

*Neues aus der Welt der Wissenschaft*[\[ORF ON Science - News - Wissen und Bildung \]](#)

"Forum Alpbach": Die Selbstregulation der Erde

Die Vorstellung von der Erde als lebendiges System hat in den vergangenen Jahrzehnten den Blick auf die globalen Umwelteinflüsse revolutioniert. Die erstaunliche Fähigkeit der Erde zur Selbstregulation wirft viele Fragen auf. Theorien darüber, wie die so genannte GAIA-Theorie, werden noch widersprüchlich gesehen. Sie haben aber auch bereits zu wichtigen Einsichten über das Funktionieren von Ökosystemen geführt, wie der Zoologe Wolfgang Wieser in einem Gastbeitrag in der neuen science.ORF.at-Serie "Forum Alpbach" belegt.

GAIA: Die Erde als ein Geo-Bio-Ökosystem

Von Wolfgang Wieser, Innsbruck

Vor etwa 40 Jahren begann der englische Chemiker und Geophysiker James Lovelock seine revolutionäre Sichtweise vom Systemcharakter des Planeten Erde zu entwickeln. Er ging davon aus, dass sich die Erde gewissermaßen in einem prekären Zustand - in weiter Entfernung vom thermodynamischen Gleichgewicht - stabilisiert hat und dass an der Aufrechterhaltung dieses Zustands die Summe aller Lebensprozesse - die Biosphäre - entscheidenden Anteil hat.

Eine aktive Rolle der Biosphäre

Vor allem zwei Beobachtungen stimulierten Lovelock zur Formulierung seines Konzepts: Erstens lässt sich die Zusammensetzung der irdischen Atmosphäre mit geophysikalischen Prinzipien allein nicht erklären.

Während zum Beispiel in der Atmosphäre toter Planeten (wie Venus und Mars) Kohlendioxid dominiert (95-98%), Sauerstoff und Stickstoff nur in Spuren, Methan überhaupt nicht vorkommen, dominieren in der Erdatmosphäre O₂ und N₂ (20,5 beziehungsweise 78,5 %), CH₄ ist durchaus nachweisbar (1,7 ppm) und der CO₂-Gehalt ist extrem niedrig (0,03%).

Diese vom Standpunkt chemophysikalischer Prinzipien höchst unwahrscheinliche Zusammensetzung lässt sich nur durch die Annahme einer aktiven Rolle der Biosphäre erklären .

Konstanz über erdgeschichtliche Perioden

Zweitens widerspricht auch die Konstanz wichtiger physikochemischer Größen über ausgedehnte erdgeschichtliche Perioden den chemophysikalischen

Vorgaben und kann ohne Berücksichtigung der Biosphäre nicht verstanden werden.

Ein schlagendes Beispiel bietet die mittlere Lufttemperatur, die weitgehend stabil geblieben ist, obwohl die Strahlungsintensität der Sonne seit dem Beginn der biologischen Evolution um etwa 25% zugenommen hat.

Europäisches Forum Alpbach

"Kommunikation und Netzwerke" ist das Thema des Europäischen Forums Alpbach 2002, das vom 15. - 31. August in Alpbach/Tirol stattfindet. Aus der breiten Themenpalette der Veranstaltungen wird science.ORF.at in den kommenden Wochen Gastbeiträge von Wissenschaftlern präsentieren.

→ [Europäisches Forum Alpbach/Programm](#)

Die Erde als System

Der von Lovelock erstmals postulierte systemartige Charakter der Erde lässt sich eher mit den Begriffen der Physiologie als mit denen der Physik beschreiben.

Lovelock und seine Anhänger meinen denn auch, dass eine geophysikalische Betrachtung der Erde nicht ausreicht, um alle Eigenschaften unseres Planeten zu erklären; sie müsse vielmehr durch eine geophysiologische Betrachtungsweise ergänzt werden, denn die Fähigkeit, ein dynamisches Gleichgewicht fern vom thermodynamischen Gleichgewicht durch den Austausch von Stoffen und Energie mit der Umwelt aufrechtzuerhalten, ist das charakteristische Merkmal aller Organismen.

Ein "Organismus"

Freilich darf die Charakterisierung des Systems Erde als ein Organismus nicht wörtlich genommen werden, denn die Erde vermehrt sich ja nicht und vermag sich deshalb auch nicht, wie die Stammeslinien von Lebewesen, über das Zusammenspiel von Mutationen und Selektion an eine veränderliche Umwelt anzupassen.

