



»Die guten Seiten der Zukunft«

23. Folge

**Die Erde – ein Lebewesen?  
Über die Gaia-Hypothese von James Lovelock**

Ein Essay von Ugo Bardi

Anmoderation Manuel Schneider

Herzlich willkommen zu einer neuen Folge unseres oekom podcast. Am Mikrofon ist Manuel Schneider. – Oft fehlen einem die Worte für das, was man beschreiben will. So auch in den Naturwissenschaften. Wir beobachten Phänomene der Natur, sammeln Daten, klassifizieren sie, stellen Zusammenhänge her – doch je komplexer diese werden, umso komplizierter wird es, all dies auf den Begriff zu bringen. Dies gilt insbesondere für die Zusammenhänge der Natur. Sie erscheint als ein einziges, miteinander zusammenhängendes, hochkomplexes System, in dem sich alle Bestandteile gegenseitig beeinflussen. Es war der britische Wissenschaftler James Lovelock, ein Universalist mit Abschlüssen in Chemie, Medizin und Biophysik, der vor bald 50 Jahren im Rückgriff auf die griechische Mythologie dem Ganzen einen Namen gab: „Gaia“ – die Göttin der Erde. Das System der Natur wurde dadurch personifiziert, quasi selbst zu einem Lebewesen, einem „Organismus“, der sich durch Austauschbeziehungen erhält.

Als Lovelock Anfang der 1970er-Jahre (zu einer Zeit, als auch der berühmte Bericht an den Club of Rome über die „Grenzen des Wachstums“ veröffentlicht wurde) seine Gaia-Hypothese mit ersten Veröffentlichungen zu entwickeln begann, waren die Reaktionen sehr kontrovers: Die Erde als Lebewesen zu verstehen – das sprach viele Menschen spontan an, greift es doch kulturell tief verankerte Vorstellungen wie die von „Mutter Erde“ auf. Lovelocks Gaia-Hypothese wurden rasch zu einer zentralen Denkfigur der Ökologiebewegung. Die meisten Wissenschaftskollegen und -kolleginnen Lovelocks hingegen konnten mit der Rede von Gaia wenig bis nichts anfangen und verwiesen das Konzept rasch ins Reich der Esoterik.

Auch wenn die Kritik seitdem nicht abgerissen ist und bei aller gebotenen Vorsicht vor irreführenden Personifizierungen und Vermenschlichungen, denen Lovelock sel-

ber leider immer wieder Vorschub geleistet hat – die zentrale Aussage Lovelocks ist mittlerweile auch in der Fachwelt angekommen: Nämlich die Erde nicht als tote Materie, sondern als ein „lebendiges“ komplexes System zu betrachten, das sich selbst durch dynamische Vorgänge und Austauschprozesse innerhalb der Biosphäre stabilisiert, ja durch solche Prozesse eine Biosphäre überhaupt erst entstehen lässt – und so auch menschliches Leben auf Erden möglich macht.

Ugo Bardi, Professor für physikalische Chemie an der Universität Florenz und Mitglied im Club of Rome, beschreibt in dem nun folgenden Essay die Entstehung und Entwicklung von Lovelocks Gaia-Hypothese. Anlass für diesen Essay ist die Neuherausgabe des zentralen Werkes von James Lovelock unter dem Titel: „*Das Gaia-Prinzip. Die Biographie unseres Planeten*“ jüngst im oekom verlag. Bardi geht dabei auch auf die Kritik und Anfeindungen ein, denen Lovelock immer wieder ausgesetzt war – und auf seine geschickten Erwidern und Anpassungen des Gaia-Narrativs. Eine Erzähl- und Deutungsweise, die uns „sprachfähig“ macht und helfen kann, ein tieferes Verständnis für die wundersamen, aber auch wunderbaren Zusammenhänge der Natur zu entwickeln – und vor allem: ein Verständnis für die Rolle, die dabei uns Menschen im Ganzen der Natur zukommt. Hören Sie nun den Essay von Ugo Bardi „Die Erde – ein Lebewesen? Über die Gaia-Hypothese von James Lovelock“.

