Der Klimawandel

Fokus: Kipp-Punkte

Materialsammlung von Scientists for Future
Version für Fortgeschrittene & Oberstufe

Version: 19. August 2020 (Review noch ausstehend)

Die Sammlung steht unter der offenen Lizenz CC BY-SA 4.0. Einige Elemente sind abweichend lizenziert (Grafiken, Fotos, Logos, Elemente unter Zitatrecht). Eine vollständige Dokumentation ist in den Foliennotizen der unter www.scientists4future.org/infomaterial/praesentationen verlinkten Originaldateien verfügbar.

Dr. Gregor Hagedorn
und Autor*innen der
Scientists for Future

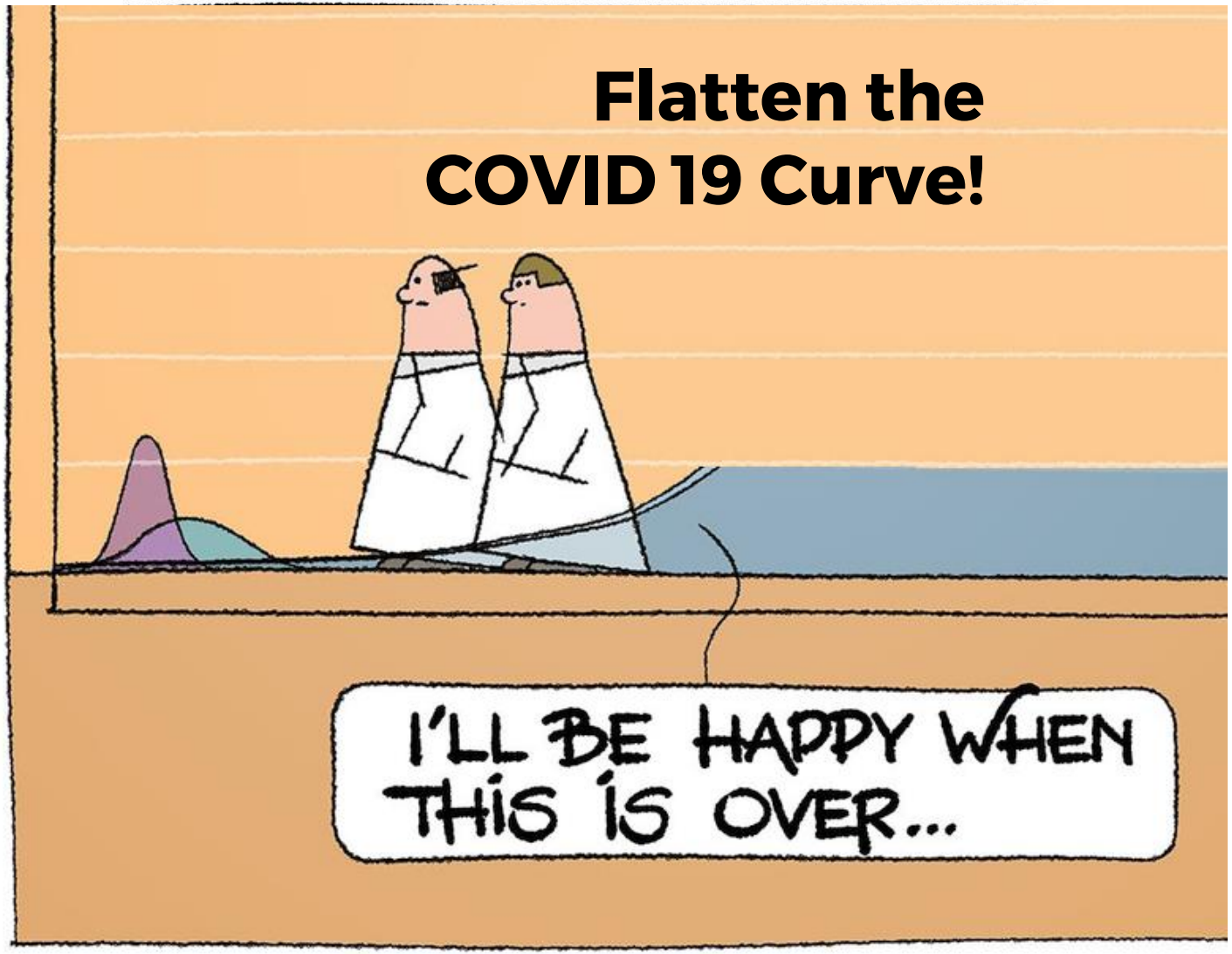
Dieser Foliensatz kann z. B. für folgende Schulfächer genutzt werden: TODO

Schulfach	Thema der Stunde
Weitere Ideen?	

Weitere Links und Tipps

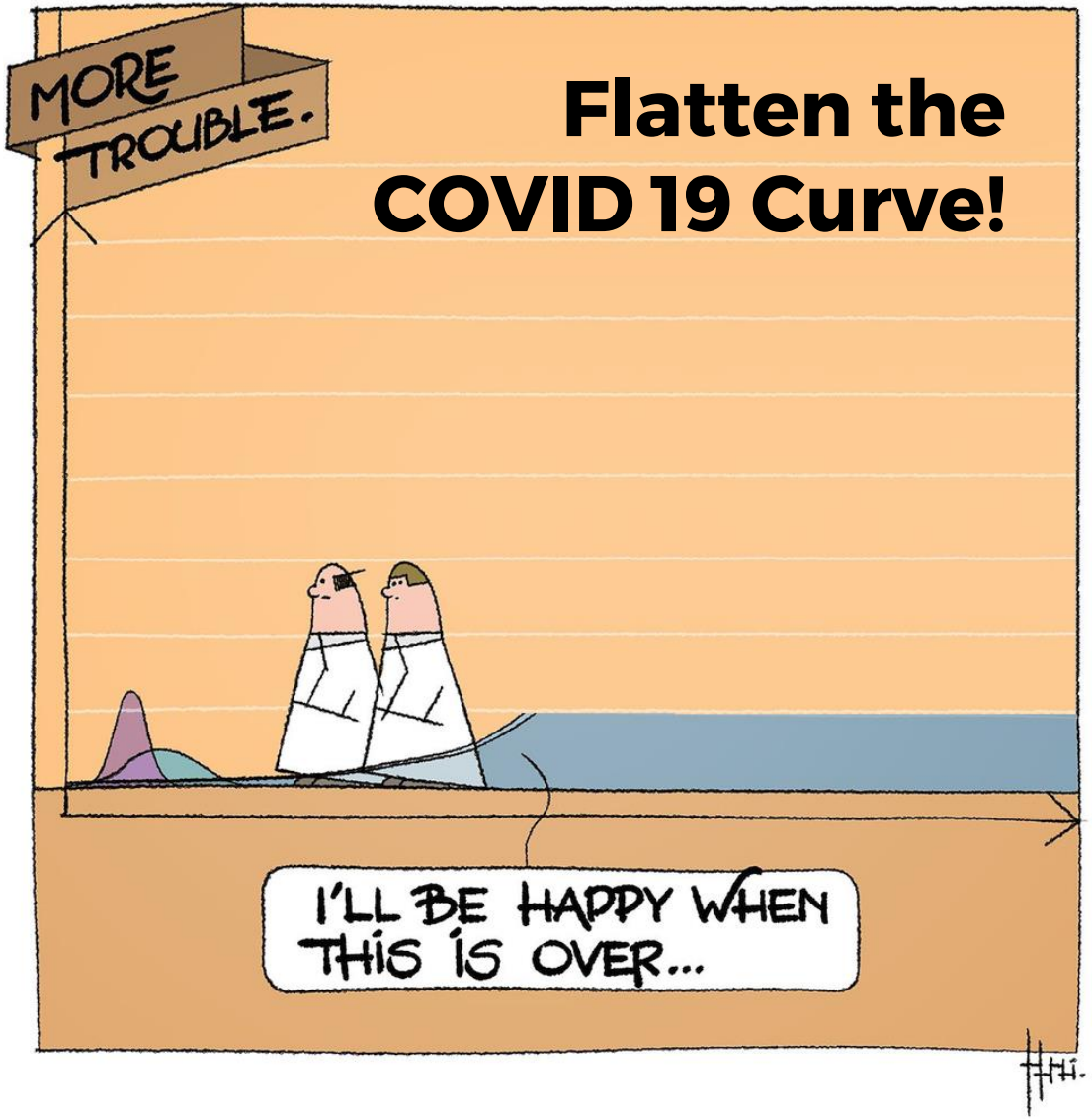
... befinden sich in einem eigenen Foliensatz:
S4F-Klima - Links und Tipps.pptx/odp /pdf

Ganz aktuell:

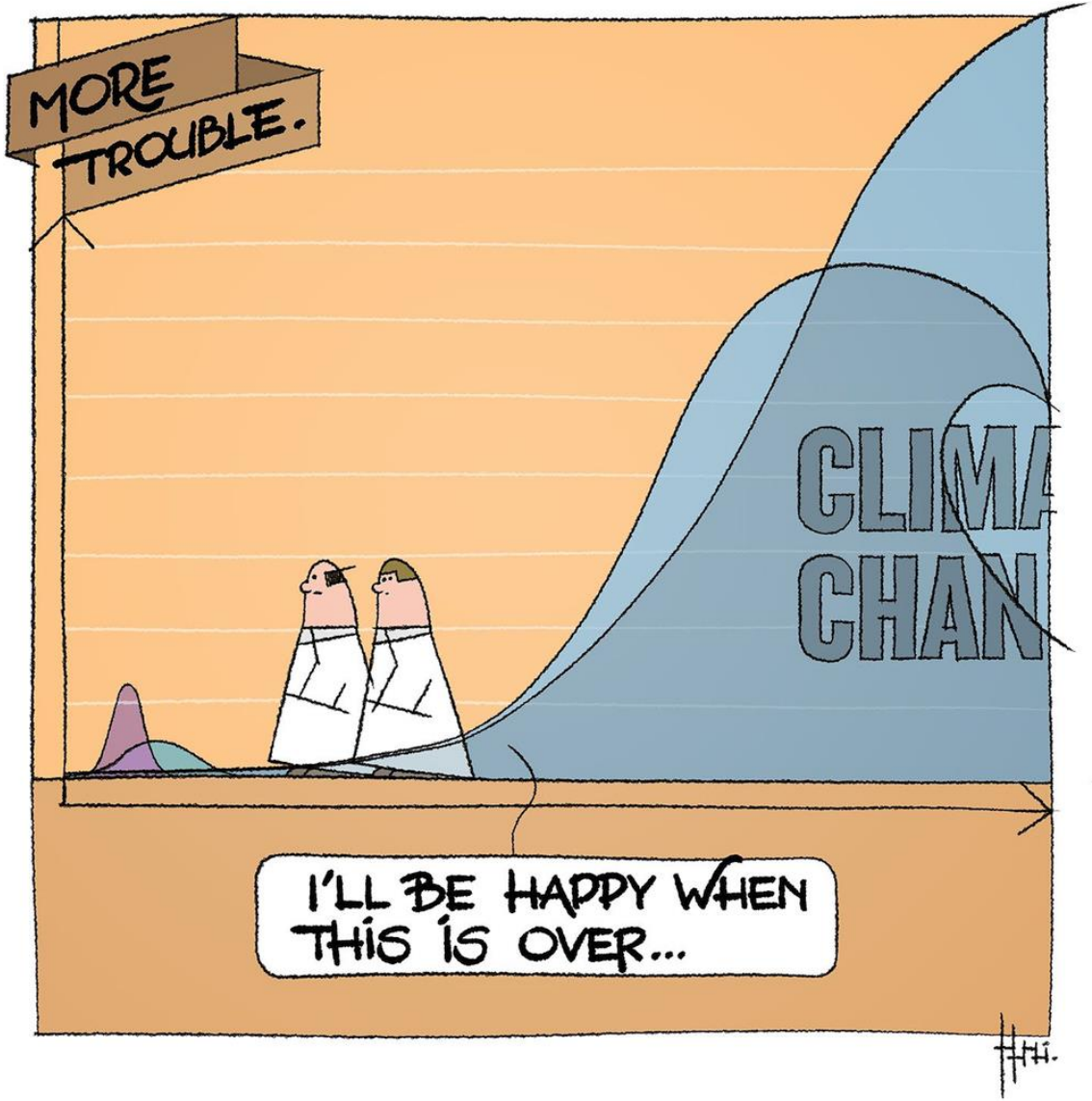


© Raf Schoenmakers, CC BY-NC-SA 4.0, modified Gregor Hagedorn.

Flatten the COVID 19 Curve!



© Raf Schoenmakers, CC BY-NC-SA 4.0, modified Gregor Hagedorn.



© Raf Schoenmakers, CC BY-NC-SA 4.0.

Kipp-Punkte

Begriffe und Schreibweise

„Kippelemente“ sind Elemente des Erdsystems, die ab einer gewissen Zustandsänderung ihr Verhalten deutlich verändern.

Ein reversibles (wieder rückgängig zu machendes) „etwas mehr“ / „etwas weniger“ verändert sich z. B. zu einem „drastisch anders“, „vollständig zerstört“ oder auch „nicht mehr zu stoppen“.

Die Punkte an denen dies stattfindet heißen **„Kipp-Punkte“**.

Schreibweise: Man kann „Kipppunkte“ oder „Kipp-Punkte“ schreiben (Duden, Regel D25). Wir folgen dem Umweltbundesamt und schreiben „Kipp-Punkte“.

Möglicher Einstieg über Frage

Frage: Sind 1,5 oder 2 Grad willkürlich gewählt?

Wird es einfach nur etwas wärmer wenn wir stattdessen den Klimawandel auf 3 Grad begrenzen?

→ Nein, es gibt tatsächlich „Kipp- “ oder „Entscheidungspunkte“

Wir wissen nicht genau, wo sie für welchen Prozess liegen, aber ungefähr 2 Grad (ungefähr = vielleicht ± 0,2 Grad) ist tatsächlich ein Bereich, ab dem das Risiko dramatischer Kipp-Punkte sehr erheblich steigt.

Wer weiß, warum die Begrenzung auf

1,5 °C

so wünschenswert und auf

2,0 °C

essentiell ist?

