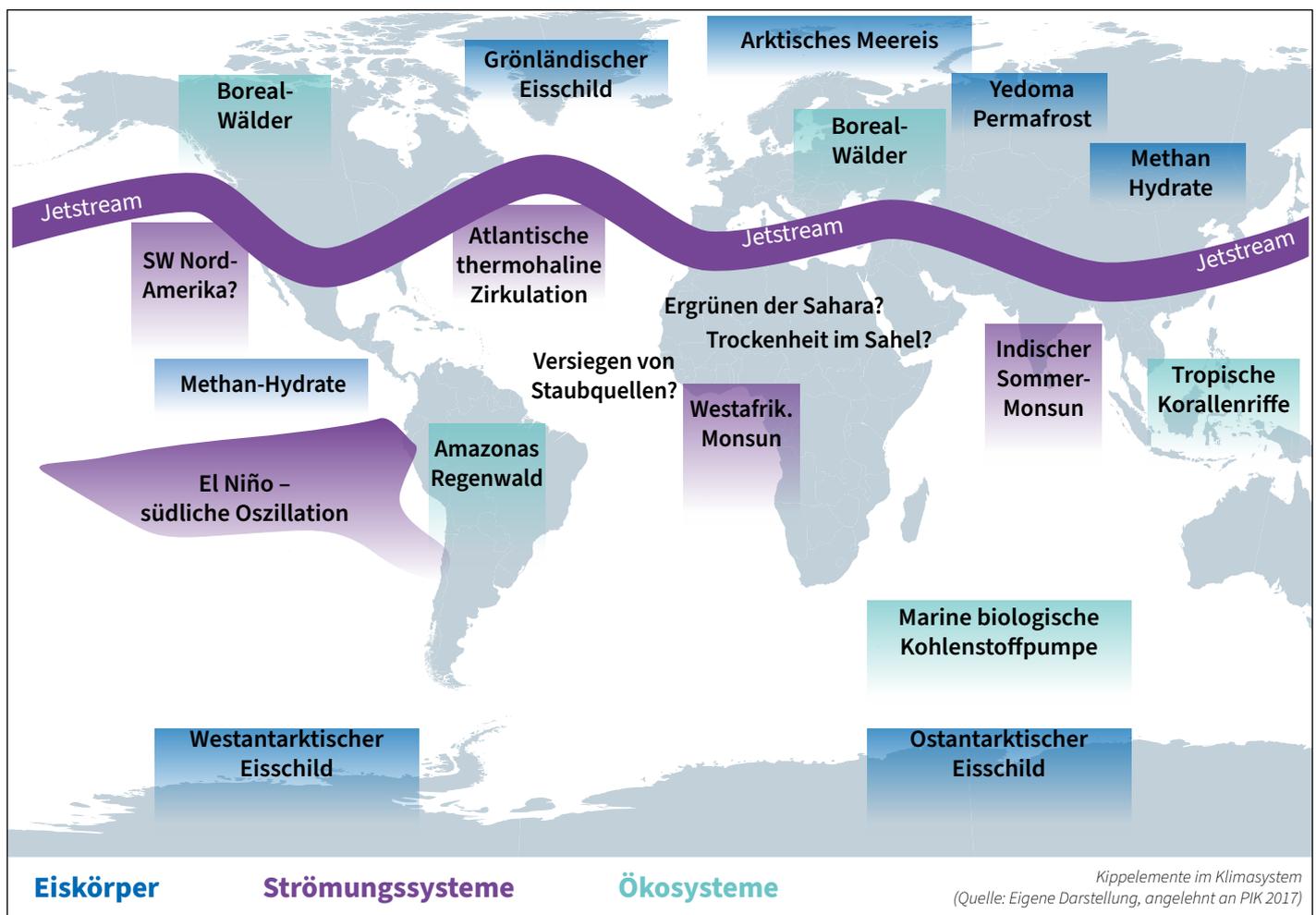


Ein Frühwarnsystem für Kippunkte im Klimasystem

Die Klimakrise ist bereits Realität: Die aktuellsten Berichte des Weltklimarates (IPCC) belegen, wie stark Extremwetterereignisse und auch schleichende Veränderungsprozesse schon heute zum Risiko und zur Gefahr für die menschliche Sicherheit werden. Bereits jetzt lebt fast die Hälfte der Weltbevölkerung (3,3–3,6 Mrd. Menschen) in Kontexten, die sehr vulnerabel gegenüber Klimawandelfolgen sind¹. Gleichzeitig fehlt es an ausreichender und angemessener Unterstützung beim Umgang mit diesen Folgen². Der just erschienene Bericht der Weltwetterorganisation (WMO) bestätigt, dass sich diese Situation verschärft. Die vergangenen sieben Jahre waren die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Die globale Durchschnittstemperatur lag im Jahr 2021 etwa 1,11°C (± 0,13°C) über dem vorindustriellen Niveau³.

