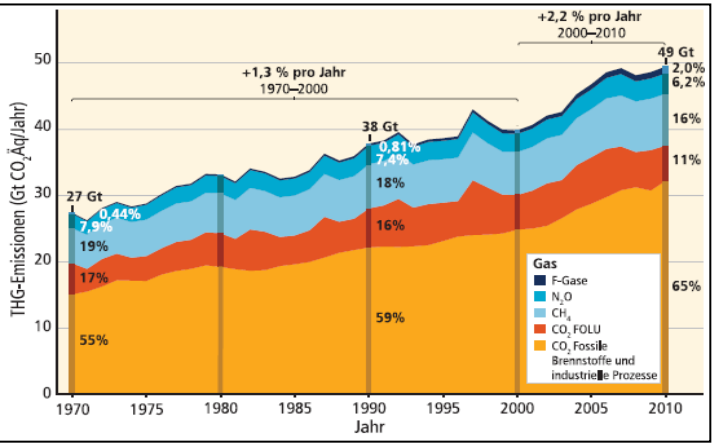
BiWaWehr

Bildungsmodul zum Umgang mit außergewöhnlichen wasserbezogenen Naturgefahren für die Feuerwehr

Gefördert durch:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

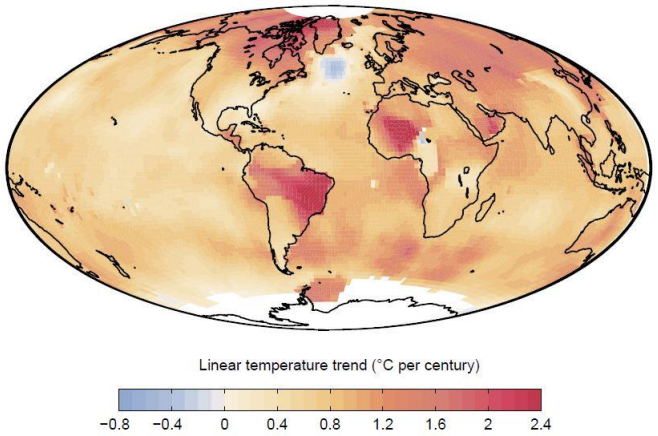
Autor: Dr.-Ing. Christian Scheid, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft TU Kaiserslautern



Quelle: IPCC (2014)

Quelle: Freiwillige Feuerwehr Hamburg (2018)

Quelle: Pixabay.com



Quelle: Rahmstorf et al. (2015)

1 - Grundlagen und Folgen des Klimawandels

Inhalte und Lernziele

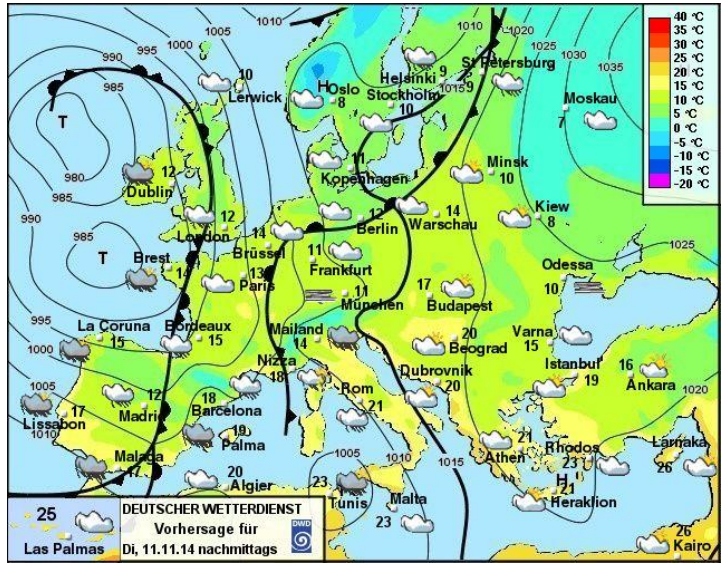
- Begriffe und Definitionen
- Ursachen des Klimawandels
- Auswirkungen des Klimawandels
  - global
  - national
  - Wasserwirtschaft
- Prognosen zum Klimawandel (Klimamodelle)

Definitionen

WETTER *(nach Wetterlexikon DWD)*:

„Als "Wetter" wird der physikalische Zustand der Atmosphäre **zu einem bestimmten Zeitpunkt** oder in einem auch **kürzeren Zeitraum** an einem bestimmten Ort oder in einem Gebiet bezeichnet, wie er durch die **meteorologischen Elemente und ihr Zusammenwirken** gekennzeichnet ist.“

Das Wetter wird mit Hilfe quantifizierbarer Parameter charakterisiert, wie z.B. Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Drucktendenz, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Bewölkung (Wolken), Niederschlag und Sichtweite.

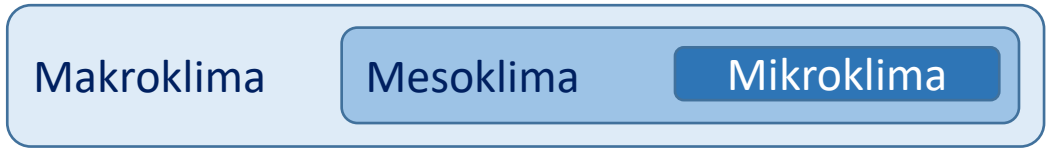


Beispiel einer Wettervorhersagekarte Europa
Quelle: DWD (2020b)

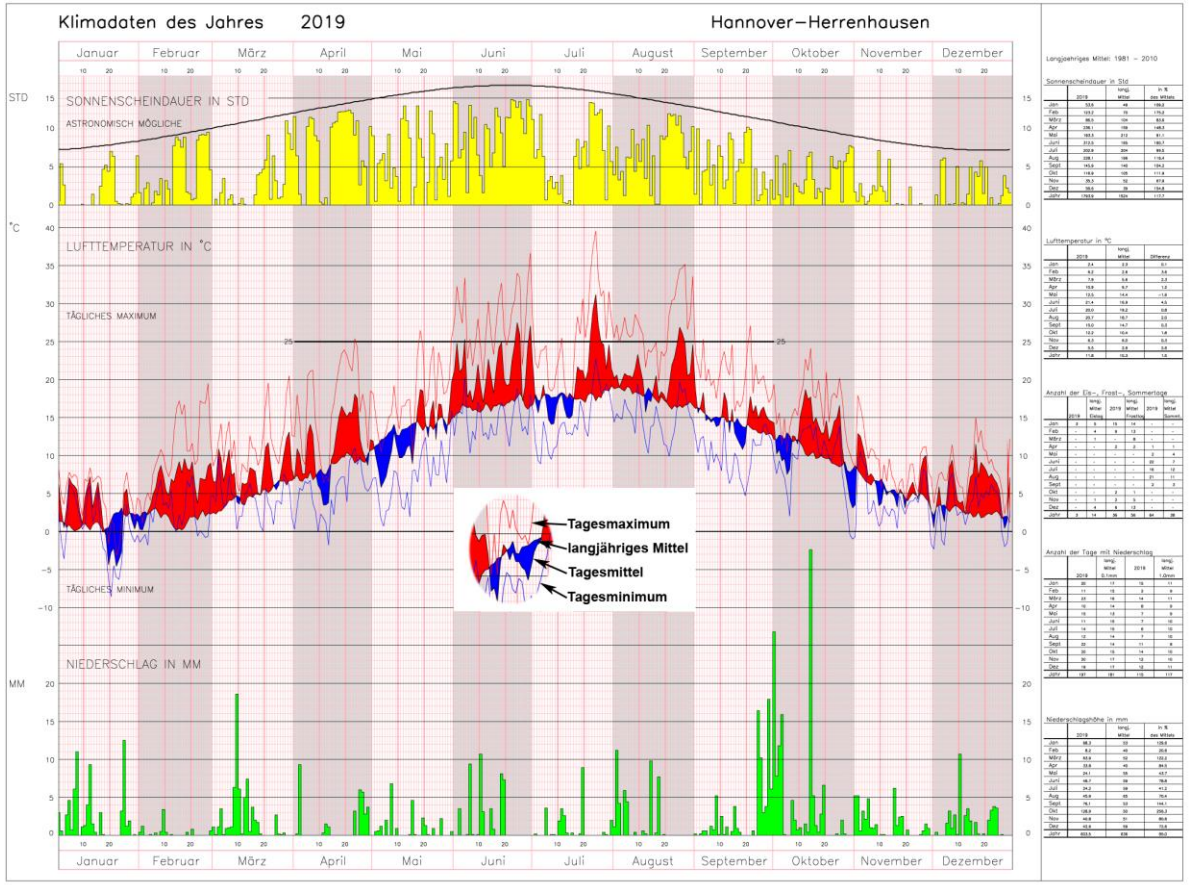
Definitionen

KLIMA *(Blüthgen & Weischet 1980)*:

„Klima ist die für einen Ort, eine Landschaft oder einen **größeren Raum typische Zusammenfassung** der erdnahen und die Erdoberfläche beeinflussenden atmosphärischen Zustände und Witterungsvorgänge **während eines längeren Zeitraumes** in **charakteristischer Verteilung** der häufigsten, mittleren und extremen Werte.“



Kontinente | Landschaftsregion / Stadt | Messstation



Mikroklimadaten von 2019, Station Hannover-Herrenhausen
Quelle: Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover (2019)

Definitionen

KLIMAWANDEL:

- Begriff bezieht sich i.a. auf die durch den Menschen verursachte (anthropogene) Veränderung des Klimas
- Zentraler Prozess: **Treibhauseffekt** führt zur **globalen Erderwärmung**, die **überwiegend menschliche Ursachen** hat
- Ursachen des Treibhauseffekts: CO_2-Ausstoß in die Atmosphäre durch stetig steigende **Nutzung fossiler Energieträger** (Kohle, Erdöl, Gas) in Kombination mit weiteren Treibhausgasen (Methan, Lachgas usw.)