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

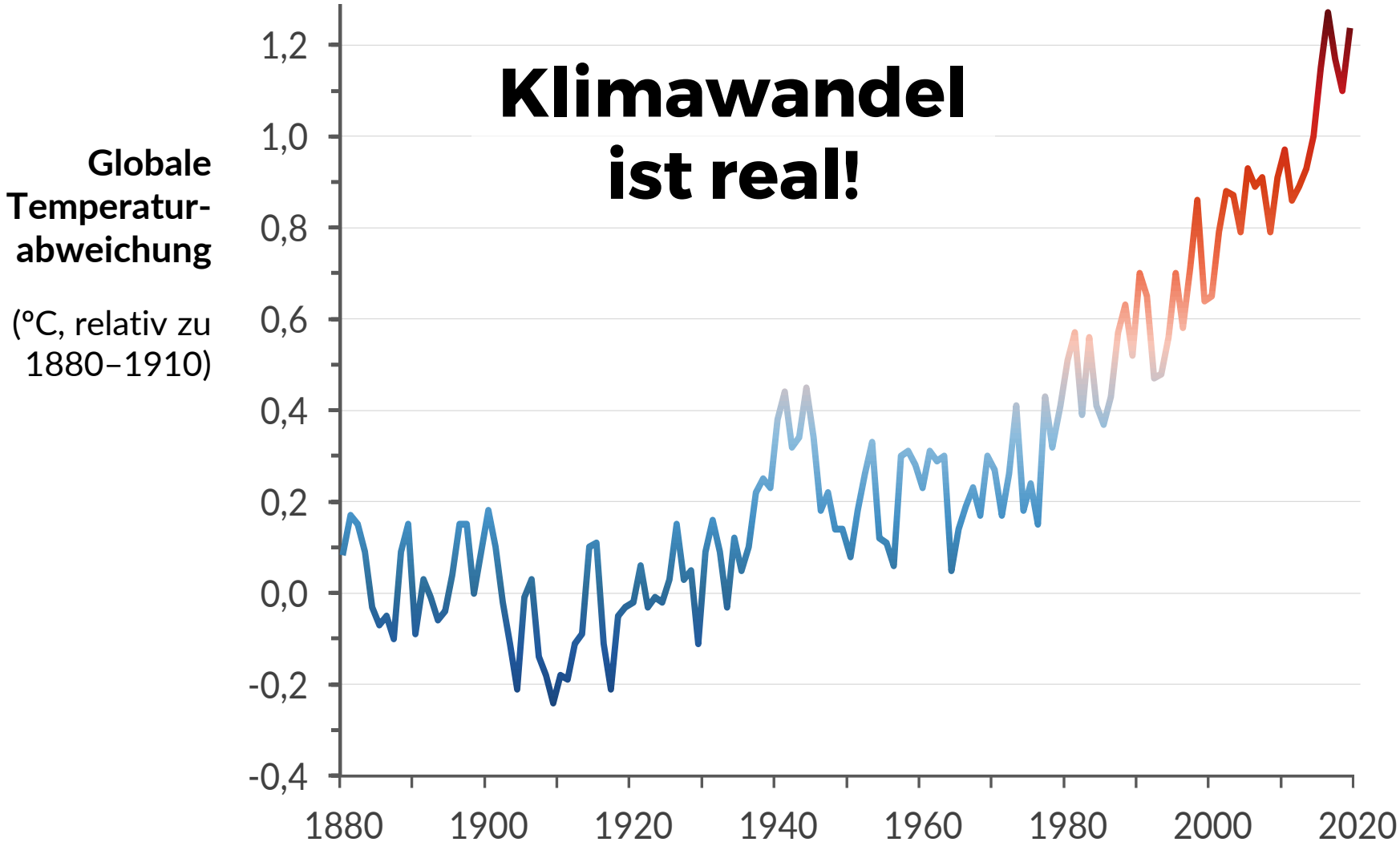
Wir sollten über Kipp-Punkte reden!

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Alternativer Einstieg in Kipp-Punkte

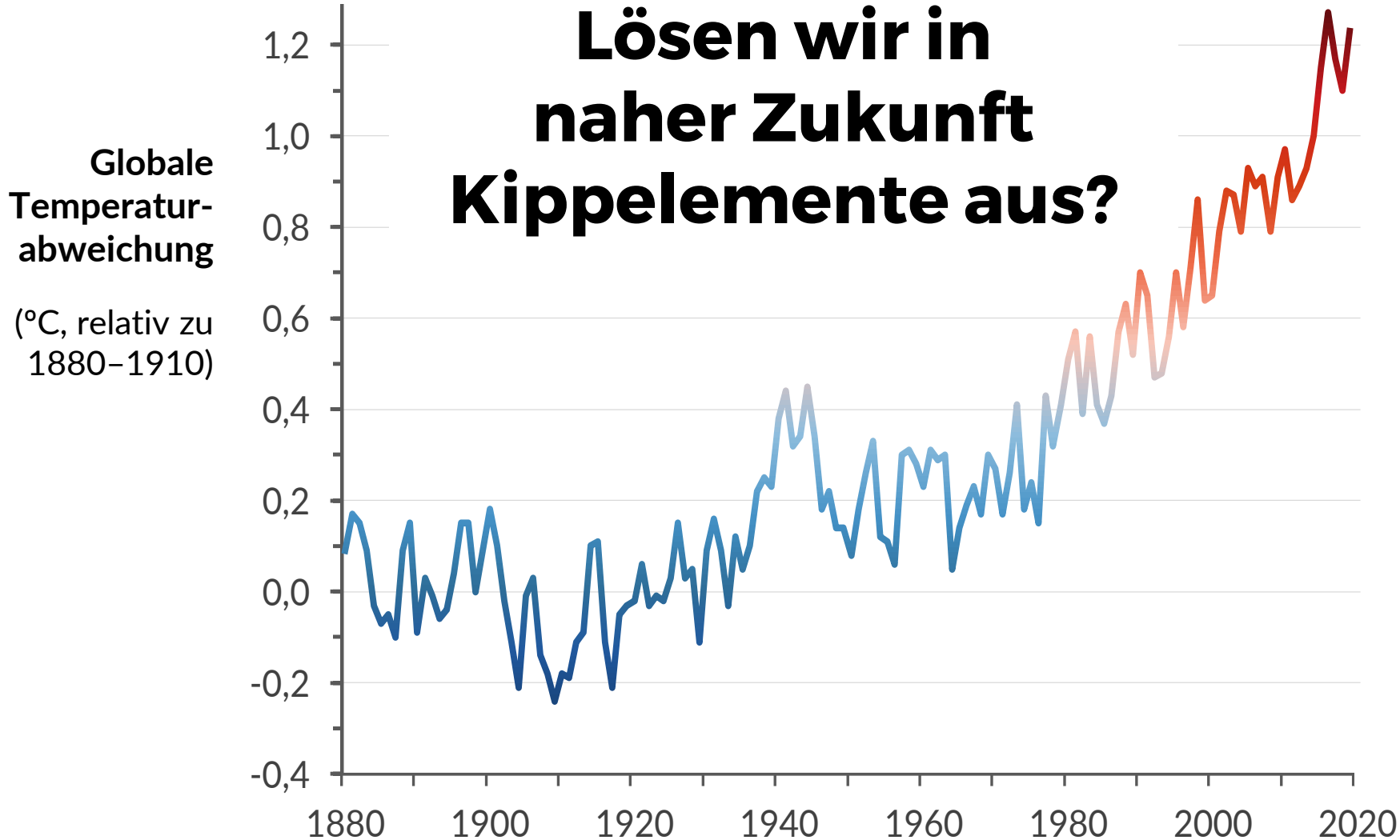
Optional als Einführung durch erneute Aufnahme einer unter Umständen bereits vorher gezeigten Klimawandelgrafen. Möglicher Text:

- Die reine Temperaturerhöhung ist beeindruckend und birgt erhebliche Risiken,
- … aber was Wissenschaftler*innen wirklich schlaflose Nächte bereitet, ist dass dies kein Prozess den man beliebig verstärken, abschwächen oder anhalten kann.
- Eine sehr wichtige Frage ist daher: Lösen wir in naher Zukunft Kippelemente aus?



© Graph Scientists4Future, CC BY-SA 4.0, Data NASA GISS, corrected for 0 = 1880-1910

Lösen wir in naher Zukunft Kippelemente aus?



© Graph Scientists4Future, CC BY-SA 4.0, Data NASA GISS, corrected for 0 = 1880-1910

Was ist ein Kipp-Punkt?

Alltagsbeispiel: Klötzchenturm

Man kann einen Turm aus Holzklötzchen bauen

Man kann dann (Jenga-Spiel, Bild) einzelne Klötzchen herausziehen.

Oder man kann einen Wettbewerb haben, ihn schnellstmöglich ins Ziel zu schieben.

In beiden Fällen besteht der Reiz darin, dass es sehr schwer vorhersagbar ist, wann der Turm zwar wackelt aber letztlich stabil bleibt, und wann der Turm wackelt und in sich zusammenfällt.

Im letzten Fall wurde der Kipp-Punkt des Turm überschritten.

„Kippelemente“: Manches ist unumkehrbar

© ESM via Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0

Kipp-Punkte und Milch:

1. Der Wärmehaushalt der Erde kann mit einem Topf Milch verglichen werden.
2. Bei einer bestimmten Wärmezufuhr gibt es ein Gleichgewicht, die Milch köchelt.
3. Wird die Wärmezufuhr nur relativ wenig erhöht, kocht die Milch über.
4. Jetzt die Herdplatte ausschalten bringt die Milch nicht mehr in den Topf zurück.

„Kippelemente“: Manches ist unumkehrbar

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, Image CC0

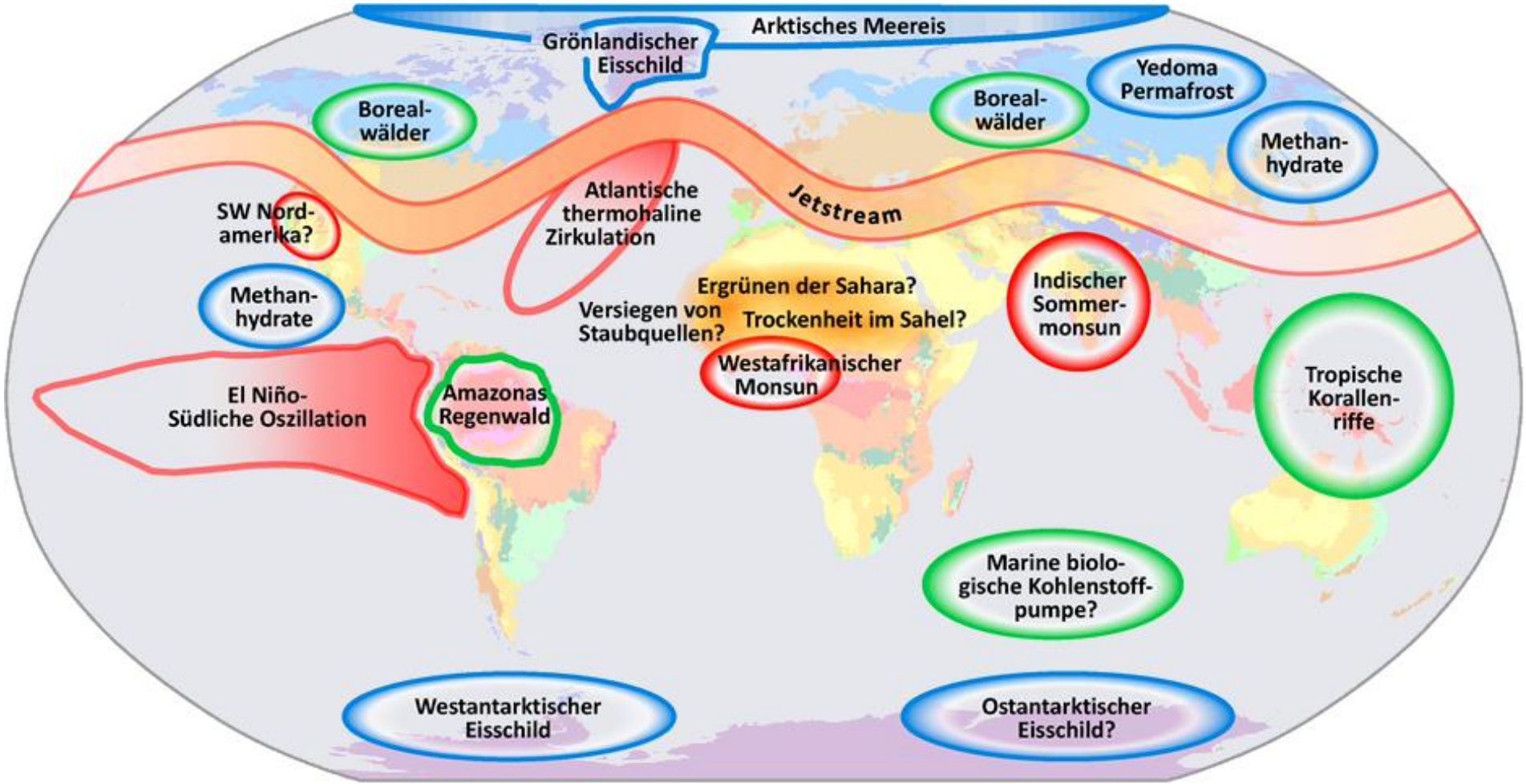
Was sind wichtige Kipp-Punkte?

Übersichten Kippelemente Erdsystem

Auswählen aus:

1. Detaillierter Übersicht vom PIK (Deutsch, English)
2. Vereinfachter Übersicht, mit der Möglichkeit die Kippelement auf wenige zu reduzieren und nur diese zu besprechen.
3. Die Legenden sollten nur in PDF/Druck gezeigt werden.

Kipp-Elemente des Klimas



© PIK 2017, CC BY-ND 3.0 DE, removal of legend by permission

Kipp-Elemente des Klimas: Legenden

- Eiskörper
- Strömungssysteme
- Ökosysteme

Klimaklassifikation nach Köppen

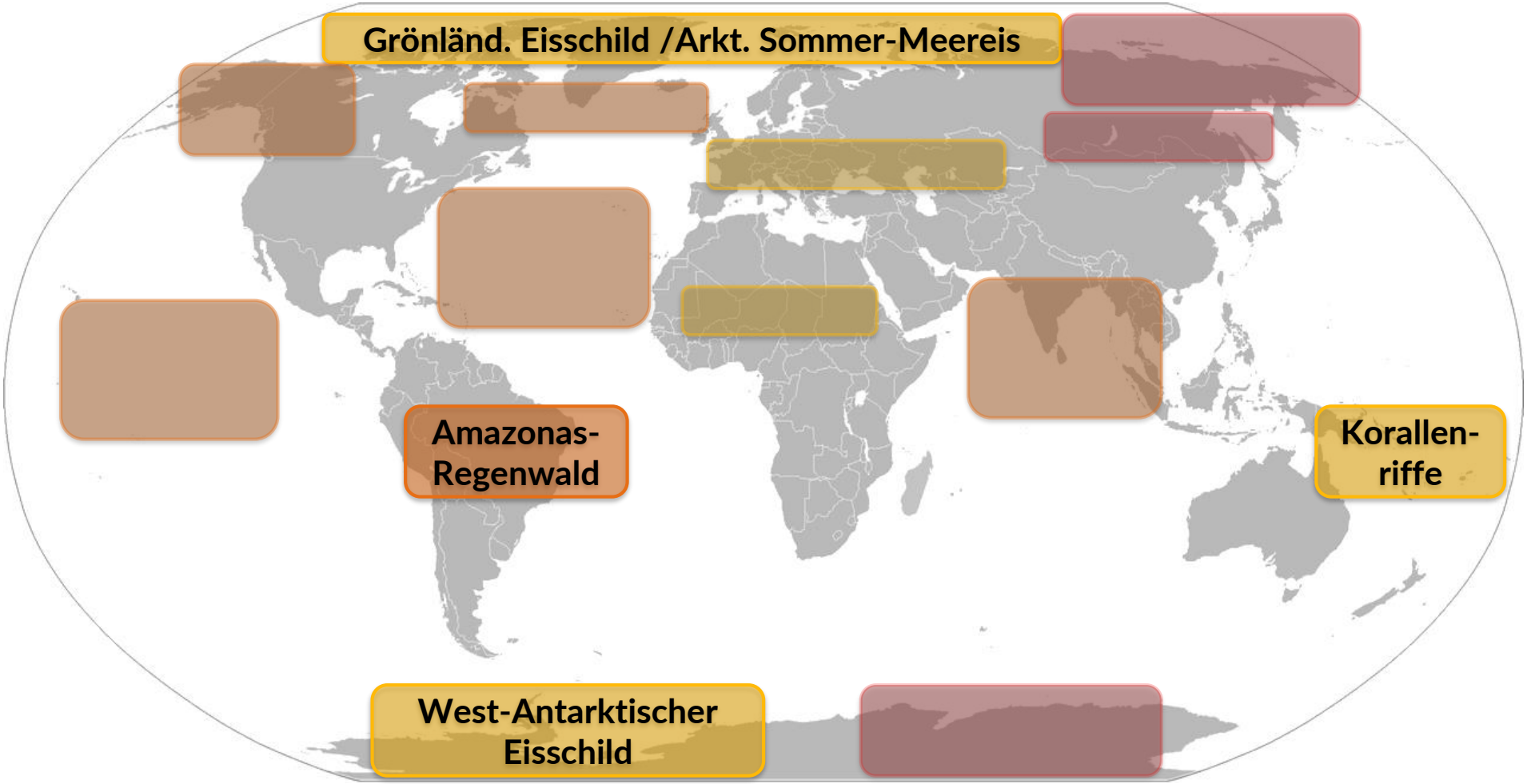
Ar Am Aw As BS BW Cr Cs Cw Do Dc Eo Ec FT FI

© PIK 2017, CC BY-ND 3.0 DE, separation of legend by permission

Kippelemente im Klimasystem

© G. Hagedorn & Felix Schreyer, CC BY-SA 4.0, after Steffen et al. 2018, Fig. 3, PNAS, https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115

Beispiele für Kippelemente im Klimasystem

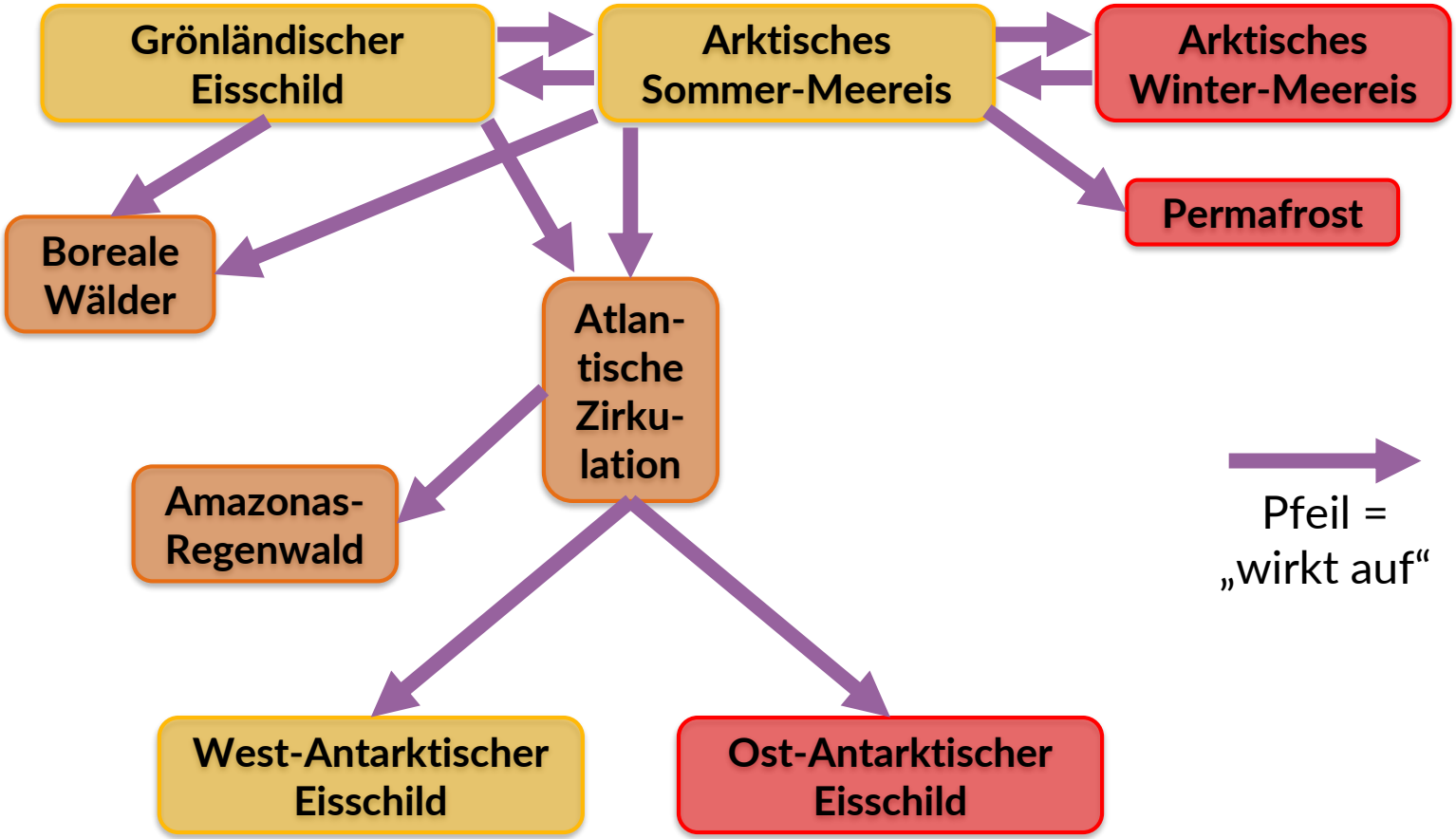


© G. Hagedorn & Felix Schreyer, CC BY-SA 4.0, after Steffen et al. 2018, Fig. 3, PNAS, https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115

Abhängigkeit von Kipp-Punkten

1. Kipp-Punkte beeinflussen einander. Dies erhöht das Risiko.
2. Leseempfehlung hierzu:
   Timothy M. Lenton, Johan Rockström, Owen Gaffney, Stefan Rahmstorf, Katherine Richardson, Will Steffen & Hans Joachim Schellnhuber 2019. Climate tipping points — too risky to bet against. The growing threat of abrupt and irreversible climate changes must compel political and economic action on emissions. Nature 575, 592-595. doi: 10.1038/d41586-019-03595-0, https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0.
3. Ein „Domino-Effekt“ ist grundsätzlich möglich und muss bei Risikoanalyse bedacht werden. Sicher belegt ist er jedoch nicht.

Beispiele für Abhängigkeiten



© G. Hagedorn CC BY-SA 4.0; in part after Lenton et al. 2019, Nature 575, 592-595.

Können Kipp-Punkte weitere Kipp-Punkte auslösen?

(Grundsätzlich möglich, aber wissenschaftlich nicht sicher belegt)

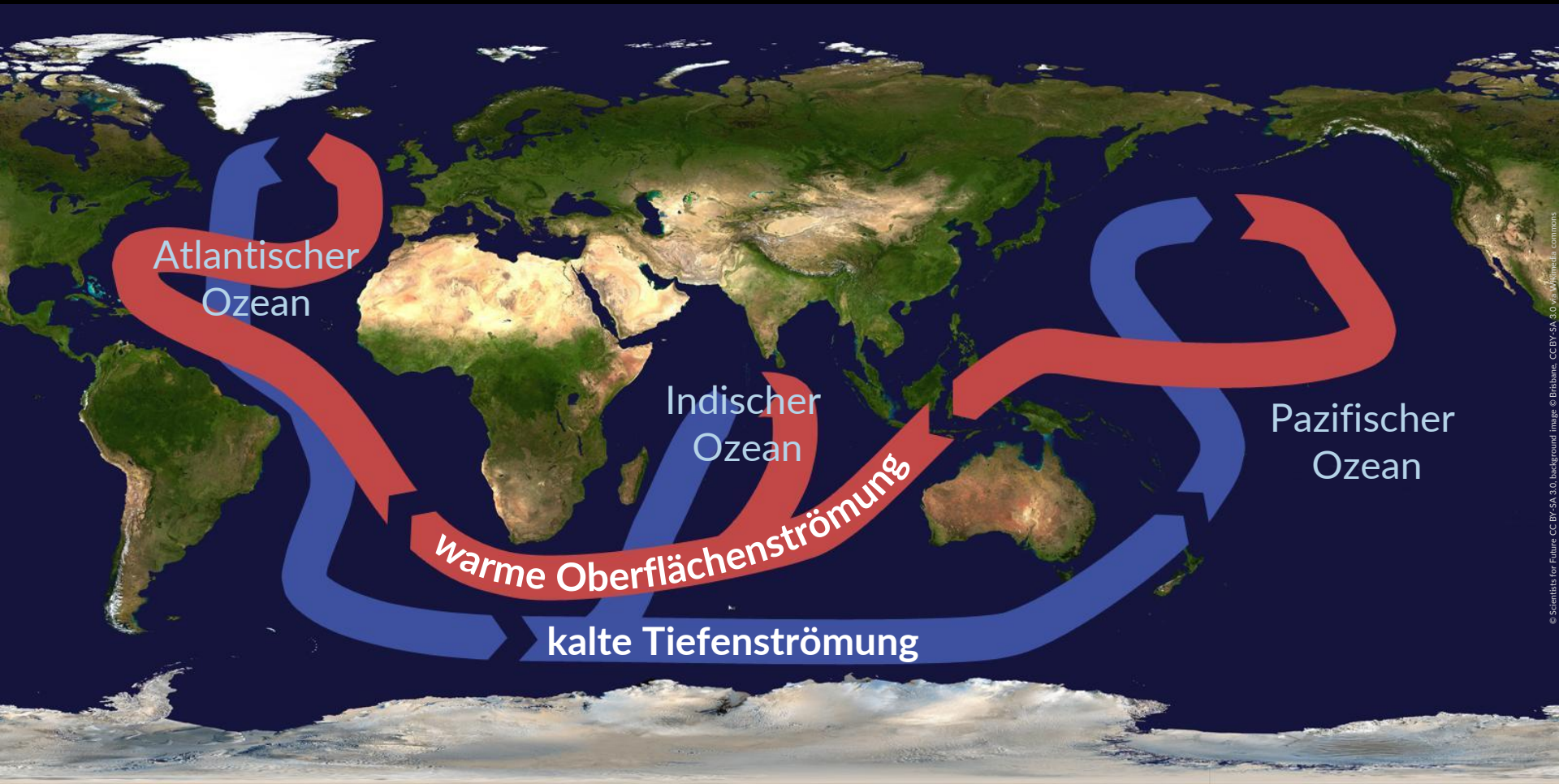
© G. Hagedorn CC BY-SA 4.0, image © Louise, CC BY 2.0

Illustrierte Kipp-Punkte

1. Zwei Folien zu einzelnen Kipp-Punkten (Ozeanzirkulation, Amazonas) hier vorhanden
2. Zusätzlich könnten z. B. noch
   1. Grönlandeis (Abschmelzen)
   2. Korallensterben

   aus der allgemeinen Klima-Sammlung (Abschnitt “Es passiert etwas”) hier genutzt werden.
3. Weitere Illustrationen wären willkommen!

Kipp-Punkt: Globales „Förderband“ („Thermohaline Zirkulation“)



© Scientists for Future CC BY-SA 3.0, background image © Brisbane, CC BY-SA 3.0 via Wikimedia commons

Der Amazonas Regenwald

Größter tropische Regenwald der Erde.

Heimat von ca. 10 % aller Tiere, Pflanzen und Pilze.

Das Ökosystem ist mitverantwortlich für Wetterbildung und Niederschläge: Weniger Wald → weniger Niederschläge.

Schätzungen für Kipp-Punkt:
Zwischen 20 und 40 % Waldverlust.

Seit 1970 wurden bereits ca. 17 % zerstört –
d. h. noch 3–23 % vom Kipp-Punkt entfernt.

Entwaldung und Klimawandel verstärken sich gegenseitig!

© G. Hagedorn CC BY-SA 4.0; after Lenton et al. 2019, Nature 575, 592-595

Der Amazonas Regenwald

Neu: Ignacio Amigo in Nature, 25 Feb. 2020
When will the Amazon hit a tipping point?

“Wissenschaftler sagen, Klimawandel, Waldzerstörung und Brandrodung könnten den größten Regenwald der Erde austrocknen lassen. Die große Frage ist: Wann könnte das passieren?”

© G. Hagedorn CC BY-SA 4.0; after https://www.nature.com/articles/d41586-020-00508-4

Der Amazonas brennt bereits jetzt immer wieder.

Text & Arrangement © Gregor Hagedorn, CC0, left image: NASA Public Domain, right: Cabnita08, CC-BY 2.0

Aber wenn er abbrennt, wird sehr viel CO_2 frei!

Text & Arrangement © Gregor Hagedorn, CC0, left image: NASA Public Domain, right: Cabnta08, CC-BY 2.0

Definition

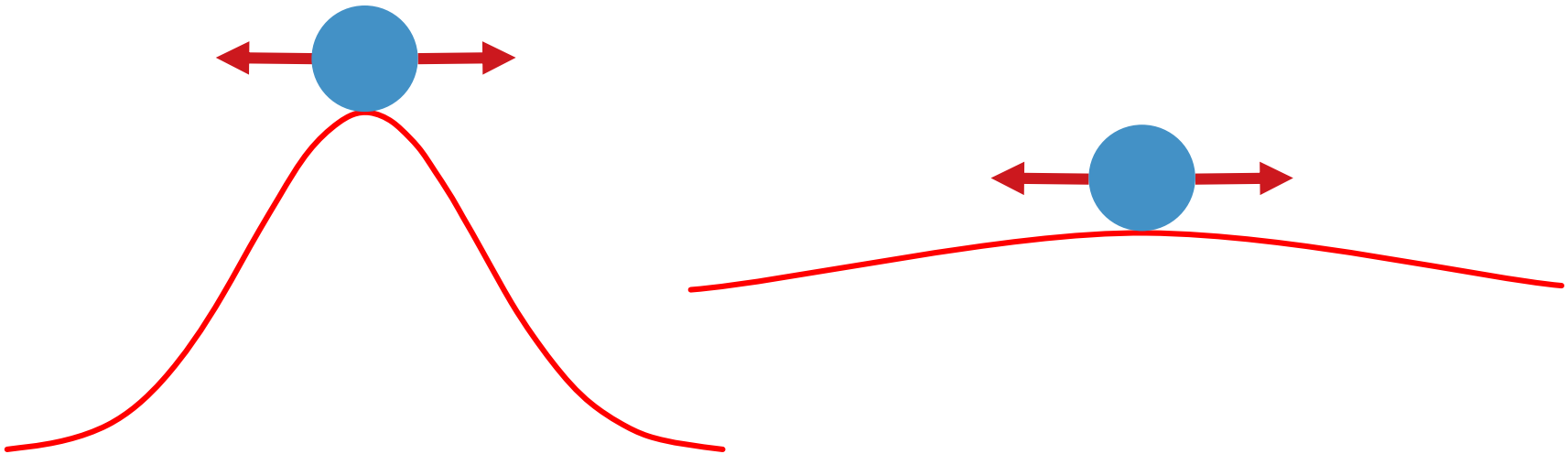
Kippelemente sind Teile des Erdsystems, welche ab einem bestimmten Zustand, dem ***Kipp-Punkt***, eine stark veränderte Wirkung (z. B. auf das Erdklima) haben. Dies kann zu nur schwer umkehrbaren Zuständen führen.

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Kippelemente müssen nicht „schnell“ kippen. Das vollständige Abschmelzen der Antarktischen Eisschilde (→ Meeresspiegelanstieg von ca. 60 m) würden viele 100 Jahre dauern (aber unter Umständen unaufhaltsam sein).

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Kippelemente müssen nicht „schnell“ kippen.



© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Kippelemente müssen nicht „stark selbstverstärkend“ sein. Der Einfluss der Zerstörung der Korallenriffe auf das Klimasystem ist unter Umständen relativ gering. Der Verlust eines Viertels der marinen Fischarten wäre jedoch irreversibel.

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Unter Umständen kann ein **Kippelement** so viel Erderwärmung verursachen, dass ein weiteres ausgelöst wird. Die Unsicherheiten sind jedoch groß.

Das Auslösen eines Kippelementes ist ein dramatischer Vorgang. Es führt zu unvorhersehbaren Folgen und macht den Kampf gegen den Klimawandel bedeutend schwieriger. Es führt jedoch nicht automatisch zum Untergang der Zivilisation.

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Kurzbeschreibungen wichtiger Kipp-Punkte

Informationen zur Vorbereitung

Die folgenden Folien enthalten knappe Beschreibungen wichtiger Kippelemente zu Vorbereitung von Vortragenden (Hintergrundwissen). Für Vorträge sind sie aufgrund der Länge ungeeignet; evtl. sind sie aber in Gruppenarbeiten nützlich. Die Texte basieren auf Rahmstorf et al. 2019, http://www.pik-potsdam.de/~stefan/Publications/Kipppunkte%20im%20Klimasystem%20-%20Update%202019.pdf, dort mit Quellen. Sie wurden gekürzt und zur Vereinfachung umgeschrieben. Folgende Kipp-Elemente werden beschrieben:

- Eisschilde (Antarktis und Grönland)
- Höhentemperaturinstabilität (Antarktis & Grönland)
- Gebirgsgletscher
- Korallenriffe
- Monsunsysteme
- Tropische Wälder
- Boreale Wälder
- Instabilität der Atlantikzirkulation
- Permafrost
- Arktisches Meereis

Eisschilde (Antarktis und Grönland)

Nach dem Ende der letzten Eiszeit gingen zwei Drittel der eiszeitlichen Eismassen verloren und der globale Meeresspiegel stieg um 120 Meter. Das noch verbleibende Eis auf Grönland und der Antarktis reicht, um den globalen Meeresspiegel noch um weitere ca. 65 Meter anzuheben.

Untersuchungen legen nahe, dass der westantarktische Eisschild bereits instabil geworden ist. Damit ist es wahrscheinlich, dass über die nächsten Jahrhunderte der marine Anteil seines Eises in den Ozean fließen wird. Allein dadurch wird der Meeresspiegel weltweit um mehr als drei Meter ansteigen.

In anderen Küstengebieten des Eiskontinents besteht die Gefahr ähnlicher Instabilitäten. Diese Kippunkte sind bisher zum Glück noch nicht überschritten; das Risiko dafür steigt aber mit der Erwärmung des Planeten.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Höhentemperaturinstabilität (Antarktis & Grönland)

Die Eisschilde in der Antarktis und Grönland ragen mehrere Kilometer in die Atmosphäre. Dort oben ist es kälter als in niedrigeren Luftschichten. Beim Schmelzen der Eisschilde kommt die Oberfläche zunehmend in niedrigere und damit wärmere Luftschichten. Dies beschleunigt das Schmelzen stärker als die reine Erderwärmung bewirken würde.

Das Verhältnis von Zufuhr durch Schneefall und Verlust durch Schmelzen kehrt sich auf Grönland bei einer globaler Erwärmung von etwa 3–4°C so um, dass der Eisschild vollständig verschwinden wird. Aufgrund der Eisbewegung kann diese Temperaturgrenze aber auch schon bei 1-2°C liegen.

Für das Antarktische Eisschild über dem Südpol liegt diese Temperaturgrenze wesentlich höher.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Gebirgsgletscher

Die meisten Gebirgsgletscher der Welt nehmen rapide ab. Dies trägt derzeit rund 30 % zum Anstieg des globalen Meeresspiegels bei.

In den Alpen dürfte schon um 2050 die Hälfte der Gletschermasse verschwunden sein. Die weitere Entwicklung hängt vom fortschreiten des Klimawandels ab. Bei Begrenzung der Erwärmung auf 2 °C könnte ein Drittel der alpinen Gletschermasse erhalten bleiben, bei ungebremsten Emissionen würden die Alpengletscher bis Ende des Jahrhunderts weitgehend verschwinden.

Gletscher spielen global eine wichtige Rolle als saisonale Wasserspeicher. Ihr Schmelzwasser im Sommer ist bedeutsam ist für die Trinkwasserversorgung von vielen Millionen Menschen.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Korallenriffe

Bereits jetzt sterben historisch unbekannte Mengen tropischen Korallenriffe – bisher meist noch zeitweilig – ab. Diese sogenannte „Korallenbleiche“ hängt eng mit der Wassertemperatur zusammen. Andere Faktoren wie Wasserqualität oder Fischfang spielen nur eine geringe Rolle.

Der 1,5-Grad Bericht des IPCC rechnet schon bei 2 °C Erwärmung mit dem nahezu kompletten Verlust der tropischen Korallenriffe. Gelingt es dagegen, die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen, könnten 10 % bis 30 % der Korallen überleben.

Laut NOAA, der US-Ozeanbehörde, sind weltweit mehr als eine halbe Milliarde Menschen für ihre Nahrungsversorgung, ihr Einkommen oder den Küstenschutz auf Korallenriffe angewiesen.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Monsunsysteme (insbesondere Sahel-Monsun)

Die Monsunsysteme in Indien und China werden mit zunehmender Erwärmung voraussichtlich schwankender und unregelmäßiger.

Rund ein Drittel der IPCC Klimamodelle sagen zwischen 1,5 und 2,5 °C globaler Erwärmung den Beginn eines Sommermonsun-System in der Sahelzone voraus.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Tropische Wälder

Die Regenwälder der Amazonasregion sind stark von Klimawandel betroffen. Bereits heute sind Teile den neuen Klimabedingungen nicht gewachsen und sterben ab. Zunehmende Dürren verwandeln den Amazonaswald von einer Kohlenstoffsenke in eine Kohlenstoffquelle.

Die Expansion der Landwirtschaft und damit verbundene Entwaldung (ca. 20 % in 2019), verstärkt dies. Da landwirtschaftliche Flächen bedeutend weniger Wasser in die Atmosphäre befördern, kommt es zu einem selbstverstärkenden Prozess der Austrocknung. Der Kipppunkt wird bei umso geringerer globaler Erwärmung erreicht, je mehr abgeholzt wird.

Der gesamt ober- und unterirdisch gespeicherte Kohlenstoff in der Amazonasregion beträgt ca. 80-120 Milliarden Tonnen. Würde dies im Extremfall vollständig freigesetzt, entspräche das 8-12 Jahren der heutigen globalen fossilen CO_2-Emissionen und hätte drastische Folgen für das Klima.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Boreale Wälder

Aufgrund der globalen Erwärmung können auch die an kalte Klimabedingungen angepassten Nadelwälder des Nordens in ihrer Existenz gefährdet sein (z. B. durch Feuer und Insektenbefall). In den letzten Jahren gab es bereits ausgedehnte Waldbrände (z. B. Kanada, Russland oder Schweden). In der Übergangszone des nördlichen Waldgürtels zur Steppe ist die Regeneration des Baumbestandes möglicherweise durch zunehmende Trockenheit und Hitzestress gefährdet.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Instabilität der Atlantikzirkulation

In der Atlantikzirkulation (auch „Golfstromsystem“ genannt) wird warmes Oberflächenwasser vom Südatlantik bis in den hohen Norden des Atlantiks transportiert. Dort gibt es sehr viel Wärme an die Luft ab, sinkt in tiefere Wasserschichten ab und strömt so zurück. Das System funktioniert wie eine natürliche „Zentralheizung“ für den Nordatlantik und Europa.

Gefährdet ist diese Strömung vor allem durch verstärkte Niederschläge und Eisschmelze. Süßwasser ist leichter als Salzwasser und behindert damit das Absinken des Wassers in die Tiefe. Modelle lassen eine Abschwächung der Strömung durch die globale Erwärmung erwarten. Das genaue Ausmaß ist noch unsicher und reicht von „sehr gering“ bis „50 % in diesem Jahrhundert”.

Die Folgen eines Abreißens der Strömung wären massiv. Sie reichen von Extremwetter in Europa über den Kollaps wichtiger Ökosysteme im Nordatlantik bis zu lokal verstärktem Meeresspiegelanstieg.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Permafrost

Die Gebiete mit Permafrost enthalten 1300–1600 Milliarden Tonnen Kohlenstoff– das sind wahrscheinlich 50 % des weltweit in Böden gespeicherten Kohlenstoffs. Bis 2016 haben sich diese Gebiete bereits um bis zu 4 °C erwärmt.

Tauen Permafrostböden auf, beginnt die mikrobielle Freisetzung des Kohlenstoffs. Bis 2100 können hierdurch aus den oberen drei Permafrost-Metern 15 % des Kohlenstoffs freigesetzt werden. Obwohl die Produktivität der Wälder zunehmen und diese damit weiteren Kohlenstoff aufnehmen könnten, würde dies zu einer zusätzlichen globalen Erwärmung von 0,13-0,27 °C bis 2100 (bzw. 0,42 °C bis 2300) führen.

Die genaue Stärke der Rückkopplung und des Verhältnisses von Freisetzung und Aufnahme durch Wälder ist noch mit großen Unsicherheiten behaftet.

Durch auftauenden Permafrosts wird eine für Jahrhunderte nicht zu kontrollierende Quelle von Treibhausgasemissionen geschaffen. Auch nachdem die direkten anthropogenen Emissionen beendet wurden, führt dies zu weiterer Erwärmung.

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Arktisches Meereis

Die Eisdecke um den Nordpol herum kühlt das Erdsystem, indem sie die ankommende Sonnenstrahlung größtenteils ins All reflektiert. Sie ist ein essenzieller Bestandteil des arktischen Ökosystems auf das viele Lebewesen angewiesen sind.

Im Sommer hat die Eisbedeckung des Meeres in den letzten Jahrzehnten bereits um fast die Hälfte abgenommen. Dies verändert wahrscheinlich bereits die atmosphärische Zirkulation (Jetstream) und führt zu Wetterextremen in Europa. Der 1,5-Grad-Bericht des IPCC folgert, dass schon bei 2 °C Erwärmung der arktische Ozean jeden zehnten Sommer vollständig eisfrei sein wird. Bei ungebremstem Wachstum der Emissionen wäre sogar die Existenz der Eisdecke im Winter gefährdet.

Wenn auf dem Wasser schwimmendes Meereis schmilzt, erhöht dies übrigens nicht den Meeresspiegel – das ist die Physik des Schwimmens …

© G. Hagedorn, gekürzt und vereinfacht nach Rahmstorf et al. 2019 (Kipppunkte im Klimasystem - Update 2019.pdf), CC BY-SA 4.0

Wann kippen welche Kippelemente?

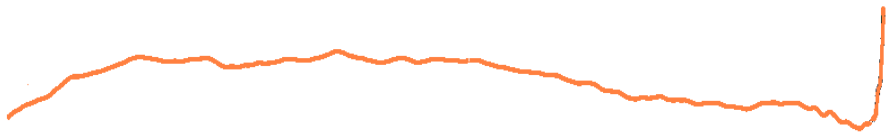
Info zu Pariser Ziele und Kipp-Punkte

1. Die erste Folie etabliert die Grenzen um die Gesamtdarstellung zu verstehen.
2. Die Namen der Kippelemente sind zur Vereinfachung hier bewusst weggelassen. Es erfordert sehr viel Zeit, hier ausführlich auf alle Kippelemente und deren Temperatursensitivät einzugehen.
3. Der Farbverlauf bedeutet: „Unwahrscheinlich“ (gelb) bis bis „Wahrscheinlich, dass Kipp-Punkt eintritt“ (rot).
4. Wichtig ist vor allem, dass die meisten Elemente weitgehend oberhalb der Pariser Ziele liegen.
5. Mündlich könnte erwähnt werden, dass der Punkt, welcher bei 2 Grad fast sicher kippt, die Korallenriffe (tropisch/subtropisch) sind. Diese sind bei 2 Grad Erderwärmung so gut wie sicher verloren, womit sowohl eine CO_2-Senke als auch ein Viertel aller marinen Biodiversität verloren geht.

Pariser Klimaziele: 1,5-2 °C

© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.

Pariser Klimaziele: 1,5-2 °C

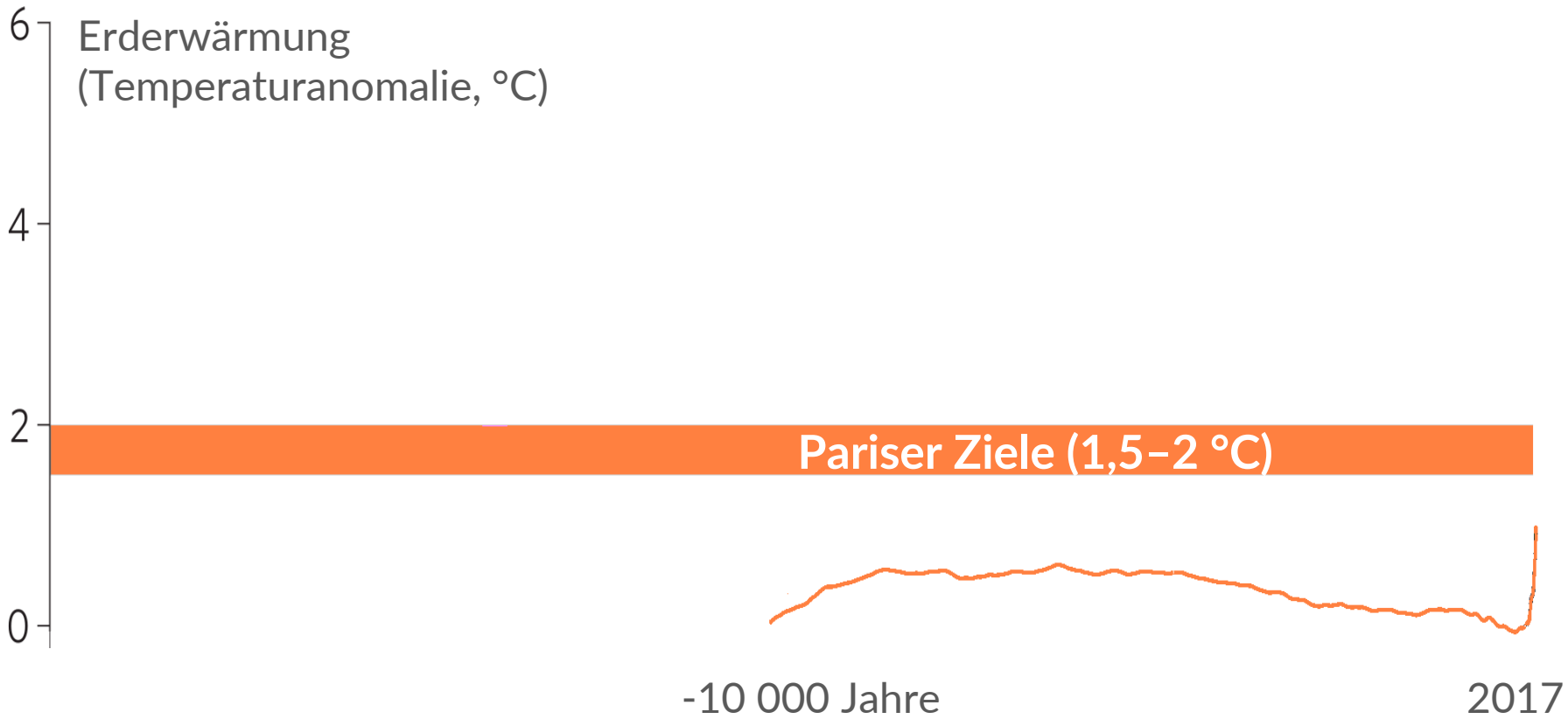


-10 000 Jahre

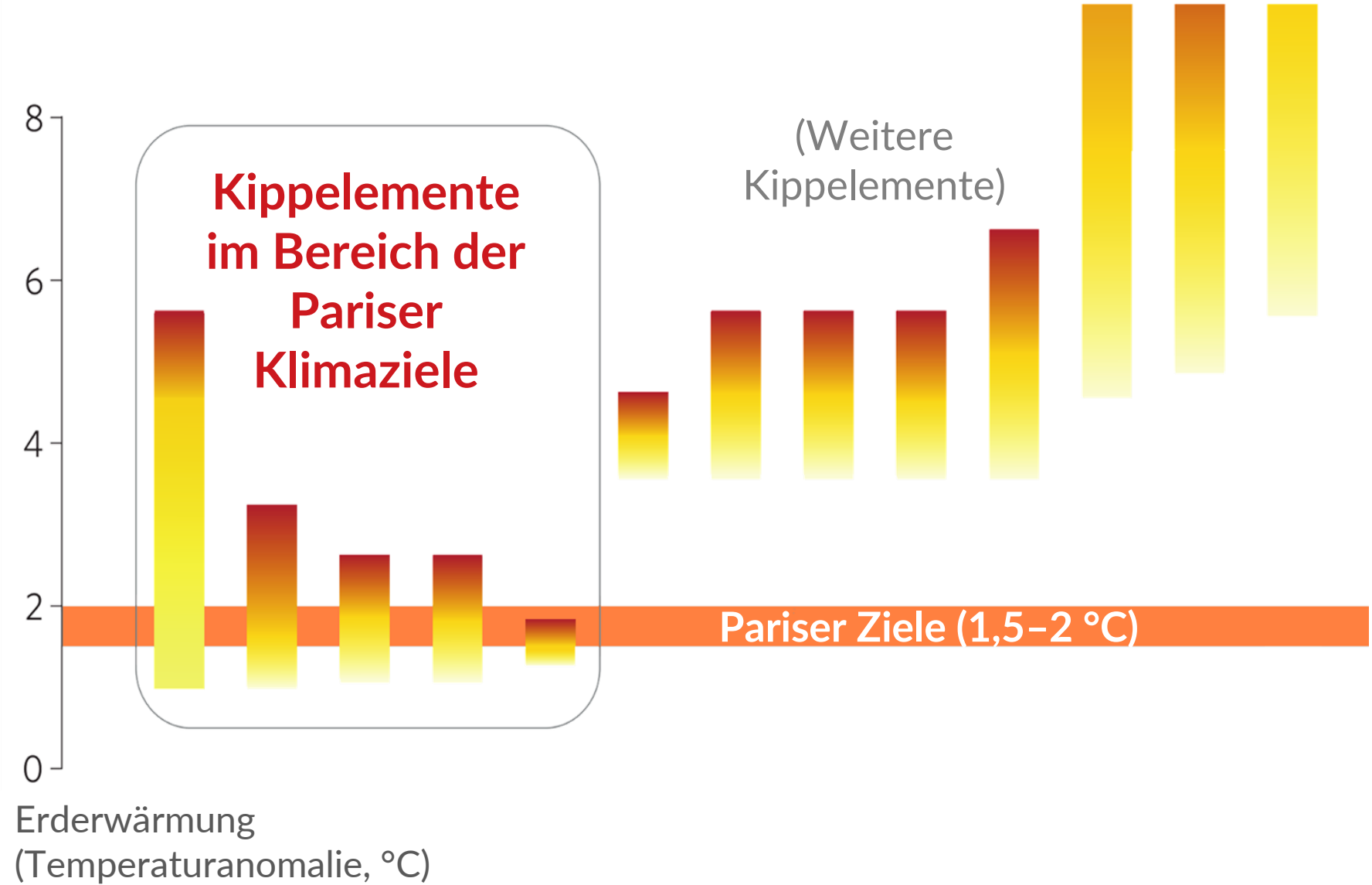
2017

© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.

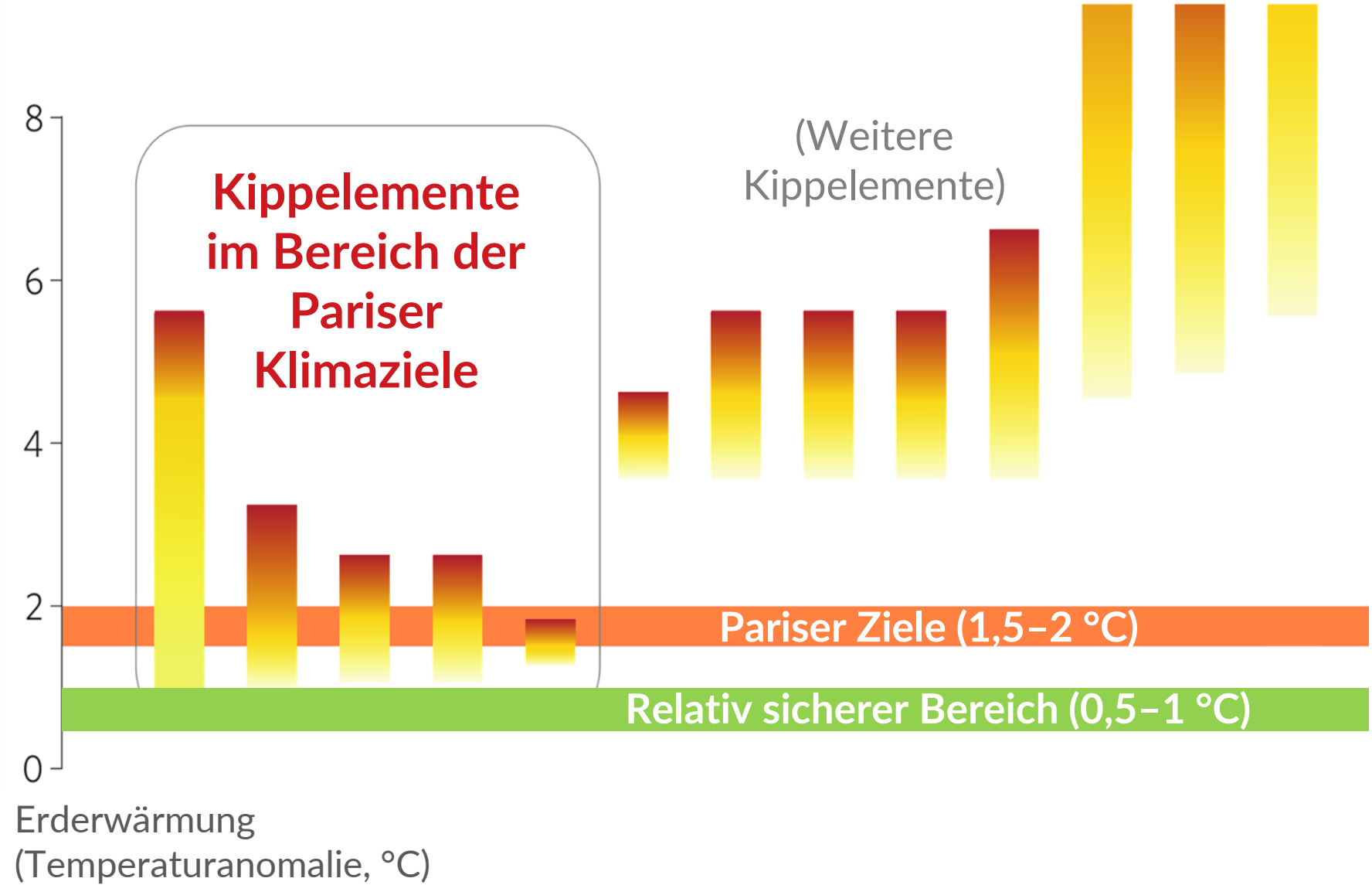
Pariser Klimaziele: 1,5-2 °C



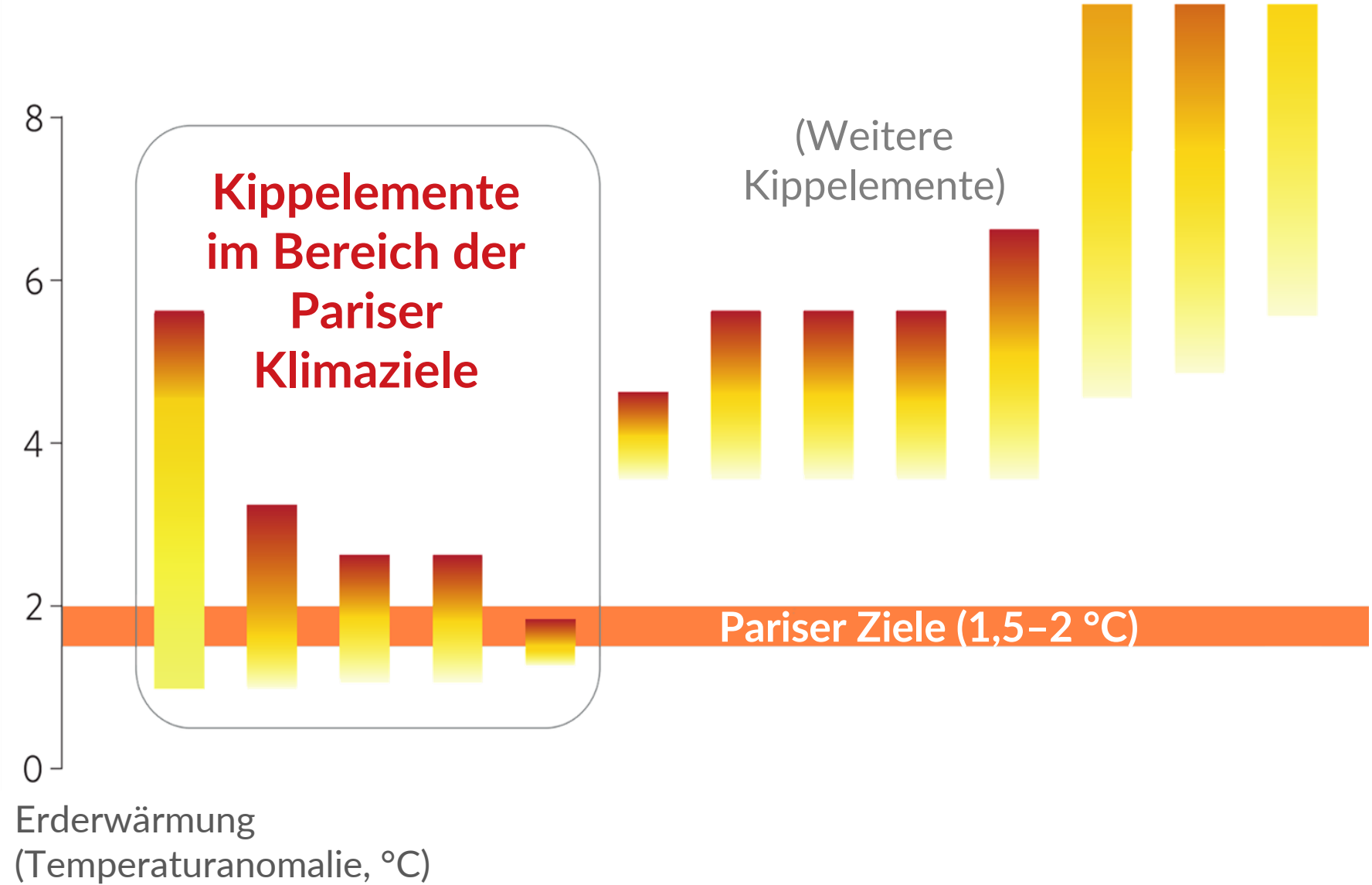
© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.



