

JAMES LOVELOCK

mit Bryan Appleyard

# NOVOZÄN

Das kommende Zeitalter  
der Hyperintelligenz

*Aus dem Englischen*

*von Annabel Zettel*

Unverkäufliches, unkorrigiertes Leseexemplar

*Pressesperrfrist: 25. Januar 2020*

Wir bitten Sie, Rezensionen nicht vorher zu  
veröffentlichen.

Vielen Dank für Ihr Verständnis.

C.H.Beck

Titel der englischen Originalausgabe: «Novacene. The Coming Age of  
Hyperintelligence»

© James Lovelock and Bryan Appleyard, 2019

Die Originalausgabe ist 2018 bei Allen Lane, an imprint of Penguin Books,  
London, erschienen.

Zum 100. von James Lovelock:

Mutter Erde mit Hilfe von Cyborgs retten

(Arno Widmann, Frankfurter Rundschau vom 26. Juli 2019)

© Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Rundschau GmbH.

Nach der Erde die ganze Welt. Gespräch James Lovelock/Karl Hübner

(Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung vom 21. Juli 2019)

© Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt.

Zur Verfügung gestellt vom Frankfurter Allgemeine Archiv.

Für die deutsche Ausgabe:

© Verlag C.H.Beck oHG, München 2020

[www.chbeck.de](http://www.chbeck.de)

Satz im Verlag

Druck und Bindung: Beltz, Bad Langensalza

Umschlaggestaltung: Geviert, Grafik & Typografie, Christian Otto

Umschlagabbildung: © Getty Images

Foto Seite 4/5 und Umschlagrückseite: © mauritius images/Tim Cuff/Alamy

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier (hergestellt aus  
chlorfrei gebleichtem Zellstoff) • Printed in Germany

Werbemittelnummer 257806



klimaneutral produziert • [www.chbeck.de/nachhaltig](http://www.chbeck.de/nachhaltig)

«James Lovelock ist ein Wunder.»

*Frankfurter Rundschau*

«Ein Name für die Geschichtsbücher.»

*Ernst-Ulrich von Weizsäcker*

«Der größte wissenschaftliche Visionär unserer Zeit.»

*The Observer*

«Der Wissenschaftler, der unser Bild der Erde verändert hat.»

*Independent*

«Der einflussreichste Forscher seit Charles Darwin.»

*Irish Times*

«Ein Prophet, der jede Ehrung verdient,  
die die Menschheit zu vergeben hat.»

*The Guardian*



## Über den Autor



James Lovelock ist Naturwissenschaftler, Erfinder mit mehr als 50 Patenten und Autor von mehr als 200 Aufsätzen zu Medizin, Biologie und Geophysiologie. Er ist Mitglied der Royal Society und Träger zahlreicher Umweltpreise, darunter der japanische Blue Planet Prize und der Amsterdam Prize for the Environment der Königlich-Niederländischen Akademie der Wissenschaften. Zwei seiner Erfindungen stehen auf dem Mars. Der Asteroid 51663 ist nach ihm benannt. Mit der Gaia-Theorie hat er das ökologische Weltbild revolutioniert. Im vergangenen Juli wurde er 100 Jahre alt. Lovelock lebt mit seiner Frau Sandy in Südengland.

## Über das Buch

---

James Lovelock, der Schöpfer der Gaia-Hypothese und berühmteste Ökodenker unserer Zeit, ist im vergangenen Juli 100 Jahre alt geworden – und hat ein neues Buch mit einer spektakulären These veröffentlicht. Darin prophezeit er gelassen das Ende des Anthropozäns und den Anbruch einer neuen Zeit: Mit unserer Gegenwart hat das «Novozän» begonnen, das Zeitalter der Hyperintelligenz.

Schon sehr bald wird aus der künstlichen Intelligenz eine neue Art von Lebewesen hervorgehen: Cyborgs, die 10 000 mal schneller sein werden als wir. Unsere Lebensform wird ihnen ähnlich entwickelt erscheinen wie uns die Pflanzenwelt. Doch diese Intelligenz wird vermutlich nicht von jener grausamen Art sein, die wir aus den Science-Fiction-Spektakeln aus Hollywood kennen. Denn auch sie wird von dem Überleben unseres Planeten abhängen und sich der großen Klimakatastrophe stellen müssen, die auf uns zurollt. Cyborgs könnten in Wahrheit unsere letzte Rettung sein. Doch das ist längst nicht alles: Der große ökologische Visionär Lovelock hat mit 100 Jahren einen Blick in unsere Zukunft geworfen und ein weises und höchst originelles Buch geschrieben, in dem es keinen einzigen langweiligen Satz gibt.

## Mutter Erde mit Hilfe von Cyborgs retten

*(Arno Widmann, Frankfurter Rundschau  
vom 26. Juli 2019)*

---

Heute wird James Lovelock 100 Jahre alt. Am 4. Juli erschien sein neuestes Buch «Novacene – The Coming Age of Hyperintelligence». Es ist wach, hell und klar, witzig und Streitbar. Wie man Lovelock seit mehr als vierzig Jahren kennt.

Man kennt ihn seit 1979, als er in seinem Buch «Gaia: A New Look at Life on Earth» die These vertrat, die Erde und die sie umhüllende Atmosphäre sei ein Lebewesen. Er wurde verspottet dafür. Heute gibt es keinen Wissenschaftler mehr, der nicht davon ausgeht, dass unser Planet und seine Umgebung ein komplexes, interagierendes System bilden, das das Leben nicht nur hervorgebracht hat, sondern auch von ihm geprägt ist.

Lange vor «Gaia» war James Lovelock bereits in den verschiedenen Fachwelten eine bekannte Größe, in denen der Chemiker, Mediziner, Biophysiker – drei Studienabschlüsse – und Erfinder sich bewegte. Er wuchs fünfzig Kilometer nördlich von London, in Letchworth, einer der ersten Gartenstädte

der Moderne, Vorbild für zum Beispiel Hellerau, in einer Quäkergemeinde auf.

Im Zweiten Weltkrieg verweigerte James Lovelock zunächst den Wehrdienst, meldete sich aber, angesichts der Untaten der Nazis, später freiwillig. Seine medizinische Arbeit sei zu wichtig, um ihn in den Krieg zu schicken, wurde ihm mitgeteilt.

1957 hatte er den Elektroneneinfangdetektor gebastelt. Mit diesem Instrument erst wurde es möglich, ohne großen Aufwand viele Umweltschadstoffe nachzuweisen. 1961 engagierte ihn die NASA: Lovelock entwickelte Instrumente zur Analyse extraterrestrischer Atmosphären.

Seit 1964 hat Lovelock – auf deutsch heißt das «Liebeschloss» – ein eigenes Labor. Seine Erfindungen machten ihn unabhängig von den Institutionen – Harvard, Oxford usw. –, in denen er arbeitete.

Es waren die Forschungen bei der Nasa, die ihn auf die Gaia-Idee brachten. Dass das Leben sich nicht auf totem Material bewegt, sondern, dass es dieses Material selbst mit Leben erfüllt, wurde ihm klar, als er den Mars analysierte. Das war ein Planet, den das Leben nicht hatte umgestalten können. Hier regiert Kohlenstoffdioxid,  $\text{CO}_2$ . Und es gibt keine Photosynthese betreibenden Pflanzen, Algen oder Bakterien, die mit Hilfe des Sonnenlichts das energiearme, anorganische  $\text{CO}_2$  in ein organisches, energiereiches Kohlenhydrat verwandeln könnten.

Der Blick aus dem Weltraum auf die Erde, die, man sieht das jetzt sehr gut, eigentlich «das Wasser» heißen müsste, hatte Lovelock die Augen geöffnet für die einmalige Konstellation, in die sie eingebettet ist. Er hält «Leben», wie wir es kennen, für eine einmalige Angelegenheit. Die Entdeckung der Möglichkeit von Milliarden, Billionen von Exoplaneten ändert nichts



an seiner Ansicht. Der richtige Abstand zur jeweiligen Sonne hilft noch nicht viel weiter. Es muss eine Atmosphäre entstehen, die den Planeten vor der immer wärmer strahlenden Sonne schützt, sonst stirbt das Leben – falls es denn einmal da war – wieder sehr schnell.

Dass James Lovelock das unablässig agierende, sich selbst erhaltende System nach der griechischen Göttin der Erde «Gaia» nannte, war, was sein Ansehen in der Wissenschaft anging, eher schädlich. Er wurde in die New-Age-Ecke abgeschoben. Man betrachtete ihn gerne als einen, der sich um die alte Dame, die Mutter Erde, kümmern wollte. Das war nicht falsch. Aber Lovelock war nicht nur Liebhaber. Er war auch Wissenschaftler, und er untersuchte «Mutter Erde» geophysikalisch, ein Mediziner fürs Ganze. Auf die Idee, sie Gaia zu nennen, hatte ihn sein Nachbar und Freund gebracht, der spätere Literaturnobelpreisträger William Golding. Wir kennen ihn alle als Autor von «Der Herr der Fliegen».

Da wir schon einmal beim Promi-Namedropping sind. Der junge, in Oxford arbeitende Mediziner James Lovelock wollte 1942 herausfinden, bei welchen Temperaturen Zellen beschädigt werden. Das sollte er an anästhesierten Kaninchen ausprobieren. Der Quäker-Sohn widersprach. Er nahm seine eigenen Hautzellen dafür. Der die Versuche begleitende Arzt lud ihn zu sich nach Hause ein. Seine Frau begrüßte Lovelock: «Können Sie bitte einen Moment das Kind halten, ich muss in der Küche nach dem Essen sehen.» So kam es, dass James Lovelock ein paar Minuten lang Stephen Hawking in seinen Armen hielt.

Mit Gaia hatte er Recht. Zu sagen «die Erde lebt» ist präziser als der Satz «es gibt Leben auf der Erde». Leben besteht

nicht nur aus Lebendigem. Es verändert auch das Anorganische.

Genau darum geht es in James Lovelocks neuestem Buch «Novacene». Es ist noch nicht auf Deutsch erschienen. In den USA wird es erst im August herauskommen, aber die englische Ausgabe bei Allen Lane erschien drei Wochen vor seinem Geburtstag. Sie haben vom Anthropozän gehört? Das ist, so seine Verfechter, jene geologische Epoche, der der Mensch seinen Stempel aufgedrückt hat. Die stolpert bereits ihrem Ende entgegen in ein neues Zeitalter, das Novazän. So James Lovelock.

Der entscheidende Faktor des Novazän wird nicht mehr der Mensch sein, sondern die künstliche Intelligenz, von Lovelock «Cyborg» genannt. Bei Menschen wie allen Lebewesen muss Information durch biochemische Prozesse aus chemischen in elektronische Signale verwandelt werden. Dieser Zeit und Energie kostende Aufwand entfällt bei der künstlichen Intelligenz. Hier spielt sich alles elektronisch ab. Also eine Million mal schneller. Da können wir strampeln, wie wir wollen, wir werden daran nichts ändern können. Die Evolution ist mit unserer Hilfe über uns hinaus gegangen.

James Lovelock, der Jahrzehnte lang uns beschwor und agitierte, uns um das Überleben der Erde zu kümmern, glaubt jetzt, Bundesgenossen in unseren hyperintelligenten Geschöpfen gefunden zu haben. Sie werden uns hinaushelfen aus der Grube, die wir uns gegraben haben. Lovelock, der felsenfest davon überzeugt ist, dass Intuition in allen kreativen Prozessen eine wichtige Rolle spielt, geht davon aus, dass auch die Cyborgs lernen, nicht nur Programme durchzuspulen, sondern Aha-Erlebnisse zu haben.

James Lovelock könnte man einen mystischen Ingenieur

nennen, beseelt von dem festen Glauben an die Möglichkeit der Perfektionierung von Natur und Mensch. Lovelock ist energischer Befürworter der Atomenergie. Nur mit ihrer Hilfe sind wir in der Lage, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß schnell deutlich zu senken, sagt er. Lovelock braucht die Atomenergie und die Raketentechnik aber noch aus einem anderen Grunde. Sie gibt Mutter Erde das erste Mal die Möglichkeit, sich gegen Meteoritenbefall zur Wehr zu setzen. Man könnte die Leben vernichtenden Himmelskörper rechtzeitig, bevor sie in die Erdatmosphäre eintreten, mit Atombomben zerstäuben. Das wäre ein epochaler Einschnitt im Selbstbewusstwerdungsprozess der Erde, der einsetzte, als der Mensch nicht mehr nur in den Himmel schaute, sondern zu verstehen begann, wie seine Heimat, der blaue Planet, sich darin bewegte.

Als James Lovelock 97 Jahre alt war, berichtete Stefanie Bolzen in der «Welt» über ihn: «Das hohe Alter scheint seinem Körper nichts anzuhaben, er braucht keinen Stock, steht behände aus dem Sessel auf und ist am Wochenende erst zwölf Kilometer die Küstenhänge hinausmarschiert.» James Lovelock ist ein Wunder.

