

Der Klimawandel

Fokus: Kipp-Punkte

Materialsammlung von Scientists for Future
Version für Fortgeschrittene & Oberstufe

Version: 2. Juni 2022 (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 info-de.scientists4future.org/praesentationen verlinkten Originaldateien verfügbar.

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



PDF ist nicht immer optimal

Folien mit Animationen (d. h. Grafiken oder Text erscheint Schritt-für-Schritt) werden bereits teilweise in mehrere PDF-Seiten zerlegt (die PDF-Seitenzahl stimmt daher nicht mit der Folienzahl überein).

Falls Videos und besondere Animationen vorhanden waren, können diese jedoch fehlen. Teilweise wird von uns hierzu eine Warnung eingefügt, teilweise ist es unbearbeitet.

Powerpoint- und LibreOffice-Dateien befinden sich unter:
scientists4future.org/infomaterial/presentationen/

Informationen vorab

1. Folien mit blauem Hintergrund (wie diese) dienen Verständnis und Vorbereitung, nicht der Nutzung in Vortrag/Poster/etc.
2. Die Sammlung ist durchgesehen, aber die Qualität entspricht nicht unbedingt einer gereviewten wissenschaftlichen Publikation. Wir ergänzen stetig neue Folien und finden immer wieder selbst Fehler. Prüft daher bitte Inhalt und Form der Materialien vor eigener Verwendung selbst. Wir sind für Hinweise auf Fehler und Verbesserungsmöglichkeiten dankbar!
3. Weitere Informationen (©/Lizenzen, Quellen, Notizbereich, Varianten, Kontakt, teilweise Hinweise auf Schulfächer) finden sich auf weiteren Blaufolien am Ende.

Eng verwandte Foliensammlungen

1. Klima-Hauptdatei: Klima__Hauptdatei ... pptx/pdf/odp
2. Weitere spezielle Sammlungen:
Klima_Budgetrechnungen ..., Klima_IPCC-AR6_WG_1/2/3 ..., CO2-Bepreisung_ ..., Umgang_mit_Klimawandelleugnern ..., Klima und Ökonomie ..., Klimagerechtigkeit ...
3. Vorträge, z.B.: 1,5_Grad_erreichen_1. / 2. / Diskurse Klimaschutzverzögerung / Klimagerechtigkeit (Hernandez / Santarius) / Erschöpfung fossiler Brennstoffe / Kipp-Elemente und viele mehr
4. Klima-Videos: Klima-Videos-1__Erde_Globus ... bis Klima-Videos-5__Greta_Thunberg_WEF2020 ... pptx/pdf/odp
5. Link-Sammlung: Klima - Links_und_Tipps ... pptx/pdf/odp

Weitere Links und Tipps

... befinden sich in einem eigenen Foliensatz:

[Klima_-_Links_und_Tipps_\(S4F-Sammlung\) ... pptx/odp /pdf](#)

Kipp-Punkte

Begriff

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

An diesem „**Kipp-Punkt**“ strebt das System nicht mehr zum alten Stabilitätspunkt zurück, sondern hin auf einen neuen, dann stabilen Zustand zu. Man kann dies mit einer Aktivierungsenergie erfordernden chemischen Reaktion vergleichen.

Auch wenn das System nicht mehr von alleine zum alten Zustand zurückkehrt, bedeutet es nicht, dass prinzipiell irreversibel ist.

Allerdings sind in der Praxis die meisten gekippte Systeme („Grönland oder Antarktis abgetaut“) ohne extreme Maßnahmen (Geoengineering, „neue Eiszeit“) nicht umkehrbar.

Schreibweise

Man kann „Kippunkte“ 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 $\pm 0,2$ 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?

**Wir sollten über
Kipp-Punkte
reden!**

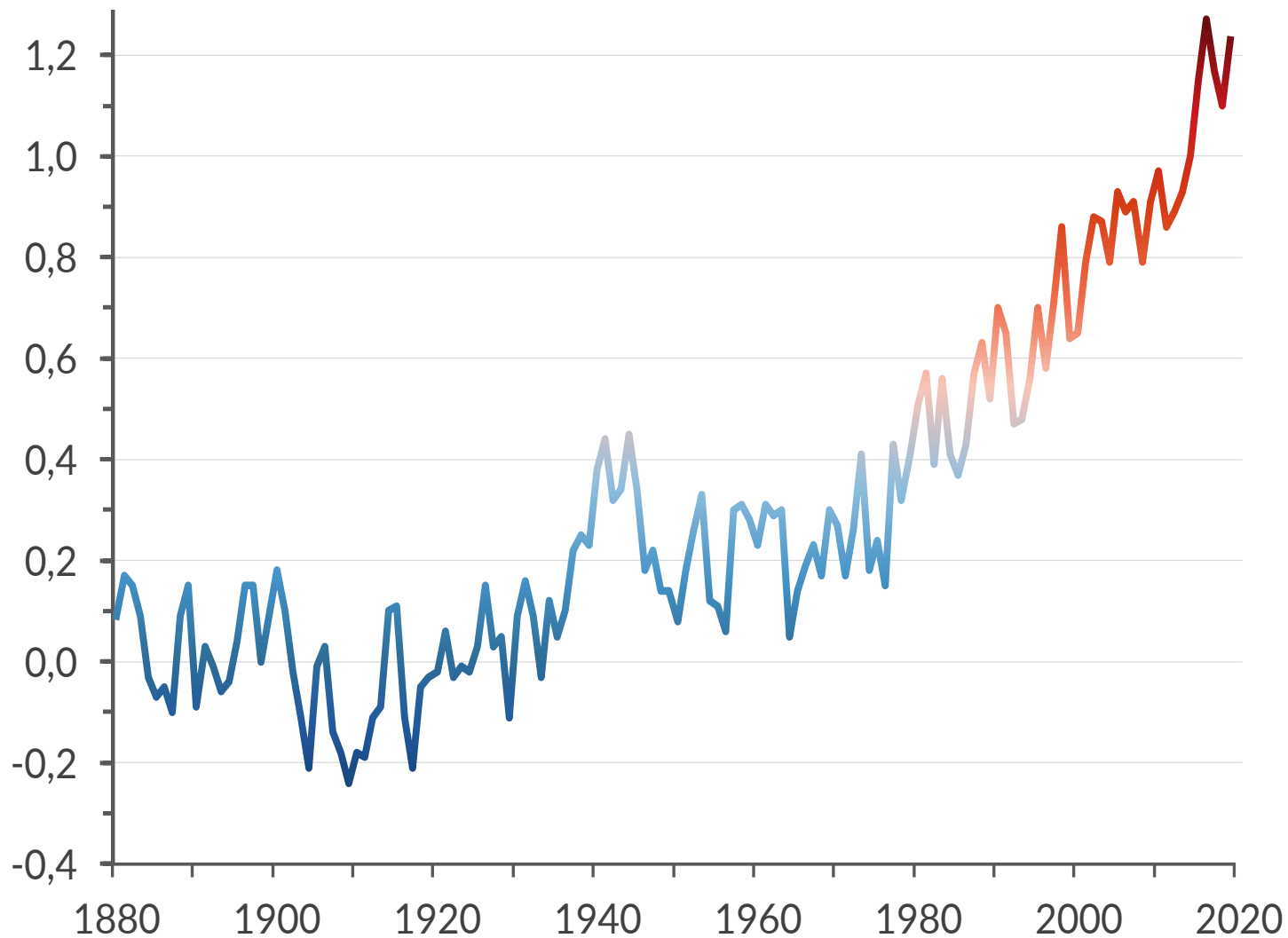
Alternativer Einstieg in Kipp-Punkte

Optional als Einführung durch erneute Aufnahme eines unter Umständen bereits vorher gezeigten Klimawandeldiagramms.

Möglicher Text:

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

**Globale
Temperatur-
abweichung**
(°C, relativ zu
1880-1910)



Lösen wir in naher Zukunft Kipp-Punkte aus?

Globale
Temperatur-
abweichung
(°C, relativ zu
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 den Versuch starten, den ganzen Turm schnellstmöglich bis zu einem Ziel zu schieben.

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

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

**„Kipp-Elemente“:
Manches ist
unumkehrbar.**



Kipp-Elemente 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 – der Kipp-Punkt des Kipp-Elements „Milchtopf“ ist überschritten.
4. Auch wenn man jetzt die Herdplatte ausschaltet, bringt man die Milch nicht mehr in den Topf zurück.

Kipp-Elemente und Milch:

5. Man hätte die Temperatur rechtzeitig vorher reduzieren müssen.
6. Wir können dies durchaus mit den Risiken der Temperatur-Kipp-Punkten des Erdsystems vergleichen. Allerdings haben wir hier sogar nur grobe Schätzung über die genauen Temperaturen der Kipp-Punkte.
7. Dennoch tun wir so, als könnten wir abwarten bis es „überkocht“ und erst dann handeln.

„Kipp-Elemente“: Manches ist unumkehrbar



Definition

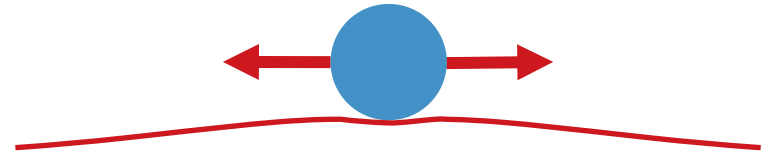
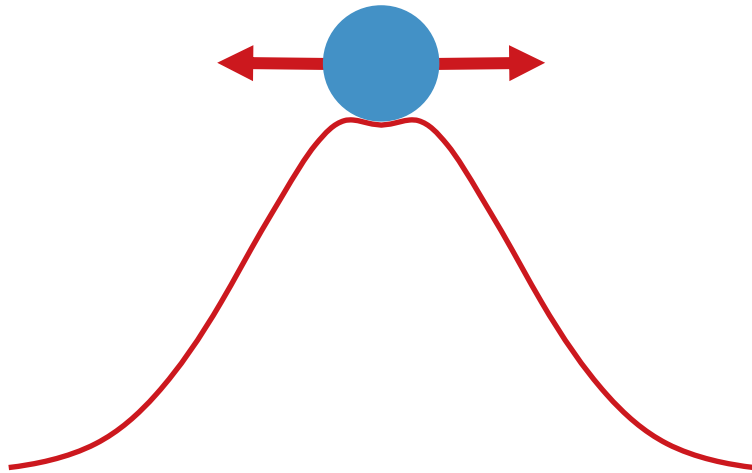
Kipp-Elemente sind Teile des Erdsystems, welche ab einem bestimmten Zustand, dem ***Kipp-Punkt***, eine stark veränderte Wirkung haben, z. B. auf das Erdklima.

Dies kann zu unumkehrbaren Zuständen führen.

Kipp-Elemente müssen nicht „schnell“ kippen.

Das vollständige Abschmelzen der antarktischen und grönländischen Eisschilde (→ Meeresspiegelanstieg von ca. 65 m) würde viele hundert Jahre dauern, aber unter Umständen unaufhaltsam sein.

Kipp-Elemente müssen nicht „*schnell*“ kippen.



Kipp-Elemente müssen nicht „stark selbstverstärkend“ sein.

Der Einfluss der Zerstörung der Korallenriffe auf das Klimasystem durch geringer CO₂-Bindung ist wahrscheinlich relativ gering. Der Verlust eines Viertels der marinen Fischarten wäre jedoch irreversibel.

Andere *Kipp-Elemente* können grundsätzlich – allerdings nur gegen große Widerstände des neuen Zustandes – reversibel sein.

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

Das Auslösen eines Kipp-Elementes 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 ...

**Was sind
wichtige
Kipp-Punkte?**

Übersichten Kipp-Elemente Erdsystem

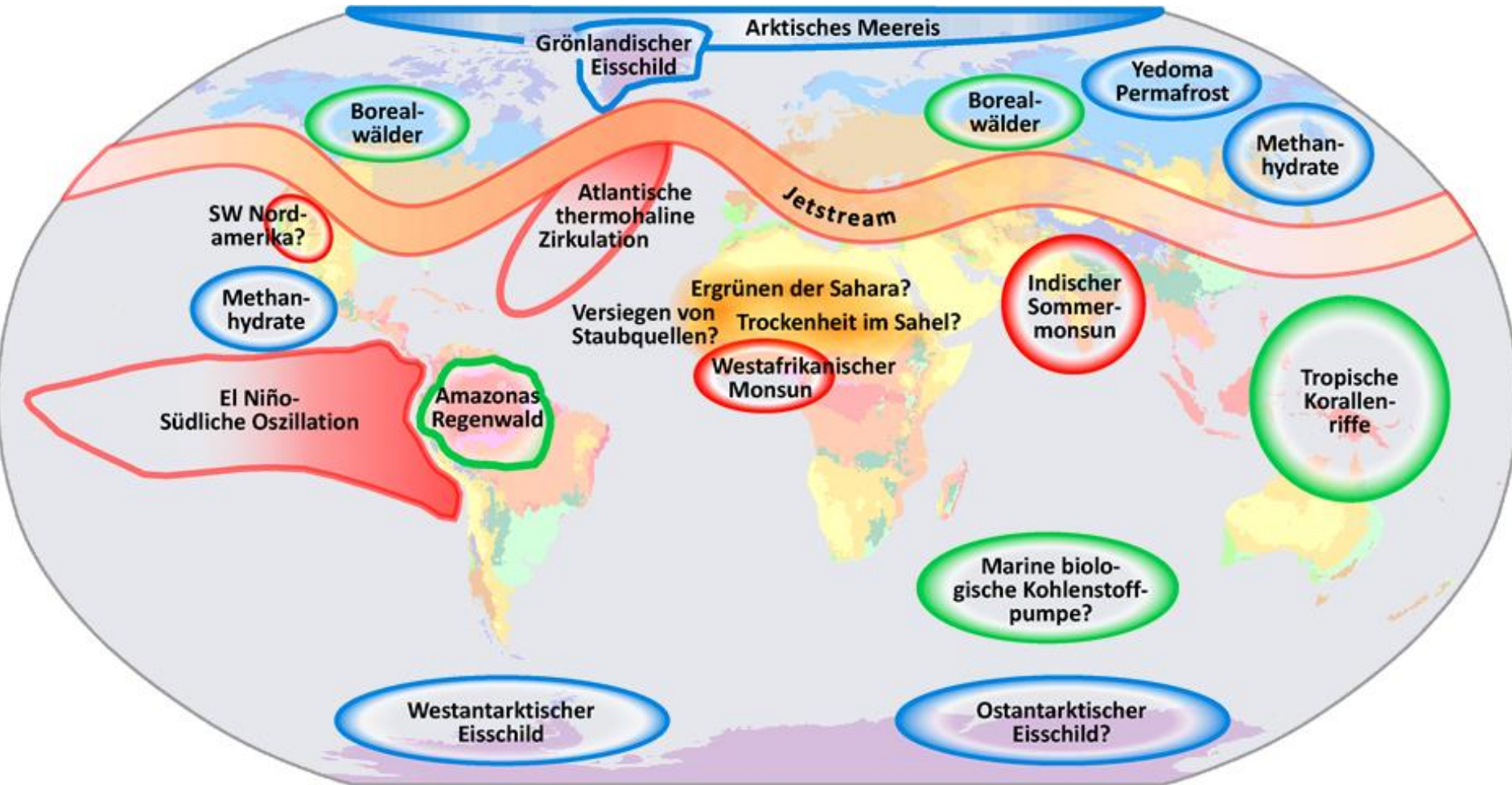
Auswählen aus:

1. Detaillierter Übersicht vom PIK* (Deutsch, Englisch)
2. Vereinfachter Übersicht, mit der Möglichkeit, die Kippelemente auf wenige zu reduzieren und nur diese zu besprechen.

