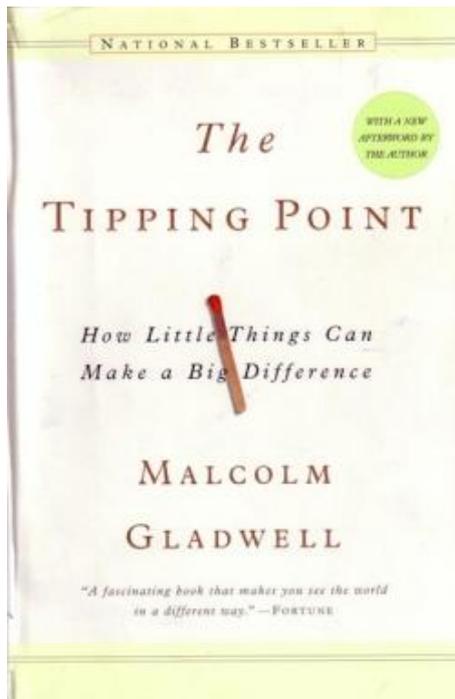


Kipp-Punkte in der Arktis?

von [Stefan Rahmstorf](#), 11. Februar 2011, 10:46

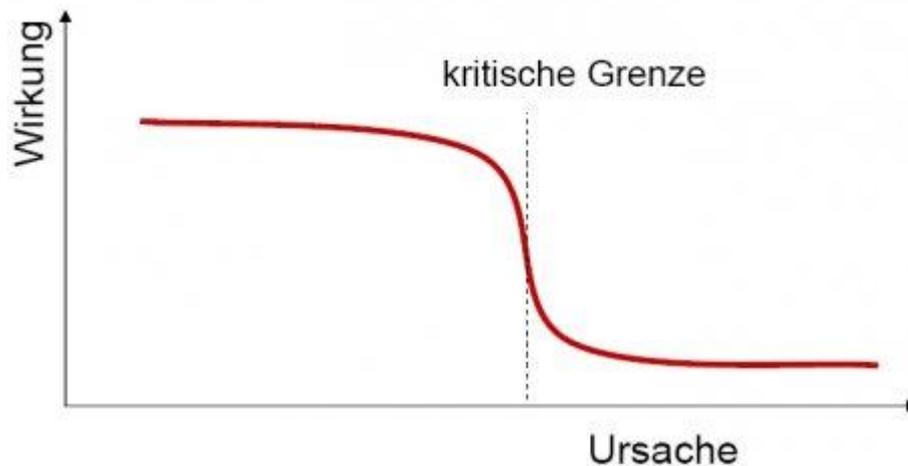
In den letzten Wochen gab es einiges [Medieninteresse](#) am Thema klimatische Kipp-Punkte in der Arktis. Dies lag vor allem daran, dass der große Arktiskongress [Arctic Frontiers](#) in Tromsø seinen Wissenschaftsteil dieses Jahr dem Oberthema "Arctic Tipping Points" gewidmet hat. Aber auch an einer [Pressemitteilung des MPI](#) in Hamburg, wonach das arktische Meereis keinen Kipp-Punkt habe. Letztere wurde teils mit Häme kommentiert, nach dem Motto: jahrelang haben die Klimaforscher uns erzählt, da gebe es einen Kipp-Punkt, und nun ist doch nichts damit. Teils wurde sie regelrecht in Entwarnung umgedeutet, etwa in der [Tagesspiegel-Schlagzeile](#) "Furcht um große Schmelze ist unbegründet".

Die Realität der Forschung ist wie meist deutlich differenzierter und interessanter. Ich war bei Arctic Frontiers eingeladen, den Einführungsvortrag zum Thema "What is a Tipping Point?" zu halten (siehe [Folien hier](#), und auch mein Foto des Monats auf meiner [Facebook-Seite](#)). Zunächst muss man zwei Dinge auseinanderhalten: die Diskussion um den Begriff und die Diskussion um die Physik.



