim Tier und sein evolutionärer Sinn	225
10.3	Ontogenese: Spiel als Lebensbewältigung	227
10.4	Kultur und Spiel: ein Kreislauf	238
10.5	Resümee	241
	Literatur	245
11	Ästhetik – die Freude am Schönen	247
11.1	Was ist Ästhetik?	247
11.2	Ästhetik bei Tieren	248
11.3	Theorien über Entstehung und Nutzen der Ästhetik	250
11.4	Evolutionäre Wurzeln des Ästhetischen beim Menschen	256
11.5	Ästhetik und Kultur	258
11.6	Ontogenese	268
11.7	Resümee	279
	Literatur	283
12	Religion, ein EKO-Produkt	285
12.1	Zur Evolution des Religiösen	286
12.2	Religion und Kultur	291
12.3	Resümee	294
12.4	Ontogenese: Wie sich Religiosität beim Einzelmenschen entwickelt	295
12.5	Religion und Religiosität im EKO-Modell	304
	Literatur	307
13	Jenseits der Evolution: Die Krönung menschlichen Denkens durch die Wissenschaft und das Vordringen in den Mikro- und Makrokosmos	309
13.1	Hat uns die Evolution mit der wahren Erkenntnis der Welt ausgestattet?	309
13.2	Wie die Kultur uns geholfen hat, über uns selbst hinaus zu wachsen	312
13.3	Kultur überhöht die Evolution: das Beispiel der Zahlen	313
13.4	Wie sieht die Welt da draußen aus? Anders als es uns die Evolution lehrt	321
13.5	Wie kommt das Neue in die Welt? Die Kreativität des Einzelnen und des Kollektivs	329
	Literatur	334

14	Kreativität – vom Individuum zum Universum	337
14.1	Was wir kennen und bewundern: individuelle Kreativität	338
14.2	Kultur und Kreativität	347
14.3	Kreativität als Wesenszug der Evolution und des gesamten Universums .	362
14.4	Resümee: Ein EKO-Modell der Kreativität	367
	Literatur	371
15	Es werde Licht: Geist und Bewusstsein	373
15.1	Philosophische Ansätze	373
15.2	Bewusstsein	378
15.3	Geist und Geistiges, was ist das?	386
15.4	Das EKO-Modell des Bewusstseins	391
	Literatur	394
16	Von der Freiheit des Menschen: Chancen, die uns Evolution, Kultur und Ontogenese schenken	397
16.1	Freiheit in der Evolution	398
16.2	Freiheitsgrade in Kultur und Gesellschaft	403
16.3	Freiheit in der individuellen Entwicklung	409
16.4	Wille und Willensfreiheit	412
16.5	Wille und Willensfreiheit in der psychologischen Forschung	416
16.6	Freiheit als Verpflichtung für die Zukunft	421
	Literatur	427
	Personenverzeichnis	431
	Sachverzeichnis	437

Einleitung

In einer Zeit, in der täglich neue wissenschaftliche Befunde über den Menschen vorgestellt werden, schwankt man als Leser zwischen Extrempositionen. Der Mensch ist nichts als ein nackter Affe, nichts als ein Produkt der Gesellschaft, oder aber: der Mensch ist frei und selbstbestimmt, er ist ein Geistwesen mit einer Seele, die nach seinem Tod weiterexistiert. Wir erfahren auch, dass wir uns falsch ernähren, wenn man die evolutionäre Vergangenheit des Menschen betrachtet, dass wir länger leben, wenn wir religiös und kunstbeflissen sind, dass eine glückliche Ehe das Leben verlängert und Depression oder Ärger das Leben verkürzen. Das eine Mal wird also die Evolution bemüht, das andere Mal die individuelle Freiheit der Lebensgestaltung. Wer hat nun Recht, die Evolutionsbiologen, die Psychologen oder die Soziologen und Kulturwissenschaftler? Die Antwort lautet, sie haben alle Recht, aber nicht einzeln, sondern nur zusammen. Jede Sichtweise vom Menschen, die mit „der Mensch ist nichts als“ beginnt, ist falsch und irreführend. Es scheint daher an der Zeit, die drei unterschiedlichen und doch fruchtbaren Sichtweisen von Evolution, Kultur und individueller Entwicklung zusammenzuführen.

Dies wird im vorliegenden Buch versucht. Dabei werde ich eine Argumentation nutzen, die auf einem Modell basiert, das im Folgenden als EKO-Modell bezeichnet wird: E für Evolution, K für Kultur und O für Ontogenese. Es wird zu zeigen sein, dass jede einzelne Handlung und Erfahrung eines Menschen oder einer Gruppe von Menschen sich aus dem Zusammenwirken von Evolution, Kultur und Ontogenese erklären lässt. Oft handelt es sich um einen wohlabgestimmten Dreiklang, oft aber stehen die drei Säulen menschlichen Daseins auch im Widerspruch zueinander und führen deshalb zu gesellschaftlichen und individuellen Problemen und Störungen.

In den ersten Kapiteln wird die Entstehung des Menschen in der Evolution dargestellt, wobei der Tenor bereits auf dem Besonderen, dem Wunderbaren menschlichen Daseins liegt und dem generellen Pessimismus, dass wir nur eine vorübergehende kurze Episode in der Erdgeschichte bilden, widersprochen wird. Es folgt die Herausarbeitung eines Kulturverständnisses, das die Verknüpfung von Evolution und Kultur von Anfang an zugrunde legt, Kultur als evolutionäre Beigabe menschlichen Daseins versteht und sie als Rahmen betrachtet, der es uns sogar ermöglicht hat, die Schranken der Evolution zu überwinden.

Auf dieser Grundlage wird später das EKO-Modell konkretisiert. In den folgenden Kapiteln wird anhand der individuellen Entwicklung gezeigt, dass trotz unserer Biologie und soziokulturellen Determination Freiheitsgrade der Selbstgestaltung bestehen, die zum einen prinzipiell von jedem Menschen genutzt werden können, zum andern individuell und kulturell variieren, sodass sich Menschen und Kulturen hinsichtlich der Nutzung persönlicher Freiheitsgrade unterscheiden.

Danach wird das EKO-Modell auf einzelne ausgewählte Bereiche angewandt, zu denen Spiel, Ästhetik, Religion und Wissenschaft zählen. Kreativität ist in einer durch Evolution und Kultur determinierten Welt ein besonderes Phänomen, sie ist der entscheidende Motor des Fortschritts in der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung und doch geheimnisumwittert. Deshalb verdient sie ein eigenes Kapitel, das eine Einordnung des Phänomens in das EKO-Modell versucht.

Die Darstellung schreitet zu tieferen und schwierigeren Problemen weiter, der Frage, was Bewusstsein ist und wie es entsteht, dem derzeit viel diskutierten Problem der Willensfreiheit und schließlich dem Problem der Ethik. Es zeigt sich auch hier, dass das EKO-Modell hilfreich und weiterführend ist. In allen drei Bereichen lassen sich die evolutionären Wurzeln gut aufzeigen, wobei auch tabuisierte Bereiche nicht ausgeklammert werden können. Zu ihnen gehört vor allem die Auseinandersetzung mit der Kennzeichnung des Menschen als bösartigem und gefährlichem Tier, der notwendigen kulturellen und zivilisatorischen Zählung antisozialer Tendenzen, der vom Menschen erzeugten Umweltvernichtung und der gegenwärtigen totalen Ausbeutung von in Millionen Jahren entstandenen Ressourcen. Als Konsequenz wird eine neue Ethik gefordert, die zwar auf der bisherigen Ethik fußt, aber zu neuen Ufern vorstoßen muss, die wir noch nicht kennen.

Durch alle Kapitel zieht sich eine optimistische Position, deren Tenor ist: Wir sind besondere Lebewesen, vielleicht einmalig im gesamten Universum, wir haben es in der Hand, unsere Zukunft zu gestalten. Unser oberstes Ziel muss es sein, das Leben auf diesem Planeten zu schützen und zu erhalten, solange dies möglich ist. Der Mensch kann gar nicht so dumm sein, dass er sich selbst seine Lebensgrundlagen entzieht.

Vorspiel auf dem Olymp

Athene: Es hat sich viel getan auf der Erde in den letzten zweitausend Jahren. Ich bin neugierig, was die Menschen schon alles herausgefunden haben.

Aphrodite: Ich dachte, als Göttin der Weisheit und der Wissenschaften weißt du schon alles?

Athene: Nachdem wir Projektionen der Menschen sind, kann ich nicht mehr wissen als die Menschen, allerdings weiß ich dann so viel, wie alle Menschen zusammen, wenn ich mir Mühe gebe.