Die "schwache" Variante der GAIA-Theorie

Diesem Einwand wurde mit der sogenannten "schwachen" Variante der GAIA-Theorie begegnet, deren zentrales Postulat folgendermaßen lautet: Das System "Planet Erde" ist imstande, einen prinzipiell lebensfreundlichen Zustand gegen gravierende äußere und innere Störungen zu verteidigen und durch Selbstregulation aufrechtzuerhalten. Die Fähigkeit zur Selbstregulation (Homoioastase) wurde erstmals von Claude Bernard (1878) als ein charakteristisches Merkmal lebender Organismen erkannt.

Mechanismen der Selbstregulation

Wir stehen somit vor der großen Frage, welche Mechanismen für die globale Selbstregulation des Systems Erde verantwortlich sein könnten. Die Frage ist deshalb aktuell, weil es zunächst den Anschein hat, dass das zentrale Postulat der "schwachen" GAIA-Theorie mit gewissen Postulaten der Evolutionstheorie nicht in Übereinstimmung gebracht werden kann.

So ist zum Beispiel eine der Grundannahmen des Darwinismus, dass sich Populationen von Lebewesen an

lokale Umweltbedingungen anpassen und dass der Erfolg solcher Anpassungsprozesse daran gemessen wird, ob Individuen eine ausreichend große Zahl von Nachkommen produzieren.

Das Rätsel der Anpassungsprozesse

Da jedoch die lokalen Bedingungen in den Lebensräumen der Erde (zwischen polarem Eis und tropischem Regenwald, zwischen Tiefsee und Berglandschaften) sehr verschieden sind, ist nicht leicht zu verstehen, wie denn eine unübersehbare Vielfalt lokaler Anpassungsprozesse gewissermaßen auf einen einzigen Punkt konvergieren könne, nämlich auf das Integral globaler Sollwerte, das nach Ansicht der GAIA-Theoretiker vom System Erde gegen zum Teil drastische ökologische Störungen verteidigt wird.

Fundamentale Lebensbedürfnisse

Es gibt noch keine gültigen Antworten auf die oben gestellte Frage. Sie zwingt uns jedoch, uns mit den Merkmalen rezenter Ökosysteme sowie mit den Mechanismen und Grenzen der Anpassung von Lebewesen an wechselnde Umweltbedingungen auseinander zu setzen.

Tatsächlich hat diese Herausforderung bereits zu Einsichten geführt. Am wichtigsten ist wahrscheinlich jene, dass es einige fundamentale Lebensbedürfnisse gibt (wie zum Beispiel die Effizienz der Energienutzung) die, unabhängig von den ökologischen Bedingungen, erfüllt sein müssen, damit Ökosysteme funktionieren können.

Gefährdung des Gleichgewichts

Von solchen fundamentalen Merkmalen des Lebensprozesses müsste es möglich sein, Brücken zum ebenso fundamentalen Phänomen der globalen Homöostase zu schlagen. Selbst wenn wir dazu noch nicht imstande sind, beginnen wir langsam zu begreifen, aus welchen Gründen der Mensch drauf und dran ist, ein durch die biologische Evolution und die globale Ökologie definiertes (dynamisches) Gleichgewicht mit seinen Handlungen zu gefährden.

Der Autor der Gastbeitrages

Wolfgang WIESER, emer. Univ.-Prof., Dr.

*1924, Studium der Zoologie, Botanik, Anthropologie und Philosophie an der Universität Wien, mehrjährige Studienaufenthalte als Forschungsstipendiat in Schweden

(Universität Lund) und in den USA. 1960 Univ. Assistent am Zoologischen Institut sowie am Institut für Krebsforschung an der Universität Wien, 1961 Habilitation, 1964-94 O. Univ. Prof. an der Universität Innsbruck..

Mitgliedschaften/Funktionen: Society for Experimental Biology, Fellow of the American Association for the Advancement of Science, Ehrenmitglied bei der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, Mitglied bei der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Auszeichnungen. 1975 Kardinal-Innitzer-Würdigungspreis.

Publikationen: "Bioenergetik" 1986, "Vom Werden zum Sein. Energetische und soziale Aspekte der Evolution" 1986, "Die Evolution der Evolutionstheorie" (Hrsg.) Spektrum akad. Verlag, 1994, "Die Erfindung der Individualität oder Die zwei Gesichter der Evolution" Spektrum akad. Verlag, 1998.

→ Mehr über das Forum Alpbach und die Alpbacher Technologiegespräche in science.ORF.at

[ORF ON Science - News - Umwelt und Klima]

IHR KOMMENTAR ZU
DIESEM THEMA ⓘ

[hwgp](#) | 08.08, 09:28

Ein philosophischer Kommentar

Die Sichtweise der Erde als Geo-Bio-Ökosystem erscheint mir im Zusammenhang mit dem Versuch, die Einflüsse menschlicher Aktivitäten auf die Lebensbedingungen dieses Planeten zu erforschen, von großer Bedeutung zu sein. Es handelt sich hierbei um eine höchst spekulative These, die sich auch schwerlich experimentell überprüfen lässt (ich bin über den Stand der diesbezüglichen Forschung nicht genügend informiert, um beurteilen zu können, inwieweit z. B. die Biosphären-Projekte in Arizona hier hilfreich sein könnten oder sind).

Unter der Voraussetzung, dass wir die Erde als Lebensraum für Menschen und diverse andere Lebensformen (es hängt wohl von der jeweiligen Werthaltung ab, inwieweit Artenvielfalt an sich als erstrebenswertes Ziel erscheint; das Gleiche gilt natürlich auch für das Ziel des Überlebens und der Art und Weise des Überlebens der Menschen selbst) in näherer Zukunft erhalten wollen, dann werden Forschungen, die von der These eines Geo-Bio-Ökosystems ausgehen, vermutlich wichtige Hinweise liefern können. Und ich glaube, dass Ergebnisse solcher Untersuchungen ernstgenommen werden sollten. Die manchmal geäußerte Ansicht, dass es genüge, abzuwarten, wie sich unsere Tätigkeiten diesbezüglich auswirken werden, oder auf gut abgesicherte Forschungsergebnisse zu warten, bis schließlich tatsächlich Änderungen z. B. in unserer derzeitigen Art und Weise der Energienutzung durchgeführt werden sollen, scheint mir zu übersehen, dass wir zumindest mit der Möglichkeit rechnen müssen, dass sich das einmal aus dem Gleichgewicht gebrachte System nicht mehr stabilisieren lässt. Untersuchungen kleinere, lokaler Ökosysteme könnten uns diesbezüglich Warnung sein.



[austrianstormchaser](#) | 08.08, 11:14

Gleichgewicht findet sich wieder.

Aus dem Gleichgewicht gebrachte Systeme finden rasch ein neues. Dies gilt auch für die Erde. Aber dieses neue hat mit dem alten wenig gemein, und der Sprung (Veränderung) geht sehr sehr schnell. So findet man durch Eisbohrkernanalysen daß binnin wenigen Jahren Klimasprünge von normal auf Eiszeit, oder normal auf tropischer Warmzeit und zurück stattfanden... Kippt das Klima zu einem neuen Gleichgewicht passiert das schnell, da werden wir noch AUGEN MACHEN!

[hwgp](#) | 09.08, 10:15

Korrigiere meinen Kommentar

ganz im Sinne von austrianstormchaser 8.8., 11:14: was die Anmerkungen zur Einstellung von Gleichgewichten betrifft. Mit folgender Einschränkung zu: 'dass wir noch AUGEN MACHEN werden': auch wenn die Eisbohrkernanalysen richtig sein mögen, wissen wir nicht mit Sicherheit, was tatsächlich geschehen wird. Wir können uns immer

irren. Ich halte es auch für zumindest fraglich, ob wir in unserer Lebenszeit noch zu einer gesicherteren Beurteilung der Situation kommen - in diesem Sinne bin ich zwar für ernsthafte Aufmerksamkeit auf diese Probleme - aber gleichzeitig auch für entsprechend vorsichtige Formulierungen.

[hwgp](#) | 09.08, 12:25

Nachtrag zu meiner Korrektur
Habe mich von einem Mathematiker belehren lassen, dass man in der Systemtheorie von der Annahme ausgeht, dass es Systeme gibt, die tatsächlich 'abfahren'. D. h. solche Systeme sind stabil im Rahmen gewisser Parameter, wenn man an bestimmten dieser Parameter lange genug herumdreht, gerät ein solches System in einen Zustand, in dem es ins Unendliche divergiert, ohne jemals wieder einen Gleichgewichtszustand zu erreichen ...