Die Legenden sollten nur in PDF/Druck gezeigt werden.




* PIK: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Kipp-Elemente des Klimas



Kipp-Elemente des Klimas: Legenden

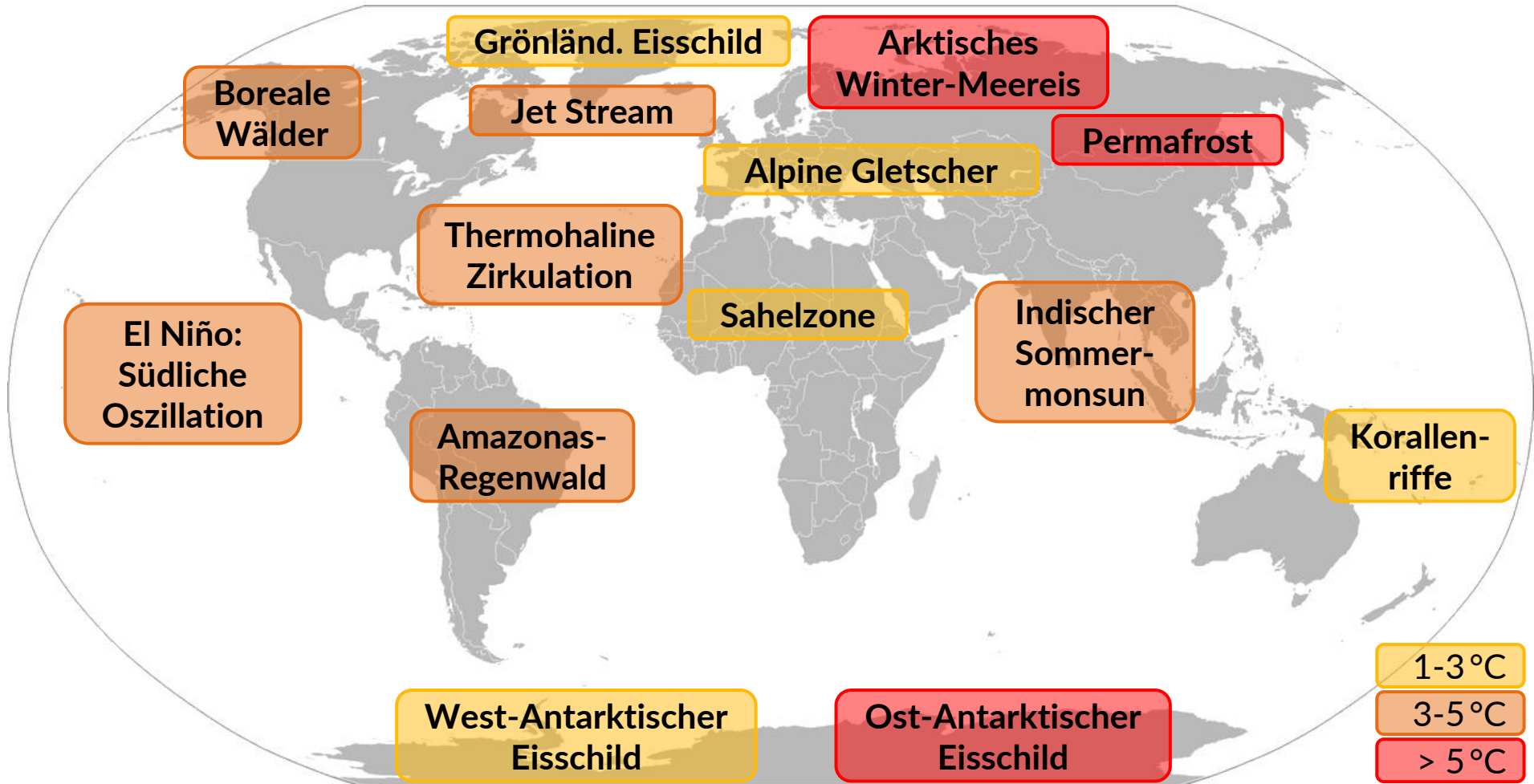
Klassifikation der Kipp-Elemente (Umrandung)

-  Eiskörper
-  Strömungssysteme
-  Ökosysteme

Die Landflächen zeigen die Klimaklassifikation nach Köppen; hier nicht weiter verwendet.



Denkbare Kipp-Elemente im Klimasystem

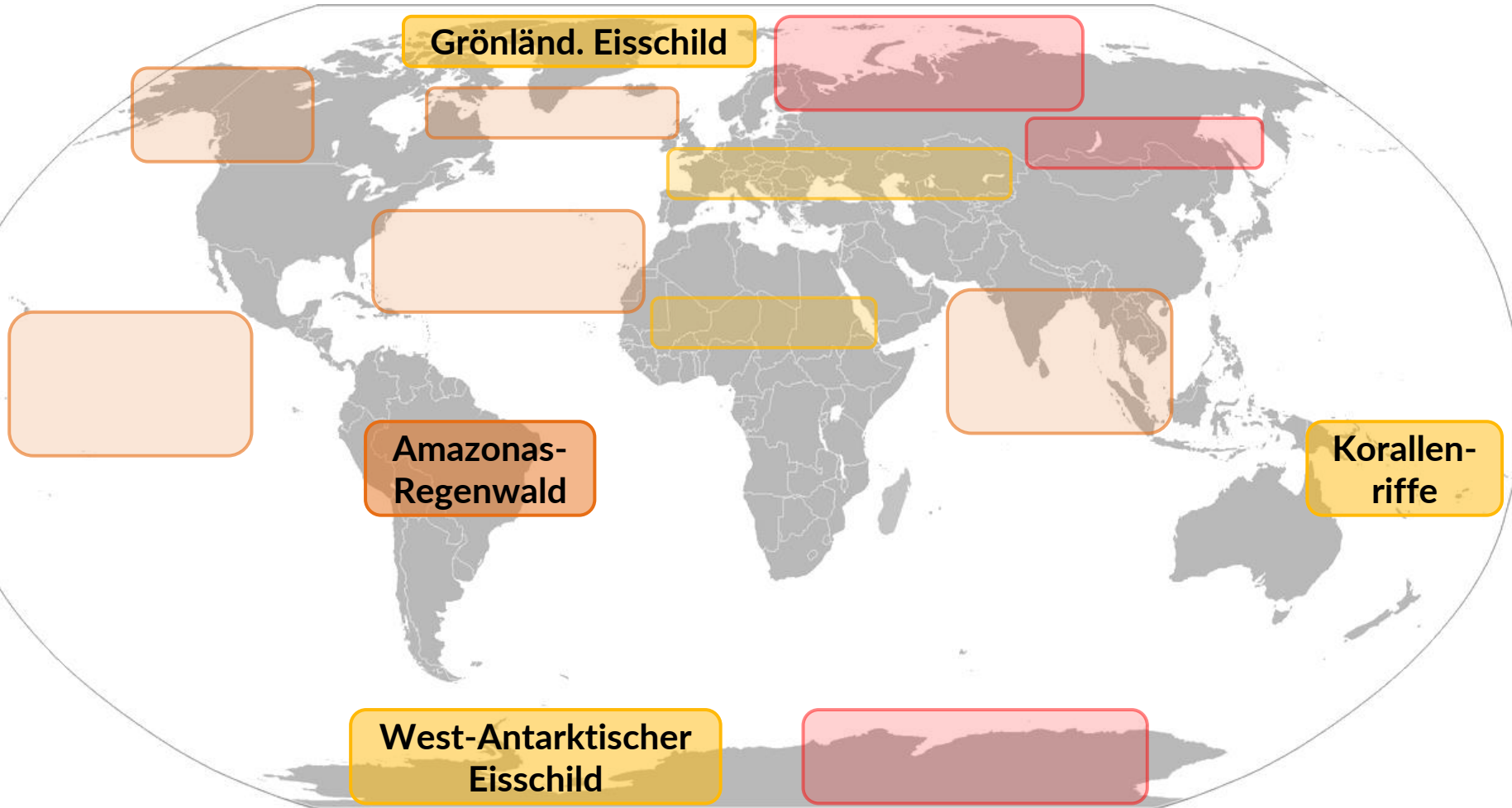


Folgende Folien

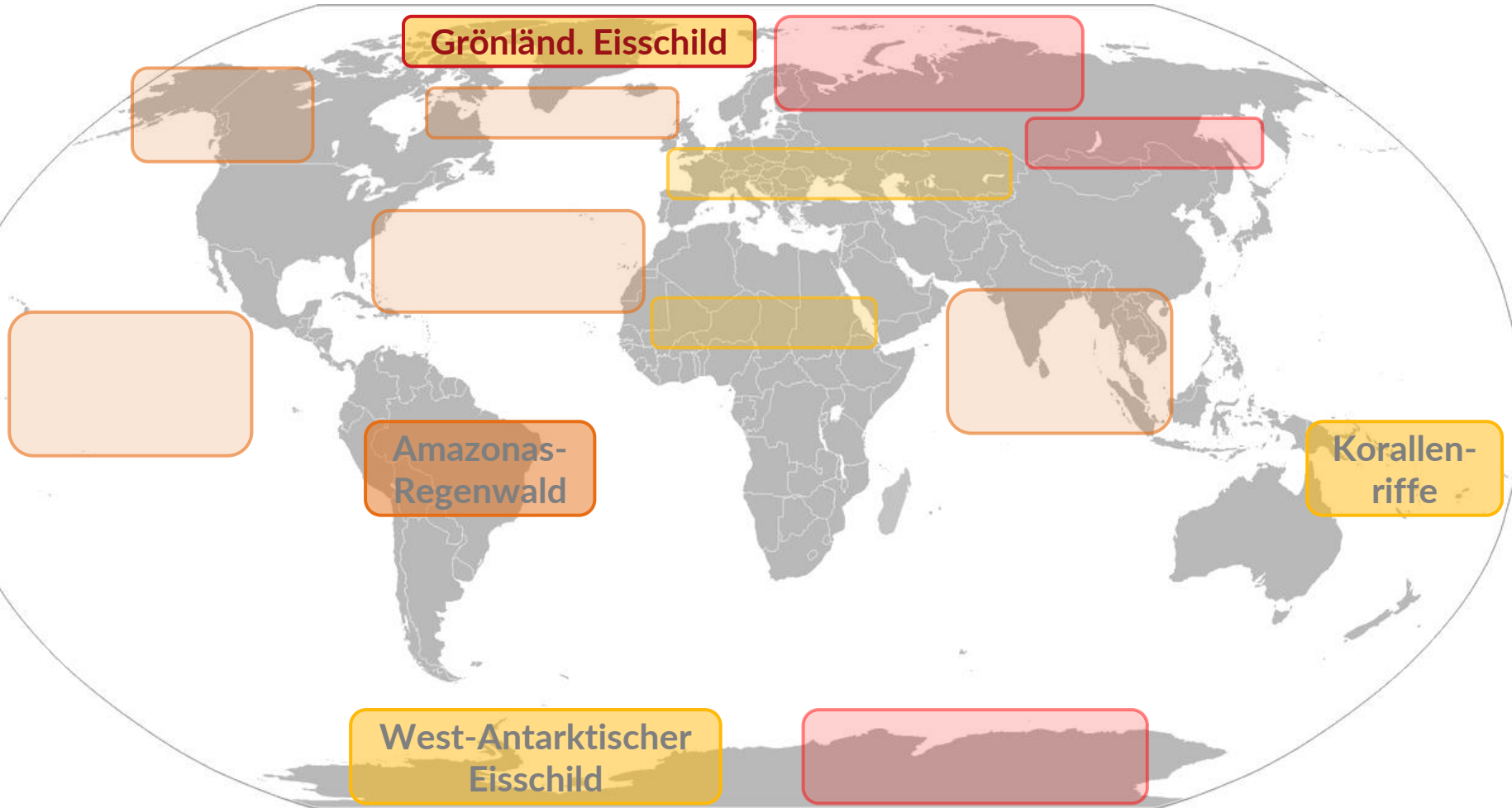
Da zu viele Kipp-Elemente/Kipp-Punkte verwirrend sind, empfiehlt es sich eine Auswahl zu treffen. Die hier gezeigte reduzierte Folie ist nur ein Beispiel; eine andere Auswahl ist je nach Kontext evtl. sinnvoller.

Die folgenden Folien illustrieren die ausgewählten Elemente/Kipp-Punkte.

Denkbare Kipp-Elemente im Klimasystem



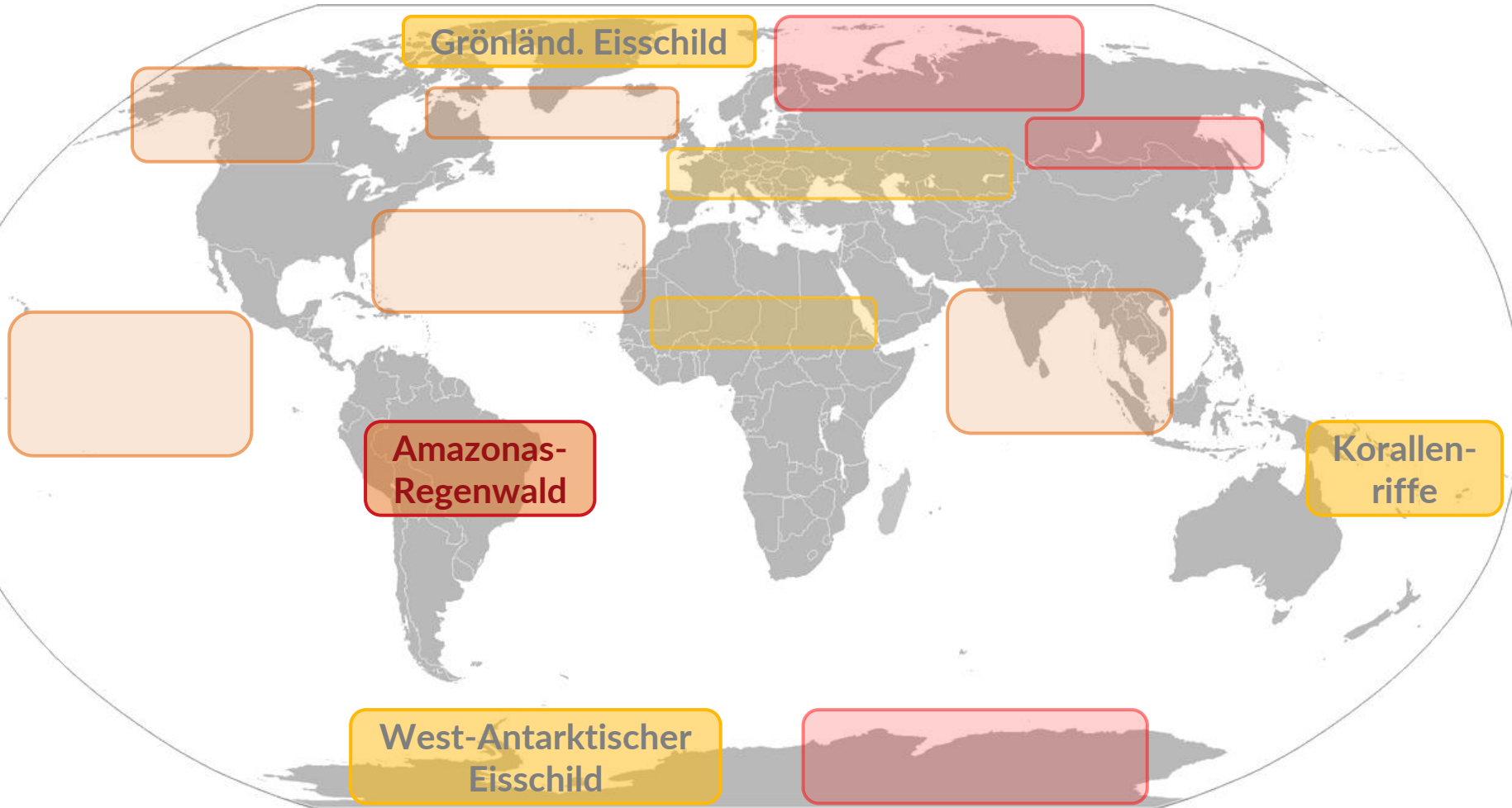
Denkbare Kipp-Elemente im Klimasystem



2019: Schmelzendes arktisches Eis



Denkbare Kipp-Elemente im Klimasystem



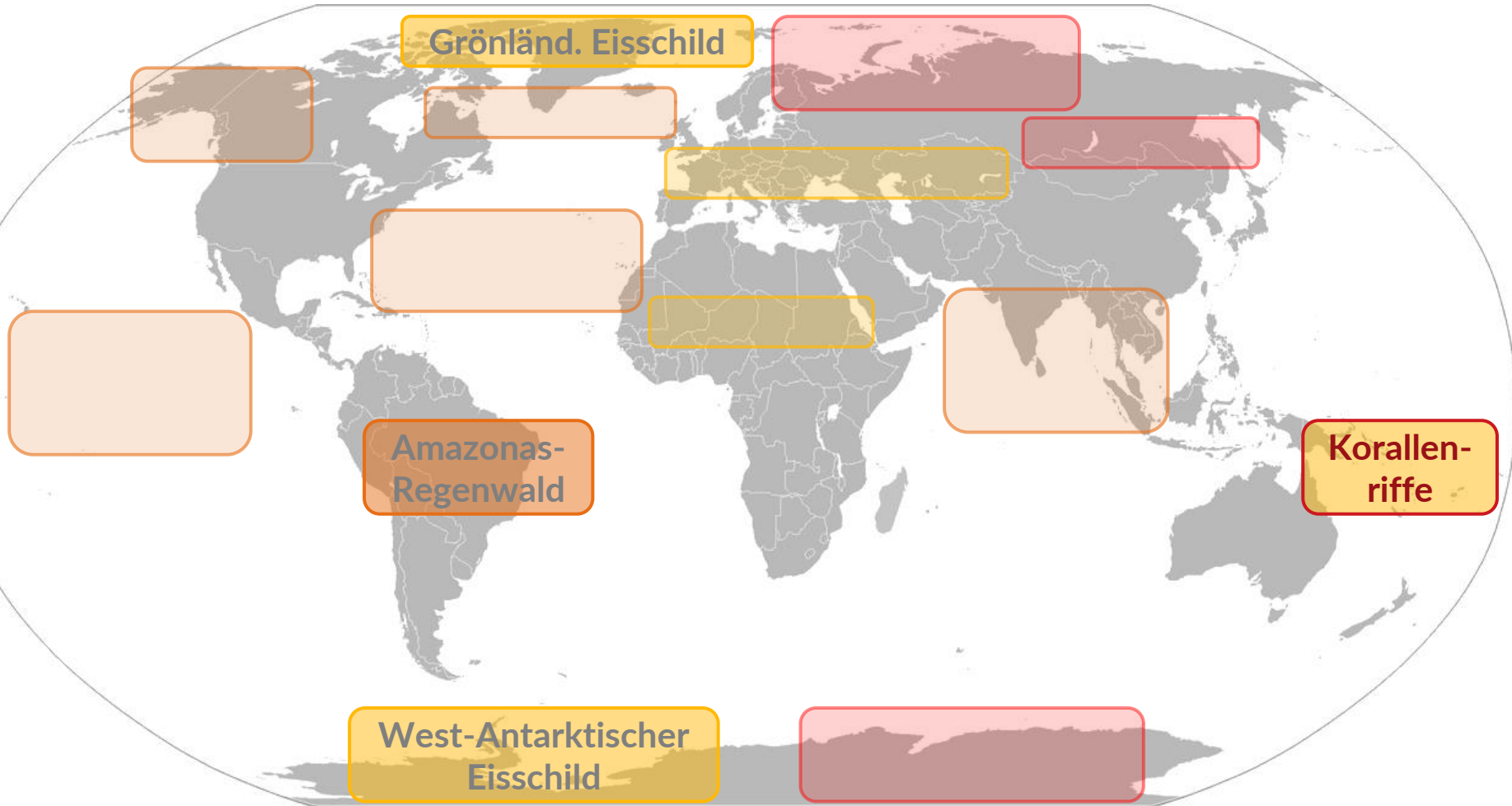
Der Amazonas brennt bereits jetzt immer wieder.



Aber wenn er abbrennt, wird sehr viel CO₂ frei!



Denkbare Kipp-Elemente im Klimasystem



Warmwasser-Korallenriffe



Warmwasser-Korallenriffe



Gesund

Warmwasser-Korallenriffe



Gesund

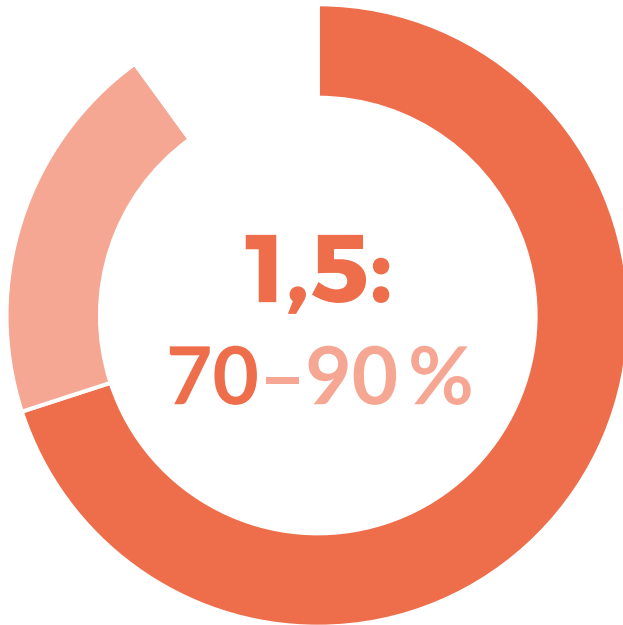


Gebleicht

Ein Viertel
der Fischarten
unserer Meere leben
in Korallenriffen

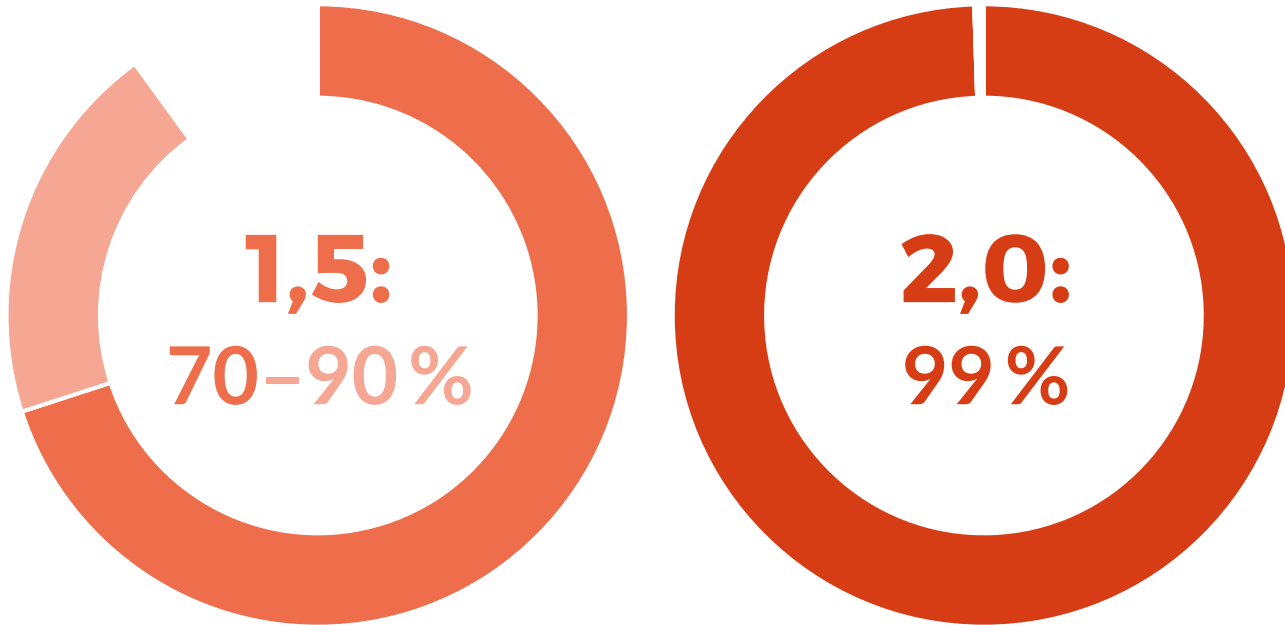
1,5 oder 2 Grad?

1,5 oder 2 Grad?



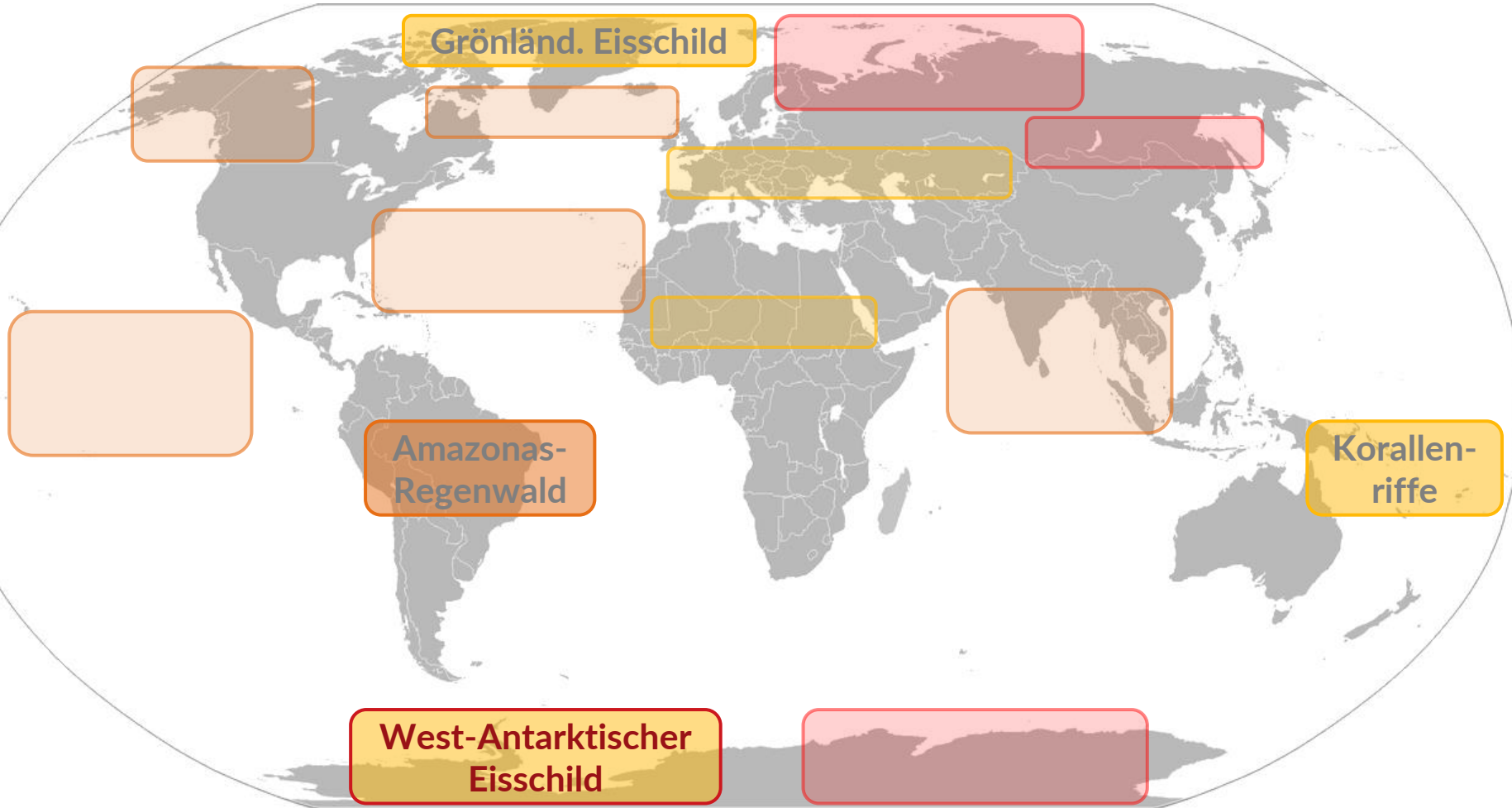
Zerstörung der Korallenriffe

1,5 oder 2 Grad?



Zerstörung der Korallenriffe

Denkbare Kipp-Elemente im Klimasystem



Weitere-Verweise:

1. Man kann im Klimasystem positive (Kipp-Punkte) und negative Rückkoppelungen (stabilisierend) unterscheiden. Siehe z.B.