# Nach der Erde die ganze Welt

James Lovelock im Gespräch mit Karl Hübner

*(Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung  
vom 21. Juli 2019)*

---

*Herr Lovelock, Sie werden bald 100 Jahre alt. Wie geht es Ihnen?*

Nicht so schlecht. Ich versuche, jeden Tag etwas in der Natur zu spazieren. Ich hatte Schulterprobleme, aber das ist jetzt wieder besser. Alles in allem: danke, gut.

*Kürzlich erschien ein neues Buch von Ihnen, der Titel lautet «Novacene». Worum geht es?*

Es geht um ein neues Zeitalter – um das, was nach unserem kommt. Evolution und natürliche Auslese gehen ja weiter. Ich denke, es wird neue Organismen geben, teilweise mit integrierter Elektronik. Das wird die weitere Entwicklung enorm beschleunigen. Das wird eine völlig andere Welt werden.

*Denken Sie an Roboter, die sich selbst weiterentwickeln? Wann wird es so weit sein?*

Wenn es nicht bald passiert, wird es ohnehin zu spät sein. Ich bin nicht sicher, ob die Menschheit in der Lage ist, noch sehr

lange auf diesem Planeten zu überleben. Und wenn nicht, was wird danach sein? Ich glaube, dass Künstliche Intelligenz eine Rolle spielt. Lesen Sie das Buch (lacht). Aber, ich betone, das ist Fiktion, kein Sachbuch.

*Sie haben sich in den vergangenen Jahrzehnten intensiv mit der Gaia-Theorie beschäftigt. Doch 2017 forderte das Magazin New Scientist, Sie für die Entwicklung eines Geräts zu ehren, mit dem Sie ganz nebenbei unseren Planeten gerettet hätten.*

Nun ja, den Planeten muss man nicht retten, der kommt schon allein zurecht. Man spielte da auf den Elektroneneinfangdetektor an, den ich Ende der fünfziger Jahre entwickelt hatte. Mit ihm ließen sich erstmals viele Pestizide sowie polychlorierte Biphenyle und auch FCKW, also Fluorchlorkohlenwasserstoffe, in der Umwelt nachweisen. Das hatte natürlich Folgen für unseren Umgang mit diesen Chemikalien.

*Aber es stimmt doch, dass Sie mit Ihren FCKW-Messungen entscheidend dazu beigetragen haben, dass die Ozon-schicht, die das Leben auf der Erde vor UV-Strahlung schützt, gerettet werden kann?*

Ich habe da sicher eine gewisse Rolle gespielt. Ich denke aber, dass irgendwann auch andere darauf gestoßen wären.

*Immerhin war Ihr Detektor, der ECD, damals als einziges Gerät empfindlich genug, um solche geringen Spuren an FCKW in der Luft tatsächlich nachzuweisen.*

Das ist richtig. Doch früher oder später wäre vielleicht jemand mit Spektrometern in die Stratosphäre geflogen und hätte die Substanzen dort gefunden.

*Warum haben Sie sich in den späten 1960er Jahren überhaupt mit FCKW beschäftigt?*

Ich habe mich zunächst gar nicht für FCKW an sich interessiert, sondern für den Smog, der sich auch in ländlichen Regionen Südinglands bildete. Ich wollte herausfinden, inwieweit die städtische Herkunft der Luftmassen eine Rolle spielte. Da suchte ich nach einer Markersubstanz, also einer chemischen Verbindung, die zweifelsfrei nur in Ballungsräumen freigesetzt wird. So kam ich auf F11.

*Also Trichlorfluormethan, ein FCKW, das vor allem als Treibmittel in Spraydosen und bei der Kunststoffverschäumung verwendet wurde.*

Wie alle FCKW kommt die Substanz in der Natur nicht vor. Sie schien mir daher ein guter Indikator, um die Herkunft und Strömungsrichtung von Luftmassen nachzuweisen. In der Tat waren die F11-Werte höher, wenn es diesig war.

*Was fiel Ihnen noch auf?*

Ich maß nicht nur in Südingland, sondern auch an der Südwestküste Irlands, wo wir damals, direkt am Atlantik, ein Ferienhäuschen hatten. Und auch dort fand ich F11. Solange die Luft von Osten kam, also vom Land, war das plausibel. Überrascht war ich dagegen, dass ich F11 auch an Tagen mit Westwind nachweisen konnte, also wenn die Luft vom Atlantik kam. Die Substanz musste von Amerika herübergeweht worden sein. Das fand ich bemerkenswert.

*Wie hoch waren die Konzentrationen, die Sie da maßen?*

So um die 150 ppt, also parts per trillion, wenn die Luft vom Land kam. Bei Westwind waren es immerhin noch 50 ppt.

*Das sind 50 F11-Moleküle in einer Billion Luftteilchen. Die Konzentration ist noch viel geringer, als wenn man eine bestimmte Person in der gesamten Weltbevölkerung ausfindig machen müsste. Was bedeutete das?*

Der ECD ist so empfindlich, gerade für Substanzen, die Halogene wie Chlor und Fluor enthalten. Ich war neugierig geworden und hatte die Idee, den Atlantik von Nord nach Süd zu überqueren und entlang dieser Fahrt F11 zu messen, außerdem bestimmte Iod- und Schwefelverbindungen, die mich im Zusammenhang mit Stoffkreisläufen und meinen frühen Überlegungen zu Gaia interessierten. Leider bekam ich keine Forschungsgelder bewilligt.

*Zu dieser Zeit hielten Sie zwar Vorlesungen, gehörten aber als unabhängiger Forscher keiner Institution an. Sie waren dadurch nicht unbedingt Teil der akademischen Gemeinschaft.*

Das stimmt. Ich war seit den frühen sechziger Jahren freier Wissenschaftler. Ich war als Auftragserfinder und Berater tätig, mit Werkstatt und Labor zu Hause.

*Trotzdem konnten Sie Ende 1971 an Bord der «Shackleton» gehen, eines Versorgungsschiffs für die britische Antarktisstation. Wie kam das?*

Das Akademiker-Komitee der zuständigen Behörde hatte meinen Antrag abgelehnt. Ein Experte hatte ihn gar als Schwindel abgetan, weil er es nicht für möglich hielt, dass derart geringe FCKW-Konzentrationen überhaupt messbar sein könnten. Eine Beamtin der Behörde setzte sich jedoch für mein Vorhaben ein. Sie besuchte mich sogar in meinem Labor, und ich konnte ihr direkt vorführen, wie ich F11 in der Luft nachwies. Am Ende bekam ich zwar kein Geld, durfte aber bei freier Kost und Logis mitfahren. Der Bau der Apparatur für die Analysen hat mich einige hundert Pfund gekostet, das war alles. Zum Glück bekam ich dafür den Segen meiner Frau Helen, schließlich war es unser gemeinsames Haushaltsgeld.

*Was taten Sie an Bord?*

Ich bin mehrmals am Tag zum Bug des Schiffes, weil die Luft dort am wenigsten durch das Schiff selbst und die Besatzung verunreinigt war. Dort habe ich dann eine Spritze aufgezogen, fünf Milliliter. In meinem kleinen Bordlabor habe ich diese Luft in den selbstgebaute Gas-Chromatographen mit dem ECD injiziert. Keine große Sache.

*Wie konnten Sie unterwegs die F11-Konzentration genau bestimmen?*

Ich wusste ja, an welcher Stelle der F11-Peak kam. Das Messprinzip meiner ECD-Konstruktion erlaubte es, von der Peakgröße direkt auf die Substanzmenge zu schließen. Es begann mit Werten über 70 ppt. Nach Süden hin wurde es immer weniger. Am Äquator waren es noch rund 40 ppt. Aber so hoch blieb die Konzentration auf der gesamten Südhalbkugel bis zur Antarktis. Damit bestätigte sich, dass die FCKW praktisch überall waren.

*Von Ihren Messwerten auf dem Atlantik schlossen Sie auf die Menge in der gesamten Atmosphäre. Woran orientierten Sie sich?*

Ein amerikanischer Mathematiker, Lester Machta, half mir dabei. Er hatte sich mit der Verteilung radioaktiver Nuklide in der Atmosphäre beschäftigt und dafür Modelle entwickelt. So kamen wir zu einer groben Abschätzung.

*Und diese Abschätzung verglichen Sie mit den Zahlen der Industrie?*

Genau. Ich hatte einen ganz guten Kontakt zu Raymond McCarthy, der damals für die FCKW-Produktion bei DuPont verantwortlich war. Er hatte einen guten Überblick über die weltweite Produktion – und machte eine grobe Schätzung, wie viel



davon seit Beginn der Produktion in den 1930er Jahren bereits freigesetzt worden war.

*Die Werte lagen nahe beieinander?*

So war es. Sie waren fast gleich. Was daraus folgte, war, dass diese FCKW offenbar durch nichts zerstört und abgebaut werden.

*Das war der Moment, wo andere Wissenschaftler neugierig wurden.*

Ja, die Sache sprach sich schon herum, bevor wir die Shackleton-Messwerte 1973 in *Nature* veröffentlichten.

*Sherry Rowland von der University of California zum Beispiel abnte, dass die FCKW in die Stratosphäre gelangen würden, wo sich auch die Ozonschicht befindet. Und sein Doktorand Mario Molina simulierte, was dort passieren würde: Die energiereiche UV-Strahlung schlug Chlor-Radikale aus den FCKW-Molekülen heraus. Ein einziges Chlor-Radikal, so die Theorie, kann tausend Ozon-Moleküle zerstören, weil es bei der Reaktion nicht verbraucht wird. Demnach würden selbst kleine FCKW-Mengen großen Schaden anrichten.*

Ja, aber ich dachte, woher wissen die, ob die FCKW wirklich in der äußeren Atmosphäre zerstört werden? Ich versuchte daher, in die Stratosphäre zu fliegen, um Messungen zu machen. Ich hatte Glück und bekam die Möglichkeit, in einem Flugzeug der Royal Air Force auf 45 000 Fuß hoch zu gehen. Ich nahm bis dorthin Proben, und der Konzentrationsverlauf zeigte in der Tat, dass die FCKW dort abgebaut wurden. Es gibt einen Beitrag in *Nature* darüber.

*Im Jahr 1985 wurde erstmals ein Ozonloch über der Antarktis beobachtet. Einige Länder verboten schon davor*

*FCKW-Anwendungen, etwa in Spraydosen. Das Ozonloch beschleunigte nun, dass die Weltgemeinschaft im Montrealer Protokoll einen Ausstiegsplan für die Substanzen festlegte. Rowland und Molina bekamen dann 1995 zusammen mit dem Niederländer Paul Crutzen den Nobelpreis für Chemie. Hat Sie das gefreut?*

Ich finde, dass ich nicht gut behandelt wurde in der ganzen Geschichte. Ohne den ECD wäre all das doch gar nicht passiert.

*Rowland und Molina haben in ihren Vorträgen bei der Preisverleihung in Stockholm auf Ihre Vorarbeiten hingewiesen.*

Ja, vielleicht. Aber wenn es für deren Arbeiten einen Nobelpreis gab, hätte es auch einen für den ECD geben müssen. Ich war nicht mal zur Feier eingeladen.

(...)

*Stimmt es, dass Sie mit der ECD-Erfindung nie Geld verdient haben?*

Ja. Als ich das Patent dazu anmeldete, war ich gerade an der Yale University beschäftigt. Durch eine besondere Klausel lagen die Rechte in den Vereinigten Staaten. Hewlett Packard baute dann einen kommerziellen ECD. Dafür habe ich kein Geld gesehen. Allerdings bezahlte mir das Unternehmen danach jedes Jahr eine Art Vorschuss. Als Gegenleistung sollte ich bei Fragen zum technischen Design und bei der Weiterentwicklung helfen. Das taten sie mehr als dreißig Jahre lang. Eine sehr anständige Firma.

*Wer waren Ihre anderen Kunden?*

Ich habe viel für Shell gemacht, auch für den britischen Geheimdienst. Und für ... ah, ich komme nicht darauf, für wen

noch. Und natürlich für die Nasa. Die war ja der Grund, warum ich meine Festanstellung beim National Institute for Medical Research in London aufgegeben hatte.

*Wie wird man denn Nasa-Forscher?*

Eines Tages bekam ich einen ungewöhnlichen Brief von einem Mann in Amerika, der das Raumfahrtprogramm leitete. Ob ich nicht bei der Nasa Instrumente entwickeln wolle, mit denen sich die Oberfläche von Mars und Mond untersuchen ließe. Eine großartige Gelegenheit (greift zur Seite und holt eine unspektakuläre Metallspirale hervor). Hier, ohne dieses Ding wäre ein Teil des Viking-Programms nicht möglich gewesen.

