

Klimatische und soziale Kippunkte in der Klimakrise: Risiken und Chancen

Wie geht es weiter beim Weltklima? – Diese Frage gewinnt zusehends nicht nur wissenschaftliches Gewicht, sondern wird inzwischen auch in der Politik und in der Öffentlichkeit auf breiter Ebene erörtert. Dabei gehen die Wogen nicht selten hoch. Da war es für die interessierten Studierenden am 27. Oktober 2021 beim Kolloquium der Fakultät Angewandte Wissenschaften, Energie- und Gebäudetechnik der Hochschule Esslingen eine echte Hilfe, dass mit **Dr. Jonathan Donges vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung** ein qualifizierter Physiker zu Wort kam. Der Referent berichtete zum Thema „**Klimatische und soziale Kippunkte in der Klimakrise: Risiken und Chancen**“ und informierte über die aktuellen Forschungsergebnisse zu diesem Thema.

Kippelemente im Klimasystem der Erde sind kontinentale Subsysteme, die durch ein nichtlineares Schwellenverhalten gekennzeichnet sind. Dazu gehören Teile der Biosphäre (z. B. der Amazonas-Regenwald und Korallenriffe), der Kryosphäre (z. B. die Eisschilde Grönlands und der Antarktis) und großräumige atmosphärische und ozeanische Zirkulationsmuster. Sobald sich diese Kippelemente einem Schwellenwert oder Kipp-Punkt nähern, der durch die anthropogene Klimaerwärmung erreicht werden kann, könnten sie durch kleine externe Störungen in einen qualitativ anderen Zustand übergehen. Die weitreichenden Folgen für die Umwelt könnten die Lebensgrundlagen von Millionen von Menschen verändern.

Zunächst gab der Vortragende eine kurze Einleitung in Probleme der Klimaveränderung, dann über Risiken von Kipp-Prozessen im Klimasystem und weiter über Potenziale von positiven sozialen Kipp-Punkten. Schließlich berichtete er ergänzend über eine Analyse, wie das von Menschen beeinflussbare System „Erde“ durch Interaktionen bei sozialen Kipp-Punkten positiv geändert werden könne.

Von der Eiszeit zur Gegenwart

Die letzten 100.000 Jahre der Erdgeschichte seien durch verschiedene Eiszeiten mit chaotischen Verläufen geprägt gewesen; erst in den letzten 10.000 Jahren habe sich durch Temperaturanstieg um etwa 20 °C fast so etwas wie ein „Klimaparadies“ entwickelt. Betrachte man freilich die letzten 140 Jahre, die durch die wachsende Industrialisierung gekennzeichnet seien, so habe sich - bezogen auf diese kurze Zeitspanne - eine sehr große Temperaturzunahme von rund 1,2 °C ereignet. Damit verbunden sei ein beträchtlicher Klimawandel, der in der Biosphäre zu einem Verlust an genetischen Diversität geführt habe. Weitere Problemfelder seien, dass die Landwirtschaft hohe Anpassungsleistungen erbringen müsse, dass sich durch Einführung neuer Substanzen und durch veränderte menschliche Lebensformen zusätzliche Herausforderungen ergäben. Beispiele hierfür seien der stratosphärische Ozonabbau, Veränderungen im atmosphärischen Aerosolgehalt, biochemische Prozesse im Zusammenhang mit dem Phosphor- und Stickstoffhaushalt und eine Zunahme der Versauerung in den Ozeanen. Wesentlich sei auch die Zunahme der Bevölkerung in einzelnen Erdregionen, durch die regional besondere Belastungen aufträten.

Kontinentale Subsysteme als Kipp-Elemente

Deshalb seien die Kipp-Elemente im Klimasystem der Erde näher zu betrachten. Besonderes Augenmerk sei auf den grönländischen Eisschild, auf das Meereis im arktischen Sommer und Winter, auf den ostantarktischen und den westantarktischen Eisschild, auf die Alpengletscher, auf die thermohaline Zirkulation von Meeresströmungen, auf die Korallenriffe, auf den Amazonas-Regenwald, auf die Sahelzone, auf die südliche Oszillation durch das El-Nino-Phänomen, auf den indischen Sommermonsun, auf den Luftstrom in großen Höhen sowie auf das Auftauen von Permafrostböden zu richten.