Doch die Folgen der fortschreitenden Klimakrise verlaufen nicht linear, vielmehr zeichnen sich mittel- und langfristig Klimawandelfolgen völlig anderer Größenordnungen ab: Werden durch den ungebremsten Temperaturanstieg – und andere schädliche Einflüsse menschlicher Aktivität – die Schwellen innerhalb einzelner Ökosysteme, Strömungssysteme oder Eiskörper überschritten, können sie aus ihrem ursprünglichen Zustand hinaus „kippen“. Es werden irreversible, sich häufig gegenseitig verstärkende und beschleunigende Entwicklungen in Gang gesetzt, welche massive Konsequenzen nach sich ziehen können – für einzelne Regionen, ganze Kontinente oder sogar global⁴. Laut IPCC könnten wichtige Kippunkte bereits zwischen 1 und 2°C globaler Erwärmung überschritten werden⁵. Demnach würde nicht einmal ein Erreichen der Ziele des Pariser Klimaabkom-



01 IPCC (2022), S. 14.
 02 Der IPCC identifiziert bspw. eine Lücke beim Umgang mit Klimarisiken und -schäden, z.B. aufgrund einer zunehmenden Diskrepanz zwischen den geschätzten Kosten der Anpassung und den dokumentierten Finanzmitteln die für die Anpassung bereitgestellt werden (ibid S. 22). Die unzureichende Finanzierung behindert die Umsetzung von Anpassungsoptionen, insbesondere in Entwicklungsländern ibid. (S.28).
 03 WMO (2022a).
 04 Lenton, T. M. et al (2019).
 05 IPCC (2018), IPCC (2019), Lenton, T. M. et al (2019).

mens (den globalen Temperaturanstieg auf deutlich unter 2°C und möglichst unter 1,5°C zu begrenzen) absolute Sicherheit bieten. Dies verdeutlicht, wie sehr für die Risiko- und Schadensminimierung jedes vermiedene Zehntelgrad Erwärmung zählt. Ganz konkret: Ab einem Temperaturanstieg von knapp 0,8–3,2°C droht beispielsweise ein Kipppunkt für das grönländische Eis überschritten zu werden⁶. Auch wenn sich durch wissenschaftliche Untersuchungen, Modellierungen sowie die Deutung von Frühwarnindikatoren immer besser ein genauer Kipppunkt eingrenzen lässt, bleibt eine große Unsicherheit. Dies macht eine regelmäßige Überprüfung des wissenschaftlichen Standes nötig. Denn der aus dem Abschmelzen resultierende Anstieg des Meeresspiegels stellt enorme Risiken für Infrastruktur, landwirtschaftliche Nutzflächen und Städte in tief liegenden Gebieten dar. In der Folge gefährden erzwungene Migration und Vertreibung aus den überfluteten Gebieten, immense ökonomische Schäden und mögliche Konflikte wiederum die menschliche Sicherheit⁷.

Die Entwicklung und Dynamik der Kipppunkte wird von exzellenter naturwissenschaftlicher Forschung begleitet und untersucht⁸. Nähern sich Systeme einem Kipppunkt, verändern sie ihr Verhalten. Frühwarnindikatoren zeigen diese Verhaltensänderung an. Sie können genutzt werden, um durch rechtzeitige Reaktion doch noch ein Überschreiten des Kipppunktes zu vermeiden. Allerdings

fehlt es bisher an einem systematischen Ansatz, der den wissenschaftlichen Kenntnisstand (mit aller intrinsischen Ungewissheit dieser hochkomplexen Systeme) in konkrete Empfehlungen und zielgerichtete Handlungsaufforderungen für politische Entscheidungsträger:innen in betroffenen Ländern und Regionen sowie die internationale Staatengemeinschaft übersetzt.

Ein Frühwarnsystem in Form eines regelmäßigen Berichts kann diese Lücke füllen. Ein solcher Bericht sollte:

- 1. regelmäßig aufzeigen**, welche (Teil-)Systeme sich bereits aus ihrer stabilen Lage herausbewegt haben und auf Kipppunkte zusteuern (im Wesentlichen eine Aufbereitung der bereits vorliegenden Forschung),
- 2. diese Forschungsergebnisse** durch eine Abschätzung der Risiken für die humanitäre Sicherheit (auch regionalspezifisch) übersetzen,
- 3. konkrete Handlungsvorschläge** für frühzeitiges und rechtzeitiges Handeln unterschiedlicher Akteur:innen (regional, national, international) machen. Dies soll entweder ein Überschreiten des entsprechenden Kipppunktes verhindern, das Ausmaß bzw. die Geschwindigkeit der Konsequenzen einer Überschreitung eindämmen oder auf den Umgang mit zu erwartenden Konsequenzen vorbereiten.

Was sind Kipppunkte?

