

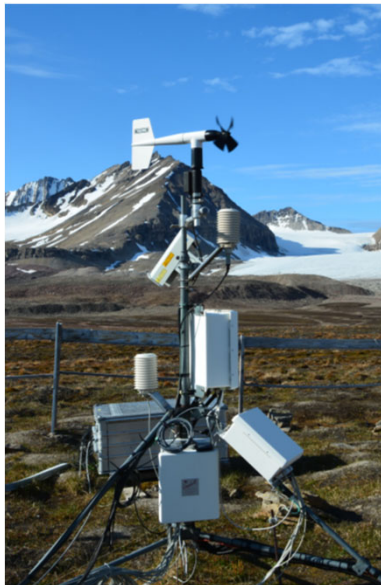
Klimawandel und seine lokalen Auswirkungen

Prof. Dr. Thomas Foken
Universität Bayreuth (BayCEER)

HS Neubrandenburg,
Modul “Umwelt und Wandel”
28.03.2023, 18:00, VIDEO



Eigene Forschungen an Hotspots des Klimawandels



**H₂O und CO₂
über Eis und
Permafrost,
Spitzbergen**



**H₂O und CO₂
am Generator
des Monsuns,
Tibet**

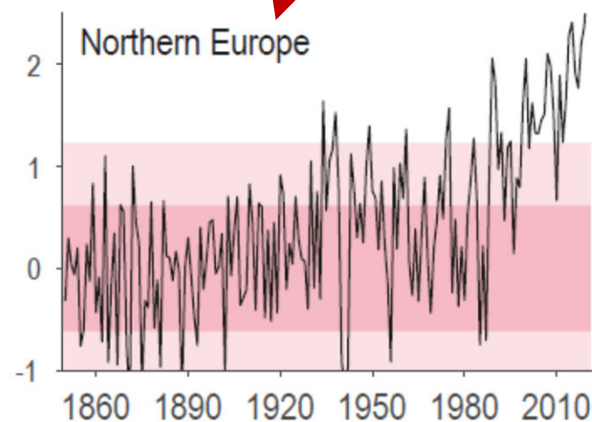
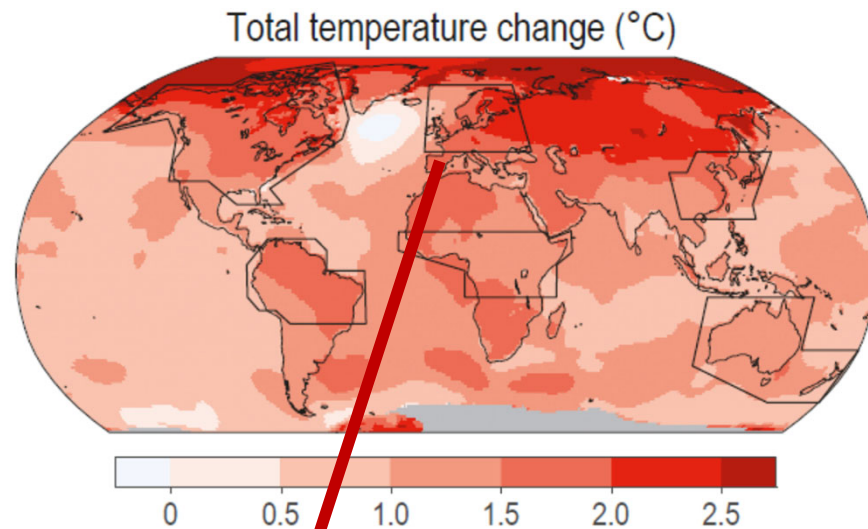


**CH₄ und CO₂
Emission,
Permafrost,
Sibirien**



**CO₂ Emission
nach Wald-
bränden,
Portugal**

Regionale Änderung der Lufttemperatur gegenüber 1850 – 1900



2020: Deutschland + 1,7 Grad

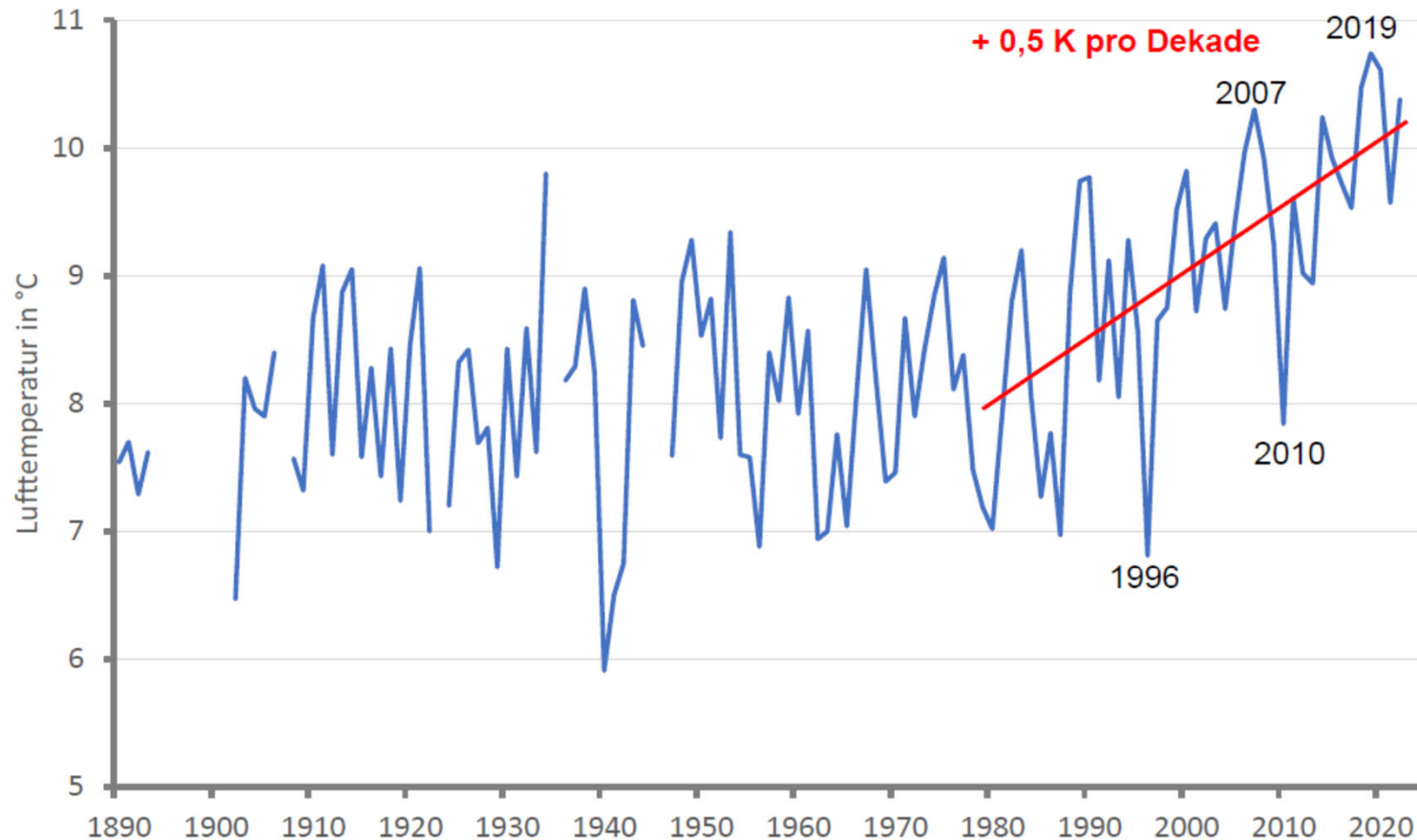
Bayern + 1,9 Grad

2021: Weltweit (Land und Ozean) + 1,2 Grad



IPCC, 2021: *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, et al. (eds.)]. Cambridge University Press.

Temperatortrend für Neubrandenburg



Wärmste Jahre:

2019
2020
2018
2022
2007
2015



Datengrundlage: DWD Stationen Waren (Müritz), Neubrandenburg und Trollenhagen



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

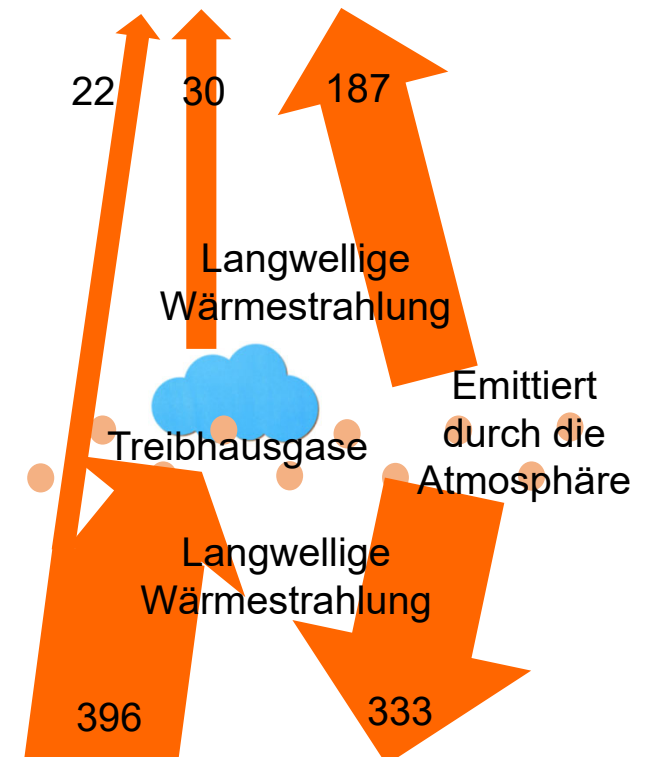
Bayreuther Zentrum für
Ökologie und Umweltforschung
Bayceer

Terrestrische Strahlung 5 μm – 50 μm

Die durch kurzwellige Strahlung erwärmte Erdoberfläche emittierte langwellige Strahlung in Abhängigkeit ihrer Temperatur

Treibhausgase absorbieren die langwellige Strahlung von der Erdoberfläche und emittieren sie in alle Richtungen (Treibhauseffekt)

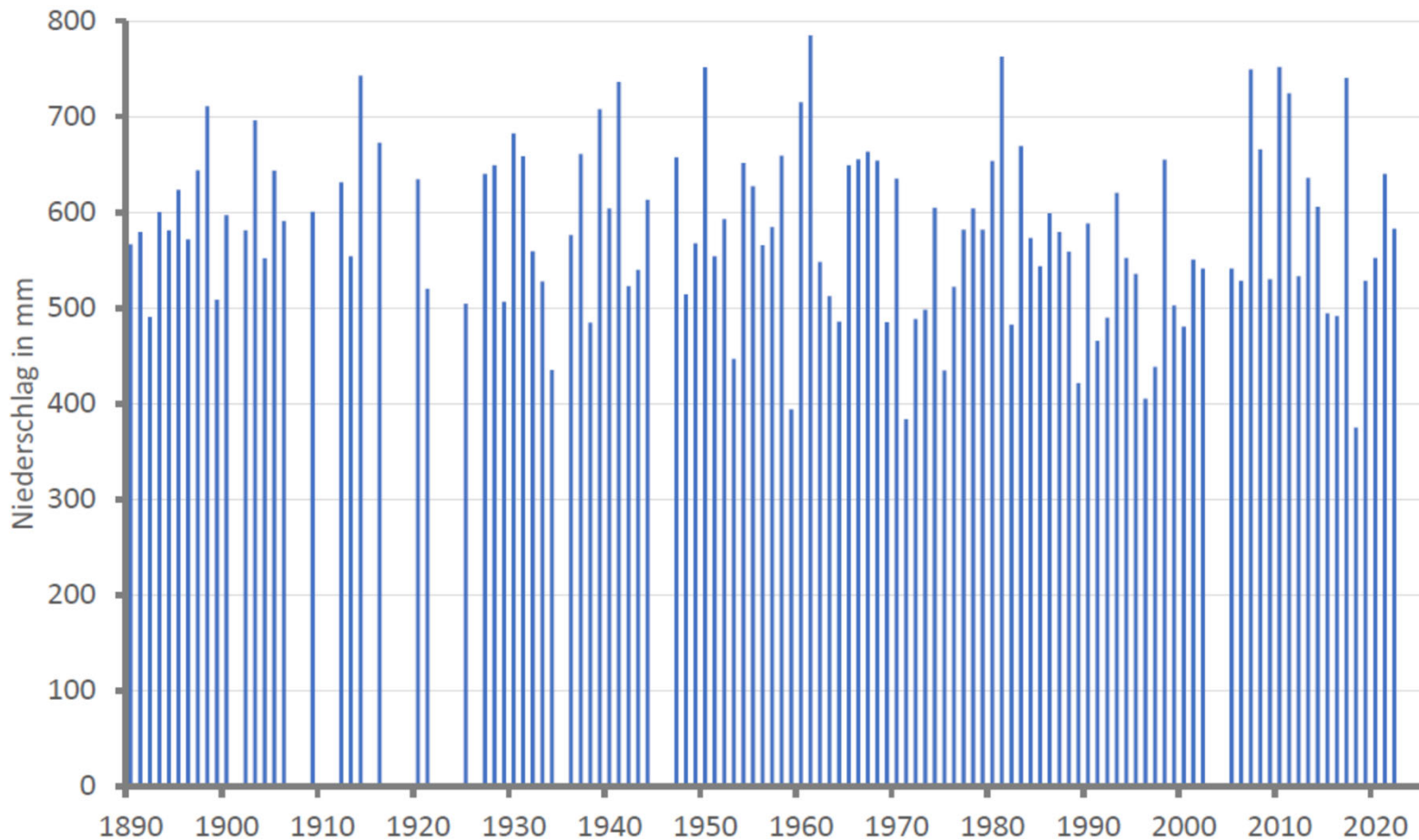
 Foken T (2021) Bamberg im Klimawandel. E.-Weiss-Verlag, Bamberg, 128 S.



Angaben in $\text{W/m}^2 = \text{J}/(\text{m}^2 \text{ s})$, Jahreswerte für die gesamte Erde

Differenz: 60 W/m^2
Anthropogen: $+ 3 \text{ W/m}^2$ (5%)

Niederschlagstrend für Neubrandenburg



Datengrundlage: DWD Stationen Waren (Müritz), Neubrandenburg und Trollenhagen



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



Bayreuther Zentrum für
Ökologie und Umweltforschung
Bayceer

Theoretisches Klima (Reanalyse-Daten)

Reanalysen berechnen die Analysen einiger Jahre bis Jahrzehnte in der Vergangenheit, unter Einbezug aller jetzt vorliegenden Beobachtungen mit einem modernen Modell noch einmal neu.

Räumliche Auflösung: Europa 5 km x 5 km; Deutschland 2 km x 2 km

Reanalysedaten können daher nicht:

Extremwerte exakt darstellen, die nur lokal begrenzt auftreten, z.B.
Maxima in der städtischen Wärmeinsel oder Minima in engen Tälern



Deutscher Wetterdienst (www.dwd.de)



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



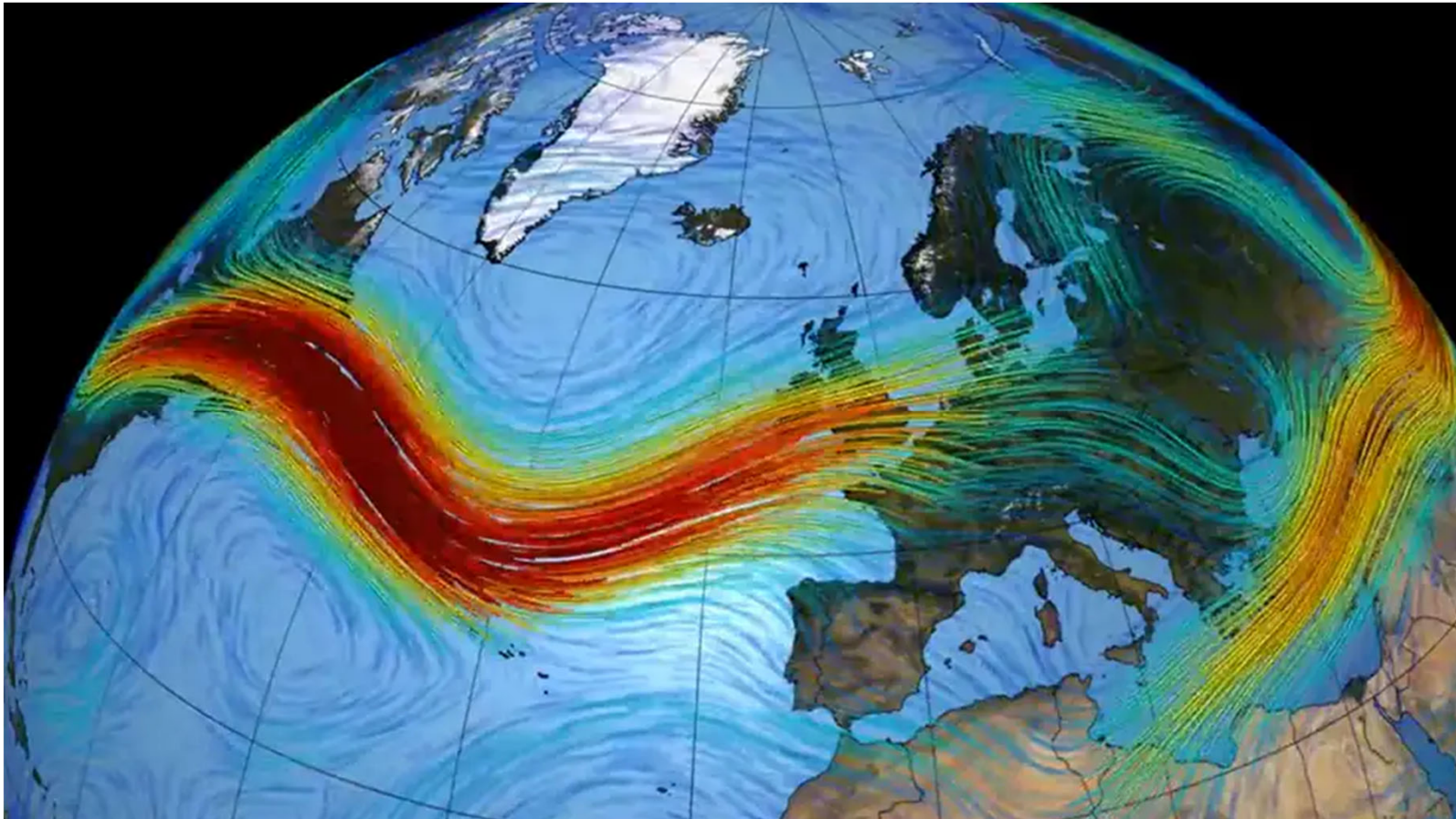
Bayreuther Zentrum für
Ökologie und Umweltforschung
Bayceer

Zusammenfassung Klimawandel

- *Alle Regionen werden gleichermaßen getroffen, Typische Klimazonen verschieben sich mit einer Temperaturzunahme gegenwärtig von etwa 0,5 Grad pro 10 Jahre*
- *Höhenänderung von Isothermen: Jahr 350 m; Januar 500 m (Temperatur nimmt pro 100 m um 0,6 Grad ab)*
- *Schnee für Wintersport ist nur noch über 1000 m vorhanden, perspektivisch für Investitionen 1500 m*
- *Die Klimaerwärmung in Deutschland ist etwa doppelt so hoch wie global (Ozean und Festland)*
- **Als besondere Gefahr wird die Temperaturerhöhung kommuniziert, es sind aber Prozesse, die dadurch möglich werden.**

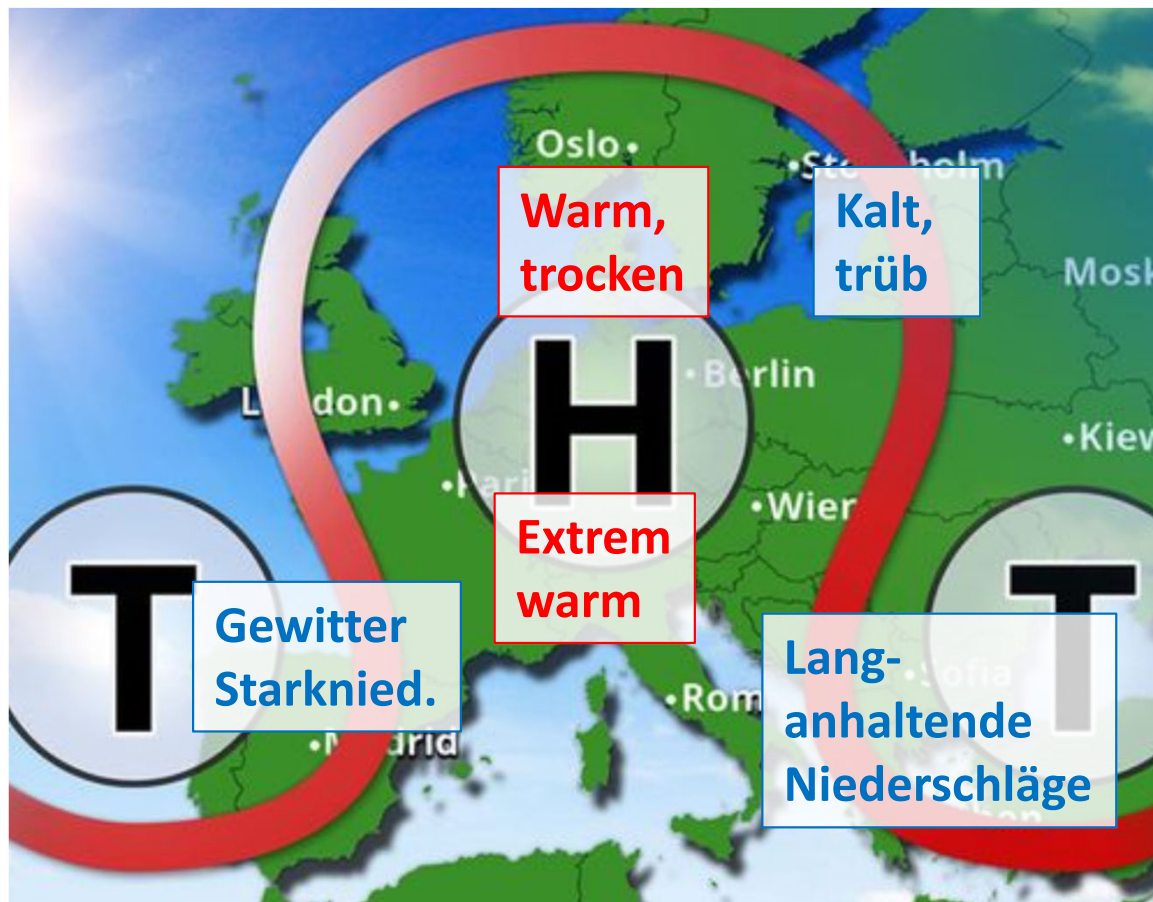


Der Strahlstrom (Jetstream) Treiber für unser Wetter



Der Jetstream über Europa im Januar 2018
© NASA Scientific Visualization Studio/NASA/GSFC

