

Fakultät Umweltwissenschaften, FR Hydrowissenschaften,
Institut für Hydrologie und Meteorologie, Professur Meteorologie

Klimaänderungen und neue Klimaextreme in Mitteleuropa

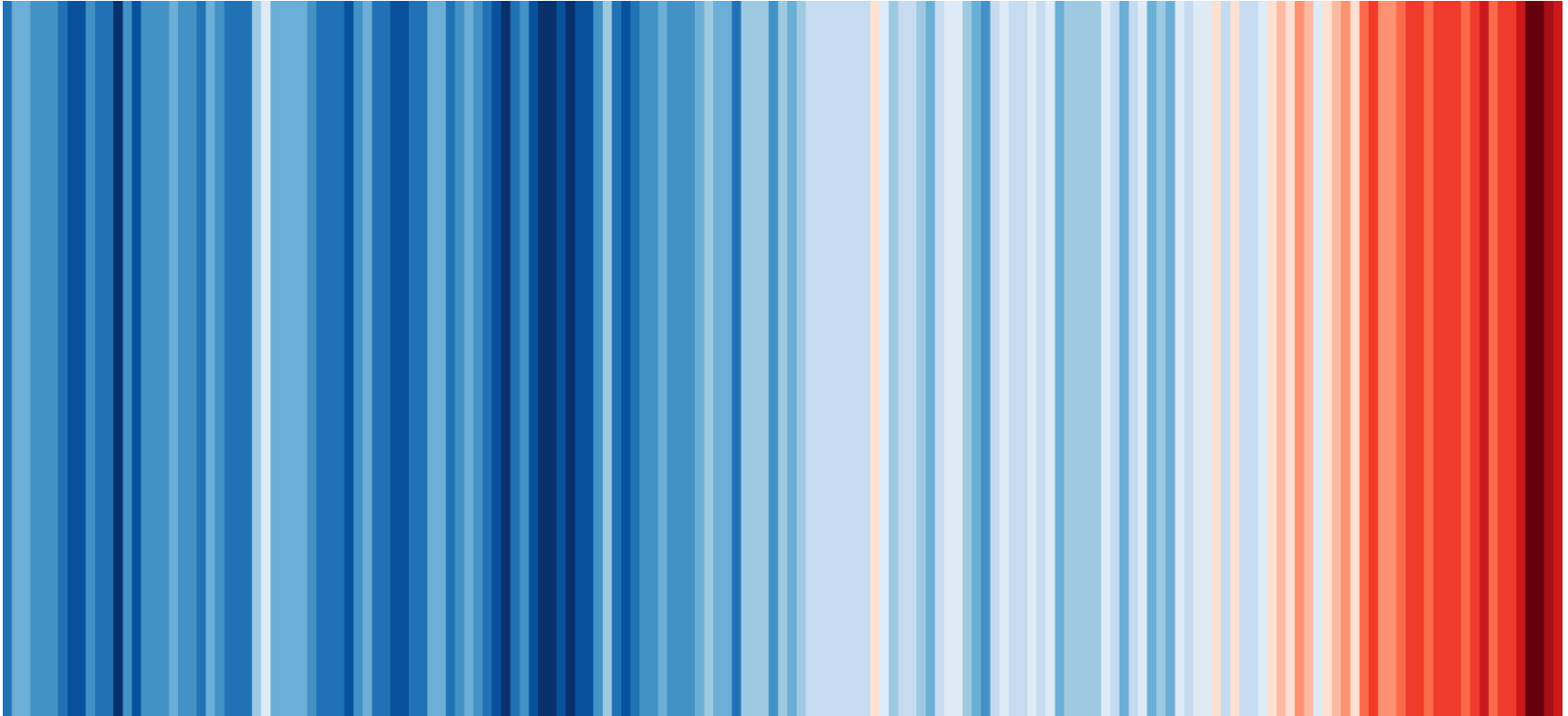
Christian Bernhofer

FLORIAN, Schlachthof/Messe, 11. Oktober 2019

Globale Daten

Jahresmittel der Lufttemperatur

1850-2018



Graphics and lead scientist: Ed Hawkins
Data: Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiss, DWD.



TreibhausgaseAerosole



Sonnenaktivität

Globale Klimafaktoren

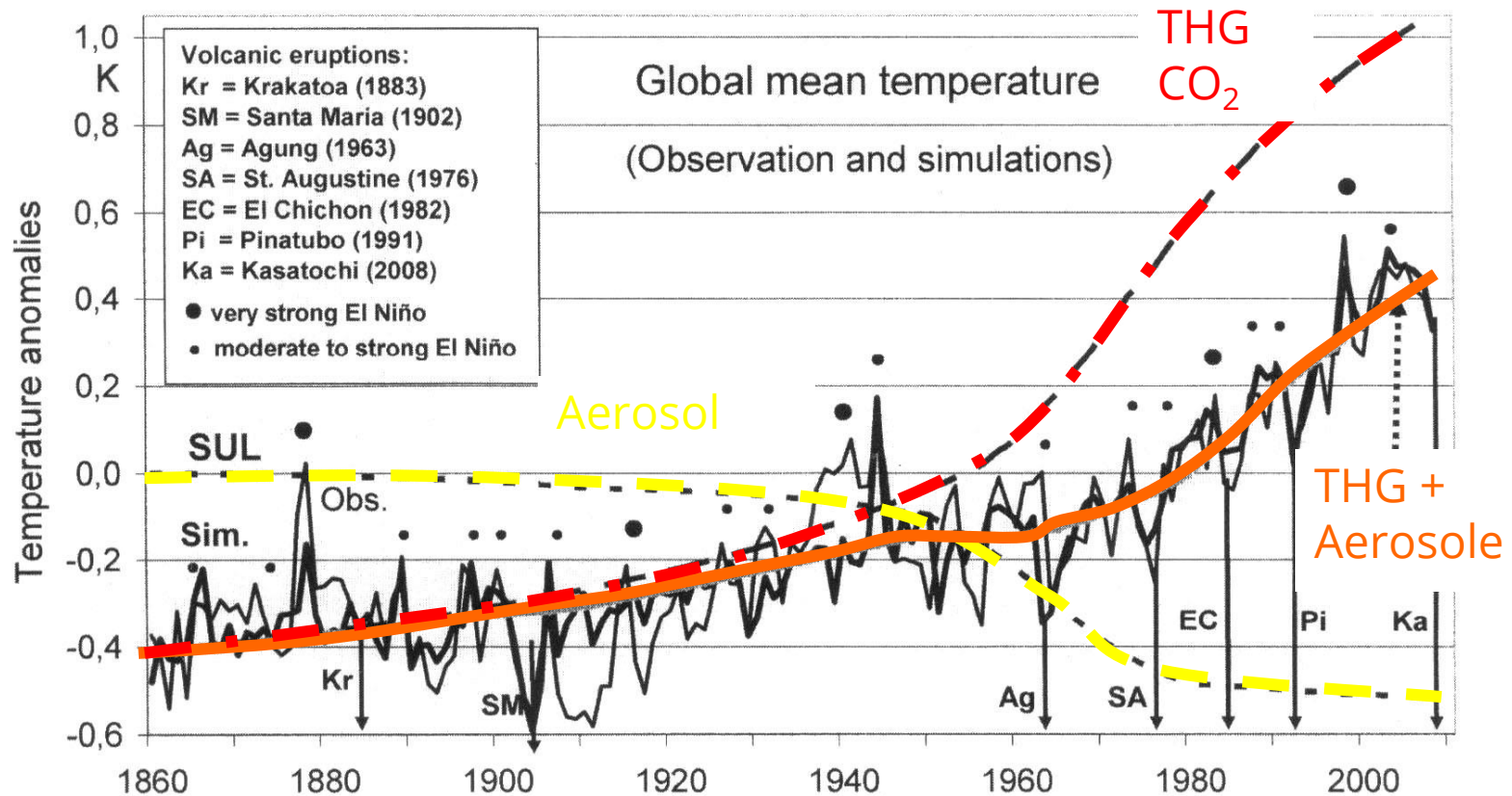


Vulkanismus



El Niño/Südliche
Oszillation (ENSO)

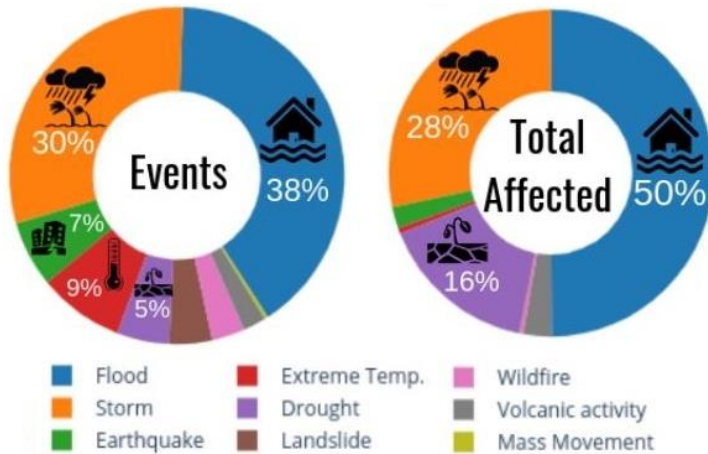
Warum ist CO₂ so wichtig?



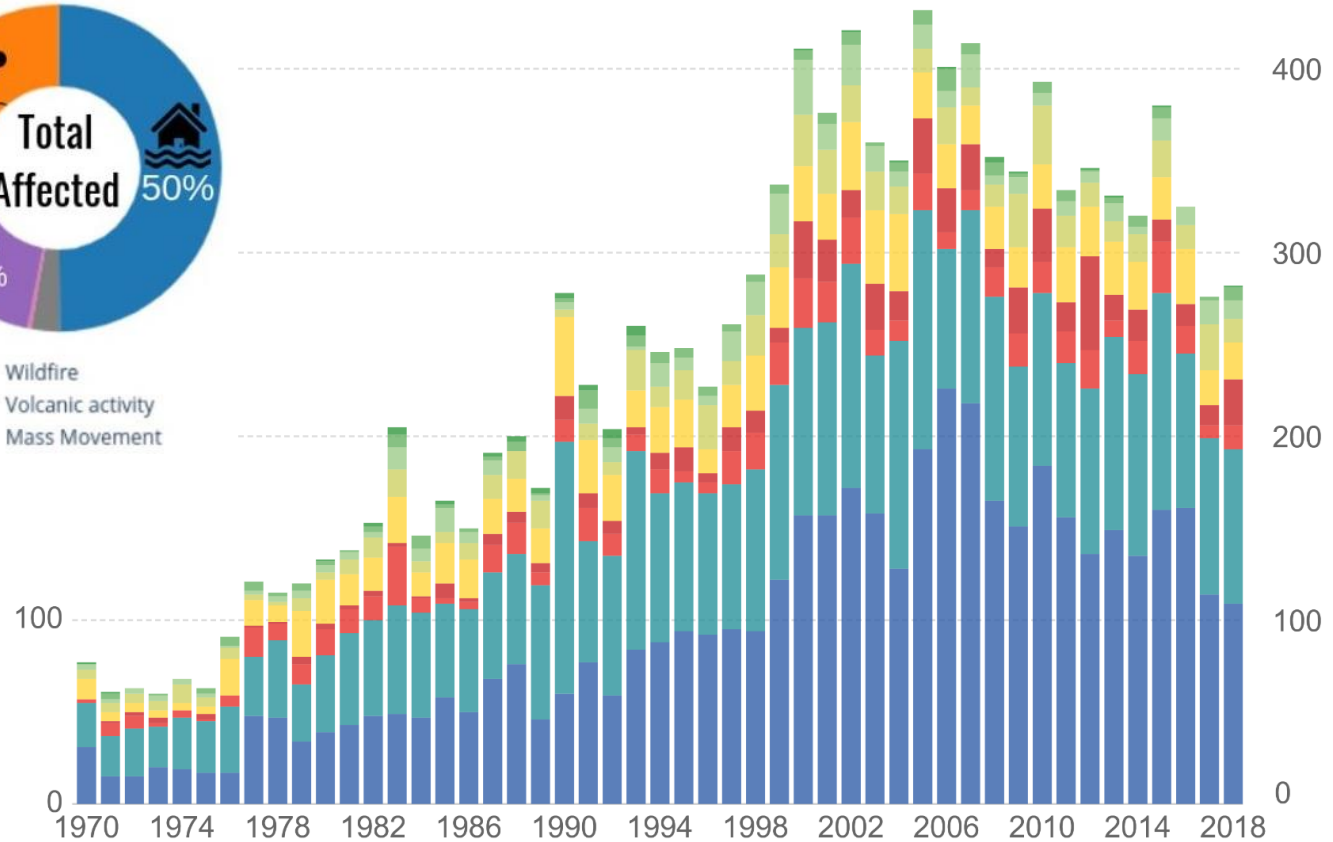
Schönwiese et al., 2010:
Statistical forcing ... An update

Naturkatastrophen: Globaler Überblick

Darstellung: Vorobeviskii 2019



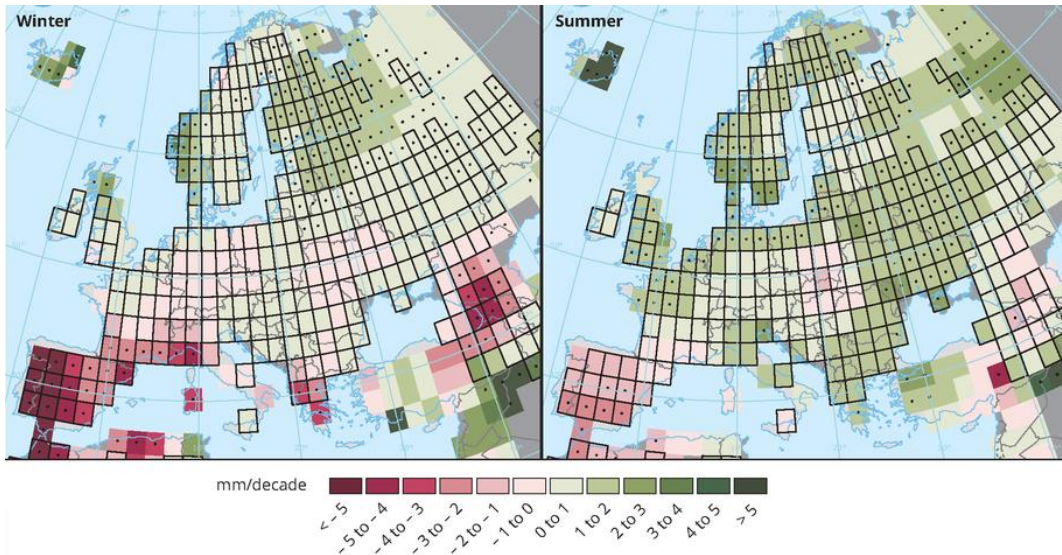
- Mass movement (dry)
- Volcanic activity
- Wildfire
- Landslide
- Earthquake
- Extreme temperature
- Drought
- Extreme weather
- Flood



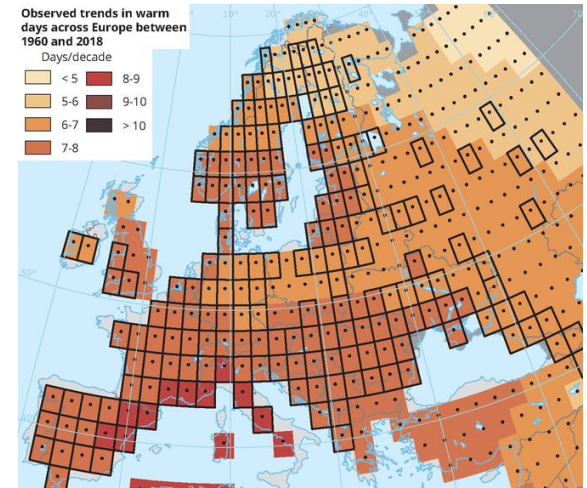
Global reported natural disasters (EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database 2019)

Extreme und Klimawandel: Europäische Trends

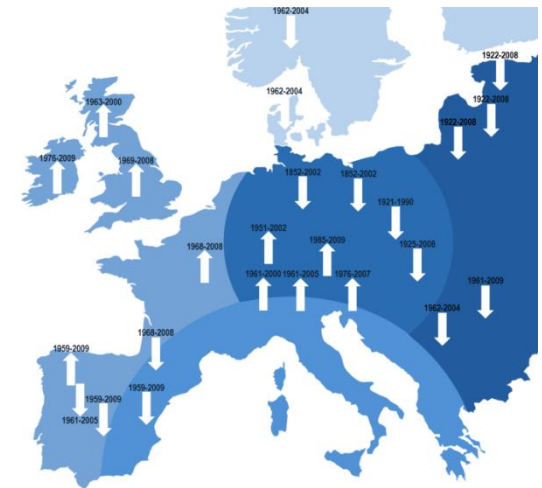
- Temperatur und abgeleitete Größen
- Unklar und in verschiedene Richtungen für Niederschlag und Abfluss



Trends in maximum 5-day precipitation 1960-2010
(European Environmental Agency 2017)



Trends in the number of hot days 1960-2018
(European Environmental Agency 2019)

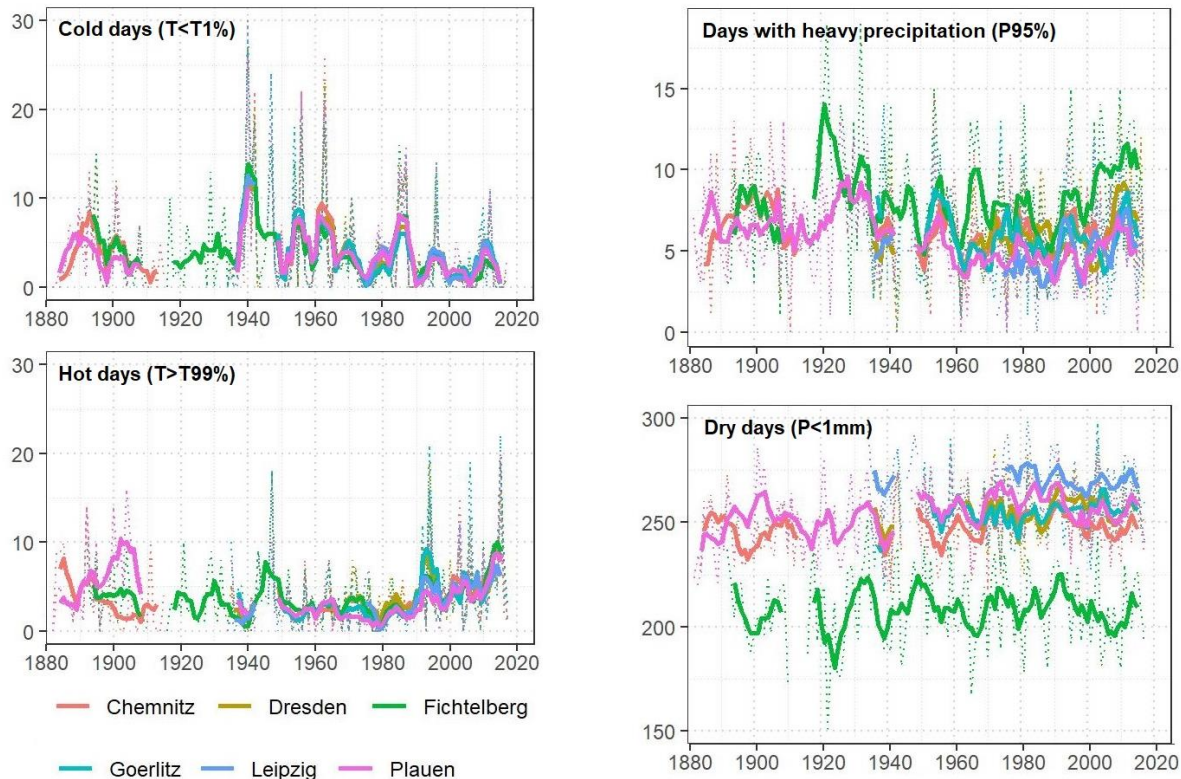


Schematic summary on observed flood changes derived from cited studies (J.Hall et al. 2014)

Darstellung: Vorobeyskii 2019

Extreme in Sachsen

- Abnahme der Temperaturminima, Zunahme der Temperaturmaxima
- Kein Trend für Niederschlagsextreme
- Abnahme des Abflusses, kaum Trend für Hochwasser
- Zunahme der Bodentrockenheit in den letzten 20 Jahren

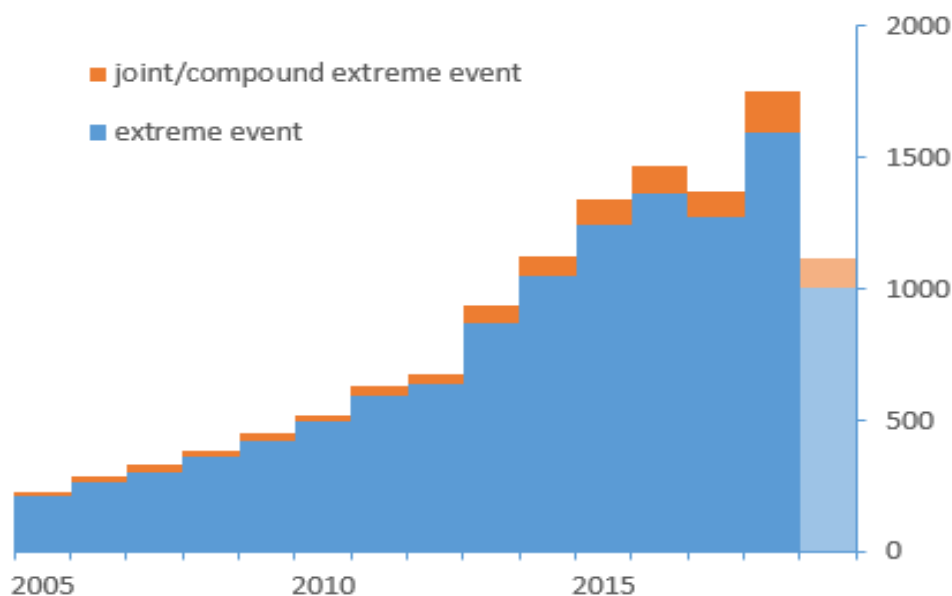


Annual temperature and precipitation extremes

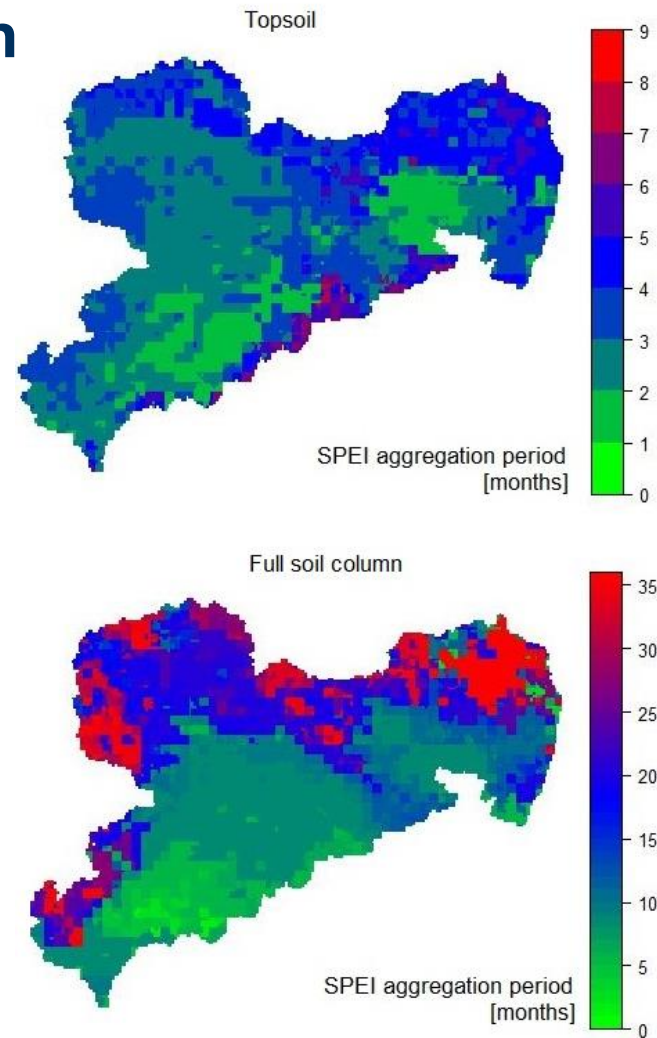
Vorobevskii 2019

Vom Einzelextrem zum kombinierten Extreme (compound extreme)

... zwei oder mehr unabhängige Gefahren (nicht unbedingt extrem), die in Kombination ein signifikantes Extreme auslösen.