Ursachen des Klimawandels

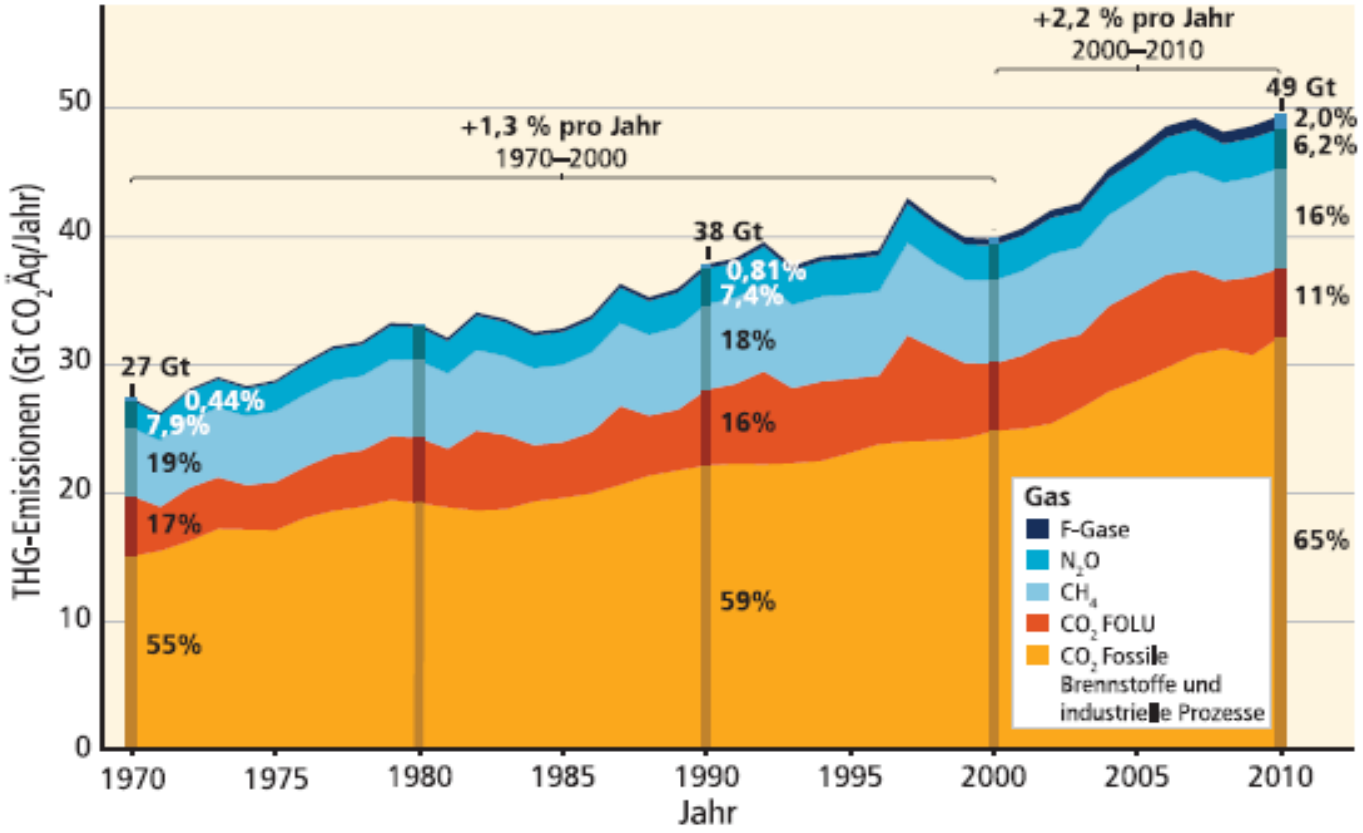
“Weltklimarat” IPCC
(Intergovernmental Panel on Climate Change,
deutsch: “Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen“)

Klimawandel als kausaler Prozess (Ursache & Wirkung)

Ausstoß (Emission) von Treibhausgasen (THG) → Verstärkung des Treibhauseffekts → Erderwärmung

Ursachen des Klimawandels: THG-Emissionen

Emission anthropogener Treibhausgase (THG)



Entwicklung der jährl. Treibhausgasemissionen (THG) nach Herkunft seit 1970
Quelle: IPCC (2014)

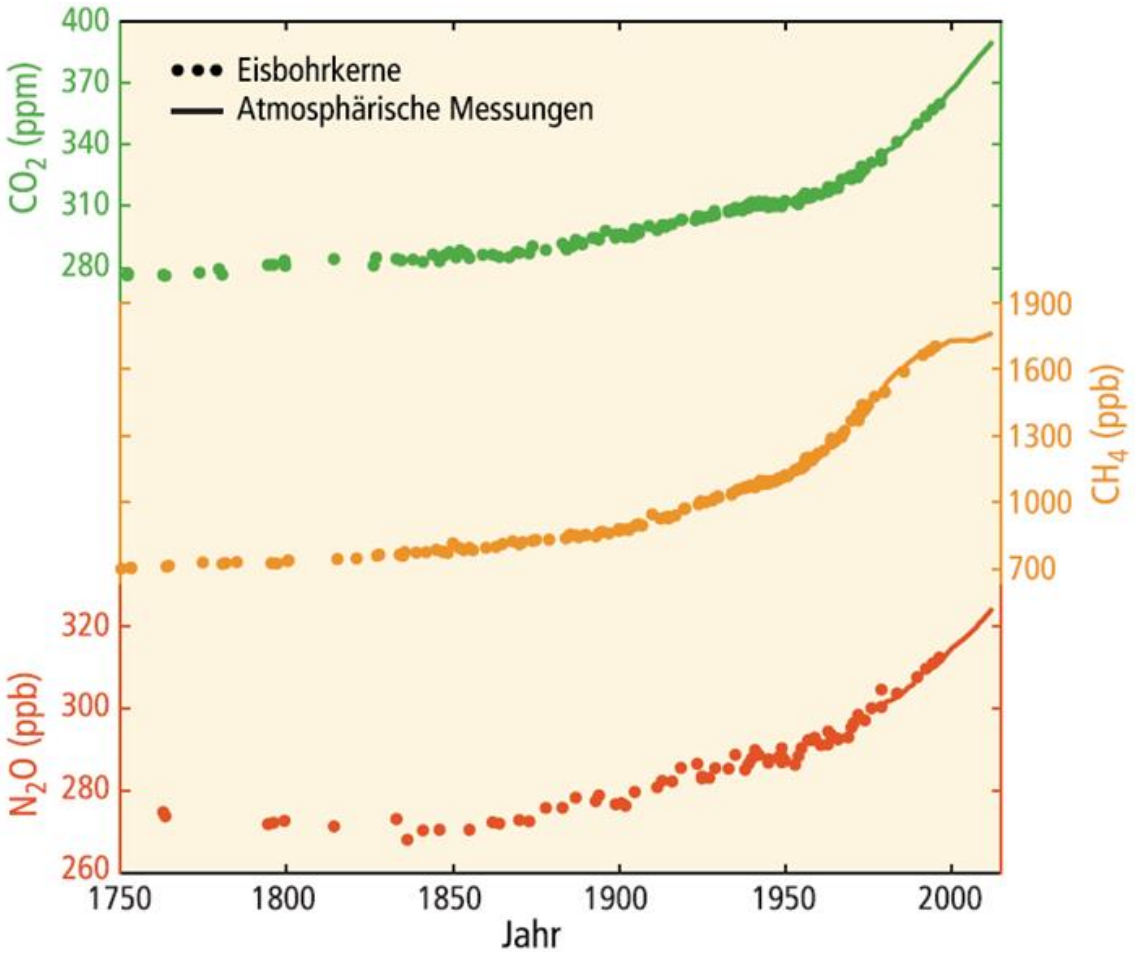
- Gesamte jährliche anthropogene Treibhausgas (THG)-Emissionen (Gigatonnen CO_2-Äquivalente pro Jahr)
- Zeitraum 1970 bis 2010
- Aufschlüsselung nach Gasen:
  - CO_2 Fossile:
    aus fossilen Brennstoffen und industriellen Prozessen
  - CO_2 FOLU:
    aus Forstwirtschaft und anderer Landnutzung
  - CH_4: Methan
  - N_2O: Lachgas
  - F-Gase: im Kyoto-Protokoll erfasste fluorierte Gase

Ursachen des Klimawandels: THG-Emissionen

Global gemittelte THG-Konzentrationen seit 1750:

- Kohlendioxid (CO_2)
- Methan (CH_4)
- Lachgas (N_2O).

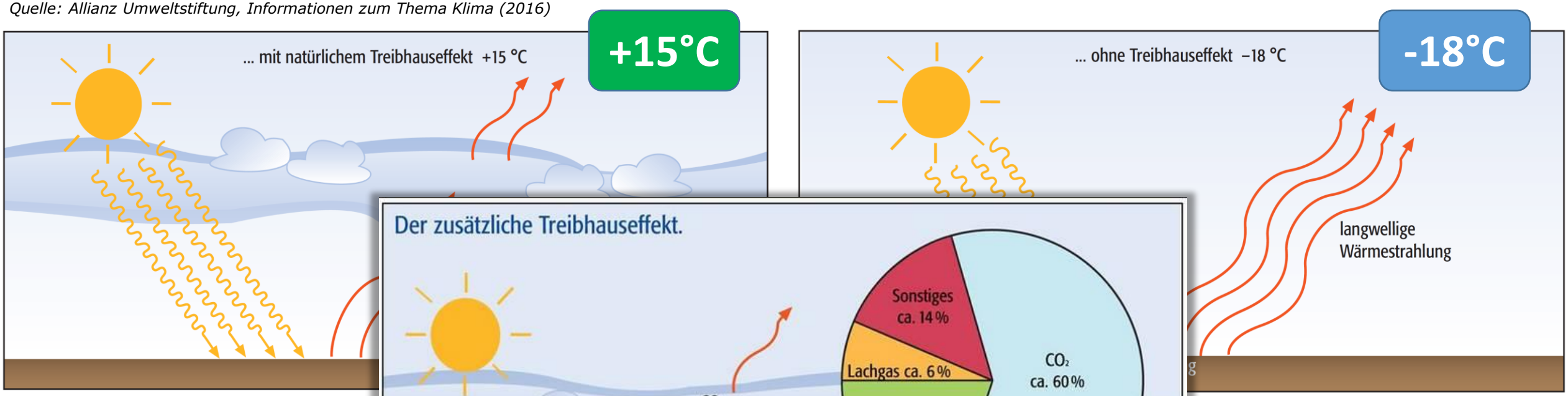
Die Daten aus Messungen aus **Eisbohrkernen** (Punkte) und direkten **atmosphärischen Messungen** (Linien) sind überlagert.

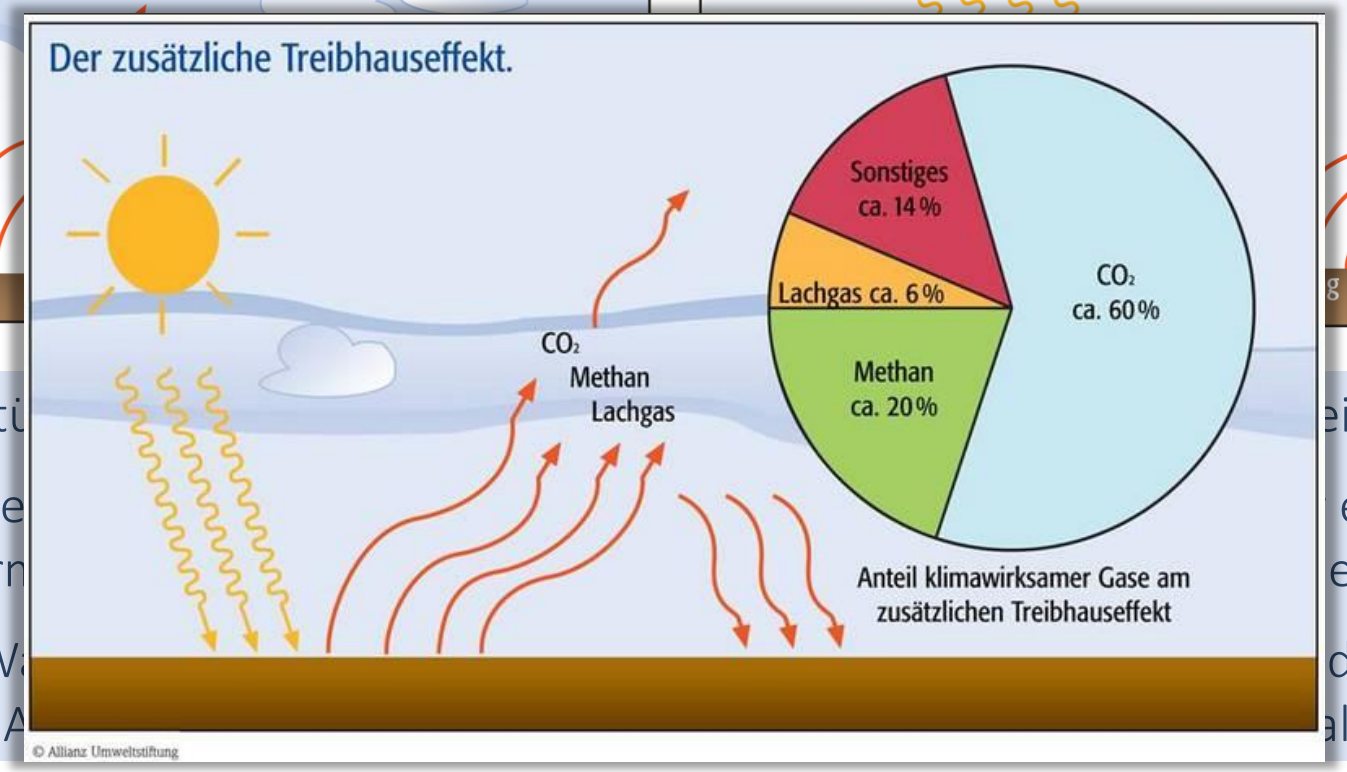


Global gemittelte THG-Konzentrationen aus Eisbohrkernen (Punkte) und direkten atmosphärischen Messungen (Linien)
Quelle: IPCC (2014)

Ursachen des Klimawandels: Treibhauseffekt

Quelle: Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema Klima (2016)

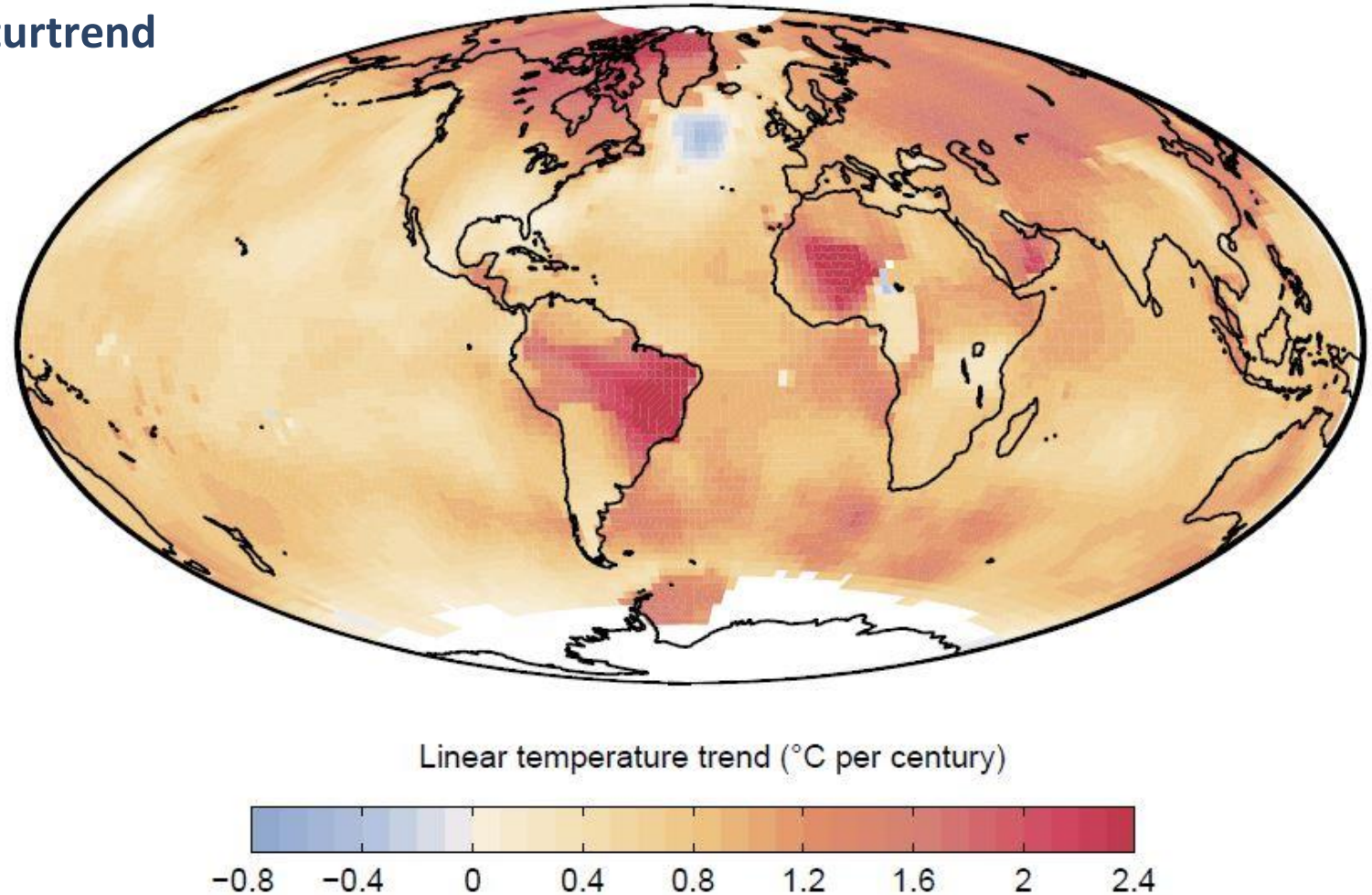




- Atmosphäre bewirkt natü … eibhauseffekt
- Umwandlung kurzwellige … energiereicher Sonnenstrahlung in Wärn … estrahlung
- Nur wenig langwellige W … der langwelligen Wasserdampf, CO2 und A … all

Globale Erderwärmung

Globaler Temperaturtrend
1901 - 2013

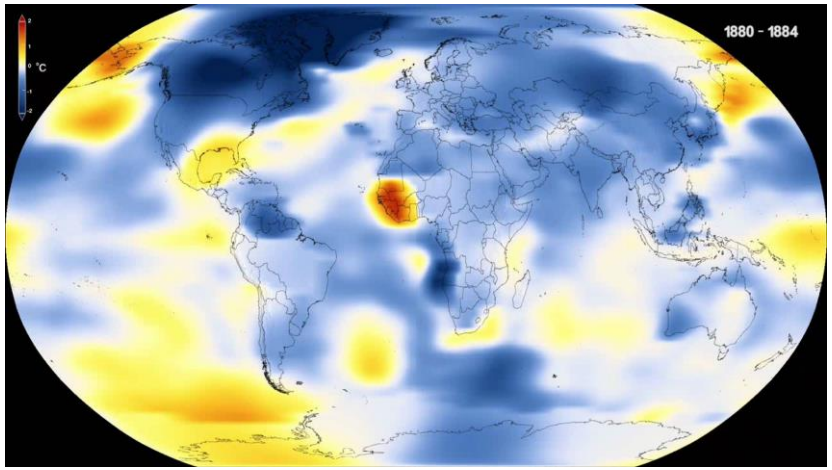


Quelle: Rahmstorf et al. (2015)

