

Unverkäufliche Leseprobe aus:

Paul Davies

Das fünfte Wunder

Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Text und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

© S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main

Inhalt

Einleitung 11

1 Was Leben bedeutet 24

Das Geheimnis um den Ursprung des Lebens 27

Was ist Leben? 32

Die Lebenskraft und andere überholte Anschauungen 37

Die Geschichte vom Urmolekül 41

Mikroben und die Suche nach Eden 45

2 Gegen den Strom 50

Das Prinzip des Zerfalls 51

Woher kommt biologische Information? 57

Die Entropielücke – Gravitation als Urquell von Ordnung 63

3 Ursuppe und Leben 72

Der Baum des Lebens 74

Die drei Domänen des Lebens 79

Die ältesten Fossilien der Welt 83

Spontane Entstehung 86

Die synthetische Ursuppe 91

Zufall und der Ursprung des Lebens 100

4 Die Botschaft in der Maschine 103

Vermehrt euch, vermehrt euch! 105

Was man zum Leben braucht 111

Der genetische Code 114

Botschaft empfangen 120

Ein Code im Code? 122

- 5 Huhn oder Ei? 131**
 - RNS zuerst 133
 - RNS zuletzt 142
 - Selbstorganisation – Ordnung aus dem Nichts? 147

- 6 Leben und Kosmos 153**
 - Sternkinder 154
 - Kosmochemie 157
 - Genesis im All 159
 - Impulse von außen 163
 - Der Sisyphuseffekt 169

- 7 Supermikroben 174**
 - Manche mögen's heiß 177
 - Leben in der Unterwelt 179
 - Aufstieg vom Hades 184
 - Sollen sie Steine fressen 191
 - Der Rest ist Geschichte 195

- 8 Mars – rot und tot? 200**
 - Die rote Wüste 202
 - Die große Flut 206
 - Das Marstreibhaus 210
 - Gab es einmal Leben auf Mars? 213
 - Gibt es noch Leben auf Mars? 216
 - Marsmeteoriten 219
 - Spuren von Leben? 222
 - Killerseuchen vom Roten Planeten 231

- 9 Panspermie 237**
 - Überleben im Weltraum 238
 - Ist Leben in einem Meteoriten zur Erde gekommen? 241
 - Stammt das irdische Leben vom Mars? 244
 - Ist Leben von der Erde zum Mars gelangt? 254

10 Ein lebensfreundliches Universum? 262

Hat Leben einen Ursprung? 265

Sind die Naturgesetze zugunsten des Lebens eingestellt? 267

Darwinismus von Anfang an? 275

Eine Leiter des Fortschritts? 283

Ist Geist vorbestimmt? 290

Anmerkungen 294

Weiterführende Literatur 302

Register 306

Einleitung

Im August 1996 ging die Nachricht um die Welt, in einem Meteoriten vom Mars hätte man Spuren vergangenen Lebens gefunden. Präsident Clinton trat persönlich vor die Fernsehkameras und eine verblüffte Wissenschaftsgemeinde und hob die weit reichenden Konsequenzen der Entdeckung, falls sie sich bestätigen sollte, gebührend hervor. Es war ein denkwürdiger Augenblick, denn es geschieht nicht oft, dass ein wissenschaftliches Resultat so direkt an die Öffentlichkeit gelangt. Die Geschichte schlug ein wie eine Bombe, und es gab so viel Beifall und Spott, dass die wahre Bedeutung der Ergebnisse bald unterging.

Die Wissenschaft befindet sich mitten in einem dramatischen Umdenken, was den Ursprung des Lebens betrifft. Nach den Lehrbüchern soll alles vor Milliarden von Jahren in einem warmen Tümpel auf der Erde begonnen haben, doch nun sprechen immer mehr Indizien für ein ganz anderes Szenario. Es sieht so aus, als hätten die ersten irdischen Organismen tief *unter* der Erde gelebt, in Bedingungen wie in einem Druckkochtopf, eingeschlossen in heißem Fels, und wären erst später an die Oberfläche gekommen. Erstaunlicherweise sind Nachkommen dieser urzeitlichen Mikroben kilometertief in der Erdkruste noch heute zu finden.