<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/rueckkopplungen/negative-rueckkopplungen>

<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/rueckkopplungen/positive-rueckkopplungen>

2. Ein empfehlenswertes älteres Papier vom Umweltbundesamt ist noch:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3283.pdf>

Abhängigkeit von Kipp-Punkten

1. Kipp-Punkte beeinflussen einander. Dies erhöht das Risiko.

2. Leseempfehlung hierzu:

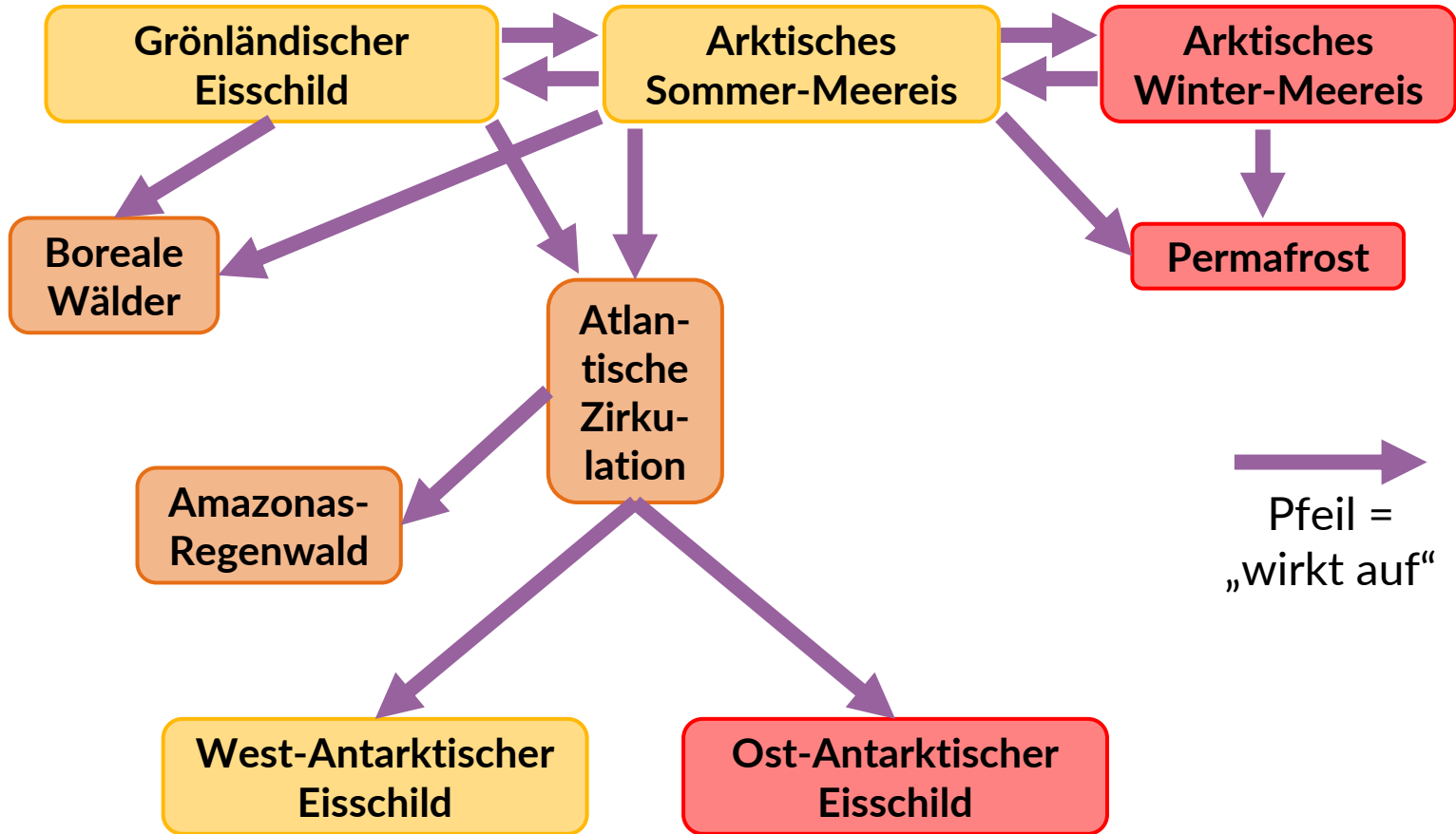
Timothy M. Lenton, Johan Rockström, Owen Gaffney, Stefan Rahmstorf, Katherine Richardson, Will Steffen & Hans Joachim Schellnhuber 2019. Climate tipping points – too risky to bet against. The growing threat of abrupt and irreversible climate changes must compel political and economic action on emissions. *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 der Risikoanalyse bedacht werden. Sicher belegt ist er jedoch nicht.

Neuere Artikel ab 2021:

1. Aktueller Artikel:
Nico Wunderling, Jonathan F. Donges, Jürgen Kurths, Ricarda Winkelmann 2021. Interacting tipping elements increase risk of climate domino effects under global warming. *Earth Syst. Dynam.*, 12, 601–619, <https://doi.org/10.5194/esd-12-601-2021>.
2. Artikel im Spiegel: „Der gefährliche Dominoeffekt der Kipppunkte“
<https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/klima-der-gefaehrliche-dominoeffekt-der-klimakipppunkte-a-9064b00f-f558-4f93-8a6c-9d9a1978b6dd>
3. In den Vertiefungs/Fortgeschrittenenfolien sind 6 Folien mit Grafiken aus der Arbeit unter CC BY 4.0 bereits aufbereitet (englisch).

Beispiele für Abhängigkeiten



**Können Kipp-Punkte
weitere Kipp-Punkte
auslösen?**



**Können Kipp-Punkte
weitere Kipp-Punkte
auslösen?**



Können Kipp-Punkte weitere Kipp-Punkte auslösen?

(Das ist grundsätzlich
möglich, aber nicht
sicher wissenschaftlich
belegt.)

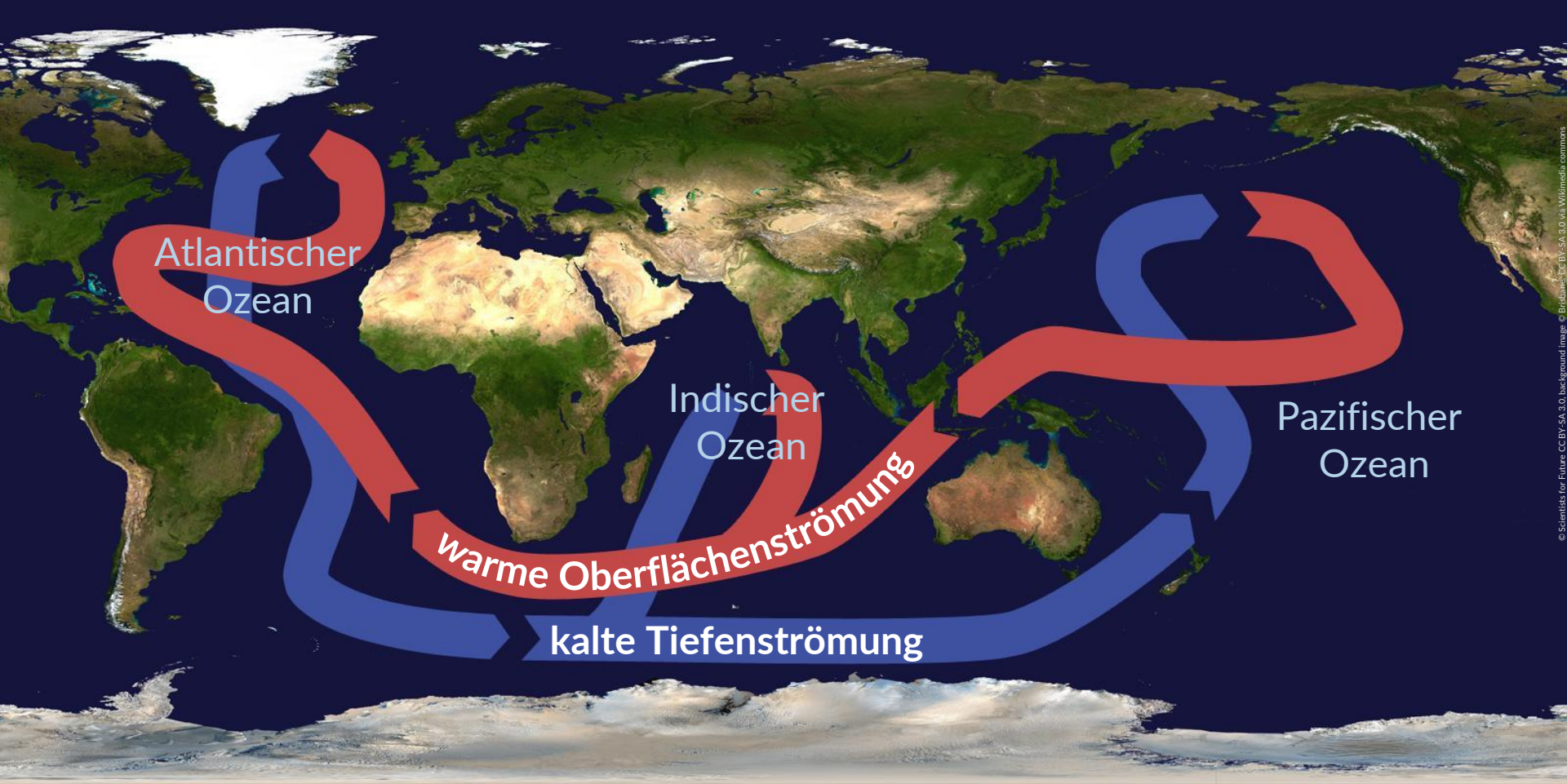


**(Einige zusätzlich
Illustrationen zu Kipp-
Punkten)**

Illustrierte Kipp-Punkte

1. Folien zu drei Kipp-Punkten sind hier vorhanden (Arktisches Eis, Ozeanzirkulation, Amazonas).
2. Zusätzlich könnten z. B. noch
 - Grönlandeis (Abschmelzen)
 - Korallensterbenaus der allgemeinen Klima-Sammlung (Abschnitt “Es passiert etwas”) genutzt werden.
3. Weitere Illustrationen wären willkommen!

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



Der Amazonas-Regenwald

- **Größter tropischer Regenwald der Erde**
- Heimat von ca. 10% aller Tiere, Pflanzen und Pilze
- Ökosystem ist mitverantwortlich für Wetterbildung und Niederschläge: ***Weniger Wald → weniger Niederschläge***
- **Schätzungen für Kipp-Punkt:
Zwischen 20% und 40% Waldverlust**
- Seit 1970 ca. 17% zerstört – d. h. wir sind nur noch 3–23% vom Kipp-Punkt entfernt!

Entwaldung und Klimawandel verstärken sich gegenseitig!

Der Amazonas-Regenwald

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?“

Der Amazonas brennt bereits jetzt immer wieder.



Aber wenn er abbrennt, wird sehr viel CO₂ frei!



**Kurzbeschreibungen
wichtiger
Kipp-Punkte**

Informationen zur Vorbereitung

Die folgenden Folien enthalten knappe Beschreibungen wichtiger Kipp-Elemente zur 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
- 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 in der Antarktis reicht, um den globalen Meeresspiegel 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 (also im Meerwasser auf Grund liegende) Anteil seines Eises in den Ozean fließen wird. Allein dadurch wird der Meeresspiegel weltweit um mehr als drei Meter ansteigen.

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

Höhentemperaturinstabilität (Antarktis & Grönland)

Die Eisschilde in der Antarktis und in Grönland ragen mehrere Kilometer hoch 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 dies 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 den Antarktischen Eisschild über dem Südpol liegt diese Temperaturgrenze wesentlich höher.

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 für die Trinkwasserversorgung von vielen Millionen Menschen.

Korallenriffe

Bereits jetzt sterben in historisch gesehen unbekanntem Ausmaß tropische Korallenriffe – bisher meist noch nur 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.

Monsunsysteme (insbesondere Sahel-Monsun)

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

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

Tropische Wälder

Der Amazonas-Regenwald ist stark vom Klimawandel betroffen. Bereits heute sind Teile den neuen Klimabedingungen nicht gewachsen und sterben ab. Zunehmende Dürren verwandeln den Amazonaswald von einer Kohlenstoffsенке in eine Kohlenstoffquelle.

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

Der gesamte ober- und unterirdisch gespeicherte Kohlenstoff in der Amazonasregion beträgt ca. 80–120 Milliarden Tonnen. Würde dieser im Extremfall vollständig freigesetzt, entspräche das 8–12 Jahren der heutigen globalen fossilen CO₂-Emissionen und hätte drastische Folgen für das Klima.

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. in Kanada, Russland, Schweden). In der Übergangszone des nördlichen Waldgürtels zur Steppe ist die Regeneration des Baumbestandes möglicherweise durch zunehmende Trockenheit und Hitzestress gefährdet.

Atlantikzirkulation

In der Atlantikzirkulation („Golfstrom“) 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 die Abkühlung und das Absinken des warmen Salzwassers 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.

Permafrost

Die Gebiete mit Permafrost enthalten 1 300–1 600 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 könnte 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 Permafrost wird eine für Jahrhunderte nicht zu kontrollierende Quelle von Treibhausgasemissionen geschaffen. Auch nachdem die direkten anthropogenen Emissionen beendet wurden, führt dies zu weiterer Erwärmung.

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 auch 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 bereits schwimmendes Meereis schmilzt, erhöht dies übrigens nicht den Meeresspiegel!

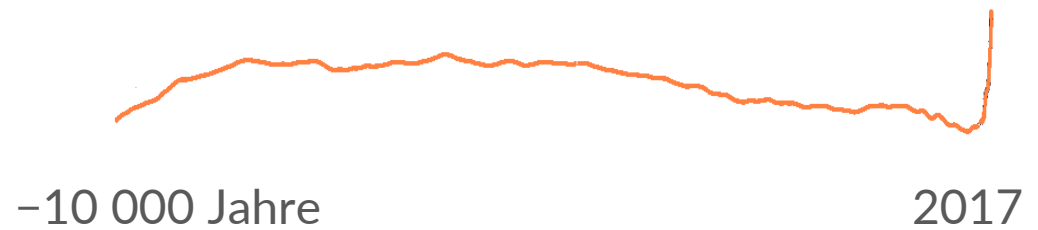
**Wann kippen
welche Kipp-
Elemente?**

Info zu Pariser Zielen und Kipp-Punkten

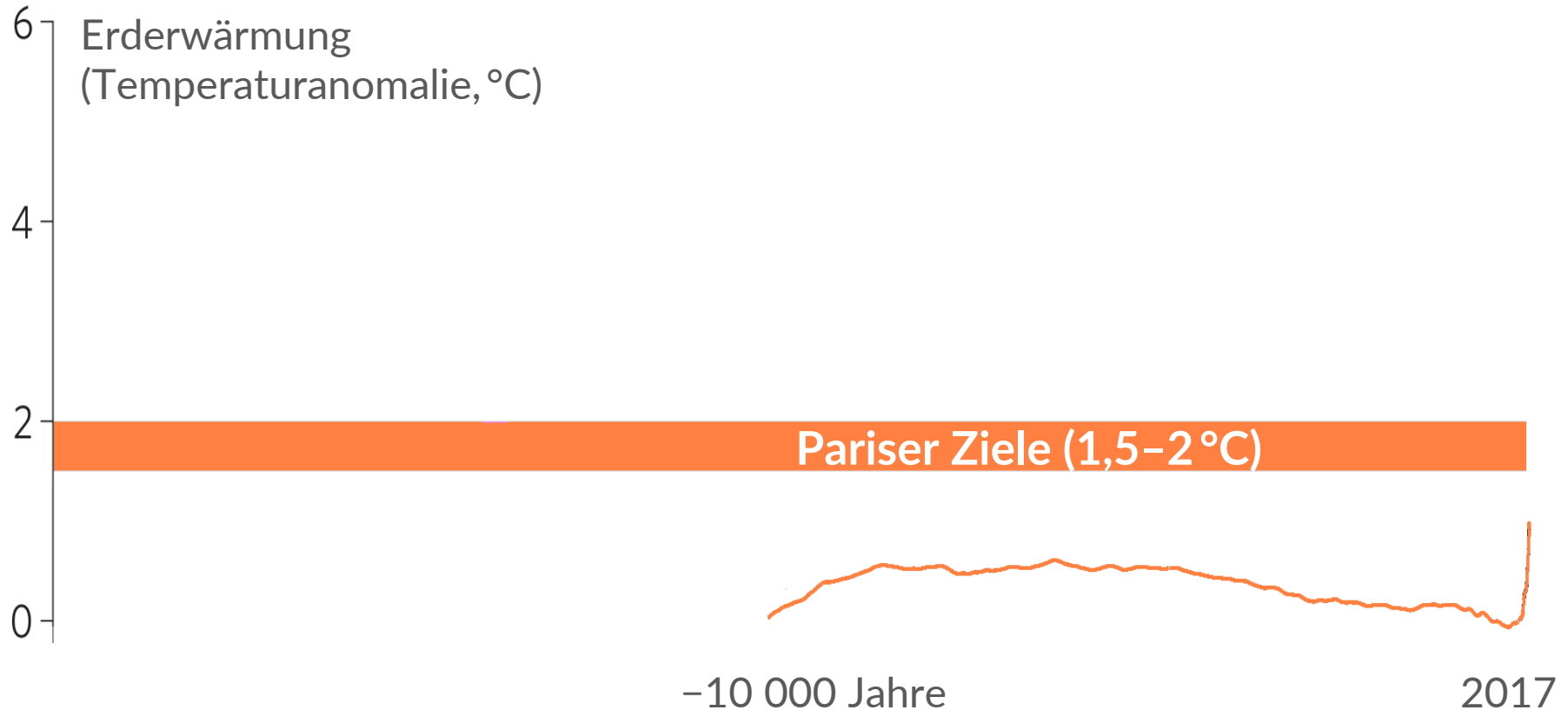
1. Die erste Folie etabliert die Grenzen, um die Gesamtdarstellung zu verstehen.
2. Die Namen der Kipp-Elemente sind zur Vereinfachung hier bewusst weggelassen. Es erfordert sehr viel Zeit, hier ausführlich auf alle Kipp-Elemente und deren Temperatursensitivität einzugehen.
3. Der Farbverlauf bedeutet: „Unwahrscheinlich“ (gelb) 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 CO₂-Senke als auch ein Viertel aller marinen Biodiversität verloren geht.

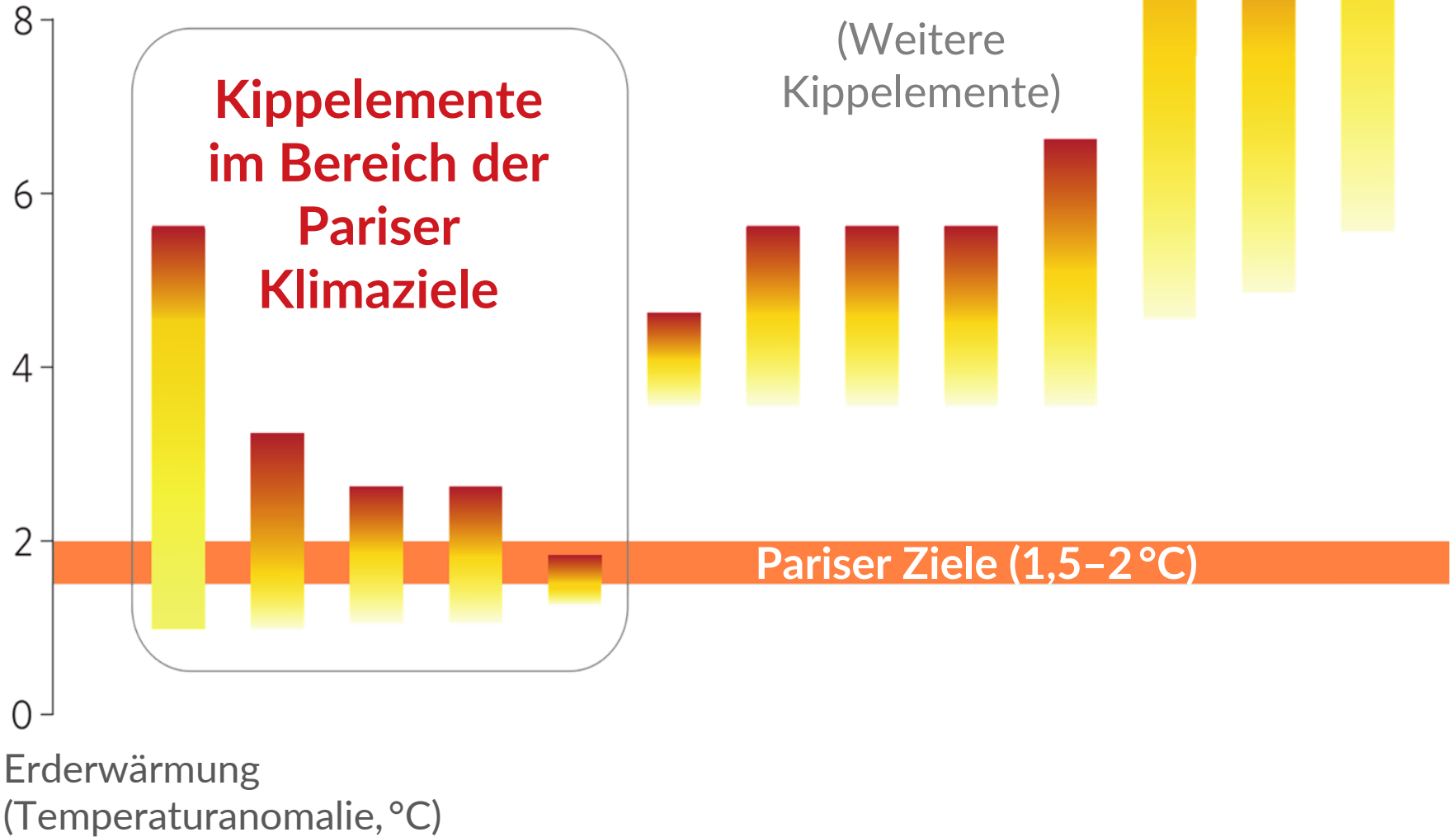
Pariser Klimaziele: 1,5-2 °C

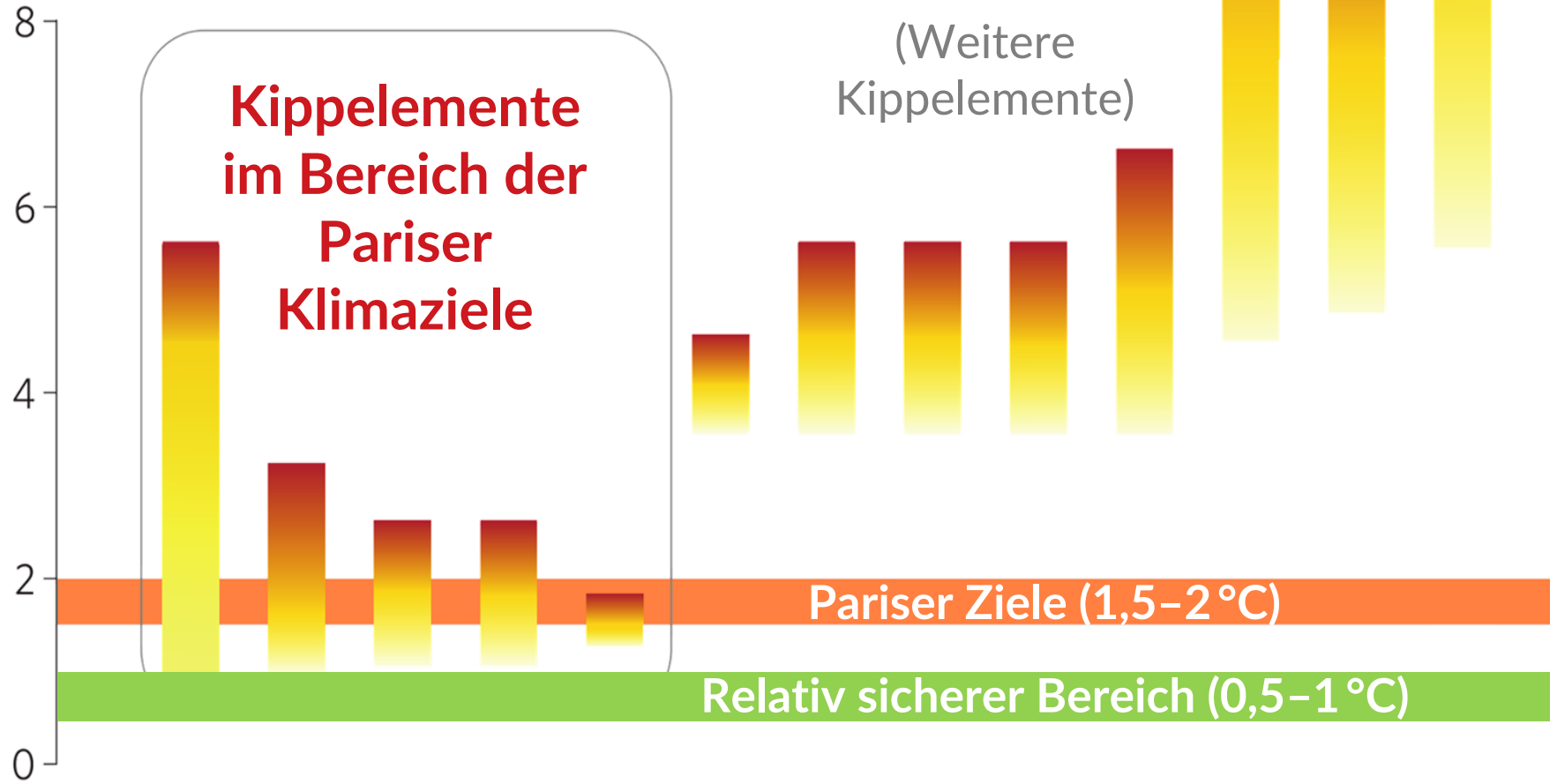
Pariser Klimaziele: 1,5-2 °C



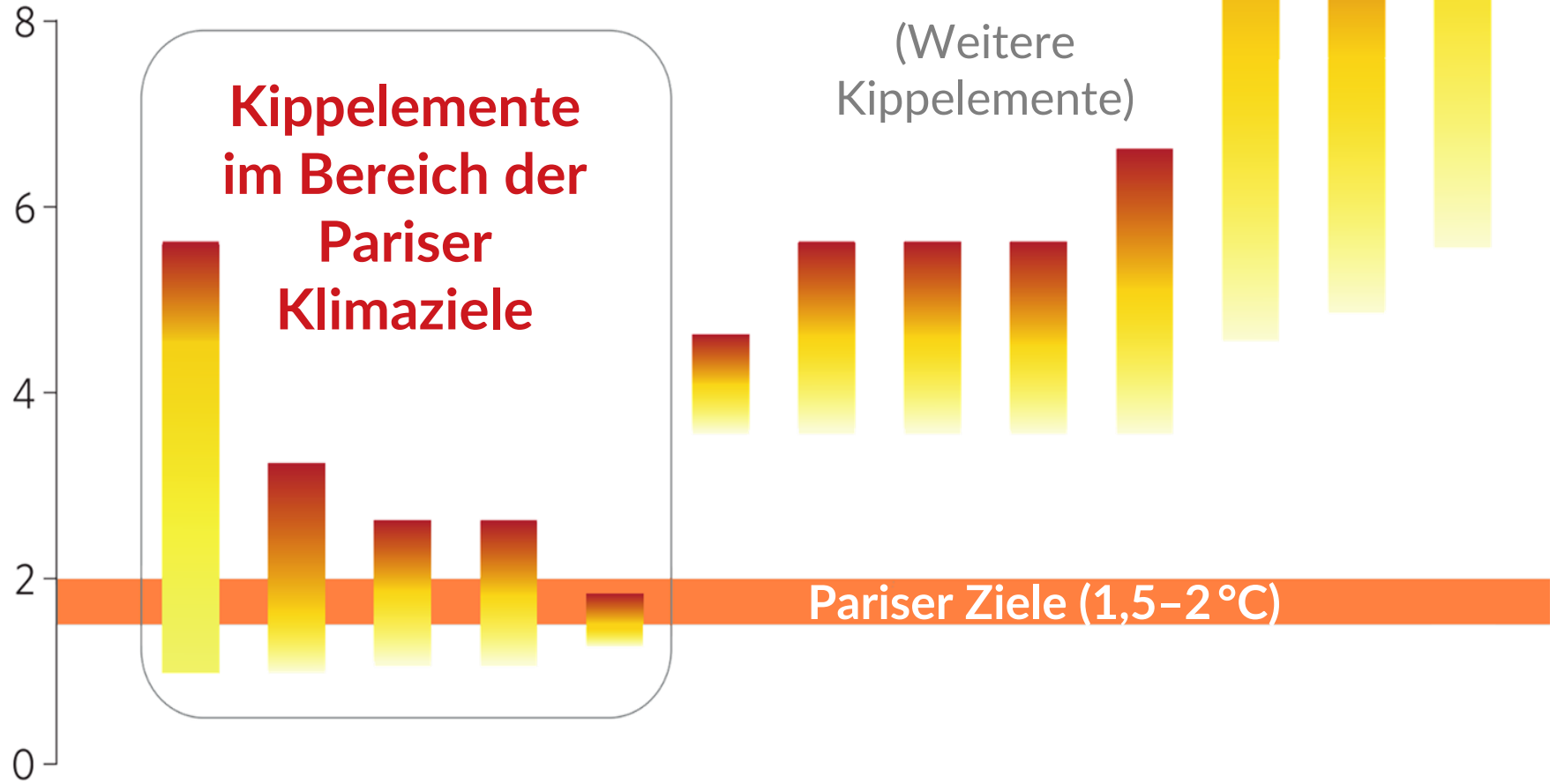
Pariser Klimaziele: 1,5-2 °C



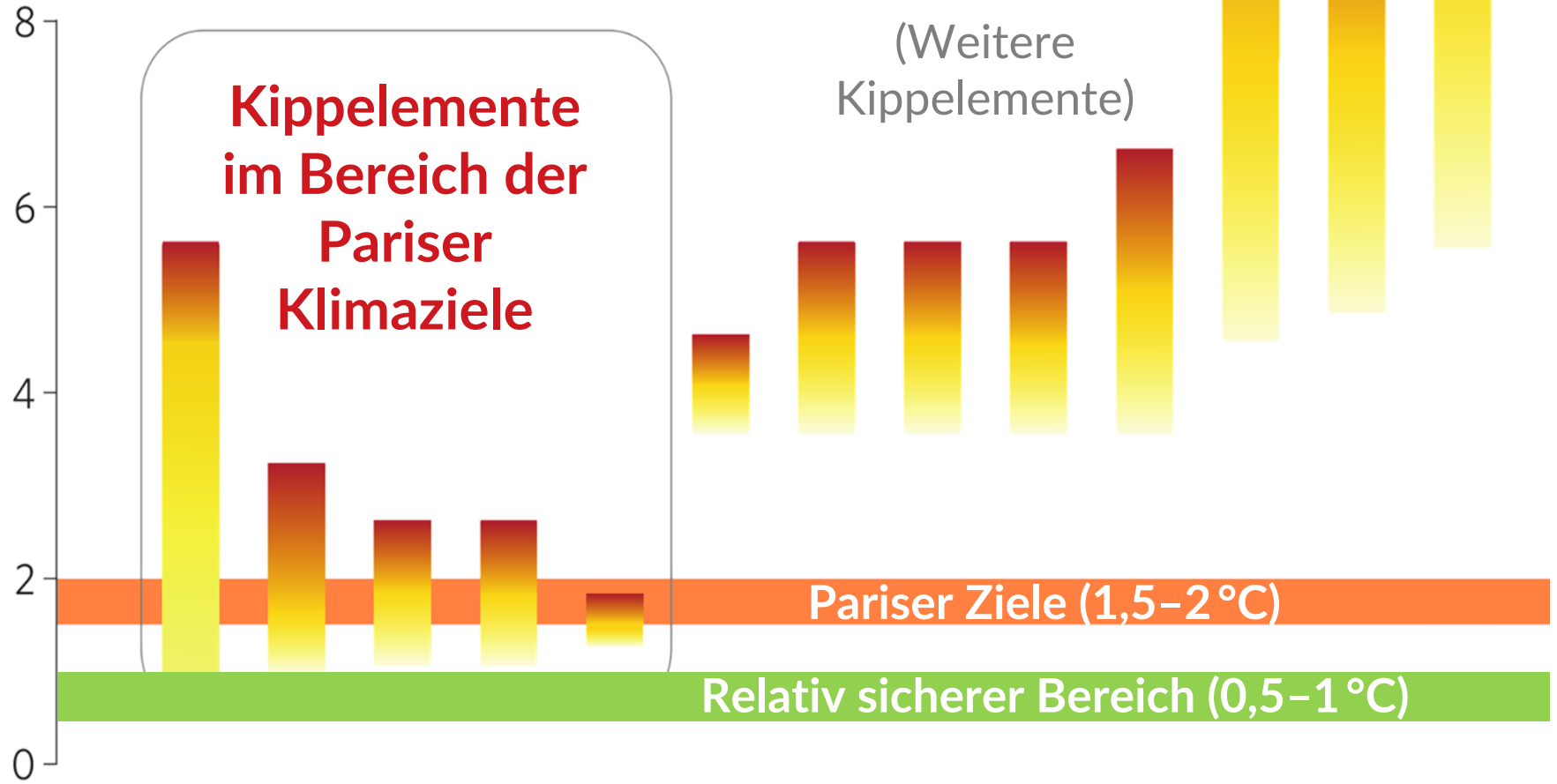




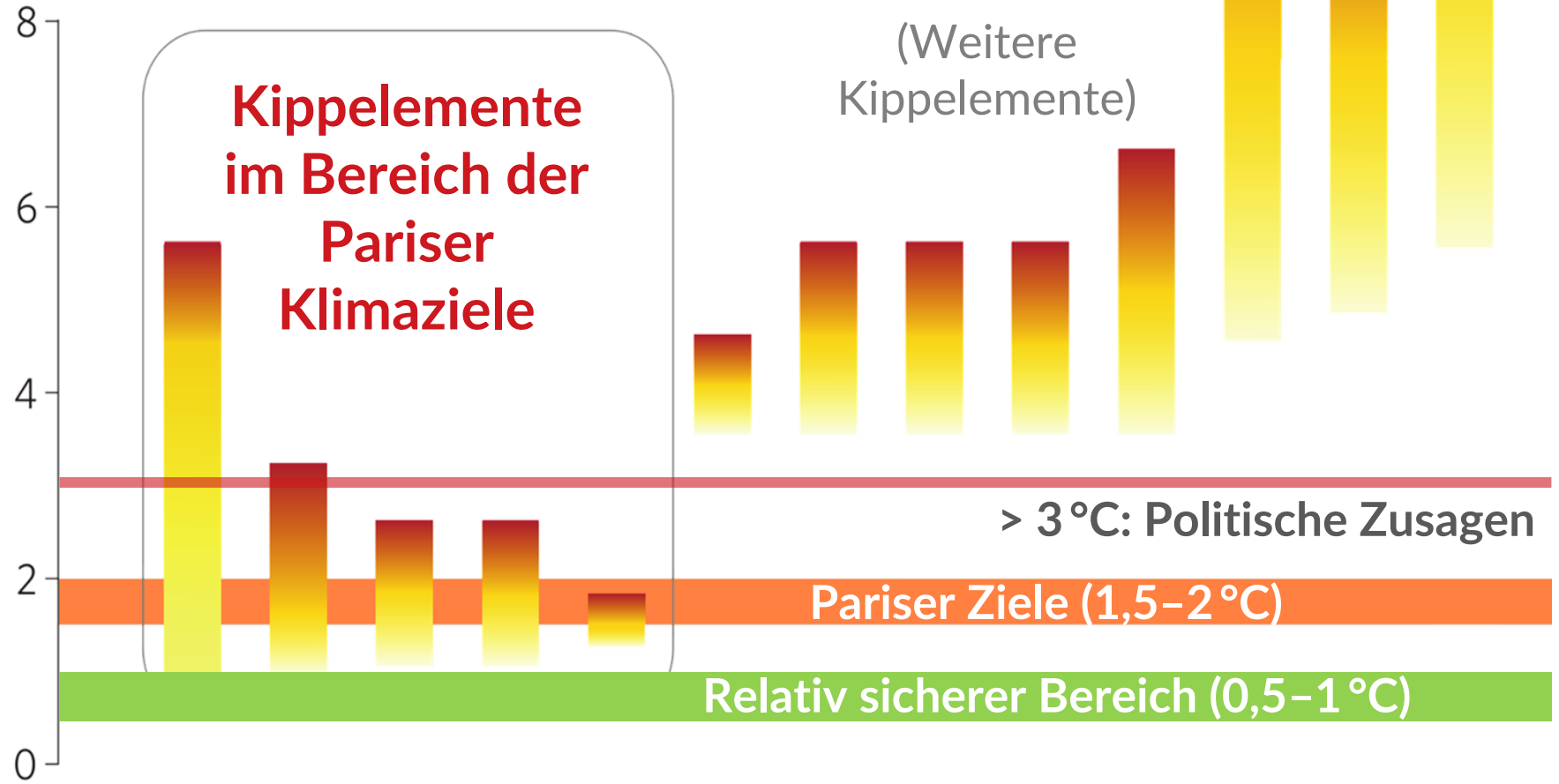
Erderwärmung
(Temperaturanomalie, °C)



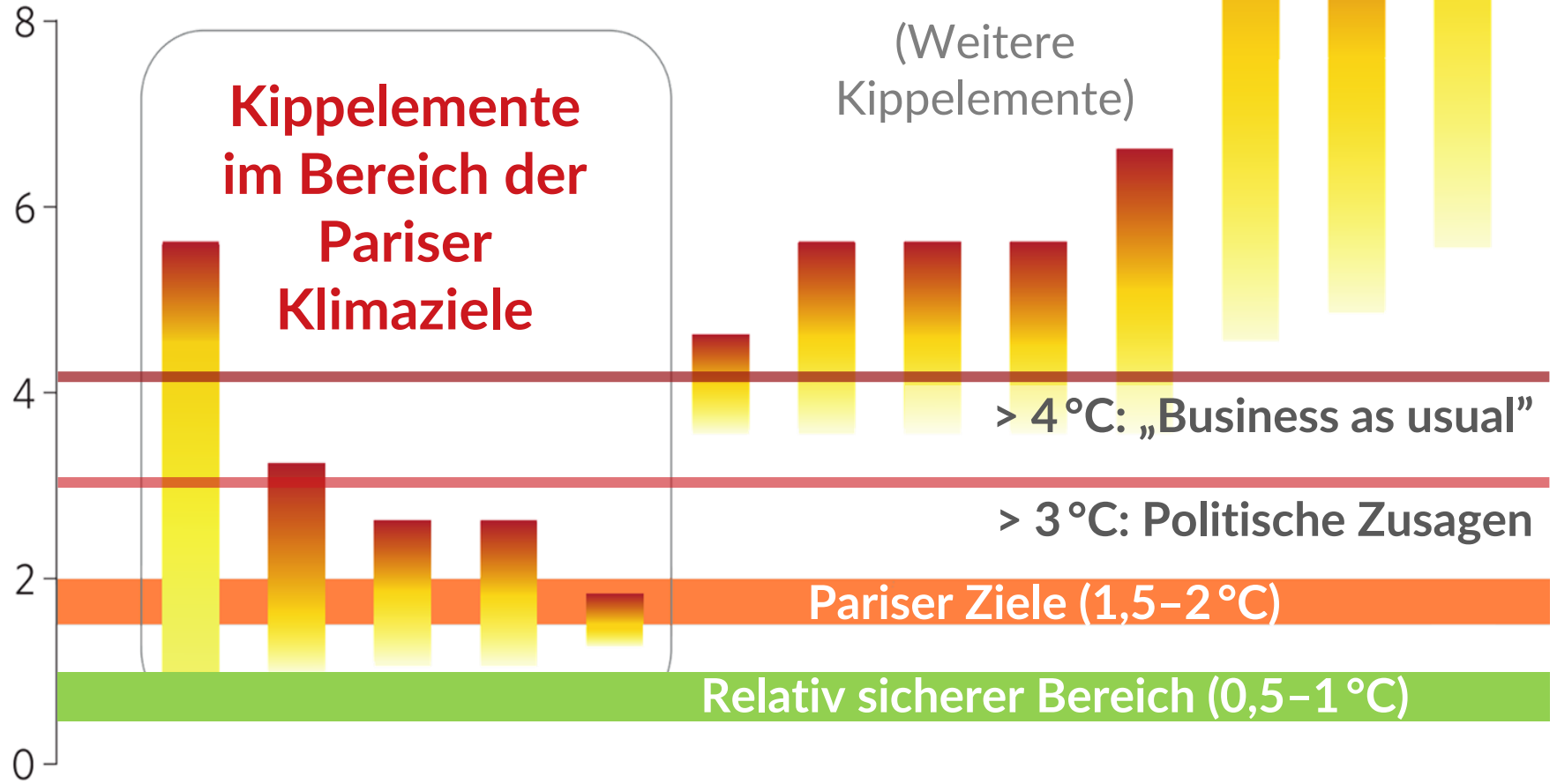
Erderwärmung
(Temperaturanomalie, °C)



Erderwärmung
(Temperaturanomalie, °C)



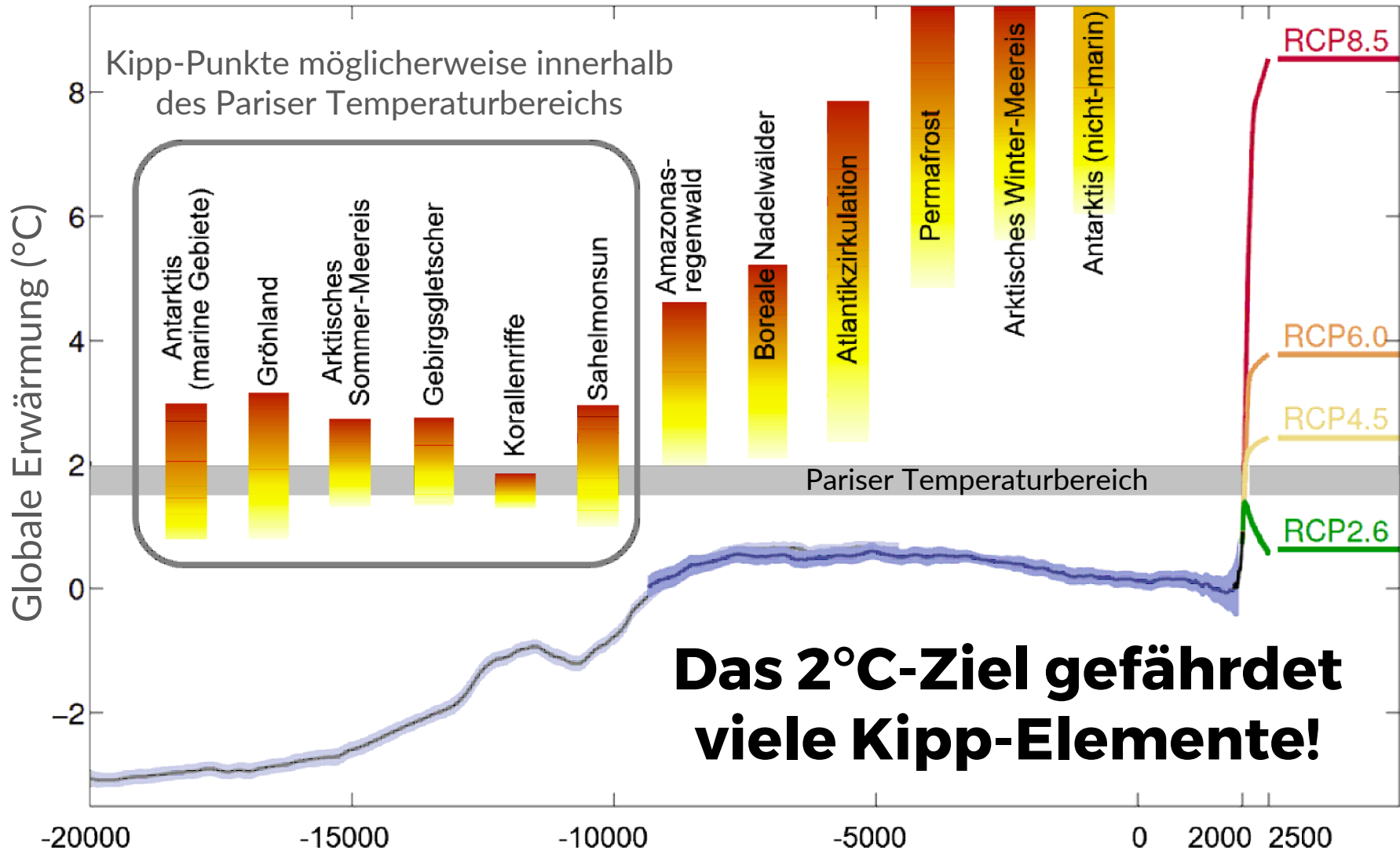
Erderwärmung
(Temperaturanomalie, °C)



Erderwärmung
(Temperaturanomalie, °C)

Kipp-Elemente im Bereich der Pariser Klimaziele

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



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.

Kipp-Elemente im Erdsystem sind daher mit Methoden wie **Risikoanalyse** und **Vorsorgeprinzip** zu behandeln.

Info zu folgenden Visualisierungen

Die folgende Visualisierung wird auch als

„burning embers“,

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

„glühende Briketts“

eine gute Übersetzung?

Andere Vorschläge?

Erläuterung der folgenden Grafik

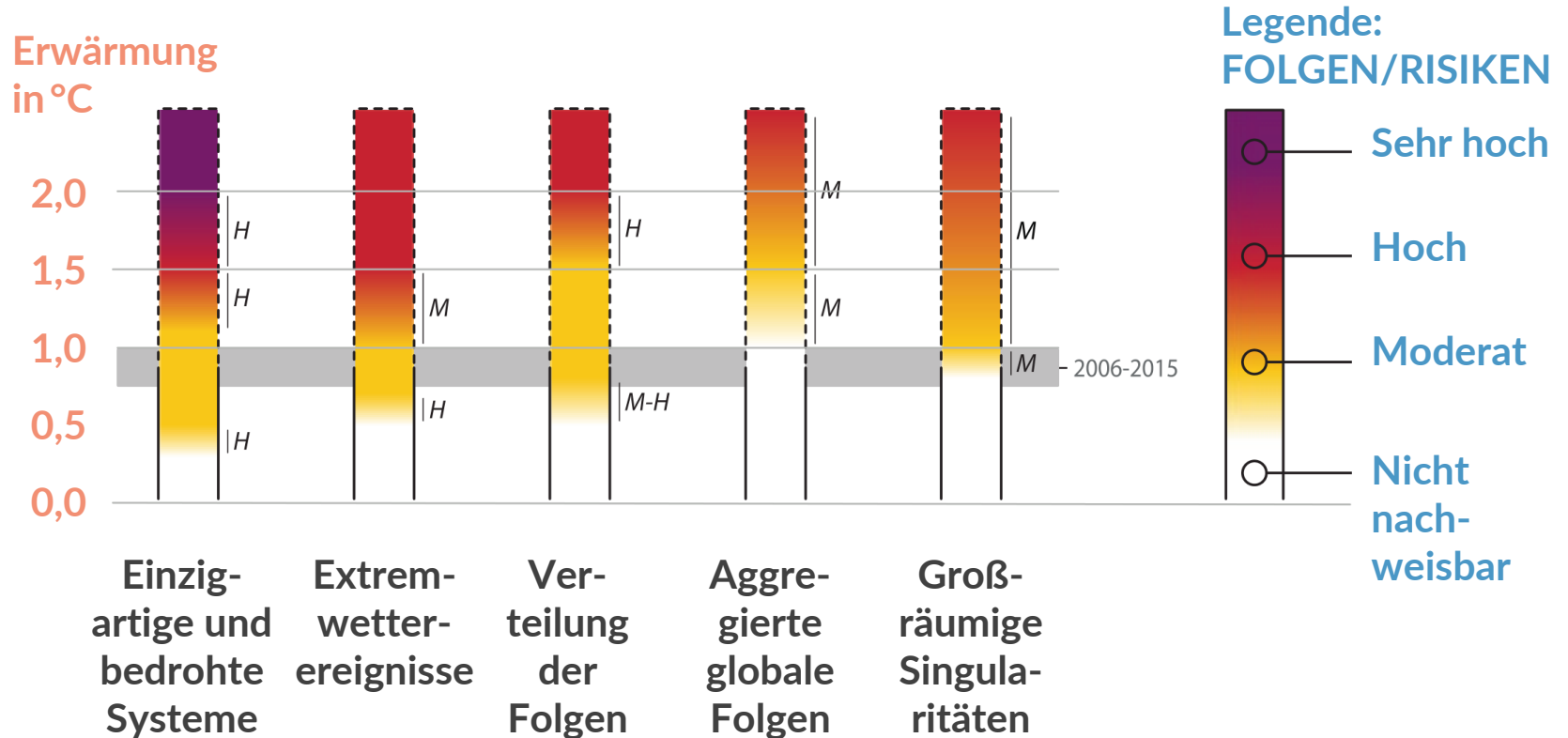
↑
Risiko



← Kipp-Punkt ist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit überschritten.

← Kipp-Punkt kann bereits hier überschritten werden.

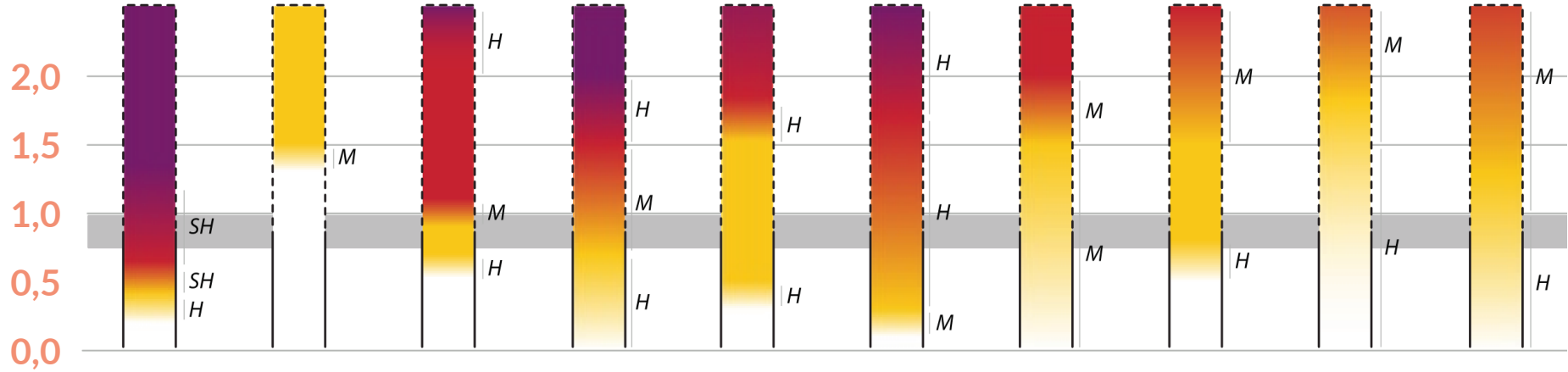
Mit Gründen zur Besorgnis verbundene Folgen und Risiken (IPCC 2018, SR 1.5)



Folgen und Risiken ausgewählter Systeme

(IPCC 2018, SR 1.5)

Erwärmung
in °C



Warmwasserkorallen

Mangroven

Kleine Fische-reien in niedrigen Breiten

Arktis

Land-öko-systeme

Küstenhochwasser

Flusshochwasser

Ernterträge

Tourismus

Hitzebedingte Erkrankungen & Sterblichkeit

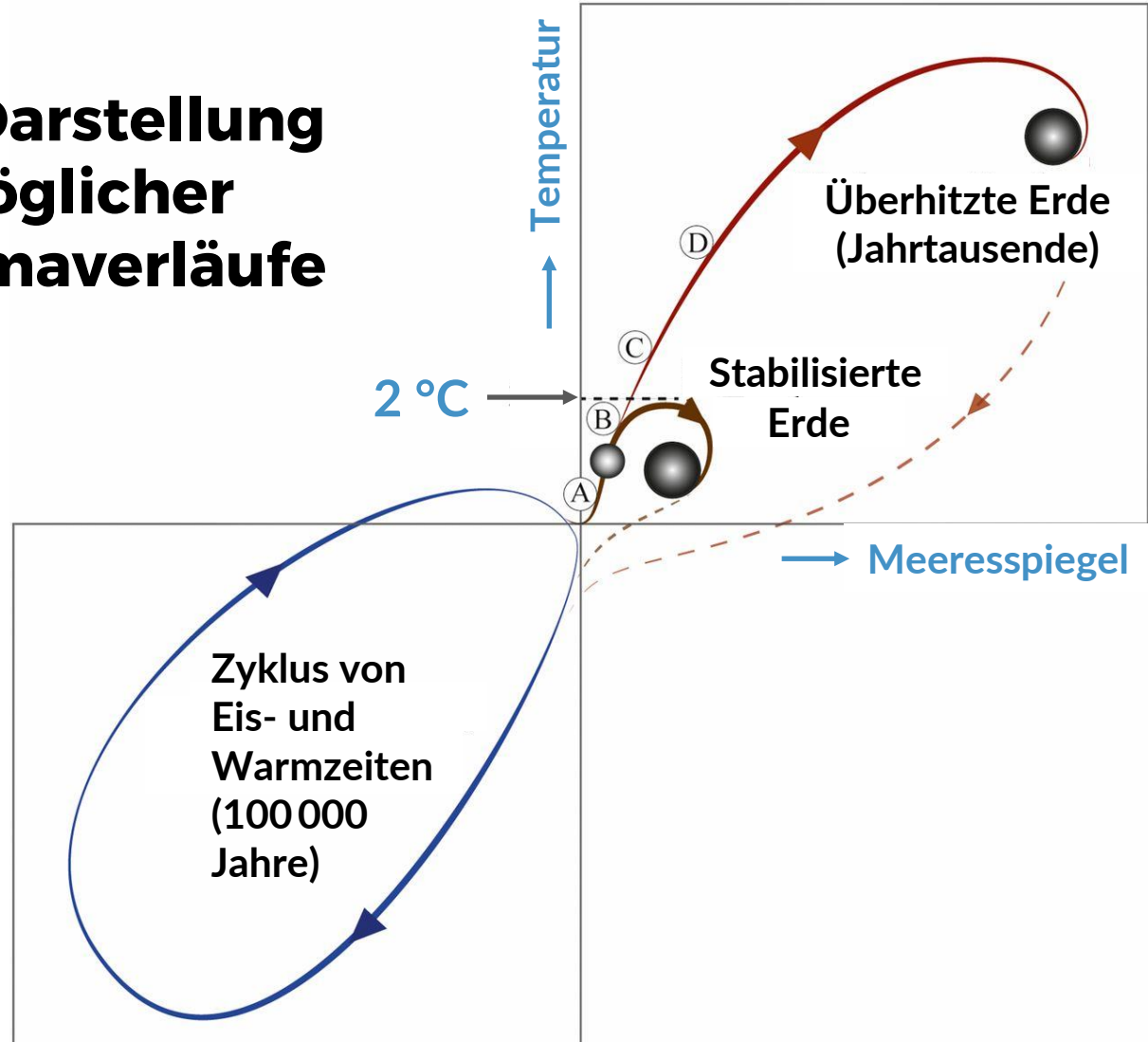
Visualisierungen

Folgende Folie(n)