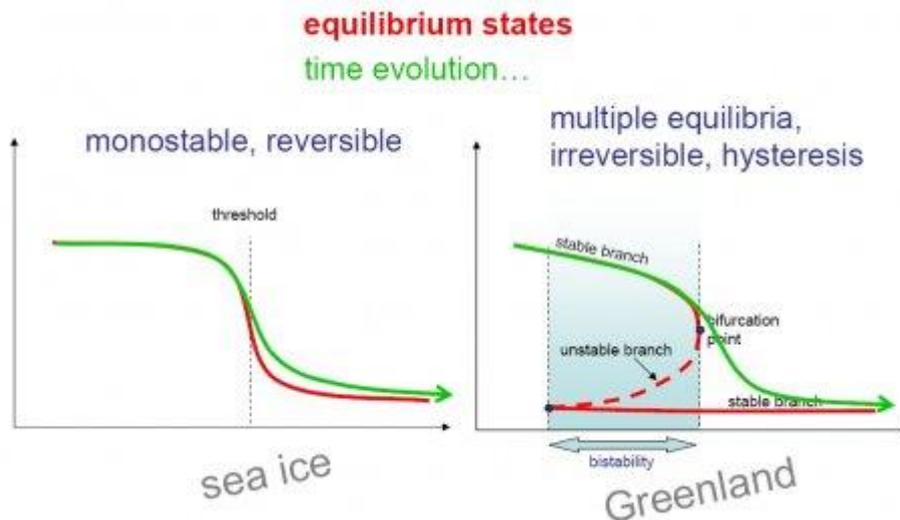
Im weiteren Sinne versteht man unter einem Kipp-Element des Klimasystems ein Teilsystem (etwa das arktische Meereis oder das grönländische Kontinentaleis, um in der Arktis zu bleiben), das einen "Kipp-Punkt" aufweist. Das ist ein kritischer Punkt, an dem das System besonders sensibel ist. Dort kann eine kleine Ursache große Wirkung entfalten und zu einer einschneidenden Veränderung des Systems führen. Dies ist jedenfalls die Definition des ersten großen Review Papers zum Thema ([Lenton et al., PNAS 2008](#), an dem ich auch als Autor beteiligt war). Sie wird im Paper mathematisch gefasst, entspricht aber im Wesentlichen auch der landläufigen Definition des bekannten Bestsellers "The Tipping Point" von Malcolm Gladwell in seinem Untertitel: "How Little Things Can Make a Big Difference".

Grafisch kann man das etwa so darstellen:

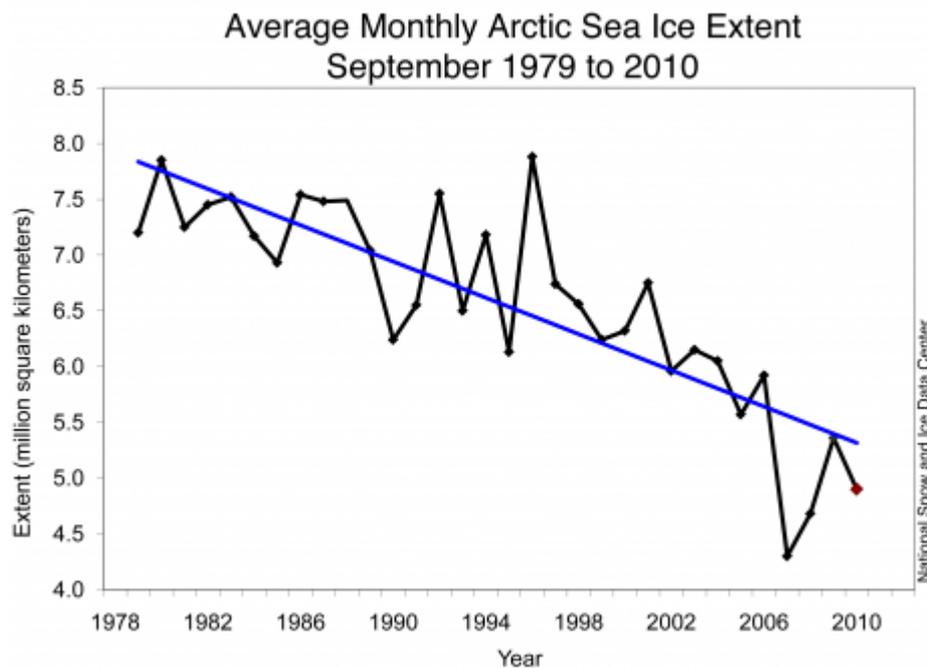


Nun zur Physik (auf die Begriffsdebatte komme ich zurück). In der Umgebung der kritischen Grenze geht das System von einem Zustand in einen anderen über. Man kann zwei Fälle unterscheiden: entweder der Prozess ist zwar stark nicht-linear (durch positiven Feedback, daher der kritische Punkt) aber reversibel, oder er ist irreversibel. Im ersteren Fall kann ich die rote Kurve oben vorwärts und rückwärts gleichermaßen durchlaufen. Im zweiten Fall nicht, der Rückweg würde einen ganz anderen Verlauf nehmen. In meinem Vortrag habe ich diese beiden Typen von Tipping Points so dargestellt:

Two Types of Tipping Points



Wie die Grafik schon andeutet, gehört die arktische (Sommer-)Meereisdecke meines Erachtens zum reversiblen Typus. Darüber gab es in den letzten fünf Jahren eine lebhaftete Fachdiskussion, zu der jetzt auch die neue Publikation des MPI einen Baustein beiträgt. Insbesondere nach dem Rekordminimum des Jahres 2007 wurde in der Eiscommunity die Frage gestellt: befindet das Eis sich jetzt quasi "im freien Fall", in einer Todesspirale, die rasch zu einem im Sommer eisfreien Polarmeer führen wird? Oder kehrt das Eis bald wieder in die Nähe der Langzeittrendlinie zurück (die allein schon steil genug nach unten zeigt: verlängert man sie linear, ist das Polarmeer in 65 Jahren eisfrei)? Wetten wurden auf die Eisausdehnung 2008 abgeschlossen.



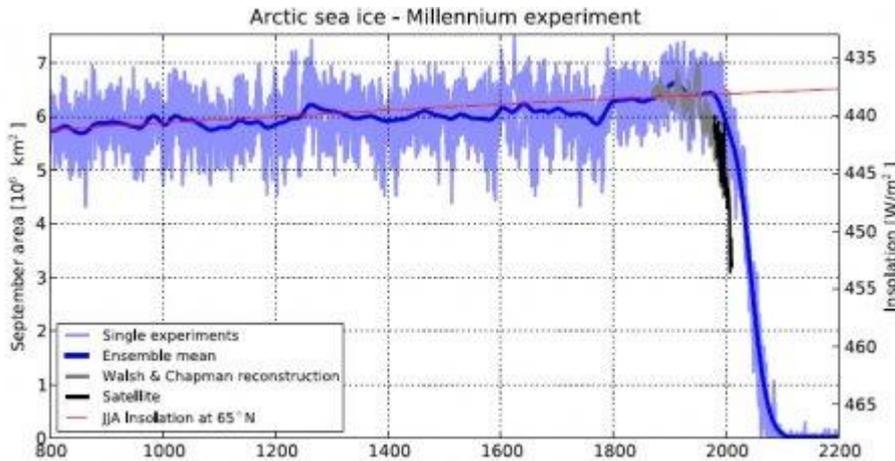
Der erste Fall würde eine Pfadabhängigkeit, ein "Gedächtnis" im System erfordern, wo die geringe Eisausdehnung 2007 dazu führt, dass es 2008 noch weniger Eis gibt, usw. Dagegen sprach, dass diese Diskussion ja nur um das Sommereis ging: im Winter, in der langen Polarnacht, friert alles wieder zu, es gibt also eine Art "Reset" des Systems, das im Frühjahr wieder mit nahezu kompletter Eisdecke startet. Die Befürworter argumentierten, das Gedächtnis sei in der Eisdicke: nach einer großen Schmelze wie 2007 würde im nächsten Jahr eine dünnere, sensiblere Eisdecke in die neue Schmelzsaison starten. Im September 2008 war klar: das Eis erholte sich wieder und lag 2009 wieder auf der Trendlinie; die Furcht vor einer raschen "Todesspirale" war offenbar unbegründet.