Dionysos: Mich interessiert vor allem, was die Menschen über die Natur wissen und wie sie sich als Naturwesen verstehen.

Apoll: Mich interessiert natürlich ihre Kultur: die Kunst, die Musik und die Dichtung.

Aphrodite: Dazu zählt auch die Liebeskunst!

Athene: Zur Kultur gehört noch viel mehr. Die Wissenschaft, die Ethik der Menschen, wie sie denken und welche Ziele sie haben. All das ist auch Kultur.

Aphrodite: Welche Sprache wollen wir wählen? Ich möchte, dass uns möglichst viele verstehen.

Athene: Ich denke, wir brauchen uns nicht mehr hinter der pompösen altgriechischen Sprache verbergen. Die verstehen die wenigsten, nicht mal die Griechen selber. Also reden wir einfach so, wie man heute spricht.

Apoll (naserümpfend): Also die Sprache der Bild-Zeitung.

Athene: Nicht ganz, vielleicht eine gehobene Zeitungs-Sprache.

Aphrodite: Mir ist es recht. Über Liebe und Schönheit kann man auch mit einfachen Worten reden.

Dionysos: Ob man damit die Geheimnisse der Natur beschreiben kann, bezweifle ich.

Athene: Es ist einen Versuch wert. Lasst uns sehen, was die Menschen über sich und die Natur herausgebracht haben.

Die Suche nach unserer Herkunft beginnt mit der Entstehung des Lebens. Wäre es nicht vor ca. 3,8 Mrd. Jahren in einer ganz primitiven Form entstanden, gäbe es uns nicht. Wir werden bei unserer Zeitreise bis zu den Anfängen des Lebens erfahren, dass die Chancen für unseren Auftritt in der Geschichte des Lebens äußerst gering waren. Mehrfach in der Erdgeschichte stand das Leben vor seiner völligen Auslöschung, und wenn andere Lebewesen uns nicht unfreiwillig Platz gemacht hätten, wäre unsere Entwicklung nicht möglich gewesen.

1.1 Die Bausteine des Lebens

Aus abiotisch-anorganischen Molekülen bildeten sich unter Einwirkung von Energie zunächst organische Verbindungen und präbiotische Moleküle, aus denen später erste Lebewesen hervorgingen.

In den heutigen Lebensformen spielen DNA (deutsch DNS: Desoxyribonukleinsäure) und RNA (deutsch RNS: Ribonukleinsäure) die entscheidende Rolle. Wenn heutige Zellen ein Protein bilden, kopieren sie das entsprechende Gen von der DNA in die RNA. Danach benutzen sie die RNA-Information als Bauanleitung für das Protein. Die DNA besteht bekanntlich aus zwei Strängen, die sich spiralförmig umeinander winden und die berühmte Doppelhelix bilden. Die Stränge bestehen aus Tausenden oder gar Millionen von Bausteinen – den Nukleotiden. Diese wiederum setzen sich aus den drei Komponenten: Zucker, einer Phosphatgruppe und einer Nukleinbase (einer stickstoffreichen Verbindung) zusammen. Für die Erbinformation sind ausschließlich die Nukleinbasen zuständig. Es gibt nur vier verschiedene Nukleinbasen, die das Alphabet der Erbinformation für alle Lebensformen bilden: Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) und Thymin (T). Bei der RNA steht Uracil (U) anstelle von T. Die vier Nukleinbasen paaren sich nach einer einfachen Regel: A verbindet sich immer mit T (bzw. U), G immer mit C. Diese Basenpaare bilden die Sprossen der spiralförmigen Leiter der DNA, der Doppelhelix (Abb. 1.1). Nur wenn diese

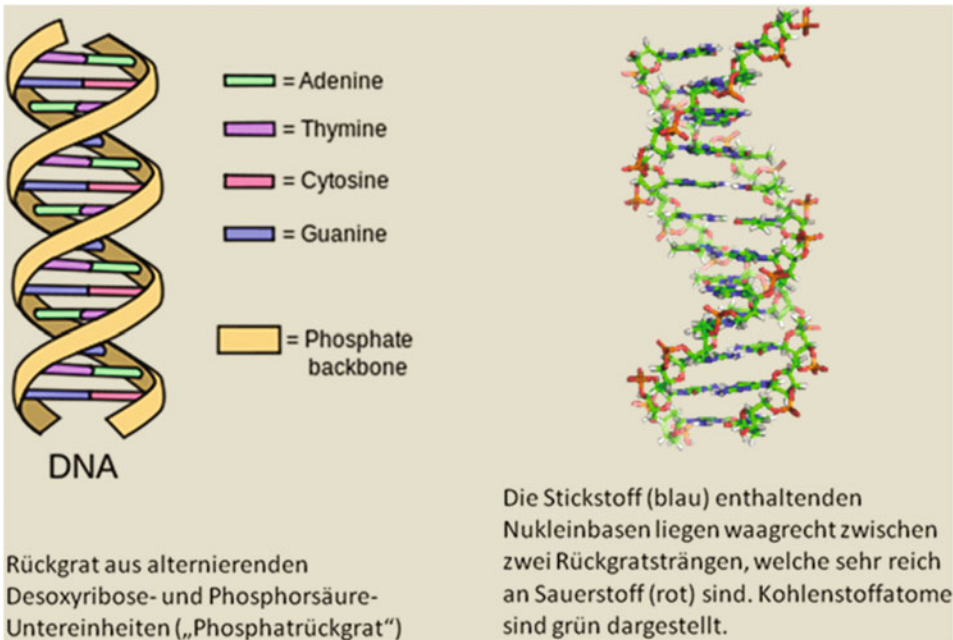


Abb. 1.1 Aufbau der Doppelhelix. *Links* die Anordnung der Basenpaare, die sich gegenüberstehen, *rechts* die bunt gekennzeichneten Nucleinbasen und dazwischen das aus Zucker und einer Phosphorgruppe bestehende Gerüst (Übernommen aus: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_simple.svg).

Paarung korrekt erfolgt, entstehen exakte Kopien. Die beiden anderen Komponenten, Zucker und Phosphat, bilden das Rückgrat, das Gerüst der beiden Stränge. Die Weitergabe allen Lebens auf unserem Planeten erfolgt durch die vier Nucleinbasen. Abbildung 1.1 zeigt die Doppelhelix mit den Nucleinbasenpaaren und dem Gerüst, das die Basen trägt.

Die beiden Stränge trennen sich vor der Zellteilung und lagern in der neuen Zelle jeweils frische DNA-Bausteine in der richtigen Reihenfolge an, bis wieder eine neue Doppelhelix entsteht, die mit dem Original übereinstimmt. Nun kann die DNA für die neue Zelle wieder Proteine nach dem oben genannten Muster aufbauen.

Das Problem für eine Erklärung der Entstehung dieser heutigen Art von Leben besteht darin, dass die DNA-Doppelhelix zu ihrer Verdopplung eine Reihe von Proteinen benötigt: eine Klasse von großen Molekülen, die aus 20 Aminosäuren bestehen. Proteine sind gewissermaßen Handwerker der Zellen mit einer Vielfalt von Aufgaben. Bekannte Vertreter der Proteine sind die Enzyme. Unter anderem beschleunigen sie als Katalysatoren chemische Prozesse. Die Bauanleitung für die Proteine steht aber in der DNA. So erhebt sich die Frage nach der Henne und dem Ei (Shapiro 2007). Die DNA benötigt die Proteine, muss sie aber erst selbst erzeugen, weil nur sie die Bauanleitung für Proteine besitzt.

Die spontane Bildung einer DNA-Doppelhelix ist so unwahrscheinlich, dass die Forscher nach anderen Erklärungen suchen. Der Zoologe und Evolutionswissenschaftler Thorpe (zitiert nach Schätzing 2007, S. 65) meint zum Beispiel, dass die Chance zur

Entstehung des Lebens der Wahrscheinlichkeit entspricht, dass ein Affe beim zufälligen Herumschlagen auf der Schreibmaschine ein Werk William Shakespeares zustande bringt.