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

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

Schematische Darstellung früherer und möglicher zukünftiger Klimaverläufe



Schematische Darstellung möglicher Entwicklungen des Erdklimas

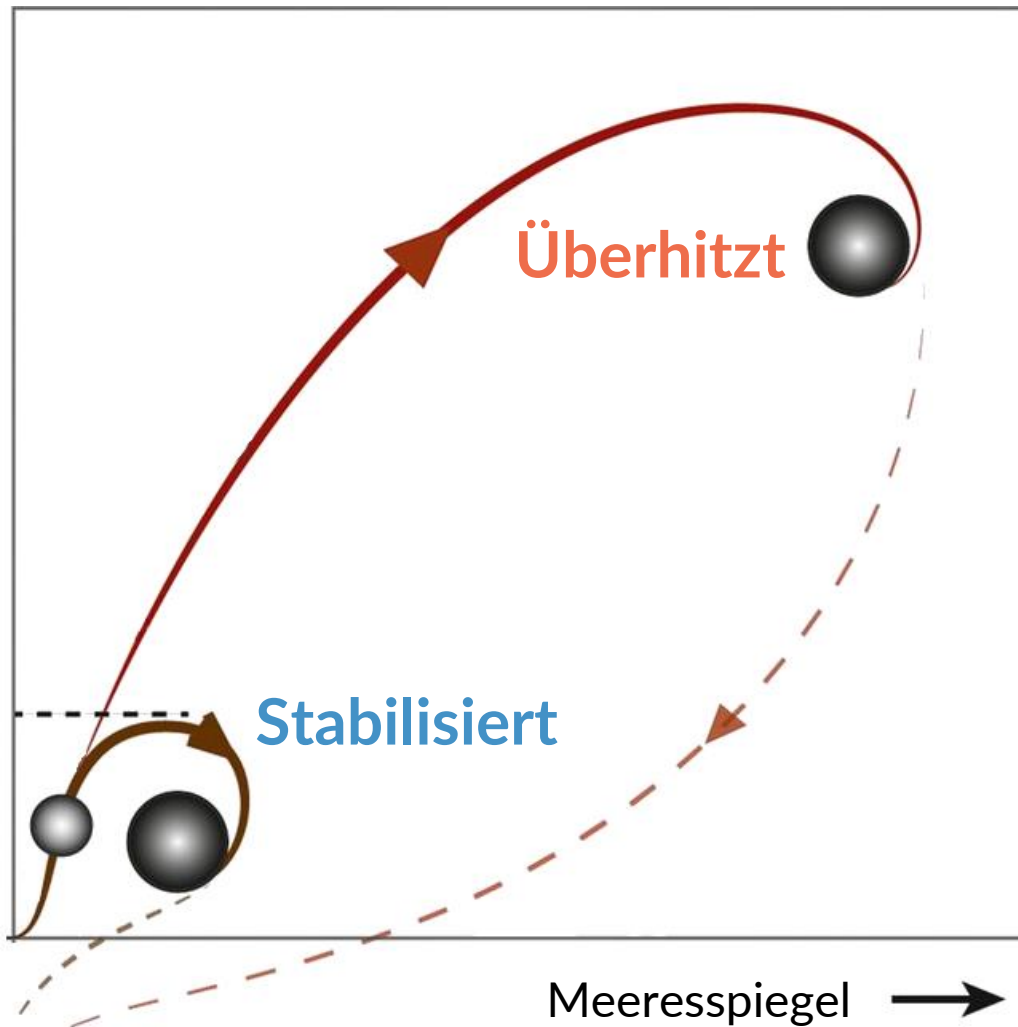
↑
Temperatur

2°C

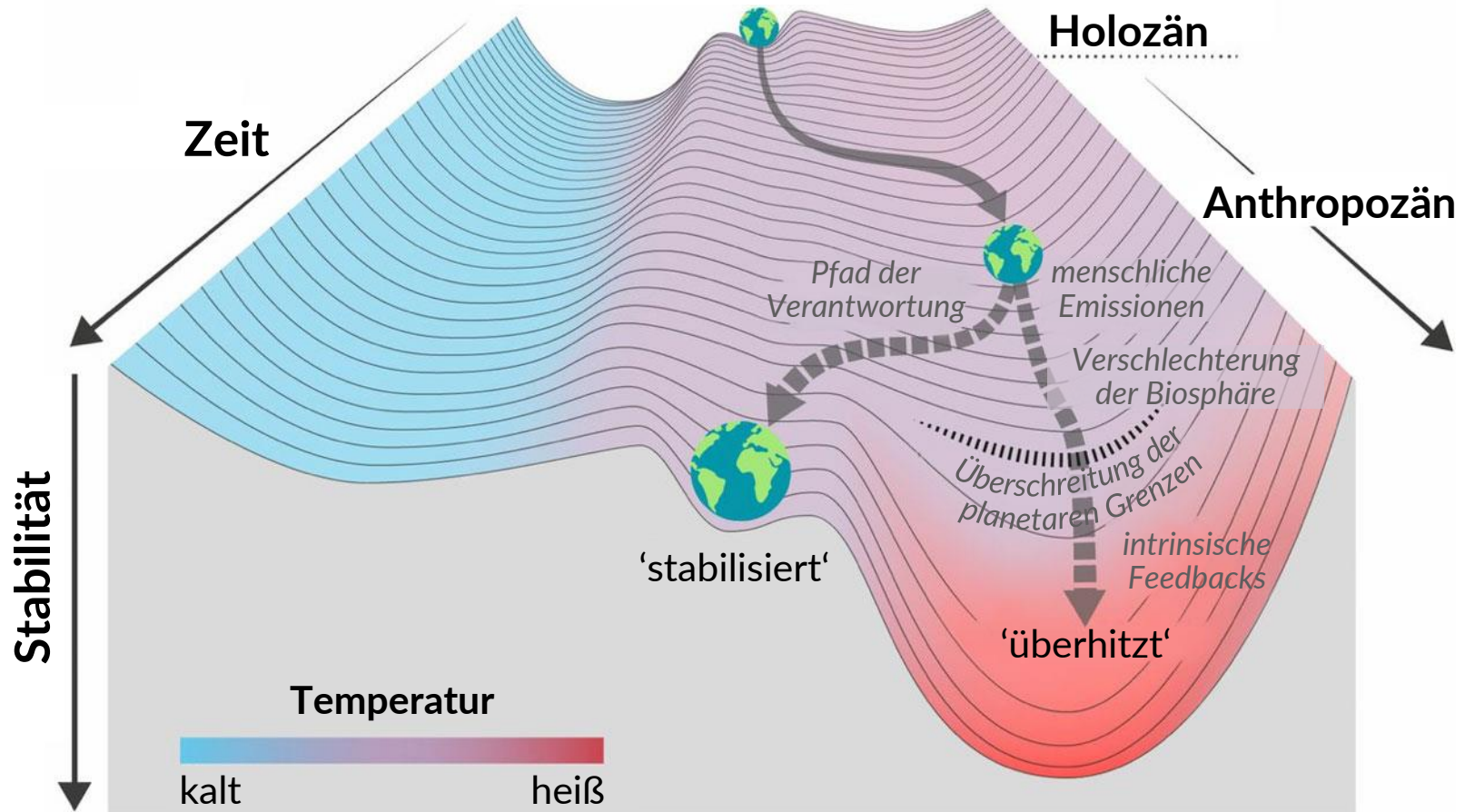
Stabilisiert

Überhitzt

Meeresspiegel →



Visualisierung möglicher Pfade des Erdsystems



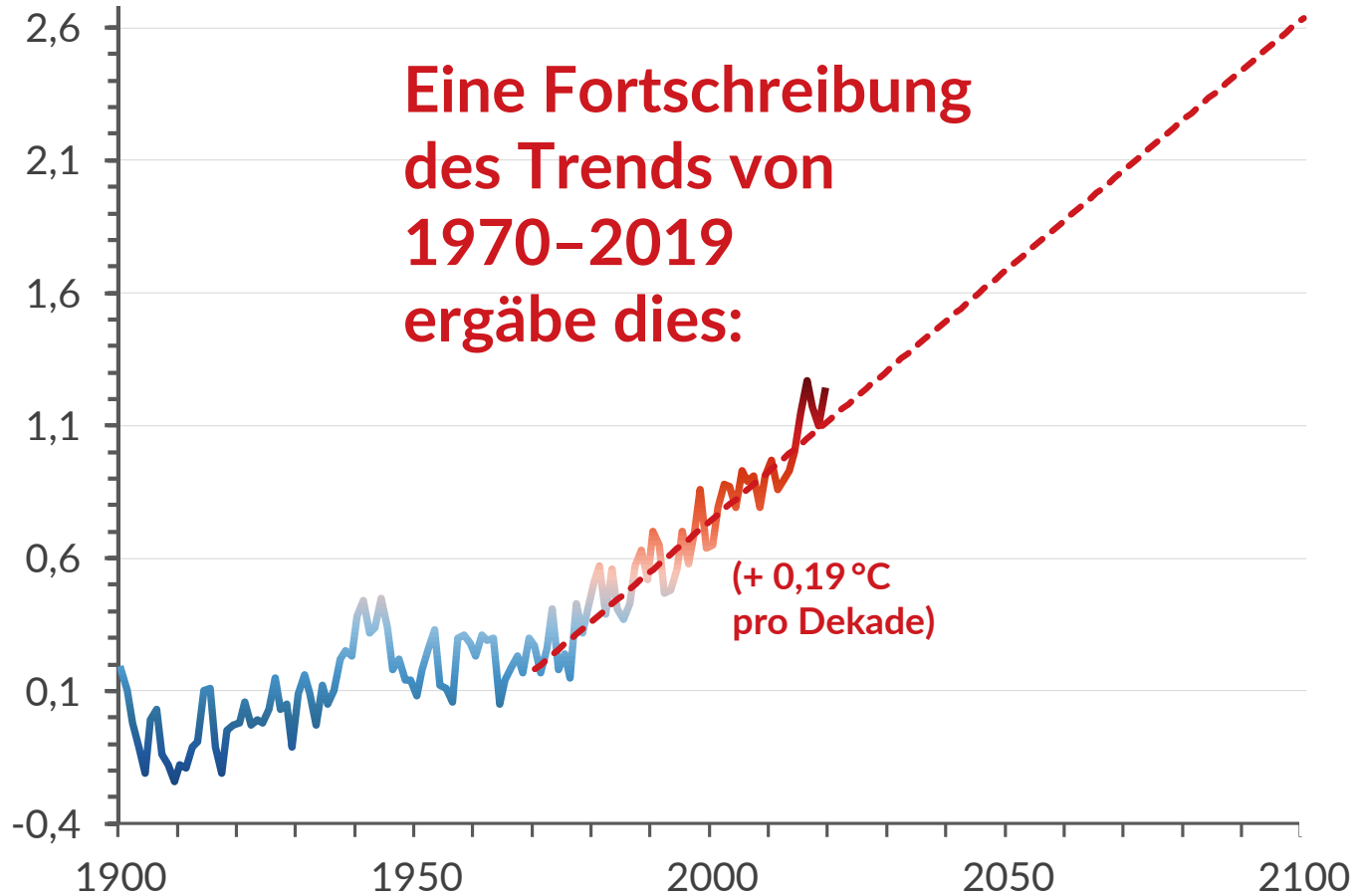
Video

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

<https://vimeo.com/4671694>

Temperatur- abweichung

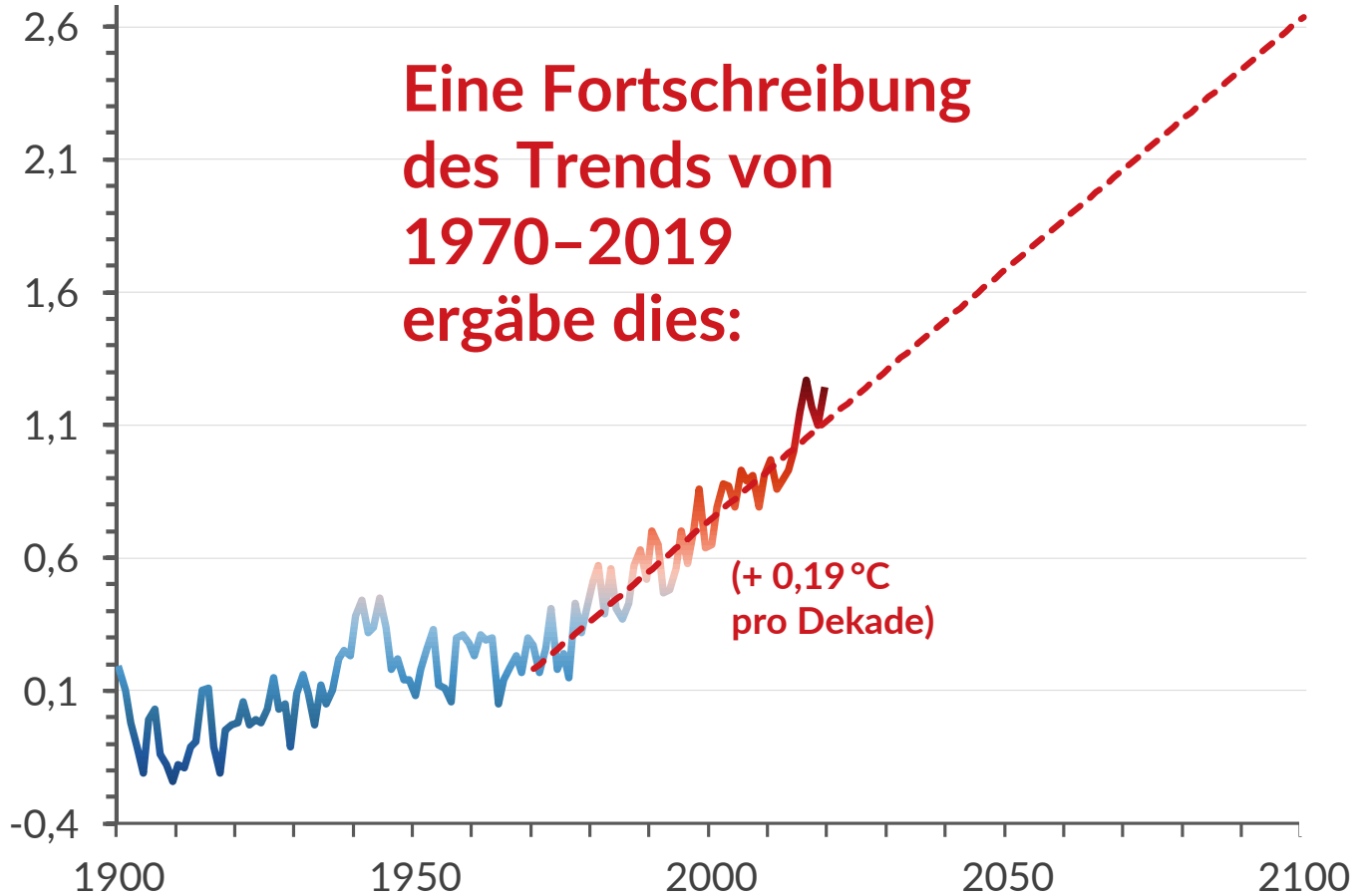
(°C, relativ zu
1880-1910,
weltweiter
Durchschnitt)



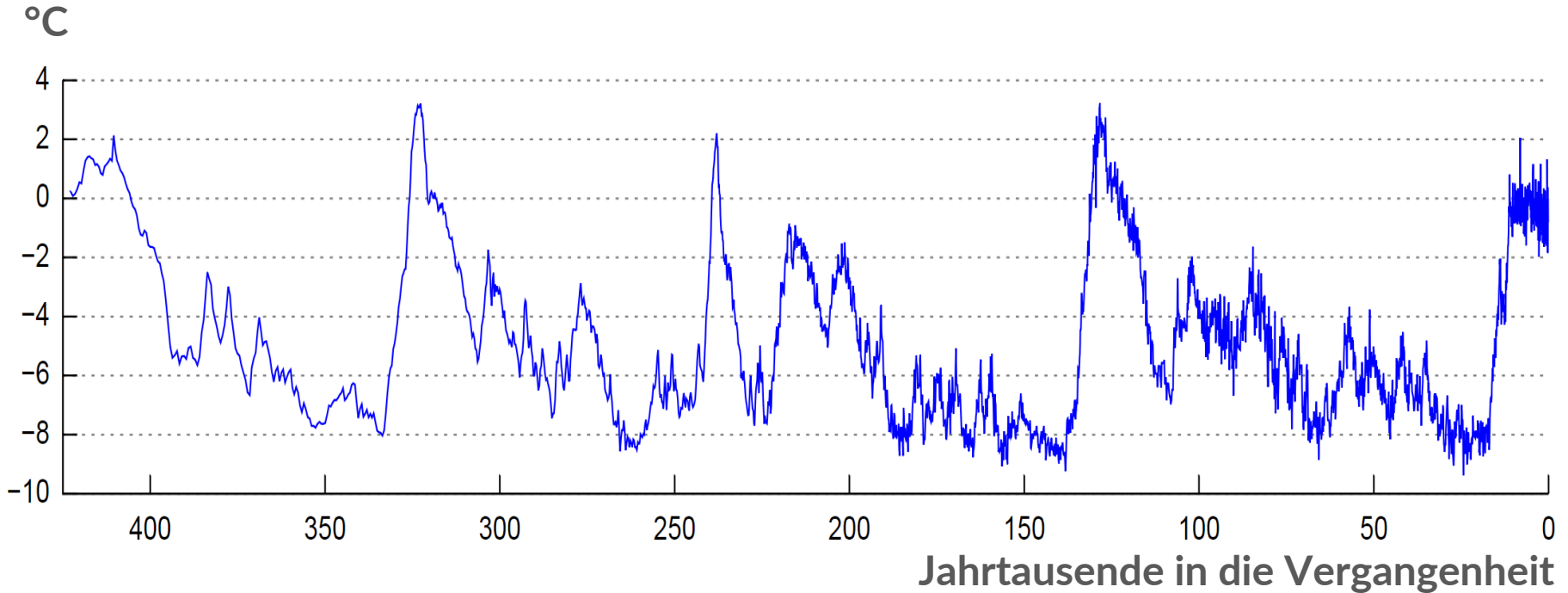
... und die Zukunft?

Temperatur-
abweichung

(°C, relativ zu
1880-1910,
weltweiter
Durchschnitt)



2-5°C Erdüberhitzung klingt harmloser als es erdgeschichtlich ist ..



A close-up photograph of a person's hand holding a white rectangular card. The hand is positioned behind the card, with the fingers visible at the top and bottom edges. The card contains text in a bold, black, sans-serif font. The background is plain white.

**Kipp-Punkte
sind nicht sicher
vorhersagbar!**

Empfohlene Broschüre

Leopoldina (2021). Factsheet Klimawandel: Ursachen, Folgen und Handlungsmöglichkeiten. <https://www.leopoldina.org/publikationen/detailansicht/publication/klimawandel-ursachen-folgen-und-handlungsmoeglichkeiten-2021/>



Achtung: Die Broschüre darf insgesamt verteilt werden, aufgrund der ND-Klausel dürfen aber keine einzelnen Grafiken öffentlich gezeigt werden.

Allgemeine Informationen

Dies ist eine *Materialsammlung* unter offenen Lizenzen für eigene Vorträge, Workshops, Poster, Flyer etc.

Wir können keine Fehlerfreiheit garantieren. Nutzer:innen sollten Inhalt und Form stets selbst prüfen, verbessern und in eigene Zusammenhänge bringen. Entwickelt die Arbeit selbstbewusst weiter! Wir sind für Hinweise auf Fehler & Verbesserungsmöglichkeiten dankbar, s. nächste Folie.

Wir wünschen euch viel Erfolg!

(Folien mit blauem Hintergrund (wie hier) sind Hinweise für die Vorbereitung, nicht zur Anzeige im Vortrag.)

Weitere Infos:

Viele Folien versuchen, den objektiven Stand der Forschung darzustellen. Andere Folien (z. B. Handlungsoptionen, Einschätzungen, Kritik, positive Entwicklungen) erheben hingegen keinen Anspruch auf Objektivität.

Die Folien enthalten im Powerpoint-Notizbereich zusätzliche Informationen (z. B. Quellen; fehlen in den PDFs). Stellt euer Programm zur Bearbeitung der Folien bitte so ein, dass dieser Bereich sichtbar ist.

Copyright/Lizenzangaben stehen in Mikroschrift auf der Folie und zusätzlich im Notizbereich. Diese dürfen (außer bei CC0) nicht entfernt werden (aber an anderer Stelle erscheinen). Bei Überarbeitung bitte den eigenen Namen hinzufügen („© Erstautoren, modif. EuerName, Lizenz“). Mehr in „Vertiefte Informationen zu Lizenzen.pptx/pdf“.

Für einige Folien gibt es Varianten für verschiedene Zielgruppen bzw. kurz für Vortrag + lang für Druck/Web. Schriftarten (OpenSource) sind im S4F Downloadbereich als „Diese_Fonts_eventuell_installieren.zip“ verfügbar.

Bitte helft mit!

Wir würden dieses Angebot 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/Szm8vDJ60zmnwNgX> (= UPLOAD-ONLY Folder) und E-Mail an g.m.hagedorn@gmail.com.

Dankeschön!

Grafiken aus dieser Sammlung könnten z. B. für folgende Schulfächer nützlich sein:

Schulfach	Themenfelder des Rahmenlehrplans Berlin-Brandenburg
Geographie (Sek 1)	3.1 Leben in Risikoräumen 3.3 Vielfalt der Erde
Naturwissenschaften (Sek 1)	3.7 Klima im Wandel 3.12 Die Natur
Geographie (Sek 2)	4.2 Europa – Raumstruktur im Wandel