Bis vor wenigen Jahren hätte niemand geglaubt, in einer so unwirtlichen Umgebung könnte es Leben geben, doch sobald man akzeptiert hatte, dass Organismen tief unter der Erdoberfläche gedeihen können, eröffnete sich eine noch phantastischere Möglichkeit: Vielleicht sind auch unter der Marsoberfläche Mikroben verborgen! Die Entdeckung eines Felsbrockens vom Mars, der versteinerte Bakterien zu enthalten

schien, gab dieser Theorie beträchtlichen Auftrieb. Doch das war noch nicht alles. Nun war plötzlich auch denkbar, dass das Leben auf Mars begonnen haben und auf einem Meteoriten zur Erde gelangt sein könnte.

Hinter der Aufregung um den Marsmeteoriten verbarg sich ein bitterer Expertenstreit über die Interpretation des Datenmaterials. Seine Bestätigung könnte zum einen bedeuten, dass Leben zweimal in unserem Sonnensystem entstanden ist, und zum anderen, dass Leben in der Lage ist, sich von einem Planeten zum anderen zu verbreiten. Die zweite Erklärung brächte uns einer Antwort auf die Frage nach dem eigentlichen, ersten Ursprung des Lebens keinen Schritt näher, so faszinierend die Entdeckung auch wäre, dass Organismen von Planet zu Planet hüpfen können.

Wie hat das Leben begonnen? Was genau sind die physikalischen und chemischen Prozesse, die tote Materie in lebendige Organismen verwandeln können? Dieses viel schwierigere Problem bleibt eine der großen wissenschaftlichen Fragen unserer Zeit. Gegenwärtig bemühen sich Heere von Chemikern, Biologen, Astronomen, Physikern und Mathematikern um eine Antwort. Aus ihren Forschungen ziehen viele den Schluss, die Naturgesetze seien sozusagen «parteiisch», sie seien irgendwie darauf angelegt, Leben hervorzubringen. Nach Ansicht dieser Denkschule *muss* Leben entstehen, wann immer die Bedingungen es erlauben, nicht nur auf Mars, sondern überall im Universum – und selbstverständlich auch im Reagenzglas. Wenn diese Forscher Recht haben, ist Leben Teil der natürlichen Ordnung, und wir sind nicht allein im Universum.

Die Ansicht, das Leben sei in den Naturgesetzen vorprogrammiert, klingt wie das ferne Echo eines vergangenen, religiösen Zeitalters, als man überzeugt war, das Universum wäre als Heimat für uns und die anderen Lebewesen erschaffen worden. Viele Wissenschaftler betrachten solche Anschauungen mit Unmut und bestehen darauf, der Ursprung des Lebens sei ein unwahrscheinlicher Zufall der Chemie gewesen, der sich nur auf der Erde zugetragen habe; die Entwicklung komplexer Organismen und schließlich des Bewusstseins sei das zufällige Ergebnis einer gigantischen kosmischen Lotterie. In dieser Debatte geht es um nichts Geringeres als den Platz, den die Menschheit

im Universum einnimmt: Wer sind wir, und wo stehen wir im großen Schema der Dinge?

Nach Ansicht der Astronomen begann das Universum in einem Urknall vor 10 bis 20 Milliarden Jahren. Die explosionsartige Geburt ging mit einem Sekundenbruchteil extremster Hitze einher, aus dem die grundlegenden physikalischen Kräfte und Elementarteilchen hervorgingen. In der ersten Sekunde entstanden alle notwendigen Zutaten des Kosmos. Danach war der Raum mit einem Gebräu subatomarer Teilchen erfüllt: Protonen, Neutronen und Elektronen in einem 10 Milliarden Grad heißen Strahlungsbad.

Nach heutigen Maßstäben war das Universum in jener Phase äußerst eintönig. Die kosmische Materie war fast vollkommen gleichmäßig über den Raum verteilt, und überall herrschte dieselbe Temperatur. Materie, die in der gewaltigen Hitze nur in Form ihrer einfachsten Bestandteile existieren konnte, befand sich in einem Zustand extremer Einfachheit. Ein Beobachter dieser Phase hätte niemals geahnt, dass das Universum voller atemberaubender Möglichkeiten steckte. Nichts hätte darauf hingewiesen, dass sich mehrere Milliarden Jahre später Billionen funkelnder Sterne zu Milliarden von Galaxien organisieren, dass Planeten und Kristalle, Wolken und Ozeane, Berge und Gletscher entstehen, dass Bäume und Bakterien, Elefanten und Fische einmal einen dieser Planeten bevölkern und dieselbe Welt einst von menschlichem Gelächter erfüllt sein würde. Nichts von alledem war vorhersehbar.

Während das Universum seinen einförmigen Urzustand hinter sich ließ und anschwell, kühlte es auch ab, und die niedrigeren Temperaturen eröffneten neue Möglichkeiten. Materie konnte zu gigantischen Strukturen zusammenwachsen, aus denen später Galaxien wurden. Es konnten Atome entstehen und die Chemie beginnen, die einmal feste Körper produzieren sollte.

Seitdem hat das Universum viele wundervolle Phänomene hervorgebracht: gewaltige schwarze Löcher, schwerer als eine Milliarde Sonnen, die Sterne verschlingen und Gasnebel ausspeien; Neutronensterne, die sich tausendmal in der Sekunde um ihre Achse drehen und deren Materie zu einer Dichte von einer Milliarde Tonnen pro Kubikzentimeter zusammengepresst ist; subatomare Teilchen, die so ver-

stohlen sind, dass sie ungehindert Lichtjahre dicke Bleischichten durchdringen können; gespenstische Gravitationswellen, die keine erkennbare Spur hinterlassen, und – phantastischer noch als all diese erstaunlichen, atemberaubenden Phänomene – das Leben. Im kosmischen Maßstab hat Leben zu keinen plötzlichen oder dramatischen Veränderungen geführt; im Gegenteil, wenn man das Leben auf der Erde als typisch betrachtet, dann werden die Veränderungen, die es mit sich bringt, erst im Verlauf gewaltiger Zeitspannen sichtbar. Langsam, aber sicher hat es den Planeten Erde verwandelt, und mit seiner nachgewiesenen Fähigkeit, Bewusstsein, Intelligenz und Technologie hervorzubringen, könnte es dennoch das gesamte Universum verändert haben.

In diesem Buch geht es um den Ursprung des Lebens, die sogenannte Biogenese. Dies ist nicht mein Fachgebiet, das erkläre ich gleich zu Beginn. Von Beruf bin ich theoretischer Physiker, doch das Problem der Biogenese und der damit verknüpften Frage, ob wir allein sind im Universum, fasziniert mich seit langem, seit meiner Studentenzeit am University College in London in den sechziger Jahren. Wie viele meiner Freunde habe ich damals Fred Hoyles berühmten Sciencefictionroman *The Black Cloud* verschlungen, in dem eine riesige Gaswolke aus dem interstellaren Raum in unser Sonnensystem eindringt. Solche Wolken sind an sich ein bekanntes astronomisches Phänomen, doch Hoyle hatte die phantastische Idee, sie könnten lebendig sein. Damit gab er Lesern wie mir natürlich einiges zu beißen. Schließlich gehorchten Gaswolken einfach physikalischen Gesetzen. Wie sollten sie ein selbständiges «Verhalten» zeigen, Gedanken haben und Entscheidungen fällen? Doch gehorchen nicht *alle* Lebewesen den Gesetzen der Physik? Hoyle führte uns dieses Paradox drastisch vor Augen.

Hoyles *The Black Cloud* beunruhigte und verunsicherte mich. Was genau, so fragte ich mich, ist eigentlich Leben? Wie hat es begonnen? Sollte in lebenden Organismen irgendetwas Sonderbares vor sich gehen? Um dieselbe Zeit drückte mir mein Doktorvater, eher zur Entspannung, einen «verrückten» Artikel des hochangesehenen Physikers Eugene Wigner in die Hand. Darin behauptete Wigner, er hätte den Beweis, dass ein physikalisches System nicht von einem toten zu

einem lebenden Zustand übergehen könne, ohne die Gesetze der Quantenphysik zu verletzen. Aha! Also glaubte auch der große Wigner, es müsse etwas Eigenartiges geschehen sein, als das Leben begann.

Kurz darauf gab mir mein Doktorvater einen anderen Artikel, in dem es um Biologie ging, obgleich der Autor, Brandon Carter, ein Astrophysiker war. Carter befasste sich mit einem wichtigen und interessanten Aspekt des Lebens, für den es keine Rolle spielt, was Leben ist oder wie es begonnen hat. Er stellte die Frage, welche Eigenschaften ein physikalisches Universum haben muss, damit darin irgendwelches Leben existieren kann. Angenommen, man könnte die Naturgesetze oder die Anfangsbedingungen im Urknall ändern, wie weit dürfte man dabei gehen, ohne dass Leben durch die neuen Gesetze und die andere Struktur des Universums unmöglich würde?