*Sie meinen die Sonden, die 1976 auf dem Mars landeten.*

*Inwiefern war Ihre Erfindung damals eine Hilfe?*

Wir brauchten es als Verbindung zwischen dem Gaschromatographen und dem Massenspektrometer. Es trennt das für die Chromatographie nötige Trägergas von möglicherweise vorhandenen Molekülen in den Proben, so dass nur Letztere in den Detektor gelangen. Das war wichtig, da er sonst nicht funktioniert hätte.

*Was passiert im Inneren der Spule?*

Das ist ein bisschen wie Magie. Die Spule enthält Palladium, und das Trägergas war Wasserstoff. Wenn man Palladium etwas aufheizt, diffundiert der Wasserstoff in das Metall und wird auf diese Weise von anderen Substanzen abgetrennt. Wir konnten diesen Wasserstoff sogar wiederverwenden und damit Gewicht einsparen, was eine generelle Vorgabe für die Viking-Ausstattung war.

*Sie sind eher ein Tüftler, der Geräte erfindet. Aber Sie entwickelten außerdem die Gaia-Theorie. Diese begreift die Gesamtheit allen Lebens auf der Erde samt Atmo-,*

*Geo- und Hydrosphäre als ein sich selbst regulierender Superorganismus. Wie kam es dazu?*

Das war während des Mars-Programms. Es gab da eine Gruppe von Biologen, die an Experimenten tüftelten, um eventuell vorhandenes Leben auf dem Mars nachzuweisen. Eines Tages wurde ich gefragt, wie ich so etwas angehen würde. Ich dachte, dass es doch reichen müsste, sich die Zusammensetzung der Mars-Atmosphäre anzuschauen. Bei einem leblosen Planeten würden chemisch stabile Gase wie Kohlendioxid dominieren, auf der Erde ist es umgekehrt: Der Gehalt an Sauerstoff ist hoch, und trotzdem kommen in der Atmosphäre Substanzen vor, die mit Sauerstoff reagieren, etwa Methan. Offenbar werden sie also ständig nachgeliefert – eine Folge des Lebens auf diesem Planeten. Später habe ich mich gefragt: Was, wenn die Zusammensetzung der Atmosphäre nicht nur Ausdruck von Leben ist, sondern selbst Bestandteil einer lebendigen Erde, eines sich selbst regulierenden Organismus?

*So wie ein Körper etwa den Gehalt an roten Blutkörperchen im Blut im Gleichgewicht hält, so kontrolliert die Gesamtheit des Lebens die Atmosphäre nach ihren Bedürfnissen.*

Genau. Aber nicht nur die Atmosphäre, sondern die gesamte Umwelt.

*Warum der Name Gaia?*

Das war eine Idee William Goldings, des Autors von «Herr der Fliegen». Er war damals mein Nachbar und ein guter Freund. Wir trafen uns häufig, und einmal stellte ich ihm meine Gedanken zu einem lebendigen Planeten vor. Da meinte er, dass ich auch einen Namen brauche, um eine neue Theorie verbreiten zu können, und schlug mir die griechische Göttin der Erde vor.

*Die Reaktionen waren kontrovers. Viele Wissenschaftler haben Ihr Konzept abgelehnt. Esoteriker hingegen waren begeistert.*

Ja, das war interessant. Biologen kamen am wenigsten mit der Idee zurecht. Sie passte nicht zu ihrer Definition von Leben und zum Konzept von natürlicher Auslese und Evolution. Geologen hatten auch ihre Schwierigkeiten, eine Wechselwirkung zwischen Leben und Steinen zu sehen. Unter den Wissenschaftlern waren es vor allem Klimatologen, die Gaia akzeptierten. Und ja, es stimmt, viel Resonanz bekam Gaia auch in der New-Age-Szene. Für die war es eher eine Mutter-Erde-Idee, wie Astrologie. Die Wissenschaft dahinter hat diese Leute nicht interessiert. Das hat der Akzeptanz von Gaia nicht gutgetan.

*Den richtigen Durchbruch hat es nie gegeben, nicht wahr?*

So würde ich es nicht formulieren. Irgendwann wurde Gaia doch sehr ernst genommen und fand breite Anerkennung. Dabei half ein Beitrag in *Nature* in den späten achtziger Jahren. Er zeigte, wie Mikroalgen über das Freisetzen von Dimethylsulfid Einfluss auf die Wolkenbildung und damit letztlich auf das Klima nehmen. Ohne Wolken wäre es viel zu warm für das meiste Leben auf der Erde, wie wir es kennen. Das Ganze war ein schönes Beispiel dafür, wie Leben dafür sorgt, dass die Lebensbedingungen erhalten bleiben.

*Bleiben diese Bedingungen angesichts des Klimawandels denn wirklich erhalten? Und wie passt der Verlust der Artenvielfalt in das Konzept?*

Entscheidend ist nicht, ob einzelne Arten fortbestehen. Wenn der Mensch den Bogen überspannt und das Klima oder andere Bedingungen drastisch verändert, dann wird Gaia einen Weg finden, sich daran anzupassen. Meine Bücher «The Revenge of

Gaia» und «The Vanishing Face of Gaia» handeln davon. Wenn es erforderlich ist, wird es auch ohne Menschen weitergehen.

*Gibt es aktuell Gaia-Forschung?*

Es war lange ruhig, aber seit einigen Jahren tut sich wieder etwas. Ein Zentrum ist sicher die Universität Exeter, mit Tim Lenton. In Frankreich gibt es den Soziologen Bruno Latour, der sich für Gaia starkmacht. (...)

*Als was würden Sie sich bezeichnen, als Wissenschaftler oder Ingenieur?*

Ich denke, zwischen beiden gibt es einen grundsätzlichen Unterschied in der Einstellung, und ich bin da näher dran am Ingenieur. Sehen Sie, es war so, dass da Leute kamen, die sagten, sie wünschten sich ein Gerät, das dies oder das macht. Ich habe dann angefangen, das auf ganz grundsätzliche Prinzipien herunterzubrechen. Dann hatte ich eine Idee für ein Gerät, und das habe ich gebaut. Ich glaube, die meisten Wissenschaftler gehen nicht derart vor.

*Sie haben sich in Ihrem Leben mit unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und Themen befasst: mit FCKW, mit Gaia, mit dem Bauen von Instrumenten ...*

Auch mit dem Einfrieren und Wiederbeleben von Tieren.

*Wie bitte?*

Das war damals am National Institute for Medical Research, so Mitte der fünfziger Jahre. Wir interessierten uns dafür, wie sich das Einfrieren auf Zellprozesse auswirkte. Dazu froren wir auch Hamster ein. Mit Hilfe von Mikrowellen haben wir sie dann reanimiert. Eines ist doch immer gleich: Es gibt ein Problem, und man löst es. Wenn man das in einem Gebiet kann, geht es auch woanders.

*Die meisten Wissenschaftler arbeiten heute in sehr spezialisierten Nischen.*

Das ist sehr schade.

*Aber um in einem Gebiet gut und auf dem neuesten Stand zu sein, muss man doch seine ganze Energie darauf richten, oder?*

Wenn Sie das tun müssen, um Ihre Familie zu ernähren, haben Sie oft keine andere Wahl. Aber wenn man wirklich größere Zusammenhänge wissenschaftlich verstehen will, darf man sich nicht ausschließlich auf ein Thema konzentrieren.

*Ihre ersten Aufsätze zur Gaia-Theorie haben Sie in den sechziger und siebziger Jahren veröffentlicht. Ein eigenes Buch darüber erschien 1979, ein weiteres 1989, da waren Sie schon 70. Sie haben sich also recht spät in Ihrem Leben noch einmal einem ganz neuen Thema zugewandt.*

Warum nicht? Auch jetzt interessiere ich mich für Neues.

*Wofür zum Beispiel?*

Eine Sache, die mich sehr beschäftigt, ist, dass Sprache nur linear ist.

*Wo ist da das Problem?*

Jemand sagt etwas, Wort für Wort. Der andere hört es und antwortet darauf. Ursache und Wirkung, das ist linear. Aber die Welt funktioniert so nicht. Sie ist multidimensional, das hat schon Newton vor langer Zeit herausgefunden. Ich finde, dass unsere Kommunikation dadurch sehr eingeschränkt ist. Hinzu kommt das Problem, dass ein Adressat etwas nicht immer so versteht, wie es gemeint war.

*Was wäre die Alternative?*

Ich weiß es nicht. Wenn ich das wüsste, würde ich ... Nun, Sie

müssten darüber doch auch schon mal nachgedacht haben. Sie arbeiten schließlich mit Kommunikation.

*Über Beschränkungen durch lineares Sprechen habe ich noch nicht nachgedacht. Tauschen Sie sich denn mit anderen darüber aus?*

Ein wenig.

*Mehrdimensionales Sprechen, ist das nicht schwer vorstellbar?*

Ja, aber das ist die Quadratwurzel von minus eins auch. Aber damit kann man Probleme lösen oder sie zumindest vereinfachen. Ohne diesen Rechenoperator wäre ich vielleicht gar kein Wissenschaftler geworden.

*Wie das?*

Es war die Physikprüfung während meines Chemiestudiums in Manchester. Man musste damals die Theorie des Elektromagnetismus von Maxwell erklären. Wenn man das in linearen Gleichungen macht, braucht man einige Seiten dafür. Ich war Legastheniker und konnte das einfach nicht aufschreiben. Doch dann las ich von einem Rechenoperator, der mit der Wurzel aus minus eins arbeitete, und das verkürzte die drei Seiten auf wenige Zeilen. Im Examen wusste ich aber nicht, ob diese Abkürzung akzeptiert würde. Ich dachte schon, das war's wohl, jetzt kann ich mir einen anderen Beruf suchen. Doch dann lobte mich der Professor sogar für meine Herangehensweise. Das ist eine wahre Geschichte.

*Ich habe gerade noch einmal in Ihrem Buch «The Ages of Gaia» von 1989 gelesen. Können Sie sich noch daran erinnern, wie Sie es geschrieben haben?*

Ja, natürlich. Es war damals ein guter Ansatz, aber seither haben wir viel dazugelernt.



*Mir scheint es ein Buch zu sein, das gerade Gaia-Einsteigern einen guten Zugang zu dem Thema ermöglicht.*

Danke, das ist sehr nett von Ihnen. Allerdings hat es sich nicht so gut verkauft. Die Leute mochten es nicht.

*Sie schildern darin auch persönliche Dinge. Etwa, wenn Sie erzählen, wie Ihr Vater Sie früh mit in die Natur genommen und Ihnen die Pflanzen gezeigt hat.*

Das stimmt. Ich denke, mein Vater war ein echter Jäger und Sammler. Er war in der viktorianischen Zeit in sehr armen Verhältnissen aufgewachsen und musste früh lernen, was in der Natur essbar war und was nicht. Für diejenigen, die nicht reich waren, war es wohl überall in Europa eine schwierige Zeit.

*Haben Ihre Eltern noch miterlebt, wie Sie zum Wissenschaftler wurden und was Sie gemacht haben?*

Mein Vater hat das alles für einen Scherz gehalten und nicht sonderlich ernst genommen. Meine Mutter wohl auch nicht. Bis zu dem Moment, als es erfolgreich wurde. Und als ich elektrische Geräte baute, war mein Vater platt. Er hielt das für Zauberei.

*Warum?*

Er konnte es nicht glauben. Wohl wegen meiner Schulzeugnisse. Die waren fürchterlich.

*Wie kam das?*

Wenn mich etwas nicht interessierte, dann habe ich abgeschaltet. Wissenschaft fand ich natürlich interessant, Dichtung auch.

*Sie beklagen (...) die Zerstörung des ländlichen Raums. Seither sind dreißig Jahre vergangen. Ist es noch schlimmer geworden?*

Es ist traurig. Mitte der dreißiger Jahre bin ich in den Ferien viel durch Südengland geradelt. Ich habe es geliebt. Das Land,

durch das ich damals gefahren bin, gibt es aber nicht mehr. Es hat mit der Intensivierung der Landwirtschaft zu tun. Ein Prozess, der noch immer anhält. In Deutschland wird es sicher ebenso sein. Es ist ein weltweites Phänomen.

*Sie selbst wiederum wohnen sehr ländlich, abgelegen an der Küste von Dorset, etwa drei Kilometer vom nächsten Dorf entfernt.*

Daher haben wir es uns ja auch ausgesucht.

*Wie werden Sie Ihren 100. Geburtstag feiern?*

Mit Familie und Freunden in der Nähe von Oxford. Es gibt dort einen netten Veranstaltungsort, wo ich schon meinen 90. Geburtstag gefeiert habe.

*Das ist ein hohes Alter, in dem man zwangsläufig über das Leben, dessen Anfang und das Ende nachdenkt. Was kommt danach?*

Ich glaube nicht an ein persönliches Leben nach dem Tod. Aber ich fühle mich wohl bei dem Gedanken, auch dann chemisch ein Teil des lebenden Planeten zu bleiben, ein Teil von Gaia.

