

Neue Studie: Die Erde kann ihre Temperatur über Jahrtausende hinweg selbst regulieren

geschrieben von Chris Frey | 22. November 2022

[Constantin W.Arnscheidt](#) und [Daniel H.Rothman](#)

[Peer-Reviewed Publication](#) des MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Wissenschaftler haben bestätigt, dass eine „stabilisierende Rückkopplung“ auf einer Zeitskala von 100.000 Jahren die globalen Temperaturen in Schach hält.

Das Klima der Erde hat sich stark verändert, von globalem Vulkanismus über Eiszeiten, die den Planeten abkühlen, bis hin zu dramatischen Verschiebungen der Sonneneinstrahlung. Und doch hat sich das Leben in den letzten 3,7 Milliarden Jahren nicht verändert.

Eine Studie von MIT-Forschern, die in der Zeitschrift Science Advances veröffentlicht wurde, bestätigt nun, dass der Planet über einen „stabilisierenden Rückkopplungs-Mechanismus“ verfügt, der über Hunderttausende von Jahren wirkt, um das Klima vor dem Abgrund zu bewahren und die globalen Temperaturen in einem stabilen, bewohnbaren Bereich zu halten.

Doch wie wird dies erreicht? Ein wahrscheinlicher Mechanismus ist die „Silikatverwitterung“ – ein geologischer Prozess, bei dem die langsame und stetige Verwitterung von Silikatgestein chemische Reaktionen auslöst, die letztlich Kohlendioxid aus der Atmosphäre in die Sedimente der Ozeane ziehen und das Gas in den Felsen einschließen.

Wissenschaftler vermuten seit langem, dass die Silikatverwitterung eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Kohlenstoffkreislaufs der Erde spielt. Der Mechanismus der Silikatverwitterung könnte eine geologisch konstante Kraft darstellen, die Kohlendioxid – und die globalen Temperaturen – in Schach hält. Bislang gab es jedoch keine direkten Beweise für das kontinuierliche Funktionieren einer solchen Rückkopplung.

Die neuen Erkenntnisse beruhen auf einer Untersuchung von Paläoklimadaten, die Veränderungen der globalen Durchschnittstemperaturen in den letzten 66 Millionen Jahren aufzeichnen. Das MIT-Team wandte eine mathematische Analyse an, um zu sehen, ob die Daten irgendwelche Muster erkennen lassen, die für stabilisierende Phänomene charakteristisch sind, welche die globalen Temperaturen auf einer geologischen Zeitskala zügeln.

Sie fanden heraus, dass es in der Tat ein einheitliches Muster zu geben scheint, bei dem die Temperaturschwankungen der Erde über Zeiträume von Hunderttausenden von Jahren gedämpft werden. Die Dauer dieses Effekts ähnelt den Zeiträumen, über die die Silikatverwitterung wirken soll.

Die Ergebnisse sind die ersten, die anhand tatsächlicher Daten die Existenz einer stabilisierenden Rückkopplung bestätigen, deren Mechanismus wahrscheinlich die Silikatverwitterung ist. Diese stabilisierende Rückkopplung würde erklären, wie die Erde durch dramatische Klimaereignisse in der geologischen Vergangenheit bewohnbar geblieben ist.

„Einerseits ist es gut, weil wir wissen, dass die heutige globale Erwärmung durch diese stabilisierende Rückkopplung irgendwann aufgehoben wird“, sagt Constantin Arnscheidt, Doktorand am MIT Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences (EAPS). „Andererseits wird es Hunderttausende von Jahren dauern, bis dies geschieht, also nicht schnell genug, um unsere heutigen Probleme zu lösen*.“

[*Offenbar gehen die Autoren von einer derzeitigen problematischen Erwärmung aus. Das ist etwas unverständlich, denn sie schreiben doch gerade in ihrer Studie, dass das Leben auf der Erde mit dem von ihnen beschriebenen Mechanismus noch mit ganz anderen Klimaänderungen problemlos fertig geworden ist. Anm. d. Übers.]

