

# Klima vor dem Kollaps?

Mit positiven Kipppunkten das Schlimmste verhindern

Von Benjamin von Brackel und Toralf Staud

Es war ein Paukenschlag, als Ende September zwei ehrwürdige Fachgesellschaften eine gemeinsame Warnung abgaben: Die Erderhitzung beschleunige sich und könnte schon zur Mitte des Jahrhunderts drei Grad Celsius gegenüber vorindustriellem Niveau erreichen. Bisher hatte die Klimaforschung diesen Punkt eher Ende des Jahrhunderts verortet. Dies sei zwar ein Worst-Case-Szenario, stellten die Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG) und die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) fest, aber eines, das durchaus möglich sei. „Wir fliegen aus der Klimakurve“, erklärte Frank Böttcher, der DMG-Vorsitzende. Andere Experten auf dem Feld bewerteten dieses Szenario umgehend als relativ unwahrscheinlich, dafür müssten schon die pessimistischsten Annahmen zu Wolken, Luftschadstoffen und Klimasensitivität eintreffen. Aber auszuschließen sei das Szenario eben auch nicht.

Im Grunde ist es schon bemerkenswert genug, dass über das Drei-Grad-Szenario überhaupt diskutiert wird – egal ob für Mitte oder Ende des Jahrhunderts. Denn im Pariser Klimavertrag hatten sich die Länder der Welt vor zehn Jahren ja zu einer Begrenzung der Erderwärmung auf unter zwei Grad Celsius verpflichtet. Aus gutem Grund: Darüber hinaus beginnen Temperaturen, die der *Homo sapiens* nie erlebt hat. Ein im wahrsten Sinne des Wortes brandgefährlicher Bereich für unsere Art, der ihre Anpassungsfähigkeit in großen Teilen der Welt übersteigen dürfte. Nicht nur drohen dann Extremwetter ganz neuen Ausmaßes, also extremste Hitze, Trockenheit und Überschwemmungen, sondern auch das Überschreiten von Kipppunkten. Das heißt: Zentrale Teile des Erd- und Klimasystems – etwa Eisschilde, Regenwälder oder Meeresströmungen – könnten in einen anderen Zustand umschlagen und das oft abrupt, sich selbst beschleunigend und unumkehrbar.<sup>1</sup> „Wir betreten jetzt die Risikozone“, sagt der Physiker Nico Wunderling vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

Aus dem spannenden, aber eher theoretischen Forschungsfeld ist eines von ganz praktischer, geradezu existenzieller Bedeutung geworden. Der fahrlässige Umgang von Regierungen mit dem Klimawandel wirkt umso grotesker. Welche Folgen drohen, haben wir in unserem neuen Buch „Am Kippunkt“

1 David Armstrong McKay, Exceeding 1.5° C global warming could trigger multiple climate tipping points, science.org, 9.9.2022.

ausführlich beschrieben – aber auch, was wir tun können, um den Schaden einigermaßen in Schach zu halten.<sup>2</sup> Helfen könnten ausgerechnet Kippunkte, wenngleich positive, in Technologie, Wirtschaft und Gesellschaft.

### **Das beschleunigte Schmelzen der Gletscher**

Zunächst zu den negativen Umschlagpunkten: Am anderen Ende der Welt, auf dem antarktischen Kontinent, befindet sich ein riesiger Eispanzer, der Thwaites-Gletscher. Die Zeitschrift „Rolling Stone“ bezeichnete ihn einmal als „Weltuntergangsgletscher“, weil er so viel Eis enthält, das, sollte es ganz abschmelzen, etliche Küstenmetropolen auf der Welt untergehen lassen würde. Hundert Forscherinnen und Forscher haben ihn fünf Jahre lang in einem 50-Millionen-Dollar-Projekt mit unterschiedlichsten Methoden durchleuchtet. Ihr Fazit: Das Überschreiten eines Kippunktes lässt sich dort aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht mehr verhindern. Das Besondere an dem Gletscher: Seine Eiszunge liegt größtenteils unter dem Meeresspiegel auf einem Felsbett, das zum Landesinneren hin abfällt. Das macht ihn besonders angreifbar, wenn warmes Wasser unter ihn dringt. Dann droht eine unaufhaltsame Kettenreaktion: Die äußere Aufsetzlinie verlagert sich immer weiter und schneller zurück, da eine immer größere Fläche von unten ausgehöhlt wird und die Eismassen von oben schneller abfließen. Da der Thwaites mit seinen Nachbargletschern verbunden ist, könnte diese Entwicklung am Ende den gesamten Westantarktischen Eisschild in den Niedergang treiben. Und genau dieser Prozess hat nach Stand der Wissenschaft wahrscheinlich bereits begonnen.

Ebenfalls bereits gefährdet – wenn auch wohl noch nicht über dem Kippunkt hinaus – ist der Grönländische Eisschild. Hier setzt der Kippprozess nicht von unten an, sondern von oben. Schmilzt der Eispanzer ab, wird also dünner, dann gerät die Oberkante in tiefere und damit wärmere Luftschichten. Der Schwund beschleunigt sich dann selbst, eine für Kippunkte typische „positive Feedbackschleife“. Sie führt dazu, dass sich das Abschmelzen kaum mehr aufhalten lässt, wenn es einmal in Gang gekommen ist. Bis zum kompletten Verschwinden würde es zwar viele Jahrhunderte dauern, aber sogar wenn die Menschheit das Klima irgendwann wieder abkühlen könnte, würde der Prozess nicht mehr stoppen. Um das Abschmelzen noch zu verhindern, so eine kürzlich in „Nature Communications“ erschienene Studie<sup>3</sup>, müsste die globale Temperatur nicht nur auf dem derzeitigen Niveau gehalten, sondern sogar wieder gesenkt werden, sodass sie nur ein Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau läge. Selbst das nicht mehr erreichbare 1,5-Grad-Ziel könnte sich also bereits als zu wenig ambitioniert erweisen. Deshalb muss sich die Menschheit auf das Abschmelzen riesiger Eispan-

2 Benjamin von Brackel und Toralf Staud, Am Kippunkt. Wo das Klima zu kollabieren droht – und wie wir uns noch retten können, Köln 2025.

3 Chris R. Stokes, Jonathan L. Bamber, Andrea Dutton u.a., Warming of +1.5°C is too high for polar ice sheets, nature.com, 20.5.2025.

zer und einen Meeresspiegelanstieg um mehrere Meter in den kommenden Jahrhunderten einstellen. „Wir hinterlassen ein Schlamassel für *jede* Generation, die nach uns kommt“, sagt Benjamin Strauss, der Leiter des US-Wissenschaftsportals Climate Central.

### Das Ende der tropischen Korallenriffe

Schon früher dürfte die Menschheit das Überschreiten eines anderen Kippunkts zu spüren bekommen: den Kollaps tropischer Korallenriffe. Diese faszinierenden Unterwasserökosysteme beherbergen rund ein Viertel aller Arten in den Ozeanen. Weil sich letztere erwärmen, kommt es immer häufiger zu Korallenbleichen. Steigt die Wassertemperatur auf über 30 Grad Celsius, stoßen die Polypen ihre Symbionten – winzige Algen – ab und verlieren dabei ihre Farbe. Geschieht das wiederholt, überleben bestenfalls noch einzelne hitzeresistente Arten. Kürzlich ergab eine Modellierstudie, dass bereits 2040 die Korallenriffe im Atlantik „in einen Zustand der Erosion übergehen“, also sich großflächig aufzulösen beginnen.<sup>4</sup> Ab einer Erderwärmung von zwei Grad Celsius würde das etwa 99 Prozent aller tropischen Riffe rund um den Globus betreffen, wie der Weltklimarat IPCC festhält.

Selbst das Abreißen der Atlantischen Umwälzzirkulation (AMOC) – ein System von Meeresströmungen, zu denen auch der Golfstrom gehört und das Europa mit Wärme versorgt – ist inzwischen kein unrealistisches Szenario mehr.<sup>5</sup> Neuere Forschung zeigt, dass sich die AMOC seit 1900 bereits um rund zwölf Prozent abgeschwächt hat und sie im Falle eines anhaltend hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bereits in diesem Jahrhundert kippen könnte. Auch wenn es weitere hundert Jahre bis zu einem kompletten Kollaps dauern würde, der Niedergang und damit ein zusätzlicher Meeresspiegelanstieg von bis zu einem Meter im Atlantik, ein Kälteeinbruch in Nordeuropa und die Verschiebung tropischer Regenbänder wären nicht mehr aufzuhalten.

Wo exakt die Kippunkte jeweils liegen, kann kein Klimaforscher sagen. Aber das macht die Sache nicht besser, im Gegenteil. Erschwert es doch, die Bedrohungslage verlässlich einzuschätzen und sich angemessen darauf einzustellen. Dass sie in Reichweite geraten, zeigt eine eklatante Schieflage – im Verhältnis zwischen unserem Handeln bzw. unserer Untätigkeit und dem, was wir dadurch gefährden. Uralte Systeme wie der über 66 Millionen Jahre gewachsene Amazonas-Regenwald, hunderttausende Jahre alte Eispanzer sowie das Great Barrier Reef, das mit rund sechstausend Jahren älter ist als die älteste Hochkultur der Menschheit: Diese Riesen des Erdsystems könnten durch unsere Lebens- und Wirtschaftsweise – vor allem in den Industrie- und Schwellenländern – bereits in den kommenden Dekaden kritische Kippunkte überschreiten. Selbst wenn der Ausstoß an Treibhausgasen nur

4 Chris T. Perry u.a., Reduced Atlantic reef growth past 2°C warming amplifies sea-level impacts, *nature.com*, 17.9.2025.

5 Vgl. Christian Stöcker, Das Klima läuft AMOC. Europas kalte Zukunft und das Versagen der deutschen Politik, in: „Blätter“, 4/2025, S. 57-62.

noch fünf bis zehn Jahre weitergeht wie bisher, setzen wir einen unvorstellbar langen Abschmelzprozess der Eisschilde Grönlands und der Westantarktis in Gang, der den Meeresspiegel in den nächsten Jahrhunderten um zwei bis drei Meter heben wird – und um sechs bis sieben Meter in den nächsten 10 000 Jahren.

Die Folgen reichen vermutlich sogar noch weiter in die Zukunft: Den natürlichen Zyklen der Erdgeschichte folgend, stünde in etwa 50 000 Jahren die nächste Eiszeit an. Doch das Kohlendioxid, das wir im Laufe zweier, dreier Generationen in die Lufthülle entlassen haben, heizt den Planeten so auf, dass sie komplett ausfallen könnte. „Geblendet von unseren eigenen Errungenschaften, haben wir vergessen, dass wir vollkommen in eine viel ältere, viel mächtigere Welt eingebettet sind, deren Fortbestehen wir als selbstverständlich vorausgesetzt haben“, schreibt die norwegische Geologin Marcia Bjornerud in ihrem Buch „Zeitbewusstsein“. „Wir scheuen zwar die kleinsten Veränderungen, haben aber [...] die Bühne bereitet für Abweichungen, die größer und weniger vorhersagbar sein werden als alles, was wir zuvor gesehen haben.“

### **Die Hoffnung auf gesellschaftliche Kipppunkte**

Die gute Nachricht: Noch liegt es in unserer Hand, das Schlimmste zu verhindern. Verglichen mit dem, was ein sich reorganisierendes Erdsystem für die Menschheit bedeuten würde, ist die rasche Abkehr von der fossilen Lebensweise geradezu ein Spaziergang. Zumal es ein Rezept gibt, um von schrittweisen Fortschritten in der Vermeidung von Emissionen zu einer schnellen Transformation zu kommen: die sogenannten positiven Kipppunkte.