# Inhalt

---

Vorwort 9

## TEIL EINS

### Der wissende Kosmos

- 1 Wir sind allein 17
- 2 Am Rande der Auslöschung 21
- 3 Denken lernen 30
- 4 Warum wir hier sind 39
- 5 Die neuen Wissenden 46

## TEIL ZWEI

### Das Zeitalter des Feuers

- 6 Thomas Newcomen 51
- 7 Ein neues Zeitalter 55
- 8 Beschleunigung 60
- 9 Krieg 64
- 10 Städte 69
- 11 Um uns ist zu viel Welt 73

- 12 Die Hitzebedrohung 77
- 13 Gut oder schlecht? 88
- 14 Ein Freudenschrei 95

### TEIL DREI

Ins Novozän

- 15 AlphaGo 99
- 16 Das neue Zeitalter entwickeln 102
- 17 Das Bit 109
- 18 Über den Menschen hinaus 112
- 19 Mit den Sphären sprechen 118
- 20 Behütet von Maschinen  
voller Liebe und Güte 126
- 21 Denkende Waffen 135
- 22 Unser Platz in ihrer Welt 142
- 23 Der bewusste Kosmos 146

Zum Geleit 151

Dank 159

## Wir sind allein

---

Unser Kosmos ist 13,8 Milliarden Jahre alt. Unser Planet entstand vor 4,5 Milliarden Jahren, und das Leben begann vor 3,7 Milliarden Jahren. Unsere Spezies, *Homo sapiens*, ist knapp über 300 000 Jahre alt. Kopernikus, Kepler, Galileo und Newton tauchten erst im Laufe der letzten 500 Jahre unter uns auf. Erst seit einem kurzen Moment seiner Existenz weiß der Kosmos von sich selbst. Und erst als die Menschen die nötigen Instrumente entwickelten und auf die Idee kamen, das verwirrende Spektakel des klaren Nachthimmels beobachten und analysieren zu wollen, begann der Kosmos aus seinem langen Schlaf der Unwissenheit zu erwachen.

Oder fand ein solches Erwachen noch anderswo statt? Die unerschöpfliche Flut an Literatur und Filmen über Außerirdische legt nahe, dass wir das gerne glauben wollen. Es ist schwer zu glauben, dass wir allein in diesem Kosmos sind, der vielleicht 2 Billionen Galaxien enthält, von denen jede wiederum 100 Milliarden Sterne umfasst. Manche halten es natürlich für möglich, dass es zumindest auf einem dieser Milliarden anderer Planeten, die jene Sterne umkreisen müssen, hochintelligente Spezies gegeben hat oder gibt. Sie wären, wie wir, Versteher des Kosmos;

oder vielleicht nehmen ihre vollkommen fremdartigen Sinne auch einen komplett anderen Kosmos wahr.

Ich denke, das ist höchst unwahrscheinlich. Diese enormen Zahlen kosmischer Objekte sind irreführend. Der blind tastende Prozess der Evolution durch natürliche Selektion brauchte 3,7 Milliarden Jahre – fast ein Drittel des Alters des Kosmos –, um aus den ersten primitiven Lebensformen einen verstehenden Organismus zu entwickeln. Hätte die Entwicklung des Sonnensystems außerdem eine Milliarde Jahre länger gedauert, wäre niemand am Leben, um darüber zu sprechen. Wir hätten nicht genug Zeit gehabt, die technologischen Mittel zu erlangen, um mit der zunehmenden Hitze der Sonne fertigzuwerden. So gesehen, ist es klar, dass unser Kosmos, so alt er auch sein mag, noch nicht alt genug ist, als dass die enorm unwahrscheinliche Kette von Ereignissen, die notwendig ist, um intelligentes Leben hervorzubringen, mehr als einmal hätte ablaufen können. Unsere Existenz ist ein verrückter Ausrutscher.

Aber unser Planet ist jetzt alt. Es ist eine seltsame Tatsache, dass die Lebensdauer der Erde leichter zu begreifen ist als unsere eigene Lebensdauer. Wir wissen noch nicht, warum Menschen selten länger als maximal 110 Jahre und Mäuse nur ein Jahr lang leben. Es ist keine Frage der Größe – einige kleine Vögel erreichen ein Alter, das mit unserem vergleichbar ist. Die Lebensdauer eines Planeten dagegen wird ganz einfach durch die Eigenschaften des Sterns, der ihn wärmt, bestimmt.

Unser Stern, die Sonne, ist das, was die Astronomen einen Hauptreihenstern nennen. Sie gab uns das Leben, und sie nährt uns. Ihre Wärme und Stetigkeit trösten uns inmitten der zahllosen Ungewissheiten unseres eigenen Lebens. Wie jener große Wahrheitsverkünder George Orwell 1946 in «Gedanken über

die gemeine Kröte» schrieb: «Die Atombomben stapeln sich in den Fabriken immer höher, die Polizei pirscht durch die Städte, die Lügen strömen aus den Lautsprechern, aber die Erde dreht sich immer noch um die Sonne ...»

Aber diese große Trösterin ist auch todbringend. Haupttreihensterne werden langsam immer heller, wenn sie altern. Die zunehmende Hitze der Sonne bedroht das Leben auf unserem Planeten. Bisher wurden wir geschützt durch das Planetensystem, das ich Gaia nenne, und das die Erdoberfläche kühlt.

Es gibt mehrere Gründe, warum die Erde unbewohnbar heiß werden könnte. Wenn es keine Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) absorbierende Vegetation gäbe, dann könnte die Erdtemperatur nicht auf ihrem derzeitigen Niveau gehalten werden. Es würde ein unkontrollierbarer Treibhauseffekt entstehen. Wir finden um uns herum ständig Beispiele für diesen Prozess. Wenn Sie an einem heißen Tag die Temperatur eines Schieferdachs mit der eines nahestehenden dunklen Nadelbaums vergleichen, dann werden Sie merken, dass das Dach 40 Grad heißer ist als der Baum. Der Baum kühlt sich selbst, indem er Wasser verdunstet. Ebenso ist die Meeresoberfläche kühl, weil das Leben sie unter 15 Grad hält; oberhalb dieser Temperatur kann es kein Leben im Meer geben, das Sonnenlicht wird absorbiert und heizt das Wasser auf.

Gaia muss weiter daran arbeiten, den Planeten zu kühlen, denn er ist jetzt alt und gebrechlich. Mit dem Alter werden wir fragiler, wie ich nur allzu gut weiß. Dasselbe gilt für Gaia. Sie könnte heute durch Erschütterungen ihres Systems, die sie in früheren Zeitaltern einfach weggesteckt hätte, zerstört werden.

Ich bin ziemlich sicher, dass nur die Erde eine Kreatur hervorgebracht hat, die in der Lage ist, den Kosmos zu begreifen.

Aber ich bin ebenso sicher, dass die Existenz dieser Kreatur gefährdet ist. Wir sind einzigartige, privilegierte Wesen, und aus diesem Grund sollten wir jeden einzelnen Moment unseres Bewusstseins wertschätzen. Und gerade heute sollten wir diese Momente umso mehr wertschätzen, da unsere Vorherrschaft als primäre Versteher des Kosmos ein baldiges Ende finden wird.



## 2

### Am Rande der Auslöschung

---

Das bedeutet nicht, dass wir alle in den nächsten paar Jahren sterben werden – auch wenn das möglich ist. Das Aussterben der Menschheit war immer schon eine drohende Gefahr. Wir sind sehr zerbrechliche Versteher, die sich unsicher an die Erde, unser einziges Zuhause, klammern.

Asteroideneinschläge könnten die Biosphäre zerstören, von der wir abhängen, so wie einer von ihnen vor 65 Millionen Jahren der Herrschaft der Dinosaurier ein Ende gesetzt hat. Die Oberflächen des Mondes und unseres Schwesterplaneten Mars sind mit Kratern übersät, die ziemlich sicher durch den Aufprall von Gesteinsbrocken entstanden sind.

Wir haben allen Grund anzunehmen, dass die Erde mit ebenso vielen zusammengestoßen ist, aber unser Planet, der eine dünne flüssige Haut aus Wasser besitzt, kann nur auf dem Land Krater aufweisen, und diese werden vom unablässigen Regen eingeebnet. Und trotzdem gibt es, wenn man die Oberflächengesteine sorgfältig untersucht – wie Geologen das getan haben –, Hinweise auf zahlreiche Zusammenstöße, von denen einige Krater mit einem Durchmesser von über 300 Kilometern hinterlassen haben.

Noch verheerender wäre ein vulkanisches Ereignis wie jenes, durch das – vor 252 Millionen Jahren – das Perm endete und die Trias begann. Dies wurde, wie man glaubt, durch einen gewaltigen Ausbruch von Magma verursacht, der das formte, was wir heute den Sibirischen Trapp nennen. Dieses Ereignis wird oft als das große Massenaussterben bezeichnet – 90 Prozent der Meeresspezies und 70 Prozent der Landlebewesen wurden ausgelöscht. Die Ökosysteme erholten sich davon 30 Millionen Jahre lang nicht.

Das ist lange her, aber es gibt dennoch keinen Grund zur Entwarnung. Vor nur 74 000 Jahren wurde die menschliche Population massiv dezimiert, auf vielleicht wenige Tausend. Dies geschah durch den vulkanischen Winter, der sich nach der ungeheuren Eruption, die in Indonesien den Tobasee schuf, über die Erde ausbreitete. Und erst 1815, wieder in Indonesien, verdunkelte der Ausbruch des Berges Tambora den Himmel und ließ überall auf dem ganzen Planeten die Temperatur sinken. Diese Dunkelheit inspirierte angeblich Mary Shelleys Roman *Frankenstein* und Lord Byrons schauerliches Gedicht «Finsternis», das mit den Zeilen endet: «Die Winde waren in der faulen Luft / Verwelkt, die Wolken fort; die Finsterniß / Hatt' sie nicht nöthig mehr – sie war das All!» Der Dichter hatte einen flüchtigen Blick auf die kosmische Fragilität unserer Existenz erhascht. Auch wenn ein weiteres Ereignis dieser Art uns nicht komplett auslöschen würde, könnte es doch unserer Zivilisation ein Ende bereiten und uns in die Steinzeit zurückkatapultieren. Das Verstehen des Kosmos stünde dann auf unserer Prioritätenliste nicht mehr sehr weit oben.

Einige dieser Risiken können entschärft werden. Dank unserer Fähigkeit, Dinge zu verstehen, besitzen wir bereits

Raketen und Nuklearwaffen, die eingesetzt werden könnten, um einen Asteroiden abzulenken, der die Erde bedroht. Es sollte uns – wenn vielleicht auch nur vorläufig – mit Stolz erfüllen, dass wir es bisher erfolgreich geschafft haben, uns mit eben jenen Waffen nicht selbst zu zerstören. Sobald der nationenübergreifende Wille existiert, eine Rakete mit einer Ablenkungsvorrichtung zu konstruieren, wird erstmals ein Planet des Sonnensystems, die Erde, die Fähigkeit entwickelt haben, die Annäherung eines großen, auf tödlichem Kollisionskurs durchs All schlingenden Gesteinsbrocken auszumachen. Und weit mehr als das, die Erde wird damit die Mittel und die Macht erlangt haben, seine gefährliche Flugbahn abzulenken, und sich selbst zu retten. Kosmisch betrachtet, ist das eine höchst bedeutsame Entwicklung.

Nicht jeder Überlebensplan ist ähnlich vielversprechend wie dieser. Ein wirklich verrückter Plan für das Überleben der Menschheit taucht regelmäßig in den Medien und den Köpfen einiger Abenteuerlustiger auf. Es handelt sich um die Vorstellung, dass – falls unser Leben auf der Erde vor der Auslöschung stünde – der Mars ein Zufluchtsort für die Menschheit sein könnte. Man scheint anzunehmen, dass sich die Oberfläche des Mars nicht allzu sehr von jener der Sahara oder der australischen Wüsten unterscheidet. Man müsste nur noch bis zu einer Wasserschicht hinunter bohren, wie man das in Städten wie Phoenix oder Las Vegas in den Vereinigten Staaten tut. Dann könnten wir ein bequemes, zivilisiertes Leben als Marsianer führen, umgeben von Casinos, Golfplätzen und Swimmingpools.

Leider ist eines der Dinge, die uns die unbemannten Expeditionen zum Mars gezeigt haben, dass die Marswüste für alle

denkbaren Daseinsformen der Erde ganz und gar lebensfeindlich ist. Die Atmosphäre ist etwa hundertmal dünner als auf dem Gipfel des Mount Everest, und sie bietet keinen Schutz gegen kosmische Strahlung oder die Ultraviolettstrahlung der Sonne. Die dünne Luft des Mars besteht zu 99 Prozent aus  $\text{CO}_2$ , und man kann sie absolut nicht atmen. Es gibt Spuren von Wasser auf dem Planeten, aber es ist so salzig wie das Wasser des Toten Meeres und untrinkbar. Der Pionier und Mächtegernraumfahrer Elon Musk sagte, er würde gern auf dem Mars sterben, allerdings nicht bei einem Aufprall. Die Bedingungen auf dem Mars legen jedoch nahe, dass es wahrscheinlich doch besser wäre, bei einem Aufprall zu sterben.