*Articles published in geoscience on extremes
(data from 'Web of science' aggregator)*



Correlation of SPEI and SMI under drought conditions

Vorobevskii 2019

Umgang mit Extremen

Klima = Statistik, Mittel & Abweichungen (einfach Temperatur – schwierig Niederschlag)
→ Vereinbarung: 30 Jahre als Standardperiode (1961-1990 als Referenz)

Extreme selten → lange Reihen erforderlich → fehlen meist → Unsicherheit steigt,
Aussagen schwieriger

Temperatur + lange Reihe = einfache und robuste Aussagen
Niederschlag + kurze Reihe = schwierige und unsichere Aussage

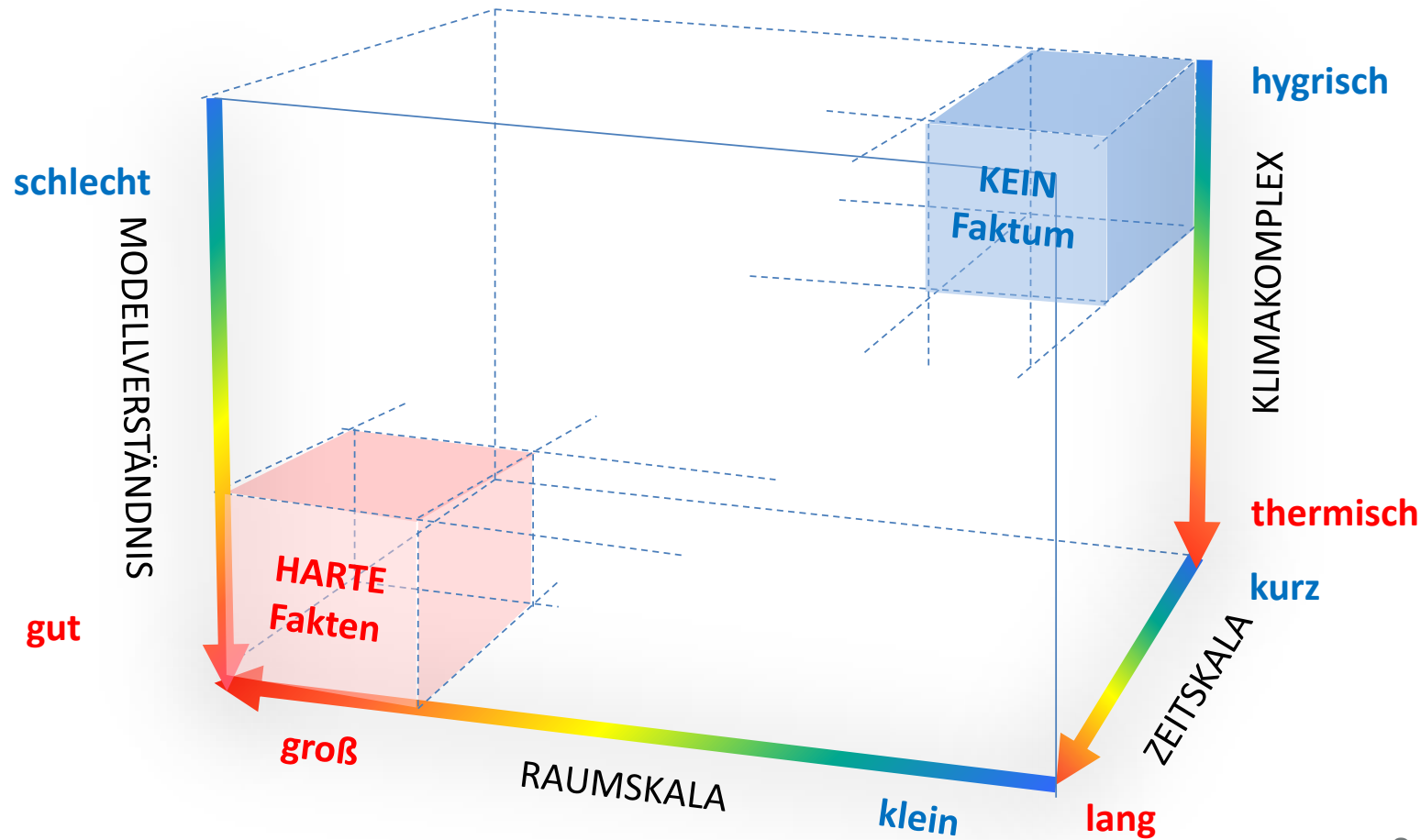
Kombinierte Extreme – Unsicherheit vergrößert!

Zukunft: Modelle, Randbedingungen (CO_2)? → Bandbreite 1.5 bis 6.5°C!

Umgang mit diesen Unsicherheiten:

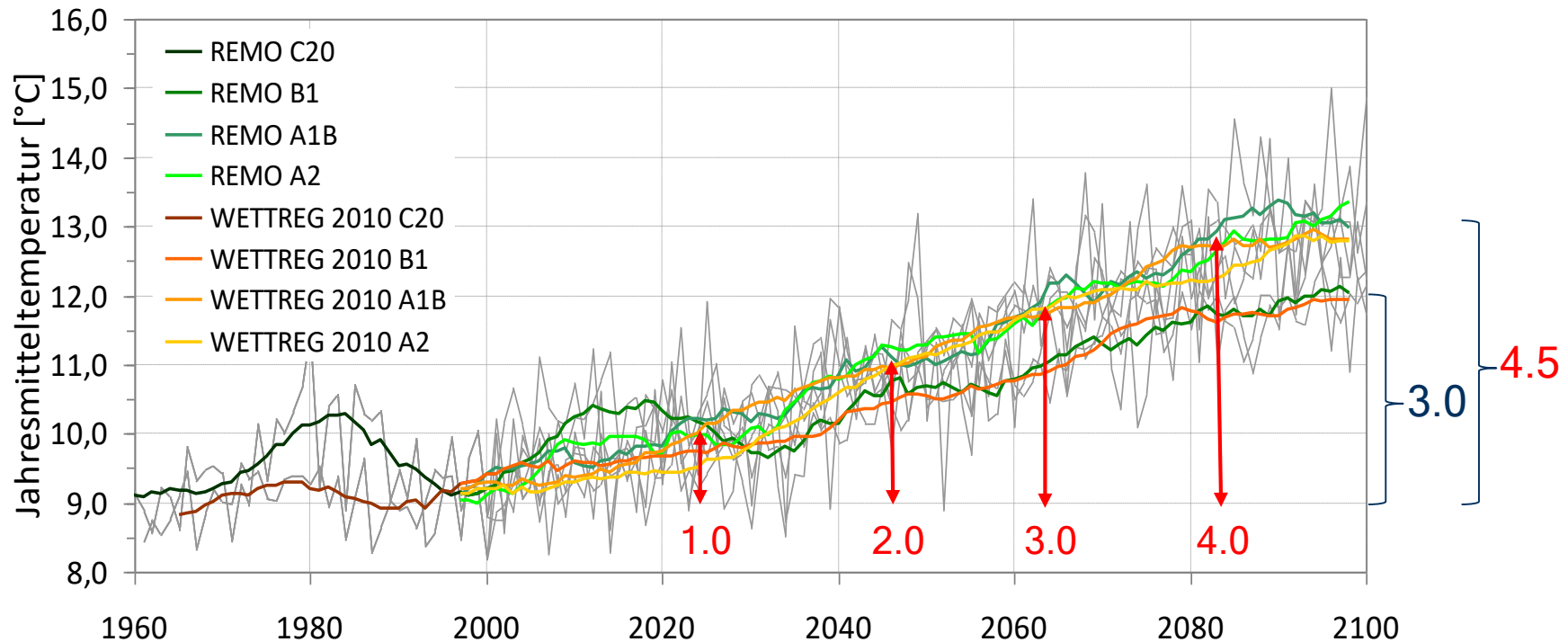
- 1) Moderate Extreme → stabiler
- 2) Ensembleansatz (Modelltypen, Modellläufe) → Ergebnistrichter
- 3) Unsicherheiten quantifizieren!
- 4) Zwischen Einzelereignissen und Mittelwerten unterscheiden!