1.2 Wie entstand Leben?

Zur Definition von Leben

Bevor wir der Frage nachgehen, wie das Leben entstanden sein könnte, gilt es zu klären, was Leben überhaupt ist. Ein Lebewesen ist ein sich selbst erhaltendes chemisches System. Es ist in der Lage, sich selbst zu reproduzieren. Würden wir einen Computer konstruieren, der sich selbst reproduzieren kann, also aus vorhandenen Materialien einen neuen völlig gleichen Computer baut, so fielen diese Leistung dennoch nicht unter die Definition von Leben, so wie wir sie im Folgenden verstehen wollen. Leben ist an organische Moleküle gebunden, die einen hohen Komplexitätsgrad aufweisen. Darüber hinaus lässt sich Leben als Prozess auffassen, der gegen die Entropie gerichtet ist. Hierzu bedarf es einer Erläuterung. Das zweite thermodynamische Grundgesetz besagt, dass sich der gesamte Kosmos in Richtung auf wachsende Entropie, das heißt auf wachsende Unordnung hin bewegt. Energetisch verläuft die Richtung von höherer Energieform zu niedrigerer, also etwa von Elektrizität zu Wärme. Entropie als wachsende Unordnung kann man mit Greene (2004) durch ein Bild veranschaulichen. Stellen Sie sich vor, Sie hätten ein Buch mit 1.000 Seiten vor sich, dessen Blätter aber nicht gebunden sind, sondern lose aufeinanderliegen. Nun werfen Sie den Stoß auf den Boden. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Blätter der Reihe nach geordnet am Boden wiederfinden, ist nahezu gleich Null. Wenn Sie die Blätter ungeordnet einsammeln und wieder zu Boden flattern lassen, wird sich die Unordnung nicht verringern, sondern noch vergrößern. Im Großen gesehen, bewegen sich die Prozesse analog im Universum in Richtung wachsender Unordnung. Dennoch stemmen sich manche Vorgänge gegen dieses eherne Gesetz. Dazu gehört auch das Leben. Durch Energiezufuhr erreicht es einen Zustand hoher Ordnung. Aber dadurch, dass lebende Organismen höhere Formen von Energie aufnehmen und niedrige Formen der Energie abgeben, z. B. Muskelkraft und Wärme, gehorchen sie letztlich dennoch dem Entropiegesetz.

Schritte auf dem Weg zum Leben

Kehren wir nun zur ersten Definition des Lebens zurück. Das Leben ist an organische Moleküle gebunden. So lautet die erste Frage: Wie haben sich chemische Prozesse, die das Leben bestimmen, also zur Reproduktion der Zelle führen, entwickeln können? Man kann drei Stufen unterscheiden:

1. die chemische Evolution,
2. die Evolution chemischer Systeme mit Replikation und Stoffwechsel sowie Weitergabe von Information und schließlich

3. die Evolution von Zellen oder Bakterien mit den Merkmalen von Stoffwechsel, Fortpflanzung und Informationsweitergabe.

Die spontane Bildung von DNA gleicht der Wahrscheinlichkeit, dass sich die losen Seiten eines umfangreichen Buches durch Zufall wieder richtig zusammen ordnen. Deshalb sucht man nach Alternativerklärungen. Es gibt zwei von ihnen, die wir etwas näher kennenlernen wollen, nämlich die Annahme „RNA zuerst“ oder die Hypothese „Stoffwechsel zuerst“.

Stoffwechsel zuerst

Das Modell „Stoffwechsel zuerst“ wird unter anderen von Shapiro (2007) vertreten. Er hält die zufällige Entstehung eines reproduktionsfähigen Moleküls für extrem unwahrscheinlich und nimmt stattdessen an, dass das Leben seinen Anfang bei natürlicherweise vorhandenen Molekülen hat. Diese können sich zu energiegetriebenen Netzwerken chemischer Reaktionen zusammenschließen. Frühe Lebensformen hatten zwar Stoffwechsel, aber noch keinen Mechanismus der Vererbung. Dieser hat sich erst auf dem Weg über komplexere Zyklen zu Polymeren (langen Molekülketten) gebildet, sodass der Replikator erst am Ende, nicht am Anfang der Entstehung des Lebens steht.

Eine interessante Hypothese zum Übergang zwischen chemischer Evolution und biotischer Evolution stammt von dem Nobelpreisträger Manfred Eigen, der mit Ruthild Winkler (1976) und Peter Schuster (1979) die Idee der Entstehung von Hyperzyklen vorstellte. Bei einem Hyperzyklus, so die Annahme, sind RNA-Moleküle und Proteinmoleküle beteiligt. Die RNA-Moleküle wirken als Katalysatoren bei der Bildung von Proteinen, und die Proteine wirken als Katalysatoren bei der Bildung von RNA-Molekülen. Es gibt also eine Rückkoppelung zwischen beiden Molekülarten. Man sagt auch, sie kooperieren. Nun kann es bei der Replikation der RNA Fehler geben, also Mutationen. Auf diese Weise können neue RNA-Moleküle geboren werden und eine Art neuer Spezies bilden, die Quasispezies genannt wird, weil es ja noch nicht um Zellen geht, die durch Mutation neue Arten bilden. Hyperzyklen weisen bereits Eigenschaften von Lebewesen auf: Selbstvermehrung, Weitergabe von Information und Stoffwechsel. Mathematisch beschrieben ist dieser Erklärungsansatz in der Theorie der Quasispezies.

RNA zuerst

Das Modell „RNA zuerst“ vertritt z. B. der Nobelpreisträger Walter Gilbert. Er schrieb 1986 in der Zeitschrift Nature: „Man kann sich eine Lebenswelt vorstellen, in der es nur RNA-Moleküle gibt. Diese katalysierten die Synthese ihrer eigenen Kopien. Der erste Schritt wäre also eine Entstehung von RNA-Molekülen mit der Fähigkeit, aus einer Nukleotid-Suppe Abbilder ihrer selbst zusammenzubauen.“

Auch dieses Modell kann sich auf experimentelle Daten stützen. Ricardo und Szostak vom Howard Hughes Medical Institute in Harvard (2010) gehen wie viele andere Forscher

davon aus, dass nicht die DNA, sondern die RNA zuerst auftrat und meinen, dass das Erb-molekül RNA aus Chemikalien entstehen konnte, die auf der Erde vor fast vier Milliarden Jahren vorhanden waren. Experimente legen die Hypothese nahe, dass primitive Zellen am Ursprung des Lebens standen, die sich selbst reproduzieren konnten. Zunächst waren diese „Zellen“ nichts anderes als wassergefüllte Bläschen, die entstehen, wenn Fettsäuren spontan eine Membran bilden. Manche enthielten, so die Forscher, RNA-ähnliche Moleküle, die sich unter günstigen Bedingungen als Polymere aus einer Kette von Nuklotiden bildeten. Entscheidend war dabei der Wechsel dieser Zellen vom kalten ins heiße Wasser und wieder zurück ins kalte. Dies könne in der Frühzeit der Erdgeschichte, in denen ein Gewässer an einer Stelle mit Eis bedeckt war und an anderen Stellen durch vulkanische Tätigkeit auf mehrere hundert Grad erhitzt wurde, eine durchaus häufige Bedingung gewesen sein. Den Weg dieser Entwicklung schildern Ricardo und Szostak in fünf Schritten:

1. Nukleotide dringen auf der kalten Wasserseite in die Protozelle ein (oder werden von der Zelle bei ihrer Bildung eingeschlossen);
2. es entsteht ein RNA-Doppelstrang;
3. wenn die Zelle (das Bläschen) ins heiße Wasser gelangt, spaltet sich der Doppelstrang in zwei Einzelstränge auf;
4. die Membran nimmt neue Fettsäuren auf und wächst;
5. die Protozelle teilt sich in zwei Tochterzellen, diese wiederholen den Zyklus von (1) bis (4).

Wie aber konnten sich überhaupt RNA-Stränge bilden, die Zehntausende oder Millionen von Nukleotiden enthalten, wie konnte es zu so langen Ketten kommen? Als eine Möglichkeit sehen die Forscher die Adhäsionsbildung an, die z. B. zwischen mikroskopisch dünnen Tonschichten die Nukleotide aneinander kettete. Einige RNA-Sequenzen mutierten zu Ribozymen, die dann die RNA auch ohne äußere Hilfe (Wechsel vom kalten ins heißes Wasser und zurück) kopieren konnten. Die Bezeichnung Ribozym setzt sich zusammen aus Ribonukleinsäure (RNA) und Enzym. Ribozyme sind RNA-Moleküle, die wie Enzyme chemische Reaktionen katalysieren. Irgendwann wirken komplexe RNA-Systeme also als Katalysatoren und beginnen, Gene (RNA-Nukleotidsequenzen) in Proteine (Ketten von Aminosäuren) zu übersetzen. Proteine dominieren allmählich, Enzyme aus Proteinen wirken als bessere Katalysatoren, und andere Enzyme beginnen, DNA herzustellen. Damit erhält die Zelle nun einen robusten Träger von Erbinformation. Die Autoren versuchen übrigens gegenwärtig, auf dieser Basis Leben künstlich (chemisch) herzustellen.