Zum Beispiel erfordert Leben, wie wir es kennen, bestimmte chemische Elemente, insbesondere Kohlenstoff. Der Urknall hat jedoch nur wenige Kohlenstoffatome produziert; die meisten dieser Atome sind später im Inneren von Sternen entstanden. Fred Hoyle hatte schon früher bemerkt, dass der Erfolg der Kohlenstoffproduktion in Sternen ziemlich auf Messers Schneide steht. Er hängt empfindlich von den Verhältnissen zwischen bestimmten Kräften in Atomkernen ab. Die geringste Abweichung von diesem Gleichgewicht hätte dazu geführt, dass es im Universum keinen oder nur wenig Kohlenstoff und wahrscheinlich kein Leben gäbe. Aus Carters Überlegungen wurde das sogenannte anthropische Prinzip, nach dem die Existenz von Leben die Folge verschiedener glücklicher Zufälle in der mathematischen Grundstruktur des Universums ist.

Carters Ideen konnten einen schon nachdenklich stimmen, doch das Geheimnis des Lebens war damit längst noch nicht geklärt. Kurz nachdem ich den Artikel gelesen hatte, gewann ich ein Forschungsstipendium am Institut für Theoretische Astronomie in Cambridge, wo Fred Hoyle der Direktor war und Brandon Carter ebenfalls arbeitete. Dann stieß ich auf ein Büchlein des Physikers Erwin Schrödinger, in dem es genau um die Frage zu gehen schien, die mich interessierte. Unter dem Titel *Was ist Leben?* versuchte Schrödinger zu erklären, warum biologische Organismen vom Standpunkt der Physik aus

betrachtet so geheimnisvoll sind. Welchen Einfluss dieses Buch zwanzig Jahre zuvor gehabt hatte, in den Anfängen der neuen Wissenschaft der Molekularbiologie, erfuhr ich erst später.

Leider warf Schrödingers Buch für mich mehr Fragen auf, als es beantwortete, und ich legte das Problem der Biogenese in Gedanken unter «zu schwer» ab. Dann zeigte mir Carter eine überarbeitete Version seines – übrigens nie veröffentlichten – Artikels über das anthropische Prinzip, und zusammen mit Bill Saslaw, einem anderen Kollegen am Institut, spielte ich weiter mit Carters Ideen. Wir versuchten sogar, ein Treffen mit Francis Crick zu arrangieren, der damals am Medical Research Council in Cambridge tätig war. Doch Crick hatte keine Zeit, und für Carter schien das Thema des anthropischen Prinzips weitgehend erledigt.

So schief mein Interesse an Fragen der Biologie schließlich ein und erwachte erst viele Jahre später wieder, in den frühen achtziger Jahren. Martin Rees – heute Sir Martin Rees, der königliche Hofastronom – war an der Organisation einer Konferenz unter dem Motto «Von Materie zu Leben» in Cambridge beteiligt. 1979 hatte Rees zusammen mit seinem Astronomenkollegen Bernard Carr in einem berühmten Artikel in der Fachzeitschrift *Nature* das anthropische Prinzip wieder ins Gespräch gebracht. Die Konferenz brachte nun Physiker und Astronomen wie Brandon Carter, Freeman Dyson und Tommy Gold, Biologen wie Lewis Wolpert und Sidney Brenner, den Mathematiker John Conway und die Biogeneseautoritäten Manfred Eigen und Graham Cairns-Smith zusammen. Im Programm konzentrierte man sich auf die Anfänge des Lebens, und wenngleich keine endgültigen Antworten gefunden wurden, erfüllte das Treffen den Zweck, die wichtigsten wissenschaftlichen und begrifflichen Probleme herauszustellen.