Chaosforschung als Hilfsmittel zur Modellierung komplexer Systeme

Der Referent stellte Ergebnisse von Modelluntersuchungen vor, mit denen sich bestimmte Schwellenwerte in Form von Temperaturerhöhungen berechnen ließen, ab denen die genannten Subsysteme in einen anderen Zustand kippen könnten. Solche Schwellenwerte in Form von Temperaturerhöhungen (1 bis 3 °C, 3 bis 5 °C, über 5 °C), ab denen irreversible Veränderungen eintreten würden, könnten aus der Chaosforschung abgeleitet werden. Gegebenenfalls könnten sich auch „Domino-Effekte“ ergeben, wenn einzelne Kipp-Ereignisse weitere Kipp-Ereignisse auslösen würden. Mit der Chaos-Forschung, die seit den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelt wurde, könnten die Wirkmechanismen beschrieben werden, die bei komplexen Systemen und ihren Subsystemen mit ihren inhärenten Abhängigkeiten bei Systemen zu Destabilisierung oder auch zur Wiedererlangung von Stabilität auf anderer Ebene führen würden. Solche komplexen Systeme seien zum Beispiel das Wetter und das Klima. Hohe Komplexität bedinge freilich auch, dass gewonnene Aussagen auch mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet seien.

Dr. Jonathan Donges wies auf entsprechende Beispiele hin: So gebe es bei der meridionalen atlantischen Meereszirkulation (AMOC) einen Umschlagpunkt, bei dem sich das jetzige Subsystem in eine Stabilität auf anderer Ebene begeben werde; dieses Verhalten werde mithilfe der „Stommel-Bifurkation“ beschrieben.

Unterschiedliche Gefährdungsgrade

Systeme, bei denen bereits eine Temperaturerhöhung innerhalb der in der Pariser Klimavereinbarung angestrebten Bandbreiten liege und deshalb einen höheren Gefährdungsgrad aufwiesen, seien der westantarktische Eisschild (WAIS), das Grönlandeis, das arktische Meereis im Sommer, die Alpengletscher und die Korallenriffe. Von einem mittleren Gefährdungsgrad gehe man beim Amazonas-Regenwald, bei den nördlichen Waldgebieten, bei der thermohalinen Zirkulation (THC, d. h. bei den Ozeane verbindenden Meeresströmungen), bei der Sahelzone und beim El-Niño-Phänomen (ENSO-Phänomen mit seinem Ursprung im tropischen Pazifik und seinen weiträumigen Auswirkungen wie möglicherweise etwa Waldbränden auf Sumatra und in Australien, Überschwemmungen in Peru oder Stürmen in Kalifornien).

Von einem geringeren Gefährdungsgrad sei beim ostantarktischen Eisschild (EAIS) als dem größten Eisschild der Erde auszugehen, der sich bei einem teilweisen Abschmelzen entscheidend auf einen Anstieg des Meeresspiegels auswirke. Dies gelte auch für das Auftauen von Permafrostböden in der nördlichen Hemisphäre, für den indischen Sommermonsun, die Luftströmung in großen Höhen (Jet Stream) und vom arktischen Meereis im Winter sowie im Sommer.

Der Referent zeigte anhand eines Klimamodells als entsprechendes Kipp-Element mögliche schrittweise Veränderungen der antarktischen Eisschilde auf, die anhand detaillierter prozessbasierter Simulationen mit dem „Dynamischen Eis-Schild-Modell“ (PISM) gewonnen wurden.