Zunahme blockierender Wetterlagen – Ursache für extreme Wetterereignisse



**Zunahme der blockierenden Wetterlagen,
ist noch nicht in der
Klimamodellierung berücksichtigt**

Je nach Lage des blockierenden
Hochdruckgebietes kommt es zu
extremen Wetterereignissen in
wenigen 100 km Abstand über Europa

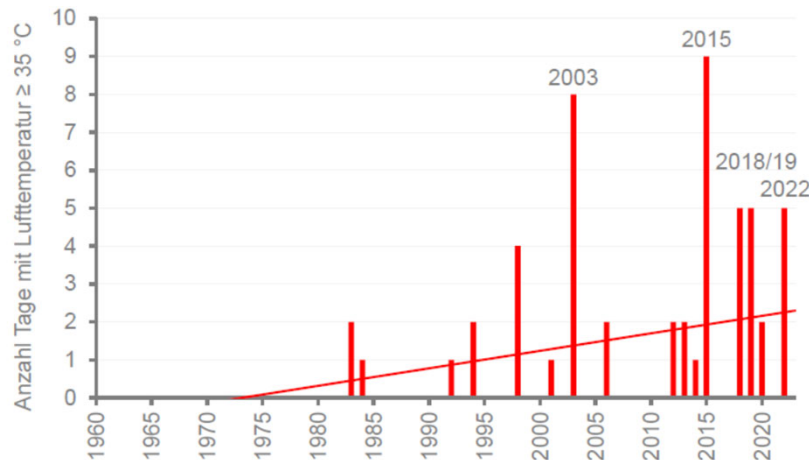
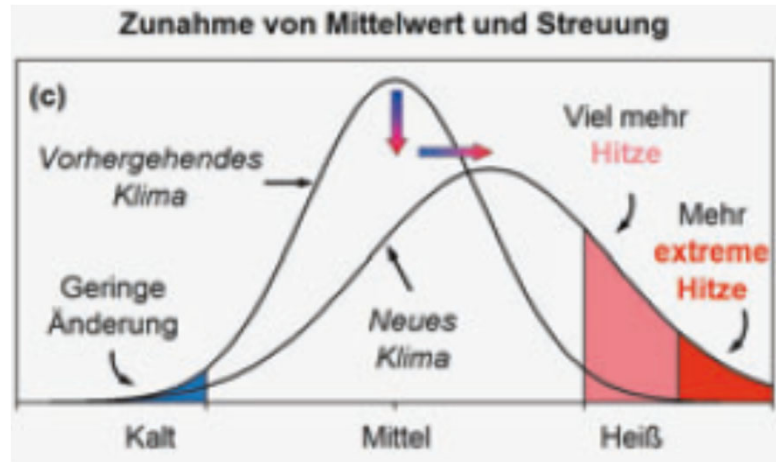
Trockene und überwiegend warme bis
extrem warme Hitzeperioden

Schmale Zone mit lokalen extremen
Schauern, Gewittern mit Hagel und
Tornados, lokalem Hochwasser

Lang anhaltende Regenfälle mit
Hochwassergefahr an großen Flüssen

© Hintergrundbild: © wetter.com

Veränderung bei Extremwerten



- Es ist damit zu rechnen, dass sich sowohl Mittelwerte als auch Streuungen verändern, somit verstärken sich Extremereignisse an einer Seite.
- Beispiel: Zunahme der sehr heißen Tage in Bamberg ab den 1980er Jahren, unklar ist, ob es ab Ende dieses Jahrzehnts eine ähnliche Entwicklung der Tage mit über 40 °C gibt.
- Einfluss blockierender Wetterlagen
- Was sind die natürlichen Grenzen für Extremwerte.



Endlicher W and Gerstengarbe F-W (Hrsg) (2007) Der Klimawandel. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Humboldt-Universität zu Berlin, Potsdam, 134 pp.

Foken T (2021) Bamberg im Klimawandel. E.-Weiß-Verlag, Bamberg, ergänzt

Extremwerte belasten Städte



20.07.2022, 06:30, Tropennacht

Wärmebelastung in Bamberg 2022:

- 92 Tage Maximum ≥ 25 °C (Sommertag)
- 41 Tage Maximum ≥ 30 °C (heißer Tag)
- 6 Tage Maximum ≥ 35 °C (sehr heißer Tag)
- 13 Tage Minimum ≥ 20 °C (Tropennacht)

Datengrundlage: Crowdsourcing des Bürgervereins Bamberg-Mitte e.V.



Keil D, Foken T, Küffner, H (2023) Messen und handeln. Inselrundschau Nr. 35 (1/2023), 8-9

Extremwerte in Neubrandenburg



Netatmo

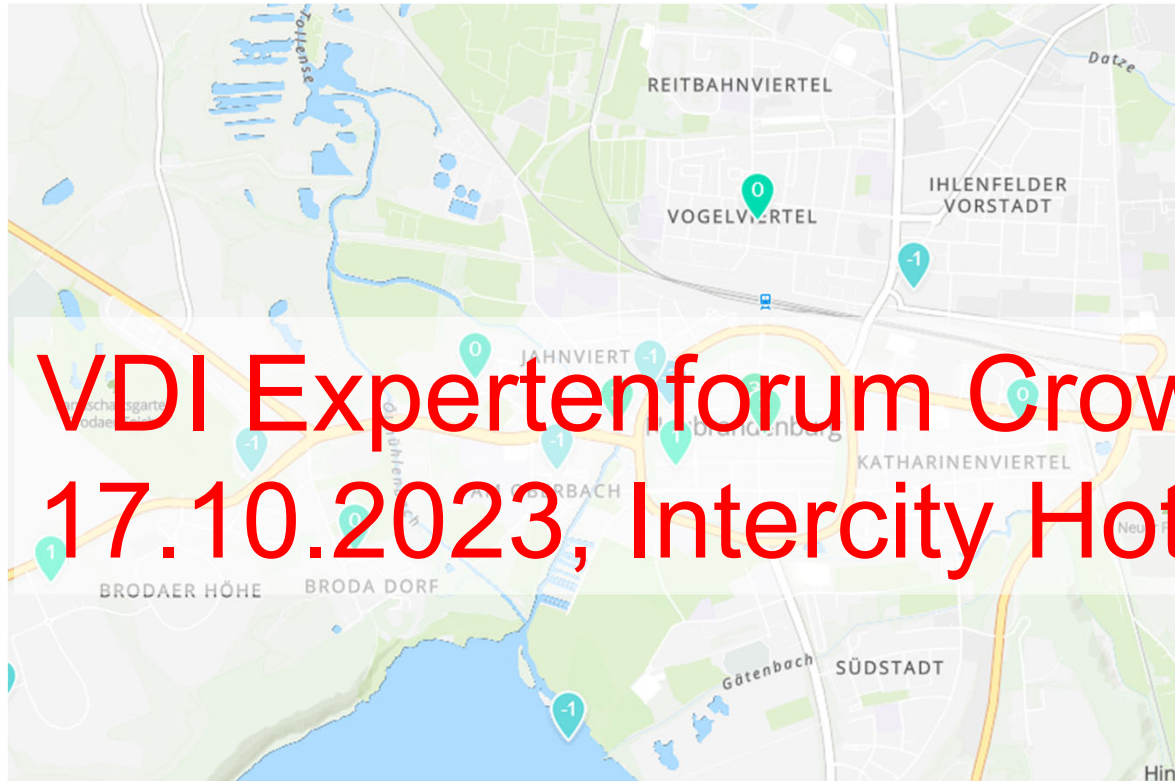
<https://weathermap.netatmo.com>

28.03.2023, 07:30



Foken T, Bechtel B, Budde M, Fenner D, Knechtel R and Meier F (2022) Crowdsourcing als Möglichkeit zur Gewinnung atmosphärischer Messdaten. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft. 82:209-219

Extremwerte in Neubrandenburg



VDI Expertenforum Crowdsourcing
17.10.2023, Intercity Hotel Wiesbaden

Netatmo

<https://weathermap.netatmo.com>

28.03.2023, 07:30



Foken T, Bechtel B, Budde M, Fenner D, Knechtel R and Meier F (2022) Crowdsourcing als Möglichkeit zur Gewinnung atmosphärischer Messdaten. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft. 82:209-219

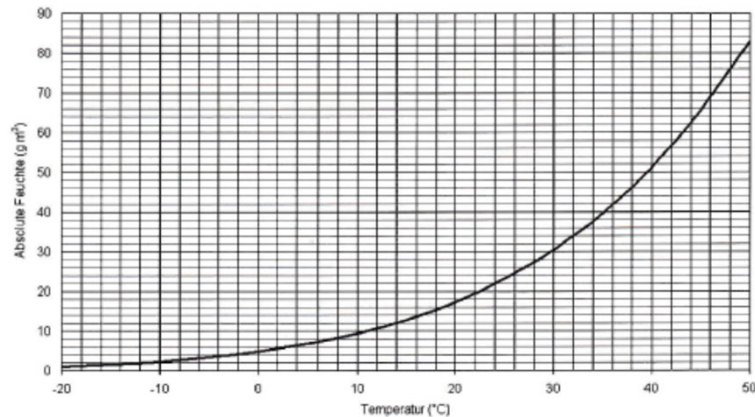


Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

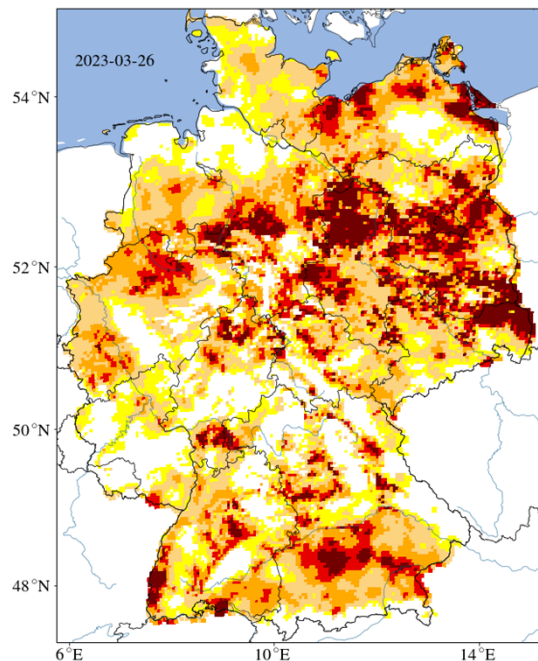


Bayreuther Zentrum für
Ökologie und Umweltforschung
Bayceer

Erhöhung der Wasserdampfaufnahme



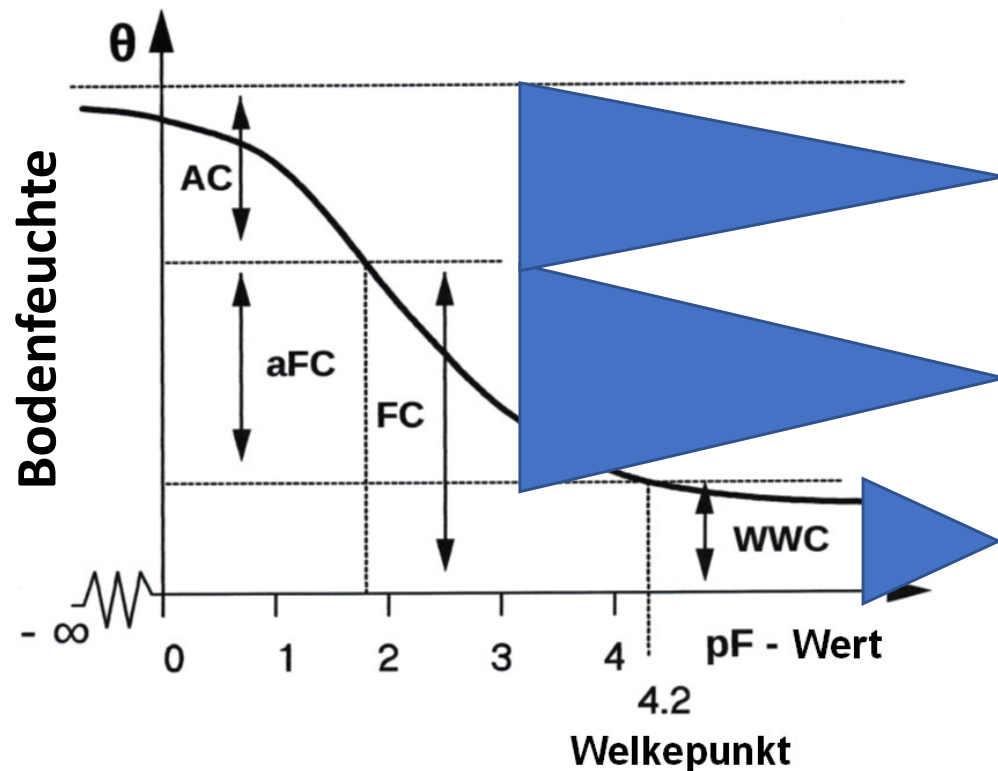
- Das Vermögen der Luft Wasserdampf aufzunehmen steigt nach dem exponentiellen **Gesetz nach Clausius-Clapeyron**, d.h. 1 K Temperaturerhöhung bedeutet etwa 7 % Erhöhung des Wasserdampfgehaltes der Luft
- Erhöhung der potenziellen Verdunstung,
- Dürre und Austrocknung des Bodens
- Verdunstungsformeln (FAO-Grasverdunstung) versagen teilweise



UFZ Dürremonitor: <https://www.ufz.de/index.php?de=37937>

Allen RG et al. (2021) Conditioning point and gridded weather data under aridity conditions for calculation of reference evapotranspiration. *Agriculture Water Management*. 245:106531

Wassertransport im Boden



Bodenfeuchten größer als die Feldkapazität ermöglichen einen Wassertransport in die Tiefe

Bodenfeuchten im Bereich der verfügbaren Feldkapazität können von Pflanzen aufgenommen werden

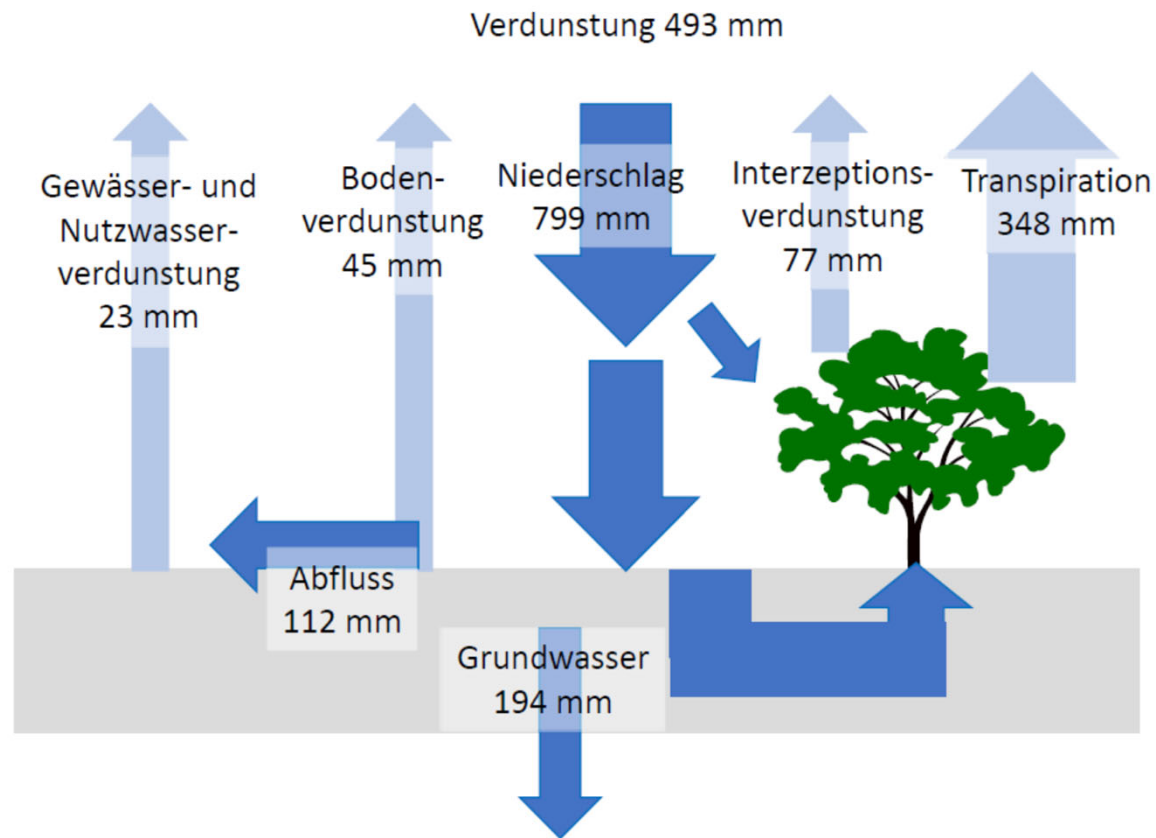
Bodenfeuchten kleiner als der Welkepunkt können von Pflanzen nicht aufgenommen werden



Foken T, Huwe B, Einfalt T (2021) Der Boden – die unterschätzte Randbedingung bei der Ausbreitungsmodellierung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81, 283-288

Foken T, Huwe B and Arneht A (2021) Die Energie- und Wasserhaushalt von Böden und ihre klimatische Bedeutung. In: Lozán JLet al (eds.), Warnsignal Klima: Boden & Landnutzung. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 26-34.

Mittlerer Wasserkreislauf in Deutschland 1991-2017



Foken T, Huwe B, Einfalt T (2021) Der Boden – die unterschätzte Randbedingung bei der Ausbreitungsmodellierung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81, 283-288
Krahe P and Nilson E (2019) Wasserbilanz von Deutschland. Umweltmagazin. 49:1-2



Verdunstung

$$\text{Verdunstung} = \text{Faktor} * \text{Windgeschwindigkeit} * \text{Feuchtedifferenz}$$

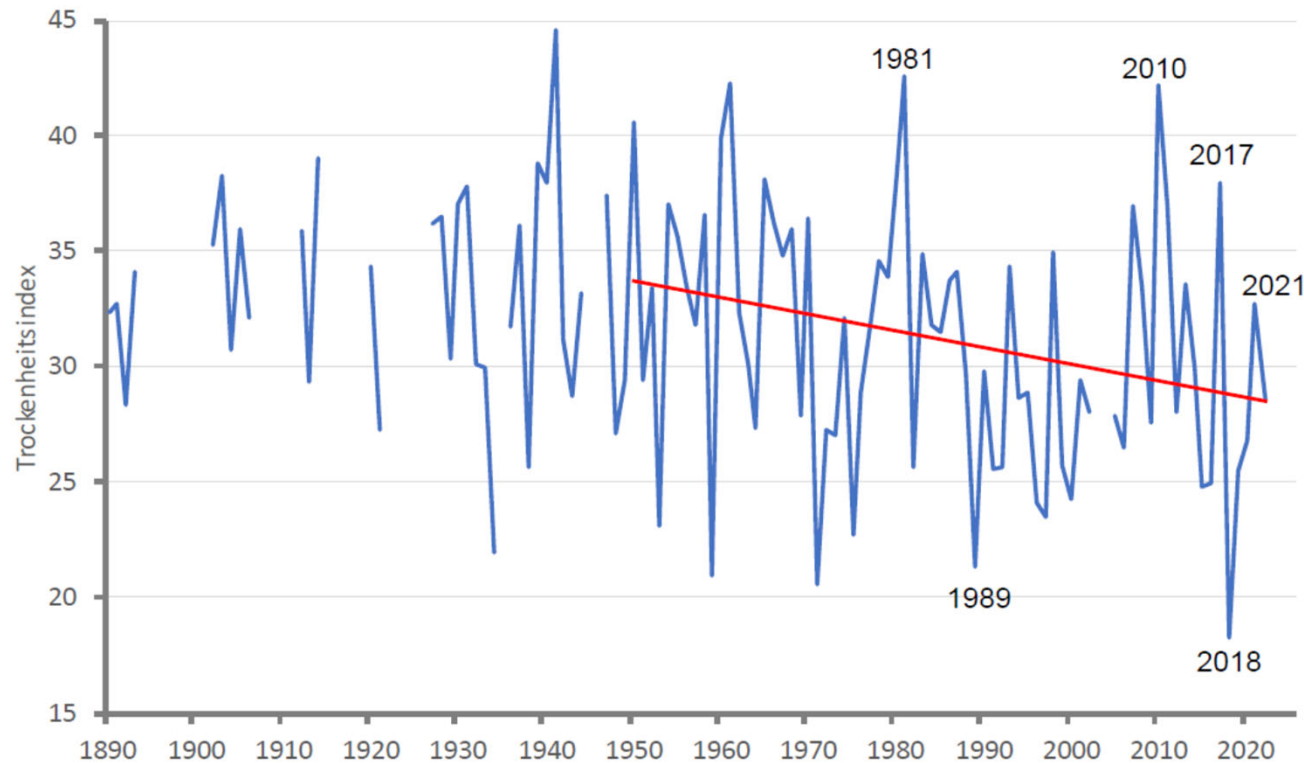
Faktor Warmer Boden (gegenüber der Lufttemperatur) erhöht die Verdunstung

Windgeschwindigkeit Wind erhöht die Verdunstung

Feuchtedifferenz Trockene Luft über feuchtem Boden erhöht die Verdunstung

Hinweis: Seen verdunsten relativ wenig, da sie meist kühler als die Luft sind, allerdings nicht in der Nacht, doch dann ist die Windgeschwindigkeit gering.

Trockenheitsindex für Neubrandenburg



In weiten Teilen
Deutschlands ist die
Frühjahrstrockenheit
besonders ausgeprägt

Trockenheitsindex
nach De Martonne

$$Index = \frac{\text{Niederschlagssumme}}{\text{mittl. Lufttemperatur} + 10 \text{ } ^\circ\text{C}}$$



Datengrundlage: DWD Stationen Waren (Müritz), Neubrandenburg und Trollenhagen
de Martonne E (1926) Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. La Météorologie. 2:449 – 458



Reduzierung der Verdunstung



© Foto: Foken



© CC BY-SA 3.0



© Fraunhofer ISE

- Windschutzstreifen in 50-100 m Abstand
- Landwirtschaft ohne Pflügen (no till), Zwischenfrucht, keine Brache
- Photovoltaik-Anlagen als Schattenspender und zur Reduzierung der Windgeschwindigkeit

Nebeneffekt: Climate Engineering



© CC BY-SA 3.0



© Genesio L et al. Plants with less chlorophyll: A global change perspective. *Global Change Biology*. 27:959-967

Erhöhung des Reflexionsvermögens für kurzwellige solare Strahlung

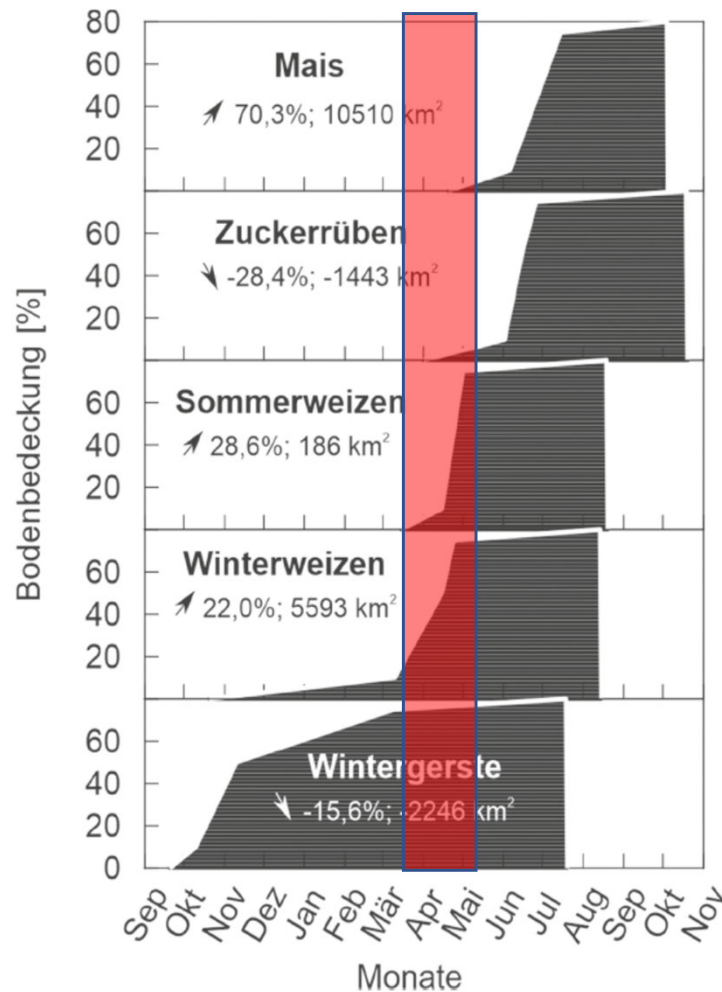
- Landwirtschaft ohne Pflügen (no till)
- Kulturen mit helleren Blättern

Global wahrscheinlich bedeutungslos, lokal aber durchaus sinnvoll



Foken T (2023) Künstlich aufgehellte Bodenflächen zur Albedoerhöhung. In: Lozán JL et al. (Hrsg.), Warnsignal Klima: Können technische Lösungen zum Klimaschutz beitragen? Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg.

Dürre: Erosion



Frühjahrstrockenheit, speziell im April:

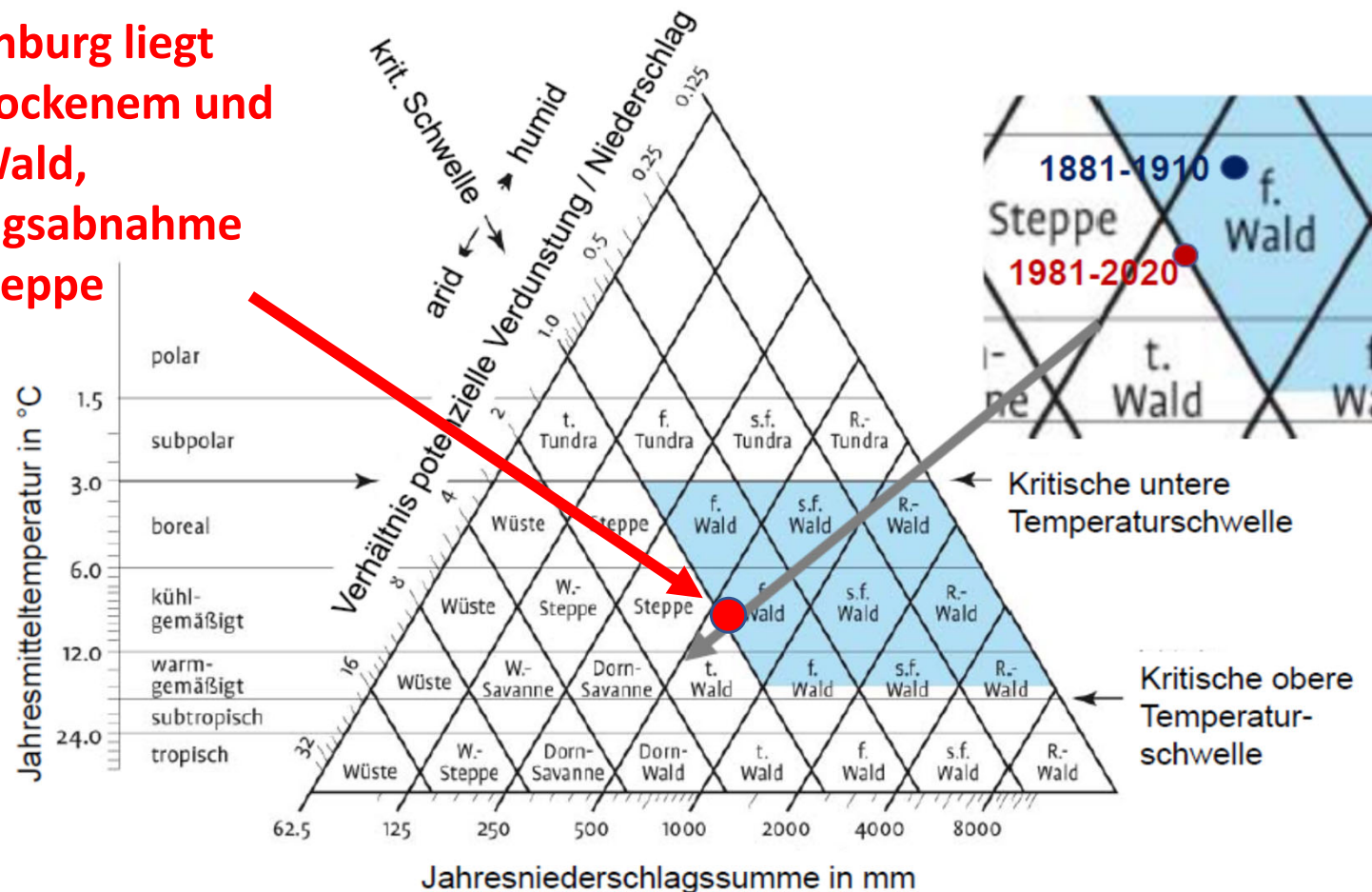
Erosion und Austrocknung der oberen Bodenschichten bei Sommergetreide, Hackfrüchten und Mais



Fiener, P. & F. Wilken (2021): Bodenerosion in Mitteleuropa – Auswirkungen des Klima- und Landmanagementwandels. In: Lozán JL et. al (eds.), Warnsignal Klima: Boden & Landnutzung. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 94-100.

Klimaabhängigkeit der Ökosysteme

Neubrandenburg liegt zwischen trockenem und feuchtem Wald, Niederschlagsabnahme bedeutet Steppe



Daten für Bamberg



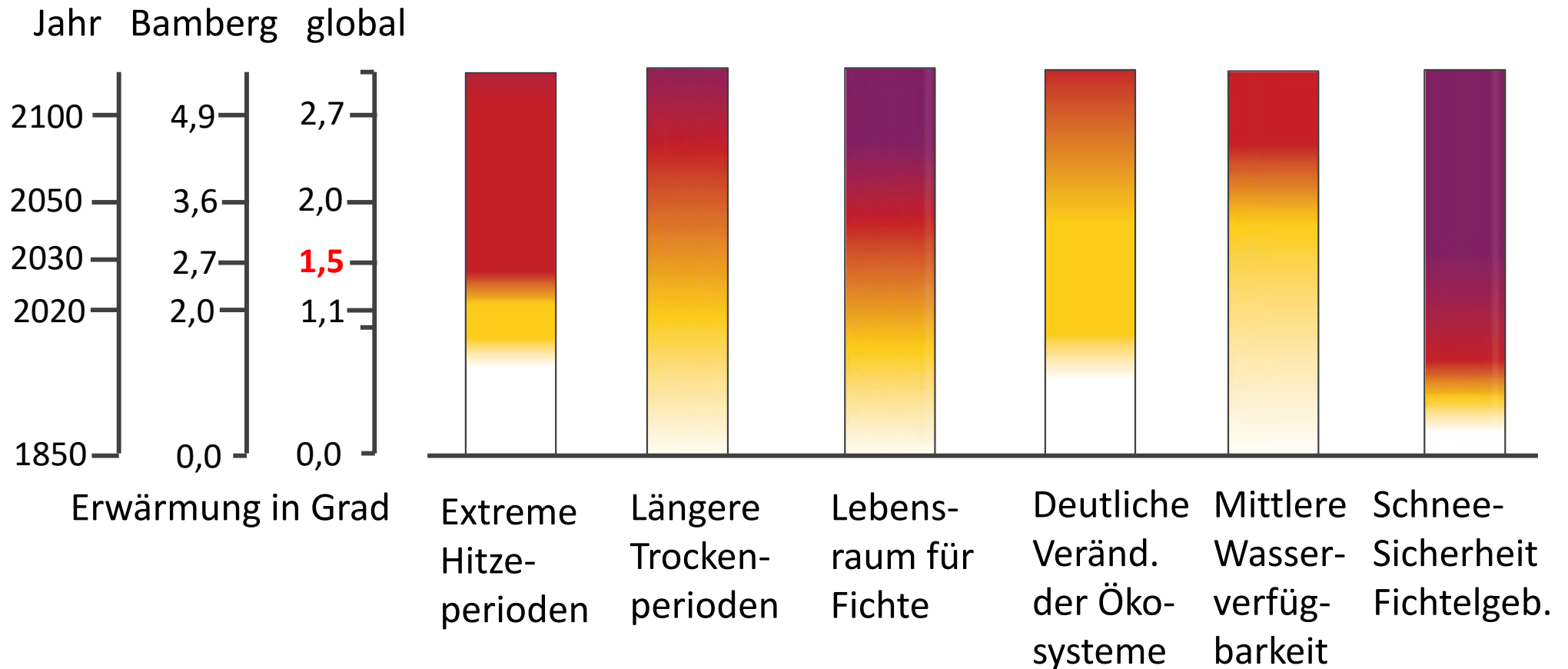
Holdridge LR (1967) Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica, 204 pp.
Foken T (2021) Bamberg im Klimawandel. E.-Weiss-Verlag, Bamberg, 128 S.



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



Belastungsgrenzen in der Region Bamberg



Anmerkungen: Die Zuordnung globaler Erwärmung und lokaler Erwärmung beruht auf bisherigen Ergebnissen und Modellstudien. Die Zuordnung der Jahre beruht auf den Zusagen der Länder zur Weltklimakonferenz in Glasgow. Dunkelrot: extrem gefährdet, rot: hohes Risiko, gelb: steigendes Risiko (Abschätzung aus bisheriger Entwicklung und Modellstudien). Aktuelle Entwicklung für Bamberg s. Foken: Bamberg im Klimawandel (2021), © T. Foken, 2021

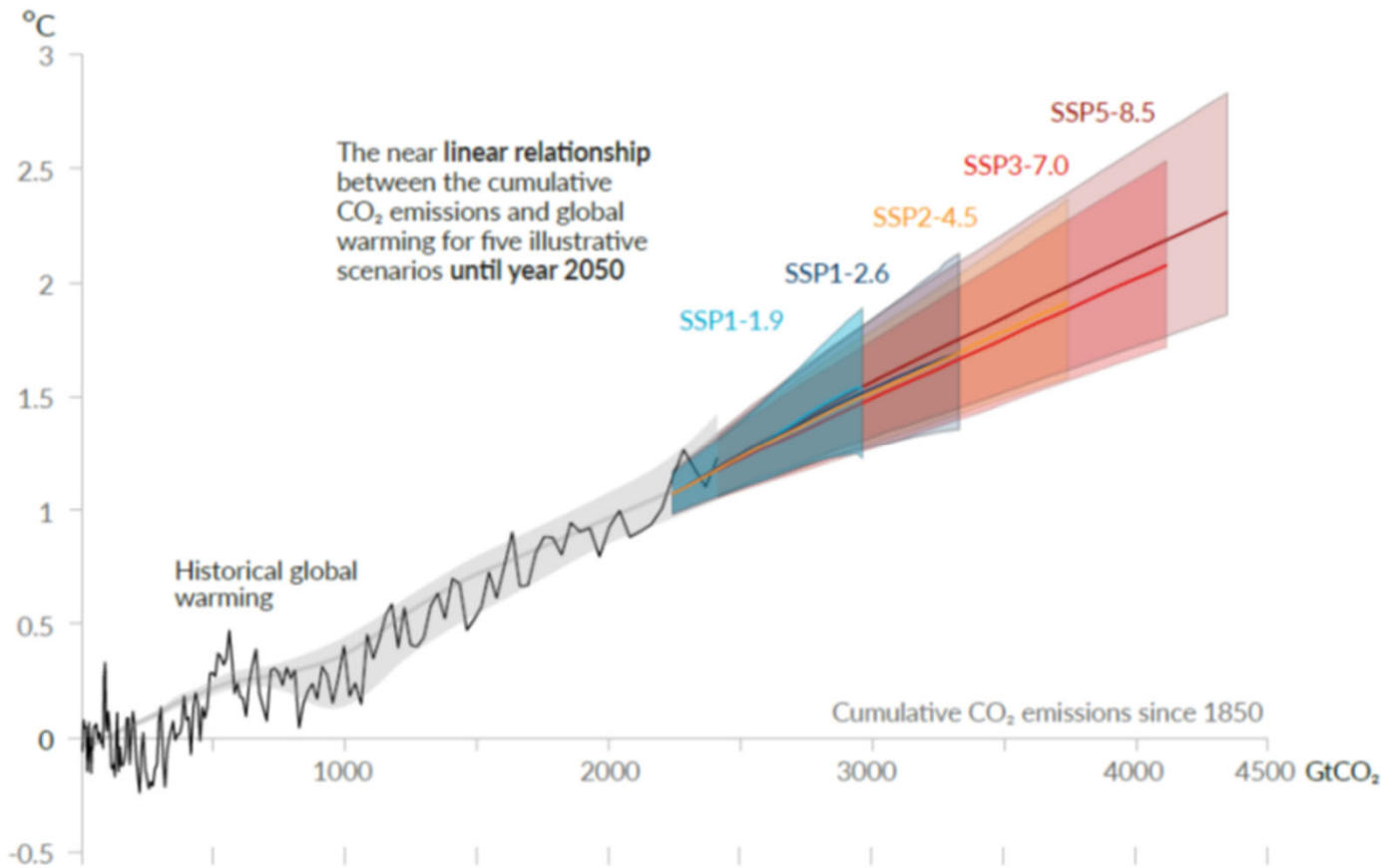
Zusammenfassung

Lokale Auswirkungen

- Extremwerte:
 - *Zunahme der Extremwerte durch blockierende Wetterlagen*
 - *Lokal mögliche Starkniederschläge*
 - *Städte sind besonders durch extreme Temperaturen beeinflusst*
 - *Notwendigkeit: Begrünung von Fassaden und Dächern, Bäume statt Parkplätze!*
- Verdunstung:
 - *Rein physikalisch bedingt steigt die Verdunstung deutlich an*
 - *Vermeidung der Versiegelung von land- und forstwirtschaftlich genutzter und stillgelegter Flächen um Grundwasserneubildung zu erreichen*
 - *Windschutzstreifen zwischen Feldern (Abstand ca. 100 m)*
 - *Veränderung typischer Ökosysteme, Gefahr von Versteppung*

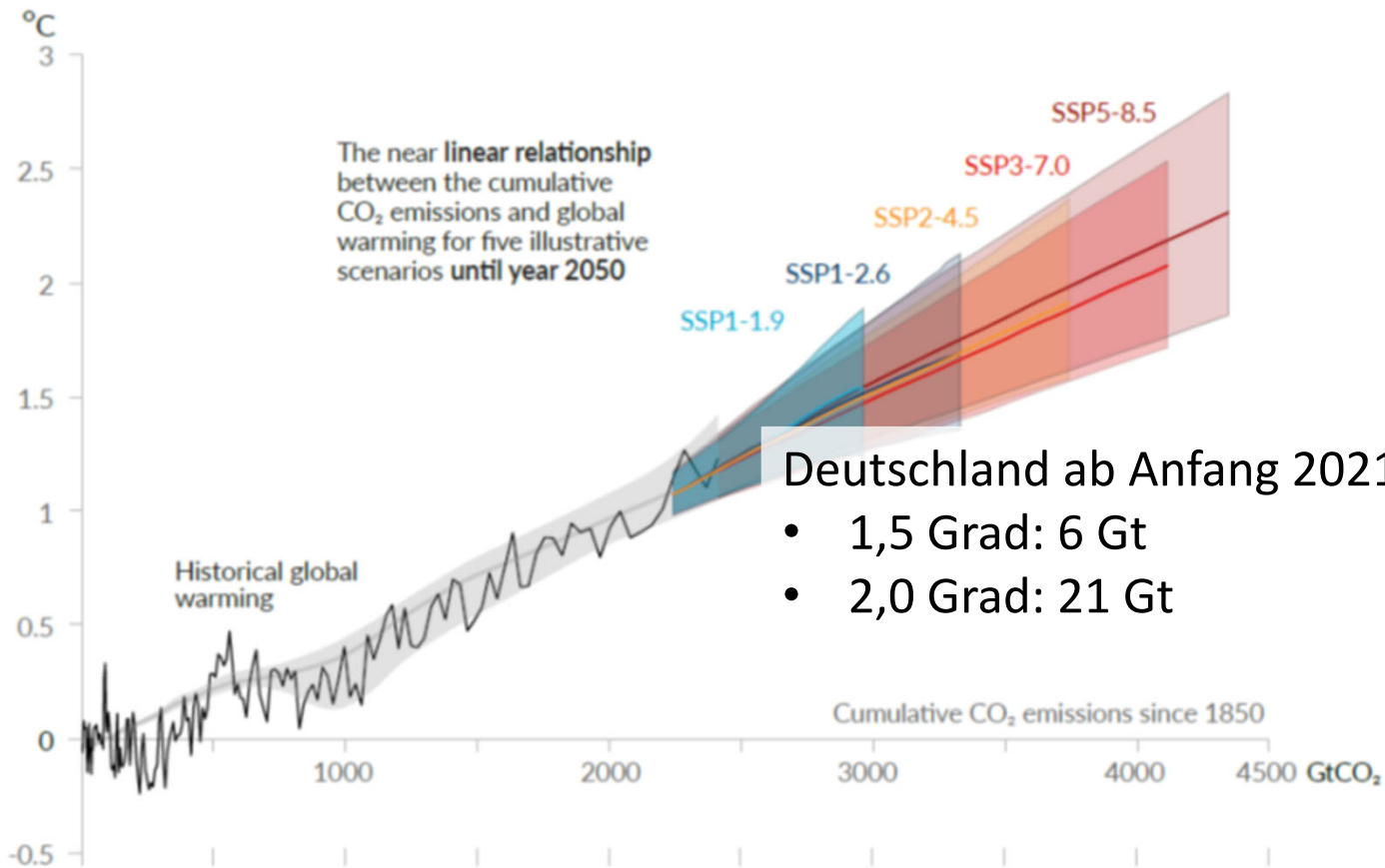


Erwärmung bis 2050 nach Entwicklungspfaden



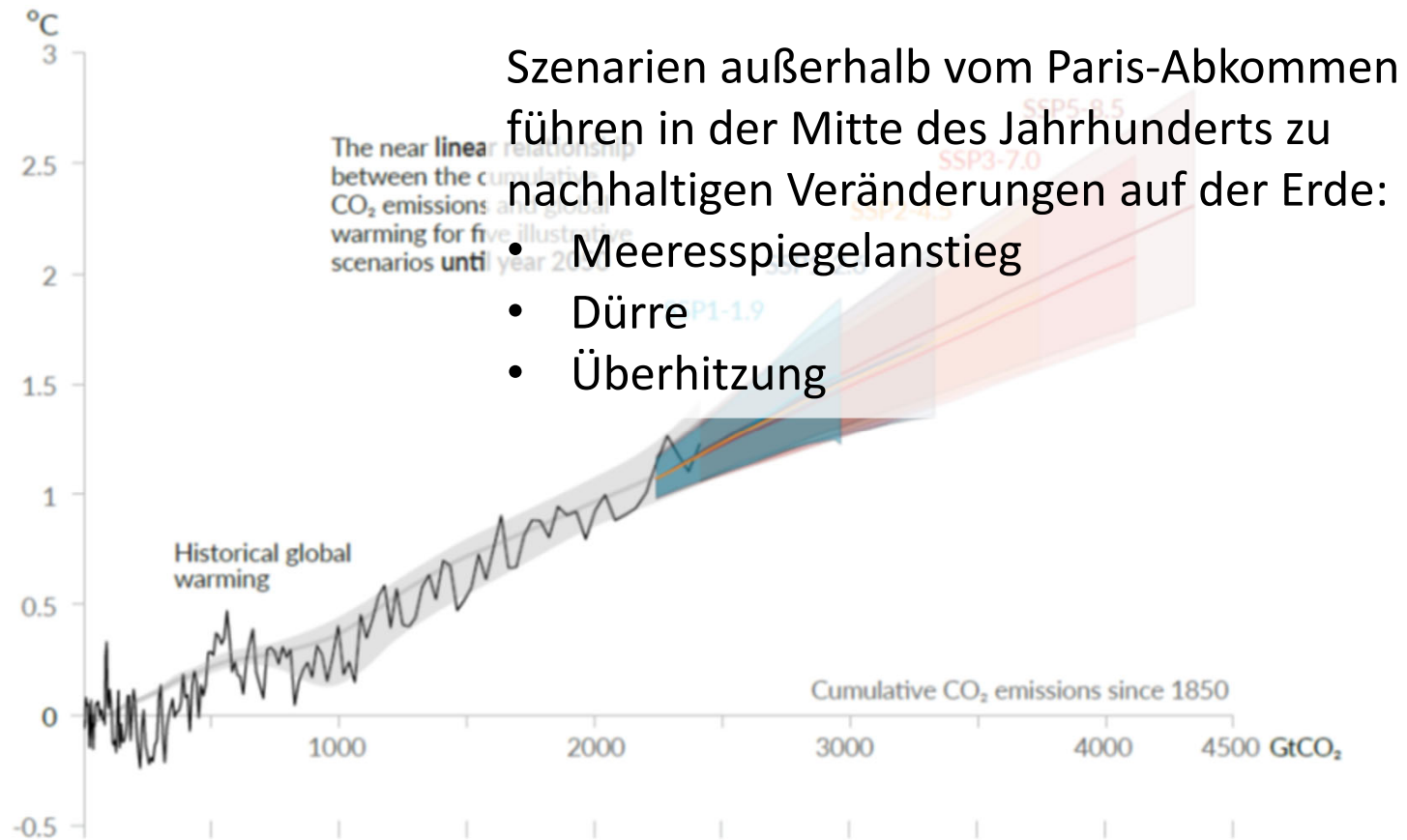
IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, et al. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Erwärmung bis 2050 nach Entwicklungspfaden



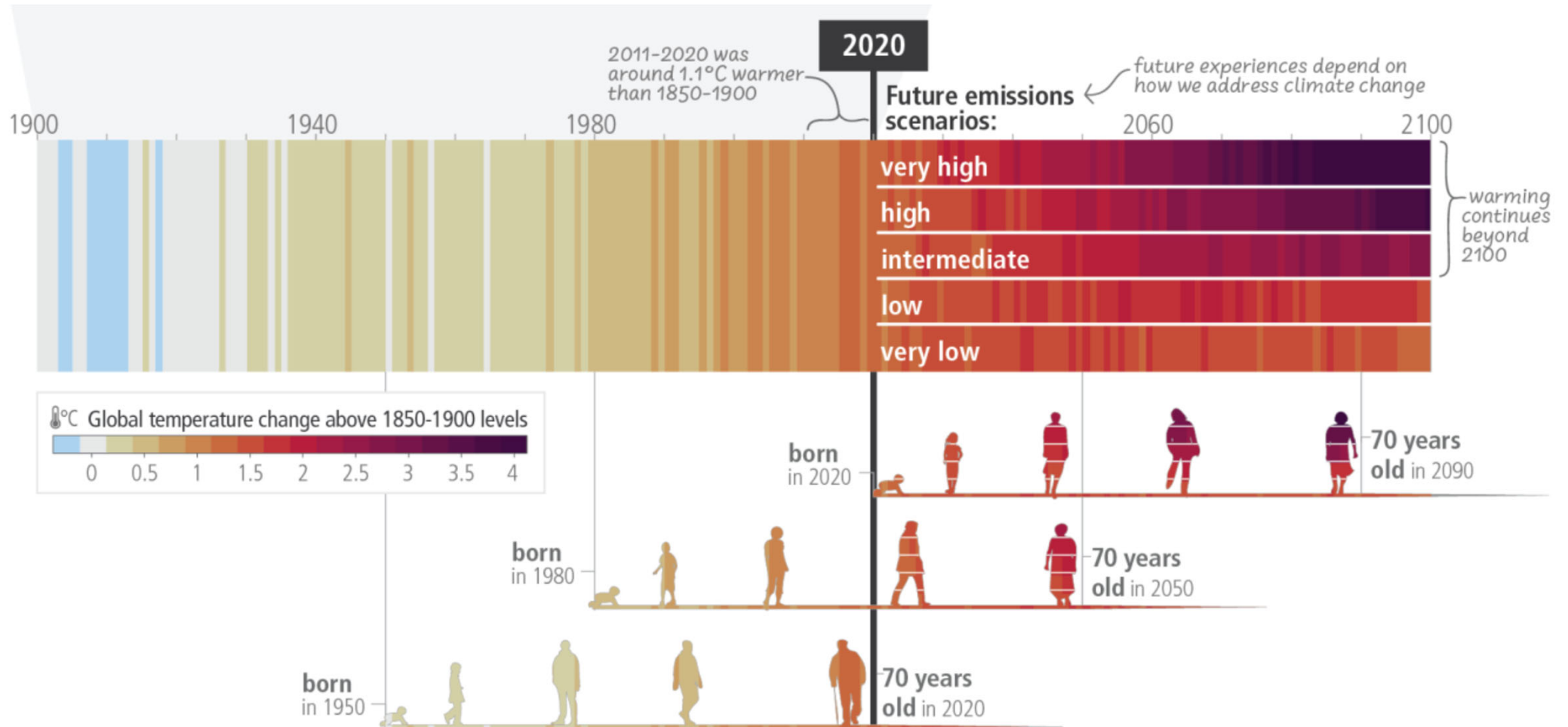
IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, et al. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Erwärmung bis 2050 nach Entwicklungspfaden



IPCC, 2021: *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, et al. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

20. März 2023: IPCC Synthesis Report



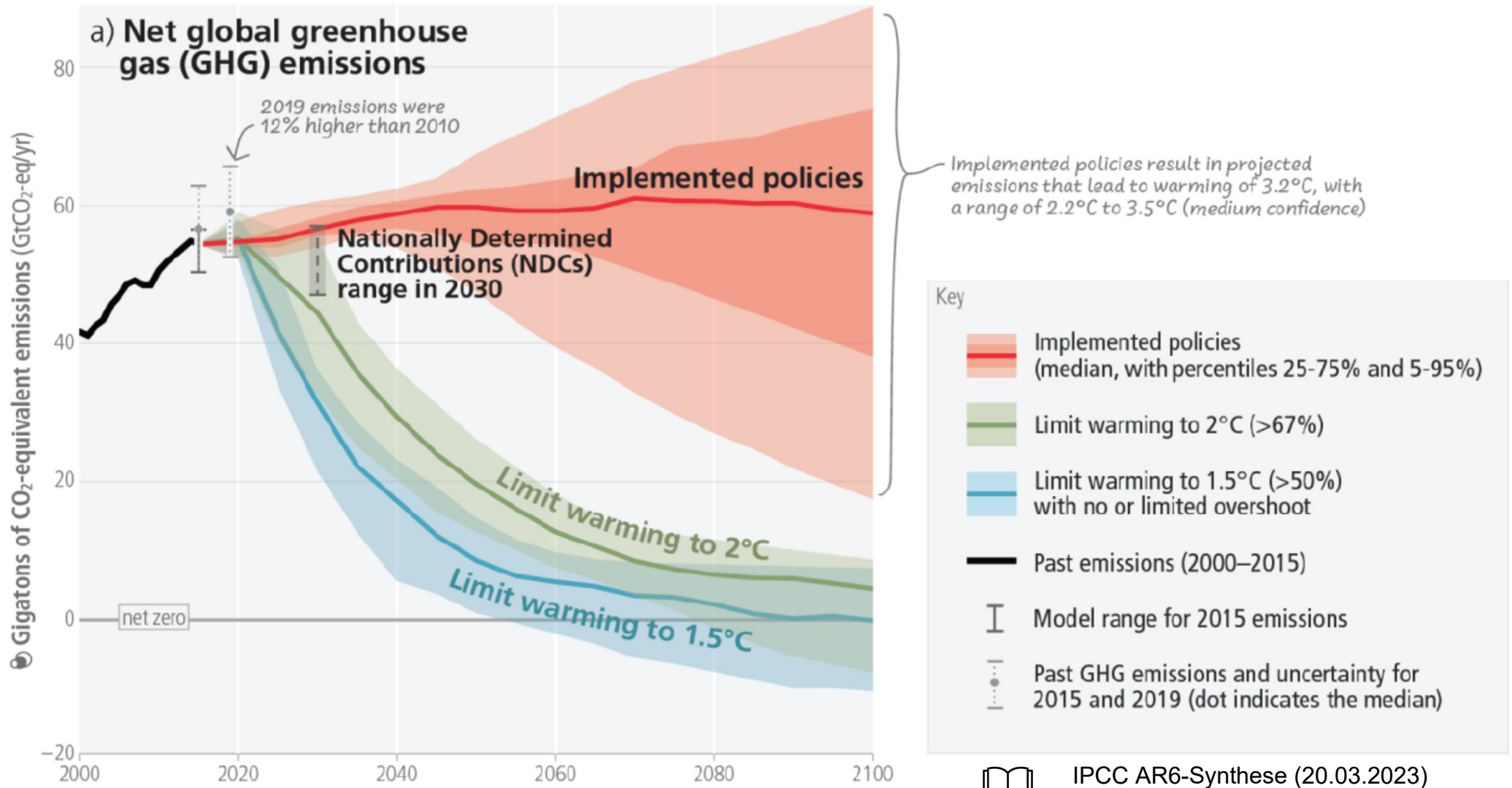
PC AR6-Synthese (20.03.2023)



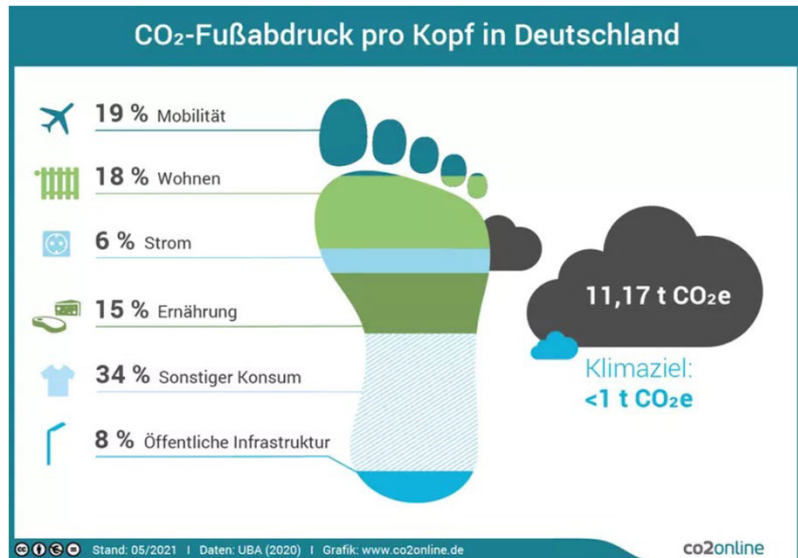
Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



Perspektiven für das Klima



Stand der Emissionssenkung

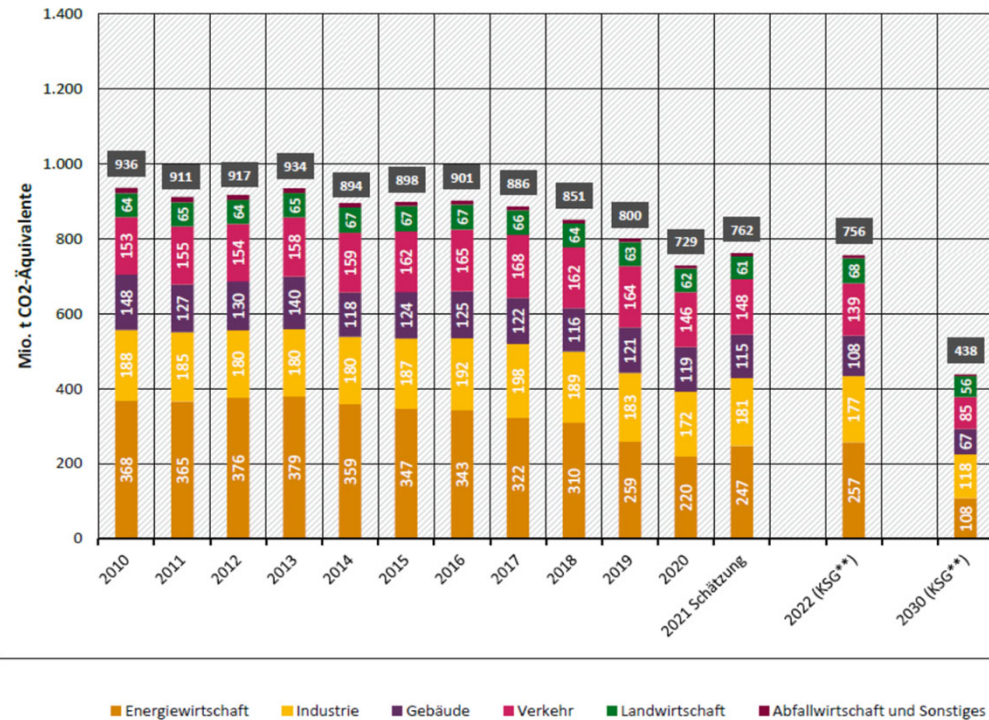


Erhebliche Anteile des Konsums und des internationalen Flugverkehrs sind in den nationalen Emissionen nicht enthalten.

Viele persönliche Emissionen können nur gesenkt werden, wenn Kommunen und der Staat die Voraussetzungen dafür schaffen.

Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

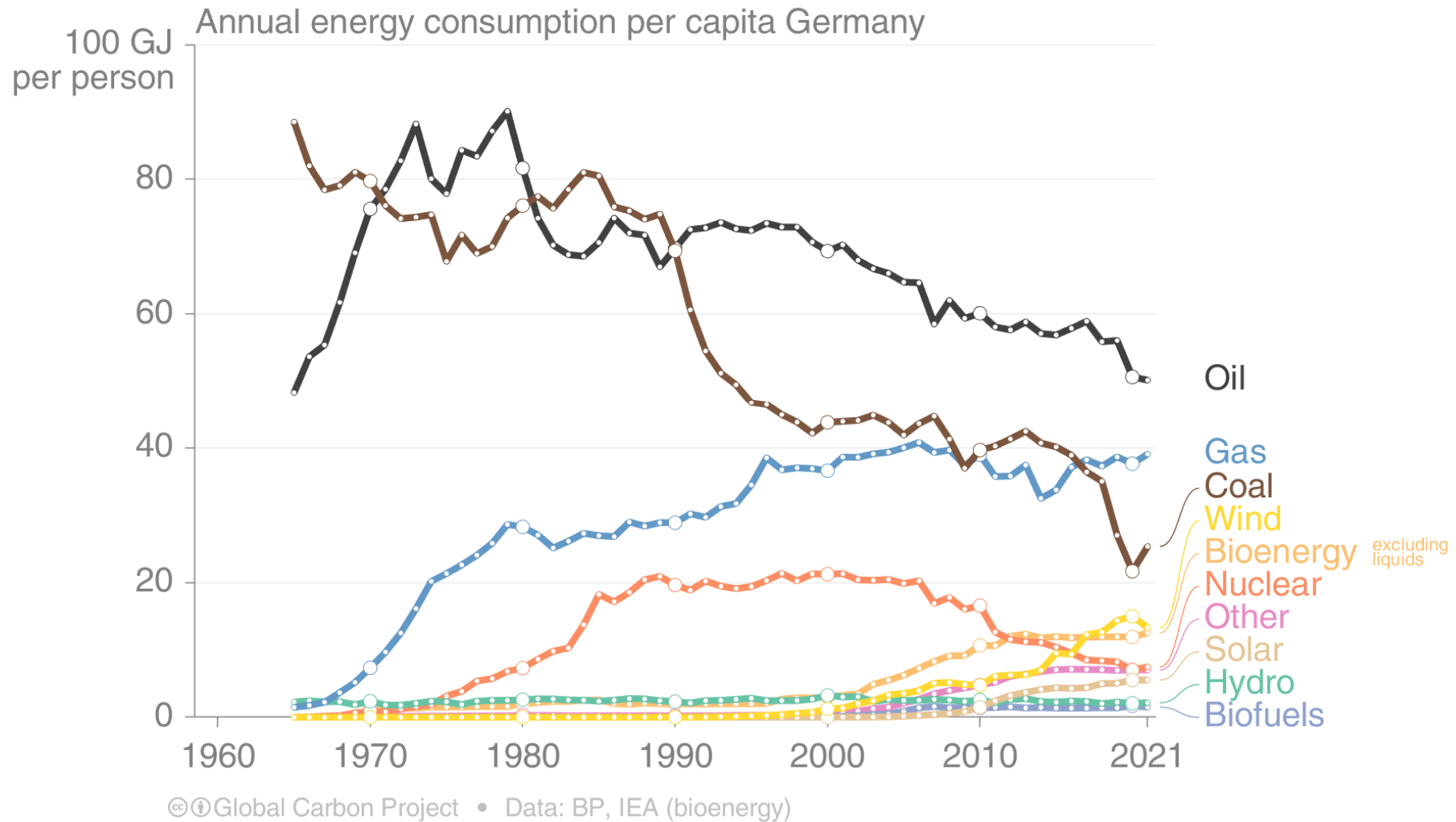
in der Abgrenzung der Sektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG)*



* Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch
 ** entsprechend der Novelle des Bundes-KSG vom 12.05.2021, Jahre 2022-2030 angepasst an Über- & Unterschreitungen

Quelle: Umweltbundesamt 14.03.2022

Stand der Emissionssenkung



Zusammenfassung – Handeln

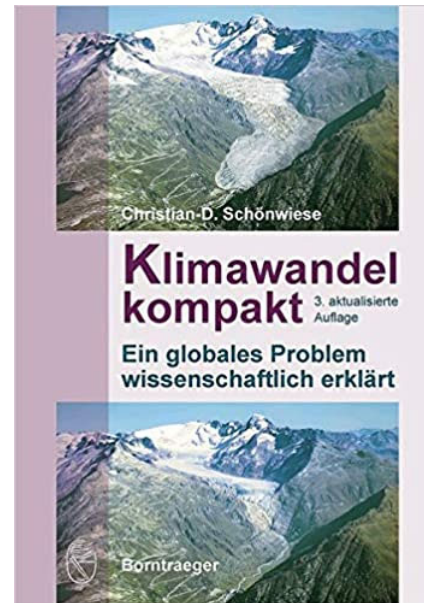
- Das Pariser Klimaabkommen muss ohne Kompromisse erfüllt werden (Grenzen der kumulierten Emissionen)
- Die Wissenschaft hat seit 30 Jahren die Grundlagen für das Erkennen des Klimawandels und notwendige Handlungen geliefert – sie ist am Ende ihrer Möglichkeiten
- Der Ausbau erneuerbarer Energien und Veränderungen im Verkehr, Industrie, Heizung, Landwirtschaft müssen forciert werden
- **Klimaschutz und Klimaanpassung kann zu einem großen Teil auf kommunaler Ebene gelöst werden. Die Bürger müssen einbezogen werden und zum aktiven Handeln ermutigt werden**



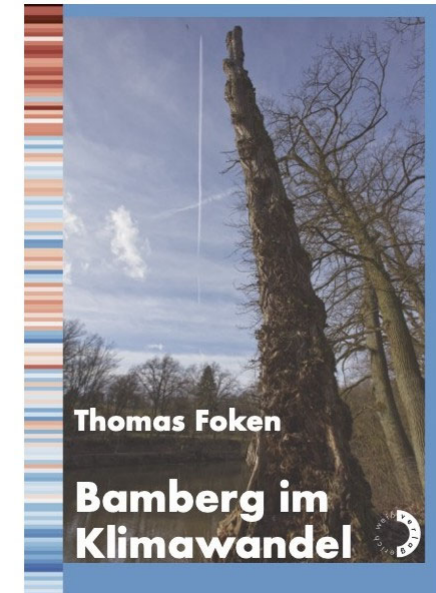
Weiterführende Bücher



IPCC (2021) Klimawandel 2021, Zusammenfassung für Entscheidungsträger, 45 S., www.de-ipcc.de



Schönwiese C-D (2020) Klimawandel kompakt.3. Auflage, Borntraeger, Stuttgart, 117 S. 19,90 €



Foken T (2021) Bamberg im Klimawandel. E.-Weiss-Verlag, Bamberg, 128 S., 13 €

Besten Dank für Ihr Interesse



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



Bayreuther Zentrum für
Ökologie und Umweltforschung
Bayceer