

Vom Schneeball zum Treibhaus: Keine Argumente für die Relativierung des Klimawandels

Laurent Christen

Das Klima hat sich im Laufe der Geschichte immer wieder verändert. Spricht das gegen den anthropogenen Klimawandel? Nicht, wenn man sich die Erdgeschichte genauer anschaut.

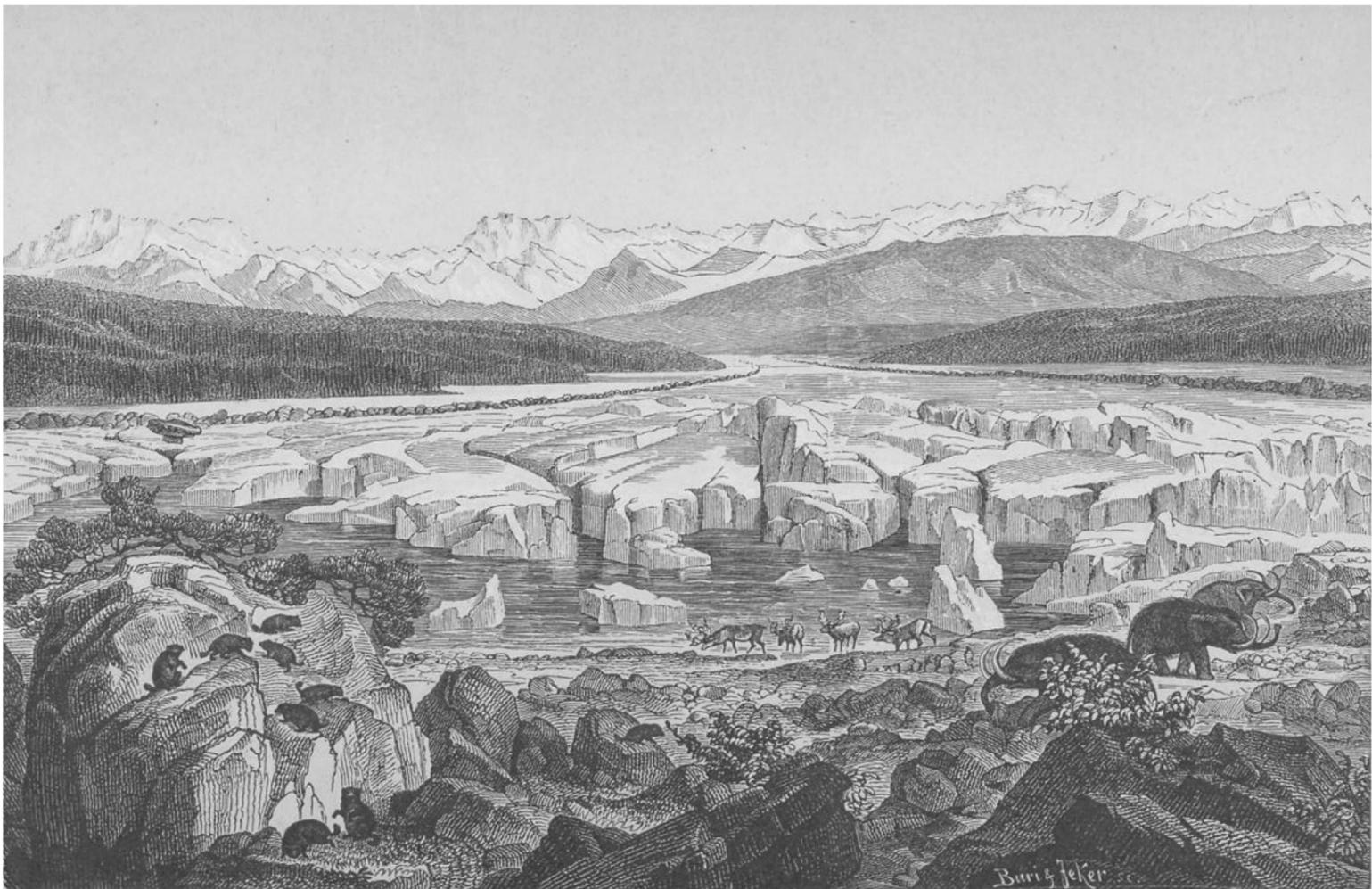


Abbildung 1: Da sah Zürich noch anders aus: Darstellung der Eiszeit aus Oswald Heers *Die Urwelt der Schweiz* (1883).