Leben aus der Tiefsee

Was den optimalen Ort der Bildung von Leben anlangt, findet die größte Sympathie derzeit die Annahme, dass das Leben in der Tiefsee entstanden ist. Den Ausgangspunkt für diese Theorie lieferte in den achtziger Jahren die Entdeckung von „schwarzen Rauchern“. Dabei handelt es sich um noch heute existierende Schloten in der Nähe von auseinander

driftenden Kontinentalplatten in den Ozeanen, die mineralhaltiges heißes Wasser aus dem Erdinneren entweichen lassen. Obwohl das Wasser bis 350 °C heiß ist und ein sehr hoher Druck herrscht, fand man gerade hier völlig unerwartet kleinste primitive Lebensformen in Gestalt von Bakterien, die nur in dieser Umgebung gedeihen können. Es handelt sich um die Archäobakterien. Im Atlantik nördlich von Island spürte der Regensburger Mikrobiologe Karl Stetter mit seinem Forscherteam (Huber et al. 2006) das kleinste bisher bekannte Lebewesen auf: das Nanoarchaeum equitans, ein Archäobakterium. So ähnlich muss das erste Lebewesen vor 3,8 oder 3.5 Mrd. Jahren (die Zeitschätzungen sind verschieden) ausgesehen haben. In Laborversuchen wurden nun durch hohe Drücke und Temperaturen die Tiefseebedingungen in der Nähe von schwarzen Rauchern nachgestellt. Dabei entstanden Molekülverbindungen, die entfernte Ähnlichkeit mit einer Zelle hatten, eine zellartige Membran besaßen und eine Art von Wachstum und Vermehrung zeigten. Obwohl es für heutiges Leben an den heißen Tiefseeschloten sehr unwirtlich zugeht, waren die ersten Lebensformen in der Tiefsee vor der damals viel intensiveren UV-Strahlung, vor Blitzeinschlägen und selbst vor Meteoriteneinschlägen weitgehend geschützt. William Martin von der Universität Düsseldorf und Michael Russell vom Scottish Universities Environmental Research Centre in Glasgow (2003) schlagen eine Reihe von Teilschritten für die Entstehung des Lebens an heißen Schloten vor. Irgendwann, so ihre Vermutung, habe sich aus den Biomolekülen eine erste eigenständige Zelle gebildet. Sie nehmen an, dass sich das Leben in mineralischen „Brutzellen“ aus Eisen und Schwefel entwickelt hat, die sich zu Milliarden an den hydrothermalen Quellen der Schlotte sammelten. Mit einer festen Zellmembran konnten sie die Schlotte verlassen und ins Meer hinaus vordringen. Mittlerweile ist diese mögliche Quelle des Lebens versiegt. Das Eisen, das zur Bildung der Steinzellen gebraucht wird, hat sich mit der Ausbreitung des Sauerstoffs in der Welt zu großen Teilen chemisch verändert, aus zweiwertigen Eisenionen wurden dreiwertige.

War nun die Entstehung des Lebens ein Zufall, der sich trotz extrem geringer Wahrscheinlichkeit ereignet hat, oder tritt Leben zwangsläufig auf, wenn es die dafür nötigen Bedingungen des Vorhandenseins von chemischen Stoffen, der Verkettung von Molekülen, der Energiezufuhr und chemischer Reaktionen gibt? Christian de Duve (1995) und Shapiro (2007) meinen, dass das Leben zwangsläufig früher oder später im Kosmos entstehen muss.

Wer auch immer recht hat, nach jetzigem Wissen entstand das Leben in der uns bekannten Form nur in der Frühzeit der Erdgeschichte und dann nicht mehr. So sehr wahrscheinlich kann also die Entstehung des Lebens nicht sein, denn später gab es nach heutigem Wissen die Bedingungen, die zum Leben geführt haben, auf der Erde nicht mehr. Daher müssen wir gegenwärtig davon ausgehen, dass die Entstehung von Leben nur damals geschah und sich nicht wiederholt hat, ein Geschehen, das trotz seiner sehr geringen Wahrscheinlichkeit erfolgreich war. Es ist schier unbegreiflich, dass am Ende der langen Evolutionskette der Mensch steht. Wer wollte da trotz der vielen Kränkungen, die das Menschenbild angeblich durch die Wissenschaft erfahren hat, nicht in Staunen verfallen?

1.3 Die Entwicklung höherer Lebensformen – ein Streifzug

Vom Einzeller zum Mehrzeller

Höhere Lebensformen bedeuten die Vergesellschaftung von Einzellern zu einem gemeinsamen Lebenssystem, den Mehrzellern. Mehr als 700 Mio. Jahre nach Entstehung der Erde gab es kein Leben, wohl aber schon organische Moleküle, die die Voraussetzung von Leben bilden. Die Entwicklung komplexer organischer Moleküle bezeichnet man auch als chemische Evolution. Sie kam vor der biologischen Evolution. Zwischen der chemischen und biologischen Evolution werden die oben beschriebenen Hyperzyklen als Erklärungsmöglichkeit für die Entstehung sich selbst replizierender chemischer Systeme angeboten. Danach kam es, wie bereits erläutert, zur Bildung von sich replizierenden Zellen. 1,3 Mrd. Jahre gab es nur einzellige Lebewesen bzw. Bakterien. Sie erwiesen sich als sehr robust und vermehrten sich in einem ungeheuren Ausmaß, sodass sie die Erde und ihre Atmosphäre veränderten. Die Cyanobakterien ernährten sich von Wasserstoff und produzierten Sauerstoff, der für das bisherige Leben giftig war. Also mussten sich die Lebewesen den neuen Bedingungen anpassen.

Dennoch ist die Tatsache der Entstehung des höheren Lebens immer noch ein Rätsel. Es lohnt, die wunderbare und verschlungene Entwicklung des Lebens etwas näher in Augenschein zu nehmen. Die Prokarioten (Archäen und Bakterien) scheinen die frühesten Zellen zu sein. Sie besaßen noch keinen Zellkern. Die bereits genannten Archäen gehören zu dieser Lebensform. Dennoch gab es bei ihnen auch schon Zellen, die zur Photosynthese fähig waren: die Cyanobakterien. Sie sind heute noch als Stromatholiten vorhanden. Die Eukarioten besaßen bereits einen Zellkern und wurden tausendmal so groß wie die Archäen. Zu ihnen gehören die als Rädertierchen und Geißeltierchen bekannten Einzeller. Schließlich folgen die Mehrzeller, aus denen das gesamte Tier- und Pflanzenreich hervorgeht. Dabei ist anzumerken, dass die Pilze neben den Tieren und Pflanzen eine eigenständige Lebensform darstellen.

Abbildung 1.2 kennzeichnet in einer schematisierten Darstellung nach Doolittle (2000) den Stammbaum des Lebens. Aus einer kleinen Zelle ohne Zellkern (Urgemeinschaft primitiver Zellen, s. am Stammbaum unten) entstehen zwei kernlose (prokaryotische) Gruppen, die Bakterien und die Archäen. Aus den Archäen und Bakterien (die zu den Mitochondrien in der Zelle werden) entwickeln sich die Eukarioten, das sind bereits Zellen mit Zellkern. Diese bilden die Ausgangsbasis für die Vielzeller, die Pflanzen, Pilze und Tiere. Doolittle versucht, die dabei noch auftauchenden Widersprüche durch eine Erweiterung des Modells zu kompensieren. Nicht von einem einzigen Urzellentyp stammt seiner Meinung nach das Leben ab, sondern es entspringt aus einer Urgemeinschaft primitiver Zellen. Damit wird der Stammbaum des Lebens zu einem Pilzgeflecht. Seine Wurzeln bildet eine Vielzahl von Arten primitiver Zellen (Abb. 1.2).