Ich begann also wieder, über das Geheimnis des Lebens nachzudenken, wobei ich für die nächsten zehn Jahre hauptsächlich durch die Ideen Fred Hoyles, aber auch von Freeman Dyson und Tommy Gold beeinflusst war. Hoyle stellte zusammen mit Chandra Wickramasinghe die waghalsige These auf, das Leben wäre vielleicht nicht auf der Erde entstanden, sondern auf Kometen hierher gelangt. Auch Dyson spekulierte über den Ursprung des Lebens und ließ seiner

Phantasie, was Zukunft und Schicksal der technischen Zivilisation betraf, freien Lauf. Gold kam mit der Theorie heraus, große Mengen von Kohlenwasserstoffen wären unter der Erde eingeschlossen, und auf der Suche nach Belegen für seine Hypothese entdeckte man neue, unterirdische Lebensformen. All diese Entwicklungen haben dazu beigetragen, mein Denken über den Ursprung des Lebens zu formen.

Ebenfalls großen Einfluss hatte der verstorbene Keith Runcorn, ein früherer Kollege an der Universität Newcastle. Runcorn war von Haus aus Geophysiker, doch seine Überlegungen gingen weit über die Erde hinaus und umfassten das ganze Sonnensystem. Trotz der Entfernung zwischen der Geophysik und meinem eigenen Forschungsgebiet wohnte ich oft seinen Seminaren und Konferenzen bei. Besonders denkwürdig war für mich das fünfzigste Treffen der Meteoritical Society, das 1987 in Newcastle stattfand, denn dort hörte ich zum ersten Mal von den Marsmeteoriten.

Das letzte Stück des Puzzles kam in den frühen neunziger Jahren dazu. Inzwischen war ich nach Australien gezogen und lehrte an der Universität Adelaide. Dort faszinierten mich die Arbeiten Duncan Steels, eines Experten für Asteroiden- und Kometeneinschläge auf den Planeten. Steel machte mich darauf aufmerksam, dass nach solchen kosmischen Zusammenstößen Materie von Planeten hochgeschleudert werden konnte, und dies wurde zur Grundlage meiner Theorie über den Austausch von Mikroorganismen zwischen Mars und Erde.

Als ich mir vornahm, dieses Buch zu schreiben, war ich überzeugt, die Wissenschaft wäre dem Geheimnis des Ursprungs des Lebens dicht auf den Fersen. Entdeckungen von Mikroben tief unter der Erdoberfläche, über die ich zuerst von Gold erfuhr, schienen das «fehlende Glied» zwischen der präbiotischen Welt biochemischer Suppen und den ersten, primitiven Zellen zu liefern. Tatsächlich meinen heute viele Wissenschaftler, die auf diesem Gebiet arbeiten, die großen Probleme der Biogenese seien weitgehend gelöst. Mehrere Bücher der jüngsten Zeit verbreiten die Zuversicht, der Ursprung des Lebens sei am Ende doch nicht so geheimnisvoll. Doch da bin ich anderer Meinung. Nach zwei Jahren Forschung bin ich überzeugt, dass es noch eine erhebliche Verständnislücke gibt. Wir haben zwar eine ganz

gute Vorstellung über das Wo und Wann, doch *wie* Leben begonnen hat, ist noch längst nicht klar.

Die Verständnislücke, von der ich spreche, besteht nicht einfach darin, dass wir bestimmte technische Einzelheiten noch nicht kennen. Die Probleme sind vielmehr begrifflicher Natur und betreffen die eigentlichen Prinzipien unseres Denkens. Ich sage nicht, der Ursprung des Lebens sei ein übernatürliches Ereignis gewesen. Ich sage nur, dass uns in der ganzen Frage etwas sehr Fundamentales zu entgehen scheint. Wenn es zutrifft, wie so viele Experten und Kommentatoren nahe legen, dass Leben entstehen *muss*, sobald die richtigen Bedingungen herrschen, dann geht im Universum etwas ganz Erstaunliches vor, mit tiefgreifenden philosophischen Konsequenzen. Persönlich bin ich der Auffassung, dass eine wirklich zufrieden stellende Theorie über den Ursprung des Lebens einige radikal neue Ideen erfordert.

Viele Forscher gestehen öffentlich ungern ein, dass der Ursprung des Lebens noch ein Mysterium ist, obwohl sie hinter verschlossenen Türen freimütig zugeben, wie ratlos sie sind. Dafür gibt es zwei Gründe: Erstens denken sie, ein solches Eingeständnis würde religiösen Fundamentalisten und ihren «Gott-der-Lücke»-Erklärungen Vor-schub leisten.¹ Zweitens fürchten sie, es könnte die Finanzierung ihrer Forschung gefährden, besonders für die Suche nach außerirdischem Leben. Man scheint der Ansicht zu sein, Regierungen seien eher bereit, Geld für die Suche nach Leben im Weltall auszugeben, wenn die Wissenschaftler sich überzeugt zeigen, dass es wirklich existiert.