+++++

Essay von Ugo Bardi<sup>1</sup>

## **Die Erde – ein Lebewesen? Über die Gaia-Hypothese von James Lovelock**

Es dauert eine Weile, bis sich revolutionäre Ideen durchsetzen; und es ist bekannt, dass sich neue wissenschaftliche Wahrheiten, wie Max Planck einmal sagte, »nicht in der Weise durchzusetzen [pflegen], dass ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, dass die Gegner allmählich aussterben«. Doch Planck war diesbezüglich womöglich ein Optimist: Es dauert unter Umständen viel länger als die Lebenszeit der ursprünglichen Gegner, bis eine wahrhaft revolutionäre Idee als herkömmliche Weisheit akzeptiert wird. James Lovelocks gemeinsam mit Lynn Margulis entwickelte Gaia-Hypothese zählt zu den Ideen, die

---

<sup>1</sup> Der Essay ist – leicht überarbeitet und gekürzt – entnommen dem neu aufgelegten Buches von James Lovelock: *Das Gaia-Prinzip. Die Biographie unseres Planeten*. (Bibliothek der Nachhaltigkeit) oekom verlag, München 2021, S. 9-18.

sich über einen langen Zeitraum hinweg immer weiterentwickelt haben. Fast 50 Jahre nach der ersten Präsentation ist Gaia immer noch eine Idee, die weiter voranschreitet.

Wenn wir verstehen wollen, auf welche Weise das Gaia-Prinzip in der Wissenschaft zunehmend an Anerkennung gewinnt, müssen wir zu den Ursprüngen der Versuche zurückgehen, die Mechanismen der lebenden Welt zu entschlüsseln. Charles Darwins Theorie der Evolution durch natürliche Selektion wurde zum ersten Mal im Jahr 1859 in dem Buch »On The Origin of Species« (deutsch: »Über die Entstehung der Arten«) dargelegt; und ursprünglich wurde es allenfalls als eine dumme Idee betrachtet, dass der Mensch von den Affen abstammen sollte. Aber nach und nach setzte sich die Evolutionstheorie durch und gelangte zu der derzeitigen Anerkennung, die man mit dem berühmten Zitat des Genetikers und Evolutionsbiologen Theodosius Dobzhansky von 1973 zusammenfassen könnte: »Nichts in der Biologie ergibt Sinn außer im Licht der Evolution«.

Heute betrachten wir Darwins Theorie nicht nur als einen Eckstein der Biologie, sondern als einen der ersten Versuche, »komplexe Systeme« zu begreifen, also Systeme, die sich nicht mit einer einfachen Gleichung darstellen lassen, sondern die dazu neigen, sich so zu verhalten, als hätten sie einen eigenen Willen. Lebende Wesen sind ein gutes Beispiel für ein komplexes System, und die gesamte Biosphäre ist mit Sicherheit ein weiteres. Darwins Ideen waren ein großer Fortschritt auf diesem Feld: Er hatte verstanden, wie die Bestandteile eines komplexen Systems tendenziell auf Störungen durch Anpassung und Mutation reagieren.

Darwins Konzept fand vor allem in der englischsprachigen Welt Anhänger. Parallel dazu entwickelten andere Wissenschaftler ganzheitlichere Konzepte von dem, was wir heute das »Ökosystem« nennen. Bereits vor der Veröffentlichung von Darwins Buch betrachtete Alexander von Humboldt die Biosphäre der Erde in seinem großen Werk „Kosmos – Entwurf einer physischen Weltbeschreibung“, das 1845 erstmals veröffentlicht wurde, eindeutig als eine Gesamtheit. Anschließend untersuchten mehrere russische Wissenschaftler das Konzept genauer. Der im Westen wohl bekannteste von ihnen ist der 1945 verstorbene Wladimir Wernadski, dem wir das Konzept der »Biosphäre« und viele andere Erkenntnisse zum Leben auf der Erde verdanken. In der jüngeren Vergangenheit wurde die Vorstellung einer Biosphäre als sich selbst regulierendes System in Russland von Viktor Gorschow untersucht, der in den 1980er-Jahren das Konzept der »biotischen Regulation« entwickelte. Im Westen wurden diese Ideen von Menschen wie George Evelyn Hutchinson, bekannt als der »Vater der modernen Ökologie«, und Rachel Carson am Leben erhalten und weiterentwickelt. Letztere ist mit ihrem 1962 veröffentlichten Buch „Silent Spring“ (deutsch: „Der stumme Frühling“), einem Meilenstein der ökologischen Weltanschauung, weltweit bekannt geworden. Das Gaia-Prinzip war Teil dieser Weiterentwicklung von Ideen. Zum ersten Mal wurde es im Jahr 1972 in

einem Artikel dargelegt, der zu dem Thema »Atmospheric Environment«, also atmosphärische Umgebung, erschien.