Alles schön und gut. Aber wenn sich die einzelligen Lebewesen 1,3 Mrd. Jahre wohlgefühlt haben, warum entwickelten sich dann überhaupt Vielzeller, also Pilze, Tiere und

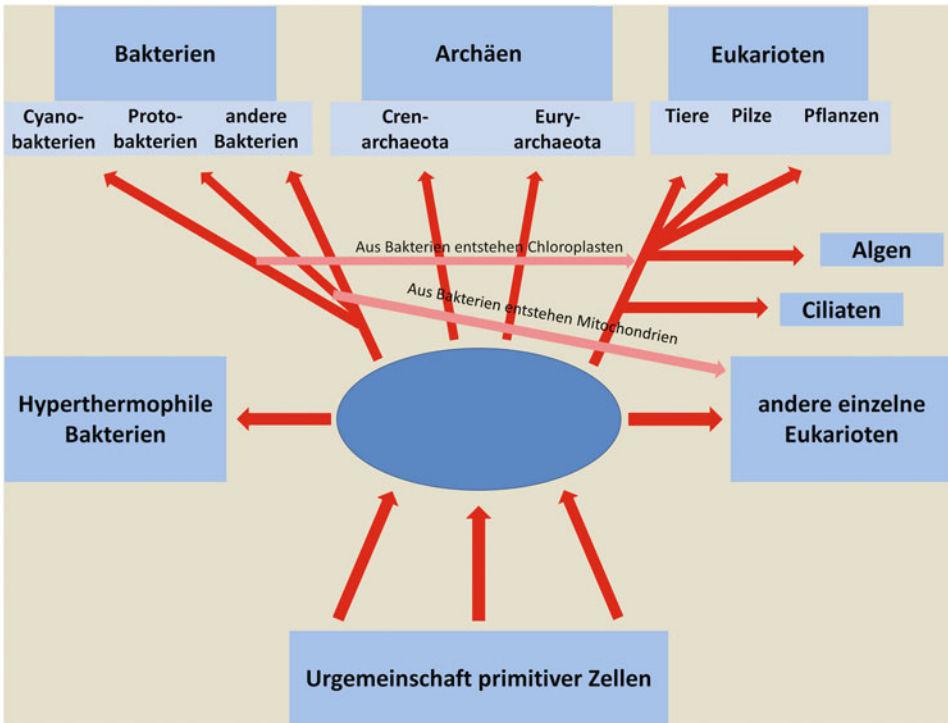


Abb. 1.2 Stammbaum des Lebens aus einer Urgemeinschaft primitiver Zellen. (Oerter, verändert nach Doolittle 2000, S. 57)

Pflanzen? Warum ging das Leben nicht einfach so weiter wie bisher? Was trieb die Evolution voran?

Evolutionsbiologen erklären die Entstehung vielzelliger Lebewesen als Ergebnis eines Selektionsvorteils. Im Verbund ist man stärker als allein. Außerdem müssen natürlich Voraussetzungen für die Bildung von Zellverbänden gegeben sein. So benutzen die Mehrzeller einzellige Lebewesen als Nahrung, und wenn sie zu großen Zellverbänden zusammenschließen, auch kleinere mehrzellige Lebewesen. Pflanzliches Leben braucht diese Nahrungskette nicht, es wandelt bekanntlich CO_2 und Wasser, das in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird, mit Hilfe des Lichtes in Zucker um.

Ein Streifzug durch die Entwicklung von Organismen

Wenden wir uns nun der Entwicklung des mehrzelligen Lebens im Laufe der Erdgeschichte zu. Tabelle 1.1 präsentiert einen Überblick, in dem die Erdzeitalter den jeweiligen Lebensformen, die in ihnen entstanden und dort vorherrschten, gegenübergestellt sind. (Zur genaueren Information s. Dawkins 2009). Im Proterozoikum, der letzten Phase der Erdzeit (Präkambrium) entstehen im Laufe von mehr als einer Milliarde Jahren die ersten

Tab. 1.1 Überblick über die Erdzeitalter und die Lebensformen, die sich in ihnen entwickelten

Erdzeitalter	Dauer in Millionen Jahren vor der Jetztzeit ^a	Lebensformen (Auswahl)
<i>ERDNEUZEIT</i> (Känozoikum oder Neozoikum)		
Quartär	1,8 bis heute	Eiszeitliche Tier- und Pflanzenwelt, heutige Flora und Fauna
Paläogen und Neogen (Tertiär)	65–1,8	Radiation der Säugetiere; erste Primaten und Hominiden, Blütenpflanzen
<i>ERDMITTELALTER</i> (Mesozoikum)		
Kreide	137–65	Entwicklung der Bedecktsamer, Ammoniten sterben aus; am Ende der Epoche Aussterben der Dinosaurier; erste Vögel, erste Blütenpflanzen (Gräser, Eichen, Pappeln)
Jura	195–137	Radiation der Dinosaurier, Ammoniten, Belemniten, Palmfarne
Trias	230–195	Erste Säugetiere, Dinosaurier und Flugsaurier, Ammoniten; Nadelbäume
<i>ERDALTZZEIT</i> (Paläozoikum)		
Perm	285–250	Radiation der Reptilien, säugetierähnliche Reptilien; Samenfarne
Karbon	350–295	Radiation der Amphibien, erste geflügelte Insekten; Bildung der großen Kohlelager
Devon	405–355	Farne, Schachtelhalme und Bärlapp; Arthropoden und Wirbeltiere erobern das Land
Silur	440–405	Erste Landpflanzen, Radiation der Fische
Ordovizium	500–440	Kopffüßler, erste kiefertragende Fische
Kambrium	570–500	„Burgess-Fauna“, Arthropoden, Chordaten, Wirbeltiere (kieferlose Fische)
<i>PRÄKAMBRIUM</i> (Erdurzeit)		
Proterozoikum	2500–570	Pilze, erste vielzellige Tiere: Hohltiere, Bilateria (Ediacara-Fauna)
Archaikum	3800–2500	Einzelliges Leben entsteht: Prokarioten (Archäen, Bakterien, Cyanobakterien), Eukarioten (Zellen mit Zellkern)
Hadaikum	4600–3800	Kein Leben, aber chemische Evolution (Entstehung organischer Verbindungen)

^a Die Zeitangaben schwanken stark von Autor zu Autor und von Lehrbuch zu Lehrbuch, da die Einteilung sich hauptsächlich nach großen Erdkatastrophen richtet, die eine Ära beenden und eine neue beginnen lassen

vielzelligem Lebewesen, unter anderem die Pilze und eine Fauna, die zum größten Teil später wieder ausgestorben ist: die sogenannte Ediacara-Fauna, benannt nach dem Erdzeitalter Ediacarium, das seinen Namen von den Ediacara-Hügeln in den Flinders Range in Südaustralien erhalten hat. Besonders Aufregendes ereignete sich dann im Kambrium, in dem es geradezu eine Explosion von Tierarten gab. Da das Kambrium 70 Mio. Jahre währte, darf man sich die Explosion allerdings nicht zu wörtlich vorstellen. Den sensationellen Fund dieser vielen neuen Tierarten machte der Paläologe Charles Walcott im Burgess-Schiefer in Kanada. Es gibt die Anekdote, dass das Pferd seiner Frau über einen Felsbrocken stolperte. Als Charles Walcott den Felsbrocken zerschlug, um damit den Pfad sicherer zu machen, legte er ein unbekanntes Fossil frei.

Whittington begann, zusammen mit seinen Studenten Derek Briggs und Simon Conway Morris von der University of Cambridge, eine gründliche Neuuntersuchung der Fossilien des Burgess-Schiefers und entdeckte, dass die damalige Tierwelt deutlich diverser und ungewöhnlicher war, als Walcott angenommen hatte (s. Briggs et al. 1995). Viele der gefundenen Fossilien besaßen sonderbare anatomische Eigenschaften und kaum Ähnlichkeiten mit modernen Tieren. Beispielsweise ist Opabinia mit fünf Augen und einer rüsselartig verlängerten Kopfpartie ausgestattet. Das Buch *Wonderful Life*, veröffentlicht 1989 von Stephen Jay Gould, machte die Fossilien des Burgess-Schiefers einer breiten Öffentlichkeit bekannt. Gould war der Überzeugung, dass die kambrische Umwelt weitaus formenreicher war als die heutige, und dass viele der einzigartigen Abstammungslinien evolutionäre Experimente darstellen, die später verloren gingen. Heute sieht man die sensationellen Funde allerdings etwas nüchterner. *Hallucigenia* wurde ursprünglich mit der Oberseite nach unten rekonstruiert und lief auf seinen beidseitig-symmetrisch angeordneten Stacheln. Mittlerweile meint man, dass das Tier sich auf am Rumpf befestigten fleischigen Fortsätzen fortbewegte und so den heutigen Stummelfüßlern ähnelt. *Nectocaris* hatte man zunächst Flossen und Schale zugeordnet, inzwischen wurde es als früher Kopffüßler identifiziert. Da man neuerdings ähnliche Fossilienlager in weit entfernten Teilen der Welt gefunden hat, lässt sich auch die Metapher von der „kambrischen Explosion“ nicht mehr halten. Eine solch weite Verbreitung spricht dafür, dass sich die Artenvielfalt des Kambrium bereit zuvor entwickelt und ausgebreitet haben muss.