Schema der harten und weichen Fakten des Klimawandels



Schwieriger ... Regionale/lokale Daten – zukünftige Entwicklung Jahresmittel der Lufttemperatur

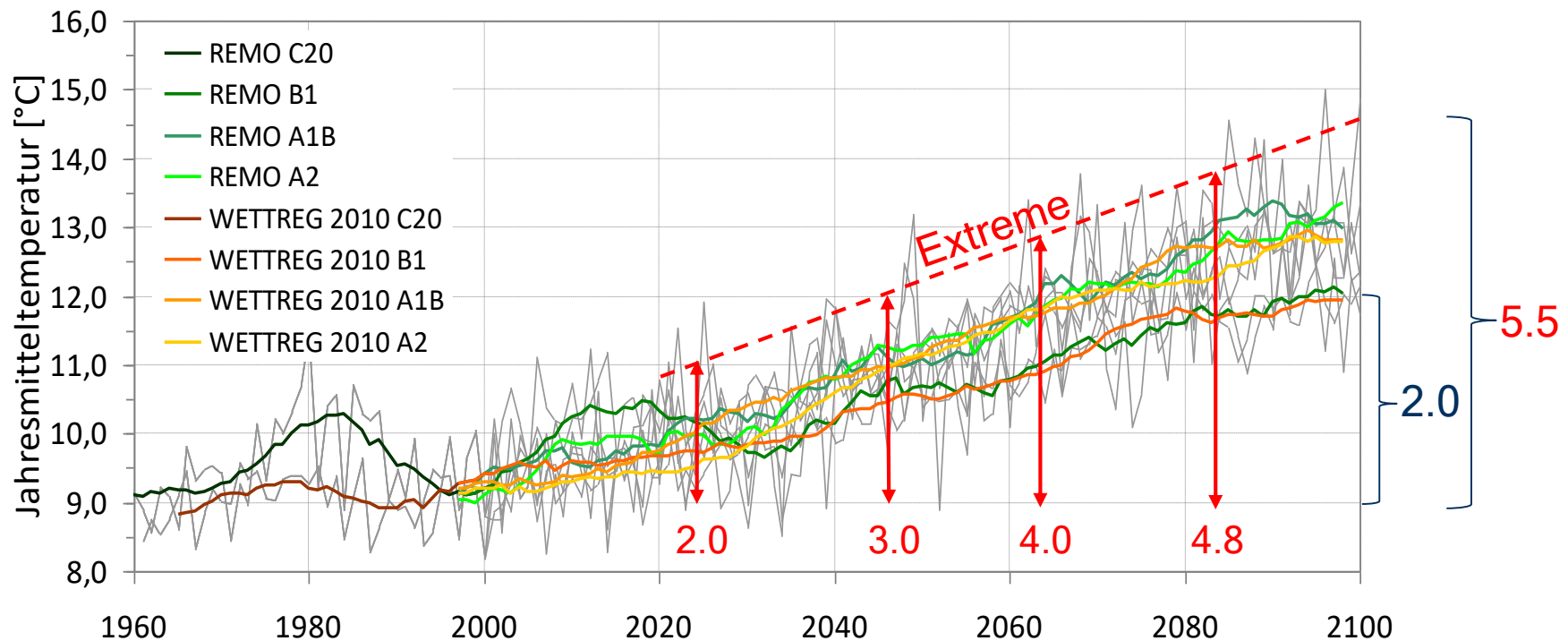
Dresden



Heidenreich (für REGKLAM 2012)

Schwieriger ... Regionale/lokale Daten – zukünftige Entwicklung Jahresmittel der Lufttemperatur

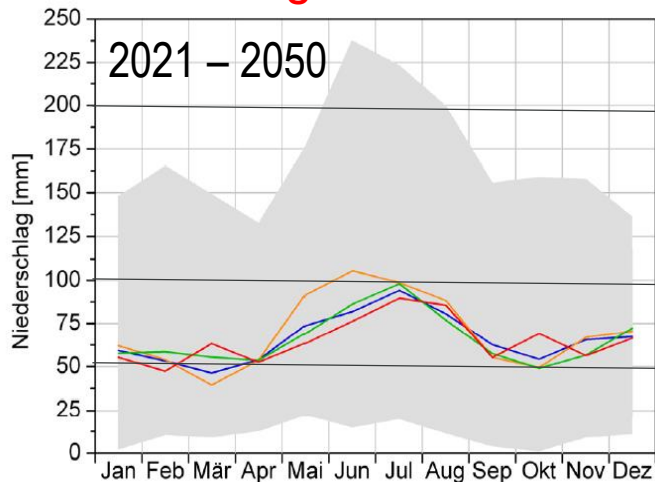
Dresden



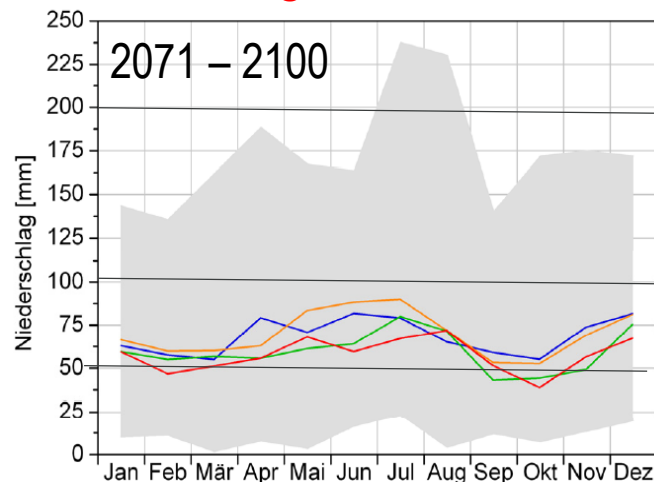
Heidenreich (für REGKLAM 2012)