Noch am Anfang: Modellierung von Kipp-Dynamiken in sozio-ökologischen Systemen

Dr. Jonathan Donges benannte in seinem Vortrag das Ziel, rasche sozio-ökonomische und sozio-ökologische Veränderungen herbeizuführen, damit die Vereinbarungen, die im Jahr 2015 in Paris erzielt worden seien, eingehalten werden könnten. Der Vortragende berichtete hierzu über Kipp-Punkte im sozialen Umfeld – mit der Hoffnung, dass sich diese Kipp-Punkte gewissermaßen zum Besseren hin – also zu einer erhöhten öffentlichen Wahrnehmung der Belange des Klimaschutzes - ergeben könnten. Er verwies auf ein wachsendes Interesse, wie solche Veränderungen im Rahmen von Kipp-Dynamiken modellhaft beschrieben werden könnten. Er stellte die Frage, welches die sozialen Kipp-Elemente seien, die eine soziale und wirtschaftliche Transformation herbeiführen könnten, um eine vollständige Defossilisierung und nachhaltige Strukturen bis zum Jahr 2050 zu bewirken.

Grundsätzliche Unterschiede zwischen sozialen und klimatischen Kipp-Punkten

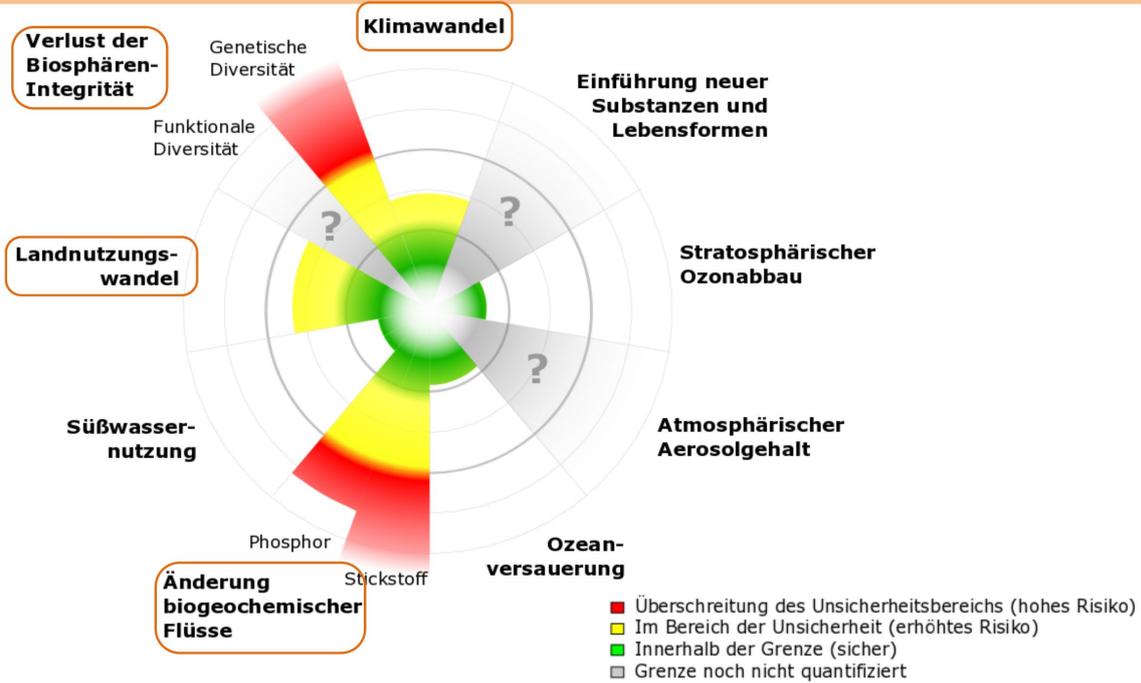
Dr. Donges gab seiner Auffassung Ausdruck, dass soziale Kipp-Elemente einbezogen werden könnten in dynamische Wechselwirkungen zwischen den beiden Systemen Mensch und Erde. Erste Schritte hierzu seien, empirische Daten für eine geeignete Modellierung zu sammeln; dabei sei noch viel zu tun. Er vertrat die Meinung, dass schon kleine Interventionen große Auswirkungen haben könnten. Doch gebe es grundsätzliche Unterschiede zwischen sozialen und klimatischen Kipp-Punkten. So sei es wichtig, dass geeignete Handlungspfade (ob kollektiv oder individuell) künftige Ereignisse wie auch die Umwelt im Blick haben sollten, wobei die Akzeptanz entsprechender Veränderungen bei den Menschen eine wichtige Rolle spiele. Bei den Handlungspfaden gehe es auch darum, dass eine Übereinkunft zu erzielen sei, bestimmte Verknüpfungen zu schaffen und andere zu zerstören. Dabei hätten Netzwerke und deren Knotenpunkte (etwa auch soziale Netzwerke) eine besondere Bedeutung; diese könnten beibehalten oder auch in ihrer Struktur verändert werden. Es bestehe unter Wissenschaftlern in diesem Bereich die Auffassung, dass soziale Kipp-Prozesse in komplexen sozialen Systeme adaptiv seien; dies sei im nicht-adaptiven komplexen physikalischen System des Klimas nicht der Fall. Ungeklärt blieb dabei die Frage, inwieweit aus den Aktionen von Kleingruppen und gut organisierten Aktivisten - etwa bei der kommunistischen Revolution im Russland des Jahres 1917 – auch verheerende Auswirkungen ausgehen könnten, die zur Zerstörung demokratischer Strukturen, zu jahrzehntelanger Unterdrückung und zu starren Zwangssystemen ausarten könnten.

