

Hans Joachim Schellnhuber (MLS)

Die Nichtlinearität des Klimaproblems

Das Klima der Erde ist das Resultat eines komplizierten Zusammenspiels von Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Biosphäre, Pedosphäre und Lithosphäre mittels physikalischer, chemischer, geologischer und biologischer Prozesse. Dieses Klimasystem wird zunehmend vom Homo Sapiens beeinflusst; die Menschheit stellt im sogenannten Anthropozän eine planetarische Kraft dar, deren ungeplante Effekte die globalen Umweltprobleme eskalieren lassen könnten (Crutzen 2002). Das Klima der Erde war niemals konstant, aber es war über die letzten 114.000 Jahre – im sogenannten Holozän – abgesehen von geringen Schwankungen von $\pm 1^\circ\text{C}$ bemerkenswert stabil. Diese Klimastabilität stellte die optimale Voraussetzung für Sesshaftigkeit, Vorratshaltung und Städteentwicklung dar. Die Anzahl der Menschen auf diesem Planeten wird bereits um die Mitte dieses Jahrhunderts wohl etwa 9 Milliarden betragen.

Mit der Industriellen Revolution begann der allmähliche und in den letzten Jahrzehnten beschleunigte Anstieg der atmosphärischen CO_2 -Konzentration – von etwa 280 ppm auf bisher über 400 ppm – mit der Folge einer globalen Temperaturerhöhung von etwa 1°C . Der anthropogene Einfluss auf das Klima ist nicht nur im verstärkten Treibhauseffekt spürbar, sondern sogar in messbaren Verschiebungen der Polarachse (Adhikari/Ivins 2016). Die Nichtlinearität des Klimasystems zeigt sich zum einen im häufigeren Auftreten extremer Wettererscheinungen wie Hitzewellen, Dürreperioden und Starkniederschlägen mit gravierenden Folgen für Natur und Gesellschaft, zum anderen in der Aktivierung sogenannter Kippelemente (Lenton et al. 2008), deren Zustand beim Überschreiten gewisser kritischer Grenzen irreversibel umschlagen könnten. Beide Aspekte sind keinesfalls voneinander unabhängig, wie viele Beispiele zeigen. So sind die anhaltenden Hitzewellen und Starkregenfälle auf der Nordhemisphäre in den letzten Jahren unter anderem auf anomale Zirkulationsmuster des hochtroposphärischen Strahlstroms zurückzuführen, die ihrerseits wiederum durch die rapide Erwärmung der Arktis seit 2000 getriggert werden (Coumou et al. 2014). Bereits

bei einer globalen Erwärmung von 2°C gegenüber vorindustriellem Niveau, also noch im Einklang mit den Klimazielen der Vereinten Nationen, könnten mehrere Kippelemente umschwingen (Schellnhuber et al. 2016): Die tropischen Korallenriffe sind schon ab einer Temperaturerhöhung von 1,5°C existentiell bedroht (Frieler et al. 2013). Ernsthaft in Mitleidenschaft gezogen sind die alpinen Gletscher, das sommerliche arktische Meereis, das grönländische Inlandeis, das bereits bei 1,6°C komplett schmelzen könnte (Robinson et al. 2012) und der Westantarktische Eisschild. Bei einem Anstieg um 4°C kämen weitere Kippelemente ins Spiel: die Möglichkeit des Zusammenbrechens der thermohalinen Zirkulation („Golfstrom“), das Verschwinden des tropischen Regenwaldes und des borealen Waldgürtels sowie gravierende Änderungen des atmosphärisch-ozeanischen Zirkulationsmusters im tropischen Pazifik (El Niño-Southern Oscillation) und bei den damit verbundenen Fernwirkungen. Bei einem weiteren Temperaturanstieg würden aus den kontinentalen Permafrostgebieten und den ozeanischen Schelfen wohl beträchtliche Mengen des starken Treibhausgases Methan freigesetzt werden, das für Jahrtausende vom atmosphärischen Kreislauf durch physikochemische Prozesse ausgeschlossen war. Damit könnte ein Prozess in Gang gesetzt werden („run-away greenhouse effect“), der die Erde völlig verändern würde (Schellnhuber/Martin 2014; Schellnhuber 2015). Das Analogon des Paläozän/Eozän-Temperaturmaximums (PETM) vor 55,9 Millionen Jahren zeigt, mit welchen verheerenden Wirkungen wie Artensterben, starke Migrationsbewegungen zu Lande und zu Wasser, vermehrte Insektenschäden, Verlust der Bodenfruchtbarkeit, u.a. (Alley 2016) dann zu rechnen wäre.

Für eine nachhaltige Entwicklung, die das Risiko des Kippens von essentiellen Klimakomponenten vermindert, bleibt nicht mehr viel Zeit. In einem neuen Weltgesellschaftsvertrag müssen deshalb Individuen und Stadtgemeinschaften, Regierungen sowie Wirtschaft und Wissenschaft kollektive Verantwortung für die Vermeidung gefährlichen Klimawandels und für die Abwendung anderer Gefährdungen der Menschheit als Teil des Erdsystems übernehmen (WBGU 2011).

Literatur

- Adhikari, S.; Ivins, E. R. (2016): Climate-driven polar motion 2003–2015. *Science Advances* 2, no.4, e1501693, DOI: 10.1126/sciadv.1501693
- Alley, R. B. (2016): A heated mirror for future climate. *Science* 352 (6282), 151–152, DOI: 10.1126/science.

- Coumou, D.; Pethoukov, V.; Rahmstorf, S.; Petri, S.; Schellnhuber, H. H. (2014): Quasi-resonant circulation regimes and hemispheric synchronization of extreme weather in boreal summer. PNAS 111, No. 34, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1412797111
- Crutzen, P. J. (2002): Geology of mankind. Nature 415 (6867), S. 23
- Frieler, K. et al. (2013). "Limiting global warming to 2°C is unlikely to save most coral reefs." Nature Clim. Change 3 (2): 165–170
- Lenton, T. M. et al. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105 (6): 1786–1793
- Robinson, A.; Calov, R.; Ganoplsky, A. (2012): Multistability and critical Thresholds of the Greenland ice sheet. Nature Climate Change 2(84), 1–4
- Schellnhuber, H. J. (2015): Selbstverbrennung. C. Bertelsmann Verlag München
- Schellnhuber, H. J.; Rahmstorf, S.; Winkelmann, R. (2016): Why the right climate target was agreed in Paris. Nature Climate Change 6, 649–653
- Schellnhuber, H. J.; Martin, M.A. (2014): Climate-system tipping points and extreme weather events. Pontifical Academy of Sciences, Extra Series 41, Vatican City 2014, Pontifical Academy of Social Sciences, Acta 19, Vatican City 2014. www.pas.va/content/dam/accademia/pdf/es41/es41-schellnhuber.pdf
- WBGU (2011): Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin