

Golfstrom & Co.: Warum Kippelemente im Erdsystem so schwer vorherzusagen sind

Wieso es so schwierig ist, zu berechnen, wann Meeresströmungen und andere Elemente des Erdsystems kippen



Katharina Kropshofer

Wissenschaft, FALTER 33/2024 vom 13.08.2024



Wenn die Atlantische Umwälzkirkulation (zu der auch der Golfstrom gehört) kippt, könnten in Europa kältere Temperaturen herrschen. Doch wann und ob das wirklich geschieht, ist nur sehr schwer zu berechnen (Foto: Unsplash/Romain Virtuel)

Vielleicht dauert es noch ein Jahr. Vielleicht aber auch 6000. Dann könnte Schluss sein mit Meeresströmungen, die Nährstoffe über tausende Kilometer transportieren und warmes Wasser bis nach Europa bringen. Wenn es die Atlantische Umwälzkirkulation, kurz AMOC, auf einmal nicht mehr gäbe, könnte es in Europa fünf bis zehn Grad kälter werden und Extremwetterereignisse zunehmen.

Nur wann das passiert? Unklar. Obwohl es zumindest in der menschlichen Zeitrechnung einen gewaltigen Unterschied macht, ob sich solche Katastrophen schon in 365 Tagen oder erst in 6000 Jahren ereignen.

Dass sich die Ozeane gerade verändern, bezweifelt kaum jemand. Monatelang lagen die Wassertemperaturen 0,8 Grad über dem langjährigen Durchschnitt. Der renommierte Klimawissenschaftler Hans Joachim Schellnhuber, Leiter des Forschungsinstituts IASA in Niederösterreich, nannte das im Interview mit dem *Falter* „einen Quantensprung“. Schließlich sind solche riesigen Wassermengen besonders träge und nicht unbedingt anfällig für schnelle Veränderungen.

Kein Wunder also, dass viele diese Trends als Warnung verstanden: Vielleicht sind die Veränderungen im Klimasystem schneller oder stärker als bisher angenommen. Vielleicht ist die Atlantische Umwälzirkulation, zu der auch der Golfstrom zählt, kurz davor zu kippen. Davor warnten vergangenes Jahr auch zwei Forscher in einer vieldiskutierten Studie im Fachjournal *Nature*. Aber wie weiß man überhaupt, wann und ob ein Kippunkt erreicht ist?

Kippelemente. Den Begriff etablierten Wissenschaftler (darunter auch Schellnhuber) 2008 in einer berühmt gewordenen Studie. Sie definierten 14 für die Menschheit relevante Kippelemente – vom Absterben des Amazonas-Regenwalds bis hin zur Schwächung der AMOC. Den sieben Forschern zufolge sind Kippelemente „Teilsysteme des Erdsystems, die mindestens subkontinentale Ausmaße haben und unter bestimmten Umständen durch kleine Störungen in einen qualitativ anderen Zustand überführt werden können“.

Man kann sich den Vorgang wie ein Ei in der Pfanne vorstellen: Sobald es zum Spiegelei geworden ist, bräuchte es übernatürliche Kräfte, um es wieder zum Ei zu machen. Dass es diese abrupten Änderungen gibt, wissen Forschende aus paläoklimatischen Daten, die sie aus kilometerlangen Eisbohrkernen ablesen können. Vor 30.000 Jahren änderten sich zum Beispiel die Meeresströmungen des Atlantiks. Innerhalb von 30 Jahren wurde Grönland um acht bis 16 Grad wärmer und Europa zu einer bewaldeten Steppe.

Klar also, dass wir wissen wollen, wann und unter welchen Umständen das Ei seinen Zustand ändert. Oder um bei der Klimakrise und beim Fortbestehen der Menschheit auf diesem Planeten zu bleiben: Wann könnten sensible Systeme wie Eisschilde, Wälder oder Meeresströmungen ihre Kippunkte erreichen? Und welche Parameter führen sie herbei?

Weil direkte, verlässliche Messungen meist nur wenige Jahrzehnte zurückreichen, wählen Wissenschaftler sogenannte Fingerabdrücke, zum Beispiel die Schmelzrate von Eisschilten. Sie hängt von steigenden Temperaturen ab. Oder die Oberflächentemperaturen der Ozeane, wie auch im Falle der AMOC. Fluktuieren diese Veränderungen stärker als bekannt, könnte das heißen, dass das System aus dem Gleichgewicht gerät. Oder womöglich sogar kippt.

Die AMOC ist momentan wohl der berühmteste Kipp-Kandidat. Auch weil hier – wortwörtlich – viel zusammenfließt: Schmilzt etwa der Grönländische Eisschild (ein weiteres Kippelement), kommt eine riesige Menge Schmelzwasser in die Grönlandsee und Labradorsee. Das kalte, salzreiche Wasser wird durchmischt und kann nicht mehr absinken. Sinkt es nicht mehr ab, bricht irgendwann die sogenannte Tiefenwasserbildung zusammen – der Antrieb der Atlantischen Umwälzirkulation, die auch warmes Wasser bis nach Europa transportiert. Doch wie viel Zustrom von Schmelzwasser nötig ist, um diese Tiefenwasserbildung zu unterbrechen, und ab wie viel Grad Erderhitzung wie viel Eis in Grönland schmilzt, geben Hochrechnungen aus vergangenen Daten meist nicht her. Zumindest können statistische Modelle das nicht beweisen.

Auch deswegen diskutierten Forschende vergangene Woche einen weiteren Fachartikel: Wissenschaftler rund um die Komplexitätsforscherin Maya Ben-Yami der TU München und des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) mahnten in der Fachzeitschrift *Science*, dass die meisten der gängigen Berechnungsmethoden viel zu ungenau seien, um exakte Kippzeiten zu bestimmen. Womit wir bei einer Zeitspanne wären, in der das Kippen schon 2050 möglich wäre – es aber vielleicht auch erst im Jahr 8065 so weit ist.

Die Vergangenheit zu kennen heißt also noch nicht, die Zukunft im Detail vorhersagen zu können. Die Studienautorinnen und -autoren warnen deshalb auch vor dieser Berechnungsart: weil es nur

wenige langfristige Beobachtungen des Klimasystems gibt; weil das Erdsystem komplexer ist als viel bisher Gemessenes; und weil die Daten, die wir haben, meist unvollständig sind.

Die Forscher haben sich aber auch überlegt, wie man diese Modelle genauer machen könnte. Etwa indem man „bessere Erdobservierungssysteme anwendet und wartet (...), bis ausreichend lange Datenreihen verfügbar sind“. Und sie betonen die wohl wichtigste Botschaft: Nur weil die Modelle nicht genau genug sind, heißt es nicht, dass die Kippunkte in weiter Ferne liegen, wir die Anstrengungen im Klimaschutz auf Eis legen sollten. Schließlich könnten die Unsicherheiten in den Berechnungen theoretisch auch etwas anderes bedeuten: dass ein Kippunkt schon früher erreicht wird als angenommen.