„Klimawandel hat es ja schon immer gegeben.“ „Es gibt eben wärmere und kältere Zeiten.“ Nicht selten führen Skeptiker*innen des menschengemachten Klimawandels die Klimageschichte als Argument ins Feld. Der Mensch in seiner Unwichtigkeit könne so etwas Grosses wie das Erdklima sowieso nicht beeinflussen, deshalb müsse man auch nicht gegen den Klimawandel vorgehen. Und sowieso sei alles halb so schlimm, weil die Natur bisher ja immer einen Weg gefunden habe, sich anzupassen. Dass diese Argumente zu kurz greifen, zeigt ein Blick in die Wissenschaftsgeschichte.

Gehen wir dafür zunächst einen Schritt zurück ins Jahr 1987 unserer Zeitrechnung – ins Labor von Dawn Sumner. Sumner war zu diesem Zeitpunkt Geologiestudentin am California Institute of Technology (Caltech) und befand sich damals kurz vor dem Bachelor-Abschluss. Der Paläomagnetiker Joe Kirschvink hat ihr eine aussergewöhnliche Gesteinsprobe zur Analyse zukommen lassen. Es handelt sich um ein feinkörniges Sedimentgestein aus dem späten Neoproterozoikum, weit über 500 Millionen Jahre alt, gefunden in Südaustralien. Seine Strukturen lassen auf ein in Gletschernähe abgelagertes Sediment schliessen. Gleichzeitig finden sich Indizien, dass das Gestein in einem flachen Meer abgelagert wurde.

Das allein ist nichts Ungewöhnliches. Es gibt auch heute viele Gletscher, die bis ans Meer reichen. Doch etwas passt für Kirschvink nicht ins Konzept: Frühere paläomagnetische Analysen haben ergeben, dass dieses Sediment in Äquatornähe abgelagert wurde. Kirschvink beauftragt Sumner deshalb damit, weitere paläomagnetische Untersuchungen durchzuführen – mit sensationellen Resultaten. Das Sedimentgestein wurde tatsächlich in der Nähe des Äquators abgelagert. Das bedeutet, dass es damals sogar in tropischen Breiten Gletscher gegeben haben muss, die bis auf Meereshöhe hinabreichten. Mehrere weitere Untersuchungen haben seither Sumners Befund bestätigt.[1] Zur Erklärung des höchst ungewöhnlichen Sediments entwickelt Kirschvink in den nächsten Jahren die *Snowball Earth*-Hypothese.[2]

Laut der *Snowball Earth*-Hypothese waren in einer Phase des Erdzeitalters Präkambrium – also vor 730 bis 580 Millionen Jahren[3] – die Kontinente in den tropischen Breiten konzentriert. Das feuchte und warme Klima führte zu verstärkter Verwitterung. Bei der Verwitterung von Silikaten, den häufigsten Gesteinen an der Erdoberfläche, wird CO_2 gebunden, sodass bei verstärkter Verwitterung der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre sinkt. Das Klima kühlt sich ab. Genau das passierte auch im Neoproterozoikum, und zwar so stark, dass sich auch in Äquatornähe die ersten Gletscher bildeten. Jetzt setzte eine positive Rückkopplung ein: Die neu entstandenen Gletscher reflektierten mehr Sonnenlicht als die vorherige Landschaft, wodurch es noch kälter wurde und die Gletscher weiter wuchsen. Dieser Prozess geriet ausser Kontrolle. Nach einiger Zeit war praktisch die ganze Erde mit Eis bedeckt. Die globale Durchschnittstemperatur sank auf minus 50 Grad Celsius.[4]



Abbildung 2: Eine populäre Darstellung von *Snowball Earth*.