Die Geburt der Idee Lovelocks verlief ganz ähnlich wie die Darwins: Beide Wissenschaftler untersuchten Systeme, die bereits bekannt waren, allerdings mit anderen Augen. Darwins Reise zu den Galapagos-Inseln ermöglichte es ihm, sich auf die Vielfalt der Anpassungsformen an die Umgebung zu konzentrieren, und so entwickelte er seine originelle Theorie, wie diese Vielfalt überhaupt zustande gekommen war. Für Lovelock war seine Beschäftigung mit extraterrestrischem Leben in den 1960er-Jahren der Ausgangspunkt. Zu der Zeit war so wenig über das Sonnensystem bekannt, dass es nicht undenkbar war, anzunehmen, dass biologisches Leben oder sogar kleine grüne Männchen auf dem Mars und auf der Venus existieren könnten. Folglich war die Entdeckung, dass beide Planeten unfruchtbar waren, für viele eine herbe Enttäuschung, doch für Lovelock war sie ein Ansporn. Er drehte die Frage »Warum gibt es auf dem Mars kein Leben?« um zu: »Warum gibt es auf der Erde Leben?« Und bekanntlich ist die Betrachtung der gleichen Sache aus einem anderen Blickwinkel der Weg zu großen Entdeckungen. Auf Gaia trifft dies in der Tat zu.

Für Biologen ist die Zusammensetzung der Atmosphäre in der Regel ein fester Parameter. Lovelock hingegen betrachtete die Atmosphäre der Erde mit den Augen des Chemikers. Er bemerkte, dass sie reaktive Gase enthielt, die sich nicht in einem chemischen Gleichgewicht befanden, allen voran Sauerstoff. Nichts kann lange Zeit außerhalb eines Gleichgewichts bleiben, und wenn Sauerstoff in der Atmosphäre existierte, dann musste er kontinuierlich durch einen aktiven Prozess erzeugt werden. Das konnte nur die photosynthetische Aktivität lebender Kreaturen sein. Keine Biosphäre, kein Sauerstoff. Und als Folge: kein Sauerstoff, keine Biosphäre. Der Mangel an Sauerstoff in der Atmosphäre des Mars war der ausreichende Beweis dafür, die Anwesenheit einer von photosynthetischen Organismen erzeugten Biosphäre auszuschließen.

Im Anschluss daran entwickelte Lovelock aufgrund dieser Beobachtung eine vollständige Theorie für die Funktionsweise der Biosphäre. Sauerstoff ist nicht nur das Abfallprodukt, das bei der Photosynthese entsteht, sondern eine elementare Voraussetzung für Leben. Also schafft Leben Sauerstoff, und Sauerstoff schafft Leben – das ist einer der Kreisläufe der Biosphäre. Der Sauerstoffverbrauch und dessen Erzeugung zählen dazu. Somit erkannte Lovelock, wie die Atmosphäre und die Biosphäre miteinander interagieren, um eine fast konstante Sauerstoffkonzentration zu bewahren. Diesen Zustand nennt man »Homöostase«. Aus diesen Überlegungen heraus entsprang die Vorstellung, die Biosphäre der Erde sei ein einziges, miteinander zusammenhängendes, komplexes System, in dem sich alle Bestandteile gegenseitig beeinflussen: Gaia – der griechische Name der Göttin der Erde.

Lovelocks Ideen hatten in der westlichen Welt bemerkenswert großen Einfluss. Das Gaia-Prinzip hielt genau in dem Moment Einzug in die Debatte, als manche Konzepte, die das Fundament der rasch wachsenden westlichen Wirtschaft bildeten, neu überdacht wurden. Es ist kein Zufall, dass Lovelocks erster Aufsatz über Gaia im Jahr 1972 erschien, dem Jahr, in dem auch der berühmte Bericht für den Club of Rome mit dem Titel »Die Grenzen des Wachstums« veröffentlicht wurde. Bis zu diesem Moment wurde die Biosphäre lediglich als ein Depot voller Waren, die dem Menschen zum Konsum vorbehalten waren, angesehen, doch »Die Grenzen des Wachstums« stellte diese Annahme infrage und machte darauf aufmerksam, dass die Menge der von der Menschheit verbrauchten Ressourcen entweder endlich war, wie im Fall der Bodenschätze, oder nur in einem begrenzten Ausmaß ersetzt werden konnte, wie im Fall der biologischen Ressourcen. Der Bericht führte das Konzept des »Overshoot« oder der »Überlastung« ein, welches das Ungleichgewicht zwischen dem menschlichen Verbrauch und der Produktion der Biosphäre beschreibt. Eine Überlastung führte am Ende zum Zusammenbruch der Zivilisation, falls nicht ein besseres Gleichgewicht mit der Natur hergestellt werden konnte.