Vielleicht könnte man auf dem Mars Einsiedlerzellen für die Superreichen bereithalten, die womöglich ihr halbes Vermögen dafür ausgeben, um freiwillig dorthin zu reisen. Was auch immer an Geld übrig bliebe, könnte man dann dafür verwenden, eine winzige Überlebenskapsel zu bauen und zu unterhalten, aus der man nicht mehr herauskäme. Es wäre eigentlich viel weniger grausam, sie ihre Gefängniszellen auf der Eiskappe der Antarktis errichten zu lassen. Zumindest kann man dort die Luft atmen.

Solche Unternehmungen zu planen, während man den wirklichen Zustand der Erde ignoriert, erscheint außerordentlich pervers. Die Hoffnung, irgendeine winzige Oase auf dem Mars zu finden, rechtfertigt eigentlich nicht die enormen Ausgaben, vor allem dann nicht, wenn Forschung, die nur einen Bruchteil der Planetenerkundung kostet, entscheidende Daten über die Erde liefern könnte. Wir dürfen niemals vergessen, dass dies der Planet ist, auf dem wir leben, und dass Informationen über die Erde, auch wenn sie weniger spektakulär sind als Neuigkei-

ten vom Mars, genau das sein könnten, was unser Überleben sichert.

Was müssen wir also über die Erde wissen, um sicherzustellen, dass ein Verständnis des Kosmos fortbestehen kann? Wir müssen uns auf die Hitze, die drängendste und wahrscheinlichste Bedrohung unserer Heimat und Existenz, konzentrieren.

Ich werde mich damit im nächsten Teil dieses Buches detaillierter auseinandersetzen, aber ich muss an dieser Stelle einige Punkte ansprechen. In den letzten Jahren haben wir Tausende von «Exoplaneten» – Planeten außerhalb unseres Sonnensystems – entdeckt. Das hat große Aufregung hervorgerufen, nicht nur unter Astronomen. Viele begannen zu spekulieren, dass wir vielleicht kurz davor stehen, Anzeichen für intelligentes organisches außerirdisches Leben zu finden. Aber ich habe den Verdacht, dass diese Menschen zu anthropozentrisch sind. Zum einen ist es für Alienjäger wichtig, Planeten, die durch organische Lebensformen bestimmt werden, von jenen zu unterscheiden, auf denen elektronisches Leben herrscht. Dass Letzteres aus Ersterem hervorgehen wird, davon handelt dieses Buch. Jede fortgeschrittenere Zivilisation als die unsere wird vermutlich elektronisch sein, es ergibt also wenig Sinn, nach kleinen Wesen mit großen Köpfen und riesigen, schrägstehenden Augen zu suchen.

Dann ist da die Sache mit der Temperatur dieser Exoplaneten. Besonders aufregend war die Entdeckung, dass einige von ihnen innerhalb der «bewohnbaren Zone» liegen. Sie wird manchmal auch *Goldilocks Zone*, Goldlöckchen-Zone, genannt: Wie Goldlöckchens Brei ist sie genau richtig, nicht zu heiß und nicht zu kalt. Ein Goldlöckchen-Planet läge gerade weit genug entfernt von einem Stern, um Leben zu ermöglichen – nicht so

weit weg, dass er zur Eiswelt werden, und nicht so nah, dass er durch Hitze sterilisiert würde.

Wie ich schon sagte, glaube ich nicht, dass es intelligente Wesen da draußen gibt, aber nehmen wir für einen Moment an, es gäbe doch welche, und sie tun genau das, was wir tun – sie suchen Planeten in dieser bewohnbaren Zone. Diese außerirdischen Astronomen würden Merkur und Venus nicht in Betracht ziehen, weil sie offenkundig zu dicht an der Sonne liegen. Sie würden jedoch auch die Erde verwerfen, die ebenfalls zu nah ist. Mars, so würden sie beschließen, ist der einzige Kandidat.

Die Erde absorbiert und strahlt eine solch gewaltige Menge Hitze ab, dass sie wohl nicht als Ort innerhalb der habitablen Zone eingestuft werden kann. Ein außerirdischer Astronom, der das Sonnensystem betrachtet, wäre zwangsläufig erstaunt über die anormale Oberflächentemperatur unseres Planeten, verglichen mit jener der Venus. Die effektive Temperatur der Erde ist, vom Weltraum aus gesehen, heißer, nicht kühler als die der Venus. Und doch ist die Erde 30 Prozent weiter von der Sonne entfernt als die Venus. Die tatsächliche Temperatur der Erde ist hoch, weil unsere Atmosphäre, verglichen mit der Venus, nur eine winzige Menge an Kohlendioxid enthält. Um im thermischen Gleichgewicht mit der Sonne zu bleiben, muss die Erde mehr Wärmeenergie abstrahlen, und das tut sie vor allem durch langwellige Infrarotstrahlung. Das lässt die obere Atmosphäre an der Grenze zum All heiß werden, hält jedoch gleichermaßen die Erdoberfläche kühl.

Ich denke, die Vorstellung von der habitablen Zone ist fehlerhaft, denn sie ignoriert die Möglichkeit, dass ein Planet, der Leben hervorbringt, dazu neigt, seine Umwelt und sein Klima

in einer Weise zu verändern, die das Leben auf ihm begünstigt, so wie unser Planet das tut. Mit der Suche nach Leben andernorts wurde aufgrund der falschen Annahme, dass die derzeitige Umwelt der Erde einfach ein geologischer Zufall ist, vielleicht schon eine Menge Zeit vertan. In Wahrheit wurde die Umwelt der Erde massiv angepasst, um die Bewohnbarkeit aufrechtzuhalten. Es ist das *Leben*, das die Hitze der Sonne gesteuert hat. Wenn man das Leben auf dem Planeten komplett eliminieren würde, dann wäre er unmöglich bewohnbar, denn er würde viel zu heiß werden.

Wir werden also durch unseren Stern gemacht, der die Energie für das Leben bereitstellt, uns aber auch bedroht. Dieser Stern ist ein absolut gewöhnliches, ziemlich kleines, mittelaltes kosmisches Ding – ein 5 Milliarden Jahre alter Hauptreihenstern. Modelle der Sonne erklären, wie sie heiß bleibt, indem sie ihren Wasserstoff in den ultrastark strahlenden Regionen ihres Inneren zu Helium verschmilzt. Aber so wie brennende Kohle in Sauerstoffumgebung Kohlendioxid produziert, so produziert die Fusion von Wasserstoff Helium. Beide, Kohlendioxid und Helium, sind Treibhausgase: Das Erste erwärmt die Erde, das Zweite erwärmt die Sonne. Es lässt die inneren Zonen der Sonne heißer werden und verstärkt so die Fusionsaktivität; die außergewöhnliche Hitze bewirkt, dass sich die Sonne ausdehnt, und von ihrer vergrößerten Oberfläche strahlt mehr Hitze ab und wärmt die Erde. Sie wird ihre Hitzeproduktion weiter erhöhen, bis sie in 5 Milliarden Jahren ein Roter Riese werden und die Erde und die inneren Planeten des Sonnensystems langsam verschlucken wird.

Bisher schritt die Erwärmung der Sonne langsam genug voran, um zuzulassen, dass sich Leben entwickelt, ein Prozess,

der Millionen Jahre dauert. Leider ist die Sonne nun zu heiß für die nochmalige Entwicklung von organischem Leben auf der Erde. Die Hitzeemission unseres Sterns ist zu groß, als dass sich Leben neu entwickeln könnte, wie es das, während des Archaikums vor 4 bis 2,5 Milliarden Jahren, aus einfachen Chemikalien getan hatte. Wenn das Leben auf der Erde ausgelöscht ist, dann wird es nicht von Neuem entstehen können.

Aber das ist nicht das unmittelbare Problem. Die wirkliche Bedrohung ist, dass die Sonne, auch wenn sie im Moment stabil ist, langsam, aber stetig immer mehr Hitze abgeben wird. Tatsächlich hat sich ihr Ausstoß über die letzten 3,5 Milliarden Jahre hinweg um 20 Prozent erhöht. Das wäre eigentlich genug gewesen, um die Oberflächentemperatur der Erde auf 50°C anzuheben und einen unaufhaltsamen Treibhauseffekt herbeizuführen, der den Planeten unfruchtbar gemacht hätte. Aber das ist nicht passiert. Sicherlich gab es das, was sich für uns wie Hitzeperioden oder Eiszeiten anfühlt, aber die Durchschnittstemperatur der gesamten Erdoberfläche scheint nicht um mehr als etwa 5°C von ihrer derzeitigen Temperatur abgewichen zu sein: 15°C.

Dafür sorgt Gaia. In der griechischen Mythologie ist Gaia die Göttin der Erde, und auf den Vorschlag des Schriftstellers William Golding hin benannte ich nach ihr die Theorie, die ich vor 50 Jahren entwickelt habe. Die Theorie besagt, dass das Leben, seit es entstand, daran gearbeitet hat, seine Umwelt zu verändern. Das ist im Ganzen nicht einfach zu erklären, weil es sich um einen komplexen, mehrdimensionalen Prozess handelt. Ich kann jedoch mit einer einfachen Computersimulation veranschaulichen, wie es funktioniert. Sie heißt Daisyworld, und ich habe sie mit dem Klimaforscher Andrew Watson 1983 veröffentlicht.



Ein Hauptreihenstern wie unsere Sonne heizt den Planeten Daisyworld langsam auf, bis er gerade warm genug ist, dass eine Spezies schwarzer Gänseblümchen seine gesamte Oberfläche besiedeln kann. Schwarze Gänseblümchen absorbieren Hitze, weshalb sie bei solch niedrigen Temperaturen gut gedeihen. Aber es gibt mutierte weiße Gänseblümchen, die die Hitze reflektieren, und während die Temperatur weiter ansteigt, beginnen diese nun zu blühen. Daisyworld wird also von weißen Gänseblümchen gekühlt und von schwarzen gewärmt. Eine einfache Blume ist in der Lage, die Umwelt im planetaren Maßstab zu regulieren und zu stabilisieren. Im Übrigen geht diese Stabilisierung aus einem streng darwinistischen Prozess hervor.

Erweitern Sie dieses Modell um die gesamte Flora und Fauna der Erde, und Sie erhalten das System, das ich Gaia genannt habe. Aber man kann es eigentlich gar nicht vergrößern, weil das System zu komplex ist; tatsächlich so komplex, dass wir es nirgends wirklich ganz verstehen. Vielleicht ist es schwer zu begreifen, weil wir intrinsischer Teil davon sind. Aber ich glaube, es liegt auch daran, dass wir uns zu sehr auf Sprache und logisches Denken verlegt und dem intuitiven Denken, das für unser Verständnis der Welt eine so große Rolle spielt, nicht genügend Achtung geschenkt haben.

Kurz gesagt, könnte die Menschheit also aufgrund von Kräften, die außerhalb unserer Kontrolle liegen, jeden Moment ausgelöscht werden. Aber wir können etwas tun, um uns selbst zu retten, indem wir lernen zu denken.

## 4

### Warum wir hier sind

---

In Douglas Adams' *Per Anhalter durch die Galaxis*-Büchern sind die Delphine schlau genug, die Erde, kurz bevor sie zerstört wird, zu verlassen. Ihre Abschiedsbotschaft an die Menschheit lautet: «Macht's gut und danke für den Fisch.» Wie alle guten Witze funktioniert dieser, weil er uns das unbehagliche Gefühl gibt, dass es sich vielleicht nicht nur um einen Witz handelt. Wir wissen, dass Wale, Kraken und Schimpansen schlau sind, aber über was denken sie nach? Wie machen sie von ihrer Intelligenz Gebrauch? Vielleicht sehen sie uns, wie die Delphine, als chaotische, eher dumme Spezies an, die in erster Linie zum Heranschaffen von Nahrung nützlich ist.

Adams spitzt dieses Gefühl zu, indem er seinen Delphinen ein Bewusstsein für die unmittelbare Bedrohung der Erde und die Fähigkeit gibt, diese zu verlassen. Ich würde die Intelligenz von Delphinen nicht ganz so hoch einstufen. Aber wie intelligent andere Wesen auch sein mögen, für mich ist klar, dass das Alleinstellungsmerkmal der menschlichen Intelligenz darin besteht, dass wir sie gebrauchen, um die Welt und den Kosmos zu analysieren und Vermutungen anzustellen, und, im Anthropozän, um Veränderungen von planetarer Bedeutung zu bewirken.

Wie ich schon gesagt habe, glaube ich, dass nur wir das tun. Nur durch uns ist der Kosmos zur Selbsterkenntnis erwacht.

Das Aussterben der Menschheit wäre also nicht nur eine schlechte Nachricht für die Menschen, es wäre auch eine schlechte Nachricht für den Kosmos. Wenn wir annehmen, dass ich Recht habe und es keine intelligenten Aliens gibt, dann würde das Ende des Lebens auf der Erde das Ende allen Wissens und Verstehens bedeuten. Der wissende Kosmos würde sterben.