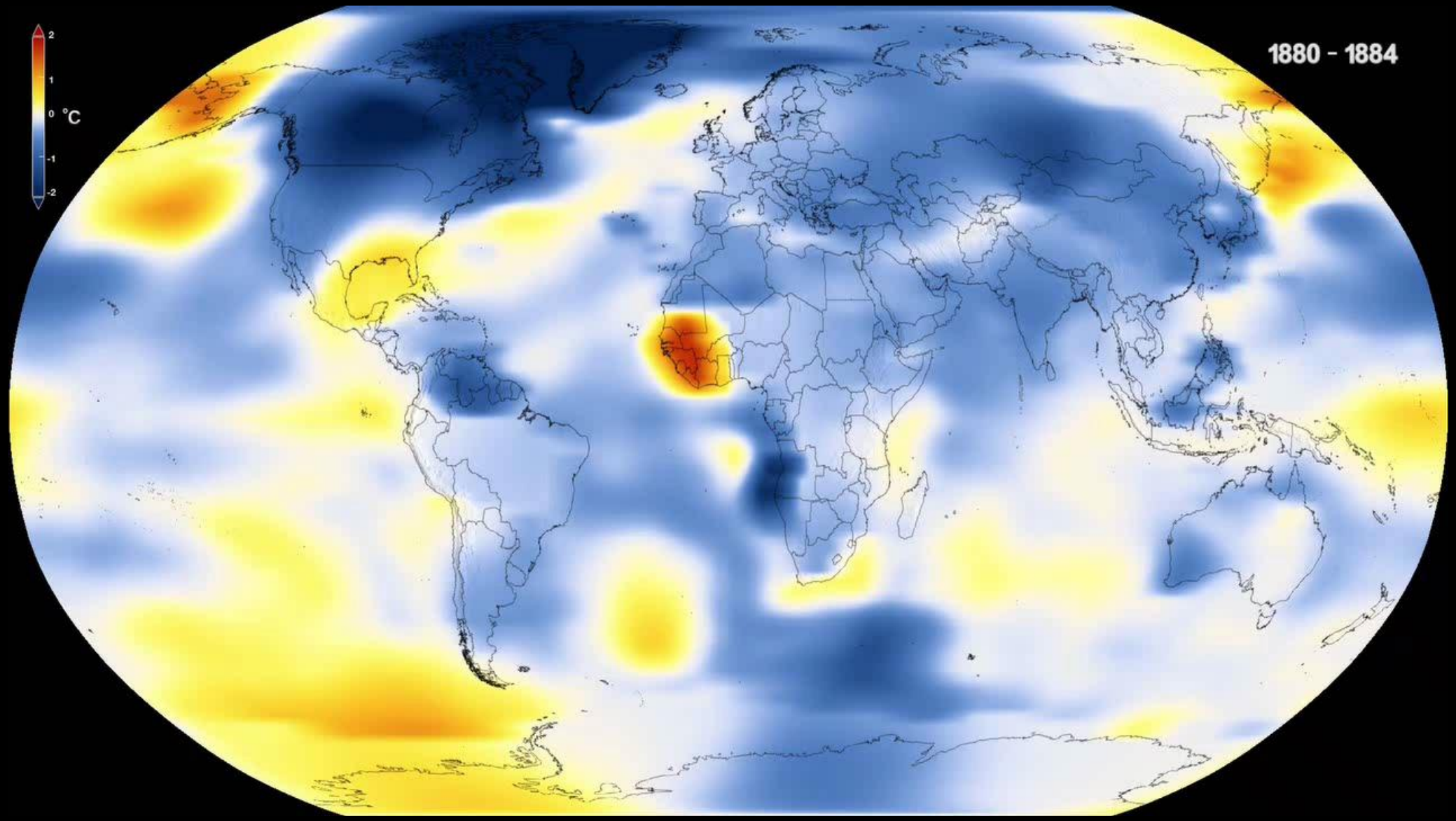
Globale Erderwärmung

NASA-Auswertungen (2018):

- Das Jahr 2017 verzeichnete die zweithöchste globale oberflächennahe Erdtemperatur seit Beginn der modernen Datenaufzeichnung in 1880.
- Die Studie bezieht Messdaten der **Oberflächen-temperaturen** von 6.300 Messstellen ein: Wetterstationen, Meeresbeobachtungen (Schiff, Bojen) und Forschungsstationen (Antarktis)
- Räumlich-zeitliche Computersimulation der globalen jährlichen Durchschnittstemperaturen der Erdoberfläche anhand dieser (groben) Messdatenbasis mit Bezugsniveau: **Jahresperiode 1951 - 1980**



Quelle: NASA's Scientific Visualization Studio. Daten zur Verfügung gestellt von Robert B. Schmunk (NASA/GSFC GISS).



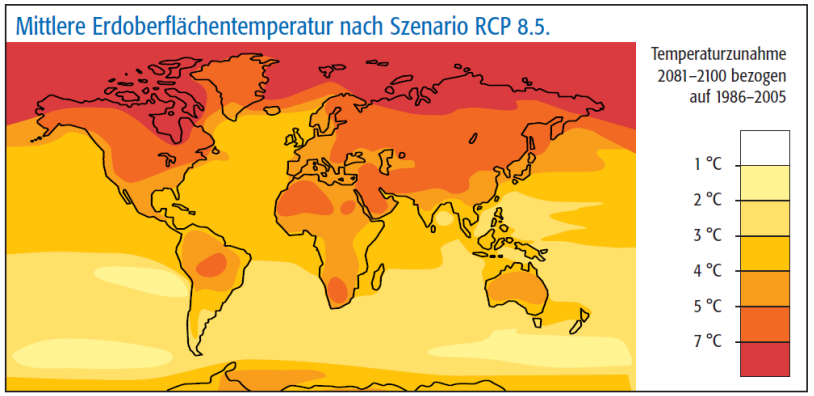
Quelle: NASA's Scientific Visualization Studio. Daten zur Verfügung gestellt von Robert B. Schmunk (NASA/GSFC GISS).

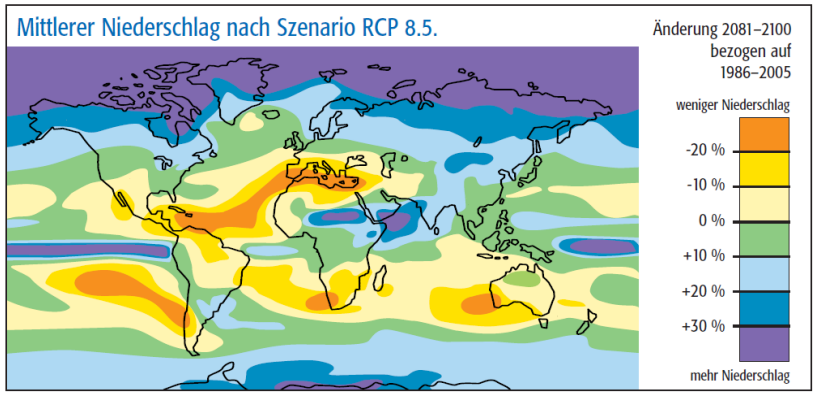
Die Messdaten wurden mit Hilfe eines Algorithmus analysiert, der die unterschiedlichen Abstände der Temperaturstationen rund um den Globus und städtische Hitzeeffekte berücksichtigt, die die Schlussfolgerungen verzerren könnten. Diese berechneten Abweichungen der globalen Durchschnittstemperatur beziehen sich auf die Basiszeitperiode 1951 - 1980.

Globale Auswirkungen

Quelle: Freepik.com

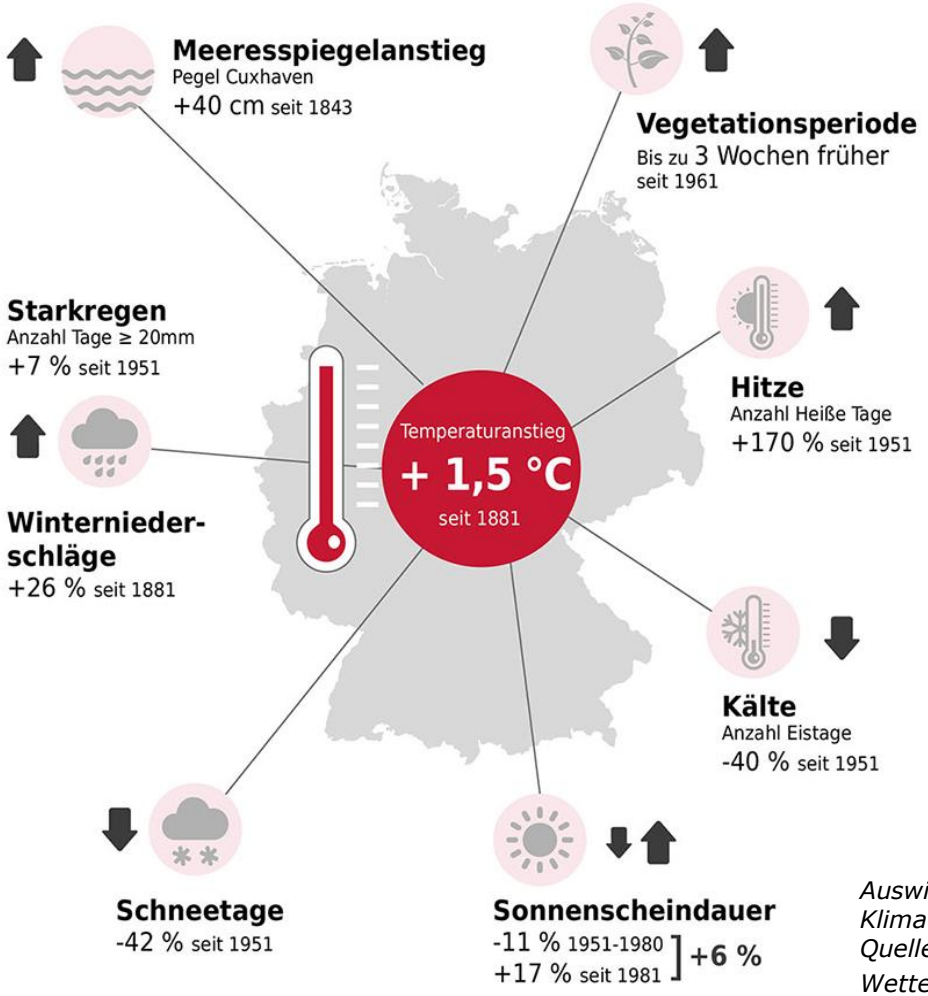
- IPCC: Die globale Erderwärmung ist eindeutig nachgewiesen
- Klimaveränderungen sind global und regional spürbar, jedoch mit unterschiedlich gravierenden Auswirkungen
- Ärmere Länder werden härter betroffen sein als die Industrienationen.
- Erwärmung der Ozeane, Abschmelzen des Polareises, Auftauen Permafrostböden
- Anstieg des Meeresspiegels: Landverlust und Zunahme von Sturmfluten
- Ernteausfälle durch Dürre und Hitzewellen, Waldbrände
- Starkregenüberflutungen und Hochwasser