Am schwierigsten ... Niederschlag(sextreme) z. B. Region Dresden

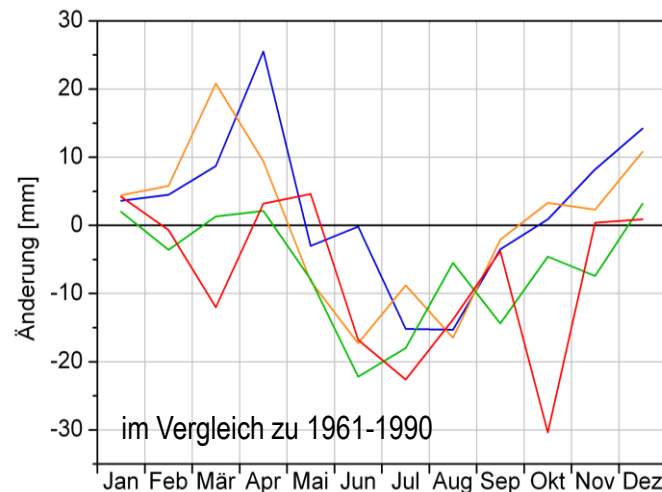
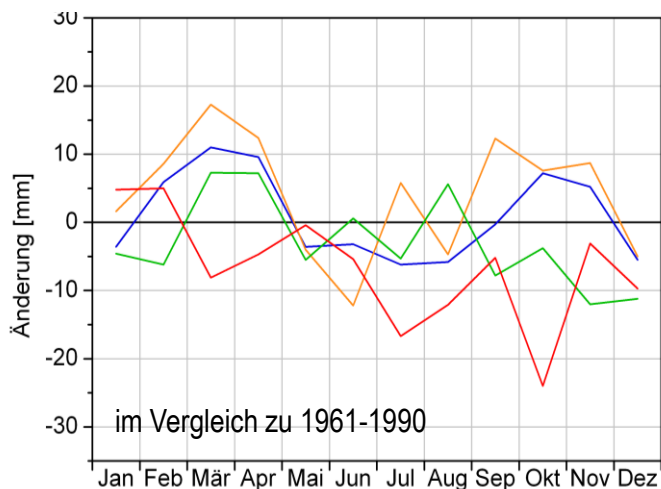
August 2002



August 2002



Bandbreite =
zwischenjähr-
liche Variabilität



Emissionsszenario A1B

- CLM 1
- REMO 1
- WETTREG 2006 normal
- WEREX IV normal

Bernhofer et al. (2011)

Welche Konsequenzen?

Brände

Waldbrand (kombiniert) → T, P, BF, Wind, ...

DWD (Can. Fire Index) **plus lokales Monitoring**

Haus & Hof (kombiniert) → T, P, Wind, ...

FFW **plus lokales Monitoring**

Hochwasser & Starkregen

Sturzfluten (kombiniert) → P, BF

DWD (RADAR) **plus Modell/Monitoring BF (FFG)**

Erosion, Gebäudeschaden (kombiniert) → P, BF

FFW, DWD (RADAR), **Landmanagement (s&a, grün)**

Welches Klima wollen wir?

Welches Klima können wir uns erlauben?

Klima → **Kipppunkte**

Fossile Energie → **Ressourcen**verbrauch, **Umwelt**schäden

Fossile Energie → **umkämpfte** Ressource

Alternativen vorhanden:

weniger fossil, mehr erneuerbar!

Global denken, lokal handeln!

Katastrophen & Konsequenzen

**Fridays
for
Future**

Welches Klima wollen wir? Welches Klima können wir uns erlauben?

Klima → **Kipppunkte**

Fossile Energie → **Ressourcen**verbrauch, **Umwelt**schäden

Fossile Energie → **umkämpfte** Ressource

Alternativen vorhanden:

weniger fossil, mehr erneuerbar!

Global denken, lokal handeln!

Katastrophen &
Konsequenzen 1970

**Fridays
for
Future**

Welches Klima wollen wir? Welches Klima können wir uns erlauben?

Klima → **Kipppunkte**

Fossile Energie → **Ressourcen**verbrauch, **Umwelt**schäden

Fossile Energie → **umkämpfte** Ressource

Alternativen vorhanden:

weniger fossil, mehr erneuerbar!

Global denken, lokal handeln!