Doch auch da bin ich ganz anderer Meinung. Wissenschaftler leisten ihren Disziplinen einen Bärendienst, wenn sie, nur um der Öffentlichkeit zu gefallen, voreilige Behauptungen aufstellen. Unwissenheit ist in meinen Augen eine viel bessere Motivation für ein Experiment als Gewissheit. Unsere Unsicherheit in der Frage, wie Leben entstanden ist, macht die Fahndung danach auf anderen Welten und Versuche, Leben im Labor künstlich zu erzeugen, umso dringlicher. Wenn ich Recht habe und die Biogenese Hinweise auf etwas grundlegend Neues liefert, dann könnte uns die Suche nach Leben auf anderen Planeten in die Lage versetzen, diesen erstaunlichen Übergang zu beobachten, noch während er sich vollzieht. Astronomen betrachten die äußeren Planeten Saturn und Jupiter und ihre Monde als gigantische

präbiotische Laboratorien, wo die Schritte, die zum Leben auf der Erde geführt haben, irgendwo zwischen komplexer Chemie und echter Biologie eingefroren sind.

Auf Mars ist die Schwelle zwischen Nichtleben und Leben wahrscheinlich schon überschritten worden. Einiges spricht dafür, dass irgendwann in der Vergangenheit auf dem Roten Planeten Leben geblüht hat. Aus Gründen, die ich in diesem Buch darlegen werde, halte ich es sogar für annähernd sicher. Zudem glaube ich an eine vernünftige Chance, noch heute dort Leben zu finden – vorausgesetzt, man weiß, wo man zu suchen hat.

Das Rätsel der Biogenese ist mehr als nur eines der vielen Probleme auf der Liste wissenschaftlicher Fragen, die man unbedingt angehen sollte. Die Frage nach dem Ursprung des Lebens geht – wie diejenigen nach dem Ursprung des Universums und dem Ursprung des Bewusstseins – viel tiefer. Diese Rätsel zu lösen stellt die Grundlagen unserer Wissenschaft und unseres Weltbilds auf die Probe. Forschungen, welche unser Verständnis der Welt von Grund auf ändern könnten, verdienen höchste Priorität. Über den Ursprung des Lebens rätseln Philosophen, Theologen und Wissenschaftler seit über zweieinhalb Jahrtausenden, doch das kommende Jahrzehnt verspricht einzigartige Fortschritte. Die derzeitige Ratlosigkeit der Wissenschaftler macht diese Gelegenheit noch aufregender und noch zwingender.

Leben ist in seinen Eigenschaften so außerordentlich, dass man es als einen eigenen, alternativen Materiezustand betrachten kann. Das mag stimmen oder nicht, doch jedenfalls kann man nur hoffen, die Frage, wie Leben begonnen hat, zu beantworten, wenn man genau weiß, was Leben eigentlich ist. Im ersten Kapitel dieses Buches versuche ich deshalb, eine Definition des Phänomens «Leben» zu finden – was bekanntermaßen äußerst schwierig ist. Die meisten Lehrbücher konzentrieren sich auf die Chemie des Lebens, auf die Frage, welche Moleküle in einer Zelle für was verantwortlich sind. Leben ist natürlich auch ein chemisches Phänomen, doch seine Eigenart liegt nicht in der Chemie als solcher, sondern in seinen informationellen Eigenschaften. Ein lebender Organismus ist ein komplexes Informationsverarbeitungssystem.

Die Begriffe «Komplexität» und «Information» fallen in das

Gebiet der Thermodynamik, einer wissenschaftlichen Theorie, die Physik, Chemie und Computertheorie verbindet. Seit Jahrzehnten herrscht der Verdacht, das Phänomen «Leben» sei irgendwie in der Lage, die Gesetze der Thermodynamik zu brechen. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik, vielleicht das grundlegendste aller Naturgesetze, beschreibt einen Trend zu Zerfall und Degeneration, dem das Leben offensichtlich nicht zu folgen scheint. Kapitel 2 ist einer eingehenden Diskussion des zweiten Hauptsatzes gewidmet und liefert damit den Kontext für das meines Erachtens letzte Problem der Biogenese, die Frage, wo biologische Information herkommt.