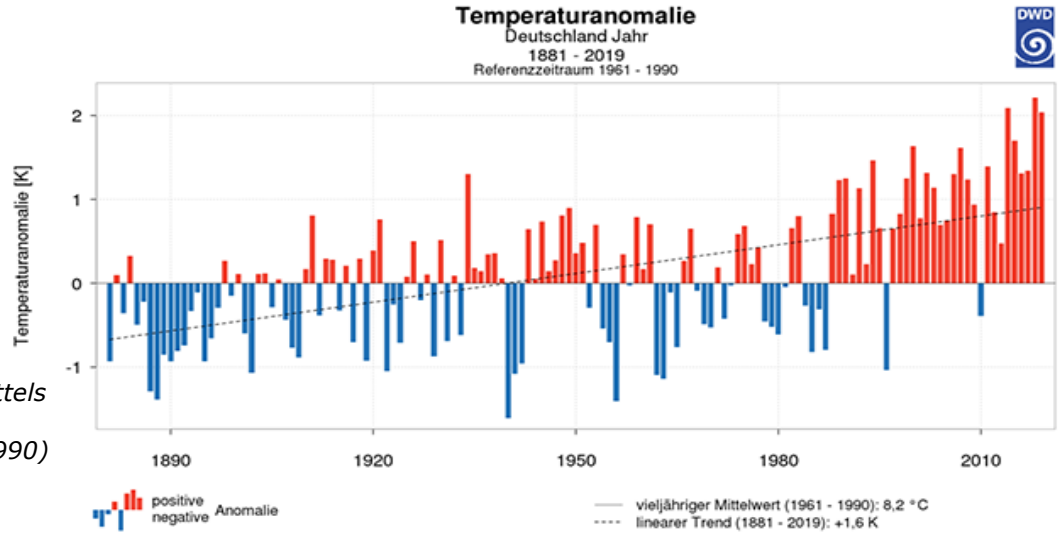


Prognostizierte globale Niederschlagsveränderungen nach Szenario RCP 8.5
Quelle:
Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema Klima (2016)

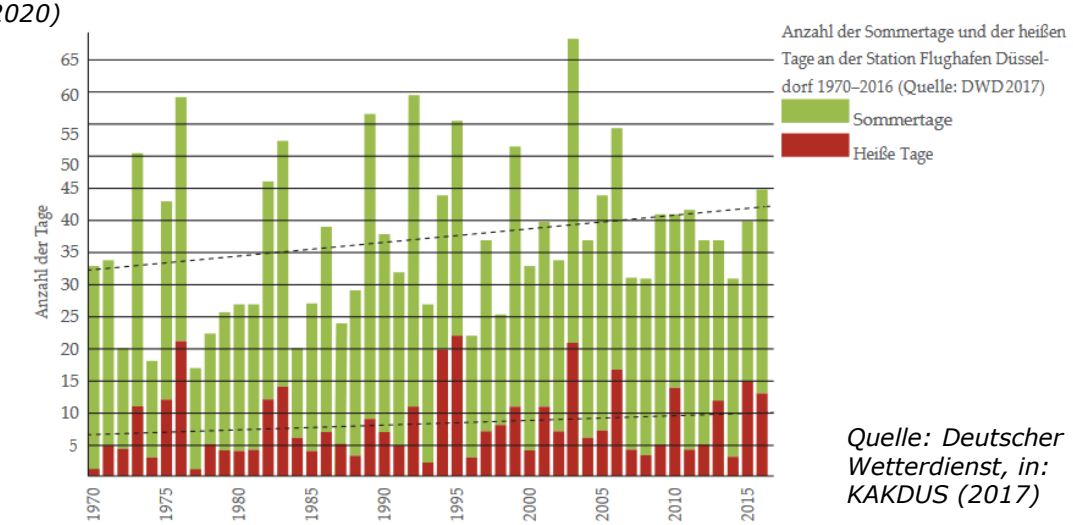
Regionale / nationale Auswirkungen



Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland Quelle: Deutscher Wetterdienst (2019)



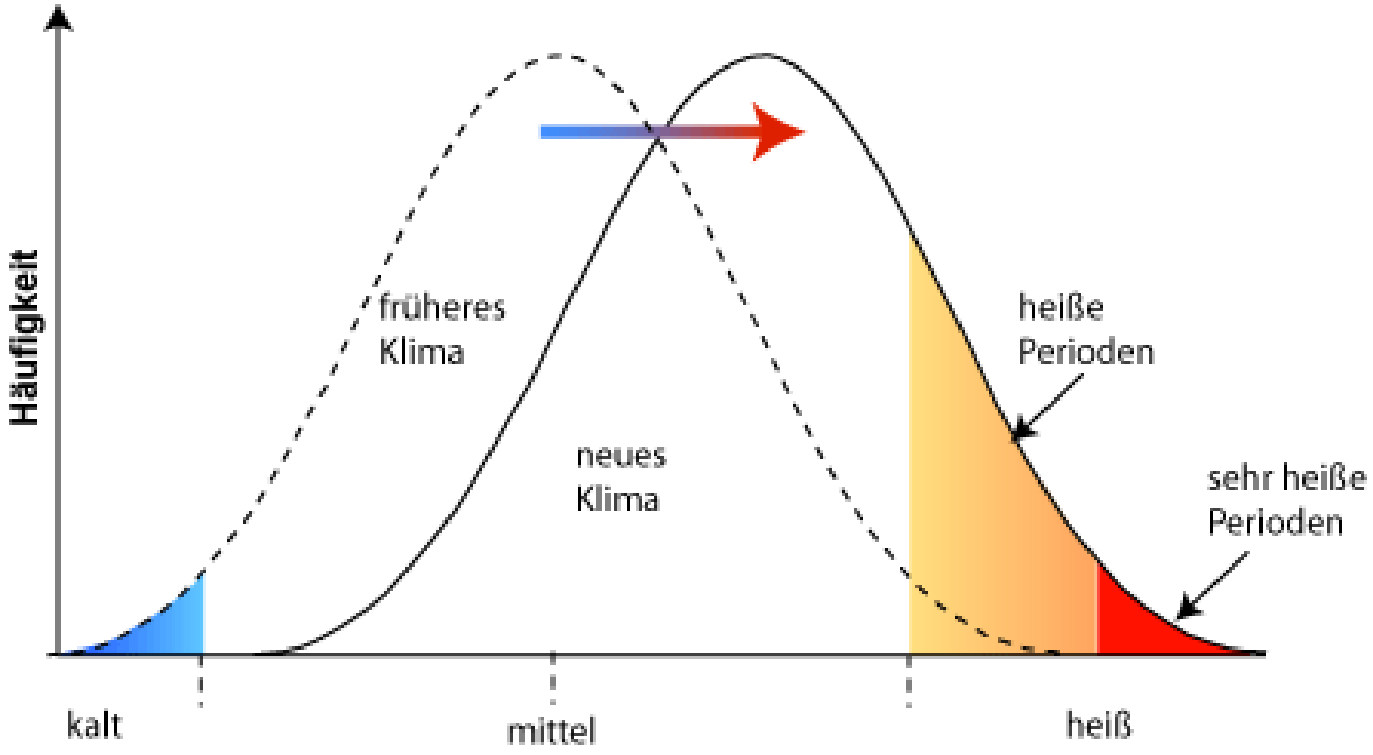
Abweichung des Gebietsmittels der Temperatur vom vieljährigen Mittel (1961-1990) für Deutschland für den Zeitraum 1881 bis 2019 Quelle: Kaspar & Friedrich, Deutscher Wetterdienst (2020)



Quelle: Deutscher Wetterdienst, in: KAKDUS (2017)

Klimaänderung = Änderung der Extreme

Wo liegt eigentlich das Problem bei „nur“ +1,5°C?



Veränderung der Häufigkeitsverteilung der Temperaturen durch den Klimawandel
Quelle: verändert nach IPCC (2001)

- Temperaturen eines Jahres sind statistisch „normalverteilt“, d.h. Häufigkeitsverteilung als „Glockenkurve“
- Mittelwert am häufigsten, Extremwerte (Minimum, Maximum) am seltensten
- Verschiebung der Temperaturverteilung um wenige °C nach rechts (wärmer):
  - Erhöhte Jahresdurchschnittstemperatur ist unkritisch,
  - **Häufigere Hitzetage** und **höhere Hitzemaxima** sind jedoch problematisch!
  - **Seltenere, kürzere Frostperioden** sind ebenfalls bedenklich (vgl. alpiner Raum)

Regionale / nationale Auswirkungen

Beispiel:

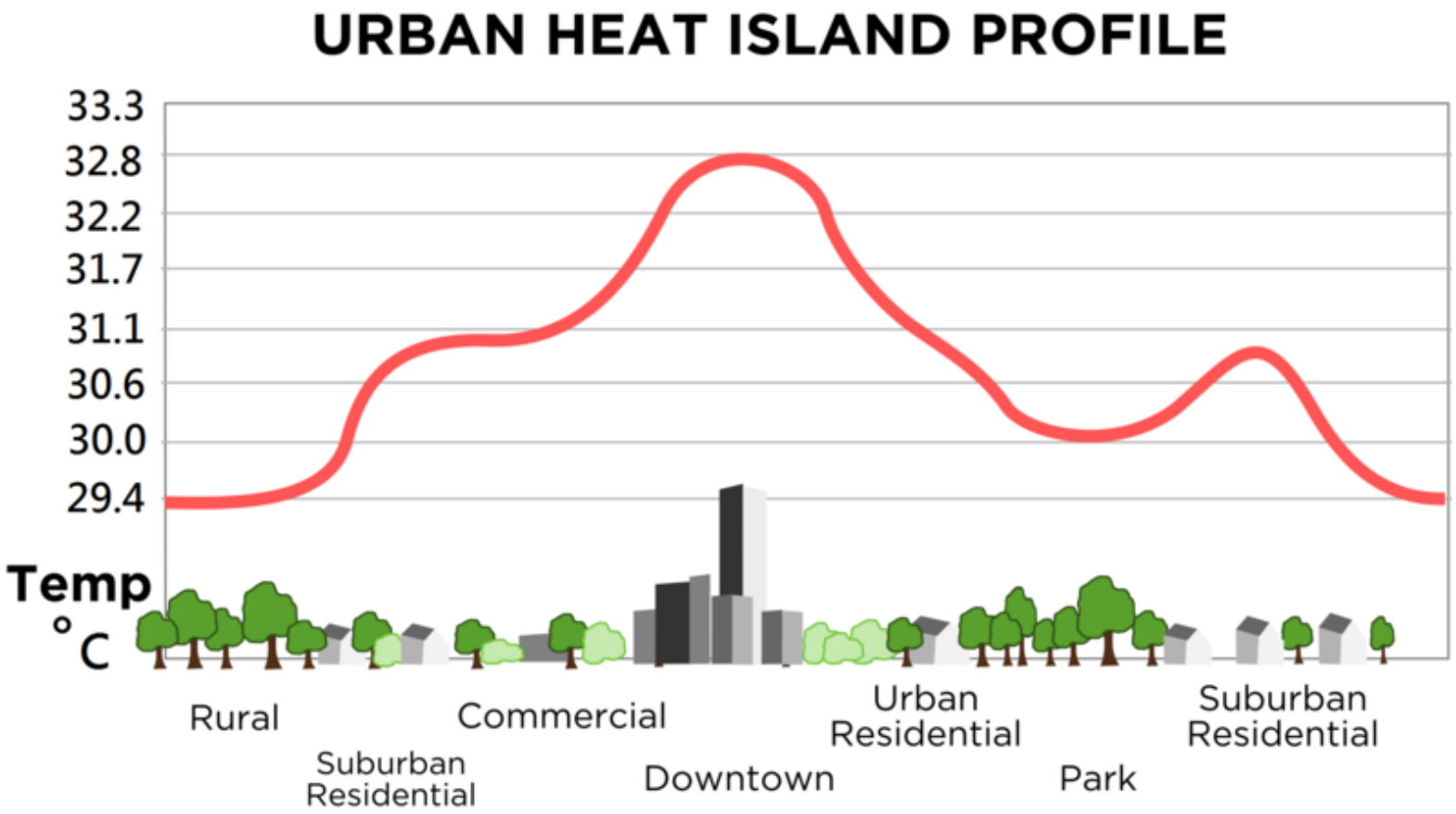
Kenngrößen des prognostizierten Klimawandels für Düsseldorf

Kenngröße	Trend
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	↑
Anzahl heiße Tage (maximale Temperatur 30°C und darüber)	↑
Anzahl Tropennächte (minimale Temperatur 20°C und darüber)	↑
Anzahl Eistage (maximale Temperatur unter 0°C)	↓
Anzahl Frosttage (minimale Temperatur unter 0°C)	↓
Mittlerer Jahresniederschlag (mm)	↓
Anzahl trockener Tage im Sommerhalbjahr (Niederschlag geringer 1 mm)	↑
Tage mit starkem Niederschlag im Sommerhalbjahr (Niederschlag ab 20 mm)	↗
Potenzielle Verdunstung (mm, maximalmögliche Verdunstung)	↑
Klimatische Wasserbilanz (mm, Niederschlag abzgl. pot. Verdunstung)	↓
Strahlung (Globalstrahlung in kWh/m^2)	↑

Hitzeperioden

Quelle: KAKDUS (2017)

Beispiel: Urbane Hitzeinseln



Urbane Hitzeinsel
Quelle: Wikipedia.org

Regionale / nationale Auswirkungen

Beispiel:

Kenngrößen des prognostizierten Klimawandels für Düsseldorf

Kenngröße	Trend
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	↑
Anzahl heiße Tage (maximale Temperatur 30°C und darüber)	↑
Anzahl Tropennächte (minimale Temperatur 20°C und darüber)	↑
Anzahl Eistage (maximale Temperatur unter 0°C)	↓
Anzahl Frosttage (minimale Temperatur unter 0°C)	↓
Mittlerer Jahresniederschlag (mm)	↓
Anzahl trockener Tage im Sommerhalbjahr (Niederschlag geringer 1 mm)	↑
Tage mit starkem Niederschlag im Sommerhalbjahr (Niederschlag ab 20 mm)	↗
Potenzielle Verdunstung (mm, maximalmögliche Verdunstung)	↑
Klimatische Wasserbilanz (mm, Niederschlag abzgl. pot. Verdunstung)	↓
Strahlung (Globalstrahlung in kWh/m^2)	↑

Hitzeperioden

Starkregen

Quelle: KAKDUS (2017)

Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft

Einfluss des Klimawandels auf den Wasserhaushalt und die Wasserwirtschaft
Quelle: Eigene Darstellung nach LAWA (2017)

Klimawandel

AUSWIRKUNGEN

Grundwasser	Oberflächengewässer	Küstengewässer & Ästuare
GW-Neubildung	Abflussregime	Meeresspiegel & Seegang
Beschaffenheit	Ökologie	Sturmfluten, Morphologie

HANDLUNGSFELDER

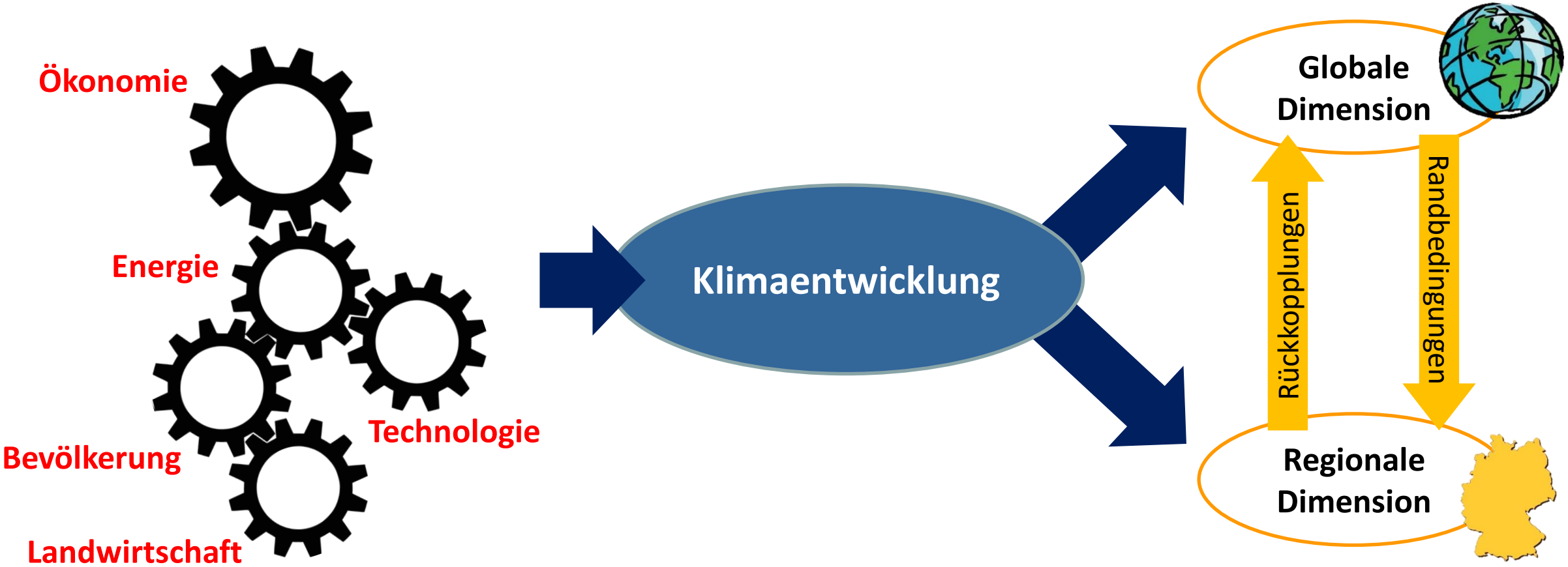
Schutz vor hohen GW-Ständen	Überflutungsschutz Starkregen / Sturzflut	Binnen-hochwasserschutz	Schutz Gewässerökosystem	Küstenschutz
Wasserentnahme (Landwirtschaft)	Siedlungsentwässerung Abwasserreinigung	Talsperren- und Speichermanagement	Kühlwassernutzung	Meeresschutz
Grundwasserschutz und -nutzung	Wasserversorgung	Schiffbarkeit	Wasserkraft	Niederungs-entwässerung
		Niedrigwasser-management		

Prognosen des Klimawandels

Zukunftsfragen

- Zukünftige Weiterentwicklung des Klimas? Mit welchen Auswirkungen?
- Welche Maßnahmen der Klimaanpassung können wir zur Abminderung oder Vermeidung negativer Auswirkungen ergreifen?
- Welche Maßnahmen des Klimaschutzes sind erforderlich?
- Welchen Effekt hätten diese Maßnahmen?