Dennoch zeigt sich hier, dass die Evolution keine geradlinige Entwicklung darstellt, sondern aufgrund der klimatischen Bedingungen und des jeweiligen Kampfes ums Dasein vielfältige und verschlungene Wege geht. Es starben im Laufe der Erdgeschichte mehr Tierarten aus als neue hinzutraten.

Im Silur erscheinen die ersten Landpflanzen, es kommt zu einer großen Ausbreitung und Artenvermehrung (Radiation) der Fische. Im Devon gedeihen Farne, Schachtelhalme und Bärlapp; Arthropoden und Wirbeltiere erobern das Land. Im Karbon, in dem sich die großen Kohlelager bildeten, treten die Amphibien die Herrschaft an, und es gibt die ersten geflügelten Insekten. Im Perm findet man die Radiation der Reptilien sowie der besonderen Form säugetierähnlicher Reptilien.

Erst im Erdmittelalter, in der Trias finden sich die ersten Säugetiere, die aber noch eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Die Dinosaurier und Flugsaurier treten auf den Plan,

und die großen Schalentiere, die Ammoniten erobern das Meer. In der darauffolgenden Epoche, dem Jura, erlangen die Dinosaurier ihre große Verbreitung. Aus den Flugsauriern entwickeln sich bereits die ersten Vögel. Es ist dies auch die große Zeit der Ammoniten und Belemniten, deren Versteinerungen wir heute noch bestaunen.

In der nächsten Epoche, der Kreidezeit entwickeln sich die Bedecktsamer, und am Ende dieser Epoche sterben die Dinosaurier aus. Es gibt die ersten Blütenpflanzen und Laubbäume wie Eichen und Pappeln können Fuß fassen. Die Ammoniten sterben aus, was weniger Beachtung findet als das große Sterben der Saurier. Vielleicht verdanken wir diesem Massensterben vor ca. 65 Mio. Jahren unser Dasein, denn in der nächsten Epoche, dem Terziär (heute in Paläogen und Neogen unterteilt), kommt die große Zeit der Säugetiere. Gegen Ende dieser Epoche treten die Primaten auf und später die Hominiden, auf die wir selbstredend noch genauer zu sprechen kommen. Die Blütenpflanzen breiten sich aus. Schließlich und endlich kommen wir zur heutigen Epoche, die sich seit 1,8 Mio. Jahren bis zur Jetztzeit erstreckt. Es entwickelt sich die eiszeitliche Tier- und Pflanzenwelt in Anpassung an veränderte klimatische Verhältnisse und danach die heutige Flora und Fauna.

Britische Geologen plädieren dafür, ein neues Erdzeitalter beginnen zu lassen: das „Anthropozän“. Den Forschern zufolge soll damit dem massiven Einwirken des Menschen auf die Umwelt Rechnung getragen werden, das inzwischen eine den natürlichen Einflüssen vergleichbare Dimension erreicht hat. Tabelle 1.1 bringt die Erdzeitalter und die jeweils vorherrschende Fauna und Flora im Überblick.

Erdkatastrophen und Eiszeiten

In den letzten 10.000 Jahren hat die Menschheit eine erdgeschichtlich friedliche Zeit erlebt. Es gab keine extremen Klimaschwankungen, keine Einschläge von großen Meteoriten, und die grimmige Eiszeit, in der wir uns eigentlich noch befinden, gewährt uns eine Pause. Diese im Vergleich zu den großen Erdkatastrophen geradezu paradisische Zeit ist wohl auch dafür verantwortlich, dass die menschliche Kultur ab da rasche Fortschritte machte und in den letzten beiden Jahrhunderten mit der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung geradezu einen explosionsartigen Zuwachs an Wissen und Umweltbeherrschung erreicht hat. Solange die früheren Katastrophen der Erdgeschichte sich nicht noch mal in ähnlicher Form wiederholen, können wir relativ getrost in die Zukunft schauen. Wenn wir allerdings die von uns selbst verursachte Klimakatastrophe nicht in den Griff bekommen, zerstören wir eigenhändig die Bedingungen, die unsere kulturelle Entwicklung erst ermöglicht haben. Wir wollen uns einen kurzen Überblick über vergangene Erdkatastrophen und Eiszeiten verschaffen, weil sich dadurch eine bessere Bewertung unserer heutigen Situation ergibt.

Vor ca. 4,2 Mrd. Jahren rammte Theia, ein riesiger Meteor, die Erde. Sie erfährt dadurch eine Zunahme an Masse und aus dem Trümmerring entsteht unser Mond. Diese Katastrophe erwies sich als großer Vorteil! Die Zunahme an Masse und das Geschenk eines Trabanten bewirkten eine Stabilisierung der Erdumdrehung, wodurch erst die bereits geschilderte Entwicklung des Lebens möglich wurde.

Tab. 1.2 Eiszeiten und ungefähre Angabe ihrer Dauer. (Die Zeitangaben schwanken je nach Autor und Lehrbuch)

Name	Dauer (Mio. Jahre)	Erdzeitalter	Ära
Huronische Eiszeit	2400–2100	Siderium und Hyacium	Paläoproterozoikum
Voranger-Eiszeit	800–635	Cryogenium	Neoproterozoikum
Anden-Sahara-Eiszeit	450–420	Ordovizium und Silur	Paläozoikum
Karoo-Eiszeit	360–260	Karbon und Perm	Paläozoikum
Letzte Eiszeit	30 bis heute	Neogen und Quartär	Känozoikum

Eine über 165 Mio. Jahre währende Katastrophe bildete die Voranger-Eiszeit. Vor ca. 800–635 Mio. Jahren war die gesamte Erde (eventuell mit Ausnahme eines schmalen Streifens am Äquator) mit Eis bedeckt. Nahezu alles Leben wurde vernichtet. Vor ca. 440 Mio. Jahren, nach dem Ende des Kambrium und zu Beginn des Ordoviziums, kam es dann zum zweitgrößten Artensterben der Erdgeschichte. Ursache hierfür war vermutlich der Gammablitz einer Supernova und dazu noch ein Asteroideneinschlag. Vor 360 Mio. Jahren, am Ende des Devon, starb die Hälfte des marinen Lebens aus, in tropischen Regionen sogar drei Viertel. Vermutlich war daran wieder ein Meteoriteneinschlag schuld, verbunden mit einer Vereisung großer Teile der Erdoberfläche (Karoo-Eiszeit). Danach setzte das Karbon ein. Vor 250 Mio. Jahren, am Ende des Perm, starben 95 % der Makroorganismen aus, Bakterien vergifteten die Atmosphäre. Dies war nach Ansicht der meisten Forscher das größte Massensterben der Erdgeschichte. Die vermutete Ursache: sibirischer Vulkanismus zusammen mit einem weiteren großen Meteoriteneinschlag.

Vor 65 Mio. Jahren, am Ende der Kreidezeit, trifft wieder ein Meteor die Erde (der Krater ist auf Yukatan nachweisbar). 5–10 Jahre gab es kein Sonnenlicht, 2.000 Jahre war es bitterkalt, ein globaler Winter brach ein. Diese Katastrophe war für das Aussterben der Saurier verantwortlich. Nur kleine Lebewesen konnten an Land überleben. Auch zwei Drittel der hochentwickelten Insekten sterben aus. Danach setzt der Siegeszug der Säugetiere ein.

Die Einteilung der Erdzeitalter ist mit den Erdkatastrophen verbunden: fast jede Ära beginnt nach einer Katastrophe und endet mit einer Katastrophe.

Tabelle 1.2 vermittelt einen Überblick über die Eiszeiten in der Erdgeschichte. Wie man aus der Tabelle ersieht, dauerten sie jeweils viele Millionen Jahre. Die gewaltigste unter ihnen war, wie oben erläutert, die Voranger-Eiszeit.

Von der Zelle zur Zivilisation

Das Anliegen dieses Buches ist es, Evolution, Kultur und individuelle Entwicklung zusammenzuführen. Daher interessieren Versuche um Prinzipien, die für alle drei Bereiche gelten. Enrico Coen (2012) hat einen solchen Versuch unternommen. Seine sieben Grundprinzipien gelten seiner Meinung nach gleichermaßen für Biologie und Evolution sowie für Kultur und Gesellschaft. Sie lassen sich aber genauso auf die Ontogenese des Menschen anwenden; eine Möglichkeit, die Coen nicht nutzt, aber für unsere Fragestellung von Be-

deutung ist. Die Prinzipien lauten: Variabilität, kombinatorischer Reichtum, Persistenz, Verstärkung, Wettbewerb, Kooperation sowie Rekurrenz.