Charakteristika und Herausforderungen

Mit zunehmender globaler Erwärmung steigt auch das Risiko, Kipppunkte zu erreichen. Wird ein kritischer Schwellenwert – etwa eine Temperaturschwelle – überschritten, setzt in Kipp-elementen wie dem grönländischen Eisschild eine kaum noch steuerbare, oft unumkehrbare Eigendynamik ein. Die Auswirkungen solcher Veränderungen können massiv und von kontinentalem Ausmaß sein, und bedeuten umfassende Risiken und Konsequenzen für menschliche Systeme und letztlich die menschliche Sicherheit. Dieses Ausmaß sowie die Irreversibilität der Dynamik kommen hinsichtlich des menschlichen Handelns und der Einflussnahme auf die Entwicklungen einem Kontrollverlust nahe.

Ist ein Kipppunkt überschritten, ist in manchen Systemen nur noch sehr begrenzte Einflussnahme möglich, während bei an-

deren Kipppunkten das Ausmaß der Konsequenzen oder das Tempo ihres Eintretens noch massiv beeinflusst werden können. Letzteres gilt etwa für die sehr sensibel auf weiteren Temperaturanstieg reagierende Abschmelzgeschwindigkeit der großen Eisschilde der Welt. Hier kann ein halbes Grad vermiedener Temperaturerhöhung dazu führen, dass der entsprechende Höchststand des Meeresspiegels hunderte von Jahren später erreicht wird. Diese Zeit kann entscheidend sein, um Vorsorge- und Vorbereitungsmaßnahmen zum Schutz der Menschen zu ergreifen.

Die neuere Forschung sieht Anzeichen, dass das Eintreten von Kipppunkten wahrscheinlicher ist als bisher angenommen und diese oft miteinander rückgekoppelt sind, wodurch die Erde möglicherweise schon in absehbarer Zeit langfristigen, unumkehrbaren Veränderungen ausgesetzt sein wird⁹.

⁰⁶ Boers et al (2021).

⁰⁷ IPCC (2022) S.11; Joint statement on climate change and conflict in IPCC report (2022).

⁰⁸ Z.B. Wissenschaftler:innen des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung, Stockholm University Resilience Centre, University of Exeter, University of Colorado Boulder und andere.

⁰⁹ IPCC (2019).

Auch vor dem Hintergrund der weiterhin bestehenden Ungewissheiten bei der konkreten Bestimmung der kritischen Schwellenwerte, die die entsprechenden Systeme zum Kippen bringen, sowie der Zeit, die bis dahin verbleibt, bietet ein Frühwarnsystem die Möglichkeit, Großrisiken rechtzeitig zu vermeiden bzw. Zeit zu gewinnen, um sich auf die Konsequenzen eines Überschreitens einzustellen.

Sowohl die Erkenntnisse der Theorie komplexer Systeme als auch die Analyse kritischer Schwellen und entsprechender Signale bei vergangenen Ereignissen (z. B. aus anderen Erdzeitaltern) können eine wichtige Rolle¹⁰ beim Aufbau eines Frühwarnsystems für Kippunkte spielen. Zentral ist aber, dass diese

Erkenntnisse auch in konkrete Handlungsvorschläge zur Verhinderung oder Eindämmung humanitärer Sicherheitsrisiken übersetzt werden. Vorausschauendes Risikomanagement ist hier von zentraler Bedeutung.

In vielen Fällen sind besonders im Hinblick auf den möglichen Einfluss durch den Menschen „kombinierte Risiken“ von Bedeutung – also das Zusammenwirken von klimatischen und nicht klimatischen Faktoren –, wie etwa der Temperaturanstieg und die Abholzung im Amazonas-Regenwald. Verhaltensänderungen in verschiedenen Bereichen – Klimaschutz und Abholzungsstopp – können demnach Gefahren reduzieren und das Erreichen von Kippunkten verhindern.

Westantarktischer Eisschild

Der westantarktische Eisschild droht aufgrund seiner Lage und durch den globalen Temperaturanstieg instabil zu werden¹¹. Wird ein Schwellenwert überschritten, kann es zu einem irreversiblen Rückzug einzelner Gletscher kommen – und dadurch zum Zusammenbruch bis hin zum vollständigen Abschmelzen des Eisschildes. Hinweise mehren sich, dass ein solcher Prozess bereits begonnen haben könnte¹². Besonders der Pine-Island- und der Thwaites-Gletscher sind hier aufgrund ihrer Größe von besonderer Bedeutung. Zusammen sind sie für etwa 10% des derzeitigen Anstiegs des globalen Meeresspiegels verantwortlich¹³. Eine neue Studie aus dem Jahr 2021 zeigt erstmals, dass eine kritische Schwelle beim Pine-Island-Gletscher bereits überschritten sein könnte. Die Forscher modellierten Schmelze und Eisfluss des Gletschers, welche Frühwarnindikatoren für die einsetzende Instabilität des Eisschildes darstellen („critical slowing down“), und errechneten Kippunkte, an denen der Eisverlust irreversibel sein könnte. Laut ihrer Berechnungen führt eine Erwärmung des Meereswassers um etwa 1,2°C zu einem Rückzug des gesamten Gletschers, was den Kollaps des westantarktischen Eisschildes auslösen könnte¹⁴.

Auch neueste Forschungen zum Thwaites-Gletscher zeigen seinen rapiden Rückzug. Grund dafür ist ebenfalls der sich erwärmende Ozean, der den Gletscher von unten zum Abschmelzen bringt, den Abfluss beschleunigt und zu Instabilität durch Brüche und Risse führt. Der Gletscher droht dadurch zu kollabieren und in der Folge große Teile des gesamten westantarktischen Eisschildes zu destabilisieren¹⁵.

Sein Kollaps und jener des westantarktischen Eisschildes würde den Meeresspiegel weltweit über einen langen Zeitraum – auf einer Zeitskala von Jahrhunderten bis Jahrtausenden – um mehr als drei Meter anheben¹⁶ – mit daraus resultierenden humanitären Risiken für Millionen von Menschen in den Küstengebieten und -städten, von Überflutungen bis hin zur Unbewohnbarkeit von ganzen Gebieten. Doch hinsichtlich dieser Konsequenzen und der Möglichkeiten der Anpassung ist sehr relevant, dass die Zeitskala und damit die Geschwindigkeit des Abschmelzens noch beeinflusst werden kann¹⁷. Bei 1,5°C Erderwärmung könnte dies 10.000 Jahre dauern¹⁸; bei mehr als 2°C könnten es weniger als 1.000 Jahre sein¹⁹.

¹⁰ Scheffer, M. et al. (2009).

¹¹ Weertman, J. (1974).

¹² Favier, Lionel, et al. (2014), Joughin, I. et al. (2014), Mouginot, J. et al. (2014), IPCC (2019).

¹³ Northumbria University Newcastle (2021).

¹⁴ Rosier, S.H.R. et al. (2021).

¹⁵ Alley et al. (2021).

¹⁶ Fretwell et al. (2013), Feldmann et al. (2015).

¹⁷ Lenton, T. et al. (2019), CIRES (2022).

¹⁸ Ebd.

¹⁹ Aschwanden, A. et al. (2019).

Amazonas-Regenwald

Im Amazonas-Regenwald führen die kombinierten Risiken aus der Klimaerwärmung einerseits und dem menschlichen Handeln wie der massiven Abholzung andererseits zu einem destabilisierenden Teufelskreis. Es gibt Anzeichen, dass der Amazonas bereits kurz vor dem Überschreiten seines Kippunktes vom Regenwald in eine Savanne steht. Ein Indikator dafür ist, dass Teilbereiche des Waldes im Zeitraum von 2010–2019 bereits mehr CO₂ abgegeben als aufgenommen haben²⁰ – in diesem Zeitraum also von einer Kohlenstoffsenke zu einer -quelle wurden, was nach früheren Forschungsergebnissen erst für das Jahr 2050 erwartet wurde²¹. Die Schätzungen, wo genau der Schwellenwert für ein Umkippen des Regenwaldes in eine Savanne liegt, rangieren zwischen 20–40% Entwaldung²². Auch ein Temperaturanstieg von etwas über 3°C wird als Kippunkt angesehen²³. Laut Forschungsergebnissen sind seit 1970, mit Beginn der Abholzung im großen Stil, ca. 17–19% des Waldbewuchses verloren gegangen²⁴. Ein Kippunkt könnte also unmittelbar bevorstehen. Zusätzlich haben mehr als drei Viertel des Waldes laut Forschungen seit

Anfang der 2000er-Jahre aufgrund von zunehmender Trockenheit sowie gesteigener Landnutzung an Widerstandsfähigkeit verloren, was das Absterben weiter begünstigt²⁵.

Die Auswirkungen eines Umkippen wären massiv: Neben dem Verlust der Biodiversität (10% der weltweit bekannten Arten sind hier beheimatet) würden große Mengen an Kohlenstoff freigesetzt. Ein zentraler Kohlenstoffspeicher würde zerstört und damit der Klimawandel auf globaler Ebene massiv weiter angeheizt. Die Ziele des Pariser Klimaabkommens gerieten weit außer Reichweite. Auch regional drohen konkrete humanitäre Risiken: Der Amazonas-Regenwald beeinflusst sehr stark den regionalen (sowie überregionalen bis globalen) Wasserkreislauf, ihm entstammen riesige Wassermengen, die in Form von Regenwolken als „fliegende Flüsse“ Einfluss auf Niederschlagsmengen in ganz Südamerika haben. Sein Kollaps hätte dramatische Auswirkungen auf die Wasserversorgung der Region und damit auf die Landwirtschaft, Nahrungsmittelproduktion und Energieerzeugung.

Funktionen und Ziele eines Frühwarnsystems

1. Wissenschaftliche Erkenntnisse in politische Handlungsempfehlungen übersetzen, neue Erkenntnisse frühestmöglich berücksichtigen und Verzögerungen im politischen Handeln entgegenwirken

2. Konkrete Handlungsempfehlungen für zu ergreifende Maßnahmen formulieren:

- um das Überschreiten des Kippunktes zu verhindern (durch beschleunigten Klimaschutz und weitere Maßnahmen)
- um Folgeprozesse und Konsequenzen nach Überschreiten des Kippunktes in Ausmaß und Tempo möglichst einzudämmen
- um sich auf den Umgang mit möglichen Konsequenzen der Überschreitung des Kippunktes vorzubereiten (mit möglichst wirkungsvoller Anpassung und Risikomanagement, inkl. Entwicklung von Notfallplänen)

– zur Einschätzung der mit dem Überschreiten der Kippunkte verbundenen humanitären Sicherheitsrisiken sowie der Risiken für Konflikte und Kriege

– zum Schließen von Lücken in den Bereichen Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel und Umgang mit klimabedingten Schäden und Verlusten – und darüber hinausreichende klima-, außen- und sicherheitspolitische Strategien

3. Bedeutung von Kippunkten und den Konsequenzen verdeutlichen

4. Kooperation unterschiedlicher Fachrichtungen und regionaler Verankerungen vereinfachen

5. Regelmäßige Aufmerksamkeit in der weltweiten Öffentlichkeit für die Risiken und Handlungsmöglichkeiten bezüglich der Kippunkte generieren

6. Gezielten Beitrag zur (menschlichen) Sicherheit leisten

²⁰ Qin, Y. et al (2021).

²¹ Cox PM et al (2000).

²² Lovejoy, T. E. et al (2018).

²³ Schellnhuber et al (2016).

²⁴ Lenton, T. et al (2019), Amigo, I. (2020).

²⁵ Boulton, C.A. et al (2022).

Ein Bericht zur regelmäßigen Überprüfung

Ein regelmäßig erscheinender, jährlich aktualisierter Bericht kann als Frühwarnsystem für Kippunkte fungieren. Er sollte den wissenschaftlichen Kenntnisstand umfassend aufbereiten und in Vorschläge zum wirkungsvollen und rechtzeitigen Handeln übersetzen. So bietet er die Möglichkeit, den jeweils aktuellen Stand der Wissenschaft inklusive der neuesten Erkenntnisse über Teilsysteme, die auf Kippunkte zusteuern, für politische Entscheidungsträger:innen aufzuarbeiten. Dadurch kann sichergestellt werden, dass neue Erkenntnisse mit Hinweisen auf die Geschwindigkeit der Veränderungen nicht übersehen werden.

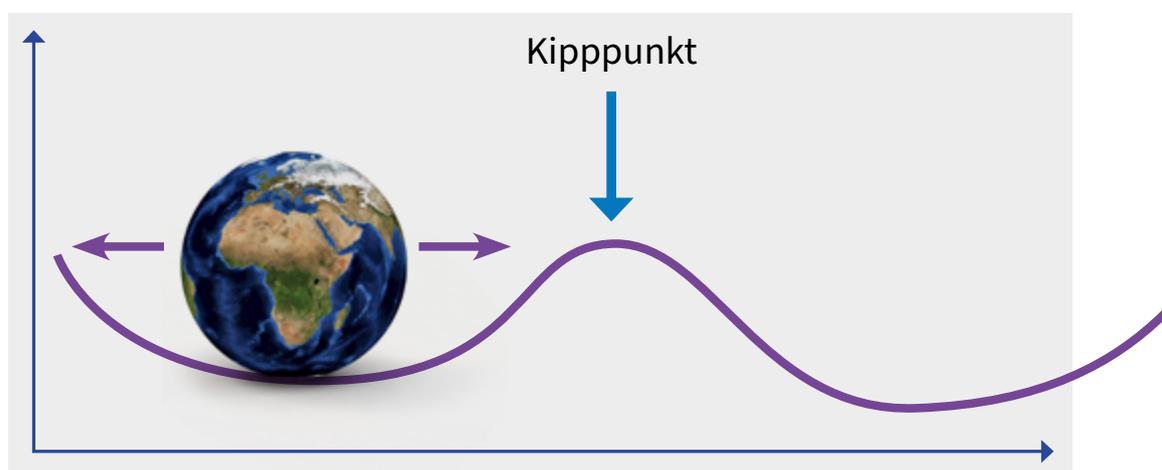
Ergänzend zu den Sachstands- und Sonderberichten des IPCC sollte dieser Bericht mit spezifischem Fokus auf Kippunkten konkrete politische Empfehlungen formulieren – über das Mandat des IPCC hinaus, der nur Informationen für Entscheidungsträger:innen aufbereiten soll, aber keine Empfehlungen formulieren darf. Der Bericht sollte neben dem Stand der Forschung auch Informationen

über die zu erwartenden regionalspezifischen (sozioökonomischen) Konsequenzen und Risiken und Handlungsspielräume zusammenstellen, die ein Überschreiten von Kippunkten auslösen würde, inklusive stets aktualisierter Wahrscheinlichkeiten und möglicher Zeitskalen für globales und regionales Handeln. Basierend auf diesen Informationen sollten dann Empfehlungen für zu ergreifende Maßnahmen ausgesprochen werden (siehe Funktionen).

Diese Empfehlungen sollten Akteur:innen der Außen-, Sicherheits- und Klimapolitik auf verschiedenen Ebenen adressieren und auf deren Handlungsfelder zugeschnitten sein. Das Frühwarnsystem würde bestehende Forderungen nach Verbesserungen der Klimasicherheitsarchitektur unterstützen und ergänzen. Etwa die Forderung nach einem „UN Climate Emergency Plan“²⁶ oder die Forderung der „Group of Friends on Climate and Security“ des UN-Sicherheitsrats nach einer systematischen Stärkung

des Bewusstseins für die sicherheitspolitischen Implikationen des Klimawandels, u.a. durch einen regelmäßigen Bericht des UN-Generalsekretärs mit Fokus auf länder- oder regionalspezifische Kontexte²⁷.

Auch ergeben sich Synergien mit der gemeinsamen Stellungnahme von mehr als einem Dutzend Führungspersönlichkeiten im Feld von Klimawissenschaft, Peace-Building und Sicherheit, politischen Entscheider:innen und umsetzenden Programmen²⁸: Deren Forderungen und Vorschläge fokussieren auf einen effektiven Kampf gegen den Klimawandel und



die Bemühungen, Konflikte zu verhindern bzw. sinnvoll darauf zu reagieren, um künftige Schäden und Verluste einzudämmen und zugleich Frieden und Stabilität zu fördern. Das Frühwarnsystem für Kippunkte kann hier konkret mit der Forderung nach lokal informierten Klima-(Sicherheits-)Risiko-Assessments zusammenwirken, deren Ergebnisse für diverse Frühwarnsysteme, für die Entwicklungszusammenarbeit und Peace-Building-Einsätze nutzbar gemacht werden sollen²⁹. Hier würde der Fokus auf die größten Risiken – die Kippunkte – sehr gut den anderen wichtigen Fokus, auf die besonders verletzlichen Regionen, ergänzen.

Auch die G7 haben jüngst die Gefahr einer Destabilisierung betroffener Regionen durch das Überschreiten von Kippunkten anerkannt sowie die Notwendigkeit wissenschaftlicher Studien und Szenarienplanung als entscheidendes Element einer präventiven und klimasensiblen Klima- und Außenpolitik benannt³⁰.

²⁶ E3G/Born, C. (2019).

²⁷ Auswärtiges Amt (2021).

²⁸ Joint statement on climate change and conflict in IPCC report (2022) (im Kontext des Projektes „Weathering Risk“).

²⁹ Ebd.

³⁰ Auswärtiges Amt (2022).

Institutionelle Anbindung

Neben seiner internationalen Verankerung sollte das Frühwarnsystem auf verschiedenen politischen Ebenen wirken. Dies sollte unter anderem die folgenden Institutionen umfassen:

Global

u.a. UN-Generalversammlung, Sicherheitsrat der Vereinten Nationen (UNSC), inklusive seiner informellen Expert Group on Climate and Security of Members of the UNSC (IEG) und seiner Group of Friends for Climate and Security, UN Climate Security Mechanism (CSM), Amt der Vereinten Nationen für die Koordinierung humanitärer Angelegenheiten (UNOCHA), Welternährungsprogramm (WFP), Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNDP), Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC), UN-Flüchtlingskommissariat (UNHCR)

Regional

u.a. EU-Rat für Auswärtige Angelegenheiten, Organisation für Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa (OSZE)³¹, Alliance of Small Island States (AOSIS), Peace and Security Council (PSC) der Afrikanischen Union, Rat der Außenminister der Union der Südamerikanischen Staaten (UNASUR Consejo de Ministras y Ministros de Relaciones), Treffen der Konsultation der Minister für auswärtige Angelegenheiten der Organisation der Amerikanischen Staaten (OAS), ASEAN Foreign Ministerial Meetings (AMM)/ASEAN Political-Security Community (APSC)

National

u.a. Außen-, Umwelt-, Klima-, Finanz-, Wirtschafts- und Innenministerien, wo existent: nationale Krisenmechanismen/-stäbe, nationale wissenschaftliche Beiräte



Nächste Schritte

1) Die Identifikation von Forschungslücken, u.a. hinsichtlich a) des zeitnahen Risikos des Überschreitens wichtiger Kippunkte bzw. der Möglichkeit, nach Überschreiten die dramatischen Konsequenzen durch rechtzeitiges Handeln einzugrenzen; b) umfassender Informationen zu konkreten regionalspezifischen klimatischen, physikalischen und sozioökonomischen Folgen

im Falle eines Überschreitens der Kippunkte; c) konkreter Auswirkungen auf menschliche Systeme und die menschliche Sicherheit; d) zeitnaher Reaktionsmöglichkeiten auf regionaler und globaler Ebene.

2) Die konkrete Ausgestaltung eines entsprechenden Gremiums mit klaren Synergien zu bestehenden Institutionen, Instrumenten, Programmen und Projekten, seine institutionelle Anbindung und Mandatierung.

31 Aufbauend auf Beschluss Nr. 3/21 – Stärkung der Zusammenarbeit zur Bewältigung der durch den Klimawandel verursachten Herausforderungen: https://www.osce.org/files/f/documents/6/0/508592_0.pdf.

Germanwatch – Büro Bonn

Kaiserstr. 201, D-53113 Bonn
Tel. +49 (0)228 / 60 492-0, Fax -19

www.germanwatch.org

Germanwatch – Büro Berlin

Stresemannstr. 72, D-10963 Berlin
Tel. +49 (0)30 / 2888 356-0, Fax -1
E-Mail: info@germanwatch.org

Autor:innen: Vera Künzel, Christoph Bals, Rixa Schwarz

Die Autor:innen danken Lutz Weischer, David Ryfisch, Laura Schäfer, Nele Bülow, Pia Jorks, Leonie Beaucamp für ihre Beiträge, Kommentare und Hinweise.

Layout: Monika Schmitt

Juni 2022

Mit finanzieller Unterstützung von Brot für die Welt.
Für den Inhalt ist Germanwatch verantwortlich.

Brot
für die Welt

Literatur

- Amigo, I. (2020):** When will the Amazon hit a tipping point? The Amazon´s fragile future. In: Nature, Vol 578: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00508-4/>.
- Aschwanden, A.; Fahnestock, M.A.; Truffer, M.; Brinkerhoff, D.J.; Hock, R.; Khroulev, C.; Mottram, R.; Abbas Khan, S. (2019):** Contribution of the Greenland Ice Sheet to sea level over the next millennium. In: *Sci. Adv.* 5, eaav9396.
- Alley, K. E.; Wild, C. T.; Luckman, A.; Scambos, T. A.; Truffer, M.; Pettit, E. C.; Muto, A.; Wallin, B.; Klinger, M.; Sutterley, T.; Child, S. F.; Hulen, C.; Lenaerts, J. T. M.; Maclennan, M.; Keenan, E.; Dunmire, D. (2021):** Two decades of dynamic change and progressive destabilization on the Thwaites Eastern Ice Shelf. In: *The Cryosphere*, 15, 5187–5203, <https://doi.org/10.5194/tc-15-5187-2021>; <https://tc.copernicus.org/articles/15/5187/2021/#abstract>.
- Auswärtiges Amt (2021):** Rede von Außenminister Heiko Maas im Namen der Freundesgruppe „Klima und Sicherheit“ in der offenen Debatte des VN-Sicherheitsrats zum Thema Klima und Sicherheit; <https://www.auswaertiges-amt.de/de/newsroom/maas-uno-klima-und-sicherheit/2443838>.
- Auswärtiges Amt (2022):** G7 Foreign Ministers Communique; <https://www.auswaertiges-amt.de/en/newsroom/news/-/2531266>.
- Boers, N.; Rypdal, M. (2021):** Critical slowing down suggests that the western Greenland Ice Sheet is close to a tipping point. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 118, No. 21 e2024192118; <https://doi.org/10.1073/pnas.2024192118>.
- Boulton, C.A.; Lenton, T.M.; Boers, N. (2022):** Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. In: *Nature Climate Change* 12, S. 271–278, <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>; <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01287-8>.
- CIRES (Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences at the University of Colorado Boulder) (2021):** Pressemitteilung 13.12.2021: The Threat from Thwaites: The Retreat of Antarctica’s Riskiest Glacier; <https://cires.colorado.edu/news/threat-thwaites-retreat-antarctica%E2%80%99s-riskiest-glacier>
- CIRES (2022) – Statement added to Pressrelease “The Threat from Thwaites: The Retreat of Antarctica’s Riskiest Glacier” (31.01.2022):** <https://cires.colorado.edu/news/threat-thwaites-retreat-antarctica%E2%80%99s-riskiest-glacier>
- Cox, PM; Betts, RA; Jones, CD, Spall, SA, Totterdell, IJ (2000):** Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. In: *Nature*. Nov 9; 408(6809):184-7. doi: 10.1038/35041539. PMID: 11089968. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11089968/>.
- E3G/Born, Camilla (2019):** The UN needs a Climate Emergency Plan, Briefing Paper, E3G; <https://avaazmedia.s3.amazonaws.com/E3G%20Briefing%20UN%20Climate%20Emergency%20Plan.pdf>.
- Favier, L.; Durand, G.; Cornford, S.L.; Gudmundsson, G.H.; Gagliardini, O.; Gillet-Chaulet, F.; Zwinger, T.; Payne, A.J.; Le Brocq, A.M. (2014):** “Retreat of Pine Island Glacier controlled by marine ice-sheet instability.” *Nature Climate Change* 4.2: 117-121.
- Feldmann, J.; Levermann, A. (2015), Collapse of the West Antarctic Ice Sheet after local destabilization of the Amundsen Basin.** In: *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112, 14191–14196.
- IPCC (2018):** Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.; Skea, J.; Shukla, P.R.; Pirani, A.; Moufouma-Okia, W.; Péan, C.; Pidcock, R.; Connors, S.; Matthews, J.B.R.; Chen, Y.; Zhou, X.; Gomis, M.E.; Lonnoy, E.; Maycock, T.; Tignor, M.; Waterfield, T. (eds.): *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Summary for Policymakers. Cambridge University Press. In Press <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- IPCC (2019):** Pörtner, H.-O.; Roberts, D.; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Tignor, M.; Poloczanska, E.; Mintenbeck, K.; Alegria, A.; Nicolai, M.; Okem, A.; Petzold, J.; Rama, B.; Weyer, N. (eds.): *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–35. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.00>; <https://www.ipcc.ch/srocc/>.