Die Idee dahinter: Innovationsforscher und Ökonominen identifizieren gezielt die kritischen Schwellen in der Entwicklung von Technologien, an denen ein sich selbst tragendes und beschleunigendes Wachstum einsetzt. Anfänglich bedarf es höherer Investitionen und politischer Anschubhilfe, doch ist der Kipppunkt erst überschritten, entwickelt die Technologie eine eigene Dynamik – wie ein Felsbrocken, den man mühsam auf eine Bergkuppe hinaufwälzt und der auf der anderen Seite von selbst und immer schneller ins Tal rollt. Die Verbreitung technischer Neuheiten setzt sich oft sprunghaft durch und nimmt dabei in Form einer charakteristischen Kurve zu: nach flachem Anlauf schießt sie hoch, kurz vor hundert Prozent verlangsamt sich das Wachstum dann wieder. Der US-Soziologe Everett M. Rogers hat diese Verbreitung neuer Technologien in den 1960-er Jahren erstmals als S-Kurve beschrieben, sie zeigte sich bei so verschiedenen Innovationen wie Dampfschiffen, Wasserspültoiletten oder Kühlschränken. Auch bei der Durchsetzung sozialer Normen, beispielsweise bei der Akzeptanz des Rauchverbots in geschlossenen Räumen, lassen sich solche schnellen Umschwünge beobachten.

Die entscheidende Frage ist: Wäre so ein rasanter Wandel nicht auch im Klimaschutz möglich? Und wenn ja, lassen sich solche Entwicklungen gezielt herbeiführen? Weil die Treibhausgasemissionen viel zu langsam sinken,

seien positive Kipppunkte inzwischen die „einzige realistische Option“, um das Überschreiten von negativen noch zu verhindern, schrieb 2023 ein internationales Team von mehr als 200 Forscherinnen und Forschern im Global Tipping Points Report.<sup>6</sup>

### **Solarenergie und E-Autos vor dem Durchbruch**

Dass positive Kipppunkte in der Energiewende existieren, zeigt das Beispiel der Solarenergie. Zu verdanken ist das entscheidend dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) der ersten rot-grünen Bundesregierung (und der Anschubfinanzierung durch deutsche Stromkunden). Jenes Gesetz brachte ab 1999 einen Mechanismus zum Wirken, der in der Forschung als „Wright-sches Gesetz“ bekannt ist: Je mehr produziert wird, desto stärker sinken die Kosten, weil die Produktion effizienter wird. Eine garantierte Stromabnahme schuf vor gut 25 Jahren günstige Investitionsbedingungen für Solaranlagen, die Nachfrage nach Zellen schoss in die Höhe, weshalb neue Fabriken gebaut wurden, in denen durch Massenproduktion die Kosten sanken. Das erhöhte die Nachfrage weiter, weshalb noch mehr Fabriken entstanden, was die Kosten weiter senkte – und so fort.

Heute ist die Solarenergie die günstigste Stromquelle auf der Welt – und im Gegensatz zu den fossilen Energien wird sie immer billiger, je mehr sie genutzt wird, was wiederum den Absatz antreibt. Um ein Gigawatt Photovoltaik (das entspricht, wenn die Sonne scheint, etwa der Leistung eines großen AKW-Blocks) neu ans Netz zu bringen, brauchte die Welt 2004 etwa ein Jahr. 2010 dauerte es ungefähr einen Monat, 2016 lediglich eine Woche und 2023 einen Tag. Getrieben wird das Wachstum inzwischen von China, das in hohem Tempo die Solarenergie ausbaut. Dadurch gelang es dem größten CO<sub>2</sub>-Emittenten der Welt, dieses Jahr erstmals weniger Kohle zu verstromen als im vergangenen Jahr – und das, obwohl die chinesische Wirtschaft weiter kräftig wächst. Auch weltweit gab es gute Nachrichten: Erstmals stammte im ersten Halbjahr 2025 mehr Strom aus erneuerbaren Quellen als aus der Verbrennung von Kohle.<sup>7</sup> Womöglich sehen wir gerade den globalen Scheitelpunkt im weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Zumal China auch die Länder im Globalen Süden mit günstigen Solarpaneelen flutet.

Eine zweite Schlüsseltechnologie, bei der das Wrightsche Gesetz bereits stark wirkt, sind Batterien. Das ist ein wesentlicher Grund dafür, dass E-Autos immer preiswerter werden und – auch wenn es von Deutschland aus betrachtet nicht so wirken mag – international ebenfalls auf dem Weg zu einem positiven Kipppunkt sind. In Norwegen haben sie diesen sogar schon überschritten. In dem skandinavischen Land lässt sich besichtigen<sup>8</sup>, wie die Politik mit klugen, gezielt gesetzten Rahmenbedingungen dabei helfen kann: E-Autos

6 Timothy M. Lenton, David I. Armstrong McKay, Sina Loriani u.a., The Global Tipping Points Report 2023, [global-tipping-points.org](https://global-tipping-points.org), 2023.