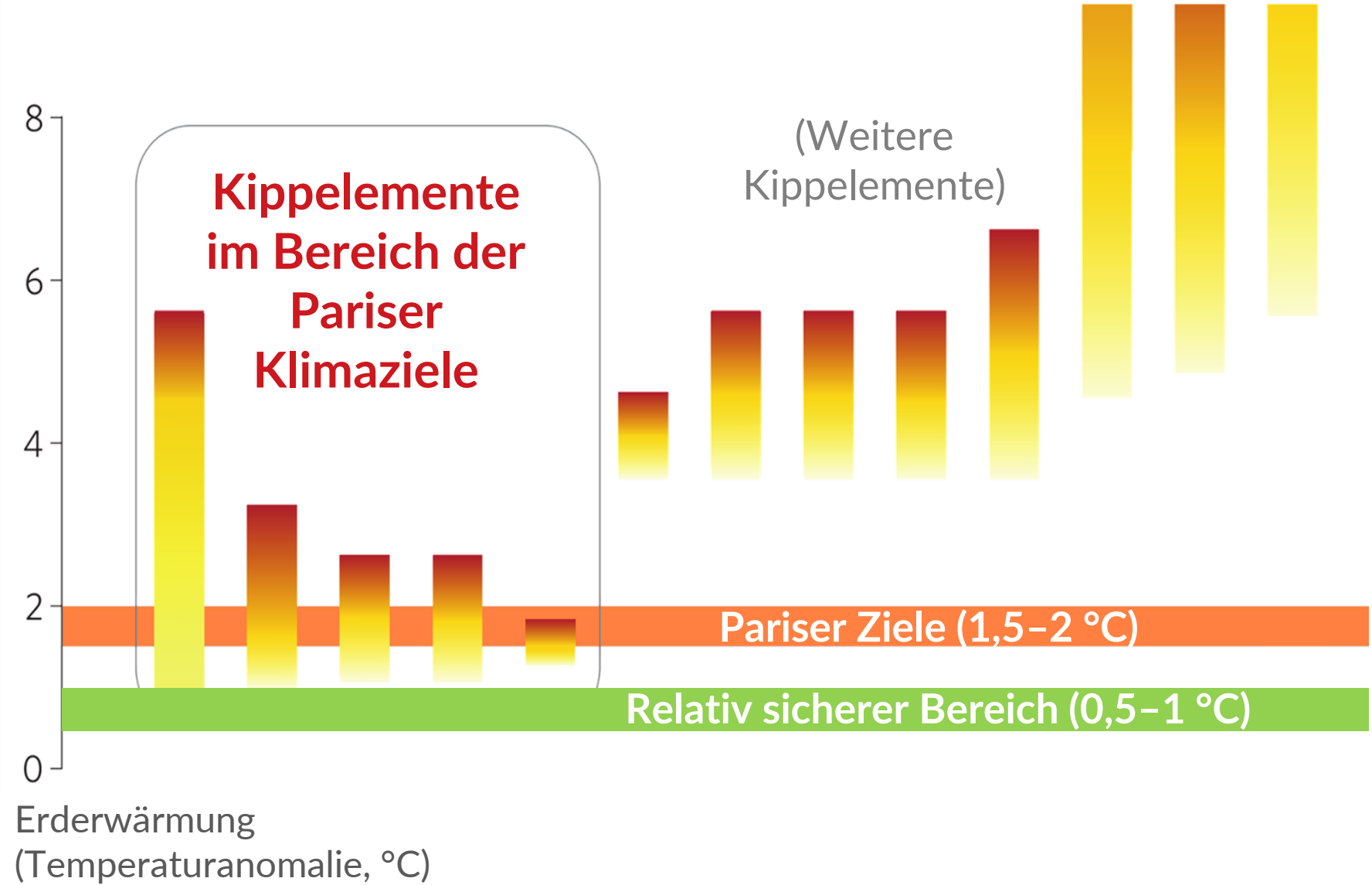
© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.



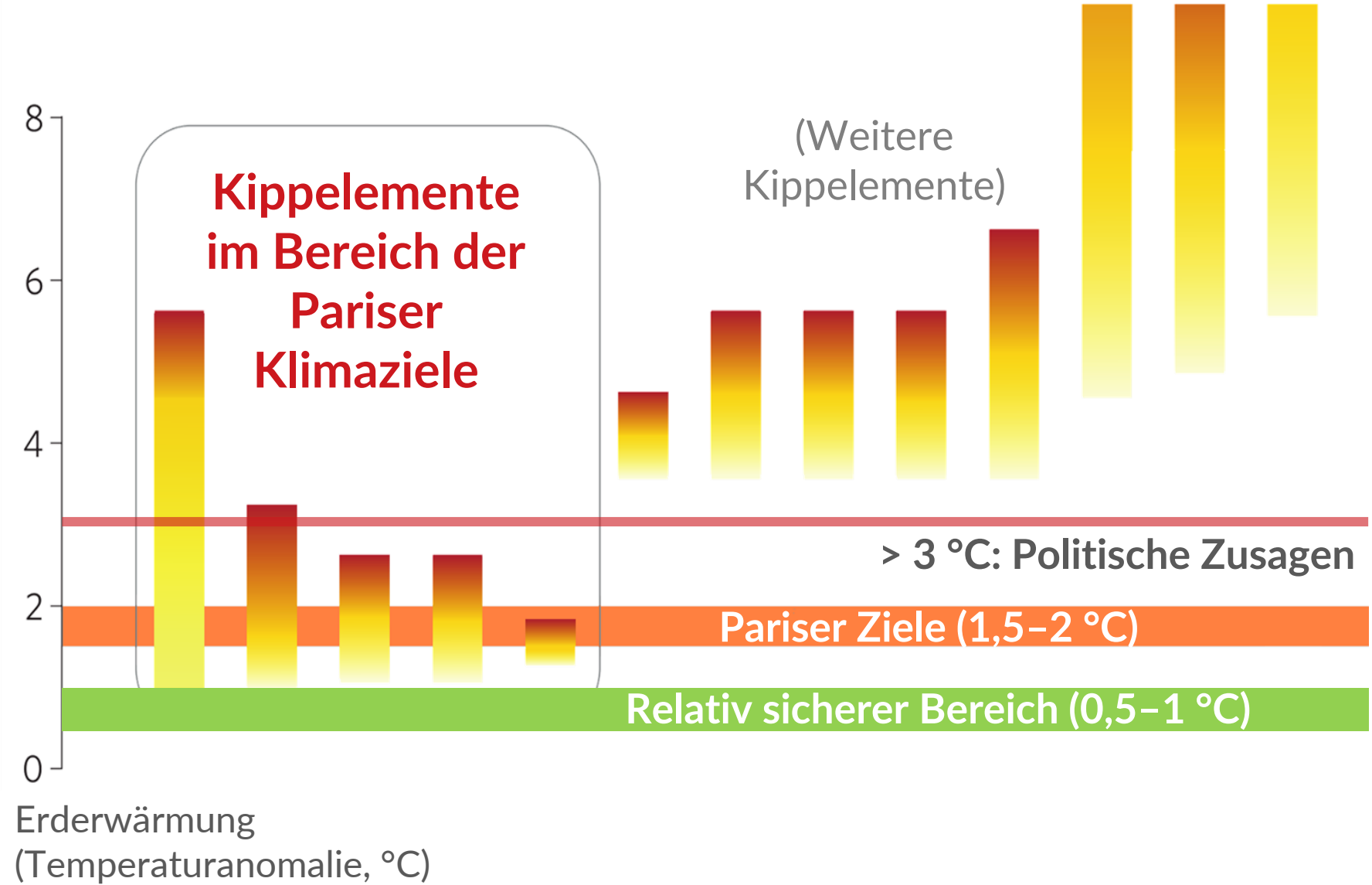
© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.



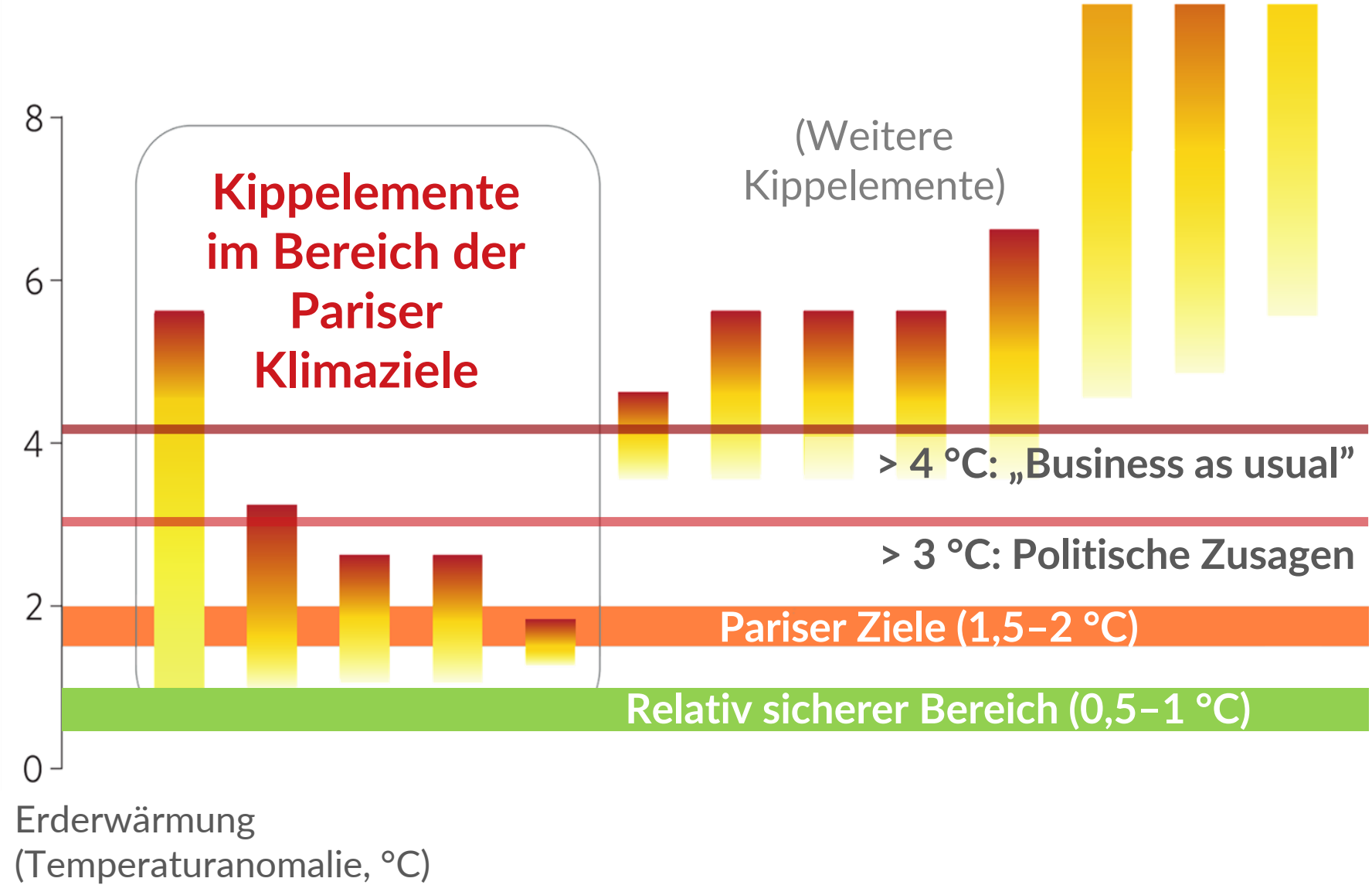
© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.



© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.



© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.

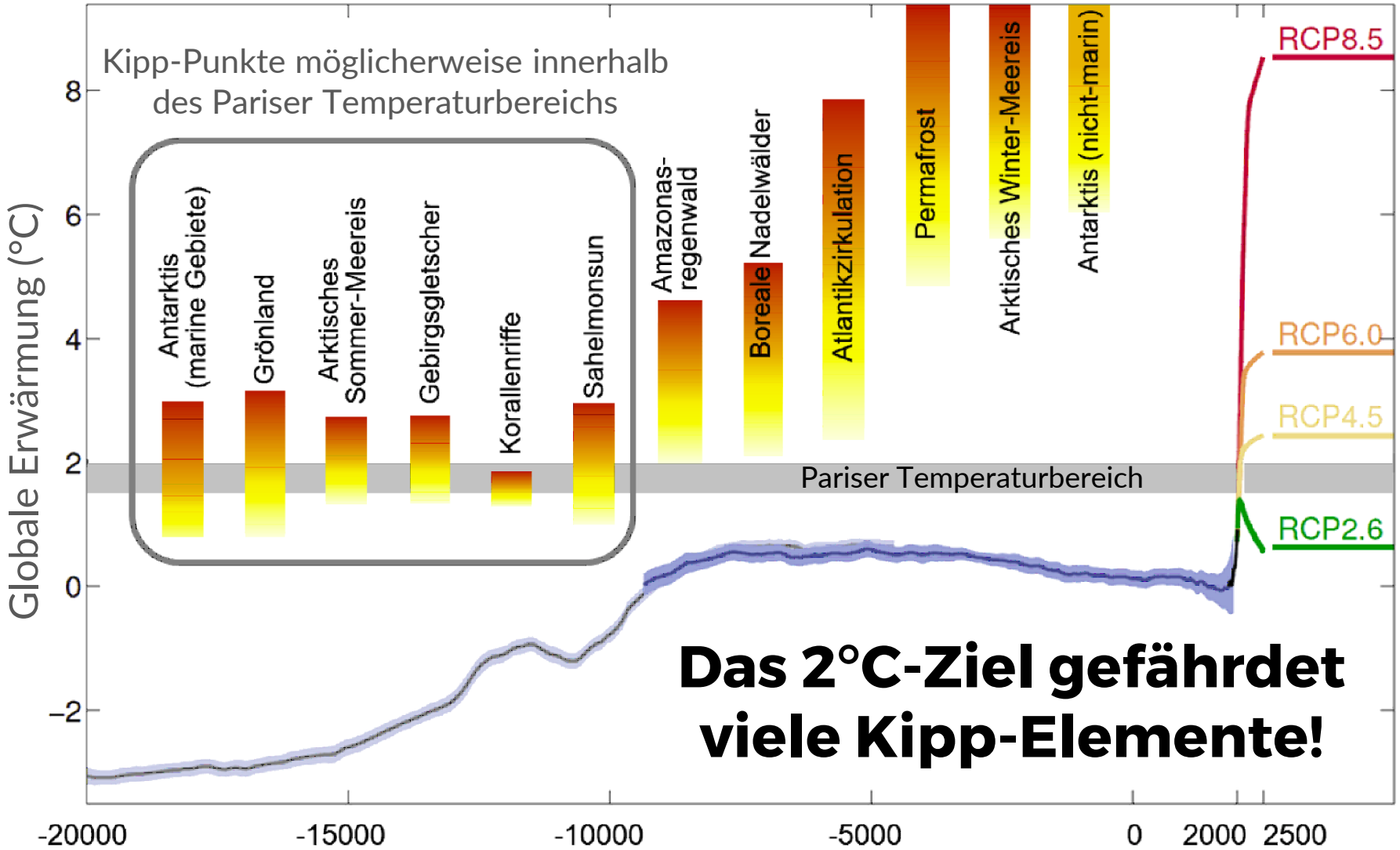


© Hans Joachim Schellnhuber, Stefan Rahmstorf, Ricarda Winkelmann, Nature Climate Change; simplified by Gregor Hagedorn; used under citation rights.

