



Absolute Grenzen der Klimaanpassung

ein naturwissenschaftlicher Blick

Inhalt

Die Kernfragen

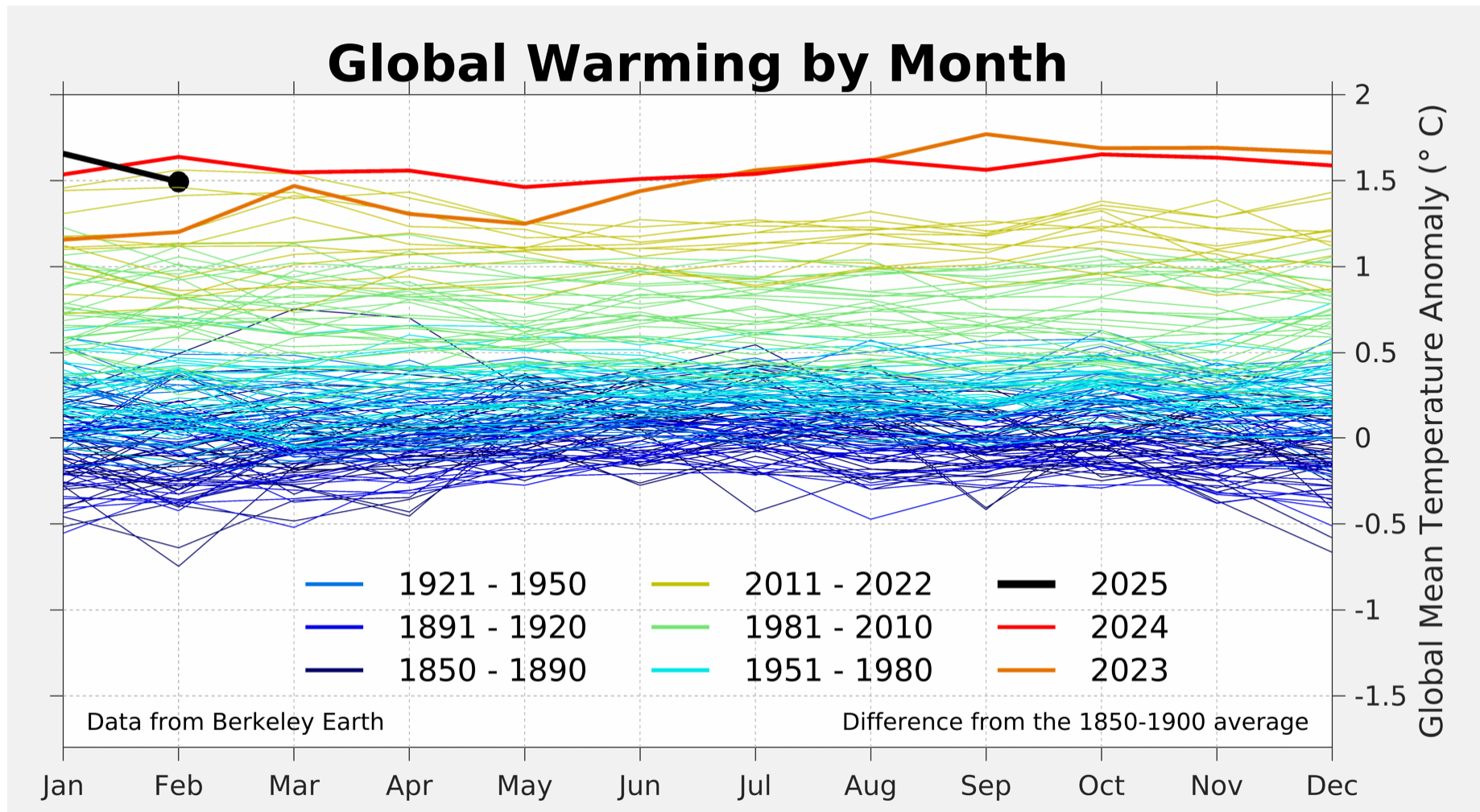
- Woran müssen wir uns anpassen?
 - Was sind Veränderungen, die eine Anpassung benötigen?
 - Wie hängen die einzelnen Veränderungen zusammen?
- Welche technischen und gesellschaftlichen Möglichkeiten gibt es?
- Welche absoluten Grenzen für eine Anpassung gibt es?

Vorgehen

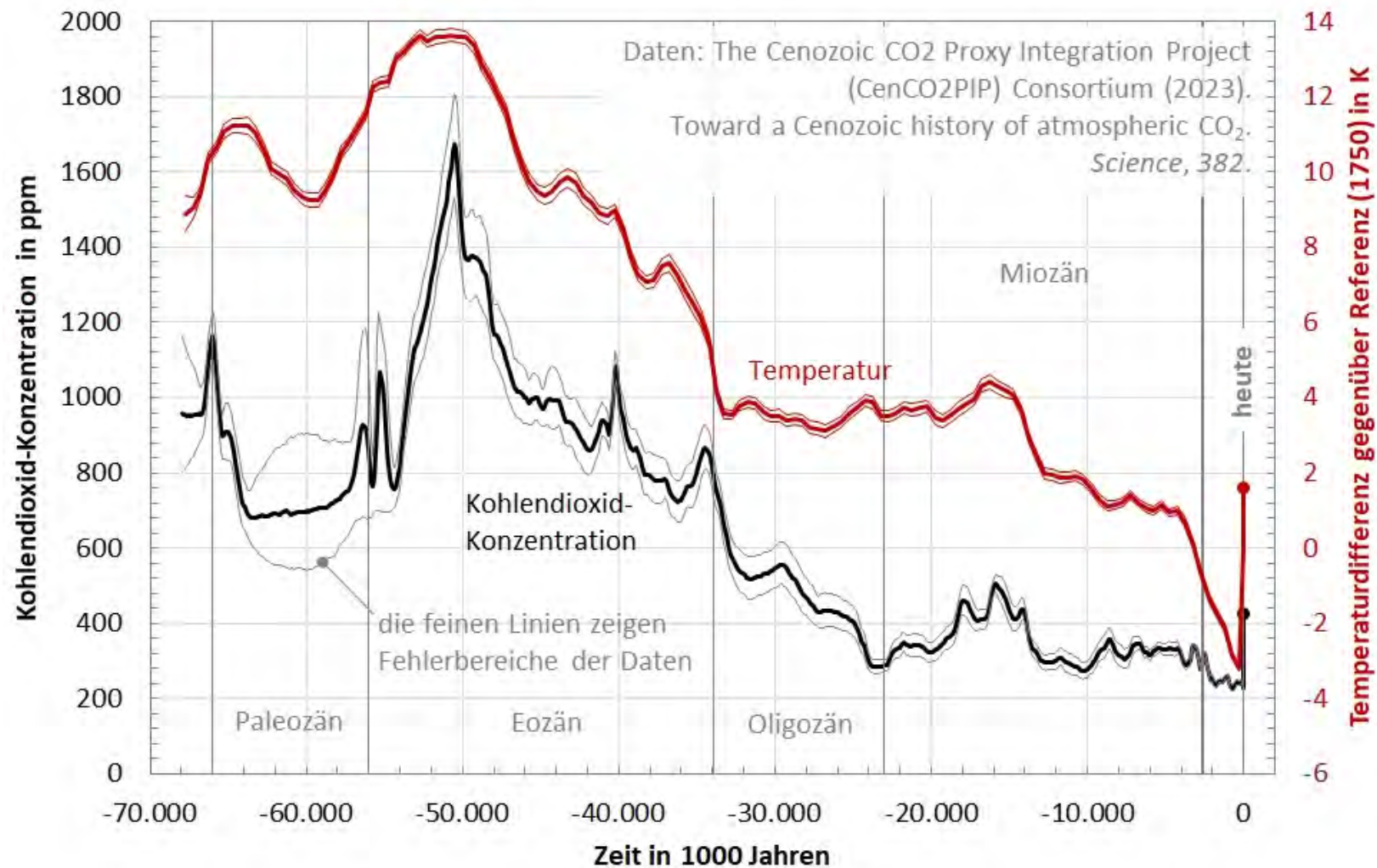
- Was sind jeweils Zusammenhänge? → wie wirken diese sich aus?
- Ausgehend von Änderung der Temperatur

Was kommt gerade auf uns zu?

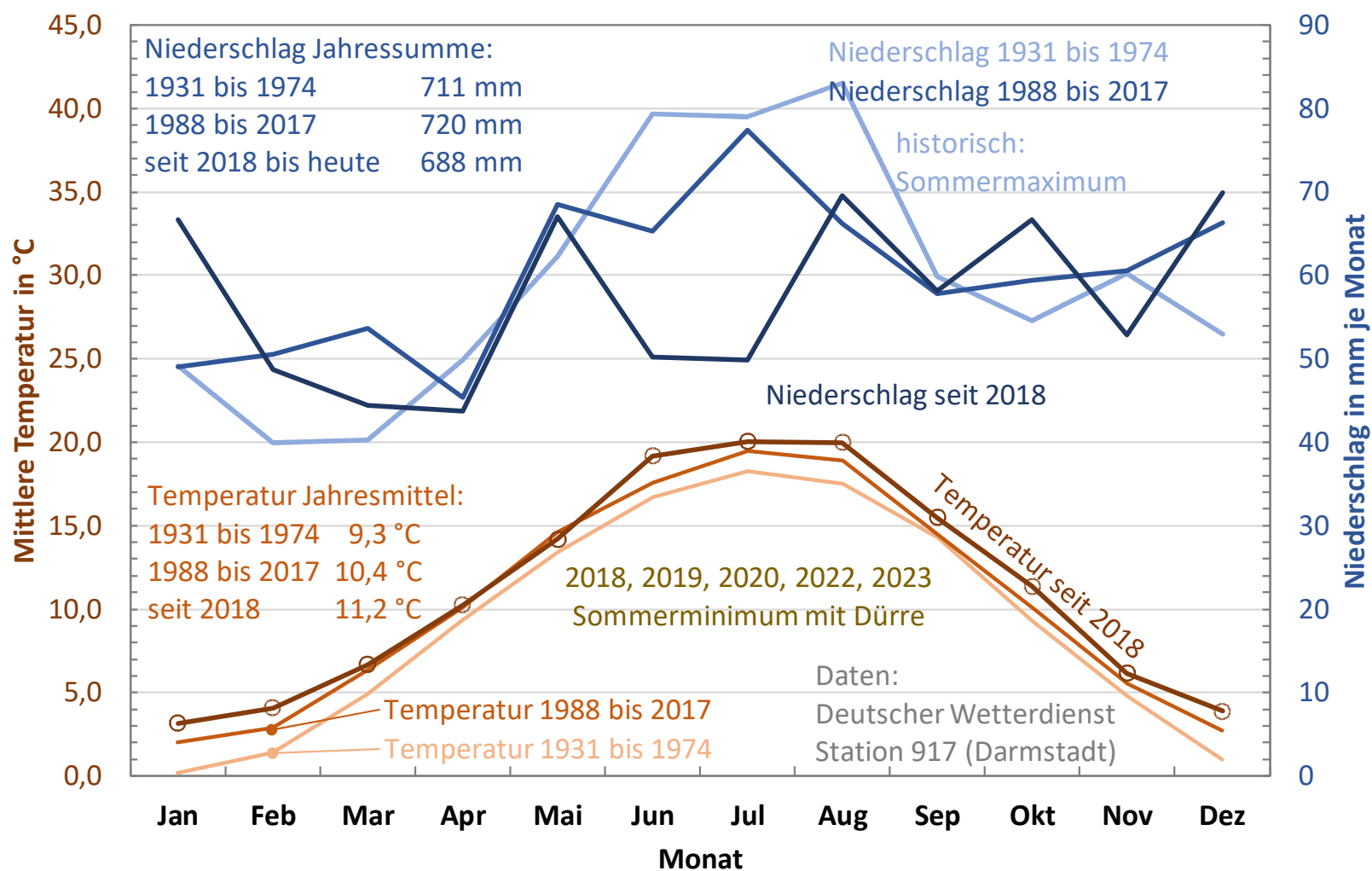
<https://berkeleyearth.org/february-2025-temperature-update/>



Wo stehen wir heute – erdgeschichtlicher Vergleich



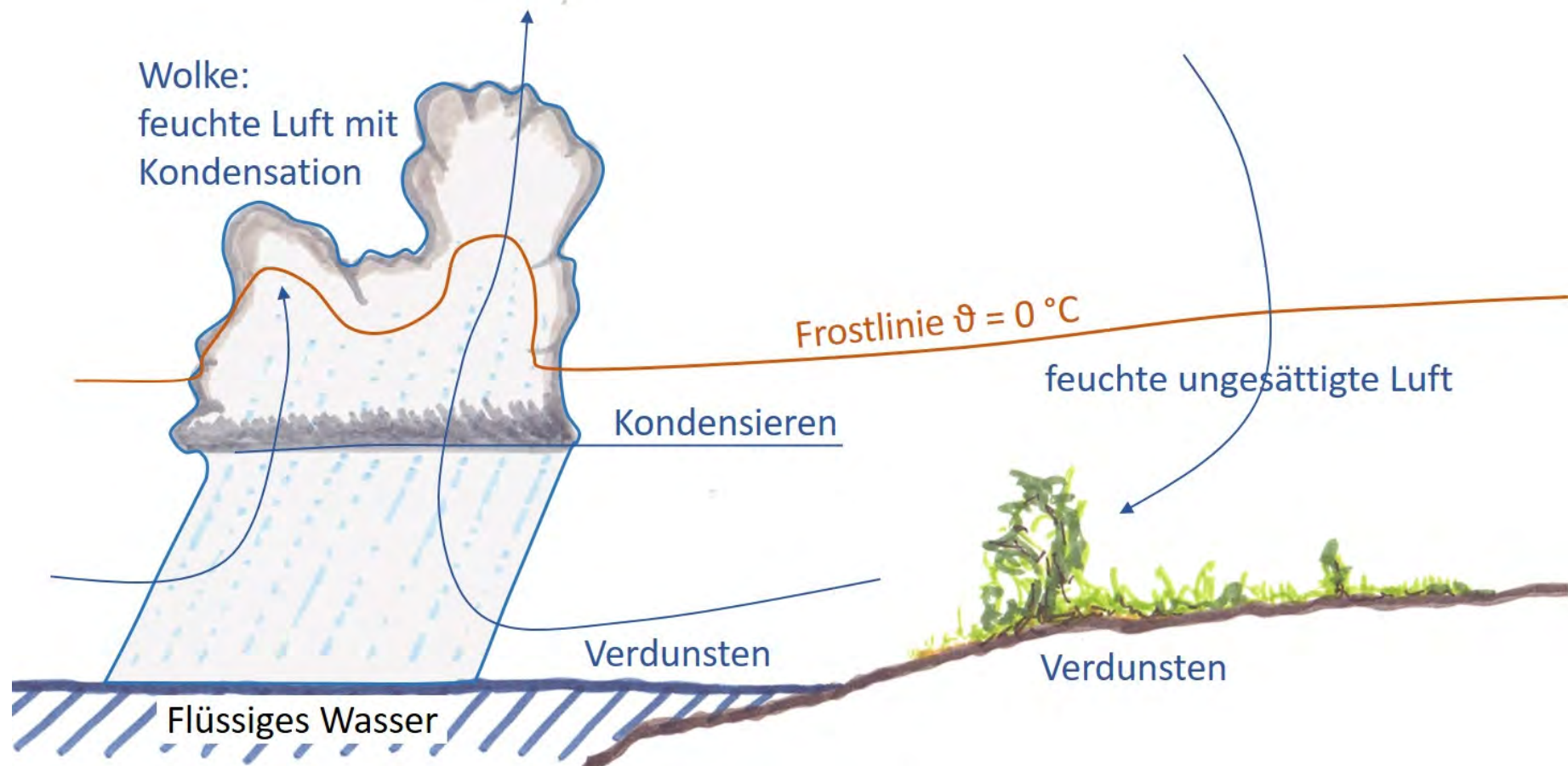
Rückblick – lokales Klima



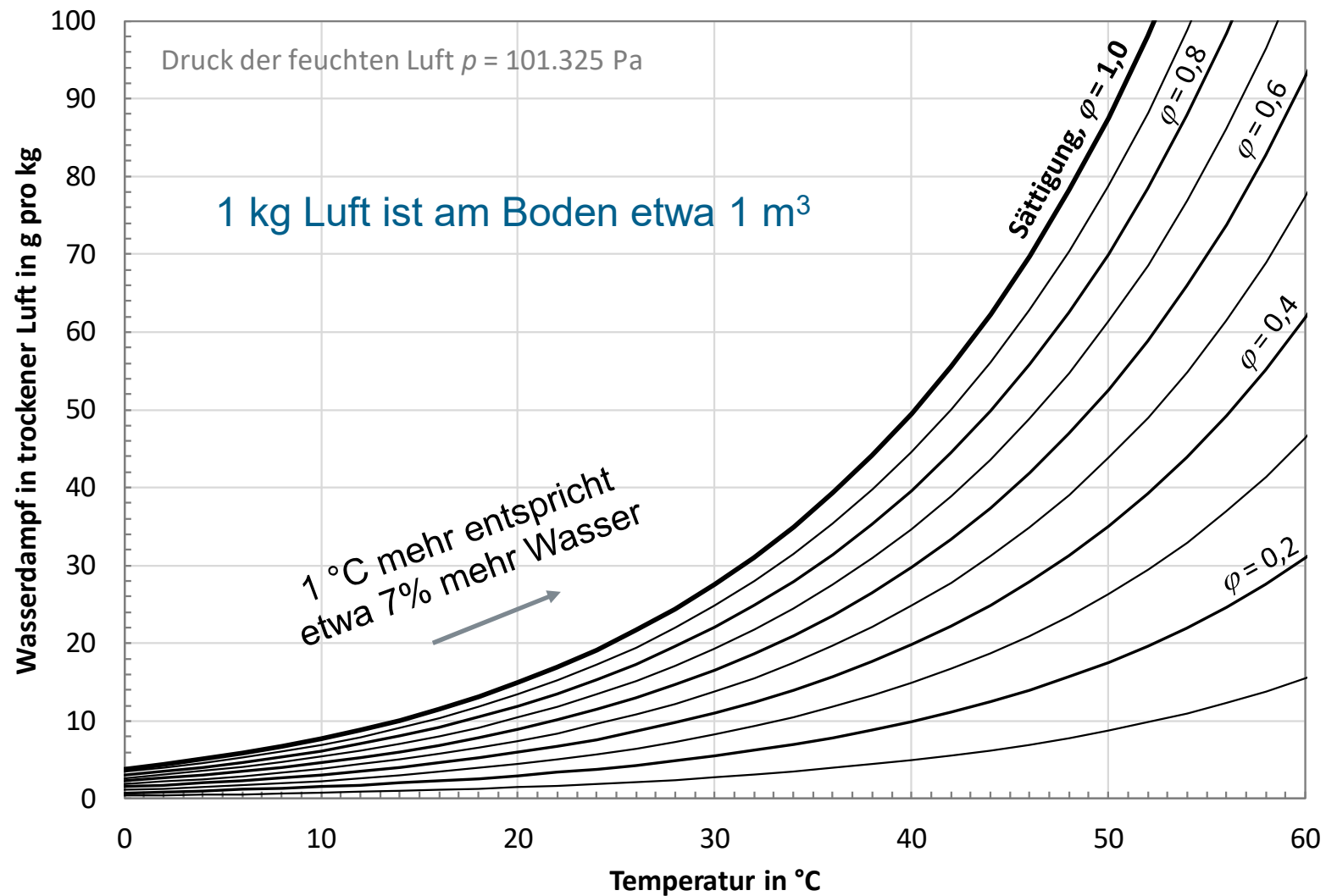


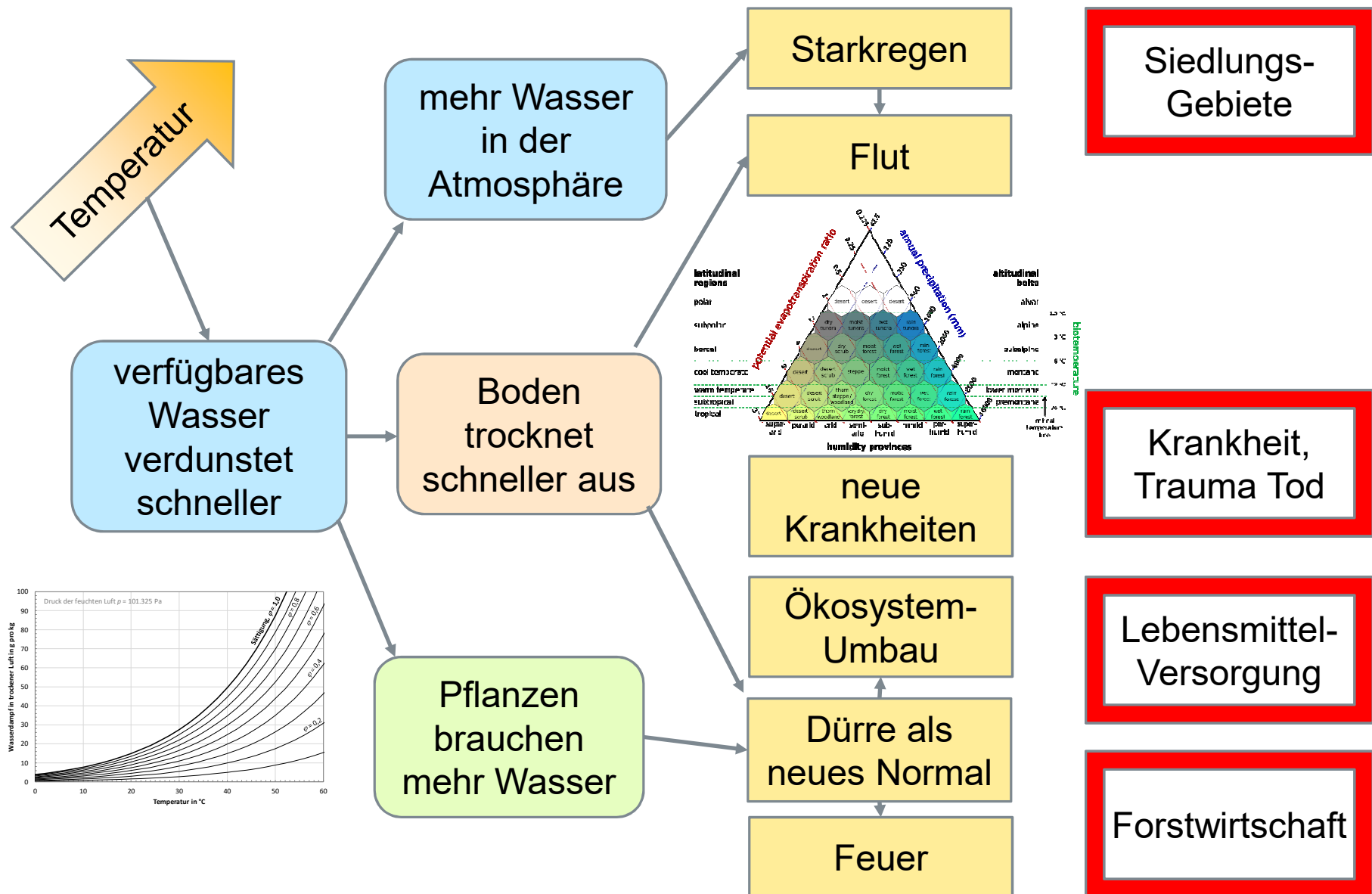
Wasser in der Luft

Wasser in der Atmosphäre



Wasser in der Luft – Potential hängt von der Temperatur ab

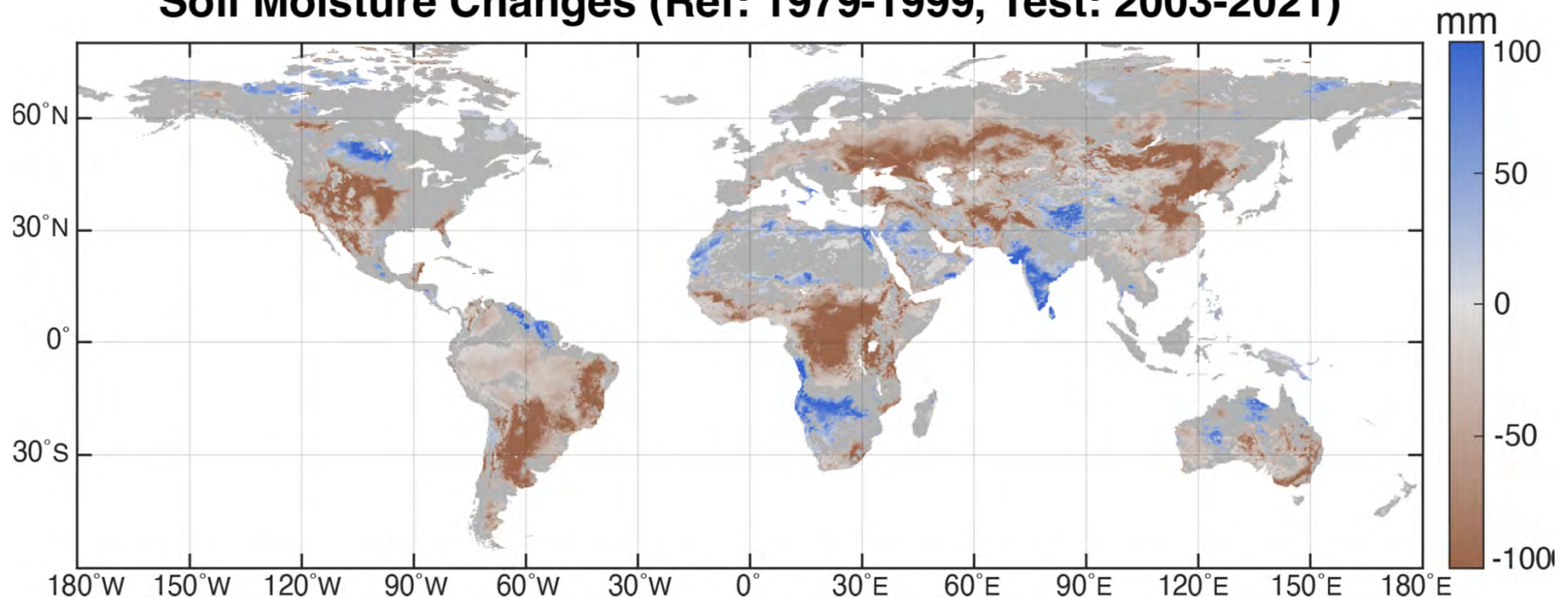




Veränderung des Wassers im Boden – als Effekt

Ki-Weon Seo, Dongryeol Ryu, Taehwan Jeon, Kookhyoun Youm, Jae-Seung Kim, Oh, E.H., Jianli Chen, Famiglietti, J.S. & Wilson, C.R. (2025). Abrupt sea level rise and Earth's gradual pole shift reveal permanent hydrological regime changes in the 21st century. *Science*, 387, 1408–1412

Soil Moisture Changes (Ref: 1979-1999, Test: 2003-2021)

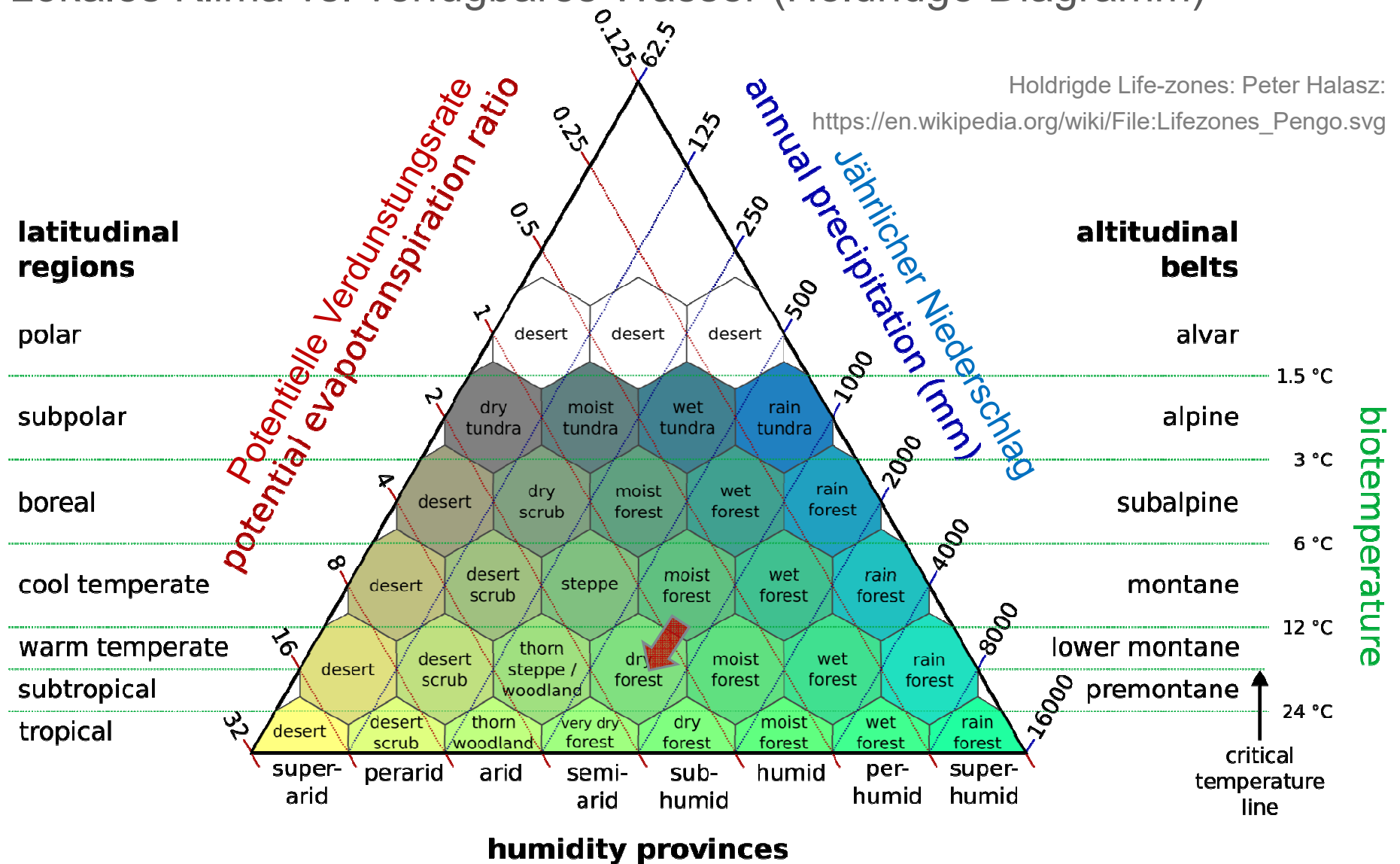


Global map of soil moisture change. Changes in soil moisture for the period of 2003-2021 (Test) in comparison with the reference period of 1979-1999 (Ref), estimated by ERA5-Land. As in Figure 2, dark gray indicates areas where the change in the mapped variable was statistically not significant ($p > 0.05$).

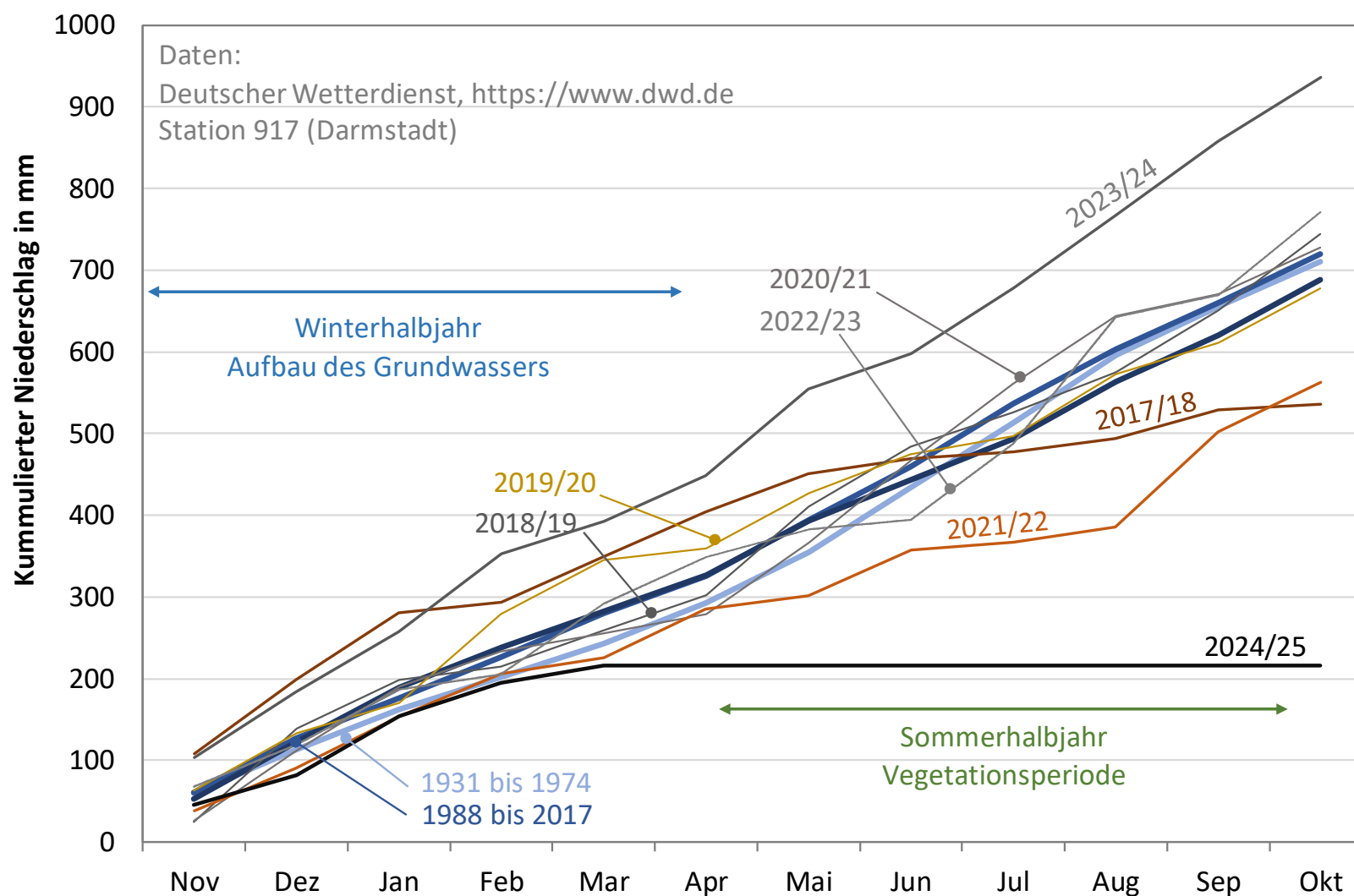
Lokales Klima vs. verfügbares Wasser (Holdridge Diagramm)

Holdridge Life-zones: Peter Halasz:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Lifozones_Pengo.svg



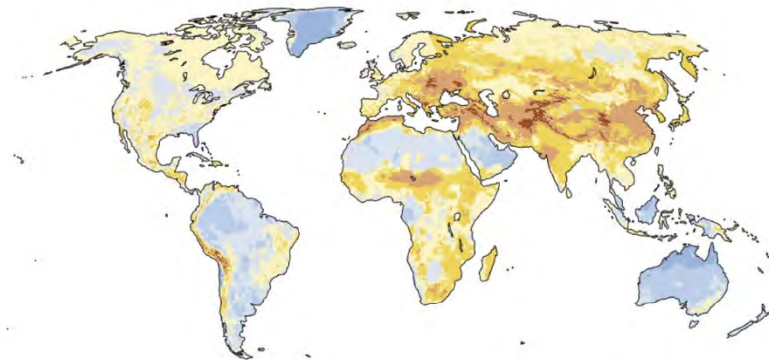
Mittelwerte oder Variation – was entscheidet über Vegetation?



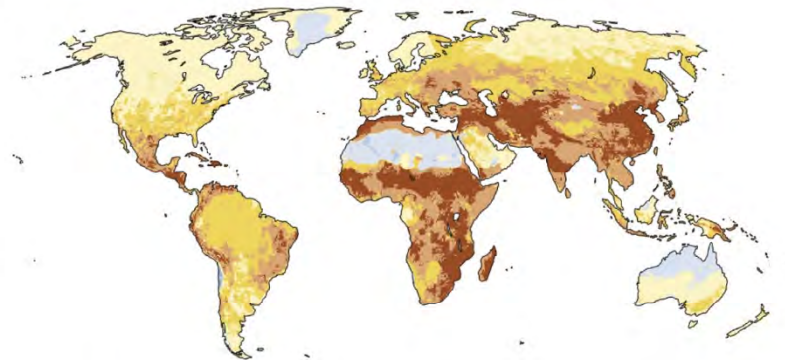
Landwirtschafts-Wandel

Kummu, M. Heino, M., Taka, M., Varis, O., Viviroli, D., (2021).
 Climate change risks pushing one-third of global food production
 outside the safe climatic space". *One Earth*, 4, 720–729.

A Low emission scenario



B High emission scenario



Food crop production (%)

0	0.3	5.5	1.4	0	0	0	7.3
1.2	1.6	13	2.1	0	0	1	17
4.9	3.9	8.1	3.7	0	0	4.4	16
17	17	19	0.6	0.5	0	21	32

Livestock production (%)

Resilience	very high	0.2	0.9	3.3	1.1	0	0	0.3	5.2	High risk zone
	high	2.5	5.3	7.8	2	0	0	1.9	16	
	moderate	5.9	8.3	6.4	2.5	0.2	0	4.4	18	
	low	14	23	15	1.3	0.3	0	19	34	

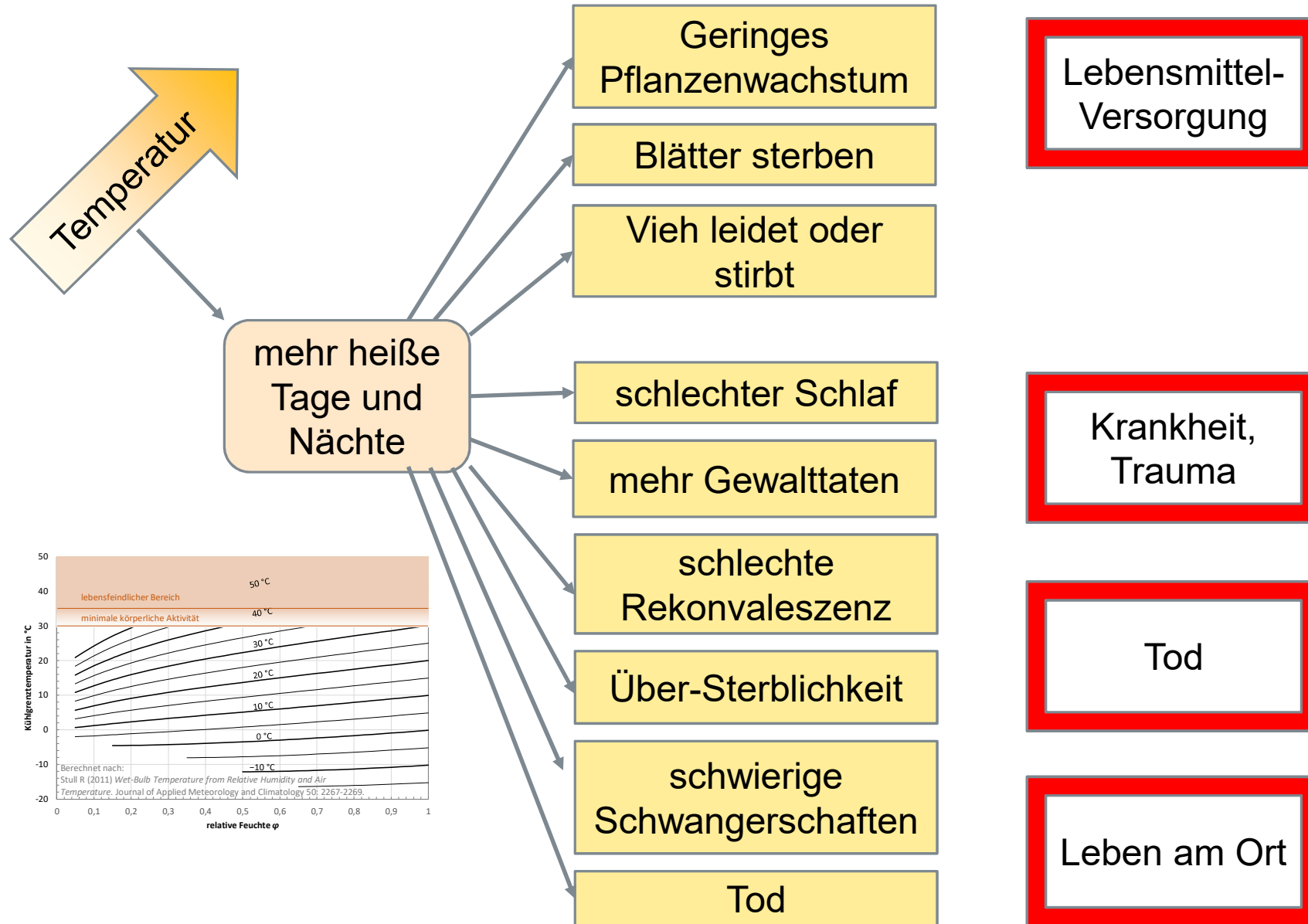
low moderate high very high

Holdridge change

Critical risk zone



Höhere Temperaturen



Absolute Grenzen des Lebens

Pflanzen

- Welken
 - Nicht ausreichende Versorgung mit Wasser
 - Pflanzenteil stirbt bei vielen Arten
 - Blattverluste bei Bäumen
- Blatt-Temperatur über 47 °C
 - Proteine zerfallen unumkehrbar
 - Pflanzenteil stirbt sofort



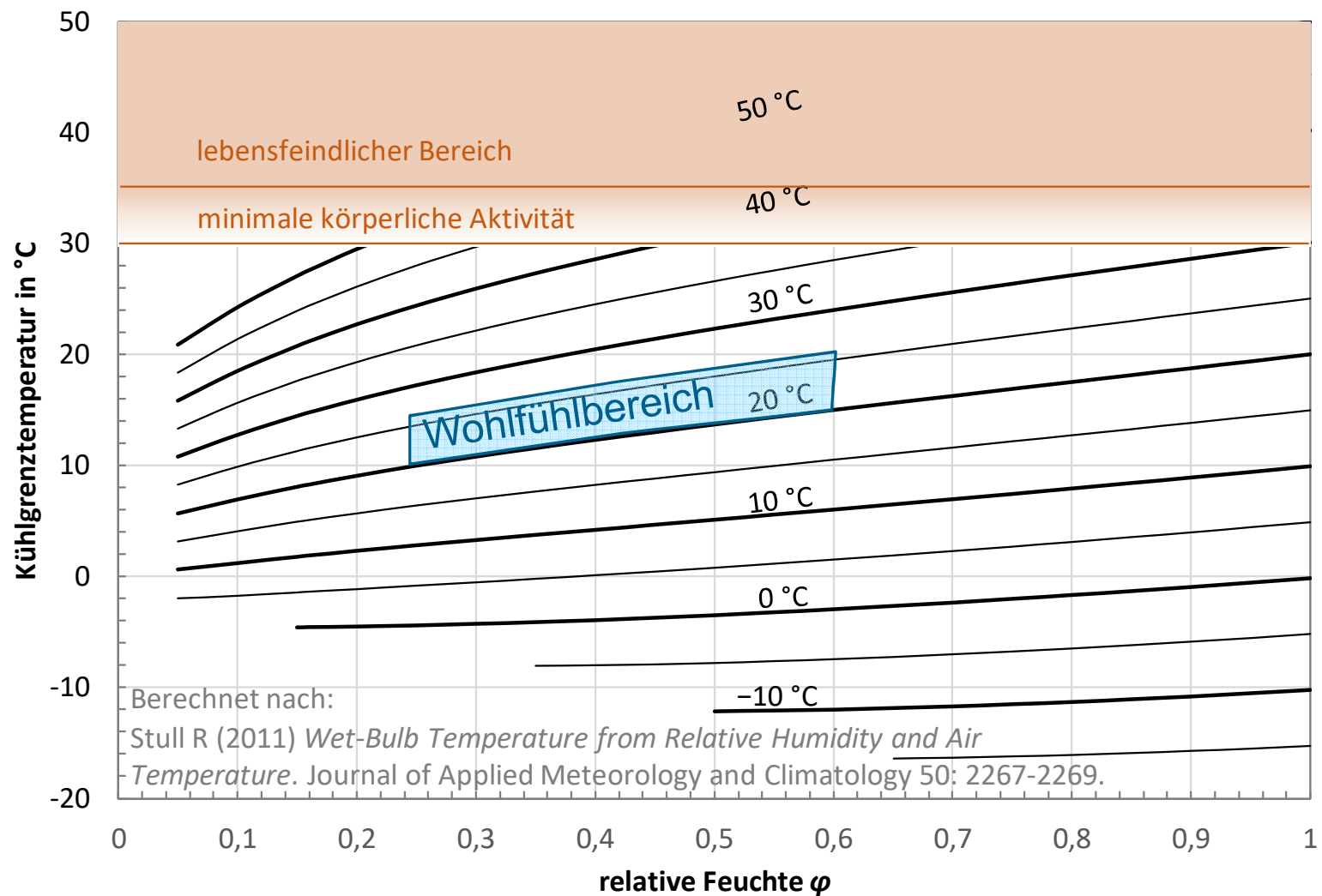
Absolute Grenzen des Lebens

Tiere

- Kerntemperatur über ca. 40 °C
 - Proteine zerfallen
 - Organversagen und –tod
 - geringe Unterschiede zwischen Gruppen
- speziell Menschen
 - Kühlgrenztemperatur länger überschritten
 - Erwachsen und Gesund: einige Stunden über ca. 33 °C ohne körperliche Tätigkeit
 - Schwere körperliche Tätigkeit über ca. 30 °C



Kühlgrenztemperatur (was Schwitzen maximal schafft)

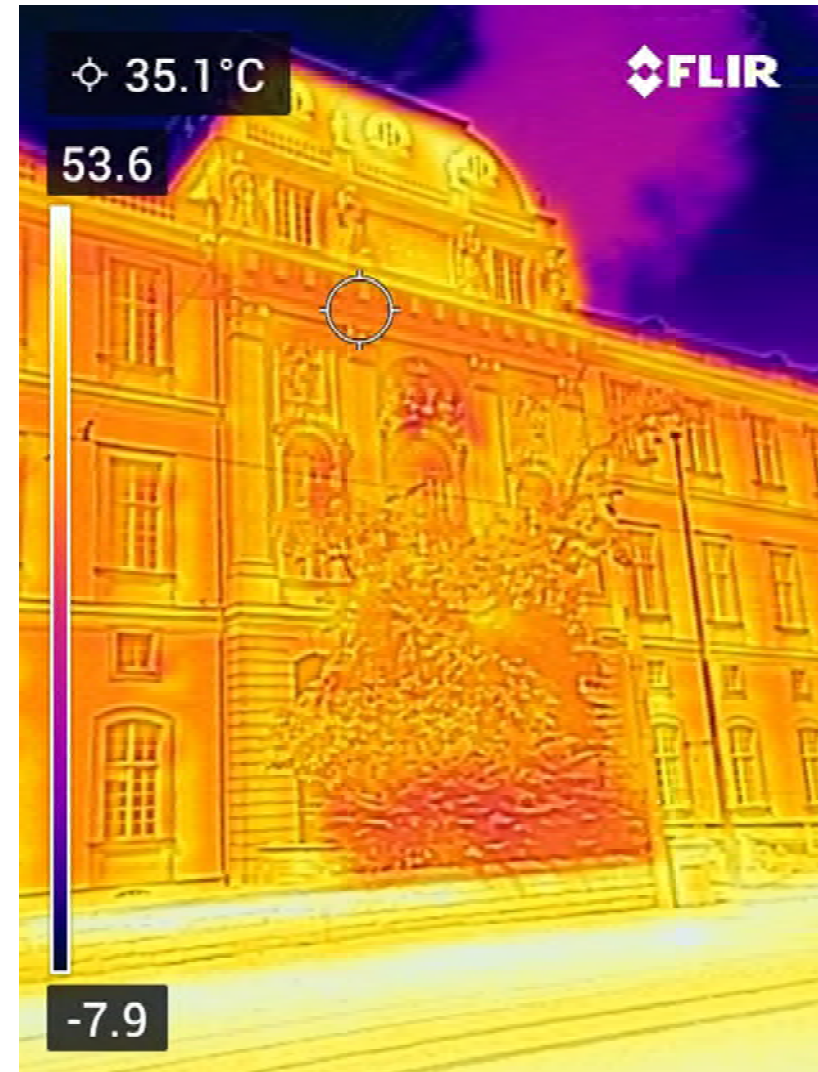


Zwischen Wohlfühlbereich und Hitzetod

- Unangenehm und mühsam
 - Wenn wir arbeiten / lernen
 - Sind wir weniger produktiv
 - Dafür reizbarer
- Veränderungen in Ökosystemen I
 - Algenblüten (Blaualgen)
 - Stinken und sind doof
 - Setzen β -Methylamino-L-alanin frei (BMAA)
 - BMAA ist ein Faktor für „brain-rot“
(Amyotrophe Lateralsklerose, Parkinson, Demenz – ALS/PDC)
- Veränderungen in Ökosystemen II
 - „flesh-eating“ Amöben
 - Tollwut

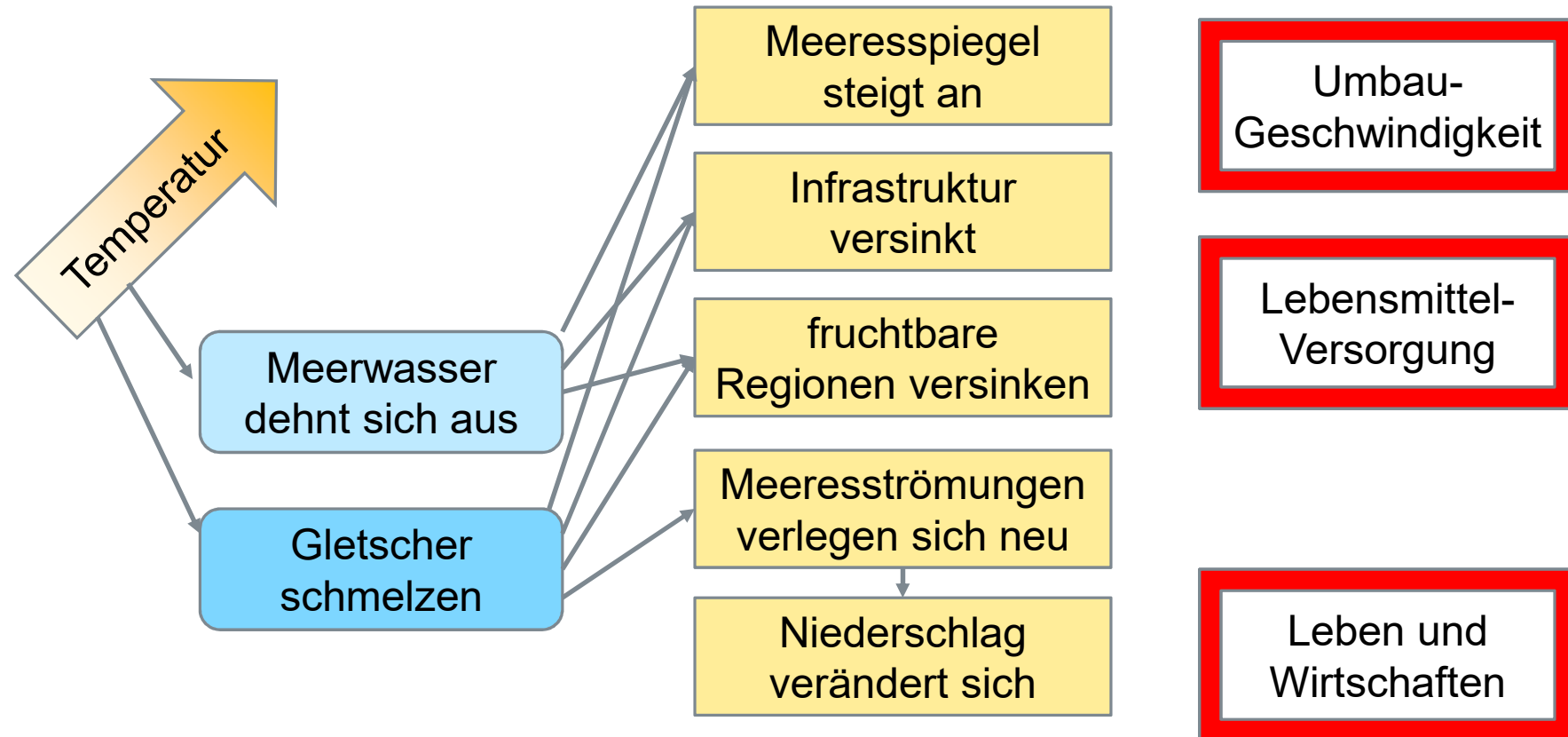
Was passiert mit uns, wenn es warm ist?

- Wir werden ungeduldig
 - Basal sind wir voll da und funktionieren
 - Bewusste Entscheidungen verändern sich
- Wir entscheiden schneller
 - Wir lernen schlechter
 - Wir denken schlechter
 - Wir sind ablehnend
 - Wir sind aufbrausend
- Unsere Handlungen zählen
 - Härtere Urteile
 - Schlechtere Prüfungen
 - Schnelleres Zuschlagen
 - ...





Ozeane



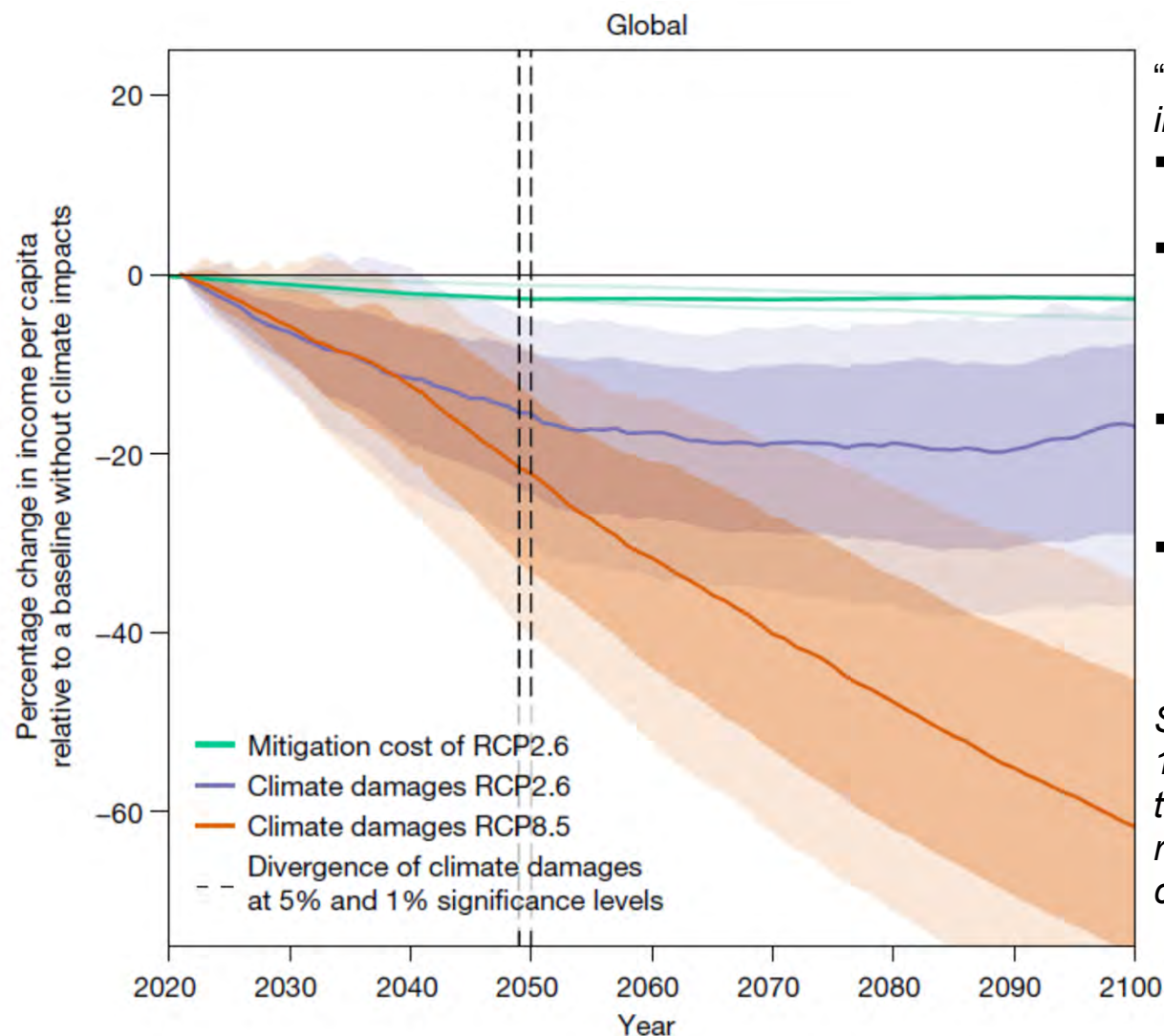


Wirtschaftliche Anpassung

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Kotz, M., Levermann, A. & Wenz, L. (2024).
The economic commitment of climate change.

Nature, 628, 551–557



“Estimates of the projected reduction in income per capita

- *from changes in all climate variables*
- *based on empirical models of climate impacts on economic output with a robust lower bound on their persistence*
- *under a low-emission scenario compatible with the 2 °C warming target and*
- *a high-emission scenario (SSP2-RCP2.6 and SSP5-RCP8.5, respectively) are shown in purple and orange, respectively.*

Shading represents the 34% and 10% confidence intervals reflecting the likely and very likely ranges, respectively (following the likelihood classification adopted by the IPCC)“

Die Grenzen einer Klimaanpassung



Zusammenfassung

- Wir sind mitten drin im Anthropozän
 - Klima ↔ Biodiversität ↔ Ressourcenknappheit
- Wir können uns nicht beliebig anpassen
 - Wir kennen einige Grenzen genau → bio-physikalische Grenzen
 - Wir kennen andere Grenzen nicht gut → gesellschaftliche Grenzen
- Technologie wird uns nicht retten
 - Technologie ist Teil des Problems
 - Technologie muss zunehmend und zuerst die Auswirkungen älterer Technologie abfedern

- Anthropozän oder Hell'ozän – das ist unsere Entscheidung