Lovelocks Gaia-Konzept wirkte sich nicht so unmittelbar wie »Die Grenzen des Wachstums« auf die Debatte um Wachstum aus, doch es rührte tief an die grundlegenden Bausteine der Beziehung zwischen Mensch und Natur. Vermutlich deshalb wurde es auch völlig missverstanden, wie es so oft mit Ideen geschieht, die eine tiefe Bedeutung haben. So ging es auch Darwins Ideen, die gelegentlich als Beweis für die Idee einer evolutionären Überlegenheit der »weißen Rasse« gewertet wurden. Gerade im Falle von Lovelocks Gaia-Prinzip verstanden viele es völlig falsch, wenn sie beispielsweise davon ausgingen, dass es unnötig sei, sich über Umweltverschmutzung den Kopf zu zerbrechen, wo sich doch »Mutter Gaia« darum kümmern würde, das von uns angerichtete Unheil wiedergutzumachen. In manchen Fällen wurde Gaia wiederum als zornige Göttin angesehen, die die Menschen für ihre Hybris strafen würde, für die Idee, dass sie die dominierende Spezies auf Erden seien. Lovelock vermenschlichte sein Geschöpf gelegentlich selbst, wenn er erklärte, dass das Ökosystem der Erde mit Respekt behandelt werden müsse. Nicht umsonst heißt eines seiner Bücher »The Revenge of Gaia: Why the Earth is Fighting Back« (auf deutsch: »Gaias Rache. Warum die Erde sich wehrt«).

Diese Missverständnisse trübten die Debatte und ließen die Menschen gelegentlich vergessen, dass das Gaia-Prinzip, wenn es wirklich unsere Weltsicht beeinflussen sollte, im wissenschaftlichen Sinn wahr sein musste – es durfte nicht nur ein Märchen oder eine philosophische beziehungsweise religiöse Weltanschauung sein. Also wurden Lovelocks Ideen unverzüglich einer kritischen Prüfung unterzogen, wie es in der Wissenschaft üblich ist. Es würde zu weit führen, diesen Prozess hier ausführlich zu schildern, beschränken wir uns auf die Feststellung, dass Lovelocks Theorie in vielen Fällen den gleichen Dekonstruktionsmethoden unterzogen wurde, die man früher auf Darwins Theorie angewandt hatte und noch heute bei Ideen nutzt, die

den etablierten Konsens gefährden.

Somit wurde Lovelock von Menschen kritisiert, die seine Theorie nicht oder nur teilweise verstanden hatten. Das gleiche Schicksal hatte auch Darwins Theorie ereilt, die, sobald sie auf Aussagen wie »Der Mensch stammt vom Affen ab« reduziert wurde, ganz einfach durch die Feststellung ad absurdum geführt werden konnte, dass kein einziger von uns einen Affen als Großvater habe. Im Falle Gaias umfassten die Missverständnisse häufig die Anklage der Teleologie (also einer zielorientierten Erklärung von Phänomenen) oder einer theologischen Haltung wie die Erklärung durch göttliche Intervention. Beides war Lovelocks Anschauungen völlig fremd, es trifft jedoch auch zu, dass die Ausformulierung seiner Ideen nicht immer eindeutig war. Das lag nicht zuletzt daran, dass sich die Gaia-Theorie schon bald in mindestens zwei Schulen verzweigte, die unter der Bezeichnung der »schwachen« und der »starken« Gaia-Hypothese firmieren. Die schwache Hypothese besagt, dass Gaia nur passiv auf Störungen reagiert, um den Status quo, der auch Homöostase genannt wird, zu erhalten. Die starke Hypothese hingegen geht davon aus, dass Gaia aktiv in irgendeiner Form tätig wird, um die Parameter der Biosphäre zur Entwicklung der Flora und Fauna zu optimieren.

Lovelock äußerte nie eine klare Präferenz für eine der beiden Versionen seiner Idee [...]. Diese Ungewissheiten lösten ein wahres Sperrfeuer kritischer Stellungnahmen zur Gaia-Hypothese aus, die häufig nichts mehr mit Vernunft zu tun hatten. Der bekannte Evolutionsbiologe Richard Dawkins äußerte sich besonders scharf. [...] Er verglich die Gaia-Theorie mit einem, wie er es nannte, »BBC-Theorem«, einer Sichtweise von »Fernsehökologen«, die das Ökosystem, nach – Zitat – »der Poesie der Geflechte und Netzwerke« betrachten. Ganze Bücher widmeten sich der Kritik an Lovelocks Idee. In „The Medea Hypothesis“ aus dem Jahr 2009 zählt der Paläontologe Peter Ward eine ganze Reihe von Katastrophen auf, die sich in der langen Erdgeschichte ereigneten, und versucht so, die wohlwollende Erdgöttin Gaia durch eine andere mythologische Figur zu ersetzen: Medea, die bekanntlich ihre eigenen Kinder umbrachte. Die Idee, eine Göttin durch eine andere zu ersetzen, ist jedoch, gelinde gesagt, eine schwache Form der Kritik. In dem Buch „On Gaia“ (2013) versuchte Toby Tyrrel nachzuweisen, dass die Parameter, die das Leben auf Erden ermöglichten, das Ergebnis »eines glücklichen Zufalls« seien, ohne sich allzu sehr den Kopf darüber zu zerbrechen, wie sich dieser »Zufall« fast vier Milliarden Jahre lang halten können – denn so lange gibt es bereits Leben auf der Erde.

Eine besser begründete Kritik an Lovelocks Ideen stammte aus der Ecke der herkömmlichen Darwin'schen Lehre. Wenn die Evolution durch natürliche Selektion auftritt, wie konnte sich Gaia dann weiterentwickeln? Mit wem oder was sollte sie in einen Wettstreit treten? Richard Dawkins sprach diese Kritik aus, indem er erklärte, dass es, wenn die natürliche Selektion auf Gaia aktiv sein sollte, – Zitat: – »eine Reihe rivalisierender Gaias geben müsste, vermutlich auf verschiedenen Planeten.

Biosphären, die auf ihren planetarischen Atmosphären keine effiziente homöostatische Regulierung entwickeln, sterben tendenziell aus«. Diese Kritik ist vernünftig und hätte, gepaart mit schlichtem Unglauben, das Gaia-Modell für immer auf den Müllhaufen verrückter wissenschaftlicher Theorien verbannen können. Hinzu kam, dass sich Lovelock selbst gelegentlich vage ausdrückte, was er genau mit Gaia meinte. Einmal bezeichnete er die Grande Dame als einen »Superorganismus« oder einfach nur als »Organismus«. Wie Lynn Margulis in ihrem Aufsatz von 1995 mit dem Titel »Gaia is a Tough Bitch« (also etwa »Gaia ist ein zähes Luder«) ausführte, benutzte Lovelock den Begriff »Organismus«, obwohl er wusste, dass er falsch war, um das Konzept den Menschen verständlicher zu machen und sie dazu zu bewegen, die Umwelt mit mehr Respekt zu behandeln.

Das Problem daran ist, dass der Begriff »Superorganismus« vieles bedeuten kann, für gewöhnlich aber für Einheiten wie Ameisenhügel und Bienenkörbe verwendet wird. Womöglich schwebte Lovelock oder einem anderen Verfechter der Theorie sogar eine solche Vorstellung vor, aber Bienenkörbe und Ameisenhügel existieren deshalb, weil sie durch den Standardmechanismus der Selektion entstanden sind, der für alle Organismen gilt. Kurzum, Gaia kann kein Organismus sein: Wie Lynn Margulis treffend in ihrem Aufsatz von 1995 anmerkt – Zitat: »Kein Organismus isst seinen eigenen Abfall.« Lovelock parierte diese Kritik mit einer brillanten Idee: dem »Daisyworld« genannten Modell, das erstmals in einem zusammen mit Andrew Watson geschriebenen Artikel auftaucht, der 1983 veröffentlicht wurde. Detailliert wird das Modell in Lovelocks Buch von 1988 „The Ages of Gaia“ beschrieben, das in der deutschen Übersetzung unter dem Titel „Das Gaia-Prinzip. Die Biographie unseres Planeten“ jüngst als Neuauflage im oekom verlag erschien. Das Modell basiert auf der Vorstellung eines Planeten, dessen Temperatur durch die Farbe der Vegetation (Gänseblümchen, auf Englisch: *daisies*) auf der Oberfläche beeinflusst wird. Es zeigt, dass die Vegetation, unter bestimmten Annahmen und der Voraussetzung, dass sich die Sonneneinstrahlung im Laufe der Zeit verändert, dazu neigt, eine hellere oder dunklere Farbe anzunehmen, um eine möglichst konstante Temperatur an der Oberfläche zu bewahren, die für das Überleben der Vegetation optimal ist.