Die Studie wurde gemeinsam von Arnscheidt und Daniel Rothman, Professor für Geophysik am MIT, verfasst.

Stabilität in den Daten

Wissenschaftler haben bereits Hinweise auf einen das Klima stabilisierenden Effekt im Kohlenstoffkreislauf der Erde gefunden: Chemische Analysen alter Gesteine haben gezeigt, dass der Fluss von Kohlenstoff in die und aus der Umgebung der Erdoberfläche selbst bei dramatischen Schwankungen der globalen Temperatur relativ ausgeglichen geblieben ist. Außerdem sagen Modelle der Silikatverwitterung voraus, dass dieser Prozess eine gewisse stabilisierende Wirkung auf das globale Klima haben sollte. Und schließlich deutet die Tatsache, dass die Erde dauerhaft bewohnbar ist, auf eine inhärente, geologische Kontrolle extremer Temperaturschwankungen hin.

„Sie haben einen Planeten, dessen Klima so vielen dramatischen äußeren Veränderungen unterworfen war. Warum hat das Leben die ganze Zeit überlebt? Ein Argument ist, dass wir eine Art Stabilisierungsmechanismus brauchen, um die Temperaturen für das Leben geeignet zu halten“, sagt Arnscheidt. „Aber es konnte noch nie anhand von Daten nachgewiesen werden, dass ein solcher Mechanismus das Klima der Erde dauerhaft kontrolliert hat“.

Arnscheidt und Rothman versuchten zu bestätigen, ob tatsächlich eine

stabilisierende Rückkopplung am Werk war, indem sie Daten über globale Temperaturschwankungen im Laufe der Erdgeschichte untersuchten. Sie arbeiteten mit einer Reihe von globalen Temperaturaufzeichnungen, die von anderen Wissenschaftlern zusammengestellt wurden, von der chemischen Zusammensetzung alter Meeresfossilien und Muscheln bis hin zu erhaltenen antarktischen Eisbohrkernen.

„Diese ganze Studie ist nur möglich, weil es große Fortschritte bei der Verbesserung der Auflösung dieser Tiefsee-Temperaturaufzeichnungen gegeben hat“, so Arnscheidt. „Jetzt haben wir Daten, die 66 Millionen Jahre zurückreichen, mit Datenpunkten, die höchstens Tausende von Jahren auseinander liegen“.

Mit hoher Geschwindigkeit zum Stillstand

Auf die Daten wandte das Team die mathematische Theorie der stochastischen Differentialgleichungen an, die üblicherweise verwendet wird, um Muster in stark schwankenden Datensätzen aufzudecken.

„Wir erkannten, dass diese Theorie Vorhersagen darüber macht, wie die Temperaturentwicklung der Erde aussehen würde, wenn es Rückkopplungen auf bestimmten Zeitskalen gegeben hätte“, erklärt Arnscheidt.

Mit diesem Ansatz analysierte das Team die Entwicklung der globalen Durchschnittstemperaturen in den letzten 66 Millionen Jahren und betrachtete den gesamten Zeitraum auf verschiedenen Zeitskalen, z. B. Zehntausende von Jahren im Vergleich zu Hunderttausenden von Jahren, um zu sehen, ob sich innerhalb jeder Zeitskala irgendwelche Muster stabilisierender Rückkopplungen ergeben.

„In gewisser Weise ist es so, als würde Ihr Auto auf der Straße rasen, und wenn Sie auf die Bremse treten, rutschen Sie lange Zeit, bevor Sie anhalten“, sagt Rothman. „Es gibt eine Zeitspanne, in der der Reibungswiderstand oder eine stabilisierende Rückkopplung einsetzt, wenn das System in einen stabilen Zustand zurückkehrt.“

Ohne stabilisierende Rückkopplungen sollten die Schwankungen der globalen Temperatur auf einer bestimmten Zeitskala zunehmen. Die Analyse des Teams ergab jedoch ein Regime, in dem die Fluktuationen nicht zunahmen, was bedeutet, dass ein stabilisierender Mechanismus im Klima herrschte, bevor die Fluktuationen zu extrem wurden. Die Zeitskala für diesen stabilisierenden Effekt – Hunderttausende von Jahren – deckt sich mit dem, was Wissenschaftler für die Silikatverwitterung vorhersagen.