An dieser Stelle muss ich zurückgehen in meine Studienzeit in den 1930ern. Damals war es für die meisten Menschen in Großbritannien ganz normal zu sagen, dass sie an Gott glauben. Zu dieser früheren Zeit war Religion viel stärker Teil des Lebens, und viele glaubten, Gott habe die Menschen als das auserwählte Volk geschaffen. Betrachten wir uns heute, da Gott nicht mehr den höchsten Stellenwert hat, immer noch als Auserwählte?

Vermutlich nicht, aber ich tue es. Vielleicht nehme ich, weil ich als Quäker erzogen wurde, die Religion nicht in allem wortwörtlich – ich akzeptiere vieles von ihrer Weisheit, aber nicht unbedingt die Wahrheit ihrer Geschichten. Ich denke heute, dass diese religiöse Sicht der Menschen als Auserwählte vielleicht eine tiefe Wahrheit über den Kosmos ausdrückt. Dieser Gedanke regte sich in mir erstmals durch ein 1986 erschienenes Buch mit dem Titel *The Anthropic Cosmological Principle*, geschrieben von den beiden Kosmologen John Barrow und Frank Tipler.

Das Erste, was Barrows und Tiplers Buch in mir bewirkte, war ein Feuerwerk des Zweifels über das wissenschaftliche Prinzip von Ursache und Wirkung. Neuerdings habe ich realisiert,

dass ich tatsächlich niemals ein reiner Wissenschaftler gewesen bin. Ich war ein Ingenieur. Alle Geräte, die ich erfunden habe, basieren auf technischen Prinzipien (auch wenn ich sie oft mit der Überzeugung gebaut habe, dass sie möglich sind, weil ich in der Lage war, das wissenschaftlich zu beweisen). Ingenieure gehen von der Welt aus, wie sie wirklich ist, und weniger von einem wissenschaftlichen Prinzip. Das war auch so, als ich 1961 einen Brief von der NASA bekam. Sie luden mich ein, «an der ersten Surveyor-Mission teilzuhaben ..., vorgesehen für eine weiche Mondlandung», zwei Jahre später. Sie wollten, dass ich dabei helfe, einen Gaschromatographen zu bauen. Er sollte so klein wie möglich sein. Ich wusste sofort, dass ich das konnte, auch wenn ich nicht wusste, wie.

Die zweite Wirkung des Buches war, mich denken zu lassen, dass wir vielleicht tatsächlich auserwählt sind. Barrow und Tipler gehen vom anthropischen Prinzip aus. Das klingt wie ein rein philosophisches Argument, aber es hat tatsächlich ernsthafte Auswirkungen auf die Wissenschaft. In seiner grundlegendsten Form sagt es etwas, das bei näherer Betrachtung offensichtlich erscheint. Nämlich, dass wir bei dem Versuch, den Kosmos zu beschreiben, zuerst einmal annehmen müssen, dass es sich um die Art von Kosmos handelt, die denkende Wesen wie uns hervorbringen kann. Anders gesagt, können wir nicht mit einer Theorie daherkommen, in der der Kosmos zu jung ist oder komplett aus Strahlung besteht, oder in dem die Erde nie zustande gekommen ist. Unsere Theorien sind begrenzt durch die Tatsache, dass wir hier sind, um sie uns auszudenken.

Nichts, was wir über den Kosmos sagen, kann also, sofern wir nach der Wahrheit streben, die Existenz denkender Wesen bestreiten, die fähig sind, solche Dinge zu äußern. Wir wissen

zum Beispiel, dass der Kosmos älter als, sagen wir mal, eine Million Jahre sein muss, weil es viel länger dauert, bis sich intelligentes Leben entwickelt. Das bedeutet, dass unsere schiere Existenz das begrenzt, was wir über den Kosmos sagen können. Das ist kontrovers, weil einige denken, es sei eine banale Feststellung, die nichts zu unserer Erkenntnis beiträgt. Ich bin anderer Meinung.

Barrow und Tipler gehen noch weiter. Wenn wir den Kosmos beobachten, dann stellen wir fest, dass er ganz exakt darauf abgestimmt scheint, genau uns hervorzubringen. Es gibt viele physikalische Konstanten, von denen jede auch nur ein wenig anders hätte sein können, und wir wären nicht entstanden. Vielleicht haben wir unfassbar viel Glück gehabt – wir sind das Produkt einer Menge außergewöhnlicher Zufälle –, aber das liefert keinerlei Erklärung.

Eine Antwort darauf ist es, zu sagen, dass Gott für die günstigen Bedingungen verantwortlich gewesen sein muss; wie sonst könnte man etwas erklären, das sich jeder wissenschaftlichen Erklärung entzieht? Oder zum anderen könnten wir dagegenhalten, wie viele das tun, dass es zahllose Universen gibt, und offenbar befinden wir uns in einem, in dem intelligentes Leben auftauchen konnte; dann wäre daran nichts Magisches mehr. Diese «Multiversum»-Theorie wird als eine Erklärung für die Mysterien der Quantentheorie herangezogen. Es ist kein Wunder, dass ein Kosmos unter Milliarden gerüstet war, Leben hervorzubringen; andere ziehen einfach weiter ihre Bahn, unwissend und unbekannt. Das erscheint mir lediglich eine «Du kommst aus dem Gefängnis frei»-Karte zu sein – denn es kann weder bewiesen noch widerlegt werden.

Aber Barrow und Tipler bieten eine dritte Option. Vielleicht

ist Information eine immanente Eigenschaft des Universums, und deshalb mussten bewusste Wesen zustande kommen. Dann wären wir wirklich Auserwählte – das Werkzeug, durch das der Kosmos sich selbst erklärt.

Können wir also sagen, das Ziel des Kosmos ist es, intelligentes Leben hervorzubringen und zu erhalten? Das kommt einer religiösen Stellungnahme gleich, nicht im Sinne der Geschichten – an sie glaube ich nicht –, aber im Sinne einer tiefen Wahrheit. An diese glaube ich. Der herausragende Staatspräsident der Tschechoslowakei und dann der Tschechischen Republik, Václav Havel, meinte 2003, als er in Philadelphia die Liberty-Medaille erhielt, dass das kosmisch anthropische Prinzip und Gaia zwei Hypothesen seien, die einen angemessenen Weg in die Zukunft wiesen. Dieser Zusammenhang war richtig und zutiefst wahr.

Ich finde es äußerst bewegend, mir vor Augen zu halten, wie unser Universum seit seiner Entstehung mit dem Urknall Gestalt annahm – zuerst die leichten Elemente, aus denen die frühen Sterne und Galaxien geboren wurden; dann sammelten sich, über Milliarden von Jahren hinweg, langsam die Elemente des Lebens und auch die Sternensysteme, auf deren Planeten sie sich vereinigen und irgendwann die ersten lebenden Zellen bilden konnten. Dann, wieder 4 Milliarden Jahre später, führten Zufall und Notwendigkeit zur Evolution der Tiere und schließlich des Menschen. Könnte es anders vonstatten gegangen sein? Laut Barrow und Tipler nicht. Und wir sind vielleicht nur der Auftakt, der Beginn eines Prozesses, durch den der gesamte Kosmos Bewusstsein erlangt.

Was die neuen Atheisten und ihre säkularen Anhänger meiner Meinung nach falsch gemacht haben, ist, dass sie das Kind

der Wahrheit mit dem Badewasser des Mythos ausgeschüttet haben. In ihrer Ablehnung der Religion waren sie unfähig, deren inneren wahren Kern zu erkennen. Ich glaube, wir sind Auserwählte, aber nicht von Gott direkt oder irgendeinem individuell Handelnden auserwählt; stattdessen sind wir eine Spezies, die natürlich selektiert wurde – selektiert für die Intelligenz.

An diesem Punkt laufen wir Gefahr, in die quasi-theologischen Diskussionen verwickelt zu werden, die die Quantentheorie umgeben, die Welt der winzig kleinen Dinge, deren Rätsel zu vielen rivalisierenden Erklärungen anregen. Möglicherweise ist das kosmisch anthropische Prinzip, das Barrow und Tipler vertreten, das raffinierteste religiöse Konzept, das je erdacht wurde. Aber wir müssen nicht so weit gehen, die Idee zu mögen, wir seien in der Tat auserwählt. Das gibt uns Grund, stolz zu sein, aber nicht voller Überheblichkeit, denn unser Status bringt enorme Verantwortung mit sich. Betrachten wir uns als Spezies wie die ersten Photosynthetisierer. Jene primitiven einzelligen Organismen entdeckten unbewusst, wie sie den Energiestrom des Sonnenlichtes nutzen konnten, um die Nahrung für ihren Nachwuchs zu erzeugen und gleichzeitig für ihre Umwelt jenes magische – wenn auch für viele Organismen tödliche – Gas, Sauerstoff, freizusetzen. Ohne sie gäbe es kein Leben auf diesem Planeten. Ich denke, unser Auftauchen als Spezies ist genauso wichtig, wie es das Auftauchen jener Licht-Ernter vor 3 Milliarden Jahren war.

Es ist ein Grund, stolz und froh zu sein, dass wir Sonnenlicht ernten und seine Energie nutzen können, um Informationen zu gewinnen und zu speichern, was, wie ich später ausführen werde, ebenfalls eine fundamentale Eigenschaft des Universums ist. Aber das erfordert, dass wir diese Gabe weise

einsetzen. Wir müssen die fortlaufende Evolution allen Lebens auf der Erde sichern, damit wir den ständig wachsenden Gefahren begegnen können, die uns und Gaia – das große, alles Leben und die materiellen Teile unseres Planeten umfassende System – unweigerlich bedrohen.

Von allen Spezies, die aus dem Energiestrom der Sonne Nutzen gezogen haben, sind wir diejenigen, die sich mit der Fähigkeit entwickelt haben, den Photonenfluss in Informationsbits umzuwandeln, die sich so zusammenfügen, dass sie die Evolution vorantreiben. Unsere Belohnung ist die Möglichkeit, etwas vom Universum und uns zu verstehen.



## 5

### Die neuen Wissenden

---

Aber wie ich bereits sagte, steuert unsere Herrschaft als alleinige Versteher des Kosmos rasant ihrem Ende zu. Wir sollten davor keine Angst haben. Die Revolution, die gerade begonnen hat, kann auch als Fortführung des Prozesses begriffen werden, durch den die Erde die Entwicklung der Versteher fördert – der Wesen, die den Kosmos zur Selbsterkenntnis führen werden. Das Revolutionäre an diesem Moment ist, dass die Versteher der Zukunft keine Menschen sein werden, sondern «Cyborgs», wie ich beschlossen habe, sie zu nennen, die sich aus den Systemen künstlicher Intelligenz, die wir bereits entwickelt haben, selbst entwerfen und erschaffen werden. Diese Wesen werden bald tausend und schließlich Millionen mal intelligenter sein als wir.

Die Bezeichnung «Cyborg» wurde 1960 von Manfred Clynes und Nathan Kline geprägt. Sie bezieht sich auf einen kybernetischen Organismus: ein Organismus, der autark ist wie einer von uns, aber aus künstlich hergestellten Materialien besteht. Ich mag dieses Wort und seine Definition, weil sie alles bezeichnen kann, ob von der Größe eines Mikroorganismus oder eines Dickhäuters, vom Mikrochip bis zum Omnibus. Es wird heute

meist gebraucht, um ein Wesen zu beschreiben, das halb Fleisch, halb Maschine ist. Ich verwende es hier, um hervorzuheben, dass die neuen Daseinsformen, wie wir, aus der darwinistischen Evolution hervorgehen werden. Sie werden zunächst nicht unabhängig von uns sein; tatsächlich werden sie unsere Nachkommen sein, weil die Systeme, die wir erschufen, sich als ihre Wegbereiter erwiesen haben.

Wir müssen keine Angst haben, weil diese anorganischen Wesen uns und die gesamte organische Welt zumindest anfänglich brauchen werden, um das Klima weiterhin zu regulieren, die Erde kühl zu halten, um die Sonnenhitze abzuwehren und uns vor den schlimmsten Auswirkungen zukünftiger Katastrophen zu schützen. Wir werden nicht in eine Art von Krieg zwischen Menschen und Maschinen abgleiten, den die Science-Fiction so oft beschreibt, denn wir brauchen einander. Gaia wird den Frieden bewahren.

Dies ist das Zeitalter, das ich das Novozän nenne. Ich bin sicher, dass man eines Tages einen angemesseneren Namen wählen wird, etwas Phantasievolleres, aber für den Augenblick verwende ich «Novozän», um das zu beschreiben, was zu einer der entscheidendsten Epochen in der Geschichte unseres Planeten und vielleicht des ganzen Kosmos werden könnte.

