

# Anpassung an die Folgen des Klimawandels

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz

Aktionsprogramm  
Natürlicher Klimaschutz  
Natur stärken – Klima schützen

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Quelle: Pixabay, <https://www.pexels.com/de-de/@pixabay/>

# Rückblick letzte Veranstaltung

- Das Klimawandel-Problem ist komplex
- Beispiele vorbei am klassischen Diskurs
- Realistische Prognose zielt aktuell auf eine 3° Wärmere Welt ab
- Endlos Treibhaushase in die Atmosphäre emittieren ist keine Option
- Es geht darum wie schnell wir den Ausstieg aus den Fossilen schaffen

# Folgen des Klimawandels

- **Kippelemente im Klimasystem**
  - Maßnahmen zum Klimaschutz
  - Die 4°C kältere Welt
- 
- Die Folgen des Klimawandels
  - Klimaangst
  - Zusammenfassung und Diskussion



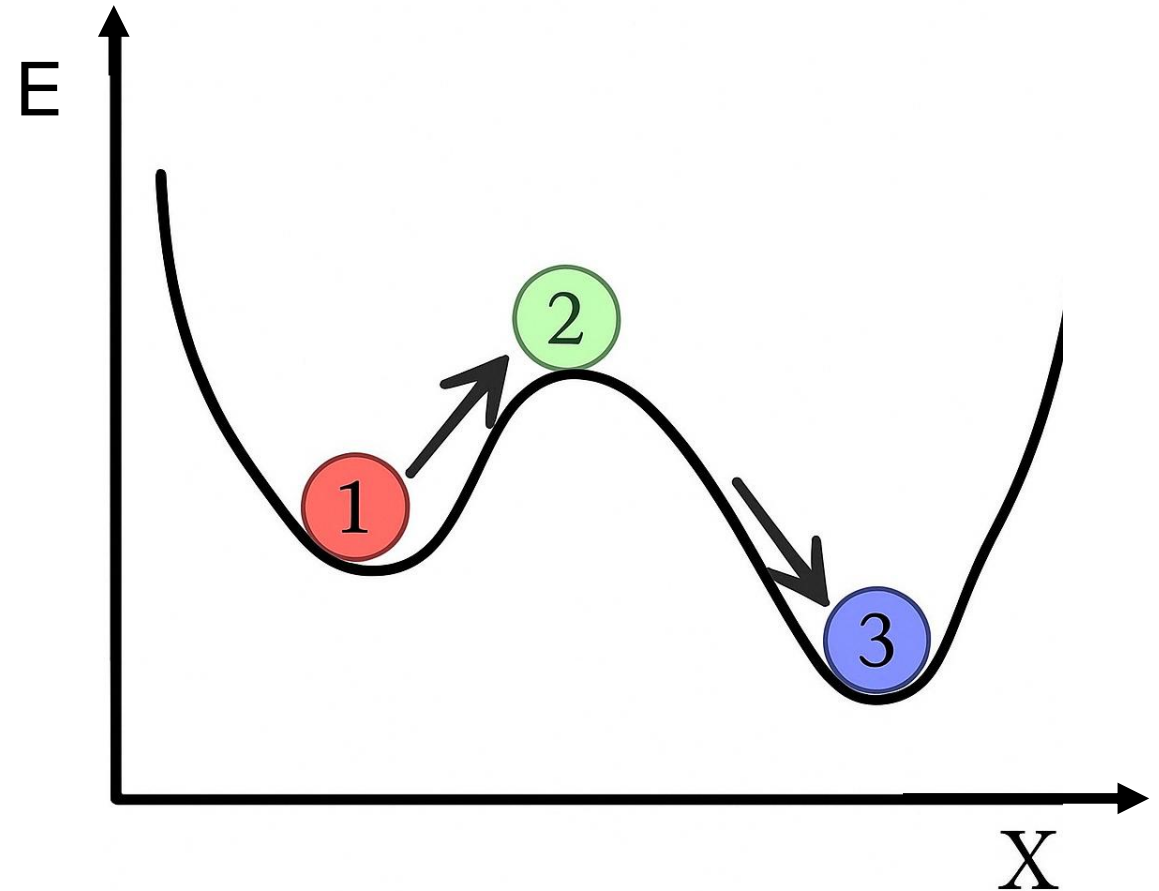
# Kippelemente im Klimasystem





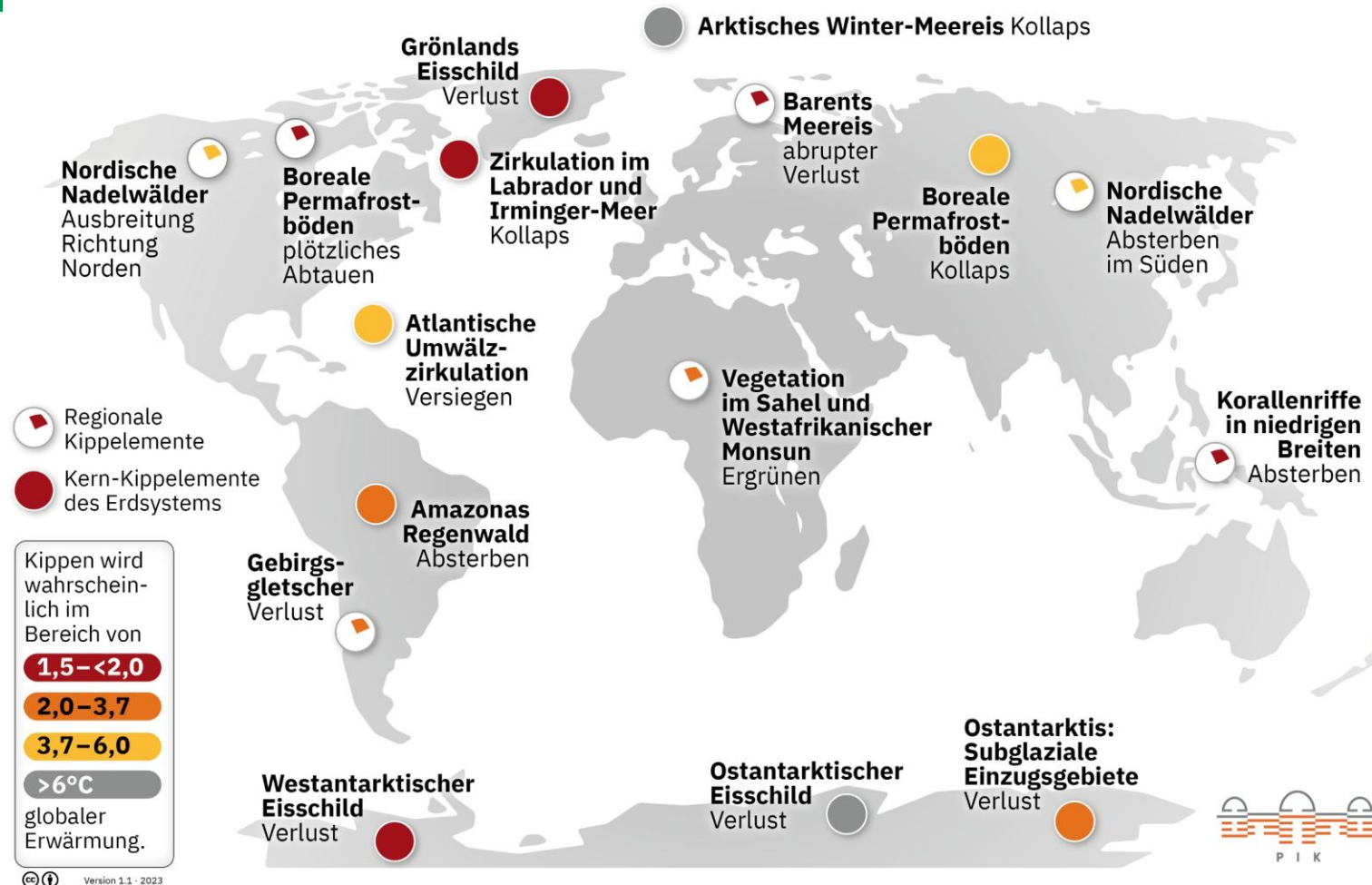
# Kippelemente

- Seit der letzten Eiszeit ist das Klima relativ stabil, was die Entwicklung menschlicher Zivilisationen ermöglicht hat.
- Selbst kleine regionale Klimaveränderungen können dramatische Auswirkungen haben.
- Bestimmte Komponenten des Erdsystems reagieren sensibel auf Veränderungen und können bei Überschreiten eines Schwellenwerts abrupt in einen neuen Zustand wechseln.
- Verschiebungen im Klimagleichgewicht könnten dauerhafte und tiefgreifende Auswirkungen auf das globale Klima haben.





# Kippelemente



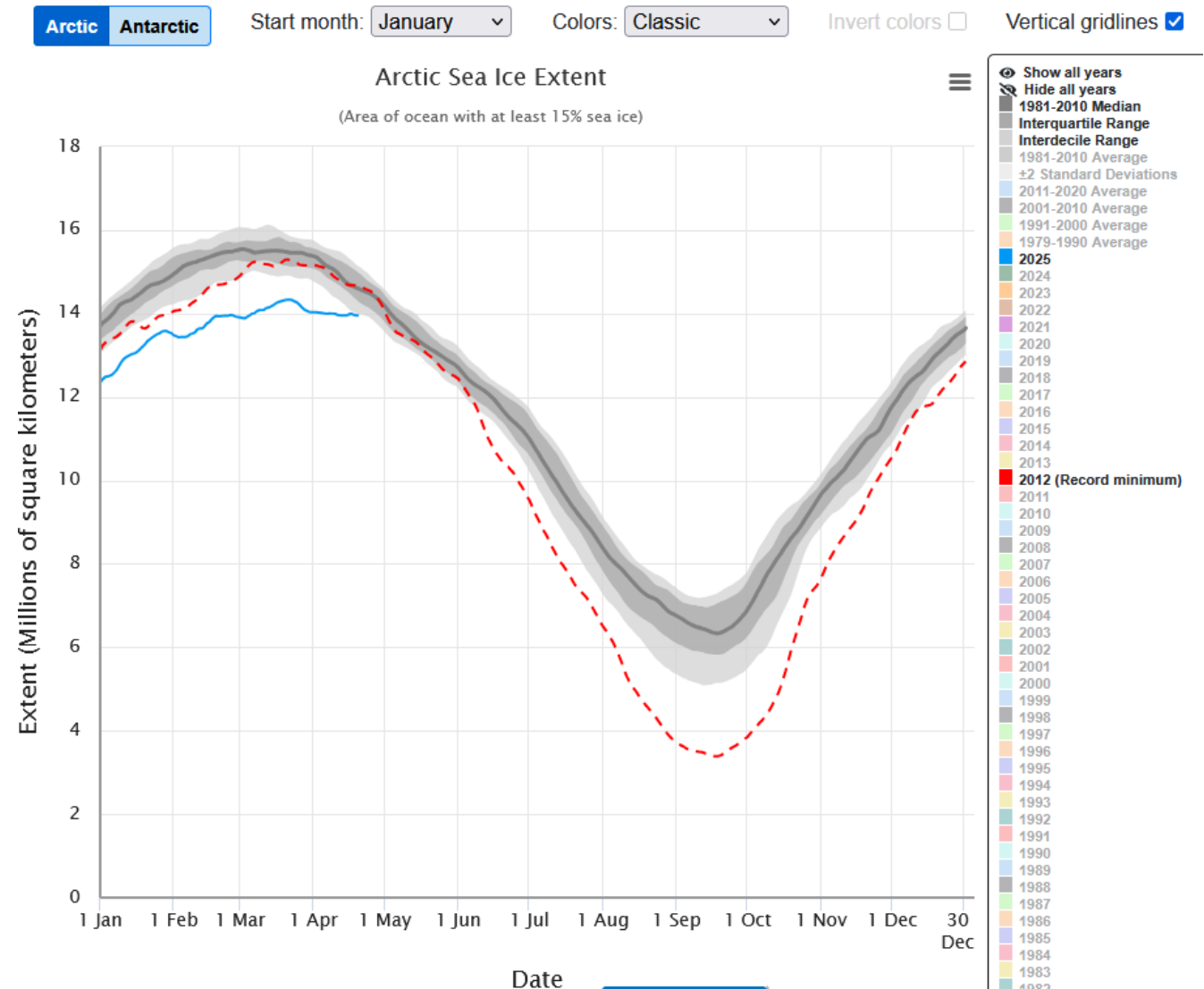
- Kippelemente sind Schwellenwerte im Klimasystem der Erde. Ihr Überschreiten führt zu abrupten und in der Regel irreversiblen Veränderungen in diesem System.
- Die Kippelemente lassen sich in drei Klassen einteilen:
  - Eiskörper,
  - sich verändernde Strömungs- bzw. Zirkulationssysteme der Ozeane und der Atmosphäre, und
  - bedrohte Ökosysteme von überregionaler Bedeutung.

Räumliche Verteilung der globalen und regionalen Kippelemente. Die Farben bezeichnen den Temperaturbereich, in dem ein Kippen wahrscheinlich wird. Abbildung designed am PIK (unter CC-BY Lizenz), wissenschaftliche Grundlage ist Armstrong McKay et al., Science (2022). <https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente>



# Kippelemente – Eiskörper Arktischer Eisschild

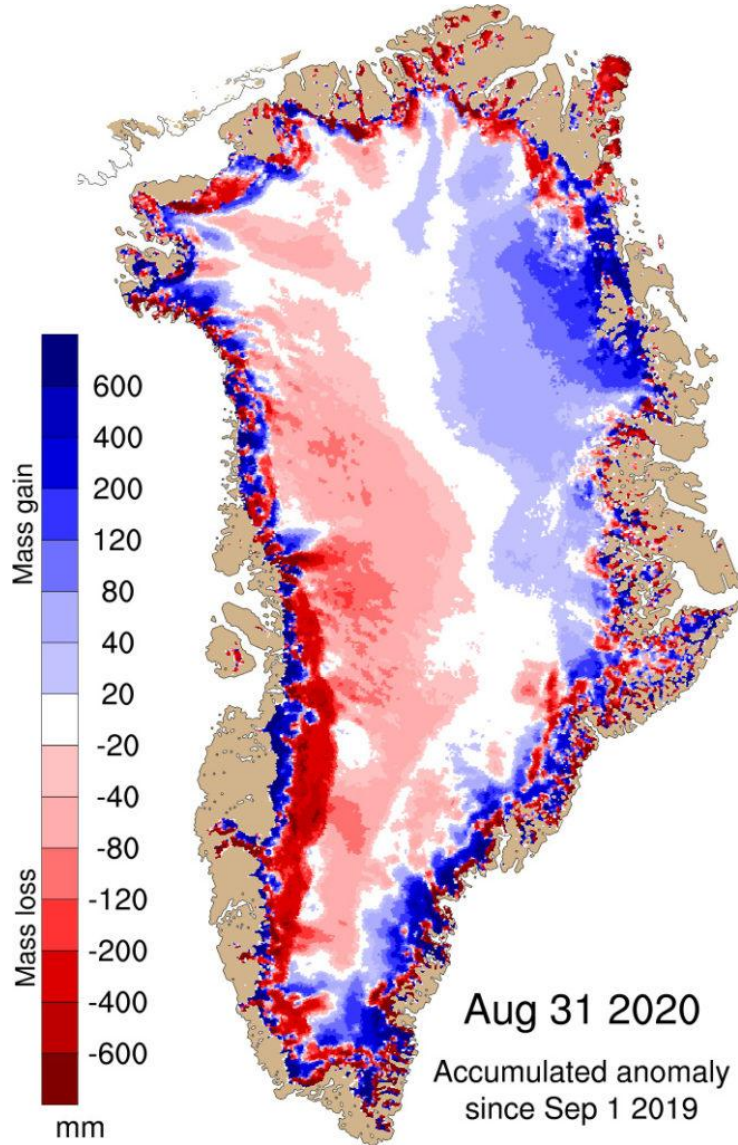
- Das Weiß des schneebedeckten Eises reflektiert bis zu 90 Prozent des Sonnenlichts. Die von oben betrachtet dunkle Wasseroberfläche hingegen nimmt mehr als 90 Prozent der Sonnenenergie auf und strahlt nur etwa sechs Prozent des Lichts zurück.
- Die steigenden Wassertemperaturen schmelzen das Eis „von unten“
- Die Reflektionswerte der Erdoberfläche verschlechtern sich damit langfristig.
- Somit wird durch die kleinere Eisfläche weniger Sonnenstrahlung reflektiert und die Erde heizt sich weiter auf



Quelle: [National Snow and Ice Data Center \(NSIDC\) https://nsidc.org/sea-ice-today/sea-ice-tools/charctic-interactive-sea-ice-graph](https://nsidc.org/sea-ice-today/sea-ice-tools/charctic-interactive-sea-ice-graph)



# Kippelemente – Eiskörper Grönländischer Eisschild



Quelle: Map shows the difference between the annual SMB in 2019-20 and the 1981-2010 period (in mm of ice melt). Blue shows more ice gain than average and red shows more ice loss than average. Credit: DMI Polar Portal.  
<https://www.carbonbrief.org/quest-post-how-the-greenland-ice-sheet-fared-in-2020/>

- Eisvolumen 2.600.000 km<sup>3</sup>
- Jährlicher Verlust von aktuell ca. 196 km<sup>3</sup>
- Höhenbereich 3230 m – 0 m
- Modelle deuten darauf hin, dass ein globaler Temperaturanstieg von etwa 1,5 bis 2 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau ausreichen könnte, um das Kippen des Grönländischen Eisschilds auszulösen.
- U.a. dadurch, dass sich die Höhe des Eisschild reduziert, wird es dort wärmer.
- Das vollständige Abschmelzen des Eisschilds würde den globalen Meeresspiegel um etwa **7 Meter** ansteigen lassen, was katastrophale Folgen für Küstenregionen weltweit hätte.
- Bis 2300 könnte das Grönlandeis zu einem Meeresspiegelanstieg zwischen 3,5 bis 76,4 cm führen

# Kippelemente – Eiskörper Methanhydrat in der Tiefsee

- In der Tiefsee lagern riesige Gasmengen in Form von Methanhydraten (hoher Druck und niedrige Temperaturen).
- Methanhydrat wird auch **Methaneis oder brennbares Eis** genannt.
- Verbindung aus Methan  $\text{CH}_4$  und Wasser  $\text{H}_2\text{O}$
- Entsteht durch Mikroorganismen, die organisches Material (z. B. tote Algen) unter Sauerstoffmangel abbauen.
- **Klimawandel könnte Methanfreisetzung aus dem Meeresboden auslösen**, was die globale Erwärmung massiv verstärken würde.
- Perm-Trias-Ereignis
- Verschiedene Länder erforschen die Förderung von Methanhydrat aus der Tiefsee (Japan, China, Kanada etc.)

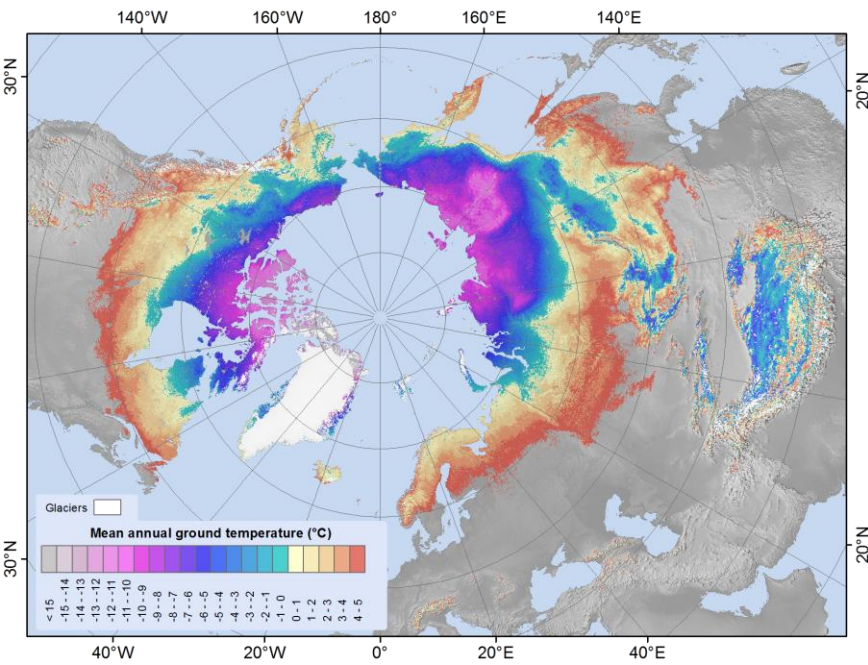


Gashydratblock mit wabenartiger Struktur vom „Hydrate Ridge“ vor Oregon, USA. Das Gashydrat wurde auf einer Forschungsreise mit dem deutschen Forschungsschiff FS SONNE aus etwa 1200 Metern Wassertiefe mit einem Schaufelgreifer aus dem obersten Meter des Sediments geborgen. Quelle: *Wusel007 2009*

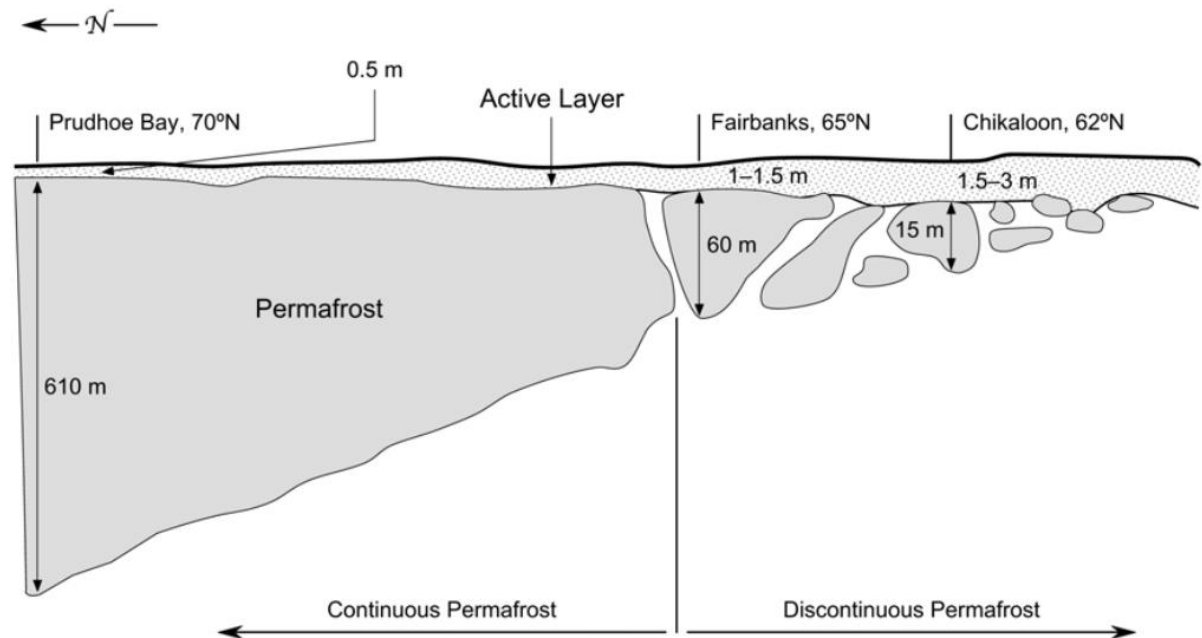


# Kippelemente – Eiskörper Permafrost

- Der Permafrost bedeckt etwa  $\frac{1}{4}$  der Landfläche auf der Nordhalbkugel
- Teilweise schon seit hunderttausenden Jahren dauerhaft gefrorene Böden speichern Unmengen von organischem Kohlenstoff in Form von abgestorbenen Pflanzenresten und anderem nicht zersetzten Material
- Taut der Permafrost auf, beginnt der mikrobielle Abbau dieser Substanzen und die Treibhausgase  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  werden frei
- Bei einer globalen Erwärmung von rund fünf bis sechs Grad könnte auch dadurch der gesamte Dauerfrostboden auftauen. (Perm-Trias-Ereignis)



Obu et.al. (2018): Ground Temperature Map, 2000-2016, Northern Hemisphere Permafrost [dataset]. Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.888600>



Nelson et. al. (2003) Climate Change, Permafrost, and Impacts on Civil Infrastructure Special Report 01-03

# Kippelemente – Eiskörper Permafrost

- Farquharson et. al. 2019 Climate Change Drives Widespread and Rapid Thermokarst Development in Very Cold Permafrost in the Canadian High Arctic  
<http://dx.doi.org/10.1029/2019GL082187>
- *“Die beobachteten maximalen Auftautiefen an unseren Beobachtungspunkten in Permafrostgebieten im nördlichen Kanada übertreffen bereits die für 2090 unter Annahme von RCP 4.5 vorhergesagten Daten Auftautiefen.”*
- *Bei der Klimakatastrophe an der Perm-Trias Grenze kam es durch Kippelemente im Polarbereich (Schmelzen der Polkappen, Permafrost, Gashydrate) zu massiver Methan-Rückkopplung und einer nichtlinearen Erwärmung um etwa 10°C*

Erderwärmung

## Wie im Sommer 2090

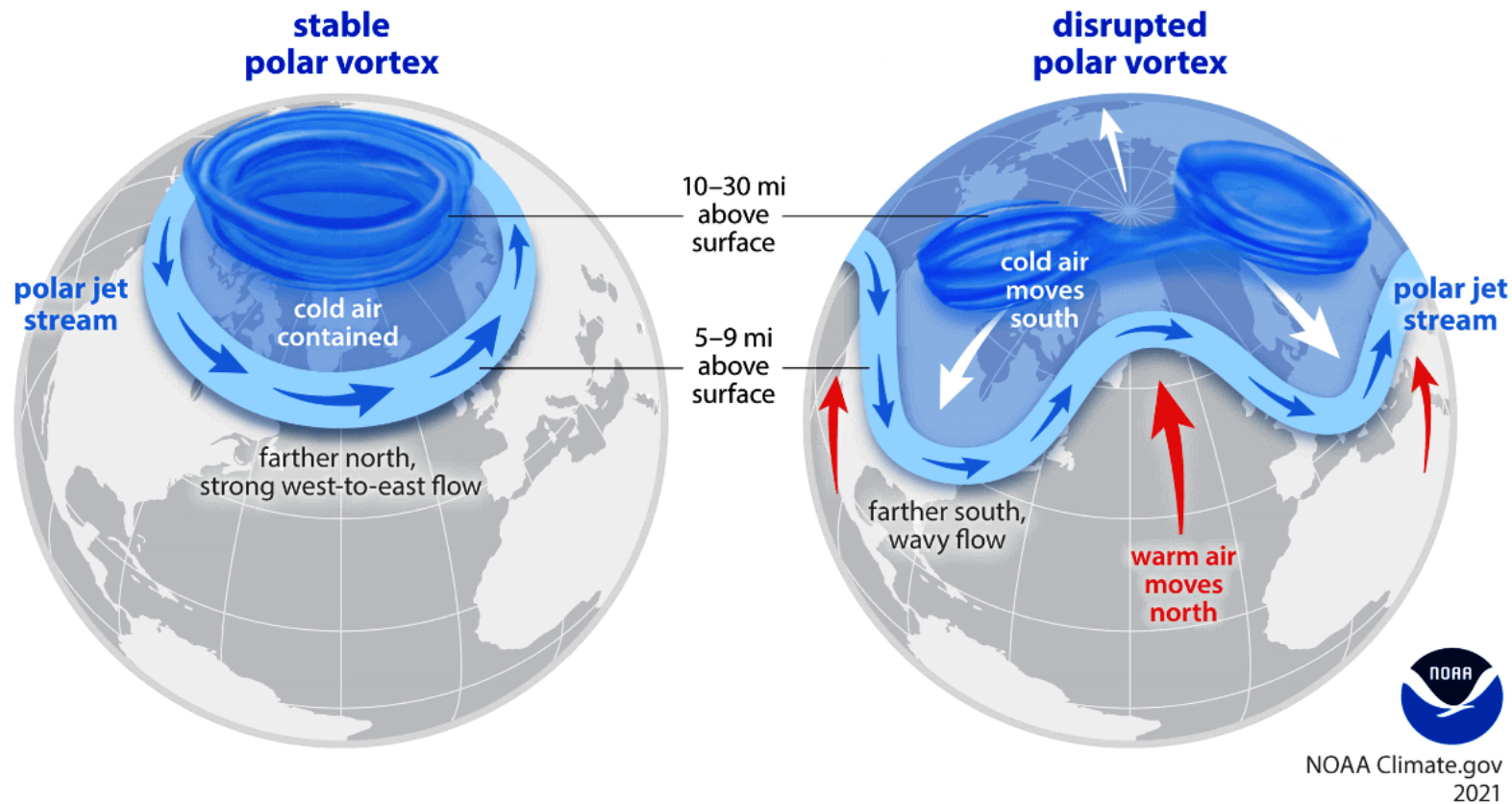
17. Juni 2019, 16:07 Uhr | Lesezeit: 2 Min.





# Kippelemente – Strömungssysteme Jetstream

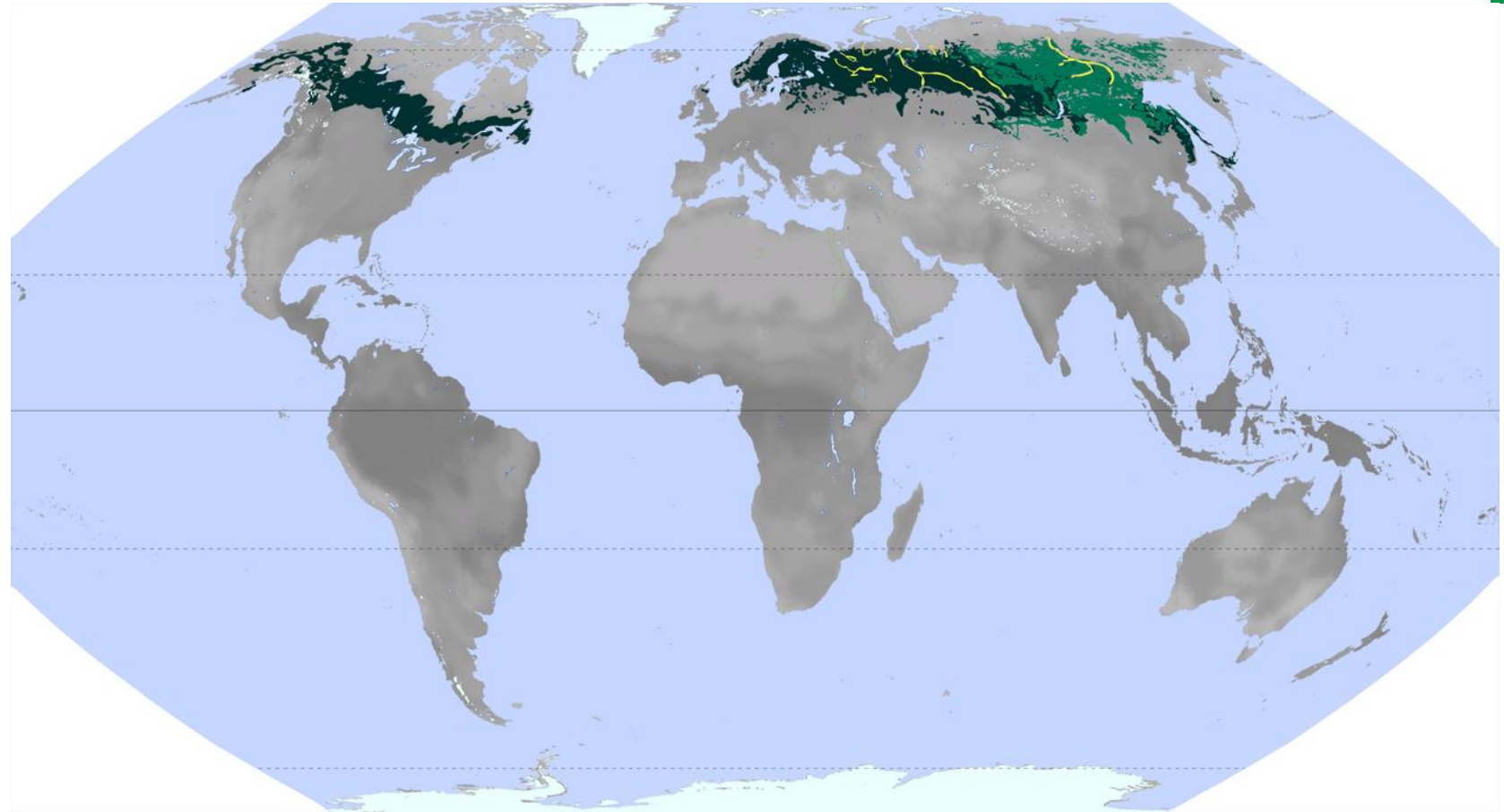
- Die Erwärmung der Arktis und der Rückgang des Meereises verstärken die Veränderungen im Jetstream. Dies führt zu einer stärkeren Wärmeübertragung vom Ozean in die Troposphäre und Stratosphäre, was den Polarwirbel stören und zu extremen Wetterlagen führen kann.
- Durch den fortschreitenden Klimawandel und den weiteren Rückgang des arktischen Eises werden Extremwetter-Ereignisse in den kommenden Jahren und Jahrzehnten häufiger und intensiver.



Quelle: Lindsey 2021 Understanding the Arctic polar vortex  
<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/understanding-arctic-polar-vortex>

# Kippelemente – Ökosysteme Nordische/Boreale Nadelwälder

- Der Kippunkt der nordischen/borealen Nadelwälder bezieht sich auf die Schwelle, bei der durch erhöhte Waldbrände die Nadelwälder in diesen kalten Regionen unwiederbringlich zerstört werden könnten.



Karte der Nordischen/Borealen Nadelwälder  
Quelle: [geo.dianacht.de](http://geo.dianacht.de) (Lizenz CC-BY)



# Kippelemente – Ökosysteme Nordische/Boreale Nadelwälder

- Boreale Wälder speichern große Mengen  $\text{CO}_2$  und haben sich aufgrund der höheren Temperaturen und  $\text{CO}_2$ -Konzentration stark ausgebreitet/verdichtet.
- Erwärmung und Trockenheit führen zum Absterben von Bäumen und verringern die Waldflächen. Wenn der Schnee nicht mehr über den Winter liegenbleibt, fehlt den Bäumen im Frühjahr Wasser. Und bei steigenden Temperaturen können sich auch die Schadinsekten schneller und besser entwickeln.
- Zunehmende Waldbrände setzen zusätzliches  $\text{CO}_2$  frei und erschweren die Regeneration der Wälder.
- 13,4 Millionen Hektar Wald brannte laut Greenpeace im Sommer 2019 bei Waldbränden auf der Nordhalbkugel nieder



Bild vom Sentinel-3 der ESA, das am 28. Juli 2019 aus dem Weltraum aufgenommen wurde: Das Bild zeigt eine Reihe von Bränden und Rauchfahnen in der Republik Sacha. Die russische Großstadt Jakutsk, der Fluss Lena und die Mitteljakutische Niederung im Allgemeinen sowie – am unteren Bildrand – das Aldanhochland sind zu erkennen.

Quelle: ESA, [CC BY-SA IGO](#)

# Zusammenfassung: Kippelemente als Selbstläufer

- Die globale Erwärmung mag in den nächsten Jahrzehnten moderat erscheinen.
- Aber die Trägheit des Klimasystems bedeutet, dass die langfristigen Auswirkungen sich zum Teil gegenseitig verstärken und eine weitere Erwärmung unabwendbar ist.
- Kippelemente könnten langfristige Klimaänderungen auslösen, die über Jahrhunderte oder Jahrtausende anhalten und schwerwiegende Folgen für zukünftige Generationen haben.
- Das überschreiten dieser Kippelemente ist unbedingt zu verhindern.
- **Das Ziel ist es die Erdmitteltemperatur zu stabilisieren**

PERSPECTIVE

Downloaded from https://www.pnas.org by 141.57.44.134 on August 7, 2024 from IP address 141.57.44.134.

PERSPECTIVE

## Trajectories of the Earth System in the Anthropocene

Will Steffen<sup>a,h,1</sup>, Johan Rockström<sup>a</sup>, Katherine Richardson<sup>a</sup>, Timothy M. Lenton<sup>d</sup>, Carl Folke<sup>a,g</sup>, Diana Liverman<sup>a</sup>, Colin P. Summerhayes<sup>a</sup>, Anthony D. Barnosky<sup>j</sup>, Sarah E. Cornell<sup>k</sup>, Michel Crucifix<sup>l</sup>, Jonathan F. Donges<sup>a,k</sup>, Ingo Fetzer<sup>a</sup>, Steven J. Lade<sup>a,b</sup>, Marten Scheffer<sup>a</sup>, Ricarda Winkelmann<sup>a,m</sup>, and Hans Joachim Schellnhuber<sup>a,k,n,1</sup>

Edited by William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, and approved July 6, 2018 (received for review June 19, 2018)

We explore the risk that self-reinforcing feedbacks could push the Earth System toward a planetary threshold that, if crossed, could prevent stabilization of the climate at intermediate temperature rises and cause continued warming on a "Hothouse Earth" pathway even as human emissions are reduced. Crossing the threshold would lead to a much higher global average temperature than any interglacial in the past 1.2 million years and to sea levels significantly higher than at any time in the Holocene. We examine the evidence that such a threshold might exist and where it might be. If the threshold is crossed, the resulting trajectory would likely cause serious disruptions to ecosystems, society, and economies. Collective human action is required to steer the Earth System away from a potential threshold and stabilize it in a habitable interglacial-like state. Such action entails stewardship of the entire Earth System—biosphere, climate, and societies—and could include decarbonization of the global economy, enhancement of biosphere carbon sinks, behavioral changes, technological innovations, new governance arrangements, and transformed social values.

Earth System trajectories | climate change | Anthropocene | biosphere feedbacks | tipping elements

The Anthropocene is a proposed new geological epoch (1) based on the observation that human impacts on essential planetary processes have become so profound (2) that they have driven the Earth out of the Holocene epoch in which agriculture, sedentary communities, and eventually, socially and technologically complex human societies developed. The formalization of the Anthropocene as a new geological epoch is being considered by the stratigraphic community (3), but regardless of the outcome of that process, it is becoming apparent that Anthropocene conditions transgress Holocene conditions in several respects (2). The knowledge that human activity now rivals geological forces in influencing the trajectory of the Earth System has important implications for both Earth System science and societal decision making. While

recognizing that different societies around the world have contributed differently and unequally to pressures on the Earth System and will have varied capabilities to alter future trajectories (4), the sum total of human impacts on the system needs to be taken into account for analyzing future trajectories of the Earth System.

Here, we explore potential future trajectories of the Earth System by addressing the following questions.

Is there a planetary threshold in the trajectory of the Earth System that, if crossed, could prevent stabilization in a range of intermediate temperature rises?

Given our understanding of geophysical and biosphere feedbacks intrinsic to the Earth System, where might such a threshold be?

<sup>a</sup>Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, 10691 Stockholm, Sweden; <sup>b</sup>Enner School of Environment and Society, The Australian National University, Canberra, ACT 2601, Australia; <sup>c</sup>Center for Macroecology, Evolution, and Climate, University of Copenhagen, Natural History Museum of Denmark, 2100 Copenhagen, Denmark; <sup>d</sup>Earth System Science Group, College of Life and Environmental Sciences, University of Exeter, EX4 4QE Exeter, United Kingdom; <sup>e</sup>The Beijer Institute of Ecological Economics, The Royal Swedish Academy of Science, SE-10695 Stockholm, Sweden; <sup>f</sup>School of Geography and Development, The University of Arizona, Tucson, AZ 85721; <sup>g</sup>Scott Polar Research Institute, Cambridge University, CB2 1ER Cambridge, United Kingdom; <sup>h</sup>Steger Ridge Biological Preserve, Stanford University, Stanford, CA 94305; <sup>i</sup>Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium; <sup>j</sup>Belgian National Fund of Scientific Research, 1000 Brussels, Belgium; <sup>k</sup>Research Domain Earth System Analysis, Potsdam Institute for Climate Impact Research, 14473 Potsdam, Germany; <sup>l</sup>Department of Environmental Sciences, Wageningen University & Research, 6700AA Wageningen, The Netherlands; and <sup>m</sup>Department of Physics and Astronomy, University of Potsdam, 14469 Potsdam, Germany

Author contributions: W.S., J.R., K.R., T.M.L., C.F., D.L., C.P.S., A.D.B., S.E.C., M.C., J.F.D., I.F., S.J.L., M.S., R.W., and H.J.S. wrote the paper.

The authors declare no conflict of interest.

This article is a PNAS Direct Submission.

This open access article is distributed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License 4.0 (CC BY-NC-ND).

<sup>1</sup>To whom correspondence may be addressed. Email: will.steffen@anu.edu.au or john@pik-potsdam.de.

This article contains supporting information online at [www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1810141115/-DCSupplemental](https://www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1810141115/-DCSupplemental).

Published online August 6, 2018.

8252–8259 | PNAS | August 14, 2018 | vol. 115 | no. 33

[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1810141115](https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1810141115)

Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. In Proceedings of the National Academy of Sciences (Vol. 115, Issue 33, pp. 8252–8259). Proceedings of the National Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>

HTWK



# Folgen des Klimawandels

- Kippelemente im Klimasystem
  - **Maßnahmen zum Klimaschutz**
  - Die 4°C kältere Welt
- 
- Die Folgen des Klimawandels
  - Klimaangst
  - Zusammenfassung und Diskussion

# Maßnahmen zum Klimaschutz





# Sparpotentiale von CO<sub>2</sub>-Emissionen

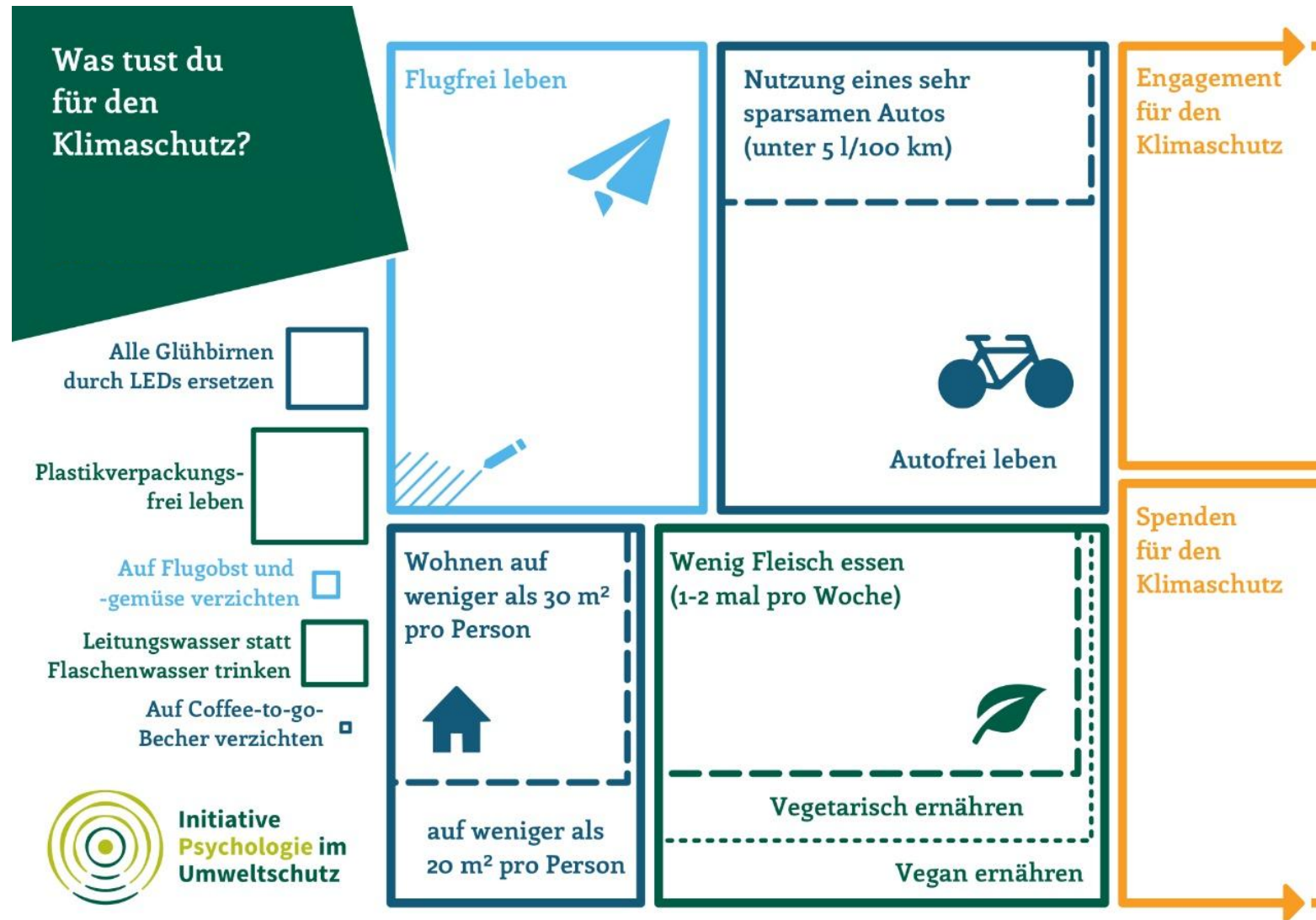
Was tust du  
für den  
Klimaschutz?



## Bereiche:

1. Flugfrei leben
2. Leitungswasser statt Flaschenwasser kaufen
3. Auf Coffee-to-go-Becher verzichten
4. Vegan ernähren
5. Alle Glühbirnen durch LED ersetzen
6. Autofrei leben
7. Wohnen auf weniger als 20 m<sup>2</sup> pro Person
8. Auf Flugobst- und Gemüse verzichten
9. Plastikverpackungsfrei leben

# Sparpotentiale von CO2-Emmisionen

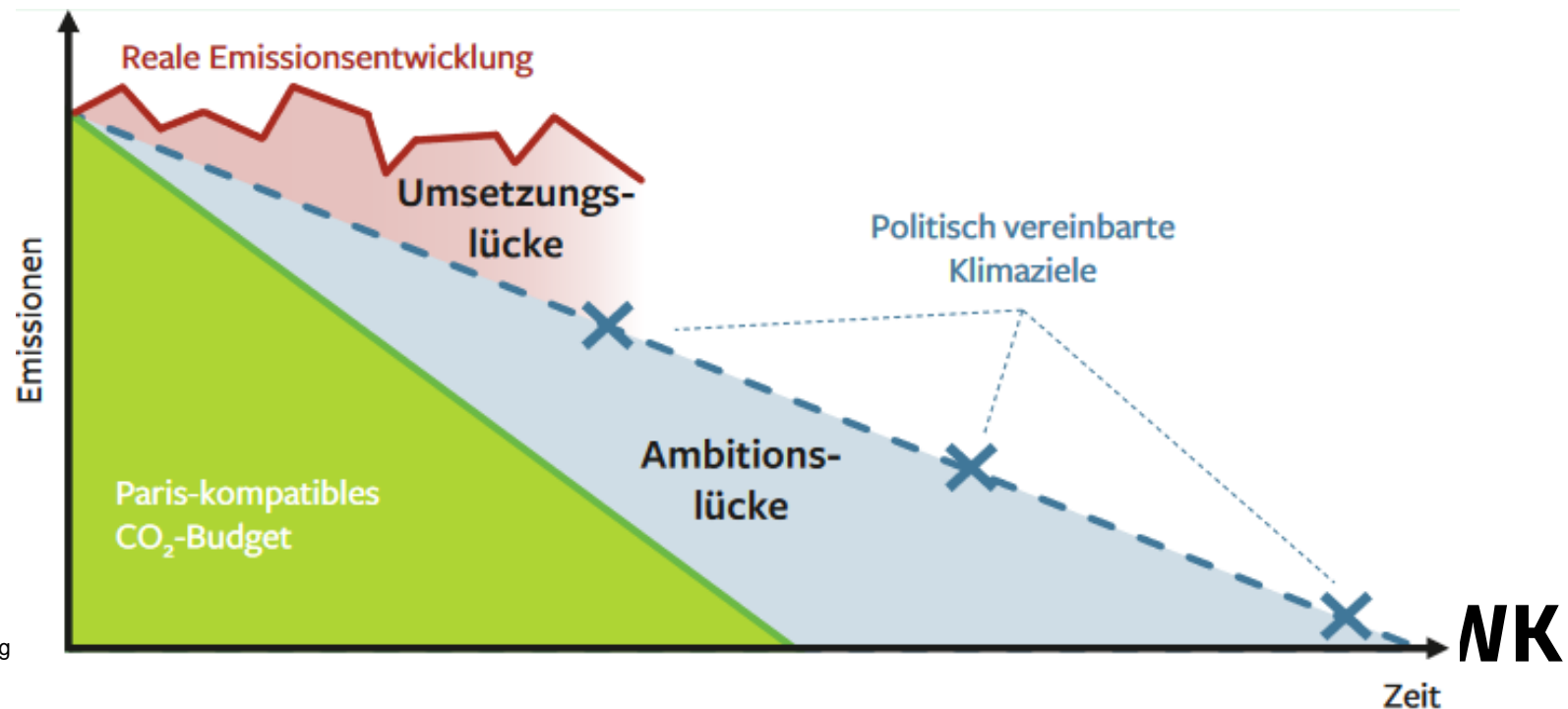




# Ambitions- und Umsetzungslücke

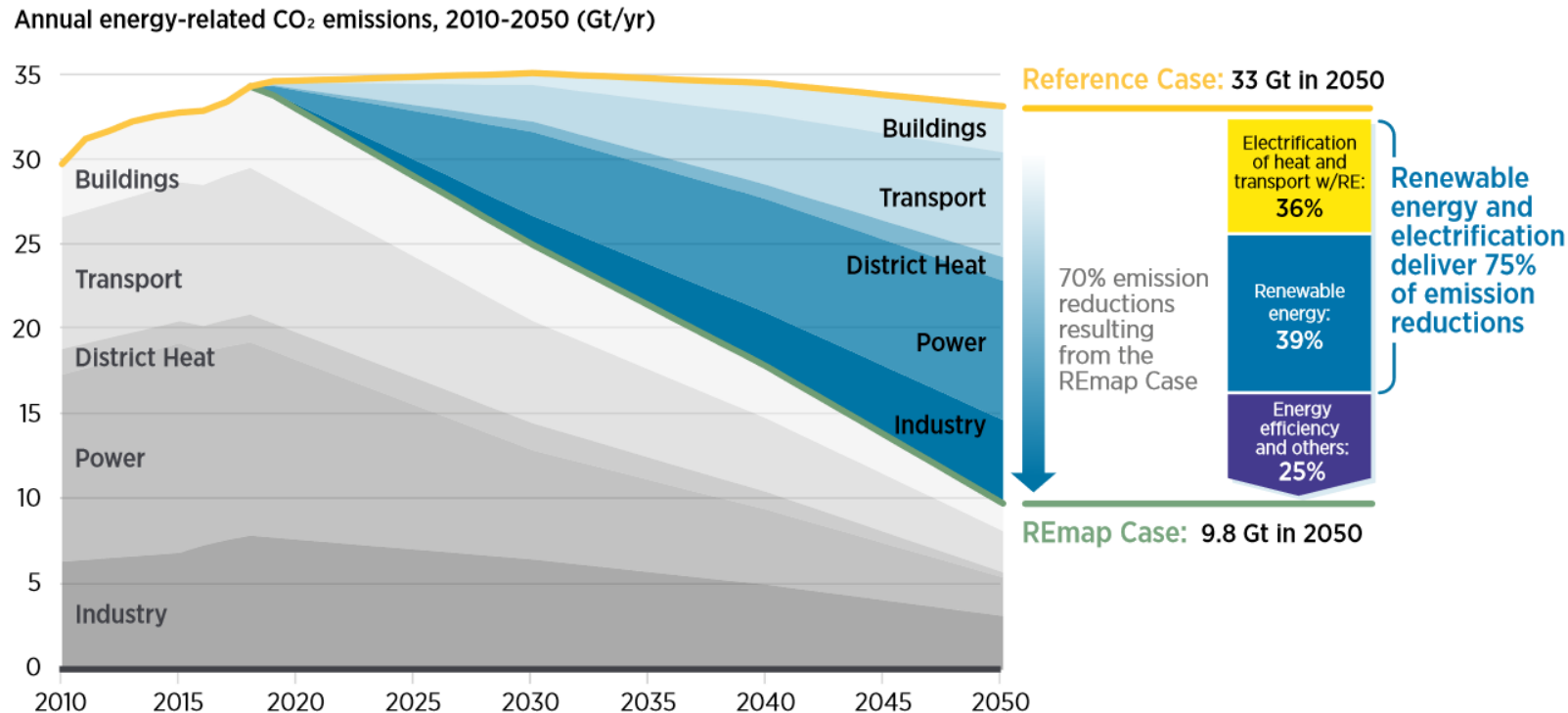
- In Deutschland, aber auch weltweit haben wir zu den Klimaschutzzielen eine Ambitionslücke und eine Umsetzungslücke
- Ambitionslücke: Die existierenden Klimaziele stellen keinen ausreichenden Beitrag zum Pariser Klimaabkommen dar.
- Umsetzungslücke: Die gesetzten Energie- und Klimaschutzziele wurden wiederholt verfehlt

Grafik: Sachverständigenrat für  
Umweltfragen (SRU) Umweltgutachten  
2020: Für eine entschlossene  
Umweltpolitik in Deutschland und Europa  
S. 72 ISBN 978-3-947370-16-0



# Ambitions- und Umsetzungslücke schließen

- 1. Effizienzsteigerungen und Einsparung
- 2. Ausbau der erneuerbaren Energien
- 3. Elektrifizierung von allem (Strom ist das neue Öl)

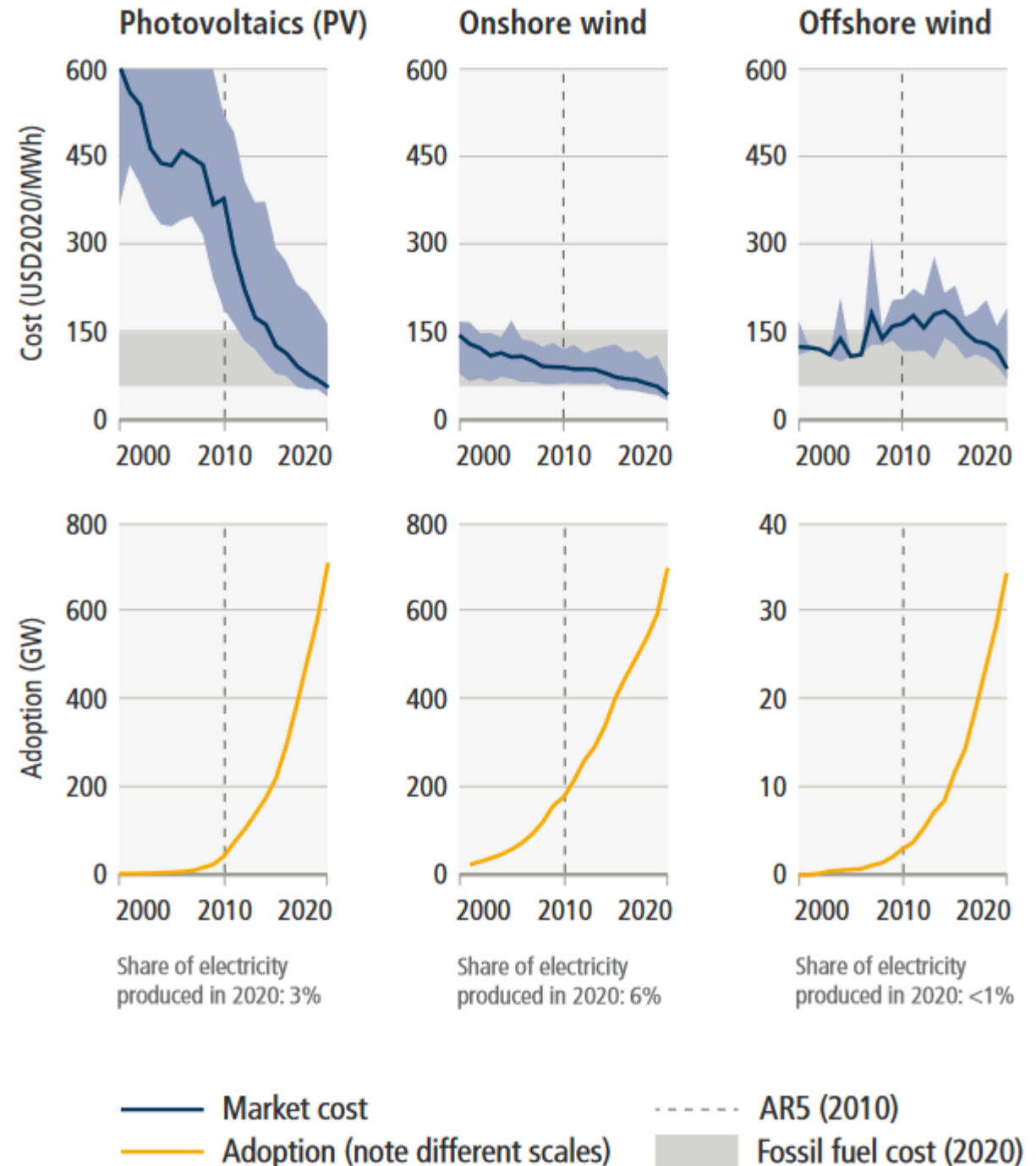


Grafik: IRENA (2019), Solutions to integrate high shares of variable renewable energy (Report to the G20 Energy Transitions Working Group (ETWG)), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN: 978-92-9260-135-5



# Kosten für erneuerbare Energien

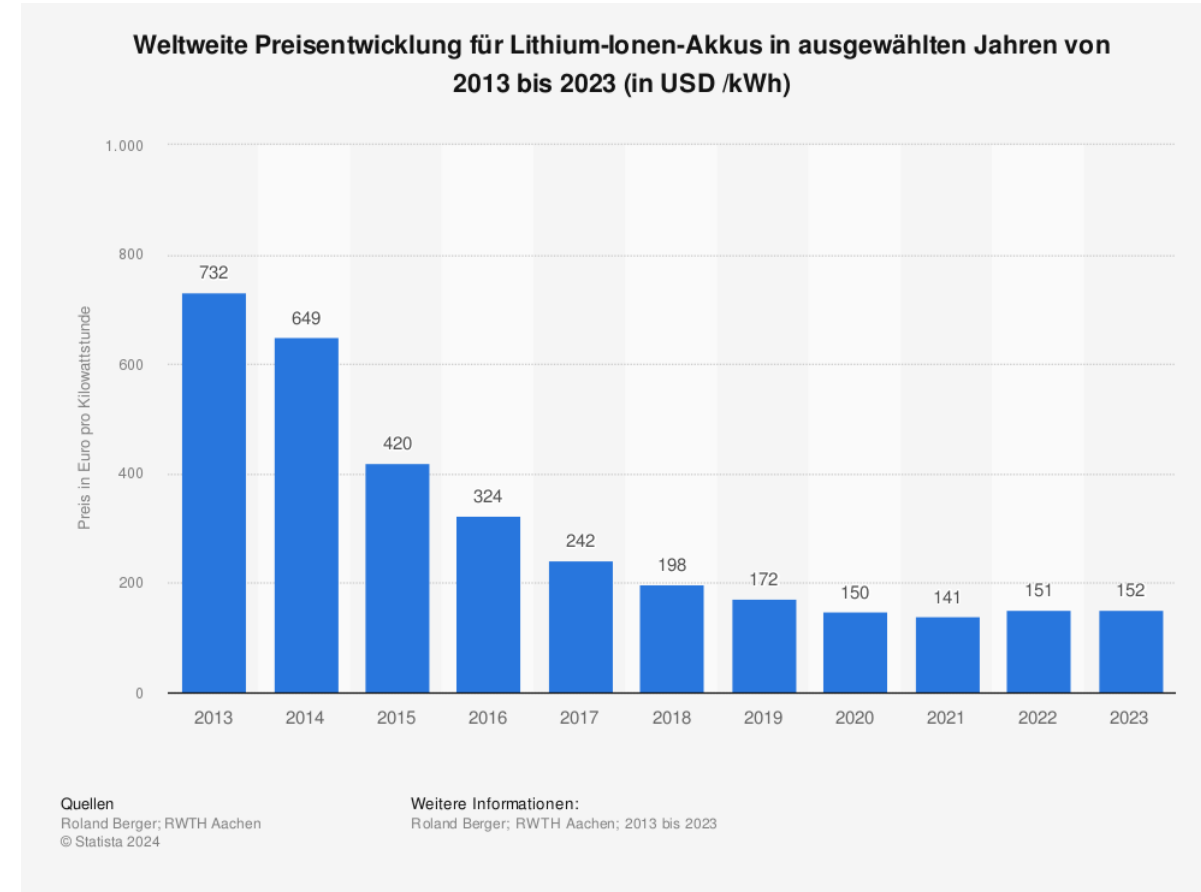
- Die Kosten für Wind- und Solarenergie sind in den letzten Jahren erheblich gesunken, was sie wettbewerbsfähig gegenüber traditionellen Energiequellen macht.
- Solar- und Windkraftanlagen ermöglichen eine dezentrale Energieerzeugung, was die Resilienz des Energienetzes erhöht und regionale Wertschöpfung fördert.



# Kosten für Stromspeicher

- Die Kosten für Stromspeicher sind in den letzten Jahren erheblich gesunken.
- Stromspeicher spielen eine entscheidende Rolle bei der Integration von erneuerbaren Energiequellen wie Solar- und Windkraft.
- Die Entwicklung hin zu dezentralen Energiesystemen wird durch Stromspeicher unterstützt
- Die zunehmende Verbreitung von Elektrofahrzeugen (EVs) erfordert leistungsfähige und wirtschaftliche Speicherlösungen.

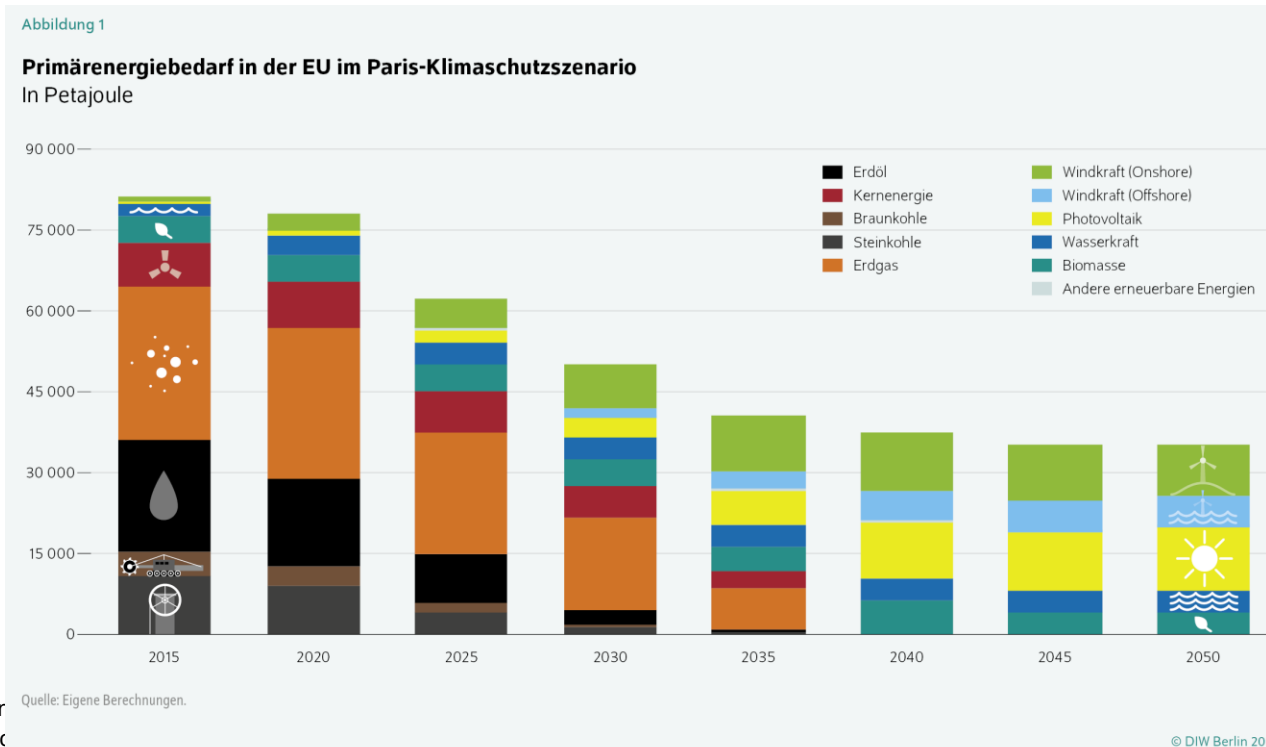
Quelle: Roland Berger. (8. Dezember, 2023). Weltweite Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Akkus in ausgewählten Jahren von 2013 bis 2023 (in USD /kWh) [Graph]. In Statista. Zugriff am 08. August 2024, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus/>





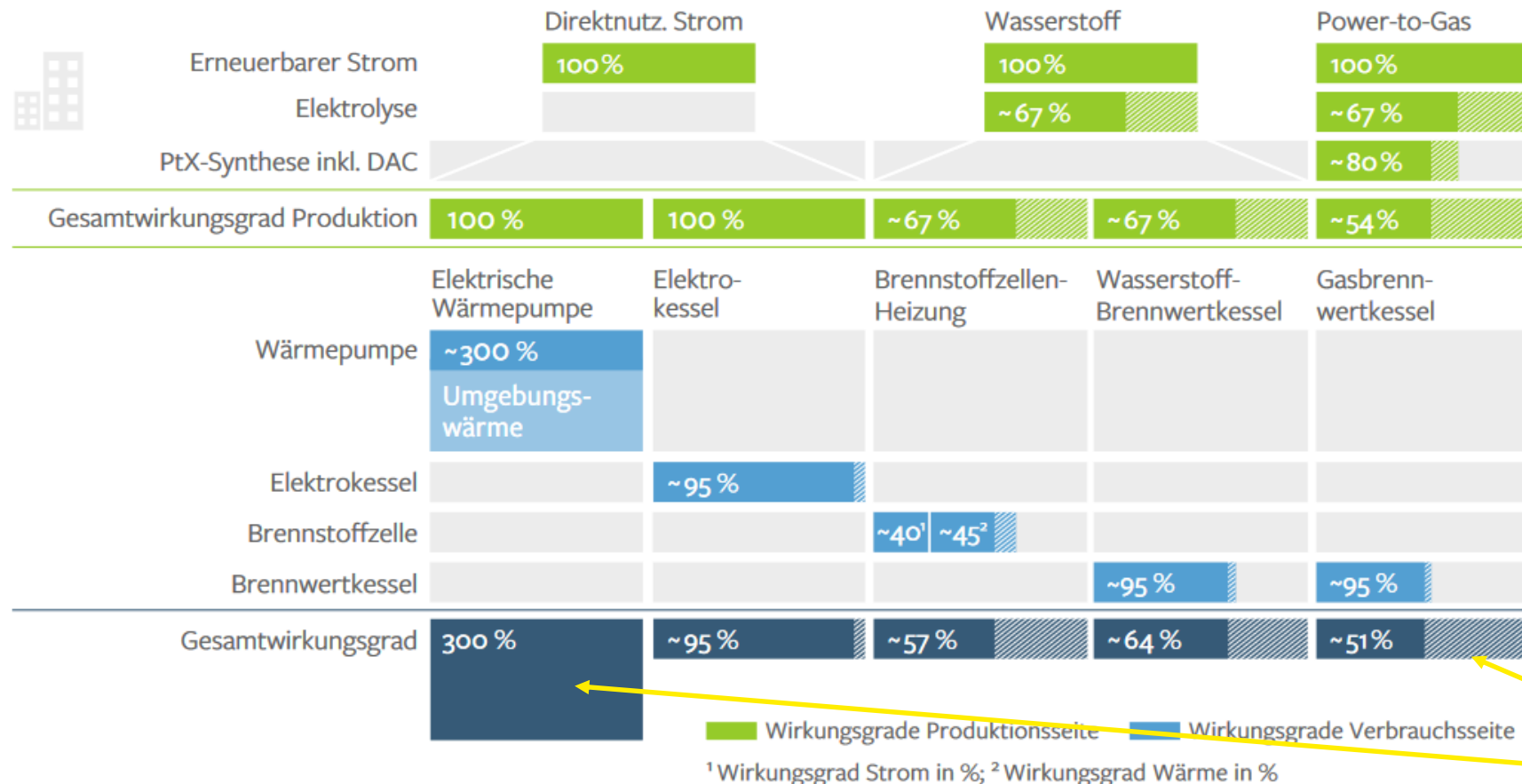
# Fossile Energien reduzieren, erneuerbare ausbauen

- Der Primärenergiebedarf sinkt
- Der Wirkungsgrad von Kohlekraftwerken liegt üblicherweise im Bereich von 30 bis 40%, Zentrale Energieversorgung bedeutet auch hohe Leitungsverluste
- Systeme wie Wärmepumpen oder Elektrofahrzeuge sind deutlich effizienter
- Durch die Kopplung der effizienten Technologien mit den erneuerbaren halbiert sich der Primärenergiebedarf



Quelle: DIW Berlin, DIW Wochenbericht 28/2020, European Green Deal: Mit ambitionierten Klimaschutzzielen und erneuerbaren Energien aus der Wirtschaftskrise Von Karlo Hainsch, Leonard Göke, Claudia Kemfert, Pao-Yu Oei und Christian von Hirschhausen [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.793313.de/20-28-1.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.793313.de/20-28-1.pdf)

# Energetischer Gesamtwirkungsgrad verschiedener Optionen zur Wärmeversorgung von Gebäuden

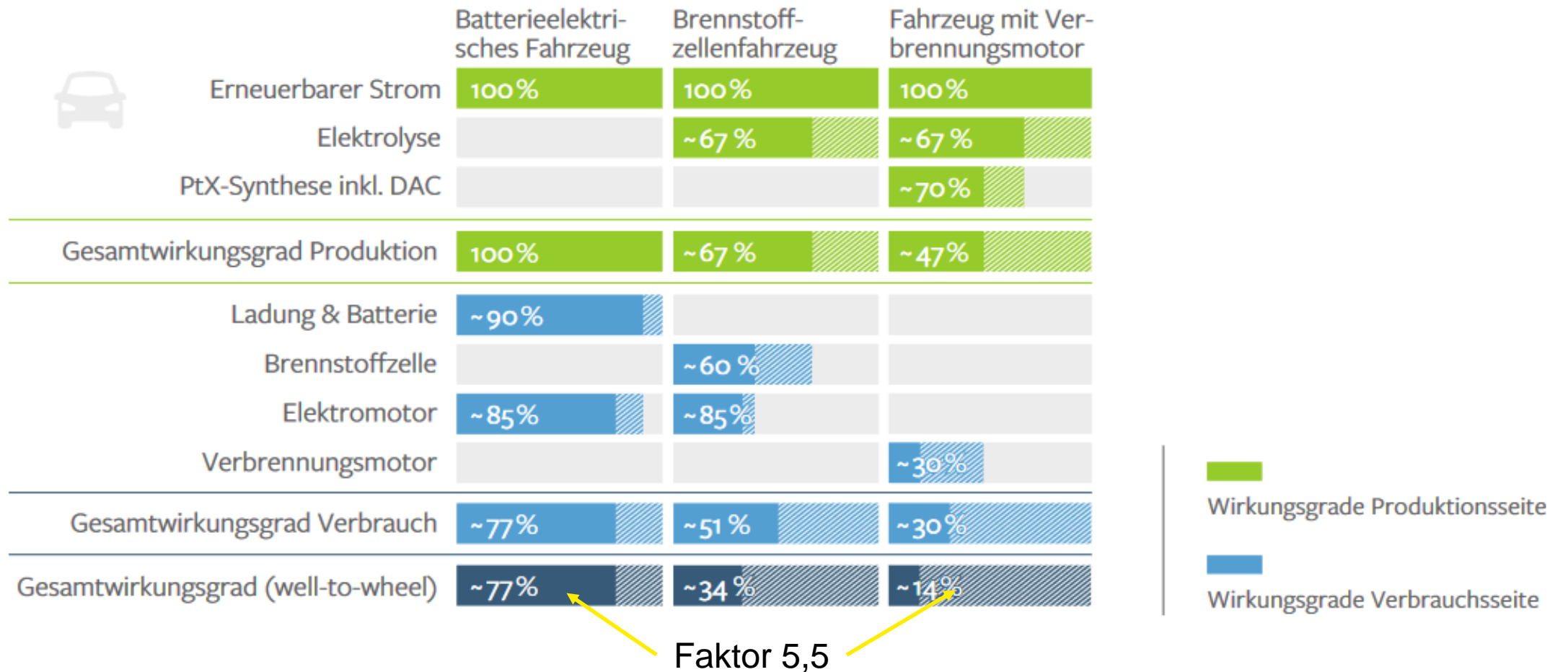


Faktor 6,0

Anmerkung: Der Begriff Wirkungsgrad ist im Fall der Wärmepumpe nicht korrekt, da Wirkungsgrade über 100 % nicht möglich sind. Gemeint ist hier die nutzbar gemachte Umweltwärme im Verhältnis zur eingesetzten Strommenge. Dabei wurde eine Jahresarbeitszahl von 3 angenommen. Je nach Wärmequelle, Heizungstemperatur und Gebäude kann dieser Wert aber auch deutlich abweichen. In BMWi (2021a) werden Jahresarbeitszahlen von 2,6 bis 4,6 angegeben, dementsprechend könnte die nutzbar gemachte Umweltwärme zwischen 260 und 460 % der eingesetzten Strommenge liegen. Quelle: SRU 2021, Wasserstoff im Klimaschutz: Klasse statt Masse, STELLUNGNAHME | Juni 2021 ISBN 978-3-947370-18-4; Datenquelle: für die Wirkungsgrade der Verbrauchsseite s. BMWi 2021a; Agora Verkehrswende et al. 2018; für Wirkungsgrade auf der Produktionsseite s. Abb. 6

[https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2020\\_2024/2021\\_06\\_stellungnahme\\_wasserstoff\\_im\\_klimaschutz.html](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_06_stellungnahme_wasserstoff_im_klimaschutz.html)

# Energetischer Gesamtwirkungsgrad verschiedener Antriebsoptionen für PKW





# Was ist mit Atomenergie?

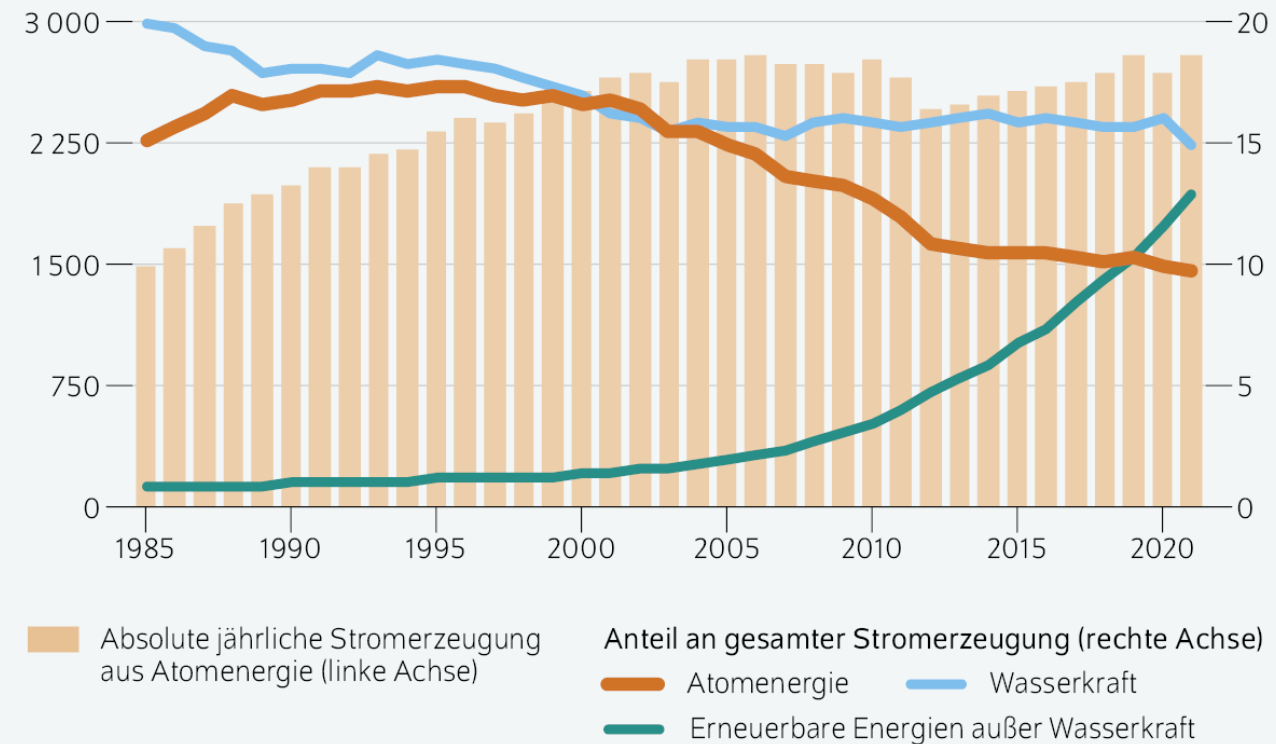
- Der Bau, die Instandhaltung und der Rückbau von Kernkraftwerken ist extrem kostspielig und zeitaufwendig.
- Im Vergleich zur Atomkraft sind erneuerbare Energien wie Solar- und Windkraft mittlerweile günstiger und schneller zu installieren, was Investitionen in die Kernenergie weniger attraktiv macht.
- Die langfristige Lagerung und Entsorgung von radioaktivem Abfall bleibt ungelöst und stellt ein großes Umwelt- und Sicherheitsproblem dar.

Quelle: DIW Berlin, DIW Wochenbericht 10/2023, Ausbau von Kernkraftwerken entbehrt technischer und ökonomischer Grundlagen Von Alexander Wimmers, Fanny Böse, Claudia Kemfert, Björn Steigerwald, Christian von Hirschhausen und Jens Weizsäcker [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.867893.de/23-10-1.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.867893.de/23-10-1.pdf)

Abbildung 1

## Weltweite Entwicklung der Stromerzeugung aus Atomenergie, Wasserkraft und anderen erneuerbaren Energien

Jährliche Erzeugung in Terawattstunden (linke Achse); Anteile in Prozent (rechte Achse)



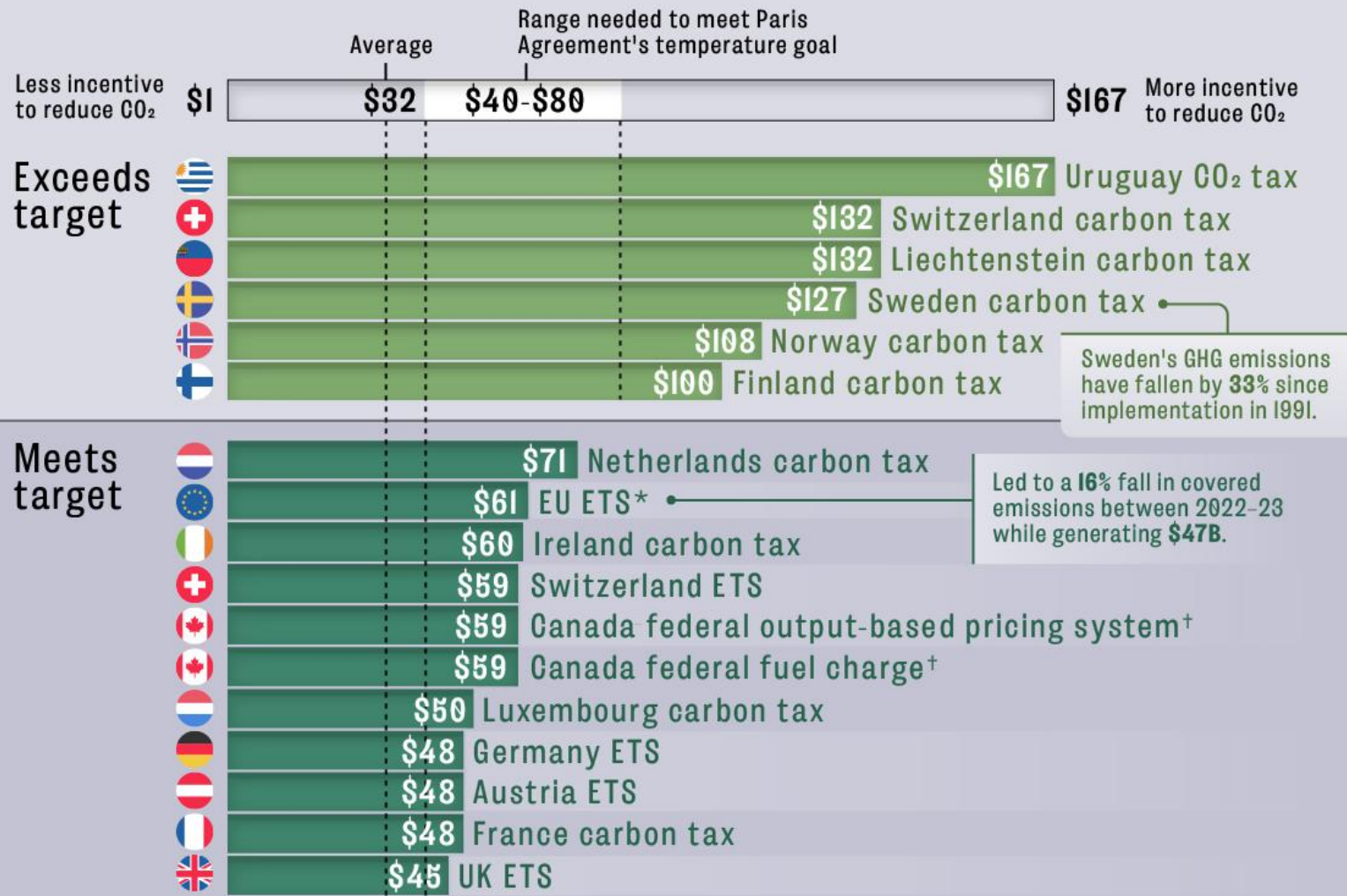
Quelle: BP Statistical Review; eigene Berechnungen.

© DIW Berlin 2023

Der Anteil an der weltweiten Stromerzeugung aus Atomenergie liegt erstmals unter zehn Prozent, erneuerbare Energien werden hingegen immer wichtiger.

# CO<sub>2</sub>-Preis

## 2024 PRICE PER METRIC TON OF CO<sub>2</sub> EQUIVALENT



- Im Jahr 2024 sind nur für 1 % der weltweiten Emissionen ist der Preis hoch genug, um das 1,5°C-Ziel des Pariser Abkommens zu erreichen.
- Die Bepreisung von CO<sub>2</sub> ist eine Umweltstrategie, die darauf abzielt, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, indem Kohlenstoffemissionen mit einem Geldpreis belegt werden.
- Die gängigsten Arten der Kohlenstoffbepreisung sind **Emissionshandelssysteme (ETS)** und **CO<sub>2</sub>-Steuern**.
  - Bei ersteren wird eine Gesamtemissionsgrenze festgelegt und es werden Genehmigungen für den Handel zugeteilt,
  - während bei letzteren eine Gebühr auf die Emissionen erhoben wird, um deren Kosten zu erhöhen und Anreize zur Reduzierung zu schaffen.

# Folgen des Klimawandels

- Kippelemente im Klimasystem
  - Maßnahmen zum Klimaschutz
  - **Die 4°C kältere Welt**
- 
- Die Folgen des Klimawandels
  - Klimaangst
  - Zusammenfassung und Diskussion



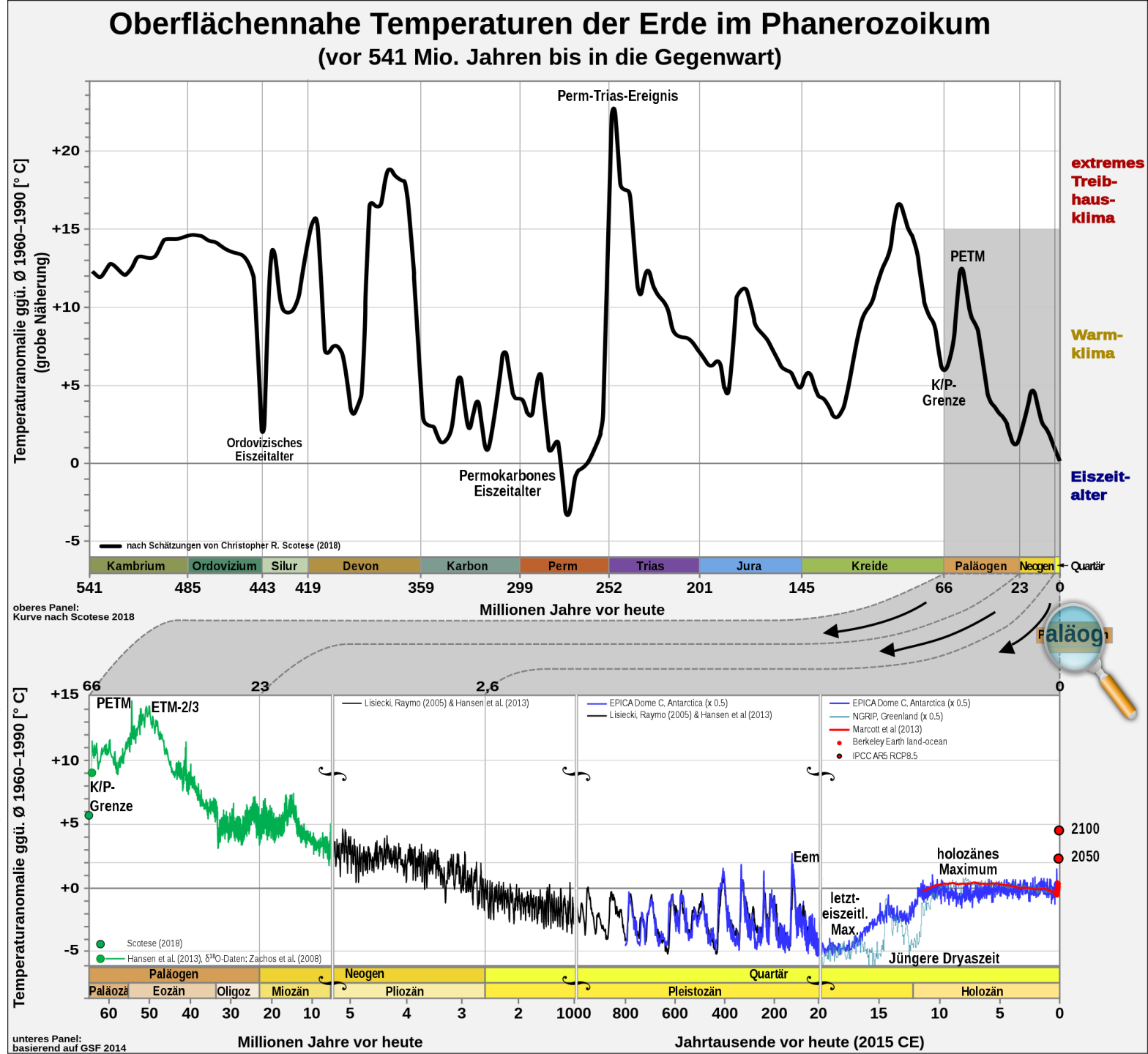
# Die 4°C kältere Welt



# Die 4°C kältere Welt

- Das Phanerozoikum war durch mehrere große Klimawechsel geprägt, einschließlich bedeutender Eiszeiten und Warmzeiten
- In dieser jüngeren Erdgeschichte gab es eine enge Verbindung zwischen atmosphärischem ( $\text{CO}_2$ ) und den Temperaturen.

Quelle: CC BY 4.0: of combined chart DeWikiMan, graph in lower panel and description below based on work by Christopher R. Scotese  
work by User:Glen Fergus, User:hg6996, curve in upper panel based on work by Christopher R. Scotese

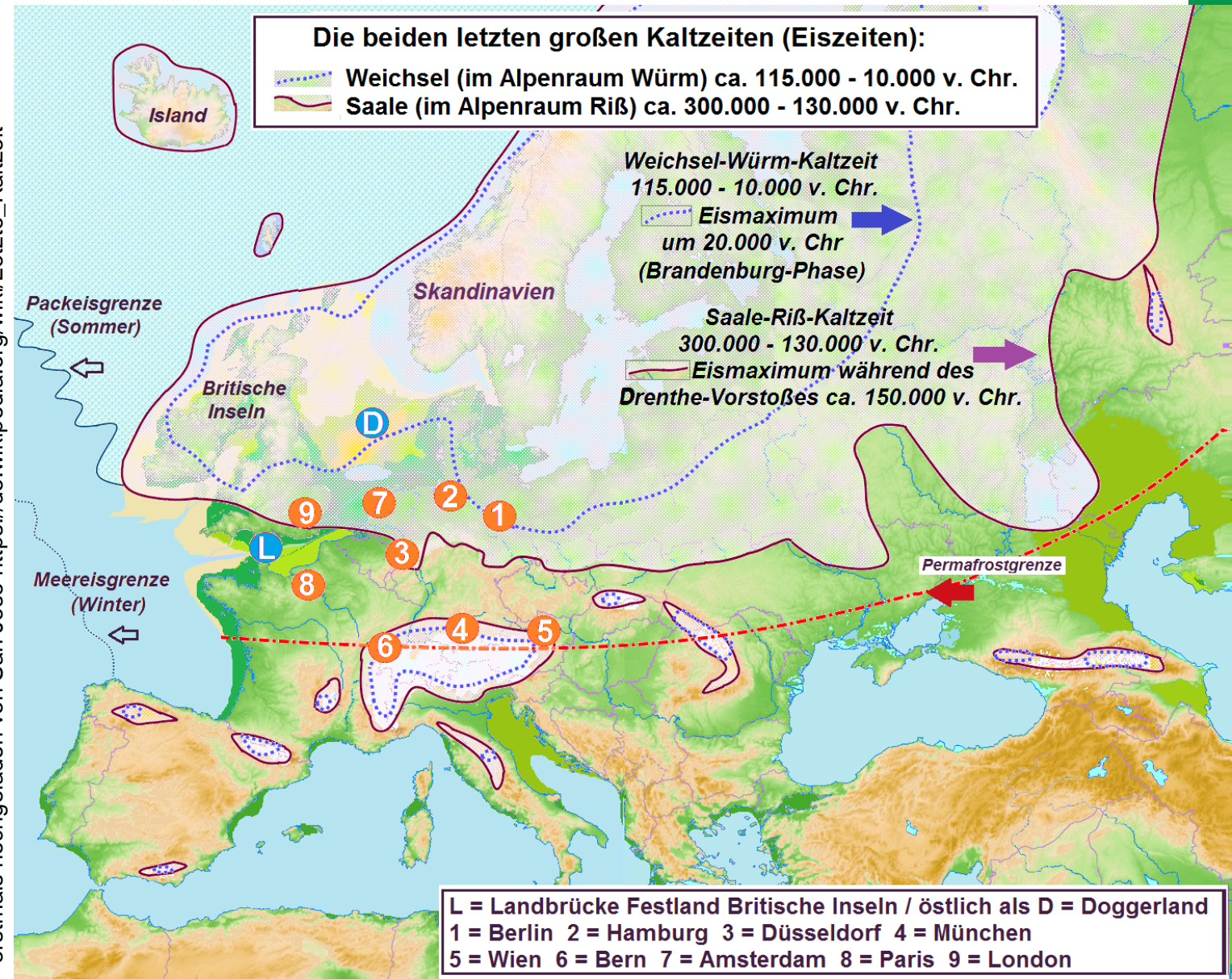




# Die 4°C kältere Welt

- Vor 20.000 Jahren war die letzte große Eiszeit
- Große Teile Nordeuropas, einschließlich Skandinavien, der Britischen Inseln und des nördlichen Teils von Deutschland, waren von dicken Eisschilden bedeckt.
- Europa erlebte kältere und trockenere Klimabedingungen, was zu tundraähnlichen Landschaften in vielen Teilen des Kontinents führte.

Quelle: CC BY 4.0: Own work This file was derived from: [Europe topography map.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Letzte_Eiszeit)  
erstmal hochgeladen von San Jose [https://de.wikipedia.org/wiki/Letzte\\_Eiszeit](https://de.wikipedia.org/wiki/Letzte_Eiszeit)





# Die 4°C kältere Welt

- Berlin lag unter einem 200m dicken Eisschild
- Die Packeisgrenze der Arktis reichte in ihrer jährlichen maximalen Ausdehnung bis nach Nordspanien
- Meeresspiegel lag ca. 130m tiefer
- Damals gab es Eisschilde, die bis zu drei Kilometer dick waren

Quelle: <https://www.bz-berlin.de/archiv-artikel/wie-es-war-als-die-eiszeit-ueber-berlin-herrschte>

07.11.2016, 22:10 Uhr

**Fernsehturm unter Eis-Massen**

## Wie es war, als die Eiszeit über Berlin herrschte



Zur Eiszeit war der Berliner Raum bis zu 200 Meter hoch mit Eis bedeckt. Nur Kugel und Spitze des Fernsehturms hätten aus der Eismasse herausgeragt Foto: picture alliance / B.Z.-Montage

# Die 4°C kältere Welt

- Große Teile Nordamerikas, insbesondere Kanada und die nördlichen USA, waren von dicken Eisschilden bedeckt
- Die letzte Eiszeit hatte ihren Höhepunkt vor etwa 21.000 Jahren.
- Damals gab es Eisschilde, die **bis zu drei Kilometer dick waren**.
- Da so viel Wasser als Eis gebunden war, lag der Meeresspiegel etwa 130 Meter unter dem heutigen Niveau.

Quelle: <https://www.history101.nyc/the-ice-age>





# Die 4°C kältere Welt

- Die Fauna Nordspaniens während der letzten Kaltzeit: Pferde, Wollhaarmammuts, ein Wollnashorn und Höhlenlöwen am Kadaver eines Rens.



Quelle: Mauricio Antón: Die Fauna Nordspaniens während der letzten Kaltzeit: Pferde, Wollhaarmammuts, ein Wollnashorn und Höhlenlöwen am Kadaver eines Rens. Caitlin Sedwick (1 April 2008). "What Killed the Woolly Mammoth?". *PLoS Biology* 6 (4): e99. DOI:10.1371/journal.pbio.0060099.



# 15 Minuten Pause

# Folgen des Klimawandels

- Kippelemente im Klimasystem
  - Maßnahmen zum Klimaschutz
  - Die 4°C kältere Welt
  - **Die Folgen des Klimawandels**
  - Klimaangst
  - Zusammenfassung und Diskussion
-

# Die Folgen des Klimawandels





# Hitze

Extremhitze in Saudi-Arabien

## Mehr als 1300 Menschen sterben bei Pilgerreise nach Mekka

Saudi-Arabien hat die Zahl der Hitzeopfer beim Hadsch dramatisch nach oben korrigiert. Viele der mindestens 1301 Toten seien ohne offizielle Pilgerlizenz unterwegs gewesen – bei teils mehr als 50 Grad.

24.06.2024, 03.41 Uhr

Quelle: <https://www.spiegel.de/ausland/mekka-mehr-als-1300-menschen-sterben-durch-hitze-bei-pilgerreise-hadsch-a-bec4c877-204e-48dc-a0e6-a498ae017220>

Hitzewelle in Südasien

## 52,3 Grad – höchste je gemessene Temperatur in Indien festgestellt

Heiß, heißer, Mungeshpur. In dem Vorort der indischen Metropole Delhi maßen die Meteorologen einen neuen Hitzerekord. Ganz Südasien leidet seit Wochen unter extremen Temperaturen. Ursache dafür ist aber nicht nur der Klimawandel.

29.05.2024, 16.52 Uhr

Quelle: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/indien-52-3-grad-hoechste-je-gemessene-temperatur-in-mungeshpur-festgestellt-a-b7516a5c-1201-437a-9203-2d9d2ee85afe>

Quelle: <https://www.rnd.de/panorama/hitzerekorde-in-australien-ueber-49-grad-es-raubt-einem-den-atem-LBKDCX4Z3ZD7ZNRVBEXT7KDI7Q.html>

Vögel fallen von den Bäumen

## „Es raubt einem den Atem“: Hitzerekorde in Australien – über 49 Grad





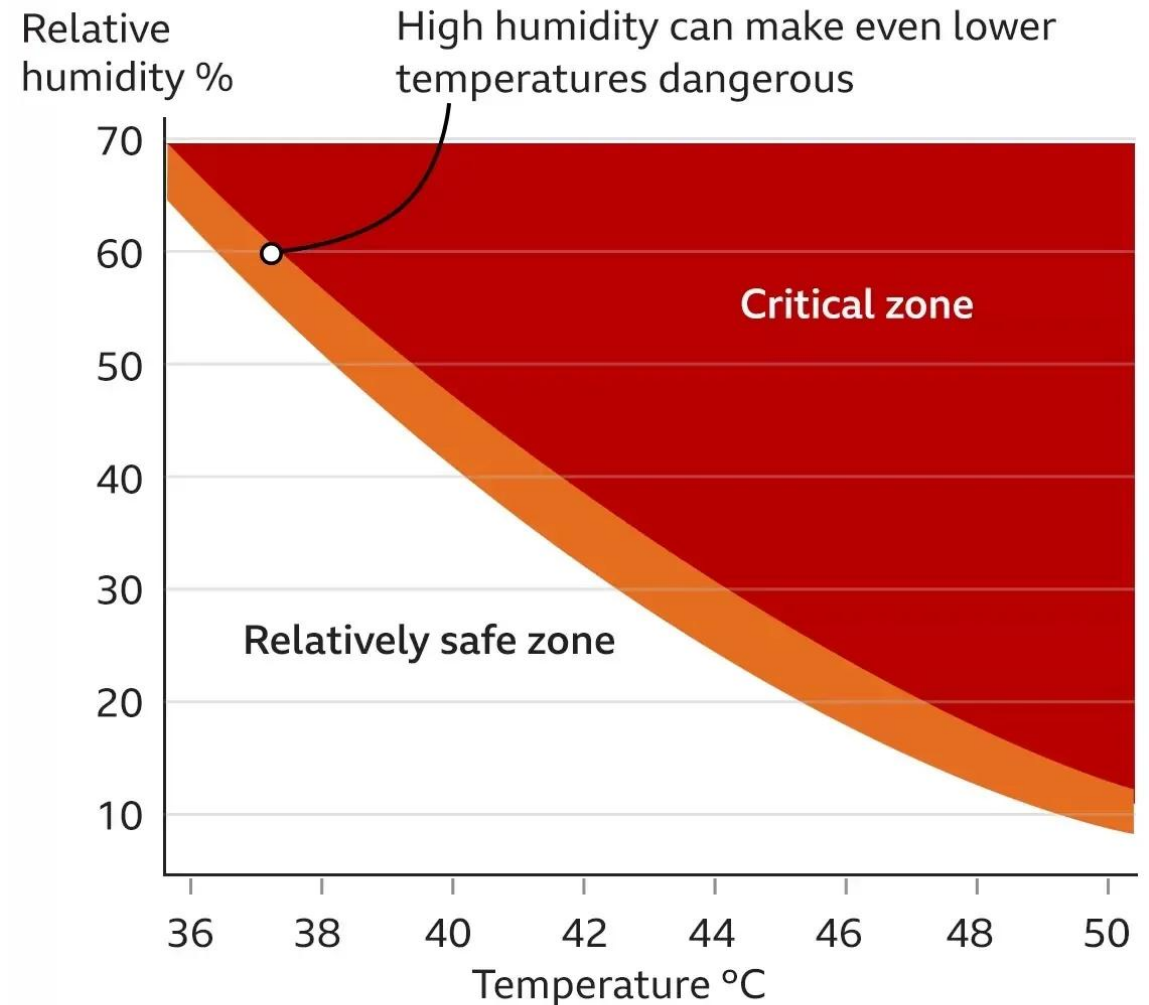
# Hitze

- Tödliche Hitze
- Definiert als Bedingungen, die durch eine Kombination aus hoher Temperatur und hoher Luftfeuchtigkeit entstehen und zu einer lebensbedrohlichen Belastung des menschlichen Körpers führen.
- Eine Nasskugeltemperatur von 35°C oder höher ist eine Grenze, bei der die menschliche Thermoregulation durch Schwitzen nicht mehr ausreichend ist, um eine Überhitzung zu verhindern, selbst bei ruhenden, im Schatten befindlichen Personen

Quelle: umair haque: Eudaimonia and Co, Jun 30, 2023 Are We Beginning To Hit the Limits of Human Survivability? We Need To Talk About Wet Bulb Temperature, and What the Latest Research About It Reveals <https://eand.co/are-we-beginning-to-hit-the-limits-of-human-survivability-b08ec481b181>

## When the combination of temperature and humidity becomes deadly

■ Point temperature and humidity combine to start increasing core body temperature

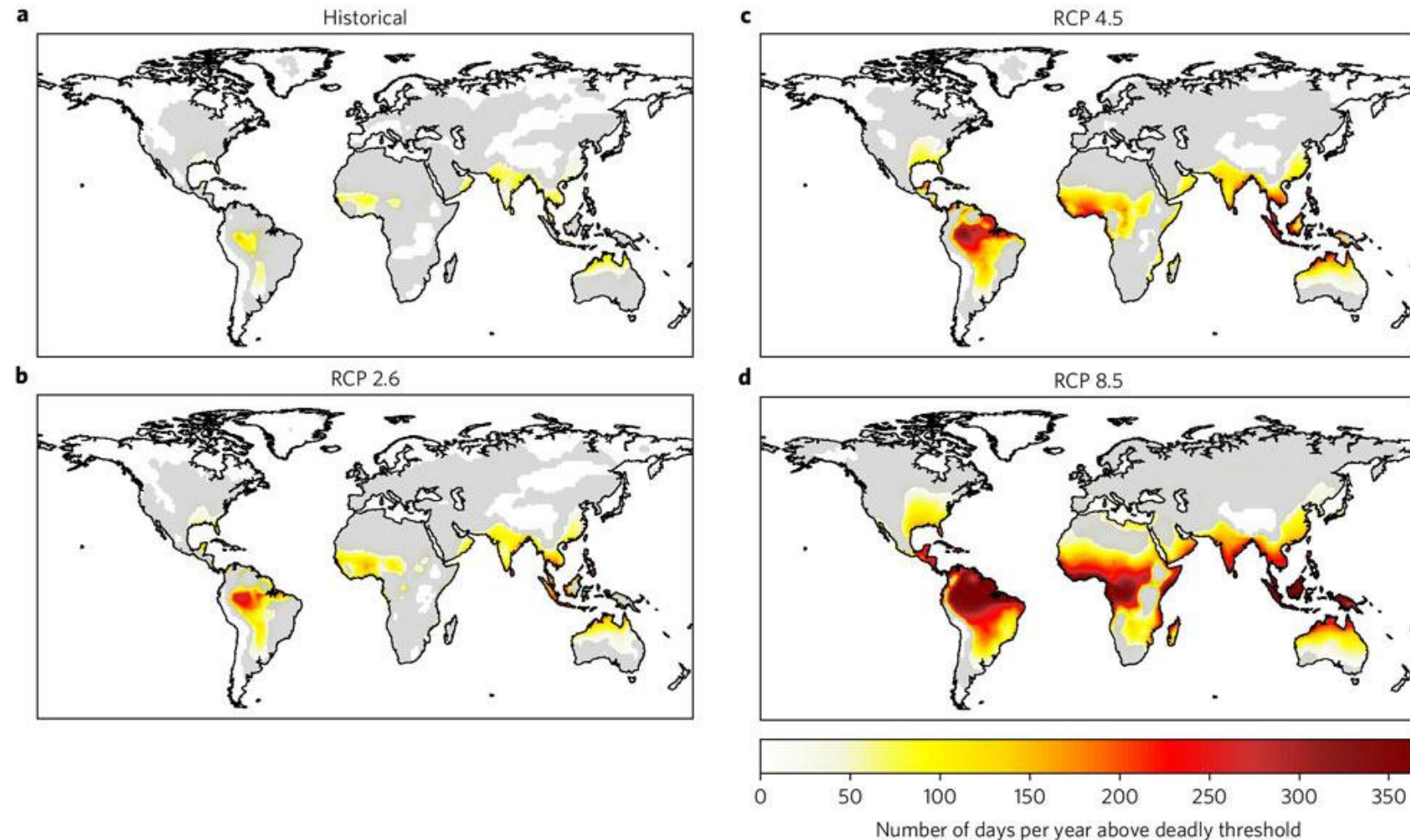


Source: Penn State University

# Hitze

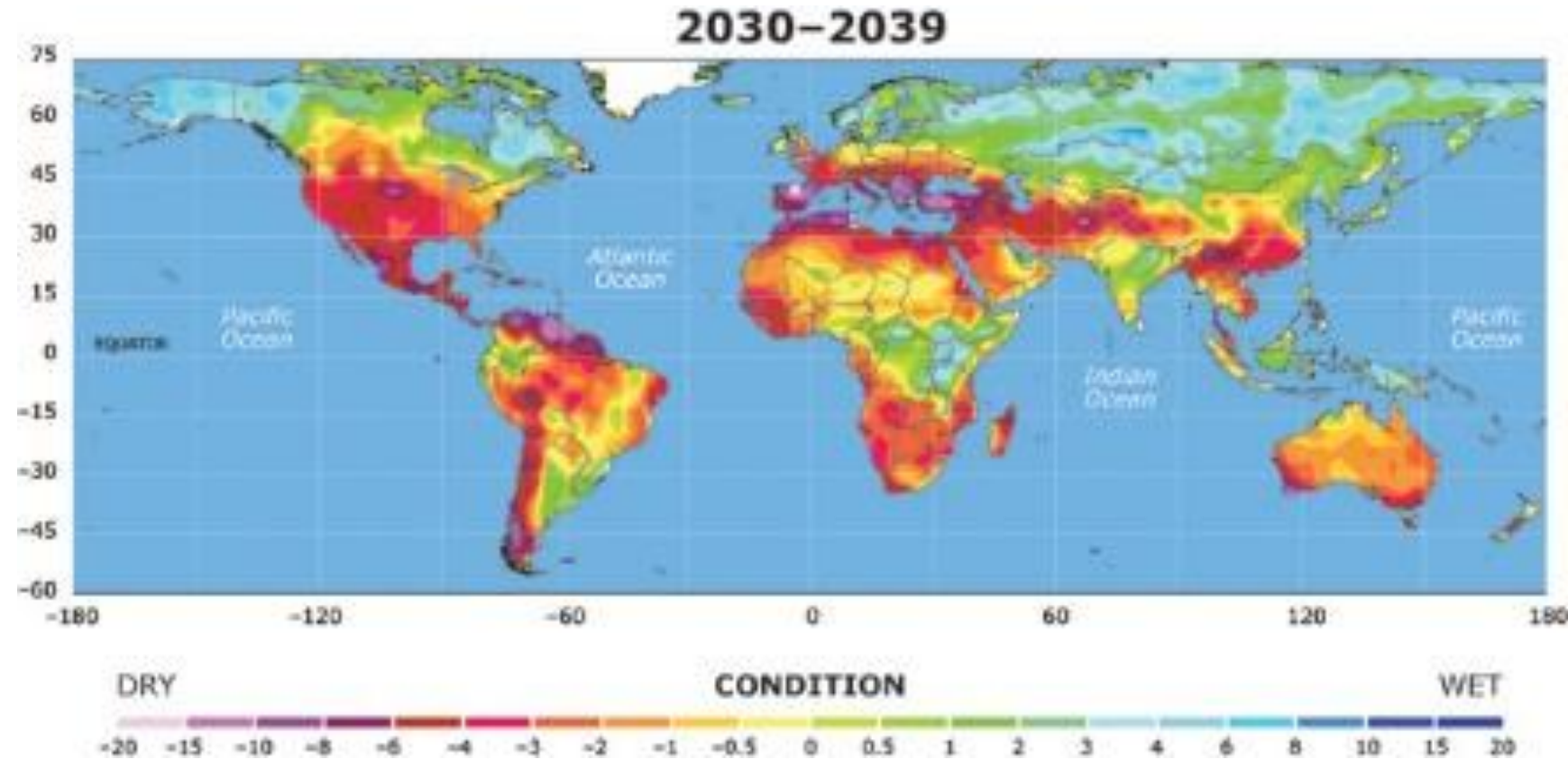
- Derzeit sind etwa 30% der Weltbevölkerung mindestens 20 Tage im Jahr tödlichen Hitzebedingungen ausgesetzt.
- Zukunftsprognosen: Bis 2100 könnte dieser Anteil auf etwa 48% bei drastischer Reduktion der Treibhausgasemissionen und auf etwa 74% bei anhaltend hohen Emissionen ansteigen.

Quelle: Mora, C., Dousset, B., Caldwell, I. R., Powell, F. E., Geronimo, R. C., Bielecki, C. R., Counsell, C. W. W., Dietrich, B. S., Johnston, E. T., Louis, L. V., Lucas, M. P., McKenzie, M. M., Shea, A. G., Tseng, H., Giambelluca, T. W., Leon, L. R., Hawkins, E., & Trauernicht, C. (2017). Global risk of deadly heat. In *Nature Climate Change* (Vol. 7, Issue 7, pp. 501–506). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/nclimate3322>



# Dürre

- Höhere globale Durchschnittstemperaturen erhöhen die Verdunstung. Dies reduziert die verfügbare Bodenfeuchtigkeit und verstärkt die Intensität und Häufigkeit von Dürren.
- Klimamodelle zeigen, dass der Klimawandel die Niederschlagsmuster verändert, was in einigen Regionen zu längeren und intensiveren Trockenperioden führt. Regionen, die bereits anfällig für Trockenheit sind, könnten noch stärker betroffen sein.
- Dürren beeinträchtigen Ökosysteme und die biologische Vielfalt. Feuchtgebiete trocknen aus, Flüsse und Seen schrumpfen, und viele Tier- und Pflanzenarten sind bedroht.



Quelle: Dai, A. (2010). Drought under global warming: a review. In WIREs Climate Change (Vol. 2, Issue 1, pp. 45–65). Wiley. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>



# Dürre

- **In Europa wird der Mittelmeerraum austrocknen**
- Dürren führen zu erheblichen Ernteaussfällen und verringern die landwirtschaftliche Produktivität.
- Die Kombination aus hohen Temperaturen und Trockenheit erhöht das Risiko und die Häufigkeit von Waldbränden.
- Die Wasserknappheit beeinträchtigt auch die Energieversorgung, insbesondere in Regionen, die auf Wasserkraft angewiesen sind.
- Anhaltende Dürren setzen viele europäische Ökosysteme unter Stress und bedrohen die biologische Vielfalt. Feuchtgebiete trocknen aus, Flüsse und Seen schrumpfen, und viele Tier- und Pflanzenarten sind in ihrem Überleben bedroht. Dies hat langfristige Auswirkungen auf die Stabilität und Funktion der betroffenen Ökosysteme

Quelle: Der Standard: <https://www.derstandard.de/story/3000000230211/ausnahmestand-in-griechenland-wegen-akuten-wassermangels>

GRIECHENLAND

## Ausnahmestand in Griechenland wegen akuten Wassermangels

Eine gefährliche Mischung aus Konsum, einem veralteten Wasserversorgungsnetz und Niederschlagsarmut zwingt viele Gemeinden in Griechenland in die Knie. Bericht aus Athen

Robert Stadler

28. Juli 2024, 16:50

481 Postings

Später lesen



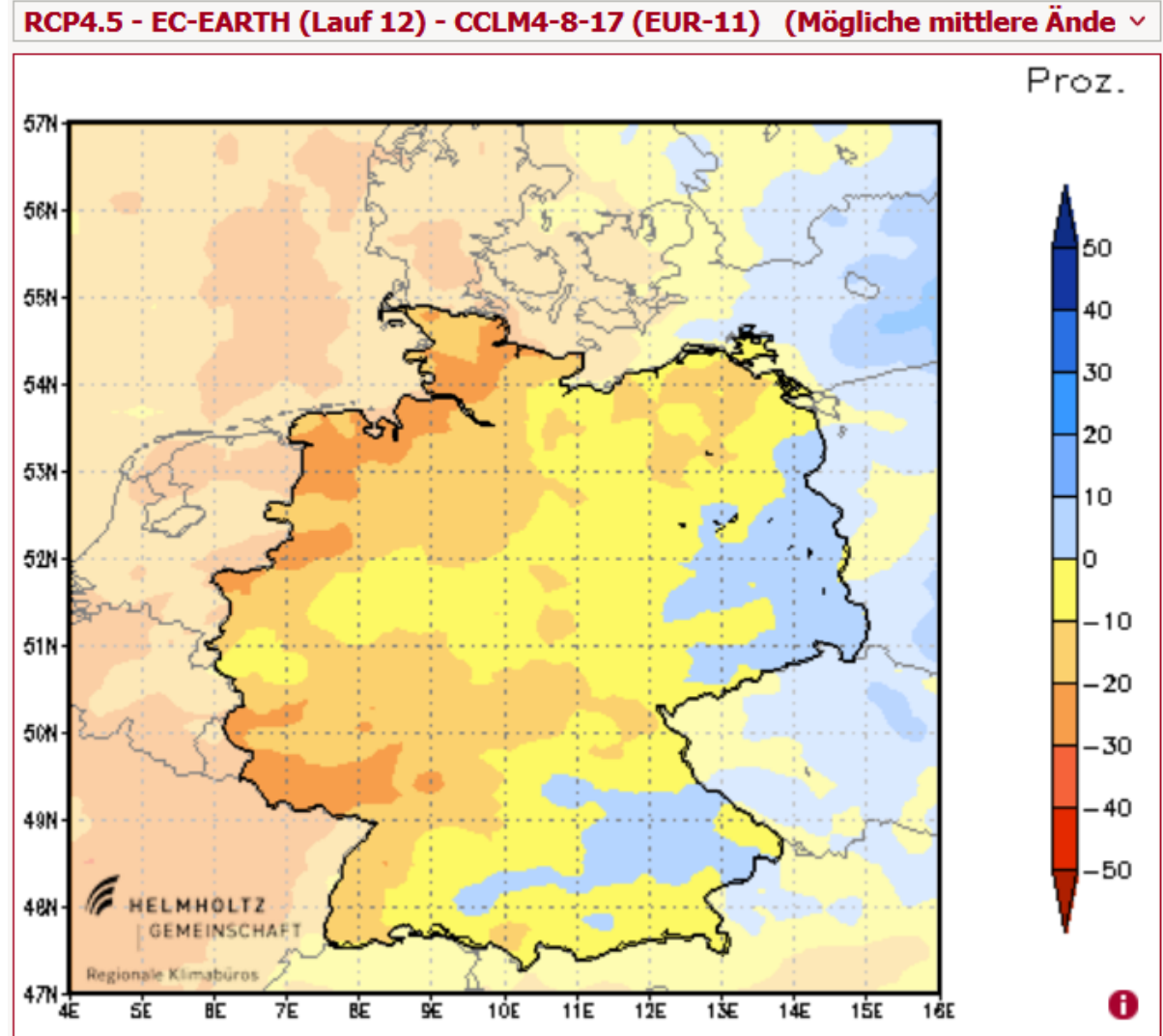
Mit Hitze und Trockenheit kommen auch wieder die Waldbrände.

REUTERS/Alkis Konstantinidis



# Dürre

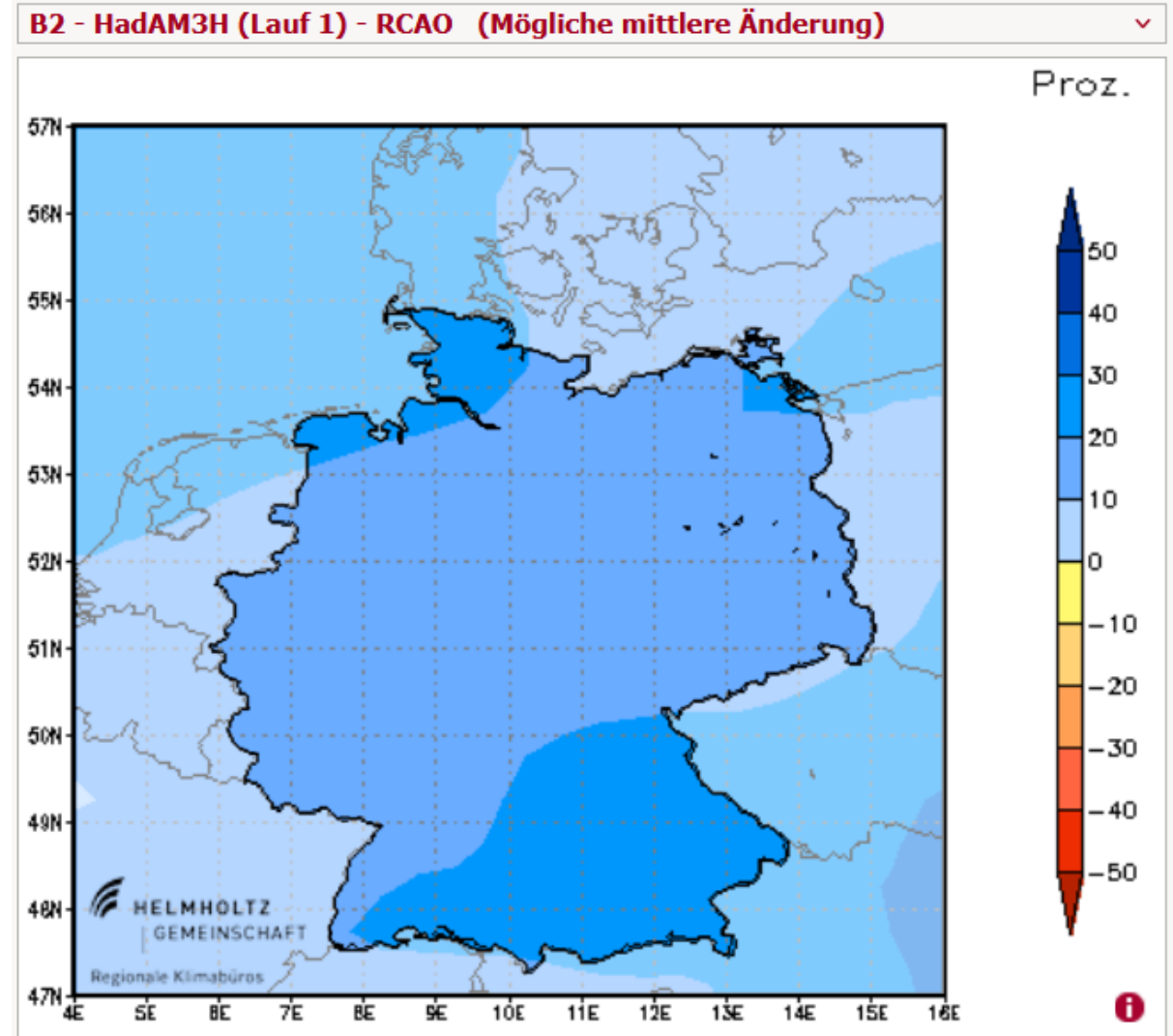
- Die Simulationsrechnungen sagen eher niedrigere Regenmengen für den Sommer voraus.
- Höhere Temperaturen bedeuten auch mehr Verdunstung.
- In den Sommern müssen wir auch in Deutschland mit Dürreperioden rechnen
- Die Anzahl der Regentage im Sommer in Deutschland sinkt deutlich
- Der Regen fällt häufiger als Starkregen



Deutschland: Mögliche mittlere Änderung des Niederschlags im Sommer bis Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zu heute (1961-1990): Unklar <https://www.regionaler-klimaatlas.de/klimaatlas/2071-2100/sommer/niederschlag/deutschland/mittlereanderung.html>

# Dürre

- Für den Winter werden höhere Regenmengen vorhergesagt.
- Dieser Niederschlag wird nicht als Schnee liegen bleiben.
- Hochwasser in der Kalten Jahreszeit könnten häufiger auftreten



Deutschland: Mögliche mittlere Änderung des Niederschlags im Winter bis Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zu heute (1961-1990): Unklar

<https://www.regionaler-klimaatlas.de/klimaatlas/2071-2100/winter/niederschlag/deutschland/mittlereanderung.html>

# Dürre

- In Europa wird der Mittelmeerraum austrocknen
- Dürren führen zu erheblichen Ernteaussfällen und verringern die landwirtschaftliche Produktivität.
- Die Kombination aus hohen Temperaturen und Trockenheit erhöht das Risiko und die Häufigkeit von Waldbränden.
- Die Wasserknappheit beeinträchtigt auch die Energieversorgung, insbesondere in Regionen, die auf Wasserkraft angewiesen sind.
- Anhaltende Dürren setzen viele europäische Ökosysteme unter Stress und bedrohen die biologische Vielfalt. Feuchtgebiete trocknen aus, Flüsse und Seen schrumpfen, und viele Tier- und Pflanzenarten sind in ihrem Überleben bedroht. Dies hat langfristige Auswirkungen auf die Stabilität und Funktion der betroffenen Ökosysteme

Rund die Hälfte der Opfer Kinder

## Wohl mehr als 40.000 Dürretote in Somalia

20.03.2023 | 12:43



**Rund 43.000 Menschen sind laut einem Bericht 2022 in Somalia wegen Dürre gestorben. Demnach herrscht in dem ostafrikanischen Land gerade die schlimmste Dürre jemals.**

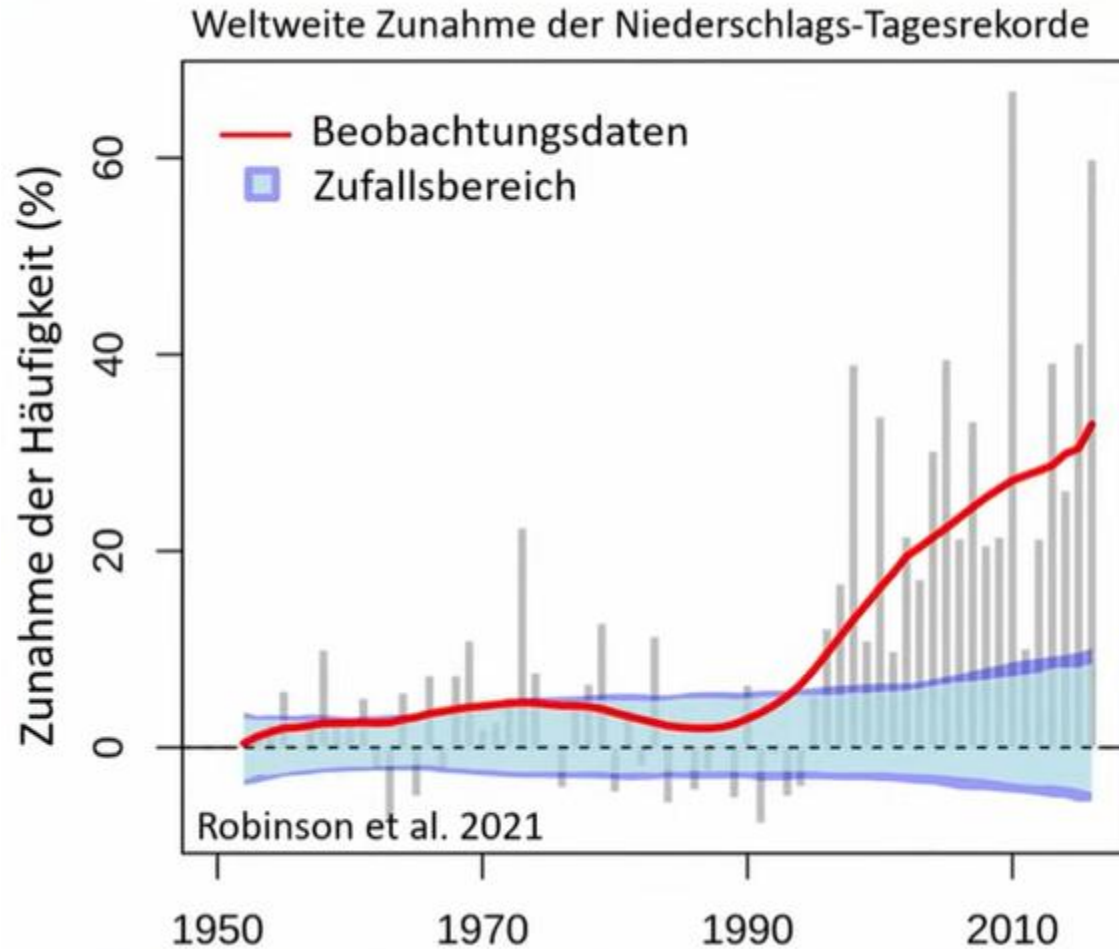


**Somalia leidet unter der schlimmsten Dürre seit Jahrzehnten. Die Hälfte der Todesopfer sind laut eines Berichts Kinder.**

Quelle: imago/ZUMA Wire



# Starkregen/Überschwemmungen



Daten: Robinson, A., Lehmann, J., Barriopedro, D., Rahmstorf, S., & Coumou, D. (2021). Increasing heat and rainfall extremes now far outside the historical climate. In npj Climate and Atmospheric Science (Vol. 4, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00202-w>

- Durch die Erwärmung der Atmosphäre kann diese mehr Wasserdampf aufnehmen, was zu intensiveren Niederschlägen führt.
- Der Klimawandel beeinflusst großräumige atmosphärische Zirkulationen, was zu häufigeren und intensiveren Wetterereignissen, einschließlich Starkregen, führen kann.
- Wärmere Temperaturen erhöhen die Energie in der Atmosphäre, was die Wahrscheinlichkeit und Intensität von konvektiven Wetterereignissen wie Gewittern und Starkregen erhöht.
- Der Klimawandel kann die Jetstreams beeinflussen, was zu einer Verschiebung und Verstärkung von Wetterlagen führen kann.
- Veränderungen in der Landnutzung und Vegetation, die durch den Klimawandel verursacht werden, können lokale Wetterbedingungen beeinflussen und die Häufigkeit von Starkregenereignissen erhöhen.

# Starkregen/Überschwemmungen

Flut im Ahrtal und Rheinland-Pfalz Sommer 2021

Innerhalb von 24 Stunden fielen in der Nacht vom 14. auf den 15. Juli 2021 mehr als 100 Liter Regen pro Quadratmeter in Teilen der Bundesländer Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen - mit verheerenden Folgen für die Menschen vor Ort.

Foto: Thomas Frey/dpa: Die Katastrophe aus der Luft fotografiert:



- Wir unterscheiden zwischen Hochwasser und Starkregenereignissen
  - Starkregen entsteht durch kurze, intensive Niederschläge, Hochwasser entsteht durch lang anhaltende oder großflächige Niederschläge, Schneeschmelze oder Flussüberlauf
  - Starkregen tritt kurzfristig auf (Minuten bis Stunden), Hochwasser entwickelt sich langsamer und kann länger anhalten (Tage bis Wochen)



# Starkregen/Überschwemmungen

Starkregenereignisse können zu Überschwemmungen führen, die Ackerflächen überschwemmen und die Pflanzen beschädigen oder zerstören, was erhebliche **Ernteaussfälle** zur Folge haben kann.

Foto: SWR Aktuell: Starkregen verdirbt Ernte auf beiden Seiten des Rheins, Paula Kersten 14.7.2024



- Hochwasser bezeichnet das Ansteigen von Flüssen, Bächen oder Seen über ihre normalen Ufer, was zu Überschwemmungen in den angrenzenden Gebieten führt. Es entsteht meist durch länger anhaltenden Niederschlag, Schneeschmelze oder Sturmfluten
  - Tritt großflächiger auf und betrifft größere Gebiete entlang von Flussläufen, Seen oder Küsten
  - Kann über Stunden, Tage oder Wochen anhalten
  - Ursachen können anhaltende Regenfälle, Schneeschmelze oder das Überlaufen von Flüssen und Deichen sein
  - Führt zu flächendeckenden Überschwemmungen und hat oft einen langsameren Verlauf als Starkregenereignisse.



# Starkregen/Überschwemmungen

Starkregenereignisse können zu Überschwemmungen führen, die Ackerflächen überschwemmen und die Pflanzen beschädigen oder zerstören, was erhebliche Ernteaufschläge zur Folge haben kann.

Foto: Alexander Moser: 100 Prozent Ernteaufschlag (nach dem Umwetter vom 8. Juli 2024)



- Starkregen
  - Intensive Regenfälle über einen relativ kurzen Zeitraum, meist lokal begrenzt. Diese Regenereignisse führen häufig zu einer enormen Wassermenge, die in kürzester Zeit auf den Boden trifft.
  - Hohe Niederschlagsintensität z. B. mehr als 20 mm pro Stunde
  - Meist lokal begrenzt, nicht großflächig
  - Oft ausgelöst durch Gewitter, Wetterfronten oder tropische Stürme
  - Kann zu plötzlichen Überschwemmungen in Städten (Sturzfluten) führen, da Kanalisationen und Boden die Wassermengen nicht schnell genug aufnehmen können



# Starkregen/Überschwemmungen

## Flutkatastrophe in Pakistan



Quelle: Grafik: APA/ORF.at; Quelle: reliefweb, Millionen auf Flucht vor neuen Fluten in Pakistan, ORF.at <https://orf.at/stories/3283558/>

## Flut in Pakistan

# Wie es zu der Katastrophe kommen konnte

Im Sommer 2022 kam es in Pakistan zu den stärksten jemals beobachteten Monsun-Niederschlägen und Überschwemmungen. Die Wissenschaft betreibt weiter eifrig Ursachenforschung. Jetzt sind zwei neue Studien erschienen, die mehr Klarheit bringen sollen.

Mrasek, Volker | 08. Mai 2023, 16:45 Uhr

Hören 04:38

Audio herunterladen

Abonnieren

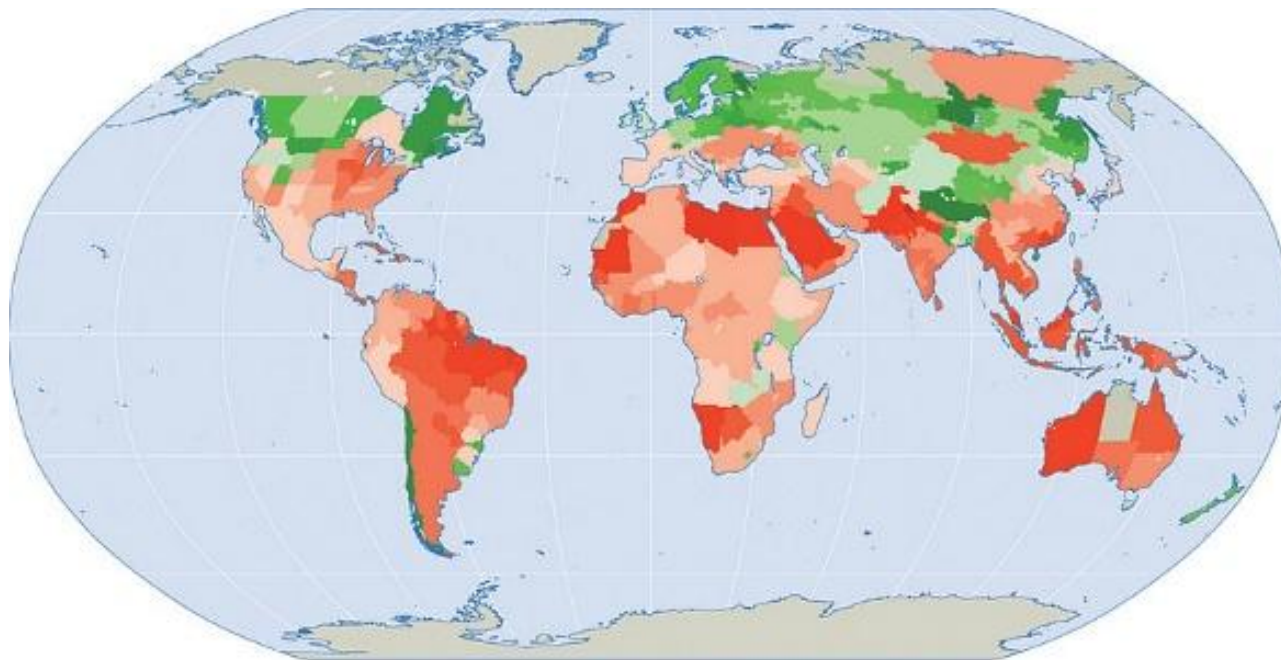


In Pakistan waren von den Fluten mehr als 33 Millionen Menschen betroffen, 1,7 Millionen Häuser zerstört, bis zu 1.700 Menschen verloren ihr Leben. (picture alliance / AP / Fareed Khan)

Foto: picture alliance / AP / Fareed Khan. Quelle: <https://www.deutschlandfunk.de/flutkatastrophe-in-pakistan-wie-kam-es-dazu-und-wird-es-wieder-passieren-dlf-a5180b92-100.html>

# Landwirtschaft und Nahrungsmittelsicherheit

In this map, the World Bank combines three emission scenarios across five global climate models to the year 2050 and the projected percentage change in yields of eleven major crops (wheat, rice, maize, millet, field pea, sugar beet, sweet potato, soybean, groundnut, sunflower and rapeseed) under current agricultural practices and crop varieties. A possible CO<sub>2</sub> fertilisation effect from higher ambient CO<sub>2</sub> concentrations is not assumed. The productivity is measured in kg yield of the respective crop per hectare, not in kilocalorie yield actually available for consumption. Source: World Bank (2010). World Development Report, p. 5. <https://www.globalagriculture.org/report-topics/adaptation-to-climate-change.html>



Percentage change in yields between 2010 and 2050



- Hitze, Dürre, Starkregen
- Die ausgetrockneten Böden können nicht mehr in dem Maß Wasser aufnehmen wie zuvor
- Kurze intensive Regenereignisse führen dazu, dass die Regenmengen oberflächlich abfließen
- Die Erträge sinken
- **Klimawandel gefährdet die globale Ernährungssicherheit, insbesondere in Entwicklungsländern.**



# Landwirtschaft und Nahrungsmittelsicherheit

Georgina Gustin: Climate Change Could Lead to Major Crop Failures in World's Biggest Corn Regions - Two new studies looking at corn and vegetables warn of a rising risk of food shocks and malnutrition with unchecked global warming.

<https://insideclimatenews.org/news/11062018/climate-change-research-food-security-agriculture-impacts-corn-vegetables-crop-prices/> <https://doi.org/10.1073/pnas.171803111>

Grafik: Paul Horn Inside Climate News

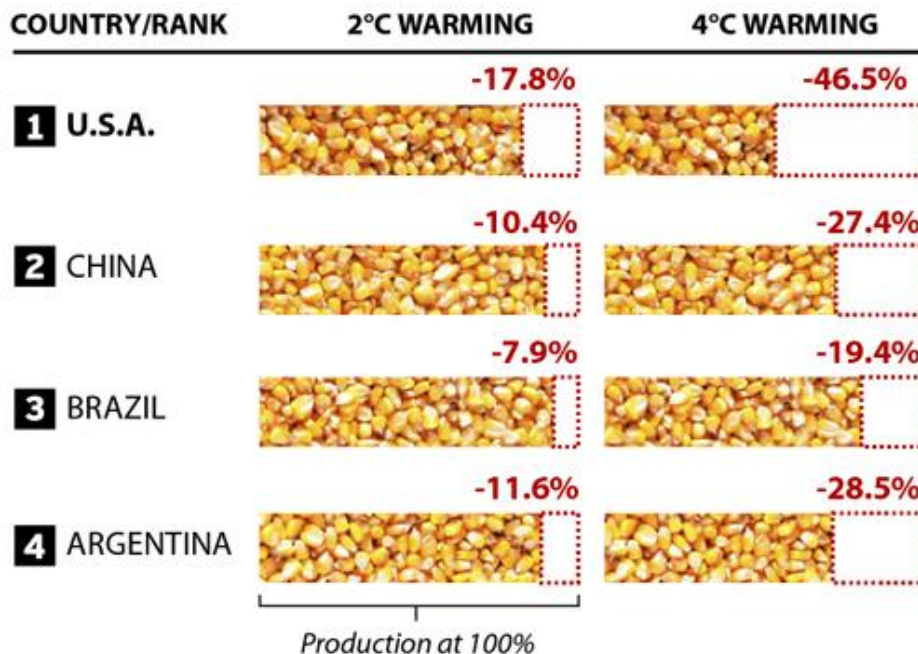
## Climate Change Raises Risks to Corn

New research projects that rising global temperatures will reduce yields in the world's largest corn-producing regions and could lead to food shortages.

inside  
climate  
news

### MAIZE PRODUCTION PROJECTIONS

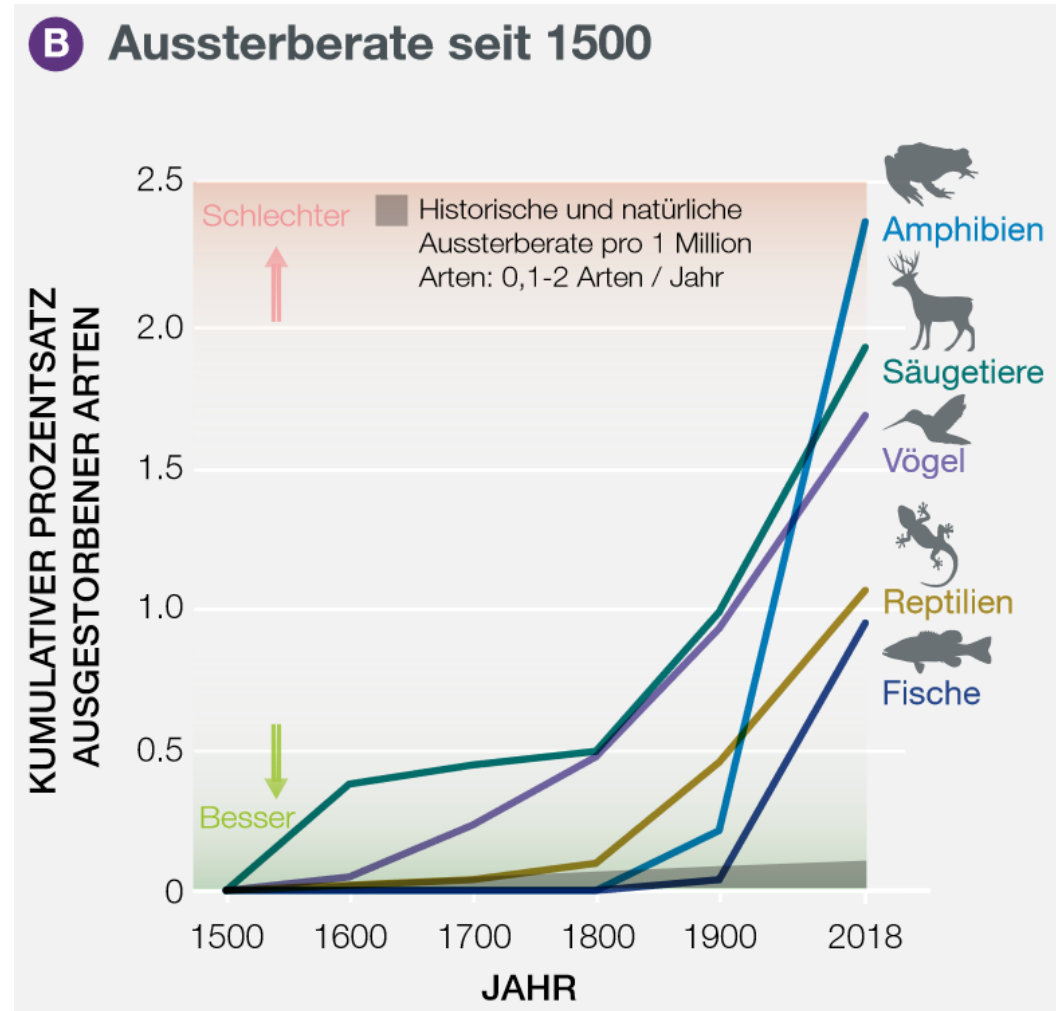
Projections under different warming scenarios, top producers, mean figures



- Klimawandel kann zu geringeren Erträgen durch Extremwetterereignisse wie Dürren und Überschwemmungen führen.
- Veränderungen im Klima beeinflussen die Bodenqualität und -fruchtbarkeit negativ.
- Höhere Temperaturen fördern die Verbreitung von Schädlingen und Krankheiten.
- Klimawandel verschärft die Wasserknappheit, was die Bewässerung erschwert.
- Veränderungen im Klima verschieben die geografischen Anbaubedingungen für verschiedene Kulturen.
- Unregelmäßige Wetterbedingungen stören traditionelle Erntezyklen.
- **Klimawandel gefährdet die globale Ernährungssicherheit, insbesondere in Entwicklungsländern.**

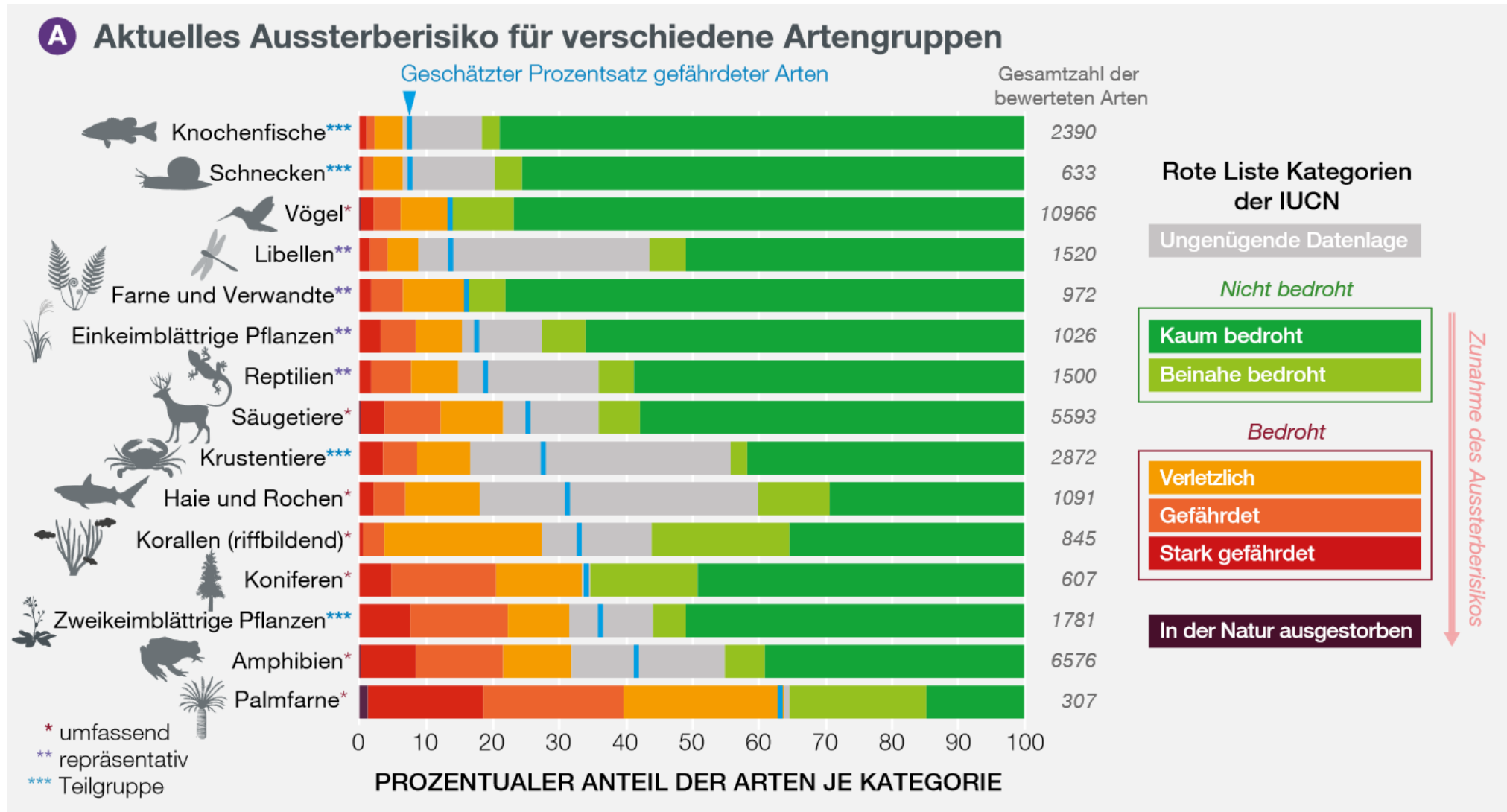
# Verlust an Biodiversität

- Biodiversität umfasst die verschiedenen Lebensformen, Lebensräume und genetische Vielfalt auf unserem Planeten.
- Ist die Grundlage allen Lebens auf der Erde.
- Biodiversität ist das Ergebnis einer Millionen Jahre währenden Evolution, geprägt durch den Einfluss Jahrhunderte dauernder menschlicher Nutzungsformen (Rodung, Landwirtschaft, Siedlung, etc.)
- In der Biodiversität sind Gleichgewichtssysteme, die durch den Klimawandel gestört werden.
- Hauptverursacher des Biodiversitätsverlusts ist die industriell geprägte Landwirtschaft.
- Biodiversität ist das natürliche Erbe, dass wir zukünftigen Generationen hinterlassen.



Für die Artengruppen, für die Daten vorliegen, ist ein erheblicher Teil der Arten vom Aussterben bedroht. Die allgemeinen Trends verschlechtern sich, wobei sich die Aussterberaten im letzten Jahrhundert stark erhöht haben.  
Quelle: IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services (summary for policy makers). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5502689>

# Verlust an Biodiversität



Für die Artengruppen, für die Daten vorliegen, ist ein erheblicher Teil der Arten vom Aussterben bedroht. Die allgemeinen Trends verschlechtern sich, wobei sich die Aussterberaten im letzten Jahrhundert stark erhöht haben. Prozentsatz der vom Aussterben bedrohten Arten ausgewählter Gruppen, für die Bewertungen der Weltnaturschutzunion IUCN vorliegen.

Quelle: IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services (summary for policy makers). Zenodo.

<https://doi.org/10.5281/ZENODO.5502689>



# Verlust an Biodiversität

- 46 Schmetterlingsarten in Großbritannien zeigen, dass negative Auswirkungen des Habitatverlustes die positiven Effekte der Klimaerwärmung überwiegen.
- Mobile, habitatspezifische Arten profitieren von der Klimaerwärmung, während spezialisierte Arten aufgrund von Habitatverlust zurückgehen.
- **Generalisten gewinnen**
- **Spezialisten verlieren**
- Die kombinierten Effekte von Klimawandel und Habitatveränderungen könnten langfristig zu weniger diversifizierten, von Generalisten dominierten Gemeinschaften führen.

Quelle: Warren, M., Hill, J., Thomas, J. et al. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* **414**, 65–69 (2001). <https://doi.org/10.1038/35102054>

Geißklee-Bläuling  
Quelle: CC BY 3.0 Martin Albrecht  
[http://www.bund-nrw-naturschutzstiftung.de/sc\\_hmetterling2008.htm](http://www.bund-nrw-naturschutzstiftung.de/sc_hmetterling2008.htm)



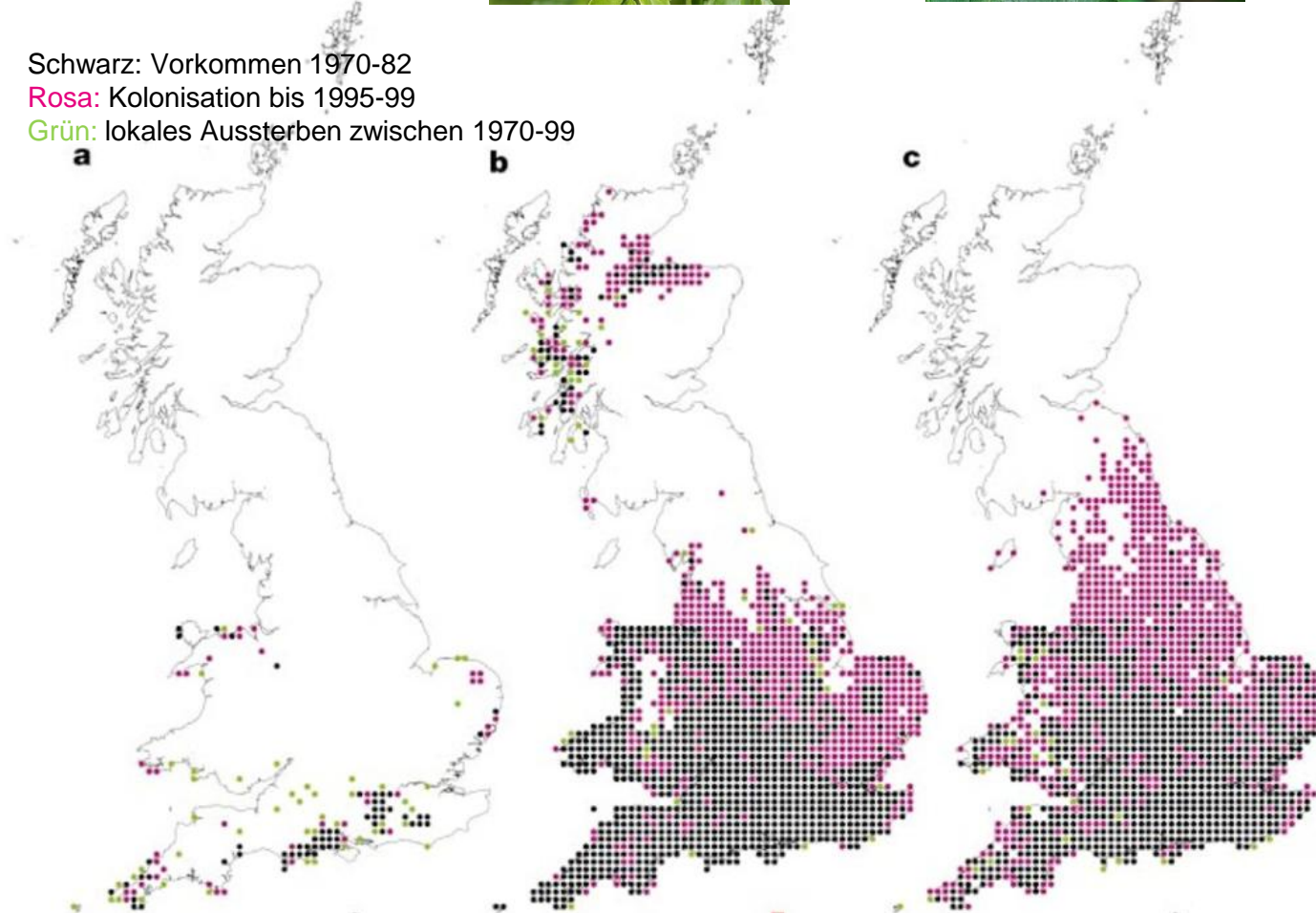
Waldbrettspiel Quelle:  
CC BY 4.0 Floris  
01924729104



C-Falter  
Quelle: CC BY 3.0 Quartl



Schwarz: Vorkommen 1970-82  
Rosa: Kolonisation bis 1995-99  
Grün: lokales Aussterben zwischen 1970-99



# Wirtschaft – Anbau von Baumwolle in Pakistan

- Pakistan zählt zu den fünf größten baumwollproduzierenden Ländern weltweit
- Mehr als zwei Drittel der Bevölkerung in Pakistan lebt von der Landwirtschaft.
- In den letzten zehn Jahren ist Pakistans Baumwollproduktion um fast die Hälfte zurückgegangen, hauptsächlich aufgrund der Klimaerwärmung.
- Steigende Temperaturen und unregelmäßige Niederschläge beeinträchtigen die Baumwollernte und machen die Pflanzen anfälliger für Schädlinge.

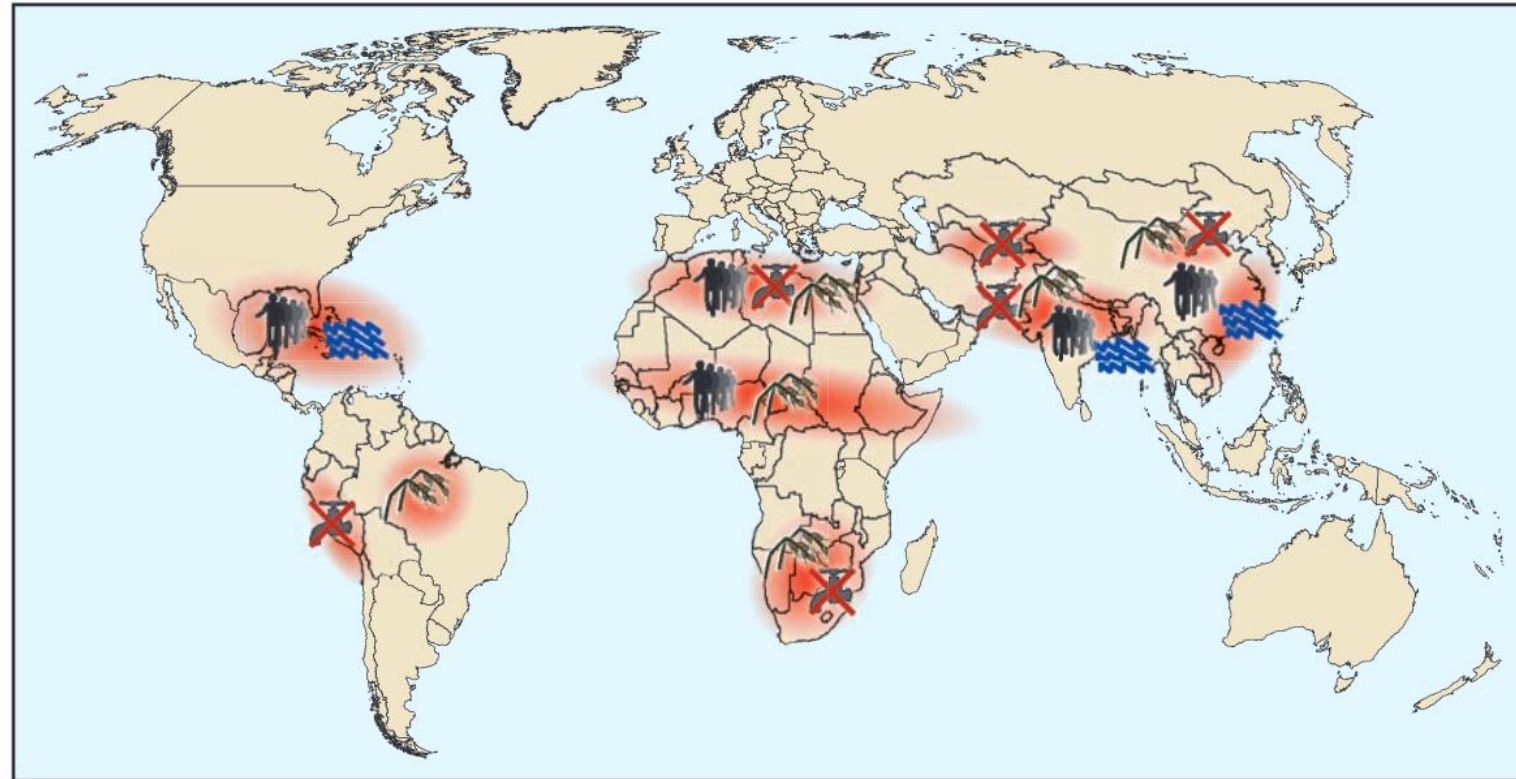


Quelle: picture alliance / Xinhua News Agency / Stringer, Imran Mukhtar, Pakistan - Klimakrise trifft Anbau von Baumwolle in Pakistan <https://www.dandc.eu/de/article/pakistans-baumwollproduktion-ging-den-vergangenen-zehn-jahren-um-fast-die-haelfte-zurueck>



# Kriege

- Klimawandel führt zu Wasserknappheit und Nahrungsmittelengpässen, was zu Konflikten um diese knappen Ressourcen führen kann.
- Extreme Wetterereignisse, steigender Meeresspiegel und unbewohnbare Lebensräume zwingen Menschen zur Flucht.
- Große Migrationsbewegungen können Spannungen und Konflikte in den Zielregionen auslösen, wenn Ressourcen und Lebensraum knapp sind.



## Konfliktkonstellationen in ausgewählten Brennpunkten:



Klimabedingte Degradation  
von Süßwasserressourcen



Klimabedingter Rückgang  
der Nahrungsmittelproduktion



Brennpunkt



Klimabedingte Zunahme von  
Sturm- und Flutkatastrophen



Umweltbedingte  
Migration

Sicherheitsrisiken durch Klimawandel: ausgewählte Brennpunkte. Die Karte zeigt beispielhaft nur jene Regionen, die in diesem Gutachten abgehandelt werden und die sich zu Krisenherden entwickeln könnten. Quelle: WBGU Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen – Welt im Wandel Sicherheitsrisiko Klimawandel ISBN 978-3-540-73247-1 Springer Berlin Heidelberg New York [https://www.wbgu.de/fileadmin/user\\_upload/wbgu/publikationen/archiv/wbgu\\_jg2007.pdf](https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/archiv/wbgu_jg2007.pdf)



# Kriege

- Die Dürre von 2007 bis 2010 in Syrien war die schlimmste in der Geschichte des Landes.
- Etwa 1,5 Millionen Menschen waren gezwungen ländliche Gebiete zu verlassen und in Städte zu ziehen.
- Die Migration und der Zusammenbruch der Landwirtschaft führten zu sozialen Spannungen und trugen zur Eskalation der Unruhen im Jahr 2011 bei.
- Es gibt eine anhaltende Debatte darüber, inwieweit Klimawandel Konflikte beeinflusst, wobei dieser Fall als ein Beispiel für die verschärfenden Bedingungen durch den Klimawandel dient.

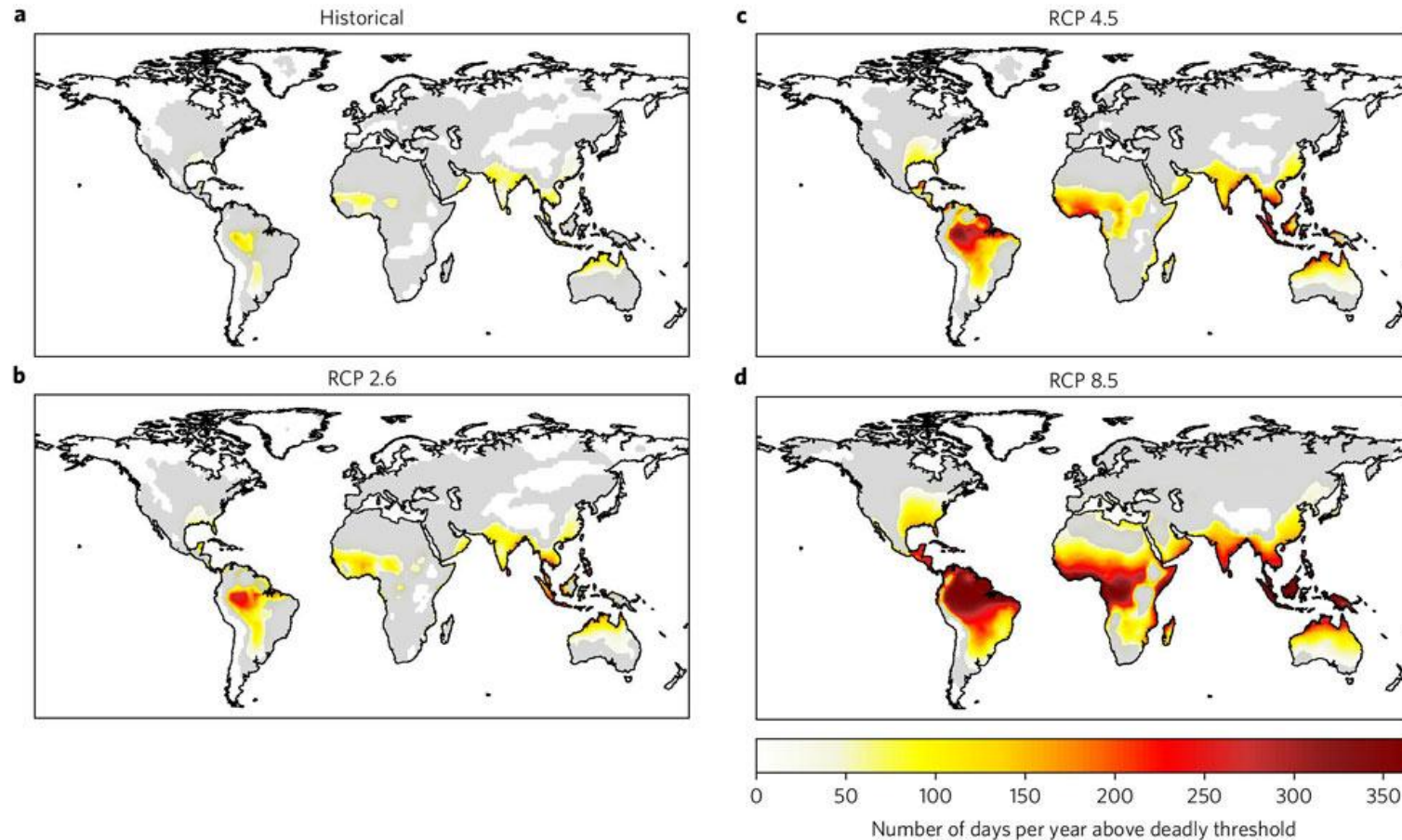


*Khaled al-Hariri/Reuters/Corbis*

A historic drought that began in 2007 helped to drive roughly 1.5 million Syrians from rural areas to cities.

Quelle: Zastrow, M. Climate change implicated in current Syrian conflict. Nature (2015).  
<https://doi.org/10.1038/nature.2015.17027>

# Flucht und Vertreibung



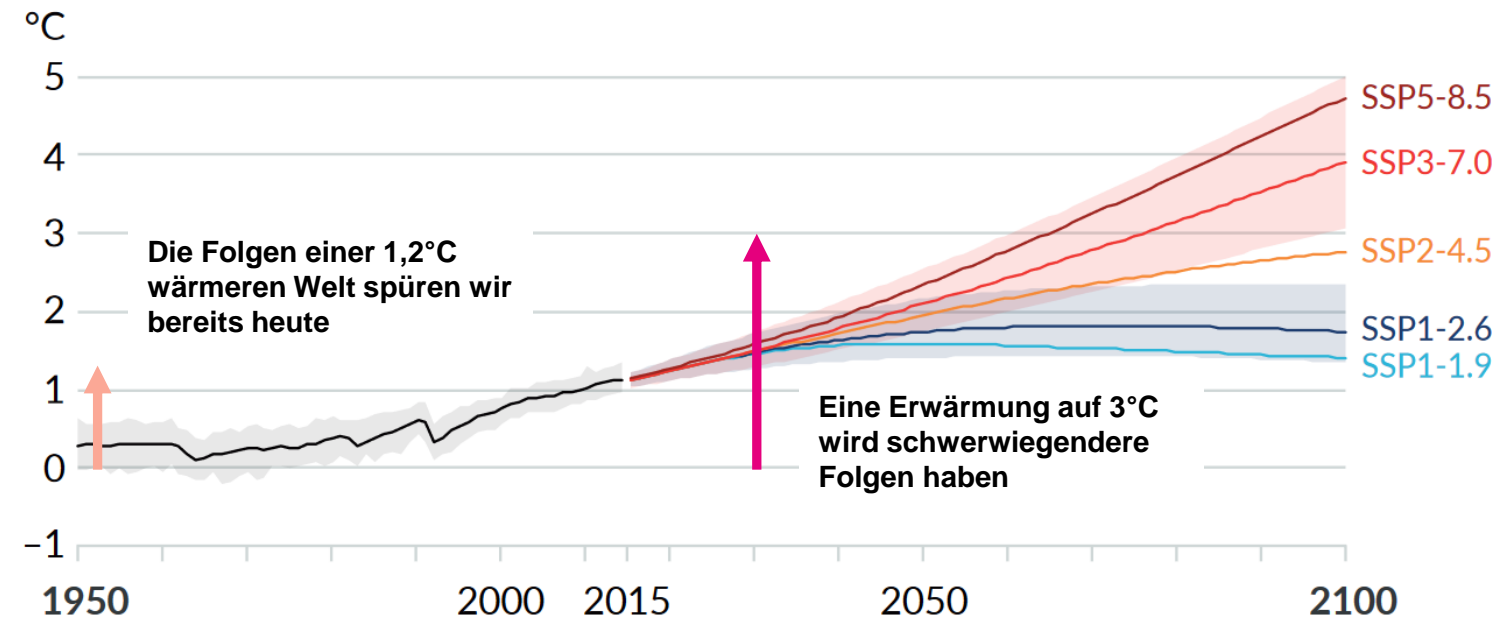
- Der Klimawandel verschärft bestehende soziale, wirtschaftliche und politische Fluchtursachen, wodurch mehr Menschen zur Flucht gezwungen werden
- Immer mehr Gemeinschaften müssen aufgrund langfristiger klimatischer Veränderungen dauerhaft umgesiedelt werden (Meeresspiegelanstieg)

Quelle: Mora, C., Dousset, B., Caldwell, I. R., Powell, F. E., Geronimo, R. C., Bielecki, C. R., Counsell, C. W. W., Dietrich, B. S., Johnston, E. T., Louis, L. V., Lucas, M. P., McKenzie, M. M., Shea, A. G., Tseng, H., Giambelluca, T. W., Leon, L. R., Hawkins, E., & Trauernicht, C. (2017). Global risk of deadly heat. In *Nature Climate Change* (Vol. 7, Issue 7, pp. 501–506). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/nclimate3322>

# Zusammenfassung

- Bereits heute spüren wir die Auswirkungen des Klimawandel.
- Mit einer globalen Erwärmung um 3°C würden Extreme häufiger und intensiver
- Eine 3°C wärmere Welt könnte zu irreversiblen Schäden führen, was die Lebensgrundlagen von Millionen Menschen bedroht.

(a) Global surface temperature change relative to 1850–1900



Quelle: Figure SPM.8 in IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi: 10.1017/9781009157896.001



# Folgen des Klimawandels

- Kippelemente im Klimasystem
  - Maßnahmen zum Klimaschutz
  - Die 4°C kältere Welt
- 
- Die Folgen des Klimawandels
  - **Klimaangst**
  - Zusammenfassung und Diskussion

# Klimaangst



# Klimaangst

- **Die Welt wird nicht untergehen.**
- Es geht darum einen lebenswerten Planeten zu hinterlassen.
- Der Klimawandel ist kein unlösbares Problem.
- Obwohl die Situation ernst ist, besteht noch die Möglichkeit, durch entschlossene Maßnahmen die schlimmsten Folgen zu verhindern.
- In den vergangenen Jahren hat man es geschafft von den großen Katastrophenszenarien wegzukommen. Eine positive Entwicklung ist also erkennbar.

Klimaforscher über Doomism

## „Kein Ende der Welt in Sicht“

Bedeutet die Klimakrise den Weltuntergang? Nein, sagt der Wissenschaftler Zeke Hausfather. Über den Spagat zwischen Fatalismus und Verharmlosung.



Weltuntergang? Großbrand bei Hemet in Kalifornien im September 2022 Foto: Ringo H.W. Chiu/ap

Quelle: Christian Jakob, 18. 12. 2022, Klimaforscher über Doomism: „Kein Ende der Welt in Sicht“ <https://taz.de/Klimaforscher-ueber-Doomism/!5902230/> Foto: Ringo H.W. Chiu/ap



# Klimaangst



Philip Pramer, Gesundheit, Klimaangst: Was tun, wenn die Krise auf die Psyche schlägt?

Illustration: Marie Jecel/Der Standard <https://www.derstandard.de/story/2000140259526/klimaangst-was-tun-wenn-die-krise-auf-die-psyche-schlaegt>

- Klimaangst: Die Angst vor den Auswirkungen des Klimawandels wird immer häufiger und betrifft besonders junge Menschen.
- Psychische Auswirkungen: Die Krise kann zu Gefühlen von Hilflosigkeit, Angst und Depression führen. „Ein Dauer-Unwohlsein“
- Die Bedrohung ist real und wissenschaftlich fundiert.
- Die Angst vor einer realen Bedrohung lässt sich psychologisch nicht so einfach behandeln.
- Weltuntergangspanthasien werden als Verzögerungsdiskurs genutzt um nicht ins Handeln zu kommen.

# Klimaangst

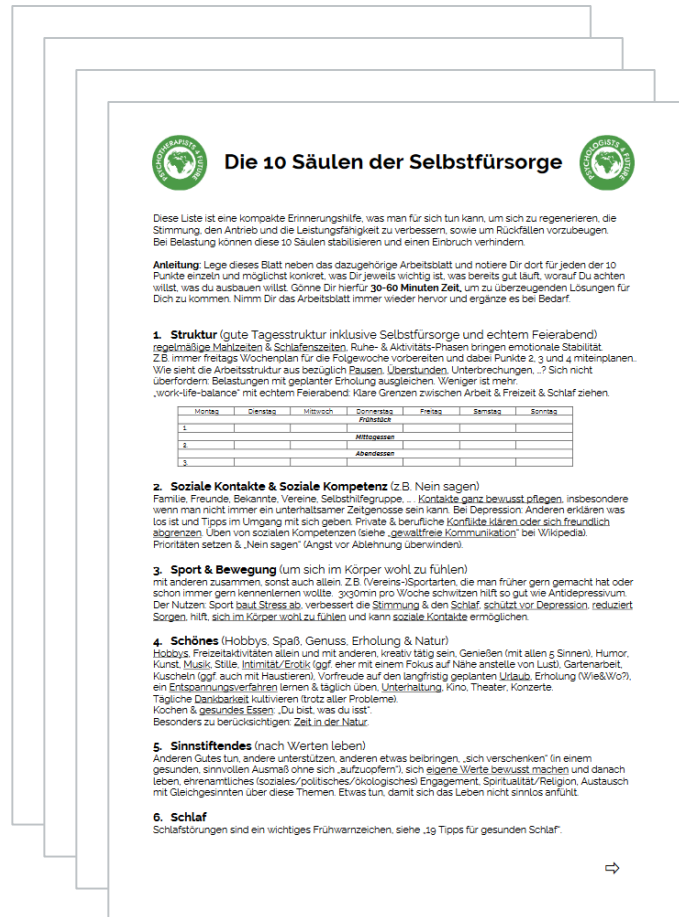
- **Klimaangst in der progressiven Welt:  
Wunsch nach einer lebenswerten  
und gerechten Zukunft**

- Furcht vor Klimakatastrophen
- Angst vor dem Überschreiten globaler Kippelemente
- Sorge um künftige Generationen
- Verzweiflung über politischen Stillstand
- Angst vor sozialer Ungleichheit durch den Klimawandel
- Schuldgefühle

- **Klimaangst in der konservativen Welt:  
Wunsch nach Sicherheit und Stabilität**

- Verlust von Vertrautem
- Skepsis gegenüber neuen Technologien
- Furcht vor wirtschaftlichem Abstieg
- Soziale und kulturelle Identität
- Verlust von Kontrolle

# Klimaangst



- Bewältigungsstrategien um das Gefühl der Ohnmacht zu reduzieren.
  - Rede darüber (jedes Gespräch nützt)
  - Engagiere dich
  - Eigne dir Wissen an (finde ein gutes Maß der Informiertheit!)
  - Vernetze dich mit gleichgesinnten
- Bei der Klimakommunikation mit anderen: schraube deine Erwartungen herunter.
  - Du wirst niemanden auf Anhieb mit deinen Ansichten überzeugen können. So funktionieren wir Menschen nicht.
- Therapeutische Unterstützung: Professionelle Hilfe kann bei der Bewältigung von Klimaangst unterstützen.
- Akzeptanz der Realität
  - Anerkennen wie groß die Gefährdung ist,
  - gleichzeitig Hoffnung und Handlungsfähigkeit zu bewahren und konstruktive Bewältigungsmöglichkeiten aufzeigen.



# Folgen des Klimawandels

- Kippelemente im Klimasystem
  - Maßnahmen zum Klimaschutz
  - Die 4°C kältere Welt
- 
- Die Folgen des Klimawandels
  - Klimaangst
  - **Zusammenfassung und Diskussion**



Zusammenfassung

## Die Folgen des Klimawandels

Temperaturen steigen.

Extreme Wetterereignisse nehmen zu.

Der Meeresspiegel erhöht sich.

Ökosysteme verlieren Artenvielfalt.

Menschen leiden unter Ressourcenknappheit.



# Diskussion



Quelle: Athena Sandrini, <https://www.pexels.com/de-de/@athena/>