Silikatverwitterung praktisch auf. Vulkanausbrüche gab es aber nach wie vor. Diese pumpen mehr und mehr CO₂ in die Atmosphäre, welches nicht abgebaut werden konnte. Es wurde wieder wärmer. Als die Gletscher allmählich zu schmelzen begannen, setzte dies erneut eine positive Rückkopplung in Gang, nur diesmal in die andere Richtung. Es wurde jetzt heisser und heisser, die Durchschnittstemperatur stieg auf plus 40 Grad Celsius.[5] Diese extrem heisse Phase wird als *hot aftermath* bezeichnet. Indizien für diesen Zustand finden sich in den sogenannten Cap-Karbonaten, Warmwassersedimenten, die die gletschernahen Sedimente der *Snowball Earth* direkt überlagern.[6]

Über die *Snowball Earth*-Hypothese wird nach wie vor wissenschaftlich debattiert. Insbesondere das Ausmass der Vergletscherung ist umstritten.[7] Sicher ist: Das Klima war extrem. Hätten im Präkambrium bereits komplexe vielzellige Lebewesen existiert, hätten *Snowball Earth* und *hot aftermath* mit Sicherheit eine katastrophale Aussterbewelle verursacht. Von einem solchen Artensterben handelt die nächste Station unserer Reise.

TEMPERATURSTÜRZE

Es ist das bekannteste Massenaussterben der Erdgeschichte. Bis vor ca. 65 Millionen Jahren, am Ende der Kreidezeit, bevölkerten Dinosaurier unseren Planeten. Dann starben sie plötzlich aus. Was war geschehen?

Ebenso bekannt wie das Aussterben selbst ist die Theorie zu dessen Ursache. Ein grosser Asteroid schlug im Gebiet der Halbinsel Yucatán ein und hinterliess einen Krater von 180 bis 200 Kilometer Durchmesser, den sogenannten Chicxulub-Krater.[8] Der Einschlag schleuderte gigantische Mengen feiner Staubpartikel und Aerosole in die Atmosphäre. Sie reflektierten zusätzliches Sonnenlicht, wodurch es auf der Erdoberfläche kälter und dunkler wurde. Innerhalb kürzester Zeit kühlte sich die Erde um bis zu 10 Grad Celsius ab, und das für mehrere Jahrzehnte. Nach wenigen Wochen brachen die Ökosysteme auf dem Land zusammen; Pflanzen konnten wegen der plötzlichen Dunkelheit keine Photosynthese mehr betreiben und starben ab.[9]

Es gibt noch einige Diskussionen in der Fachwelt, welche Rolle etwa eine Phase grosser Vulkanausbrüche im heutigen Indien beim Massensterben am Ende der Kreidezeit gespielt hatte. Dennoch sind viele Expert*innen aufgrund der passenden zeitlichen Korrelation überzeugt, dass der Chicxulub-Einschlag der entscheidende Auslöser war.

Weniger bekannt als das Massensterben am Ende der Kreidezeit ist das sogenannte Paläozän-Eozän-Temperaturmaximum (PETM). Während des PETM vor ungefähr 56 Millionen Jahren kam es zu einem Kohlenstoffeintrag in die Atmosphäre, der in etwa in der Grössenordnung des Eintrags an menschengemachten CO₂ liegt, der derzeit zu erwarten ist – vorausgesetzt, die Menschheit macht so weiter wie bisher.[10] Der Unterschied: In der Gegenwart geschieht alles etwa fünfzehnmal schneller als während des PETM.[11]





Abbildung 3: Zeugen aus der Vergangenheit: Methanhydratblock, gefunden in Oregon (USA).

Es ist noch nicht abschliessend geklärt, welche Ursachen zu der plötzlichen massiven Erhöhung des atmosphärischen Kohlenstoffgehalts geführt haben. Eine populäre Hypothese besagt, dass in Tiefseesedimenten eingelagertes Methanhydrat der Hauptgrund war. Diese Wasser-Methan-Verbindung kann bei einer Erwärmung instabil werden, wodurch sie zerfällt und Methan freigesetzt wird, ein 28-mal stärkeres Treibhausgas als CO_2 . [14] Ob überhaupt genügend Methanhydrat vorhanden war, um damit die Erwärmung komplett zu erklären, ist nach wie vor unklar. [15]

Andere Hypothesen bringen zum Beispiel Torf- und Kohlebrände, Magmatismus oder auftauender Permafrost, der dann wiederum Methan freigesetzt hätte, ins Spiel. [16] Insbesondere die letzte These sollte uns stutzig machen, denn auch heutzutage sind im Permafrost riesige Mengen von Methan gespeichert. Und bekanntlich taut der Permafrost vielerorts. Ausserdem ist auch heute Methanhydrat im Meeresgrund gespeichert, welches bei zu starker Erwärmung instabil werden könnte.