Bevor ich weiter auf das Novozän eingehe, muss ich erklären, wie wir durch die Errungenschaften der vorangegangenen Ära an diesen Punkt gelangt sind. Es war die Zeit, in der die Menschheit, die auserwählte Spezies, Technologien entwickelte, die sie befähigten, direkt in die Prozesse und Strukturen des gesamten Planeten einzugreifen. Es war das Zeitalter des Feuers, in dem wir lernten, das eingefangene Sonnenlicht der fernen Vergangenheit zu nutzen. Es wird Anthropozän genannt.

## 11

### Um uns ist zu viel Welt ...

---

Die ungeheuren «Hämoklysmen», oder das Blutvergießen, das mit dem Amerikanischen Bürgerkrieg begann und während des 20. Jahrhunderts immer stärkere Ausmaße annahm, wurden schließlich zum Quell kollektiver Schuld und Entrüstung. Es gab aber noch andere Ursachen: das Artensterben aufgrund des rapiden Wachstums der Bevölkerung, die den Planeten besiedelte und verschmutzte; die Zerstörung der Wildnis; die Erderwärmung; urbane Neurosen, die zu Abscheu und Angst vor dem Leben in der Stadt führten. All das schürte den weitverbreiteten Glauben, dass das Anthropozän eine falsche Wendung gewesen sei, dass wir uns selbst unseres natürlichen Platzes in der Welt beraubt und aus dem Garten Eden vertrieben hätten.

Abermals fasste William Wordsworth, der größte Kritiker der Anthropozäns, dieses Gefühl des spirituellen Verlustes, der Trennung von der Natur, in Worte:

Um uns ist zu viel Welt: tagein, tagaus  
Verzehrn wir uns im Raffen und Vergeuden;  
Sehn nichts in der Natur, das unser eigen –  
Das Herz gaben wir fort in schäbigem Tausch!

Weniger gut formuliert, sind solche Empfindungen heute Gemeinplätze. Viele Leute gehen beiläufig davon aus, dass jede von Menschenhand verursachte Veränderung der natürlichen Umgebung etwas Schlechtes ist, und dass die Welt vor dem Anthropozän ökologisch in jeder Hinsicht besser war als die heutige. Tatsächlich ging es bei der Klimakonferenz in Paris 2016 hauptsächlich um den Schaden, den wir dem Erdsystem zugefügt haben, und darum, wie schlimm es kommen wird, wenn wir damit weitermachen.

Ich hege natürlich Sympathien für diejenigen, die den Frieden in der ländlichen Natur dem Getümmel der Stadt vorziehen. Ich selbst halte es genauso. Wir sollten uns darüber im Klaren sein, wie es dazu kam. Ich weiß, dass es haarsträubend ist, die Umweltverschmutzung für etwas Gutes zu halten, aber auf die Dauer eines Menschenlebens hin gesehen, war Südengland während unserer kurzen zwischeneiszeitlichen Periode ein erstaunlich hübscher Flecken Erde und ist es bis zu einem gewissen Grad noch heute. Aber auch das ist eine Folge der Umweltverschmutzung. In Warmzeiten steigt die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre, und das ist es, was das milde, gemäßigte Klima meiner Heimat herbeiführte.

Wenn wir das vorindustrielle Klima als günstige Folge von gaianischem Geoengineering betrachten, dann erscheint es als erstrebenswerter Zustand, zu dem man zurückkehren möchte. Aber ich denke nicht, dass die Warmzeit den von Gaia bevorzugten Zustand darstellt. Für mich legt der Eiskernbericht (die Hinweise, die wir durch Bohrungen in alten Eisschichten erhalten) nahe, dass der Planet wahrscheinlich einen Zustand fortdauernder Vergletscherung bevorzugt. Um es geradeheraus zu sagen, Gaia mag es lieber kalt. Eine kühle Erde trägt mehr

Leben – 70 Prozent der Oberfläche besteht aus Ozeanen, und wenn die Temperatur über 15°C steigt, dann sind diese nahezu leblos.

Wenn man die Temperatur gegen die Zeit aufträgt, dann ergibt das ein ziemlich traurig aussehendes Sägezahndiagramm mit seinen Oszillationen zwischen Warm- und Kaltzeiten. Es vermittelt den Eindruck, als versuche das gesamte System sich abzukühlen, so kalt wie möglich zu werden – und als scheitere es daran. Aber es bemüht sich weiter.

Obwohl ich also glaube, dass wir tun sollten, was wir können, um den Planeten kühl zu halten, müssen wir uns in Erinnerung rufen, dass die Reduktion der Kohlendioxidkonzentration auf 180 Teile pro Million, wie manche das empfohlen haben, nicht zu einem vorindustriellen Paradies, sondern zu einer neuen Eiszeit führen könnte. Ist es das, was man will? Es gäbe dann in den nördlichen und südlichen gemäßigten Regionen wenig oder keine Artenvielfalt, und unsere derzeitigen Zivilisationen würden unter drei oder mehr Kilometer dicken Eisschilden wohl kaum gedeihen.

Das Gefühl von Schuld und Frevel angesichts dessen, was wir angerichtet haben, hat eine lange Geschichte. Es begann mit dem jüdisch-christlichen Konzept der Erbsünde, der Vorstellung, dass die Menschen unvollkommen geboren sind, dass wir in Ungnade gefallen sind. Und es ist wichtig anzumerken, dass unser Fall *aufgrund unseres Wissens* geschah.

(...)

## Die Hitzebedrohung

---

Trotz all unserer Errungenschaften und Gaias schützenden Kontrollsystems stellt die Hitze für uns noch immer eine Bedrohung da. Sie werden annehmen, dass ich damit die globale Erwärmung meine, und teilweise tue ich das auch. Zunächst dachte ich, dass die durch Kohlendioxidemissionen verursachte Erderwärmung den Menschen bald zum Verhängnis werden und Gaia uns als lästige und zerstörerische Spezies einfach wegfeigen würde. Später dachte ich, wir könnten den Temperaturanstieg in nächster Zukunft in den Griff bekommen und sollten die Erwärmung nicht mehr als unmittelbare existentielle Bedrohung ansehen. Heute jedoch bin ich überzeugt davon, dass wir alles tun sollten, was wir können, um den Planeten zu kühlen. Ich kann nicht stark genug betonen, dass die größte Bedrohung für das Leben auf der Erde die Überhitzung ist.

Mir geht es darum, dass die Erderwärmung natürlich real ist, aber dass die Folgen, die derzeit von Wissenschaftlern, Politikern und Grünen vorausgesagt werden, nicht unbedingt die sind, die wir am meisten fürchten sollten. Die globale Erwärmung ist ein langsamer Prozess, und ihre schlimmsten Auswirkungen werden sich durch höchst unangenehme Ereignisse be-

merkbar machen. Das extreme Wetter, das wir unlängst erlebt haben, ist nur ein mildes Vorzeichen dessen, was auf uns zukommen könnte. Aber ich denke, wir haben noch Zeit, Zeit, die wir darauf verwenden sollten, den Planeten zu kühlen, um ihn widerstandsfähiger zu machen.

Ich sage das, weil die Erde, wie auch ich, sehr alt ist. Ein hohes Alter kann Weisheit mit sich bringen oder auch nicht, aber es bringt mit Sicherheit Gebrechlichkeit. Ich bin 99 Jahre alt, während ich das hier schreibe. Hamlet haderte mit den «Plagen, wovon unser Fleisch Erbe ist», aber er war ein junger Mann, der an übertriebener Selbstbeobachtung zugrunde ging; hätte er weitergelebt, dann hätte er herausgefunden, dass die Plagen jungen Fleisches nichts sind verglichen mit denen, die älteres Fleisch erdulden muss.

Wie Menschen werden auch Planeten mit dem Alter gebrechlich. Wenn alles gut geht, dann können Gaia und ich eine produktive und angenehme Zeit des Niederganges erwarten – aber Menschen können tödliche Unfälle haben, und Planeten ebenso. Unsere persönliche Resilienz hängt von unserem Gesundheitszustand ab. Wenn wir jung sind, können wir Grippe oder Autounfälle oft überleben, aber nicht, wenn wir fast 100 Jahre alt sind. Ebenso konnten die Erde und Gaia in ihrer Jugend Erschütterungen wie Supervulkaneruptionen oder Asteroideinschläge überstehen; im Alter könnte das eine wie das andere den gesamten Planeten entvölkern. Eine warme Erde ist eine verwundbarere Erde.

Wir wissen, dass die Erde in ihrer langen Vergangenheit nahezu tödliche Katastrophen überdauert hat. Es gibt mittlerweile eine große Menge an Beweisen für den Einschlag eines Gesteinsbrockens von fast einem Kilometer Durchmesser im Süd-

pazifik vor etwa zwei Millionen Jahren. Die Folgen scheinen verheerend gewesen zu sein, aber interessanterweise gibt es fast keinen Hinweis auf eine nachhaltige Schädigung der Biosphäre. Jüngste Forschungen legen jedoch nahe, dass das Risiko steigt. Wissenschaftler, die Einschlagkrater auf dem Mond untersuchen, stellten fest, dass die Zahl der Asteroideneinschläge in den letzten 290 Millionen Jahren stark angestiegen ist. Erstaunlicherweise ist es heute für uns dreimal wahrscheinlicher, einen Einschlag zu erleben, als es das damals für die Dinosaurier war; sie hatten nur einfach sehr viel Pech.

Gaia konnte mit so etwas in der Vergangenheit spielend fertigwerden, aber kann sie das heute noch? Sie kämpft in den Pausen zwischen den Einschlägen bereits darum, die Homöostase – einen stabilen dynamischen Zustand – aufrechtzuerhalten. Heute könnte ein Asteroidenaufprall oder ein Vulkanausbruch große Teile des organischen Lebens auf der Erde zerstören. Die wenigen Überlebenden wären vermutlich nicht in der Lage, Gaia wiederherzustellen; unser Planet würde schnell zu heiß für Leben werden.

Es gibt also neben den klimatischen Folgen der Erderwärmung noch andere Probleme, die ernster sind, als wir uns das klarmachen – Unfälle, auf die wir uns nicht vorbereiten oder dies auch nicht können. Die Erde kühl zu halten ist eine notwendige Sicherheitsmaßnahme für einen betagten Planeten, der um einen Stern mittleren Alters kreist.

Hitze ist der Grund, warum wir unseren Planeten gut im Auge behalten müssen und weniger über den Mars nachdenken sollten. Während die großartigen Mars-Rover der NASA weiterhin Informationen zusammentragen, wissen wir, relativ gesehen, immer weniger über unsere eigenen Ozeane. Nicht eine Se-



kunde lang möchte ich behaupten, dass die Erkundungen der NASA nicht lohnenswert waren, aber warum haben wir so wenig unternommen, um Wissen über unseren eigenen Planeten zu sammeln? Unser Leben könnte davon abhängen, ihn richtig zu verstehen.

Als die Astronauten uns 1969 die Schönheit unseres Planeten, vom Weltraum aus gesehen, präsentierten, waren wir sprachlos. Es musste erst der Science-Fiction-Autor und Erfinder Arthur C. Clarke kommen, um festzustellen, wie falsch es war, diesen Planeten Erde zu nennen, da er doch ganz offensichtlich aus Meer besteht. Auch wenn das 50 Jahre her ist, dringt diese Entdeckung, dass wir auf einem Ozeanplaneten leben, erst jetzt ganz langsam in die angestaubte Wissenschaft der Geologie vor. Es ist beschämend, dass wir viel mehr über die Oberfläche des Mars und seine Atmosphäre als über manche Teile unseres Ozeans wissen.

Es ist außerdem riskant. Nach der Sonne steuert in erster Linie das Meer unser Wetter. Es ist für unser Überleben unerlässlich, dass das Meer kühl gehalten wird. Das ist leicht zu verstehen, wenn wir einfach nur einen ganz normalen Urlaub machen. Wir finden dort einen heißen Sandstrand, auf dem das klare Wasser ausläuft. Dieses Wasser ist verführerisch, aber es ist eine Todeszone. Sobald die Oberflächentemperatur des Ozeans über  $15^{\circ}\text{C}$  ansteigt, wird der Ozean zu einer Wüste, in der es weniger Leben gibt als in der Sahara. Das ist so, weil die Nährstoffe an der Oberfläche des Ozeans bei Temperaturen über etwa  $15^{\circ}\text{C}$  schnell verzehrt werden und die Leichen und Abfälle in die Regionen darunter absinken. Es gibt reichlich Nahrung in den tieferen Wasserschichten, aber sie kann nicht an die Oberfläche gelangen, weil das kühlere tiefere Meereswasser

dichter ist als das Oberflächenwasser. Dieses Fehlen von Leben in wärmeren Wassern erklärt, warum sie so oft klar und blau sind.