Kippelement im Bereich der Pariser Klimaziele

1. Marine Gebiete der Arktis
2. Grönlandeis
3. Arktisches Sommer-Meereis
4. Gebirgsgletscher
5. Korallenriffe
6. Sahelmonsun

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0



Stefan Rahmstorf, A. Levermann, R. Winkelmann, J. Donges, L. Caesar, B. Sakschewski, K. Thonicke 2019, used by permission.

Vorsorgeprinzip für Kipp-Punkte

Systeme mit Kipp-Punkten ändern ihr Verhalten in der Nähe ihres kritischen Grenzwertes drastisch. Daher wissen wir

- zwar relativ genau, dass es einen Kipp-Punkt gibt,
- aber in der Regel nur ungenau, wo er sich befindet.

Kippelemente im Erdsystem sind daher mit Methoden wie **Risikoanalyse** und **Vorsorgeprinzip** zu behandeln.

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Vorsorgeprinzip für Kipp-Punkte

↑
Risiko

← Kipp-Punkt ist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit überschritten

← Kipp-Punkt kann bereits hier überschritten werden

© Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Info zu folgenden Visualisierungen

Die folgende Visualisierung wird auch als

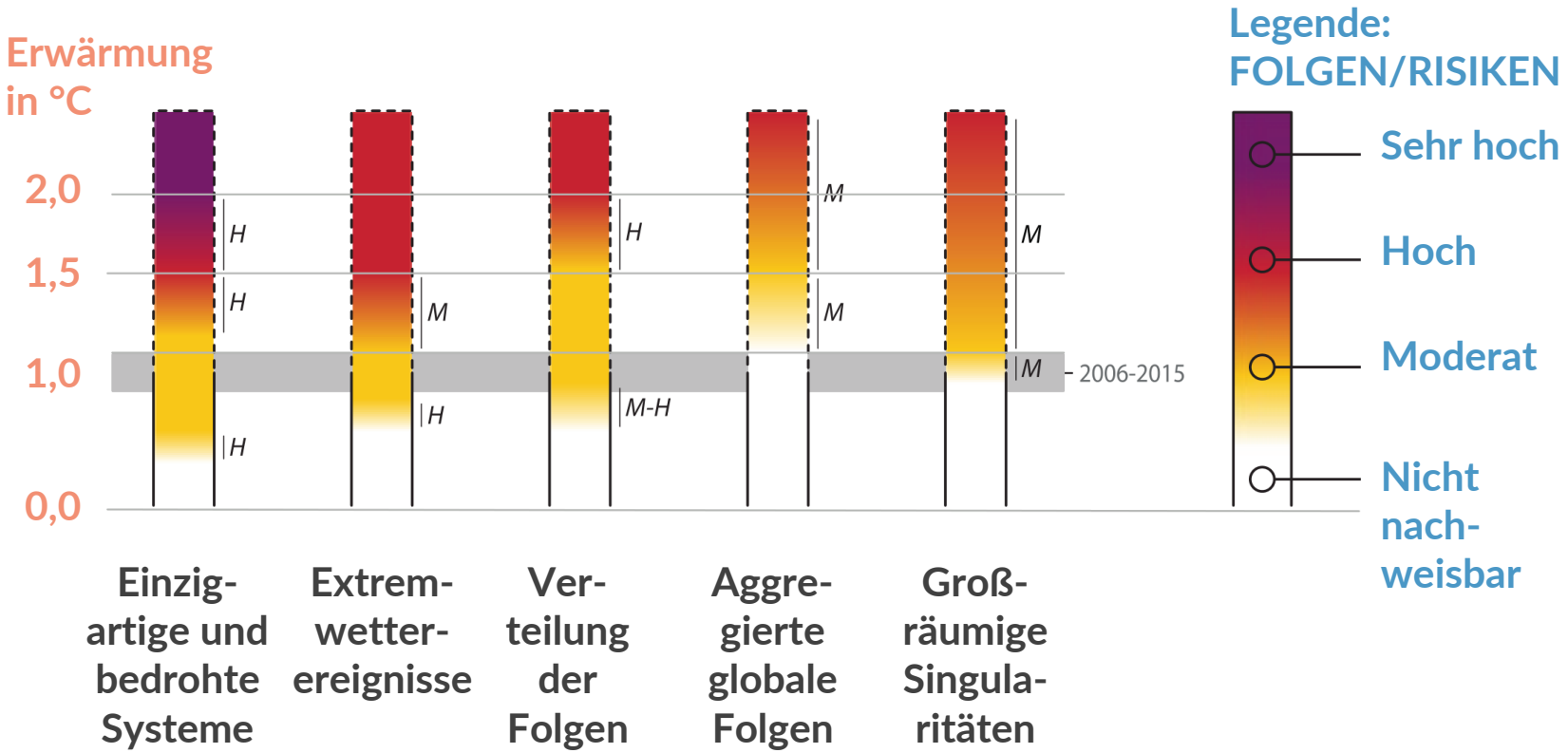
„burning embers“,

das heißt, „brennende oder glühende Kohlen“ bezeichnet.
Aufgrund der Form wäre vielleicht:

„glühende Briketts“

eine gute Übersetzung?
Andere Vorschläge?

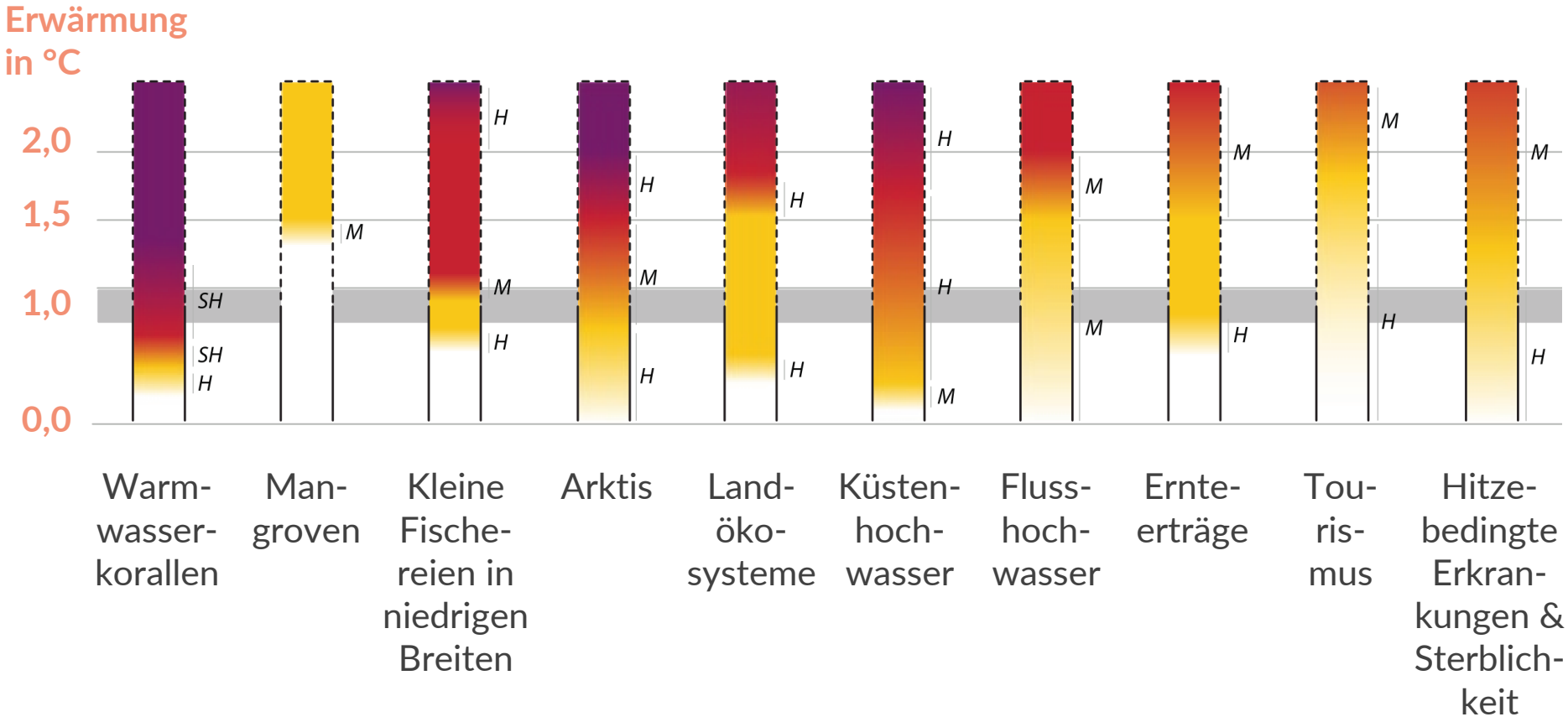
Mit Gründen zur Besorgnis verbundene Folgen und Risiken (IPCC 2018, SR 1.5)



© IPCC 2018, modified by G. Hagedorn, used by permission to Scientists for Future

Folgen und Risiken ausgewählter Systeme

(IPCC 2018, SR 1.5)



© IPCC 2018, modified by G. Hagedorn, used by permission to Scientists for Future

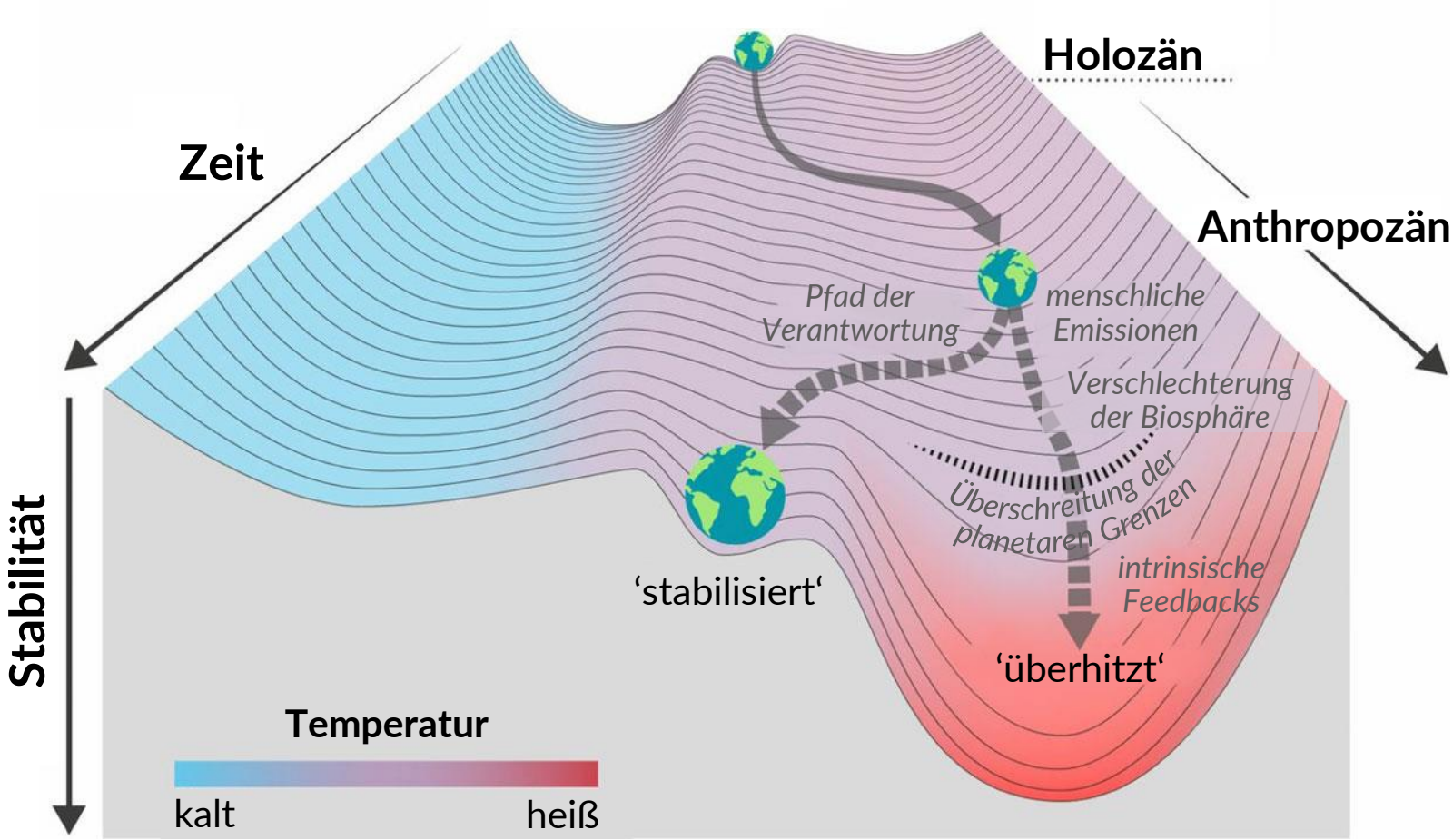
Visualisierungen

Folgende Folie(n)

Es folgen eine oder mehrere Visualisierungen, was Kipp-Punkte für das Erdsystem bedeuten können.

Diese Visualisierungen sind kein datengestützten Grafen, sondern Versuche die aufgrund von Daten gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse vorstellbar zu machen.