Prognosen des Klimawandels



Antriebskräfte → **verschiedene Szenarien**

Antriebskräfte der zukünftigen Klimaentwicklung mit globalen und regionalen Auswirkungen
Quelle: FG Siedlungswasserwirtschaft TU Kaiserslautern

RCP-Szenarien des Klimawandels

RCP-Szenarien für den 5. IPCC-Sachstandsbericht				
Bezeichnung	**RCP 8.5**	**RCP 6.0**	**RCP 4.5**	**RCP 2.6**
THG-Emission im Jahr 2100 *[ppm CO_2-Äq]*	1370	850	650	400
Strahlungsantrieb 1850 – 2100 *[W/m²]*	8,5	6,0	4,5	2,6
Einstufung	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Sehr niedrig

Kenndaten der vier RCP-Szenarien des 5. IPCC-Sachstandsberichts (IPCC, 2013) Eigene Darstellung nach Van Vuuren, et al. (2011)

RCP bedeutet:

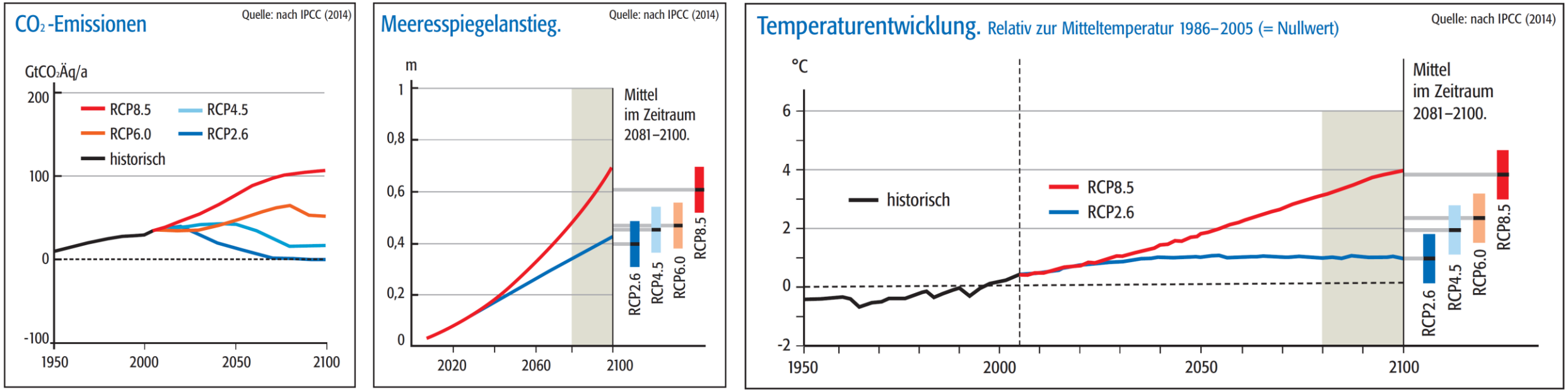
„Repräsentative Konzentrationspfade“

- Zunahme Weltbevölkerung: 12 Mrd. bis 2100
- 50% Energie aus Kohle
- 3-fache CO_2-Emission in 2080 (auf 30 GtC/Jahr)

- Zunahme Weltbevölkerung: 9 Mrd. bis 2100
- Sehr geringer Energieanteil aus Öl
- „keine“ CO_2-Emission in 2080

RCP-Szenarien des Klimawandels

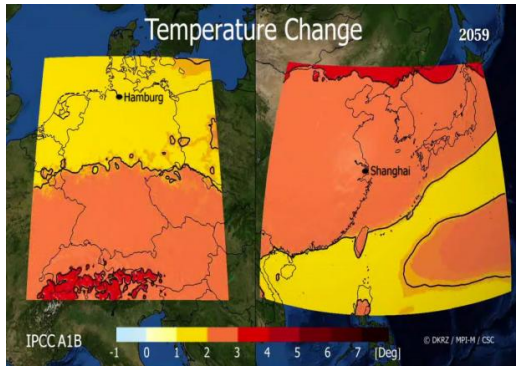
CO2-Emissionen, Meeresspiegelanstieg und Temperaturentwicklung nach verschiedenen Szenarien des Klimawandels
Quelle: Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema Klima (2016) nach IPCC (2014)

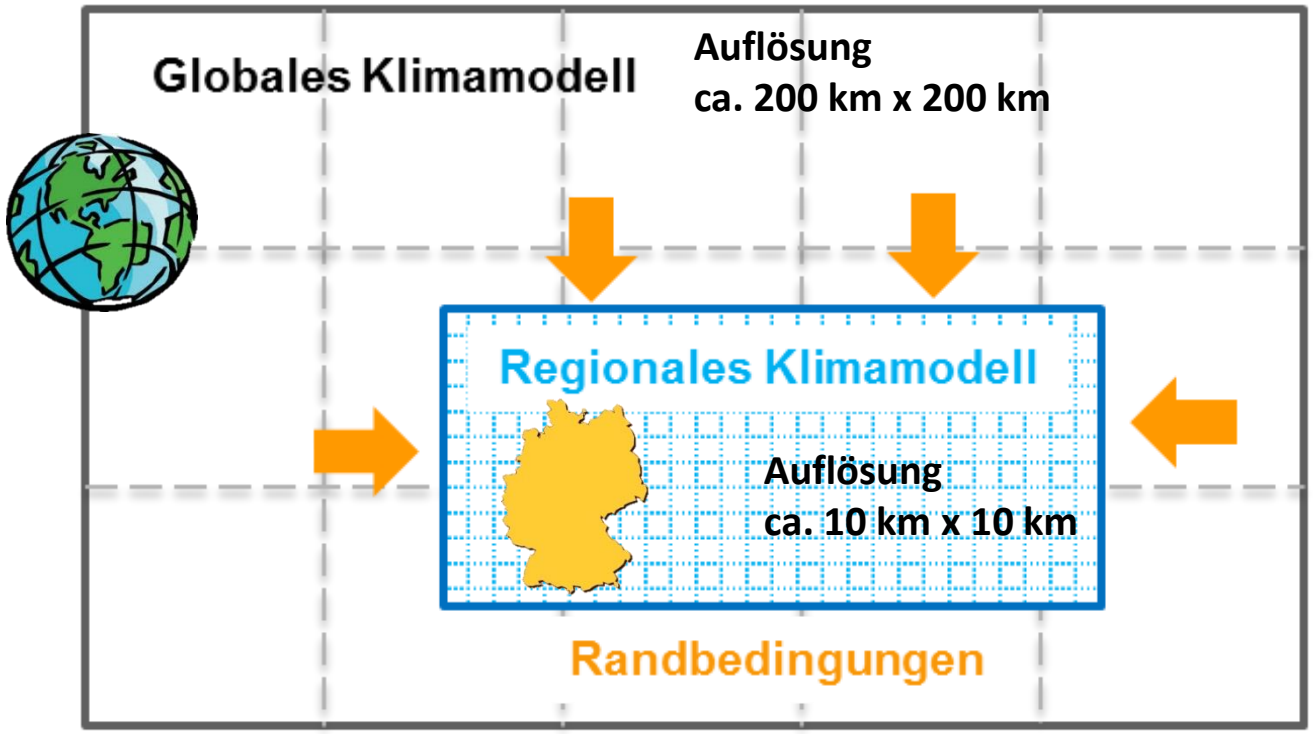


- Anstieg des Meeresspiegels bis 2100:
  0,26 m - 0,50 m (RCP 2.6) und **0,55 m - 0,69 m** (RCP 8.5)
- Die Spannbreite der Erderwärmung bis 2100:
  zwischen **+1°C** (RCP 2.6) und **+4°C** (RCP 8.5)

Globale und regionale Klimamodelle

Prognostizierte Temperaturveränderung in Deutschland bis 2059
Quelle: IPCC (2007)



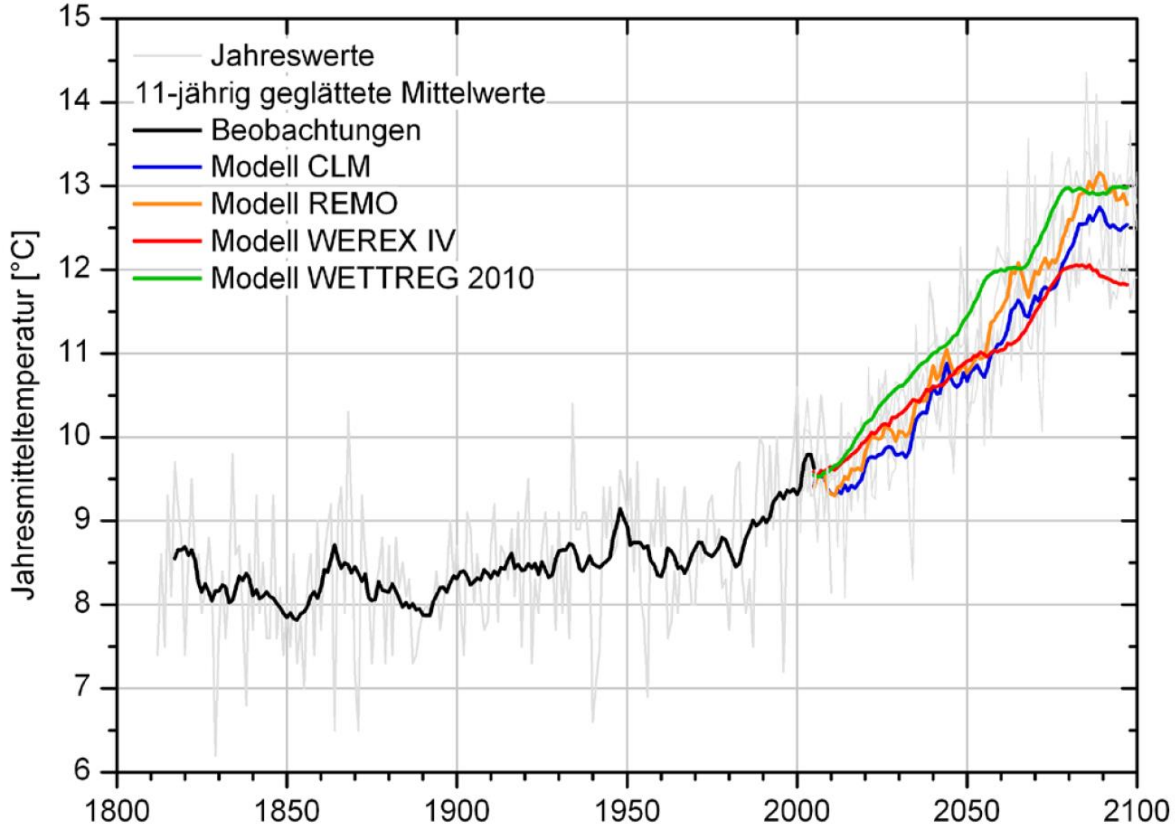


Schnittstelle zwischen globalen und regionalen Klimamodellen
Quelle: verändert nach IPCC (2007)