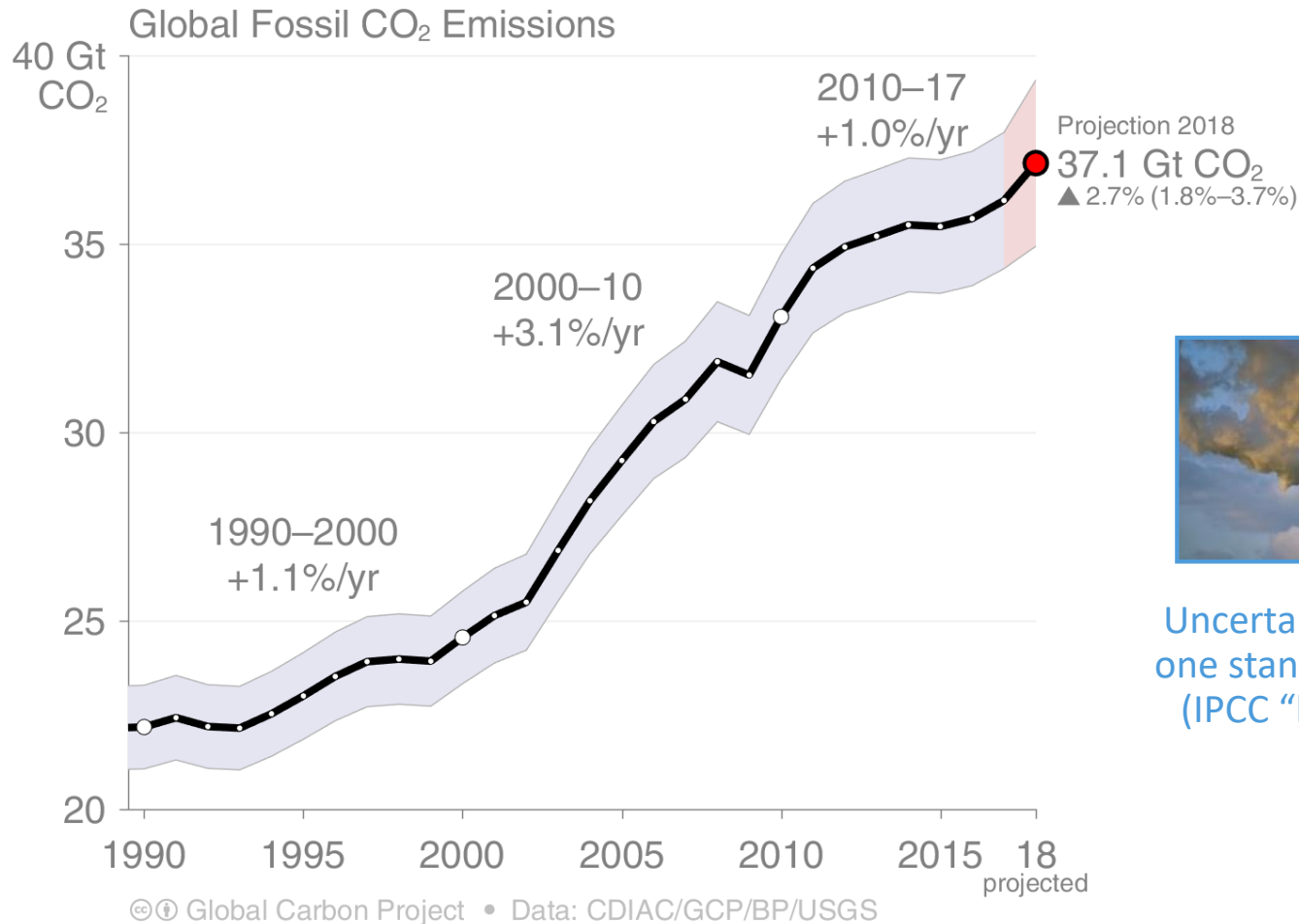
Katastrophen & Konsequenzen 2020

**Fridays
for
Future**

Global Fossil CO₂ Emissions

Global fossil CO₂ emissions: 36.2 ± 2 GtCO₂ in 2017, 63% over 1990

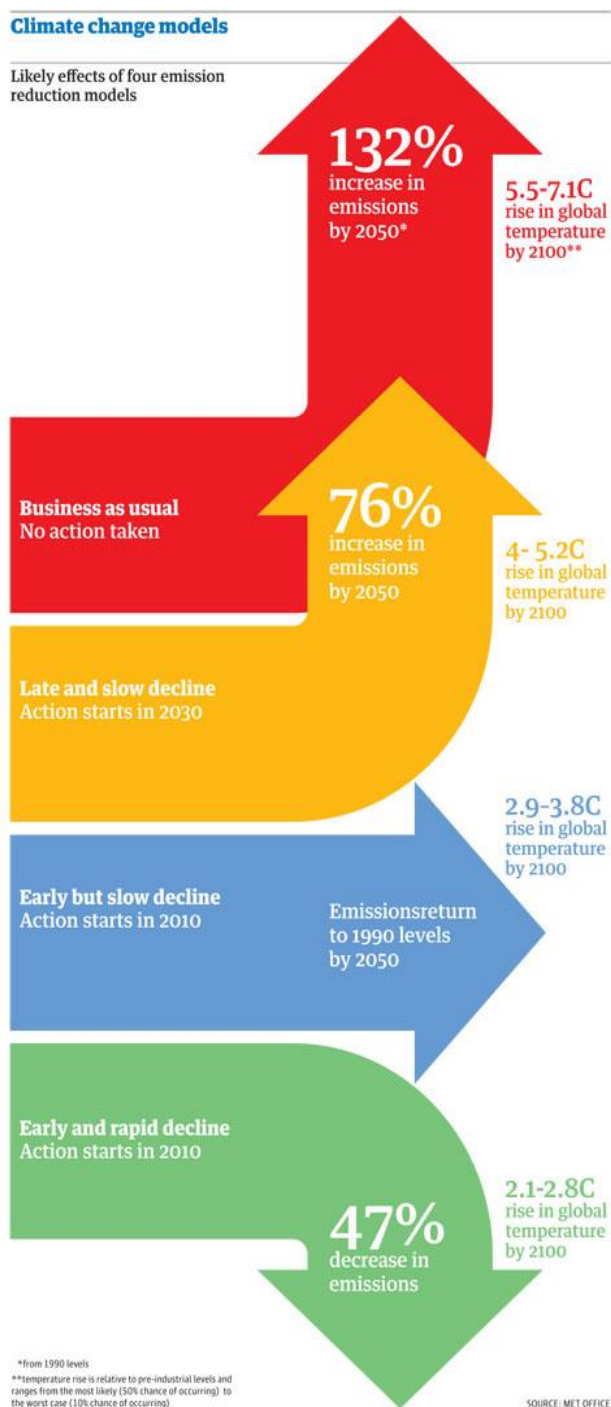
- Projection for 2018: 37.1 ± 2 GtCO₂, 2.7% higher than 2017 (range 1.8% to 3.7%)



Uncertainty is $\pm 5\%$ for
one standard deviation
(IPCC “likely” range)

Estimates for 2015, 2016 and 2017 are preliminary; 2018 is a projection based on partial data.

Source: [CDIAC](#); [Le Quéré et al 2018](#); [Global Carbon Budget 2018](#)



Entwicklung global bis 2016 ähnlich A2/RCP6.0

**Relativ langsame Energiewende
(Energiequellen und Effizienz)**

**Verzögerter Einsatz
erneuerbarer Energien**

**wahrscheinlicher Temperatur-
korridor rel. zu 61-90 global:
plus 4 – 5,2°C**

**für Ziele von Paris 2015
B1/RCP2.6 oder 4.5**

<http://www.skepticalscience.com/news.php?n=779>

From: UK MET Office, Hadley Centre

Klimaänderungen und neue Klimaextreme in Mitteleuropa

Zunahme der Temperatur → **Hitze, Dürre, Brände, ...**

Zunahme der Niederschlagsintensität kleinräumig → Starkregen, **Gebäudeschäden, Erosion, Sturzfluten, ...**

Sturmhäufigkeit? Lokale **Gewitter ja**, großräumig unsicher

Gewitter → **Sturm, Hagel, Blitzschäden, Brände**

Empfehlungen:

Monitoring ausbauen (Dürre, Waldbrand, ...)

Trend & Variabilität berücksichtigen → Sicherheitsmarge einbauen, Optionen erhalten

Versichern ... und:

Retter und Helfer gut ausbilden, gut ausstatten und gut begleiten!