Das ist wichtig, denn wie die Fotografien aus dem Weltall so dramatisch zeigen, ist die Erde ein Wasserplanet, dessen Oberfläche fast zu drei Vierteln von Ozeanen bedeckt ist. Das Leben an Land hängt von der Versorgung mit bestimmten wesentlichen Elementen wie Schwefel, Selen, Jod und weiteren ab. Gegenwärtig werden diese von der Meeresoberfläche als Gase wie Dimethylsulfid und Jodmethan abgesondert. Der Verlust des Lebens im Oberflächenwasser der Meere aufgrund ihrer Erwärmung wäre katastrophal. Kaltes Wasser (unter  $15^{\circ}\text{C}$ ) ist dichter als Wasser, das über  $15^{\circ}\text{C}$  warm ist. Deshalb können die Nährstoffe des kalten Wassers nicht mehr an die Oberfläche gelangen.

Eine noch ernstere Gefahr für das Leben würde entstehen, wenn die Oberflächentemperatur des Meeres den Bereich von  $40^{\circ}\text{C}$  erreichen würde. An diesem Punkt würde aufgrund des Wasserdampfes ein unkontrollierbarer Treibhauseffekt einsetzen. Wie  $\text{CO}_2$  absorbiert Wasserdampf, der sich in der Atmosphäre befindet, emittierte Infrarotstrahlung und verhindert so, dass die Erde sich durch das Abstrahlen von Hitze kühlt. Ein hoher Gehalt an Wasserdampf in der Atmosphäre verursacht Erwärmung, und so entsteht eine Rückkopplungsschleife, da sich der Wassergehalt der Atmosphäre wieder durch das verdampfende Meerwasser erhöht.

In Diskussionen über globale Erwärmung wird die Rolle des Wasserdampfes selten erwähnt. Wenn wir durch die Verbrennung fossiler Energien Kohlendioxid in die Luft pusten, dann bleibt es dort, bis es, zum Beispiel durch die Blätter eines Bau-

mes, beseitigt wird. Das Verbrennen fossiler Energien setzt auch Wasserdampf frei, der, anders als Kohlendioxid, nur in der Luft bleibt, wenn diese warm genug ist. An einem kalten Wintertag kondensiert selbst Ihr Atem zu einer Dunstwolke. Das Maß an Wasserdampf in der Luft folgt schlichtweg der Temperatur. Wenn Wasser zu Nebel oder Wolkentröpfchen kondensiert, dann kann es keinen Treibhauseffekt mehr auslösen. Unter Umständen, etwa wenn Wolkenschichten nahe der Meeresoberfläche auftreten, hat deren Präsenz eine kühlende Wirkung, da das Sonnenlicht zurück in den Weltraum geworfen wird. Zirkuswolken hoch in der Atmosphäre hingegen haben einen Erwärmungseffekt. Das Vorhandensein von Wasserdampf in der Luft macht die Klimavorhersage zu einer komplizierten Angelegenheit, und es ist verständlich, dass die Prognostiker manchmal Fehler machen.

Wir können die natürlichen Prozesse, die den Wasserdampfgehalt der Luft regulieren, unterstützen, indem wir es vermeiden, fossile Brennstoffe gleich welcher Art zu verwenden. Generell bin ich entschieden der Ansicht, dass unser Energiebedarf als praktisches Problem der Technik und Wirtschaft – und nicht der Politik – behandelt werden sollte. Und ich bin ebenso entschieden der Meinung, dass die beste Möglichkeit, diesen Bedarf zu decken, die Kernspaltung ist oder, wenn sie kostengünstig und leicht verfügbar wird, die Kernfusion – der Prozess, der auch die Sonne am Brennen hält. Es gibt ein weiteres Temperaturlimit, das wir genau im Auge behalten sollten. Vielleicht ist Ihnen diese verhängnisvolle Zahl aufgefallen, die auf den Weltwetterkarten während des verrückt heißen Sommers von 2018 auftauchte. Sie lautete  $47^{\circ}\text{C}$ . Das ist für Menschen eine gerade noch erträgliche Temperatur – fragen Sie die Leute in

Bagdad – aber sie ist nah an unserem Limit. Während des australischen Sommers im Januar 2019 gab es fünf Tage, an denen die Durchschnittstemperatur über  $40^{\circ}\text{C}$  lag – Port Augusta erreichte sogar  $49,5^{\circ}\text{C}$ .

In den 1940er Jahren bestimmten mein Kollege Owen Lidwell und ich im Rahmen unserer Kriegsarbeit in einer Versuchsreihe die Temperatur, bei der Hautzellen durch Hitze irreparabel geschädigt werden. Das bedeutete, die Haut von betäubten Hasen zu verbrennen. Ich empfand diese Aufgabe als äußerst abstoßend, und deshalb beschlossen wir, uns stattdessen selbst zu verbrennen. Wir benutzten dazu eine große flache Flamme brennenden Benzoldampfes. Wie Sie sich vorstellen können, war das überaus schmerzhaft. Der Kontakt mit einem Kupferstab von einem Zentimeter Durchmesser, der auf  $50^{\circ}\text{C}$  erhitzt wurde, verursachte innerhalb einer Minute eine Verbrennung ersten Grades. Höhere Temperaturen erzeugten schneller Verbrennungen; bei  $60^{\circ}\text{C}$  dauerte es nur eine Sekunde. Bei Temperaturen unter  $50^{\circ}\text{C}$  gab es nach fünf Minuten keine Verbrennung. Menschliche Hautzellen sind in ihrer Reaktion auf hohe Temperaturen exemplarisch für das durchschnittliche Leben. Es ist richtig, dass einige hochspezialisierte Lebensformen, sogenannte Extremophile, bei Temperaturen von etwa  $120^{\circ}\text{C}$  überleben können, aber ihre Fähigkeiten und ihre Wachstumsrate sind minimal, verglichen mit dem regulären Leben.

(Im Übrigen wurden wir vom Institutsarzt Dr. Hawking beobachtet und betreut, als wir uns selbst verbrannten. Er war regelrecht fasziniert von unserer Fähigkeit, Schmerz auszuhalten, und lud mich ein, mit ihm und seiner Familie bei ihnen zuhause in Hampstead zu Abend zu essen. Im Laufe des Abends fragte mich seine Frau, ebenfalls Wissenschaftlerin des Insti-

tuts, ob ich ihr neugeborenes Baby halten würde, während sie einige etwas aufwendigere Vorbereitungen für das Abendessen treffen wollte. Da ich damals selbst schon zwei Kinder hatte, tat ich das sehr gerne, und so hielt ich für kurze Zeit Stephen Hawking im Arm.)

Hohe Temperaturen machen uns verletzlich. Wir befinden uns derzeit in einer Warmzeit des glazialen Zyklus, und wenn wir jetzt eine Katastrophe – einen Asteroideneinschlag oder eine Supervulkan-Eruption – erleben würden, die dazu führte, dass Kohlendioxid nicht mehr abgebaut werden könnte, dann wären wir möglicherweise in Lebensgefahr. Die Durchschnittstemperatur der Erde könnte auf 47°C ansteigen, und wir würden relativ schnell in eine irreversible Phase eintreten, die zu venusähnlichen Verhältnissen führen würde. Wie der Klimaforscher James Hansen es anschaulich formuliert: Wenn wir nicht aufpassen, dann finden wir uns an Bord des Venus-Express wieder.

Auf dem Weg zu diesem sterilen Zustand würde die Erde vermutlich eine Periode durchlaufen, in der die Atmosphäre an der Oberfläche aus überkritischem Dampf bestünde. Der überkritische Zustand ist merkwürdig: Er ist weder gasförmig noch flüssig. Er teilt mit Flüssigkeiten die Fähigkeit, feste Stoffe aufzulösen, aber wie ein Gas hat er keine Grenze. Selbst Gestein löst sich in überkritischem Dampf auf, und aus der Lösung kristallisieren Quarz und sogar Edelsteine wie Saphire aus, wenn sie abkühlt.

Würde die Erde so heiß werden, dass der Ozean den superkritischen Zustand erreicht, dann würden sich Gesteine wie Basalt auflösen und den Wasserstoff des Wassers als Gas freisetzen. Bereits lange zuvor wäre der Luftsauerstoff verschwunden,

und in dieser sauerstofffreien Atmosphäre würde sich der Wasserstoff ins All verflüchtigen, da die Erdanziehung Wasserstoffatome nicht halten kann. Tatsächlich würde sich Wasserstoff auch heute davonmachen, wäre da nicht der Sauerstoff, die Atome, die wie Wächter agieren und Wasserstoffatome bei ihren Fluchtversuchen fangen.

47°C stellt also auf einem Ozeanplaneten wie der Erde die Grenze für jede Art von Leben dar. Ist diese Temperatur erst einmal überschritten, dann würde selbst siliziumbasierte Intelligenz unmöglichen Umweltbedingungen gegenüberstehen. Es könnte sogar sein, dass der Grund des Ozeans in einen überkritischen Zustand eintritt, und an Orten, an denen Magma austritt, gäbe es in diesem Stadium keine Trennung zwischen Gestein und Wasserdampf mehr.

Wir sollten staunen und dankbar sein für die bemerkenswerte Leistung des Gaia-Systems, den Kohlendioxidspiegel auf den niedrigen Wert von 180 Teilen pro Million abzusenken, der Spiegel, der vor 18000 Jahren erreicht wurde. Er liegt heute bei 400 Teilen pro Million und steigt weiter. Für diesen Anstieg ist die Verbrennung fossiler Energieträger etwa zur Hälfte verantwortlich.

Vergessen Sie nicht, dass Kohlendioxid ohne Leben viel reichlicher vorhanden gewesen wäre als heute. Wenn Sie wissen wollen, wo das Leben das Kohlendioxid hingschafft hat, dann besuchen Sie einen typischen Kreidefelsen wie den bei Beachy Head in Sussex. Wenn Sie die Kreide unter einem Mikroskop betrachten, dann werden Sie feststellen, dass sie aus dicht zusammengepressten Kalziumkarbonatschalen besteht. Das sind die Skelette von Cocolithophoriden, die einst nahe der Meeresoberfläche gelebt haben. Und in größeren Mengen bilden sie

die Schichten von Kalkstein, der überall auf der Erdoberfläche zu finden ist. Wenn diese Speicher biogenen Kohlendioxids in geologisch relativ neuer Zeit als Gas wieder in die Atmosphäre abgegeben worden wären, dann wären wir – genau wie die Venus – ein heißer toter Planet.

Allerdings ist es sehr unwahrscheinlich, dass die gesamte Erdoberfläche in absehbarer Zukunft nahezu  $47^{\circ}\text{C}$  erreichen wird. Die derzeitige Durchschnittstemperatur liegt bei etwa  $15^{\circ}\text{C}$ . Aber es ist denkbar, dass durch verstärkende Effekte wie vor allem das Abschmelzen der polaren Eiskappen und die Methanfreisetzung aus tauenden Permafrostböden eine globale Temperatur von sagen wir  $30^{\circ}\text{C}$  ein Kippunkt sein könnte, ab dem sich die Erderwärmung womöglich weiter beschleunigt.

Wie so oft in der Klimaforschung wissen wir es einfach nicht.

Klar ist aber, dass wir – was die meisten Menschen fast ständig tun – nicht einfach annehmen sollten, dass die Erde ein stabiler und dauerhafter Platz ist, mit Temperaturen, die immer in einem Bereich bleiben, in dem wir sicher überleben können. Etwa vor 55 Millionen Jahren fand zum Beispiel ein Ereignis statt, das als Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum bekannt ist. Es handelte sich um eine Periode der Erwärmung, in der die Temperaturen bis auf etwa 5 Grad über das jetzige Level anstiegen. Tiere wie Krokodile lebten in den heutigen Polarmeeren, und die gesamte Erde war ein tropischer Ort. Eine Zeitlang dachte ich, wenn ein solcher Temperaturanstieg zu überstehen ist, warum beunruhigen uns dann die nur 2 Grad Erwärmung, die wir laut den Klimaforschern um jeden Preis verhindern müssen? Überdies genießen die Menschen an Orten wie Singapur ihr Leben bei Temperaturen, die sich ganzjährig mehr als

12 Grad über dem Durchschnitt befinden. Aber ich lag leider falsch.

Ich habe über die Folgen von Asteroideneinschlägen und anderen Unfällen nachgedacht, wodurch ich begriffen habe, warum die Erde kühl bleiben muss. Ja, ein Temperaturanstieg von 5 oder 10 Grad ist vermutlich zu überleben, aber nicht, wenn das System außer Gefecht gesetzt wird, wie das der Fall wäre bei einem so schweren Asteroidenaufprall wie jenem, den man heute für die permische Auslöschung verantwortlich macht. Das könnte ebenso durch einen der verheerenden Vulkanausbrüche geschehen, wie sie in der Vergangenheit bereits stattgefunden haben. Heute denke ich also, dass unsere derzeitigen Bemühungen, die bloße globale Erwärmung zu bekämpfen, lebensnotwendig sind. Wir müssen die Erde so kühl wie möglich halten, um zu erreichen, dass sie bei Unfällen, die Gaias Kühlmechanismus lähmen könnten, weniger verwundbar ist.