2009 erschien auch eine [Sondernummer von PNAS zu Tipping Points](#), herausgegeben von PIK-Direktor Hans-Joachim Schellnhuber. Darin zeigte [KlimaLounge-Gastautor](#) Dirk Notz vom MPI Hamburg - für mich überzeugend - wieso das Sommer-Meereis sich reversibel verhält. Dünnes Eis wächst im Winter besonders schnell, ein stabilisierender Feedback. Ein anderes Paper von [Eisenmann und Wettlaufer](#) blies Anfang 2009 ins selbe Horn.

Ist das arktische Meereis nun ein Kipp-Element? Damit sind wir zurück bei der Debatte um Begriffe, die in der Wissenschaft auch wichtig ist. Nach der breiteren Definition von Lenton et al. wäre es eines (wie ich in meinem Arctic Frontiers Vortrag zeige); nach der strengeren, die Irreversibilität verlangt, wäre es keines. Für beide Definitionen gibt es gute Argumente für und wider. Unter den Autoren von Lenton et al. haben wir das auch kontrovers diskutiert, uns am Ende aber für die breitere Definition entschieden, weil ein Review Paper weniger eigene Positionen der Autoren als einen Überblick über die publizierte Fachliteratur bieten soll, wo *de facto* häufig der Begriff in diesem breiteren Sinne verwendet wird.

Das Paper entstand aus einer noch breiteren Diskussion in einem internationalen Workshop zum Thema Tipping Points im Oktober 2005 in Berlin (da habe ich übrigens eine Flasche Whiskey gewonnen beim Wettbewerb um die beste Übersetzung des Begriffs "Tipping Point" ins Deutsche: Trinkgeldabgabestelle). Es ist eines der meist-zitierten Klimapapers seit 2008 geworden - mit rund 150 citations unter den Top Ten der rund 50,000 Fachpublikationen, die seither zum Suchwort "climate" erschienen sind.

Dabei wurde es damals in einigen Medien auch mit Häme verrissen, vor allem weil es - ebenfalls im Sinne eines breiteren Reviews und um nicht nur unsere eigene Einschätzung in den Vordergrund zu rücken - die Resultate einer [Expertenbefragung](#) mit einbezog. Das ist für mich inzwischen ein oft bestätigter Erfahrungssatz: die in den Medien am heftigsten kritisierten Papers finden die meiste Anerkennung in der Fachwelt.



Modellsimulation des MPI Hamburg über 1400 Jahre arktische Meereisbedeckung. In diesem Jahrhundert wird die Arktis im Sommer eisfrei (blaue Kurve). In den Messdaten geht es noch schneller als im Modell (schwarze Kurve). [Simulation mit dem COSMOS-Modell, A1B-Szenario, [Jungclaus et al. 2010](#). Grafik: Lars Kaleschke.]

Ich persönlich werde bei der Definition von Lenton et al. bleiben, auch angesichts der breiten Akzeptanz des Papers. Für mich bleibt das Meereis ein Kipp-Element, das sich schon nach nur 0,8 °C globaler Erwärmung mitten im Übergang in den eisfreien Zustand befindet. Dirk Notz hat in Tromsø auch darauf hingewiesen, dass die *Winter*-Meereisdecke wahrscheinlich sogar einen irreversiblen Kipp-Punkt besitzt.

In der Praxis macht es ohnehin keinen grundsätzlichen Unterschied, ob man im Zuge einer fortschreitenden globalen Erwärmung über einen reversiblen oder einen irreversiblen Kipp-Punkt hinwegfährt, wie die grünen Kurven in meinem Schemabild oben andeuten. (Das ist ein Argument für die breitere Definition.) Für Entwarnung in Bezug auf das Schwinden des Eises gibt es jedenfalls keinen Anlass. Erst wenn sich das Klima wieder abkühlt kann das Eis wesentlich schneller zurückkehren, wenn der Prozess reversibel ist. Diese Situation dürfte im 21. Jahrhundert allerdings illusorisch sein. Denkbar wäre im optimistischsten Fall, dass die Erwärmung rechtzeitig gestoppt wird, um noch kleine Reste des Eises zu erhalten - ein mögliches [Refugium für die Restpopulationen](#) von eisabhängigen Spezies in der kanadischen Arktis.