IPCC (2022): Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Poloczanska, E.S.; Mintenbeck, K.; Tignor, M.; Alegría, A.; Craig, M.; Langsdorf, S.; Löschke, S.; Möller, V.; Okem, A. (eds.): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers. Cambridge University Press. In Press, https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf

Joint statement on climate change and conflict in

IPCC report (2022): signed by Abdenur, Adriana Erthal; Brady, Cynthia; Carius, Alexander; Day, Adam; Edenhofer, Ottmar; Ero, Comfort; Gilmour, Andrew; Huq, Saleemul; Keating, Michael; Läderach, Peter; Ischinger, Wolfgang; Maunganidze, Ottilia Anna; Middendorp, Tom; Nugee, Richard; Pasisi, Coral; Tubiana, Laurence; Rockström, Johan; Fan, Shenggen; Hodder, Christophe; Berti, Benedetta, Institute for Security Studies: https://www.weatheringrisk.org/en/event/IPCC-Climate-Conflict-Joint-Statement#_edn3

Joughin, I.; Smith, B.E.; Medley, B. (2014) “Marine ice sheet collapse potentially under way for the Thwaites Glacier Basin, West Antarctica.” *Science* **344.6185**: 735-738.

Lenton, T. M.; Held, H.; Kriegler, E.; Hall, J.; Lucht, W.; Rahmsdorf, S.; Schellhuber, H.J. (2008): Tipping elements in the Earth’s climate system. In: Proceedings of the National Academy of Sciences USA 105, 1786–1793.

Lenton, T. M.; Rockström, J.; Gaffney, O.; Rahmstorf, S.; Richardson, K.; Steffen, W.; Schellhuber, H. J. (2019): Climate tipping points — too risky to bet against. In: *Nature*, Vol 575; <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

Lovejoy, T.E; Nobre, C. (2018): Amazon Tipping Point. *Sciences Advances* 4, eaat2340; <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/sciadv.aat2340>

Mouginot, J., Rignot, E.; Scheuchl, B. (2014): “Sustained increase in ice discharge from the Amundsen Sea Embayment, West Antarctica, from 1973 to 2013.” *Geophysical Research Letters* 41.5: 1576-1584

Northumbria University Newcastle (2021):

Pressemitteilung: Evidence of Antarctic glacier’s tipping point confirmed for first time (01.04.2021): <https://www.northumbria.ac.uk/about-us/news-events/news/antarctic-tipping-point/>

Qin, Y., Xiao, X., Wigneron, JP. (2021) : Carbon loss from forest degradation exceeds that from deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Climate Change* 11, 442–448 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01026-5>; <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01026-5#citeas>.

Rosier, S. H. R., Reese, R., Donges, J. F., De Rydt, J., Gudmundsson, G. H., and Winkelmann, R. (2021): The tipping points and early warning indicators for Pine Island Glacier, West Antarctica. In: *The Cryosphere*, 15, 1501–1516, <https://doi.org/10.5194/tc-15-1501-2021>, <https://tc.copernicus.org/articles/15/1501/2021/>.

Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W. (2009): Early-warning signals for critical transitions. *Nature* 461, 53–59. <https://doi.org/10.1038/nature08227>; <https://www.nature.com/articles/nature08227>.

Schellhuber, H.J.; Rahmstorf, S.; Winkelmann, R. (2016): Why the right climate target was agreed in Paris. In: *Nature Climate Change*, Vol 6, July.

WBGU (2007): Welt im Wandel - Sicherheitsrisiko Klimawandel. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 77. http://www.wbgu.de/wbgu_jg2007.html.

Weertman, J. (1974): Stability of the Junction of an Ice Sheet and an Ice Shelf, *J. Glaciol.*, 13, 3–11, https://doi.org/10.3189/S0022143000023327_1974.

WMO (2022a): State of the Global Climate in 2021, WMO-No. 1290: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11178.

WMO (2022b): Press release “Four key climate change indicators break records in 2021” <https://public.wmo.int/en/media/press-release/four-key-climate-change-indicators-break-records-2021>.