KIPPMOMENTE

Damit sind wir wieder in der heutigen Zeit angekommen und bei der Frage, wie die Kenntnis der Klimageschichte unsere Wahrnehmung des Klimawandels beeinflusst. Die drei Episoden, die wir angeschaut haben, stellen Annahmen in Frage, die wir Menschen früher über unser Klima hatten oder zum Teil immer noch haben. Am offensichtlichsten ist, wie die schiere Vielfalt an unterschiedlichsten Klimata die Ansicht widerlegt, das Klima sei unveränderlich. Diese Annahme wurde im Zeitalter der Aufklärung von den ersten Klimaforscher*innen getroffen und war gestützt auf die damaligen Beobachtungen sicher nachvollziehbar. [17] Danach wurde lange Zeit angenommen, dass klimatische Veränderungen eher langsam und allmählich vonstattengehen. Der Chicxulub-Einschlag jedoch lehrt uns, dass durch Extremereignisse auch rasend schnelle Klimaänderungen möglich sind.

verselbständigender Prozess zu einem völlig neuen Klima führt. Die Existenz solcher Kipppunkte ist in den letzten Jahren verstärkt in den öffentlichen Fokus gerückt, weil sie bedeutet, dass wir nicht länger davon ausgehen können, für jede zusätzliche Tonne CO₂ eine lineare Reaktion des Weltklimas zu sehen.

Ein konkretes Beispiel, wo in der heutigen Zeit ein solcher Kipppunkt erreicht werden könnte, liefert die Episode des PETM. Wie bereits erwähnt, sind auch heute grosse Mengen Methan in prinzipiell instabilen Verhältnissen gespeichert. Wann der Punkt erreicht wird, an dem es zur massiven Methanfreisetzung kommt, wissen wir nicht. Wie stark sich die Erde erwärmt, wenn dieser Prozess mit der bekannten positiven Rückkopplung zwischen kleiner werdenden Eiskappen und globalem Temperaturanstieg zusammenwirkt, ist ebenfalls unklar. Sicher ist: Je weiter die vom Menschen verursachte Klimaerwärmung voranschreitet, desto grösser wird das Risiko, einen Kipppunkt zu erreichen. Das muss uns bewusst sein, insbesondere, wenn wir über die Begrenzung der Erwärmung sprechen. Je schneller und je konsequenter wir weitere CO₂-Emissionen vermeiden, desto sicherer können wir uns sein, nicht plötzlich einen Prozess in Gang zu setzen, der das Weltklima vollends aus den Fugen geraten lässt.



Abbildung 4: Folgen des Klimawandels: Viehwirtschaft wurde im Mittelalter auf Grönland durch die *Kleine Eiszeit* unmöglich.

Wir machen noch einmal einen kurzen Abstecher in die Vergangenheit, ins mittelalterliche Grönland. Im 10. Jahrhundert unserer Zeitrechnung waren, angeführt von Erik dem Roten, nordische Kolonist*innen von Island aus auf der grössten Insel der Welt gelandet. Sie brachten einige Rinder und viele Schafe mit, bauten Bauernhöfe und blieben bis ins 15. Jahrhundert auf Grönland.[18] Danach wurden die Kolonien aufgegeben. Um die Frage nach dem Grund für den Rückzug der nordischen Siedler*innen gibt es heutzutage eine Kontroverse in der Wissenschaft.

Eine Hypothese ist, dass die von den Siedler*innen mitgeführten Schafe durch Überweidung zu einer verstärkten Bodenerosion beigetragen hätten, wodurch Nährstoffe aus dem Boden ausgespült und dieser unfruchtbarer geworden wäre. Für eine verstärkte Bodenerosion finden sich an einigen Stellen durchaus Hinweise.[19] Der Zeitpunkt der Aufgabe der Siedlungen korreliert überdies mit einer Abkühlung des Weltklimas, dem Beginn der sogenannten *kleinen Eiszeit*. Laut einigen Autor*innen sei dies hauptsächlich für den Untergang der nordischen Höfe, weil dadurch Viehwirtschaft im ohnehin schon kalten Grönland unmöglich geworden sei.[20]

der nordischen Grönländer*innen könnte als Warnung dienen, wie stark eine Kultur von ihrer Umwelt abhängig ist. Auch unsere globale Gesellschaft der Gegenwart ist eine Kultur. Wer sie erhalten will, sollte deshalb immer darauf achten, die Umweltbedingungen, in der sie entstanden ist, so wenig wie möglich zu zerstören.