Visualisierung möglicher Pfade des Erdsystems

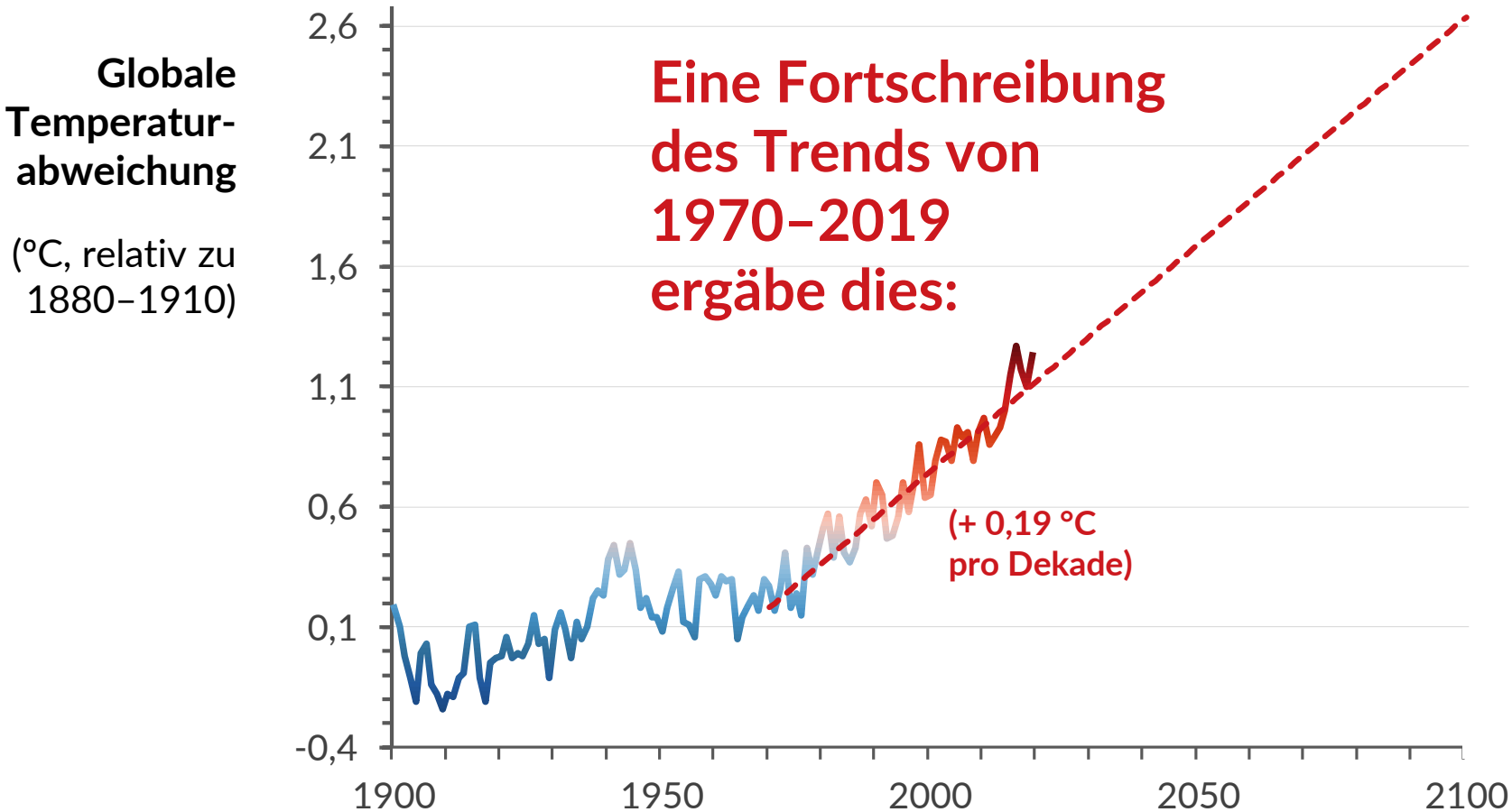


© Steffen et al. 2018. Fig. 2. PNAS. https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115. CC BY-NC-ND 4.0 (unchanged image). Translated by Catherine Eckenbach and Gregor Hagedorn

Video

Ein älteres aktivistisches Video von Leo Murray von 2009 über Kipp-Punkte verwendet ein ähnliches Bild:

https://vimeo.com/4671694

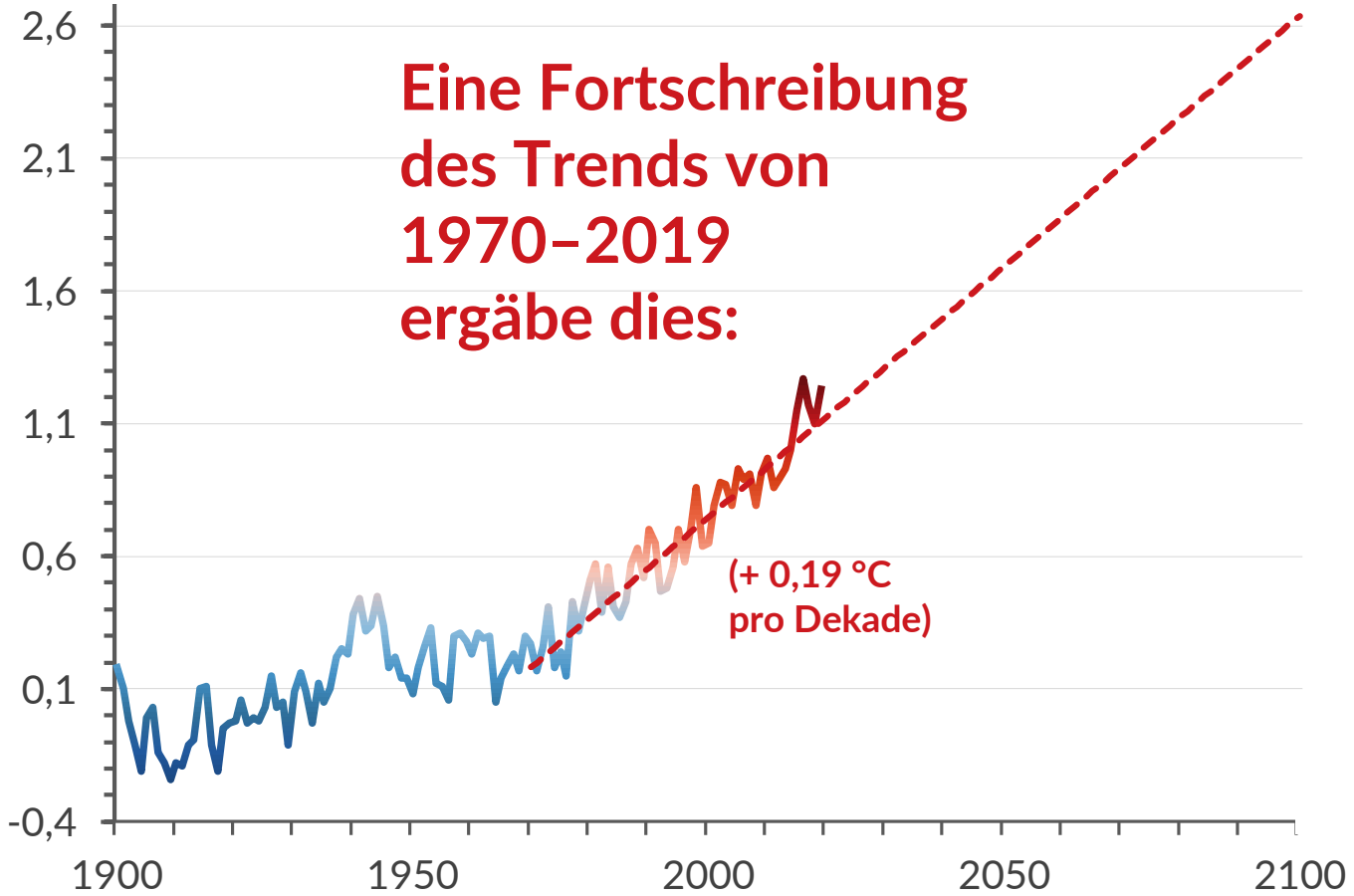


© Graph Scientists4Future, CC BY-SA 4.0, Data NASA GISS, corrected for 0 = 1880-1910

… und die Zukunft?

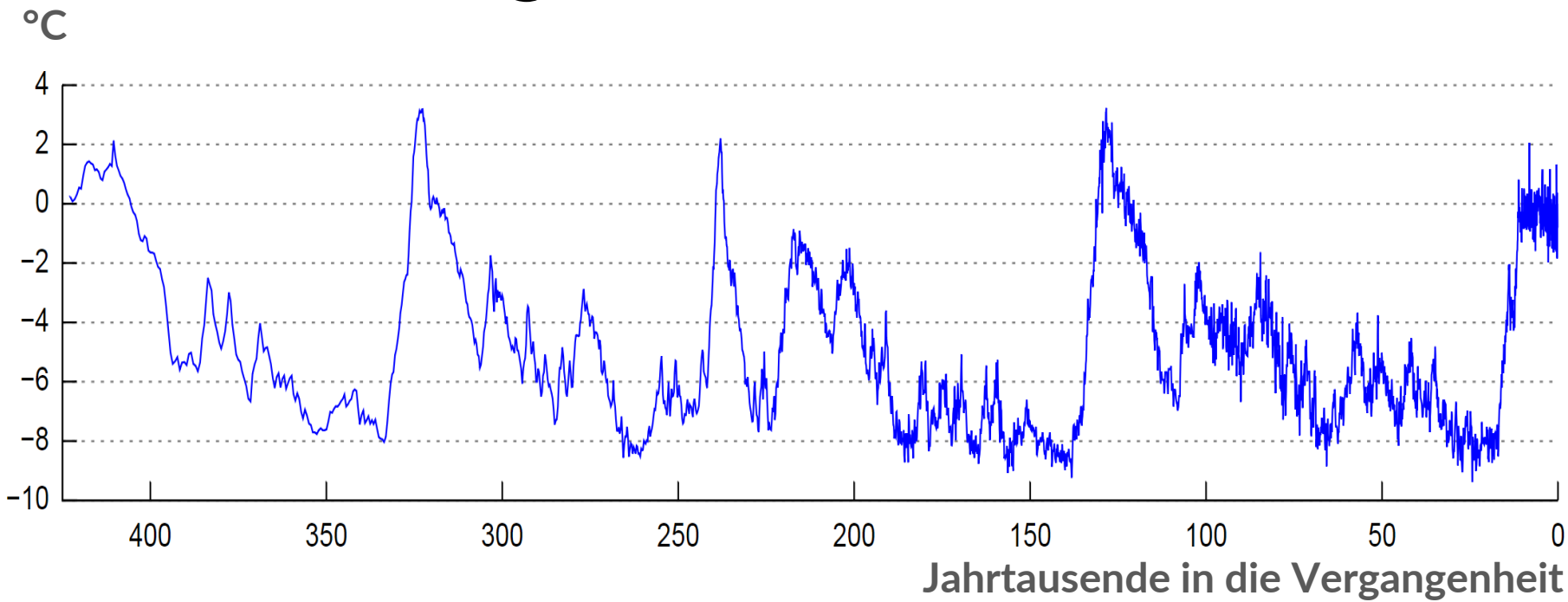
Globale Temperatur-abweichung

(°C, relativ zu 1880–1910)



© Graph Scientists4Future, CC BY-SA 4.0, Data NASA GISS, corrected for 0 = 1880-1910

2–5°C klingt harmloser als es erdgeschichtlich ist …



© Modified after Maksim, Autopilot. CC BY-SA 3.0, "Vostok_Petit_data.svg" from Commons

Kipp-Punkte
sind nicht
vorhersagbar!
Das 2°-Ziel ist
nicht „sicher“!

Allgemeine Information

Diese Folien sind eine *Materialsammlung* unter offenen Lizenzen für Vorträge, Poster, Flyer, etc.

Für eine fertige Präsentation ist es wichtig, sorgfältig auszuwählen und die Inhalte eigenständig zu erkunden und in eigene Zusammenhänge zu bringen.

Wir ermutigen euch dazu, den eigenen Bezug zum Thema als Ausgangspunkt zu wählen und selbstbewusst den hier aufgeführten wissenschaftlichen Konsens weiterzutragen.

Wir wünschen euch viel Erfolg!

Weitere Infos:

Es gibt meist drei Sätze: „Mittelstufe“, „Oberstufe“, „Vertiefung“.

Alle Folien enthalten zusätzliche Informationen (z. B. Quellen). Stellt euer Programm zur Bearbeitung der Folien bitte so ein, dass der „Notes/Notizenbereich“ sichtbar ist.

Folien mit blauem Hintergrund (wie hier) sind Hinweise für die Vorbereitung, nicht für Vorträge.

Für einige Folien gibt es Varianten für verschiedene Zielgruppen bzw. kurz für Vortrag + lang für Druck/Web.

Die meisten Folien versuchen, die aktuelle Situation wissenschaftlich korrekt darzustellen. Folien zu positiven Entwicklungen, Handlungsoptionen oder Einschätzungen erheben hingegen keinen Anspruch auf Objektivität.

Bei Überarbeitung bitte den eigenen Namen hinzufügen („© Erstautoren, modif. EuerName“). Copyright und Lizenzangaben dürfen (außer bei CC0) nicht gelöscht werden (aber an anderer Stelle erscheinen). Mehr in „Vertiefte Informationen zu Lizenzen.pptx/pdf “.

Bitte helft mit!

Wir würden diese Sammlung gerne verbessern:

1. Hattet ihr Fragen, die nicht angesprochen wurden?

2. Manche Folien sind nur vorläufig geprüft, andere sind vielleicht zu kompliziert.
Bitte schickt Verbesserungsvorschläge, Hinweise auf Fehler oder Ungenauigkeiten als Kommentare in der Datei (siehe unten). Falls ihr Powerpoint verwendet, nutzt bitte die eingebaute Kommentarfunktion.

3. Habt ihr eigene oder verbesserte Folien? Bitte schickt sie uns mit Copyright („© Namen-der-Urheber“) und Lizenzangabe (ideal ist „CC BY-SA 4.0“) an g.m.hagedorn@gmail.com.

4. Habt ihr andernorts gute Grafiken gesehen, die hier sinnvollerweise ergänzt werden sollten? Bitte nennt die Quelle (möglichst auch Webadresse) und gebt an, ob lizenziert oder unter Zitatrecht verwendet.

Rücksendung von Ergänzung/Kritik: Eigenen Namen an Dateinamen anhängen, hier hochladen: https://owncloud.gwdg.de/index.php/s/Szm8vDJ60zmwNgX (= UPLOAD-ONLY Folder) und E-Mail an g.m.hagedorn@gmail.com.

Dankeschön – Gregor

Verwendete Schriftarten

Überschriften: Montserrat Fett/Bold
Text: Lato (Regular, Semibold), teilweise weitere Schnitte

(Beide Schriftarten sind OpenSource und können z. B. von Google Fonts heruntergeladen werden:
https://fonts.google.com/specimen/Montserrat
https://fonts.google.com/specimen/Lato)