Das Modell Daisyworld ist ein gutes Beispiel für Lovelocks Erfindergeist: Er hatte genaugenommen ein bekanntes Konzept des Ingenieurwesens wiederentdeckt, nämlich das der Steuerungskontrolle mithilfe einer »Push-Pull-Strategie« für das steuernde System. Das Modell brachte ein ganzes Forschungsfeld mit dem Ziel hervor, vereinfachte Modelle der Biosphäre zu schaffen, die nachweisen, inwiefern die Kontrolle von Parametern wie Temperatur keinen Gesamtplan geschweige denn eine gemeinsame Anstrengung der steuernden Elemente erfordern. Das Modell lieferte faszinierende Erkenntnisse über die Steuerungsmechanismen, die eine Biosphäre sich aneignen konnte, doch, was den Beweis für die Existenz Gaias oder die Erhellung ihrer inneren Mechanismen anging, gelang es nicht, die Gegner zu

überzeugen. Das Hauptproblem war, dass der Mechanismus der Temperatursteuerung in dem Modell wenig mit der Art und Weise zu tun hatte, wie die Temperatur auf der Erde gesteuert wird. Also war Daisyworld zwar ein Schritt nach vorn, aber es reichte nicht aus, um Lovelocks Theorie zu beweisen.

Aber wenn die Evolutionsbiologen geglaubt hatten, sie hätten Gaia mithilfe einer zur Waffe gemachten Version der Ideen Darwins zur Strecke gebracht, so bewies die Göttin eine bemerkenswerte Fähigkeit zur Wiedergeburt in neuen und anderen Formen, vergleichbar mit altertümlichen Jahreszeitengöttinnen, die meist im Winter sterben und im Sommer wiedergeboren werden. Das Gaia-Konzept erwies sich als außerordentlich zäh und vital und fasste auf verschiedenen Feldern der Wissenschaft Fuß: Die Biologie, die Wissenschaft komplexer Systeme, die Klimaforschung, die Atmosphärenforschung und sogar die Theologie beobachteten ein wachsendes Interesse an Gaia als einer vereinigenden Kraft, die unzählige Phänomene miteinander verbindet, die sonst kaum zu begreifen wären.

Vor allem eine simple Tatsache bleibt unerklärlich, wenn man nicht eine Form der Kontrolle des Ökosystems postuliert: Im Lauf der langen Erdgeschichte blieben die Temperaturen stets innerhalb der erforderlichen Grenzen, damit zumindest an manchen Orten des Planeten Wasser in flüssiger Form vorhanden war. Mit den Fortschritten der Klimaforschung zeigte sich jedoch auf immer beunruhigendere Weise, dass das System Erde instabil ist: Es könnte zu einer der beiden Varianten kippen: eine gefrorene (Mars-ähnliche) und eine flammend heiße (Venus-ähnliche) Erde. In beiden Fällen wäre biologisches Leben unmöglich. Wie mochte es der Erde gelungen sein, dieses fragile Gleichgewicht zwischen den beiden Extremen fast vier Milliarden Jahre lang zu bewahren? Man mag es »Gaia« oder »planetare Homöostase« oder »biotische Regulation« oder wie auch immer nennen. Doch sollte wir es auf keinen Fall, wie Toby Tyrrell, einen »glücklicher Zufall« nennen.