Die Diagnosen sind gestellt

Der Vortragende erlag nicht der Versuchung, als Klimaforscher nicht nur die Diagnosen für den Patienten Erde zu stellen, sondern sich auch auf mögliche Therapien einzulassen. Er vermied deshalb die Diskussion darüber, ob Wind und Sonne allein die Heilmittel seien - verbunden mit staatlichen Regulierungen für spezielle, genau festgelegte Bewirtschaftungsmethoden für Industriestrukturen, Wälder, die Landwirtschaft - und letztlich auch für menschliche Verhaltensweisen, oder ob es eben auch die Wirkkräfte des Marktes, die Kernenergie, das Erdgas als CO₂-armen Energieträger und z. B. auch Kohlekraftwerke mit CO₂-Abscheidung und -speicherung brauche. Denn hier hätte er sich in Diskussionsfelder begeben, die inzwischen nicht nur wissenschaftlich-sachbezogen, sondern vermehrt auch hochmoralisch, ideologisch und in einer weitgehenden Überschätzung des menschlich Machbaren geführt werden.

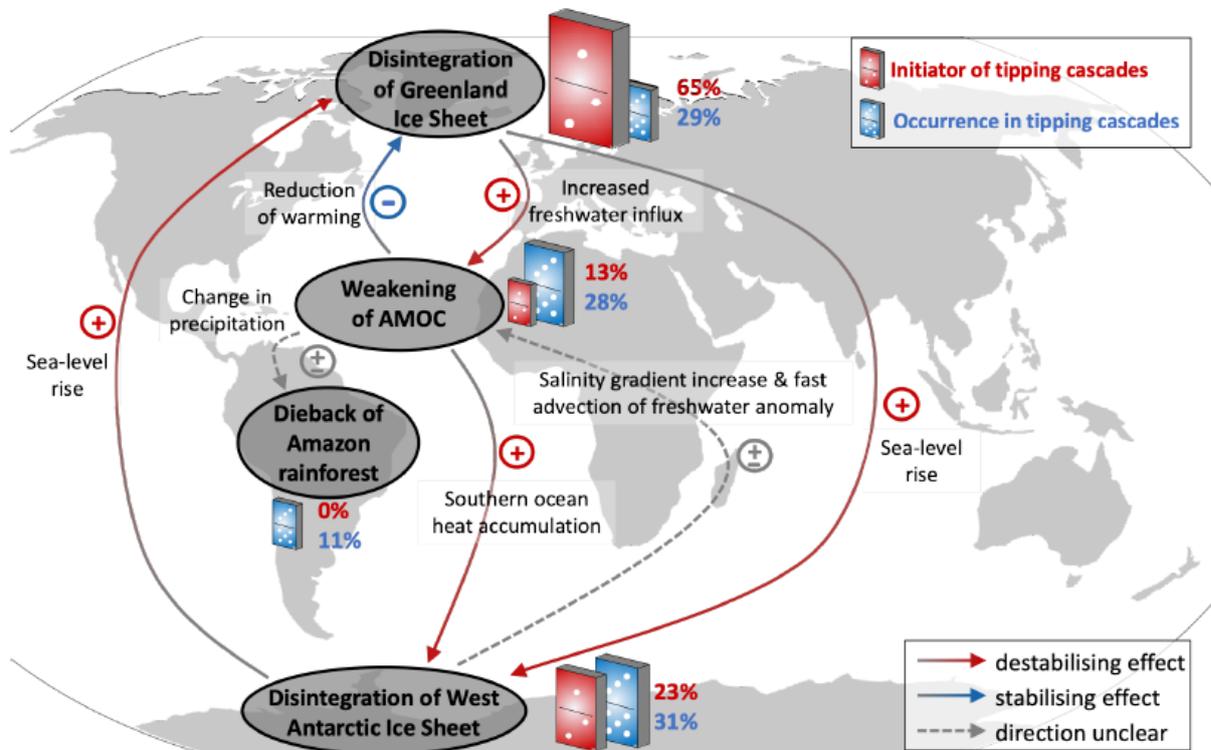
Prof. Dr.-Ing. Martin Dehli

Mehr als Klimawandel: Überschreitung planerer Grenzen



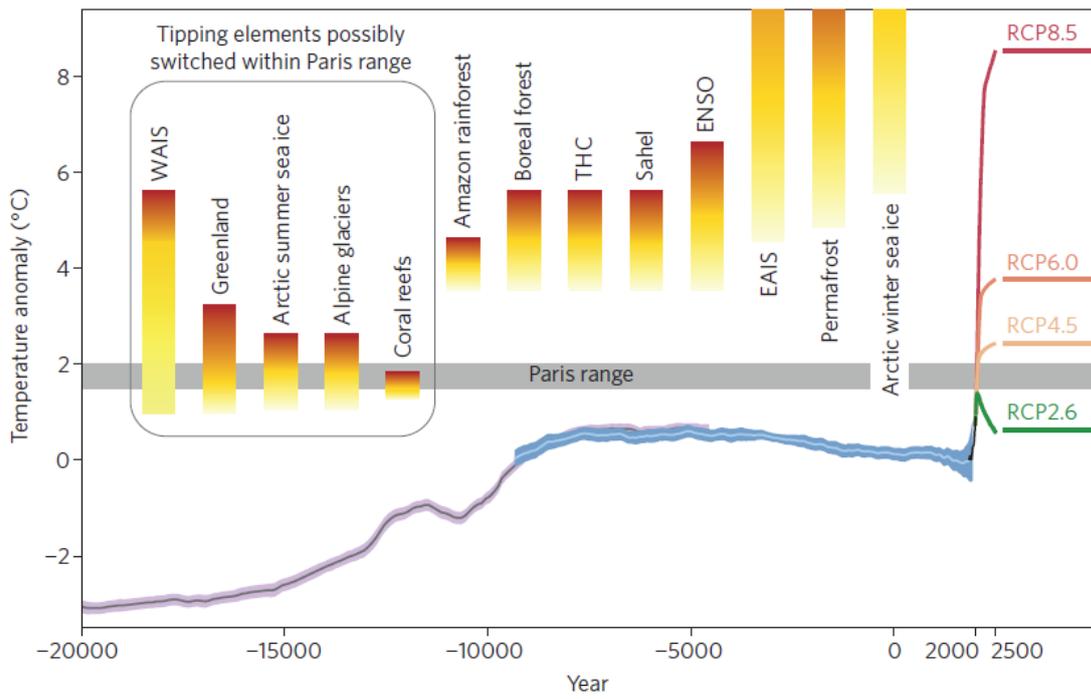
Steffen et al., Science, 2015

Bild 1: Auswirkungen großräumiger Klimaveränderungen auf der Erde



Wunderling, Donges, Kurths, Winkelmann (Earth System Dynamics, 2021)

Bild 2: Destabilisierende sowie stabilisierende Wechselwirkungen zwischen klimatischen Subsystemen



Schellnhuber et al., NCC (2016)

Bild 3: Auswirkungen unterschiedlich großer Temperaturerhöhungen auf wichtige klimatische Subsysteme