Welche erstaunliche Chemie auch immer auf der frühen Erde oder auf anderen Planeten abgelaufen ist, der eigentliche «Lebensfunke» war nicht die Molekülbrühe an sich, sondern – auf irgendeine Art und Weise – die Organisation von Informationen. Dieses Thema führe ich in den Kapiteln 3, 4 und 5 weiter aus, wo ich die verschiedenen Theorien über Ursuppen und andere Szenarien für den Übergang von Chemie zu Leben beschreibe, die miteinander im Wettstreit stehen. Dort stelle ich auch einige der Versuche vor, Leben im Laboratorium zu erzeugen, und gebe einen kurzen Überblick über die Fossilienlage bezüglich der frühesten Lebensformen. Manche der einführenden Erklärungen über Darwinismus und über Grundlagen der Molekularbiologie mögen dem Leser bekannt sein, auch wenn ich versucht habe, die orthodoxen Ideen auf neue Weise darzustellen.

Habe ich Recht und liegt der Schlüssel zur Entstehung des Lebens nicht in der Chemie, sondern in einer besonderen logischen und informationellen Architektur, dann beinhaltet eine der entscheidenden Schritte die Entstehung eines softwaregesteuerten Informationssystems. In Kapitel 4 argumentiere ich, dass dieser Schritt und das Auftauchen eines genetischen Codes eng verknüpft waren. Mit Hilfe von Ausdrücken und Begriffen der Computerwissenschaft habe ich versucht, die vollkommen ungewöhnliche Form von Komplexität zu erhellen, die in den Genen lebender Organismen zu finden ist. Biologische Komplexität besitzt Eigenschaften, welche die Existenz des Genoms, des Gesamtsatzes von Genen eines Organismus, fast als

unmöglich erscheinen lassen. Und doch muss es irgendwie entstanden sein.

Persönlich bin ich zu folgendem Schluss gekommen: Kein bekanntes Naturgesetz könnte aus einem noch so raffinierten Chemikaliengemisch so unausweichlich, wie manche Wissenschaftler es behaupten, eine derartige Struktur hervorbringen. Wenn Leben im Universum bevorzugt entsteht und allgemein verbreitet ist, dann müssen neuartige physikalische Prinzipien am Werk sein. Davon ist im letzten Kapitel die Rede, wo ich versucht habe, die immensen philosophischen Auswirkungen zu erläutern, die auf uns zukämen, wenn das Universum von Leben wimmelte – was nach dem Glauben vieler der Fall ist. Ich zweifle nicht daran, dass der Ursprung des Lebens *kein* Wunder war, und bin davon überzeugt, dass wir uns in einem lebensfreundlichen, unglaublich erfinderischen Universum befinden.

Die zweite Hälfte des Buches ist hauptsächlich einer radikal neuen Theorie über den Ursprung des Lebens gewidmet. Seit Darwins Zeiten gab es nur zwei umfassende Theorien der Biogenese. Nach der ersten begann das Leben durch chemische Selbstmontage in einem wässrigen Medium irgendwo auf der Erdoberfläche. Darwin selbst sprach von einem «warmen kleinen Teich». Die andere Theorie besagt, dass Leben in Form kompletter Mikroben aus dem Weltraum zur Erde gelangt ist – die sogenannte Panspermiehypothese, die den eigentlichen Ursprung des Lebens allerdings im Dunkeln läßt. In den letzten Jahren sprechen in meinen Augen jedoch immer mehr Indizien für eine dritte Alternative: Das Leben begann im Inneren der Erde. Natürlich nicht im flüssigen Erdkern, sondern in mehreren Kilometern Tiefe in der festen Kruste, wahrscheinlich unter dem Meeresboden, wo geothermische Aktivität braukesselartige Bedingungen schafft. Die extreme Hitze und chemische Potenz der Zone unter der Erdoberfläche, besonders in der Nähe von hydrothermalen Vulkanschloten, würde die meisten bekannten Organismen sofort umbringen, doch für die Biogenese war eine solche Umgebung ideal. Wissenschaftler haben absonderliche Mikroben entdeckt, die noch heute in dieser Bruthitze leben, in Temperaturen weit über dem Siedepunkt von Wasser. Diese Supermikroben sind in Kapitel 7 beschrieben, wo ich auch erläutere, weshalb ich sie als lebendige Fossilien aus