7 Global Electricity Mid-Year Insights 2025, [ember-energy.org](https://ember-energy.org), 7.10.2025.

8 Toralf Staud und Benjamin von Brackel, Als A-ha in einem alten Fiat fuhren, starteten sie die E-Auto-Revolution, [focus.de](https://focus.de), 19.6.2025.

wurden dort ab 1990 von den (hohen) Zulassungssteuern befreit, von der Straßenmaut, von kommunalen Parkgebühren und anderen Kosten. Zugleich wurden massenhaft Ladesäulen errichtet, und schon 2018 schrieb ein Gesetz fest, dass ab 2025 nur noch emissionsfreie Pkw neu zugelassen werden sollen. Heute sind tatsächlich fast alle Neuwagen in Norwegen Stromer – auch dank der Fortschritte in der Batterie- und Autotechnik, die Tesla und chinesische Autobauer vorangetrieben haben.

Aber wie lässt sich eine solche beschleunigte Umstellung konkret befördern? Als ein Schlüssel gilt der Innovationsforschung die sogenannte Parität: Die Neuheit muss in Preis, Gebrauchswert oder Geschmack – etwa wenn es um die Attraktivität von Fleischersatz geht – mindestens gleichwertig sein mit dem Bisherigen. Die Politik kann dabei auf unterschiedliche Weise helfen: Forschung und Entwicklung zu fördern, nützt etwa beim Steigern des Gebrauchswerts. Um für niedrigere Preise zu sorgen, sind etwa Steuerensenkungen – wie Norwegen zeigt – ein wirksames Mittel. Steuererhöhungen für dreckige Alttechnologien hätten denselben Effekt und würden die Staatskasse schonen, sind jedoch politisch schwerer durchsetzbar. Als effektiv und vergleichsweise preiswert haben sich auch Quotenregeln erwiesen, in der Fachsprache „Mandate“ genannt: Der Staat schreibt langfristig absehbar und verbindlich vor, dass eine neue Technologie in einem stufenweise steigenden Anteil eingesetzt werden muss.

### **Zurück zum fossilen Modell?**

In den USA passiert derzeit genau das Gegenteil: Präsident Donald Trump fördert das alte, fossile Gegenmodell. Er treibt die Exploration für Erdgas und -öl im eigenen Land voran und zwingt andere Länder, die klimaschädlichen Brennstoffe aus den USA abzunehmen. Auch in Deutschland lässt der Elan am Klimaschutz nach: Die Bundesregierung tut wenig, um positive Kipppunkte zu befördern, und viel, um diese zu verhindern, insbesondere die Unionsminister. Die Wirtschaftsministerin setzt sich für den Bau vieler neuer Erdgaskraftwerke ein und sät Zweifel an Klimaschutzzielen und -technologien.<sup>9</sup> Der Landwirtschaftsminister erklärt, Fleischkonsum schade dem Klima nicht.<sup>10</sup>

Wer es noch nicht verstanden hat, dem machen es die Kipppunkte des Klimasystems doch eigentlich klar: Es ist nicht egal, ob die Erderhitzung erst fünf oder zehn Jahre später gestoppt wird, denn es gibt harte Grenzen, ab denen die Welt unumkehrbar eine andere sein wird. Dennoch – auch das ist wichtig zu wissen – bedeutet es nicht das Ende der Welt, wenn erste Kipppunkte überschritten werden. Selbst dann können durch jede vermiedene Tonne Treibhausgas die schlimmsten Folgen mit schnellen Emissionsminderungen zumindest noch hinausgezögert und das Erreichen weiterer Kipppunkte verhindert werden. Auch wenn die Welt dann schon eine andere sein wird, entlässt uns das nicht aus unserer Verantwortung.

9 Yves Venedey, Katherina Reiche: Die Fossil-Ministerin, in „Blätter“, 8/2025, S. 9-12.

10 Oda Lambrecht, Eiertanz um Fleischfakten, tagesschau.de, 28.8.2025.