Variabilität bezieht sich zunächst auf biologische Merkmale, die in einer Population in verschiedenen Versionen auftritt. Gleiches gilt für Merkmale in der Gesellschaft und für die Varianz von Verhaltensmerkmalen in der individuellen Entwicklung. Der *kombinatorische Reichtum* ergibt sich aus der Tatsache, dass mehrere verschiedene Merkmale außerordentlich viele Kombinationen ermöglichen. Dieser Aspekt wirkt sich in allen komplexen Systemen aus, so auch in Gesellschaft und Ontogenese. *Persistenz* wirkt der Beliebigkeit solcher Kombinationsmöglichkeit durch ein gewisses Beharrungsvermögen entgegen. Die DNA wird in der Regel genau kopiert, gesellschaftliches Wissen und kulturelle Traditionen werden aufrechterhalten, und in der Ontogenese bildet die Identität, die sich als immer die gleiche im Lebenslauf begreift, einen stabilisierenden Faktor. *Verstärkung* bezieht sich bei Coen auf die Durchsetzung neuer Merkmale, die durch Mutation entstanden sind. Analog verstärken sich in der Gesellschaft und bei Individuum abweichende Merkmale, wenn die jeweilige Umwelt einen geeigneten Nährboden für die neuen Merkmale bildet. *Wettbewerb* zeigt sich als „Kampf ums Dasein“ auf der rein biologischen Ebene, zwischen Gesellschaften und gesellschaftlichen Gruppen als normierte Interaktion oder als Krieg und Revolution und schließlich zwischen Individuen in Form der Karriere-Biografie des Gewinnens oder Verlierens. *Kooperation* als Gegenstück zum Wettbewerb ermöglicht das Zusammenleben von Organismen in Biotopen, das Zusammenleben großer Populationen in Gesellschaften und die Koordination einzelner Merkmale zu einem übergeordneten Ziel in der Ontogenese. Das Prinzip der *Rekurrenz* besagt zunächst, dass es in der Evolution immer etwas gibt, das verbessert werden kann. Auf Dauer setzen sich nur Systeme durch, die sich in der Evolution optimieren. Auch menschliche Gesellschaften können nur überleben, wenn sie Merkmale weiterentwickeln, die dem Erhalt dienen und feindlichen Einflüssen widerstehen können. In der individuellen Entwicklung sprechen wir von Pathogenese, wenn Rekurrenz versagt, und von Salutogenese, wenn Rekurrenz sich durchsetzt.

Diese sieben Prinzipien beschreiben zunächst einmal nur einheitlich die drei Säulen menschlichen Daseins. Ob sie Gesetze sind, nach denen die Natur, die Gesellschaft und das Individuum funktionieren, ist damit nicht gesagt. Wir werden in den weiteren Darstellungen eher auf die Eigengesetzlichkeiten von Evolution, Kultur und Ontogenese Wert legen, und nur hin und wieder solche gemeinsamen Prinzipien bemühen.

1.4 Resümee

Die Spekulationen über Entstehung des Lebens und die experimentelle Forschung dazu sind noch im Fluss. Fest steht für alle rivalisierenden Theorien jedoch, dass alles Leben auf der Erde nur einmal entstanden ist, und zwar unter Bedingungen, wie sie in der Frühzeit der Erdgeschichte vor etwa 3 ½ Mrd. Jahren herrschten. Das Leben auf unserer Erde baut sich ausnahmslos auf vier Nukleinbasen auf. Es gibt kein Lebewesen, das andere Grundkomponenten enthält und sich auf der Basis einer anderen Chemie reproduziert.

Weiterhin gilt festzuhalten, dass das Leben im Laufe der Erdgeschichte infolge großer Katastrophen immer wieder vom Aussterben bedroht war. Es ist als Glücksfall anzusehen, dass Leben heute überhaupt existiert. Gonzales et al. (2001) meinen, dass es außer der Erde womöglich keinen anderen Planeten mit höheren Lebensformen gibt. Die meisten Forscher sind jedoch der Überzeugung, dass sich das Leben unter erdähnlichen Bedingungen zwangsläufig entwickeln würde, zum Beispiel Christian de Duve (1995). Paul Davis (2008) meint, das Leben auf unserem Planeten könnte mehrfach entstanden sein. Dann müsste man allerdings exotische Mikroorganismen finden, z. B. an heißen Quellen der Tiefsee. Bislang gibt es keine solchen Funde fremdartigen Lebens. Betrachtet man vor diesem Hintergrund die Entstehung des Menschen, so grenzt es an ein Wunder, dass sich aus dem vielzelligen Leben ein Lebewesen mit Ichbewusstsein und mit Denkfähigkeit entwickeln konnte, das sich jetzt anschickt, die Evolution selbst in die Hand zu nehmen. Alle Forscher sind sich wohl darin einig, dass bei einer Wiederholung der Evolution mit den vielen beteiligten Zufallsprozessen der Homo sapiens nicht noch einmal entstehen würde. Vielleicht käme es auch dann zu intelligentem Leben, aber uns gäbe es jedenfalls nicht. Die ans Wunderbare grenzende Existenz des Menschen veranlasst viele, die gesamte Entwicklung vom Ende her zu betrachten und dem Evolutionsgeschehen Zielgerichtetheit und Entelechie im aristotelischen Sinne zu unterlegen. Dem muss an in dieser Stelle entschieden widersprochen werden. Die Evolution verläuft nicht auf ein Ziel hin, sie ist blind gegenüber der Zukunft. Die Gesetze der Selektion und das Überleben der „Fittesten“ (gut Angepassten), aber auch die reine Zufallsmutation beherrschen das Geschehen. Wir werden zu zeigen haben, dass unser Denken natürlicherweise, d. h. vor aller Lernerfahrung, dazu neigt, hinter einem Prozess eine Intention zu vermuten, und Intention bedeutet, auf ein Ziel hin handeln. Diesen „Denkfehler“ müssen wir unterdrücken.

Von diesem Wissensstand her, dass Leben eine wunderbare Geschichte hinter sich hat, die schließlich Lebewesen hervorbrachte, die das Universum beobachten, leitet sich schon jetzt die ethische Maxime ab, dass vor allen anderen Prinzipien die Erhaltung des Lebens auf diesem Planeten das wichtigste Prinzip darstellt. Auf diese Maxime werden wir in den folgenden Kapiteln zwangsläufig immer wieder stoßen.

Gespräch der Himmlischen

Athene: Ich gratuliere der Menschheit zu ihrem Erkenntnisfortschritt. Jetzt wissen wir schon etwas mehr über die Entstehung des Lebens. Ich mag kluge Menschen, seit Odysseus mag ich sie. Natürlich bleiben viele Fragen offen, aber lasst uns sehen, was die Menschen noch alles herausbringen.

Aphrodite: Ich verstehe nicht ganz, was all dieses primitive Leben mit dem Menschen zu tun hat. Gewinnen wir eine Erkenntnis damit? Was hat das alles mit der Schönheit des Menschen, dessen Ideal ich ja schließlich bin, und mit seinem Streben nach Vollkommenheit zu tun?

Athene: Das hat viel damit zu tun. Stell dir vor, deine Schönheit verdankst du nur der Kombination von vier Bausteinen, die sich zu Milliarden in einer festgelegten Reihenfolge anordnen.

Aphrodite: Na ja, das trifft für mich nicht zu, denn ich bin ja nur ein Idealbild der Menschen und nicht aus Fleisch und Blut. Aber natürlich gefällt es mir, dass ich so kompliziert bin.

Athene: Hat es nicht auch mit Schönheit zu tun, dass sich die vier Grundbausteine so genau abgestimmt in der Doppelhelix anordnen?

Aphrodite: Schönheit im Kleinen wie im Großen, das gefällt mir. Aber meine Schönheit – will sagen die Schönheit meiner menschlichen Repräsentanten – besteht aus der Information von zigtausend Genen, deswegen ist sie eine viel größere Schönheit.

Athene: Freu dich nicht zu früh, ich habe neulich gelesen, dass der Wasserfloh fast genauso viel Gene hat wie der Mensch. Ob der auch so schön ist wie du?

Dionysos: Nun mach' mir mal die Tiere nicht so herunter. Jedes Tier ist ein Wunderwerk und jedes Tier ist schön. Das meinen zumindest die Sexualpartner voneinander. Übrigens ganz ohne Alkohol und andere Drogen.