[austrianstormchaser](#) | 06.08, 10:29

Logisch und nicht neu.

Es ist ja schon länger bekannt, daß die Erdatmosphäre sich NUR!!!! durch das Leben geändert hat. Ohne Photosynthese hätten wir eine Venusähnliche Atmosphäre (aber dünner als auf der Venus!). Der riesige Entropiesprung des Lichts welches die Erde erreicht wenn es in Wärme verwandelt wird hat es also erlaubt Zwischenstufen zu formen, in welchen die Entropie langsamer, Stück für Stück steigt. Licht also nicht gleich in Wärme sondern in Biochemische Energie - in leben zu verwandeln. Und genau das ist der Grund warum das Gleichgewicht bei so niedriger Entropie, also hoher Energie funktioniert. Lichtenergie mit noch niedrigerer Entropie wird aufgenommen, Wärmestrahlung (nach allen chemischen Prozessen des Lebens) mit höherer Entropie abgegeben. (So wie es auch ohne Leben passieren würde, aber eben mit Zwischenstufen). Und daß ein System welches aus Milliarden von Arten besteht nicht so lecit zu kipen ist ist ja auch klar. Je nach einfluß dominiert mal die eine, oder die andere Art (manche sterben auch aus), aber im Endeffekt kann gerade diese schleichende Änderung Schocks abschwächen. Nur mal kurz die Temperatur: Wärmer Schnelleres Pflanzenwachstum Mehr Kohle / Ölbildung = langsames Absinken (Jahrtausende) des CO2 Gehaltes = Abkühlung. Kälter = wenig Pflanzenwachstum, dominieren des Verbrauchs (Tiere) langsames Ansteigen des CO2 Gehaltes = Erwärmung. Der Sprng zwischen Temperaturgleichgewichten erfolgt dabei aber dennoch relativ rasch (andere Rückkopplungen). 

[sensortimecom](#) | 05.08, 19:07

Das fundamentale Phänomen der globalen Homoeostase
...basiert auf einem universellen teleologischen Grundprinzip, das ich in meiner page:

www.sensortime.com/time-de.html

ausführlich beschrieben und begründet habe. Darin enthalten ist auch eine Autoadaptionstheorie, die auf alle in der Natur beobachtbaren Selbstorganisationsprozesse anwendbar ist.

Ich spreche übrigens nicht von "Selbstregulation", sondern von "Auto-Adaption", weil unter S. meist "Feedback"

verstanden wird, also ein einfacher Rückkopplungseffekt. Auch "Homoeostase" versteht sich im Grunde nur als Rückkopplungsmechanismus.

Das allein ist ein viel zu trivialer Prozess um darauf eine umfassende Theorie zu gründen...

mfg Erich B. 

Die ORF.at-Foren sind allgemein zugängliche, offene und demokratische Diskursplattformen. Bitte bleiben Sie sachlich und bemühen Sie sich um eine faire und freundliche Diskussionsatmosphäre. Die Redaktion übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt der Beiträge, behält sich aber das Recht vor, krass unsachliche, rechtswidrige oder moralisch bedenkliche Beiträge sowie Beiträge, die dem Ansehen des Mediums schaden, zu löschen und nötigenfalls User aus der Debatte auszuschließen.

Sie als Verfasser haften für sämtliche von Ihnen veröffentlichte Beiträge selbst und können dafür auch gerichtlich zur Verantwortung gezogen werden. Beachten Sie daher bitte, dass auch die freie Meinungsäußerung im Internet den Schranken des geltenden Rechts, insbesondere des Strafgesetzbuches (Üble Nachrede, Ehrenbeleidigung etc.) und des Verbotsgesetzes, unterliegt. Die Redaktion behält sich vor, strafrechtlich relevante Tatbestände gegebenenfalls den zuständigen Behörden zur Kenntnis zu bringen.

Die Registrierungsbedingungen sind zu akzeptieren und einzuhalten, ebenso Chatiquette und Netiquette!

[Übersicht: Alle ORF-Angebote auf einen Blick](#)