Anders als Klimawandelleugner*innen gerne behaupten, liefert der Blick in die Klimageschichte also keine Argumente, mit denen sich der menschengemachte Klimawandel glaubwürdig bestreiten liesse. Das genaue Gegenteil ist der Fall: *Snowball Earth, hot Aftermath* und PETM zeigen, welche drastischen Folgen stark erhöhte oder verringerte Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre für das Weltklima haben können. Die physikalischen Prozesse, die dabei ablaufen, unterscheiden nicht, ob die Treibhausgase auf natürlichem Wege oder durch das Wirken einer intelligenten, aber kurzsichtigen Spezies in die Atmosphäre gelangt sind. Es deshalb notwendig, der Verdrehung der Klimageschichte durch Klimawandelleugner*innen richtigstellend entgegenzuwirken, damit die Gesellschaft nicht zu fatalen Fehlschlüssen verleitet wird.

Autor*in

Laurent Christen studiert im Master Erdwissenschaften an der ETH Zürich.

Seminar

Dieser Text entstand im Seminar „Klima: Wissenschaft – Gesellschaft – Geschichte“, Herbstsemester 2018, ETH Zürich.

Redaktionell betreut von

Nils Güttler & Monique Ligtenberg

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Oswald Heer: *Die Urwelt der Schweiz* (Zürich: Friedrich Schulthess, 1883), S. 595. ETH Bibliothek: <https://doi.org/10.3931/e-rara-19962>
 Abbildung 2: Neethis: *Modern Earth, covered in ice*, Public Domain, http://www.celestiamotherlode.net/catalog/show_addon_details.php?addon_id=1000
 Abbildung 3: Wusel007: *Struktur eines Methanhydrabrockens aus der Subduktionszone vor Oregon*, [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/). Wikicommons: https://de.wikipedia.org/wiki/Methanhydrat#/media/Datei:Gashydrat_mit_Struktur.jpg
 Abbildung 4: Number 57: *Hvalsey church ruins*, [CCO 1.0 Universal](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/), Wikicommons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hvalsey_Church.jpg

Literaturverzeichnis

- [1] Paul F. Hoffman, Daniel P. Schrag: „The Snowball Earth Hypothesis: Testing the Limits of Global Change (Review article)“, in: *Terra Nova* 14/3 (2002), S. 129–155, hier S. 129.
- [2] Ebda., S. 135.
- [3] Ebda., S. 147.
- [4] Ebda., S. 135 ff.
- [5] Ebda.
- [6] Ebda., S. 140 ff.
- [7] Ebda., S. 136.
- [8] Peter Schulte, Laia Alegret, Ignacio Arenillas, et. al.: „The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary (Review)“, in: *Science* 327/5970 (2010), S. 1214–1218, hier S. 1214.
- [9] Ebda., S. 1217 ff.
- [10] Francesca A. McInerney, Scott L. Wing: „The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, and Biosphere with Implications for the Future“, in: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 39 (2011), S. 489–516, hier S. 506 ff.
- [11] Ebda., S. 506.
- [12] Ebda., S. 507 ff.
- [13] Miller et al., S. 1295.
- [14] McInerney, Wing, „The Paleocene-Eocene Thermal Maximum“, S. 494.

11/05/2020

[PDF](#) ↓ [Share](#) ↗

Seminar: Klima: Wissenschaft – Gesellschaft – Geschichte



Enlighthenment (Chicago, London: The University of Chicago Press, 2007).

[18] Vincent Bichet, Emilie Gauthier, Charly Massa, et. al.: „The History and Impact of Farming Activities in South Greenland: An Insight from Lake Deposits“, in: *Polar Record* 49/250 (2013), S. 210–220, hier S. 210.

[19] Per Sandgren, Bent Fredskild: „Magnetic Measurement Recording Late Holocene Man-induced Erosion in S. Greenland“, in: *Boreas* 20 (1991), S. 315–331, hier S. 330.

[20] Bichet, Gauthier, Massa et al., „The History and Impact of Farming Activities in South Greenland“, S. 217.