Aphrodite: Apropos Sexualpartner. Das interessiert mich natürlich. Warum kam es denn überhaupt zur geschlechtlichen Vermehrung, wo doch die Einzeller die größten Überlebenschancen haben?

Dionysos: Das ist wirklich eine interessante Frage, denn vom Vermehrungspotenzial her sind Einzeller total überlegen. (Nimmt einen Papyrus zur Hand und zeichnet folgende Skizze (Abb. 1.3).

Der Einzelzeller produziert in der dritten Generation bereits acht Nachkommen. In der geschlechtlichen Vermehrung jedoch hat das Weibchen bei gleicher Ausgangslage von zwei Nachkommen in der dritten Generation wieder nur ein einziges fortpflanzungsfähiges Lebewesen hervorgebracht. Warum war die geschlechtliche Fortpflanzung seit etwa einer Milliarde Jahren so erfolgreich? Ich weiß es, weil ich – natürlich unsichtbar – einem klugen Menschen namens Milinski vom Max-Planck-Institut Plön zugehört habe, der darüber einen Vortrag in der Siemens-Stiftung in München gehalten hat. Er behauptet, es gäbe drei Bedingungen, unter denen geschlechtliche Fortpflanzung vorteilhafter sei als einfache Zellteilung. Die erste Bedingung ist ein rascher Umweltwechsel.

Athene: Der findet ja gerade in der Evolution meist nicht statt. Umweltveränderungen vollziehen sich, das habe ich begriffen, in Jahrtausenden oder Jahrzehntausenden.

Dionysos: Es gibt aber eine Umweltveränderung, die rasch vonstatten geht: Parasiten.

Aphrodite: Pfui, Parasiten, die sollte man doch gar nicht erwähnen. Sie verletzen meinen Schönheitssinn.

Dionysos: Parasiten verändern ihre Genstruktur rasch, und Lebewesen, die für eine neue Parasitenart kein Gegenmittel gefunden haben, können sich gegen sie nicht wehren. Sie gehen zugrunde.

Aphrodite: Und die geschlechtliche Vermehrung hilft gegen Parasiten?

Athene: Ah, jetzt begreife ich! Zwei genetisch verschiedene Partner erzeugen Nachkommen mit einer größeren Genvielfalt. Dadurch erhöht sich die Chance, mit neuen Parasiten fertig zu werden.

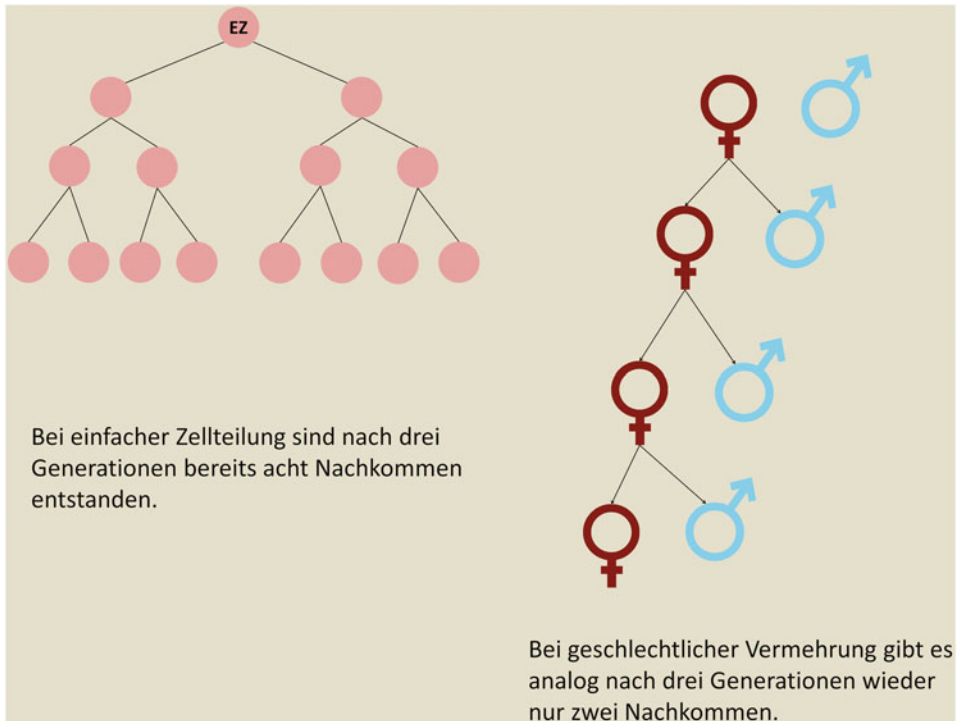


Abb. 1.3 Vergleich von Zellteilung und geschlechtlicher Vermehrung. Bei nur zwei Nachkommen, die sich der Wahrscheinlichkeit nach in ein männliches und ein weibliches Exemplar aufteilen, gibt es nach drei Generationen immer noch nur ein fortpflanzungsfähiges Individuum

Aphrodite: Das ist mir alles zu rational. Paaren sich die Geschlechtspartner nur, weil sie auf diese Weise größere Überlebenschancen haben? Menschen paaren sich, weil sie Spaß haben, besser noch, weil sie sich lieben.

Athene: Das bilden sich die Menschen ein. In Wahrheit haben sie diese Gefühle nur, weil sie ihre Gene weitergeben und möglichst viele Nachkommen haben wollen.

Aphrodite: Da bleibe ich lieber bei meiner Version.

Athene: Da hast du vielleicht gar nicht so Unrecht. Wir werden später wieder darüber sprechen.

Aphrodite: Ich halte fest: So wurde die schönste Nebensache zur wichtigsten Waffe des Überlebens. Ich werde dafür sorgen, dass die Menschen diese Waffe möglichst oft benutzen und Spaß dabei haben.

Dionysos: Du vergisst schon wieder die Tiere! Die haben auch Spaß dabei. Wenigstens die höheren Tiere. Vielleicht ist geschlechtliche Vermehrung ein Grund, warum sich Bewusstsein entwickelt hat? Ohne Bewusstsein ist Geschlechtsverkehr etwas rein Mechanisches.

Athene: Es ist noch zu früh, das zu beantworten. Warten wir ab, was es noch zu lesen gibt. Schluss für heute.

Alle: Und immer noch gibt's, sieh' da – Nektar und Ambrosia.

Literatur

- Briggs, D. E. G., Erwin, D. H., & Collier F. J. (1995). *Fossils of the Burgess Shale*. Washington, DC: Smithsonian Inst. Press.
- Coen, E. (2012). *Formen des Lebens. Von der Zelle zur Zivilisation*. München: Hanser.
- Davis, P. (2008). Aliens auf der Erde? *Spektrum der Wissenschaft*, 4, 42–49.
- Dawkins, R. (2009). *Geschichte vom Ursprung des Lebens*. Berlin: Ullstein.
- de Duve, C. (1995). *Aus Staub geboren. Leben als kosmische Zwangsläufigkeit*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Doolittle, W. F. (2000). Neue Theorien vom Stammbaum des Lebens. *Spektrum der Wissenschaft*, 4, 52–57.
- Eigen, M., & Winkler, R. (1976). *Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall*. München: Piper-Verlag.
- Eigen, M., & Schuster, P. (1979). *The hypercycle – A principle of natural self-organization*. Berlin: Springer.
- Gonzales, G., Brownlee, D., & Ward, P. D. (2001). Lebensfeindliches All. *Spektrum der Wissenschaft*, 12, 38–45.
- Gould, S. J. (1989). *Wonderful life*. New York: Norton.
- Greene, B. (2004). *The fabric of the cosmos*. New York: Alfred A. Knopf.
- Huber, H., Hohn, M. J., Rachel, R., & Karl, O. (2006). Stetter: Nanoarchaeota. *The Prokaryotes*, 3, 274–280.
- Martin, W., & Russel, J. M. (2003). On the origins of cells: A hypothesis for the evolutionary transitions from abiotic geochemistry to chemoautotrophic prokaryotes, and from prokaryotes to nucleated cells. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 358(1429), 59–85.
- Ricardo, A., & Szostak, J. W. (2010). Der Ursprung irdischen Lebens. *Spektrum der Wissenschaft*, 3, 44–51.
- Schätzing, F. (2007). *Nachrichten aus einem unbekanntem Universum*. Frankfurt a. M.: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Shapiro, R. (2007). Ein einfacher Ursprung des Lebens. *Spektrum der Wissenschaft*, 11, 64–72.