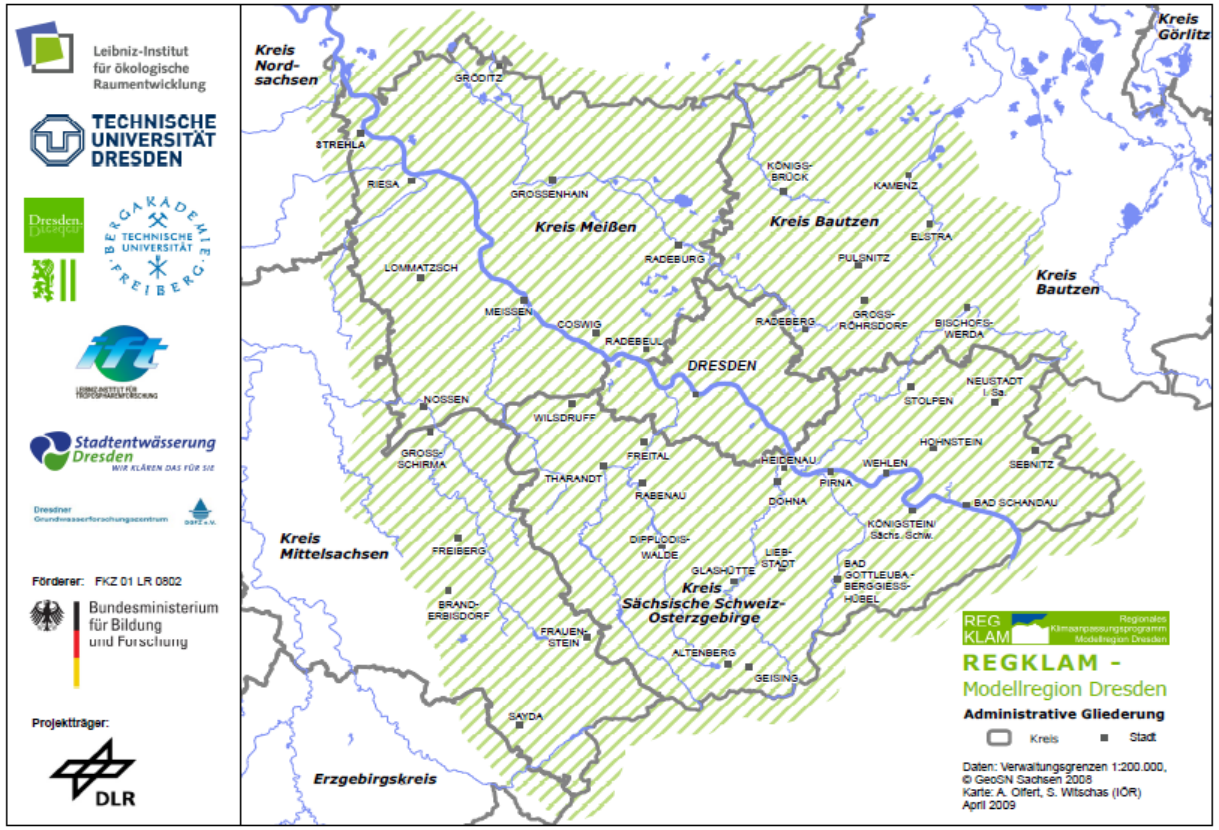
- Verschiedene regionale Klimamodelle:
  - **CLM (COSMO-CLM)**
  - **REMO**
  - **WETTREG**
  - **STAR II**

Reg. Klimaprojektion am Beispiel REGKLAM

REGKLAM: Integriertes Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Region Dresden



Entwicklung der Jahresmitteltemperatur an der Station Dresden-Klotzsche von 1812 bis 2100 (Modelldaten für das Emissionsszenario A1B) auf Grundlage verschiedener regionaler Klimamodelle
Quelle: REGKLAM (2013)



Modellregion Dresden im Projekt REGKLAM
Quelle: REGKLAM (2013)

Ergebnisse REGKLAM Dresden

Zeitscheibe	1961–1990 Messung	1991–2010 Messung	2021–2050 Modelle	2071–2100 Modelle
	Mittelwert	Änderung	mittl. Änderung (Spannweite)	mittl. Änderung (Spannweite)
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	**8,3**	**+0,6**	**+1,1** (+0,6 bis +1,4)	**+2,9** (+1,4 bis +3,5)
Temperatur Sommerhalbjahr (°C)	**13,9**	**+0,8**	**+0,9** (+0,5 bis +1,3)	**+2,6** (+1,1 bis +3,2)
Temperatur Winterhalbjahr (°C)	**2,6**	**+0,5**	**+1,1** (+0,7 bis +1,5)	**+3,2** (+1,7 bis +3,6)
Anzahl Sommertage (max. Temperatur > 25°C)	**31,4**	**+9,1**	**+11,3** (+6,3 bis +20,0)	**+30,** (+13,1 bis +48,7)
Anzahl heiße Tage (max. Temperatur > 30°C)	**5,4**	**+3,4**	**+3,9** (+1,8 bis +9,1)	**+13,5** (+3,5 bis +24,6)
Anzahl Tropennächte (min. Temperatur > 20°C)	**0,7**	**+0,5**	+1,1 (+0,2 bis +2,0)	+4,4 (+0,5 bis +9,0)
Anzahl Eistage (max. Temperatur < 0°C)	**32,5**	**-5,6**	**-8,6** (-13,2 bis -4,7)	**-19,1** (-26,1 bis -12,9)
Anzahl Frosttage (min. Temperatur < 0°C)	**91,5**	**-0,3**	-17,3 (-23,5 bis -11,7)	-44,5 (-53,4 bis -26,7)

Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden
Quelle: BERNHOFER, C.; MATSCHULLAT, J.; BOBETH, A. (2012) (Hrsg.) Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden. Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes, Heft 2. (aktualisiert)

Ergebnisse REGKLAM Dresden

Zeitscheibe	1961–1990 Messung	1991–2010 Messung	2021–2050 Modelle	2071–2100 Modelle
	Mittelwert	Änderung	mittl. Änderung (Spannweite)	mittl. Änderung (Spannweite)
Mittlerer Jahresniederschlag (mm)	**793**	**+45**	-20 (-77 bis +48)	-43 (-99 bis +16)
Niederschlag Sommerhalbjahr (mm, April-September)	**439**	**+17**	-21 (-54 bis +10)	-52 (-71 bis -29)
Niederschlag Winterhalbjahr (mm, Oktober-März)	**354**	**+28**	+0 (-26 bis +35)	+11 (-30 bis +49)
Anzahl trockener Tage im Sommerhbj (Niederschlag geringer 1mm)	**125**	**+1**	+3 (0 bis +7)	+8 (+0 bis +12)
Tage mit starkem Niederschlag (Niederschlag > 20mm)	**3,6**	**+0,5**	-0,1 (-0,7 bis +0,2)	-0,2 (-0,6 bis +0,3)
Potenzielle Verdunstung (mm, max. mögliche Verdunstung)	**607**	**+34**	**+34** (+8 bis +92)	**+71** (+28 bis +124)
Klimatische Wasserbilanz (mm, Niederschlag.- pot. Verdunstung)	**188**	**+13**	-63 (-180 bis +40)	-120 (-248 bis -12)
Strahlung (Globalstrahlung in kWh/m^2)	**1053**	**+33**	+31 (-17 bis +102)	+57 (-9 bis +135)

Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden
Quelle: BERNHOFER, C.; MATSCHULLAT, J.; BOBETH, A. (2012) (Hrsg.) Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden. Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes, Heft 2. (aktualisiert)

Klimadaten / -projektionen in Deutschland

Auf Länderebene werden regionalspezifische Berechnungen zu Klimaänderungen durchgeführt (Auszug):

- Baden-Württemberg: Klimaatlas Baden-Württemberg
- Bayern: Klimabericht Bayern
- Mecklenburg-Vorpommern: Norddeutscher Klimaatlas
- Niedersachsen: Klimaprojektion auf Basis WETTREG 2010
- Nordrhein-Westfalen: Klimaatlas Nordrhein-Westfalen
- Rheinland-Pfalz: Daten und Fakten zur Umwelt in Rheinland-Pfalz
- (…)

} Regionale u. kommunale Klimaanpassungs-konzepte

Zusammenfassung

- Der **Klimawandel ist Fakt**, seine Ursachen (Treibhauseffekt, Erderwärmung) sind messbar, der menschliche Einfluss (i. W. CO_2-Emissionen) wird wissenschaftlich bestätigt.
- Nur die **künftigen und regionalen Ausprägungen und Folgen** des Klimawandels sind unsicher
- **Anpassungsstrategien und Klimaschutz** sind erforderlich und als **Aufgaben der Gegenwart** anzunehmen
- **Extremere Wettereignisse** (Starkregen, Hochwasser) werden durch den Klimawandel begünstigt und auch heute schon beobachtet

Quelle: Pixabay.com

Quelle: Edward Kimmel, Wikimedia Commons, CC BY-SA 2.0

Ausblick

- Die Extremität und Häufigkeit **wasserbezogener Einsatzlagen** (Hochwasserereignisse und Starkregenüberflutungen) nehmen zukünftig wahrscheinlich zu
- Dies bedarf einer besseren **Schulung und Vorbereitung der Einsatzkräfte** und **Optimierung der Gefahrenabwehr und Ereignisbewältigung**
- Weitere gesellschaftliche Prozesse, wie
  - der **demografische Wandel** („alternde Bevölkerung“) und
  - **Urbanisierung** (bauliche Verdichtung, Flächenversiegelung, etc.)

erhöhen die Komplexität der Aufgabe!

Quelle: Pixabay.com

Quelle: pixabay.com

Danksagung

Einzelne Inhalte dieser Unterrichtseinheit wurden im Rahmen des Vorhabens

DAS Verbundprojekt KliWäss: Konzeption, Erstellung und pilothafte Umsetzung eines Bildungsmoduls für Studierende, Meister und Techniker zum Thema „Klimaangepasste Siedlungsentwässerung“

erarbeitet und dem vorliegenden Bildungsmodul zur Verfügung gestellt. Die Autoren bedanken sich hierfür herzlich bei:

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen 03DAS007C