Wenn Gaia also kein Organismus ist, was ist sie dann? Eine treffliche Aussage dazu ist vielleicht die folgende, die Tyler Volk 1998 in seinem Buch »Gaia's Body« dem Ökologen Lee Klinger zugeschrieben hat: »Eine Zelle ist eine Zelle, ein Organismus ist ein Organismus, Gaia ist Gaia.« Aber die wohl beste Definition von Gaia ist die von ihrer Mitbegründerin Lynn Margulis vorgeschlagene: die als ein Holobiont, einer Gesamtheit von Lebewesen, die in einer dem gegenseitigen Vorteil dienenden Beziehung miteinander zusammenleben. Holobionten sind in der Biosphäre der Erde weit verbreitet, genaugenommen ist es gar nicht so einfach, eine biologische Einheit zu finden, die kein Holobiont ist. Die wenigsten Tiere oder großen Pflanzen könnten ohne die Hilfe umfangreicher Mikrobiota, einzelliger Lebewesen also, die in ihrem Körper oder im Umfeld davon existieren, überleben. Große Organismen arbeiten mit Bakterien, Pilzen, Archaeen und Viren zusammen und schaffen so ein feingliedriges Beziehungsgeflecht von Lebewesen, die sich gegenseitig mit Nahrung und Dienstleistungen versorgen. Allerdings tut dies kein einziger aus rein



altruistischen Gründen. Holobionten existieren in verschiedenen Größen, manche hängen mit individuellen Organismen zusammen, andere mit viel größeren. Zum Beispiel ist ein Baum an sich bereits ein Holobiont, doch ein Wald ist ein weiterer, viel größerer. Ganze Biome kann man als Holobiont betrachten, und das gesamte Ökosystem ist ebenfalls einer. Dieses Konzept bietet allem Anschein nach einen soliden Rahmen für die Gaia-Theorie, auch wenn sich das Feld immer noch rasch verändert.

Selbst 50 Jahre nach dem ersten Auftreten ist Gaia ein Konzept, das sich weiterentwickelt. Das Problem ist, dass es nur *eine* Gaia gibt, die wir beobachten können. Zudem neigt sie dazu, sich nicht in ihrer ganzen Größe zu zeigen – wie so oft bei Damen der Oberschicht. Doch die Tatsache, dass die Göttin dazu neigt, sich in einen Mantel aus Wolken zu hüllen, sollte uns nicht davon abhalten, das Ökosystem der Erde zu erforschen – das womöglich faszinierendste Forschungsfeld für die Menschheit. Für diese Aufgabe mag das Buch von James Lovelock „Das Gaia-Prinzip“, das mehr als 30 Jahre nach dem ersten Erscheinen immer noch seine Gültigkeit hat, einen guten Einstieg bieten. Die jüngste Forschung hat nichts Wesentliches an seinen Aussagen verändert, und das Werk ist noch heute ein Meilenstein auf dem Weg, den das Gaia-Konzept beschreitet.

Ob Göttin, Holobiont oder einfach ein Märchen: Gaia ist noch heute ein grundlegendes Konzept für uns Menschen, um zu verstehen, wie wir uns gegenüber dem Ökosystem der Erde zu verhalten haben und warum wir es vermeiden sollten, ihm zu schaden oder gar es zu zerstören – und damit auch uns.

+++++

**Prof. Dr. Ugo Bardi** lehrt an der Universität Florenz physikalische Chemie. Er ist Mitglied des Club of Rome. Sein jüngstes Buch »Before the Collapse« wurde 2019 veröffentlicht. Auf Deutsch ist im oekom verlag 2017 »Der Seneca-Effekt. Warum Systeme kollabieren und wie wir damit umgehen können« erschienen. Bardi betreibt den englischsprachigen Blog »Cassandra's Legacy« ([www.cassandraleacy.blogspot.com](http://www.cassandraleacy.blogspot.com)).

### **Ugo Bardi und James Lovelock im oekom verlag**

- Ugo Bardi: *Der geplünderte Planet. Die Zukunft des Menschen im Zeitalter schwindender Ressourcen.* (Ein Bericht an den Club of Rome) oekom verlag,

München 2013

<https://www.oekom.de/buch/der-gepluenderte-planet-9783865814104>

- Ugo Bardi: *Der Seneca-Effekt. Warum Systeme kollabieren und wie wir damit umgehen können.* oekom verlag, München 2017

<https://www.oekom.de/buch/der-seneca-effekt-9783960060109>

- James Lovelock: *Das Gaia-Prinzip. Die Biographie unseres Planeten.* (Bibliothek der Nachhaltigkeit) oekom verlag, München 2021 [Originalausgabe: 1973]

<https://www.oekom.de/buch/das-gaia-prinzip-9783962382124>