Interessanterweise stellten Arnscheidt und Rothman fest, dass die Daten auf längeren Zeitskalen keine stabilisierenden Rückkopplungen erkennen lassen. Das heißt, auf Zeitskalen von mehr als einer Million Jahren scheint es keinen wiederkehrenden Rückzug der globalen Temperaturen zu geben. Was hat also über diese längeren Zeiträume die globalen Temperaturen in Schach gehalten?

„Es gibt die Idee, dass der Zufall eine wichtige Rolle dabei gespielt haben könnte, warum es nach mehr als 3 Milliarden Jahren immer noch Leben gibt“, meint Rothman.

Mit anderen Worten: Wenn die Temperaturen auf der Erde über längere Zeiträume schwanken, sind diese Schwankungen im geologischen Sinne vielleicht nur klein genug, um in einem Bereich zu liegen, in dem eine stabilisierende Rückkopplung, wie z. B. die Silikatverwitterung, das Klima regelmäßig in Schach halten kann, und zwar in einer bewohnbaren Zone.

„Es gibt zwei Lager: Die einen sagen, dass der Zufall als Erklärung ausreicht, und die anderen, dass es eine stabilisierende Rückkopplung geben muss“, sagt Arnscheidt. „Wir sind in der Lage, anhand der Daten zu zeigen, dass die Antwort wahrscheinlich irgendwo dazwischen liegt. Mit anderen Worten: Es gab eine gewisse Stabilisierung, aber auch reines Glück spielte wahrscheinlich eine Rolle, um die Erde dauerhaft bewohnbar zu halten.“

Diese Forschung wurde zum Teil durch ein MathWorks-Stipendium und die National Science Foundation unterstützt.

###

Written by Jennifer Chu, MIT News Office

JOURNAL

Science Advances

DOI

[10.1126/sciadv.adc9241](https://doi.org/10.1126/sciadv.adc9241)

ARTICLE TITLE

Presence or absence of stabilizing Earth system feedbacks on different timescales

ARTICLE PUBLICATION DATE

16. November 2022

From EurekAlert!

Hier das [Abstract](#) der Studie:

Vorhandensein oder Fehlen von stabilisierenden Rückkopplungen im Erdsystem auf verschiedenen

Zeitskalen

Abstract

Die Frage, wie das Klima der Erde auf geologischen Zeitskalen stabilisiert wird, ist wichtig für das Verständnis der Erdgeschichte, der langfristigen Folgen des anthropogenen Klimawandels und der Bewohnbarkeit des Planeten. Hier quantifizieren wir die typische Amplitude vergangener globaler Temperaturschwankungen auf Zeitskalen von Hunderten bis zu Dutzenden von Millionen Jahren und nutzen sie, um das Vorhandensein oder Fehlen langfristiger stabilisierender Rückkopplungen im Klimasystem zu beurteilen. Auf Zeitskalen zwischen 4 und 400 ka wachsen die Schwankungen nicht mit der Zeitskala, was darauf hindeutet, dass stabilisierende Mechanismen wie die angenommene „Verwitterungsrückkopplung“ in diesem Bereich eine dominante Kontrolle ausgeübt haben. Auf längeren Zeitskalen nehmen die Fluktuationen zu, was möglicherweise auf tektonisch oder biologisch bedingte Veränderungen zurückzuführen ist, die die Verwitterung als Klimatreiber und Rückkopplung wirken lassen. Diese langsameren Schwankungen zeigen keine Anzeichen für eine Dämpfung, was bedeutet, dass der Zufall immer noch eine nicht zu vernachlässigende Rolle bei der Aufrechterhaltung der langfristigen Bewohnbarkeit der Erde gespielt haben könnte.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/11/20/earth-can-regulate-its-own-temperature-over-millennia-new-study-finds/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE