

Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Südoststeiermark

Douglas Maraun
Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
Karl-Franzens-Universität Graz

Outline



Was ist Klima?

Wie hat sich das Klima schon verändert?

Warum hat sich das Klima in den letzten 100 Jahren geändert?

Wie könnte sich das Klima in Zukunft ändern?

Mögliche Regionale Änderungen



Was ist Klima?

Wie hat sich das Klima schon verändert?

Warum hat sich das Klima in den letzten 100 Jahren geändert?

Wie könnte sich das Klima in Zukunft ändern?

Mögliche Regionale Änderungen

Beispiel 1: Winter in Graz



Und im Sommer?

Andreas Becke

Beispiel 2: Sommer in Südtirol



Beispiel 3: Sommer/Winter in Bergen



Beispiel 4: Sahara



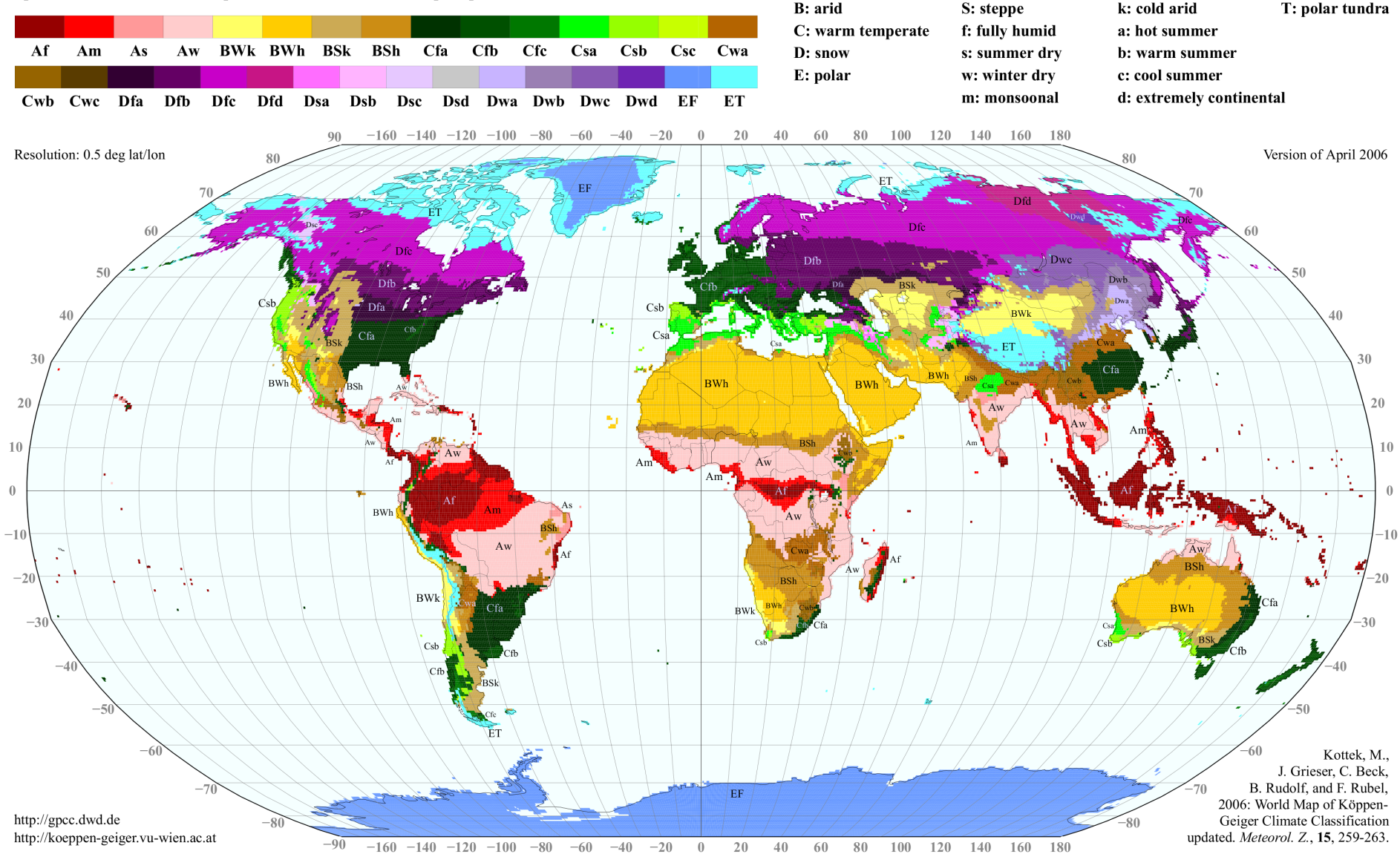
Karstensfotos

Was ist eigentlich Klima?

Klima ist was man erwartet, Wetter ist was man bekommt

Laut Weltmeteorologischer Organisation (WMO) ist das Klima das langjährige Mittel des Wetters (über 30 Jahre)

Klimazonen


World Map of Köppen−Geiger Climate Classification
updated with CRU TS 2.1 temperature and VASClimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000
Af Am As Aw BWk BWh BSk BSh Cfa Cfb Cfc Csa Csb Csc Cwa
Cwb Cwc Dfa Dfb Dfc Dfd Dsa Dsb Dsc Dsd Dwa Dwb Dwc Dwd EF ET
Main climates
A: equatorial
B: arid
C: warm temperate
D: snow
E: polar
Precipitation
W: desert
S: steppe
f: fully humid
s: summer dry
w: winter dry
m: monsoonal
Temperature
h: hot arid
k: cold arid
a: hot summer
b: warm summer
c: cool summer
d: extremely continental
F: polar frost
T: polar tundra
Resolution: 0.5 deg lat/lon
Version of April 2006
http://gpcc.dwd.de
http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at
Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel, 2006: World Map of Köppen-Geiger Climate Classification updated. Meteorol. Z., 15, 259-263.



Was ist Klima?

Wie hat sich das Klima schon verändert?

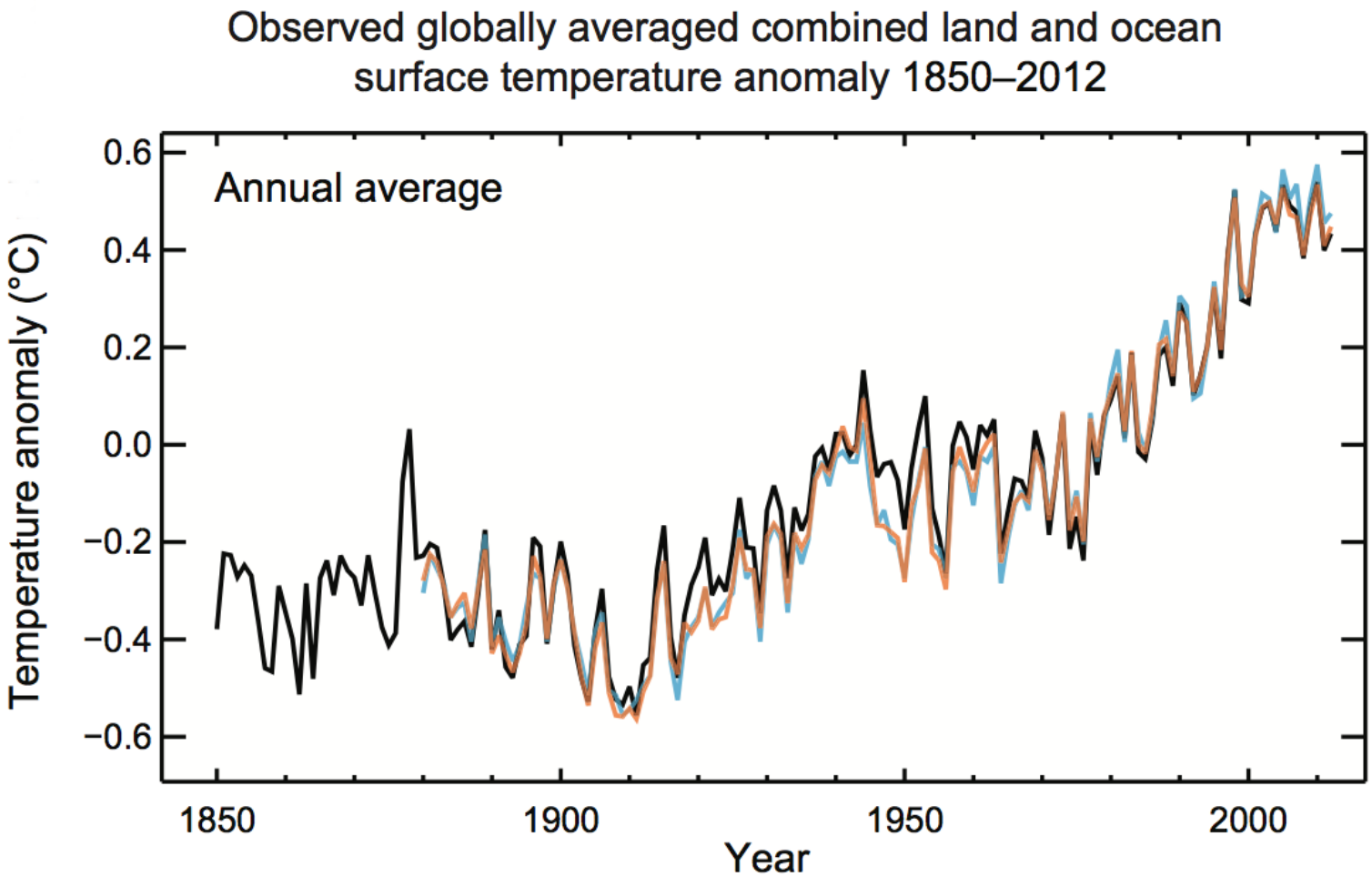
Warum hat sich das Klima in den letzten 100 Jahren geändert?

Wie könnte sich das Klima in Zukunft ändern?

Mögliche Regionale Änderungen

Beobachtete Klimaerwärmung

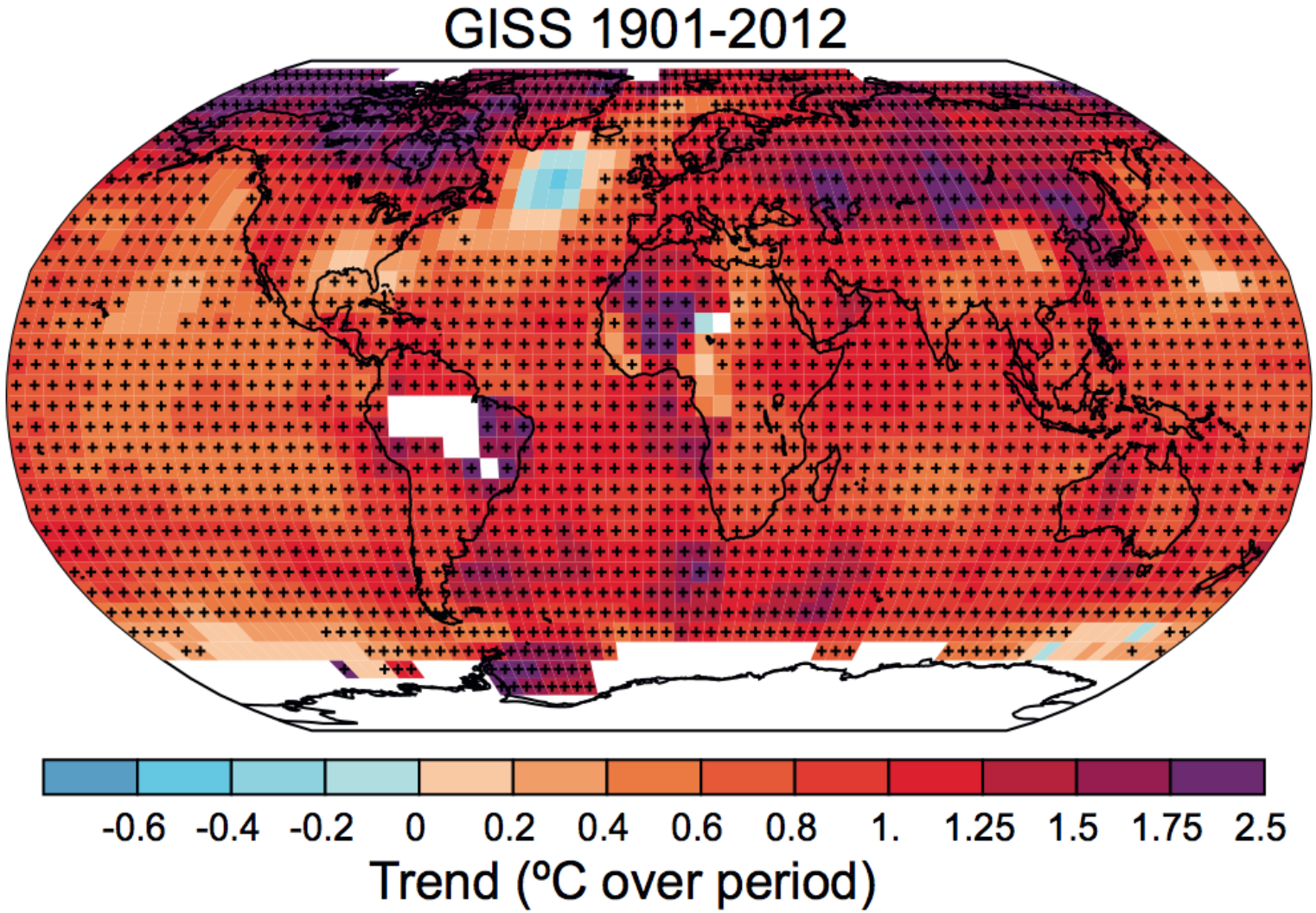
Globale Mitteltemperatur relativ zum Mittel 1960-1990



IPCC 2013

Klimaerwärmung

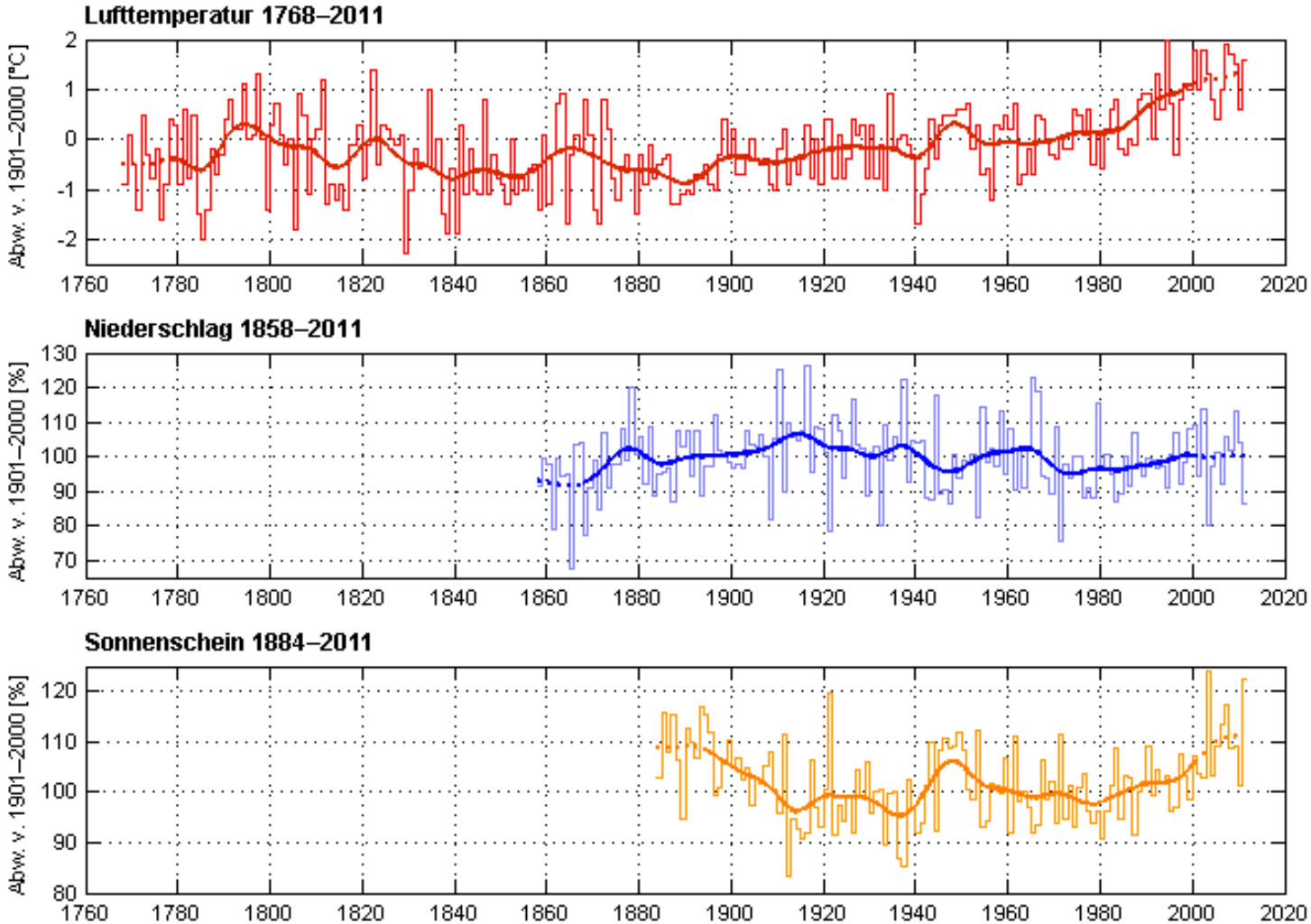
Trend der Jahresmitteltemperatur 1901-2012



IPCC, 2013

Änderung in Österreich

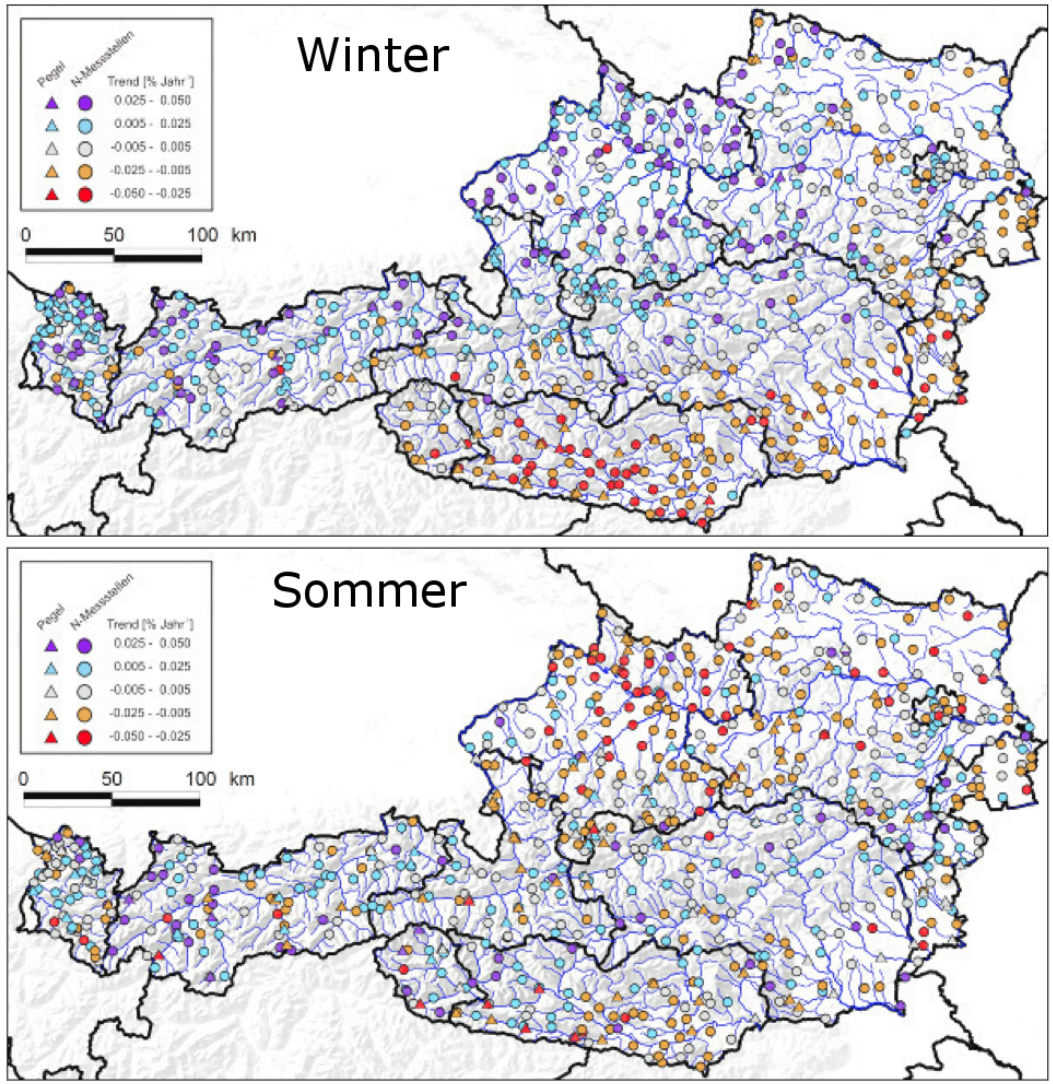
Jahresmittel



ZAMG

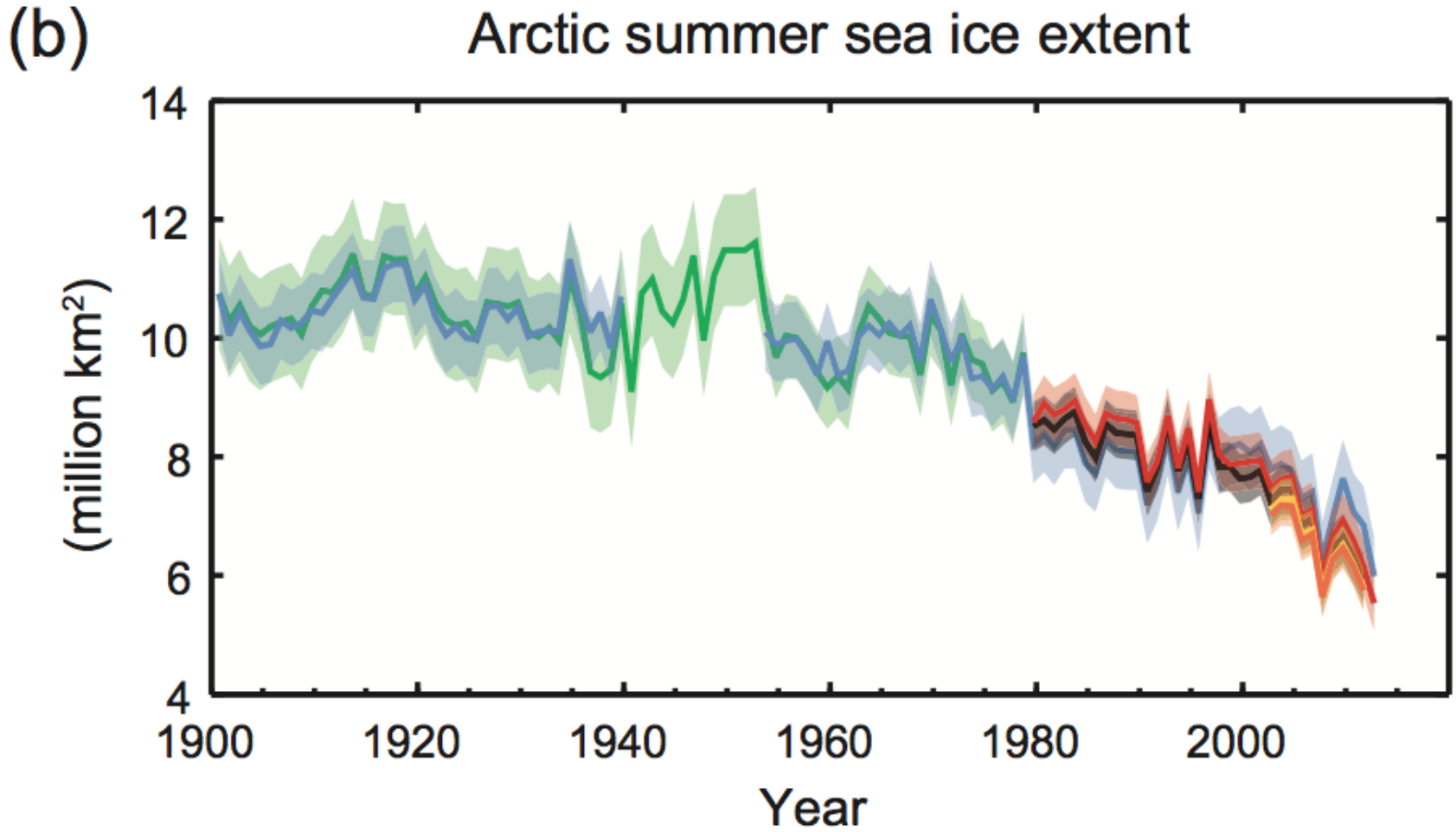
Änderung in Österreich

Winter und Sommerniederschläge



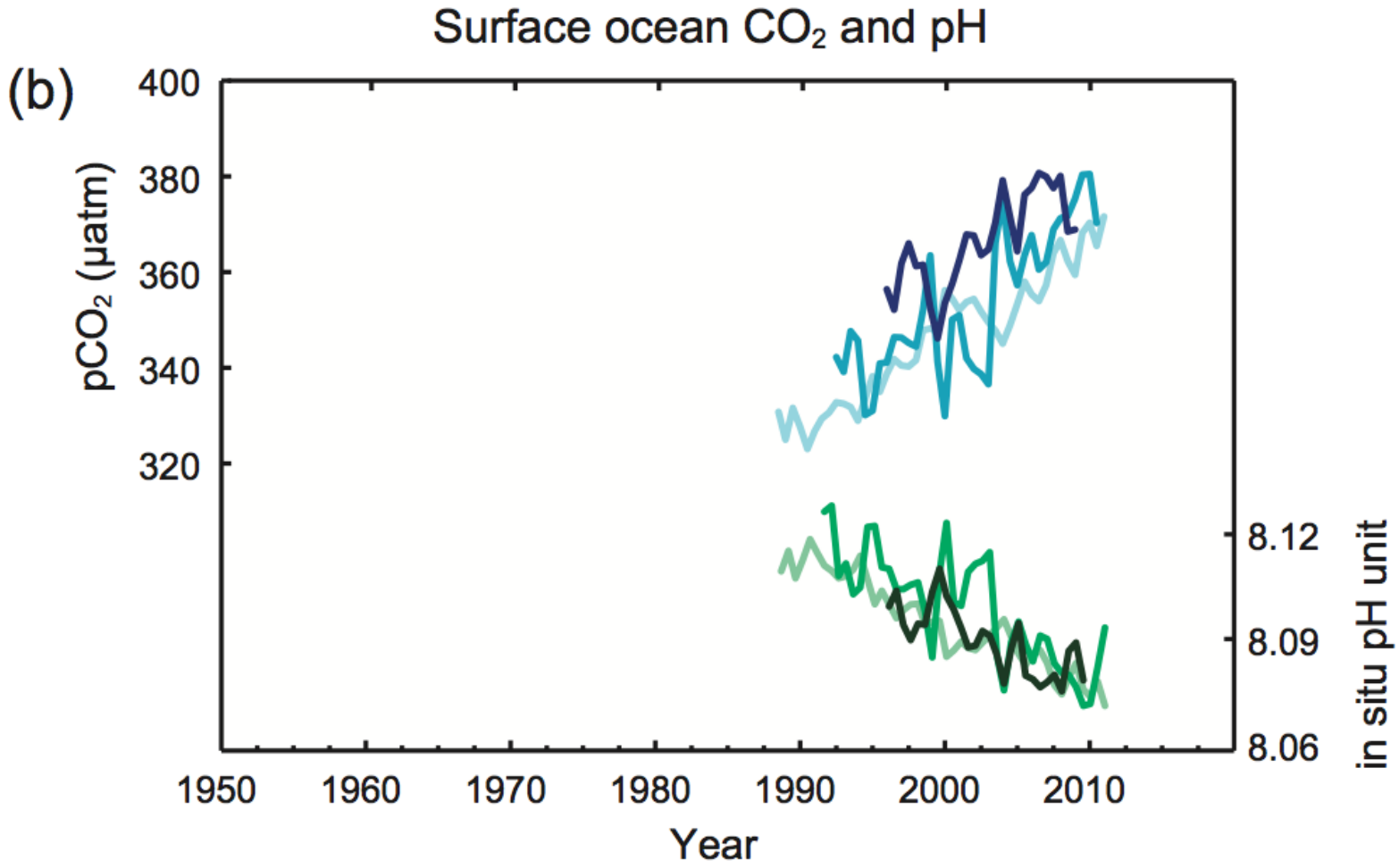
Hydrogr. Dienst

Abschmelzen des Meereises



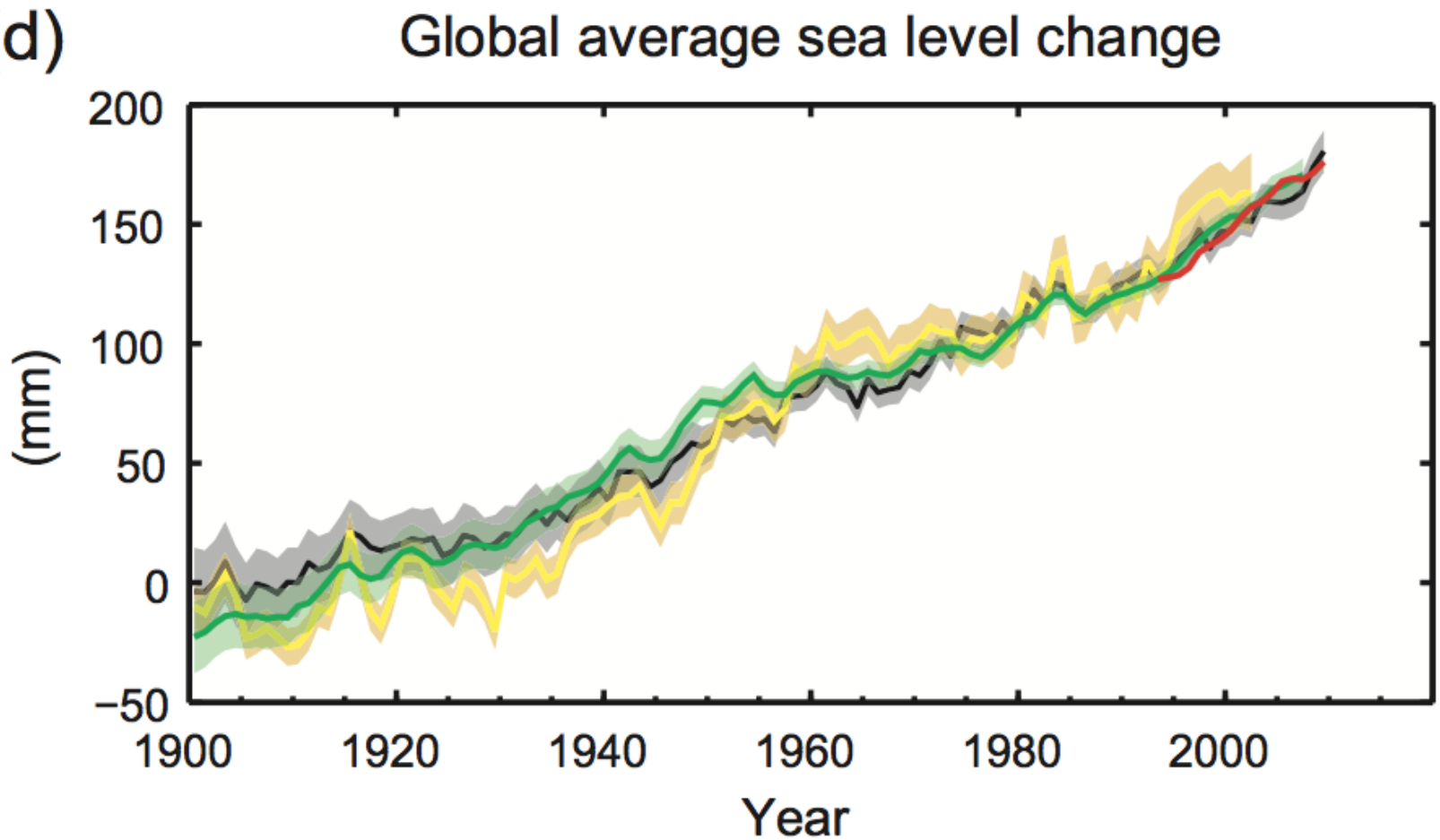
IPCC 2013

Versauerung der Ozeane



IPCC 2013

Anstieg des Meeresspiegels

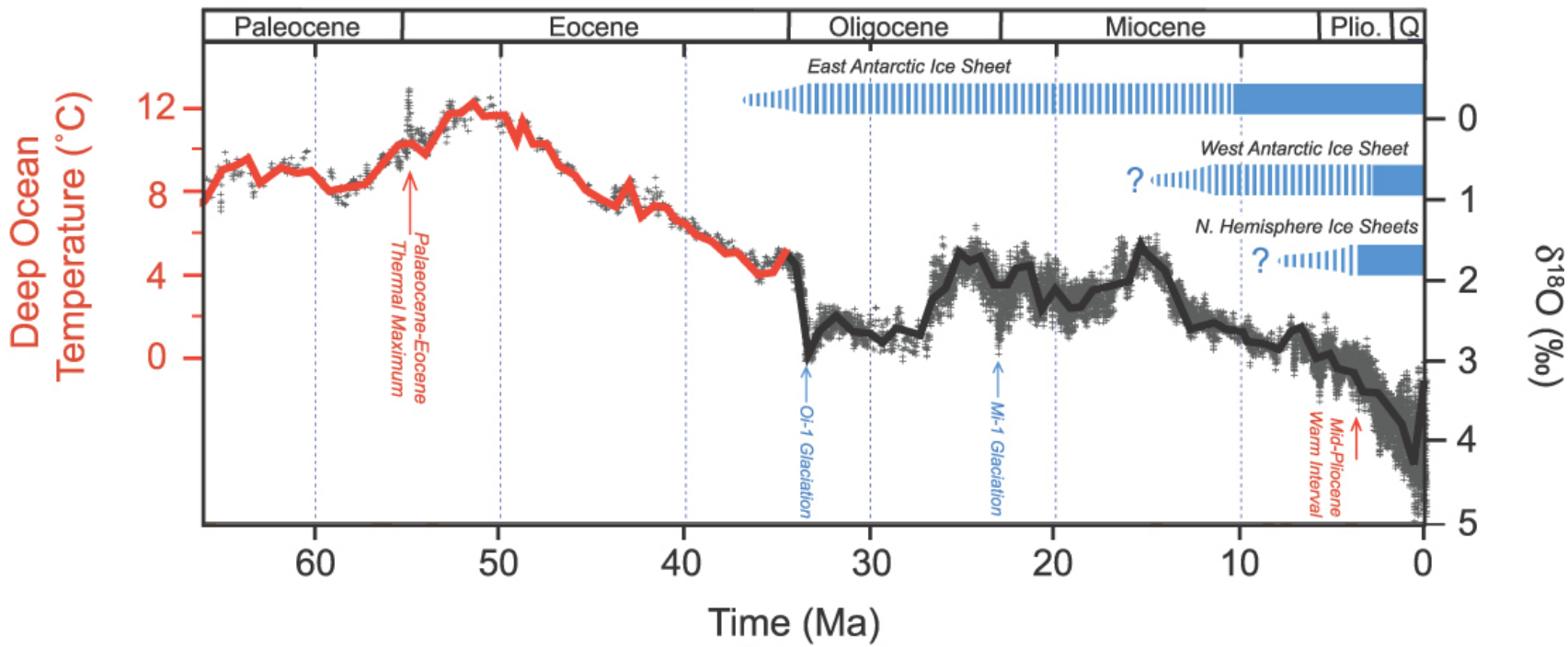


IPCC 2013

Gab es Klimaschwankungen nicht schon immer?

Natürliche Klimaschwankungen

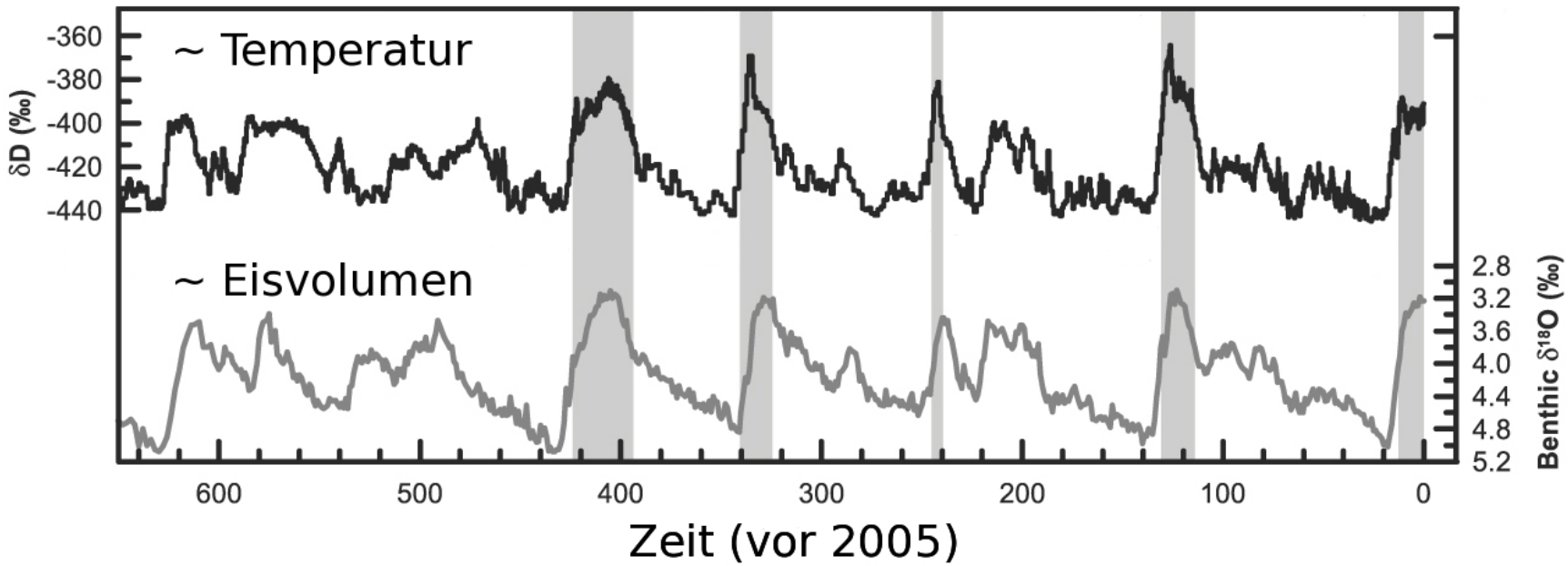
Die letzten 50 Millionen Jahre



IPCC 2007

Natürliche Klimaschwankungen

Die Eiszeiten



IPCC 2007



Was ist Klima?

Wie hat sich das Klima schon verändert?

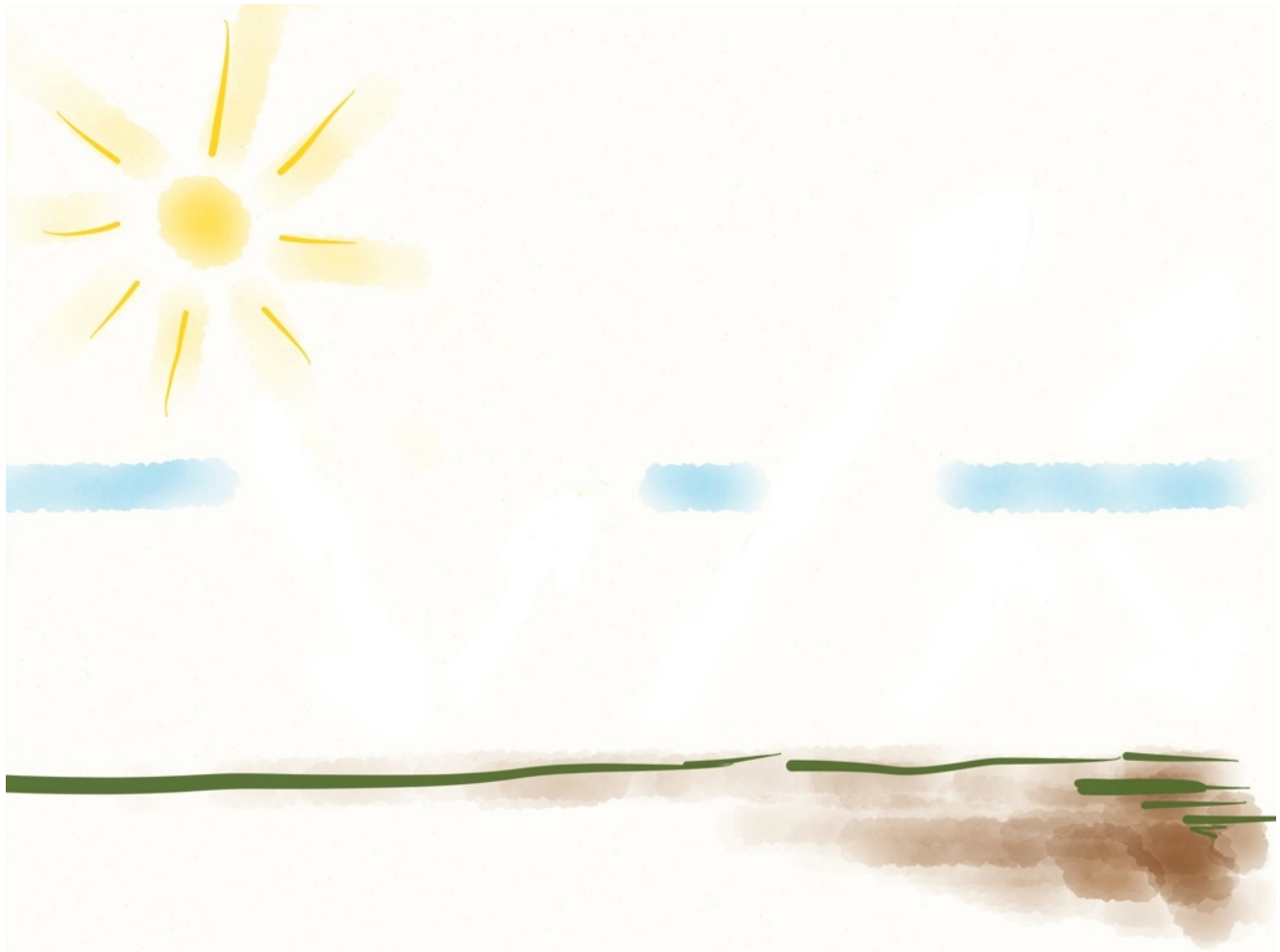
Warum hat sich das Klima in den letzten 100 Jahren geändert?

Wie könnte sich das Klima in Zukunft ändern?

Mögliche Regionale Änderungen

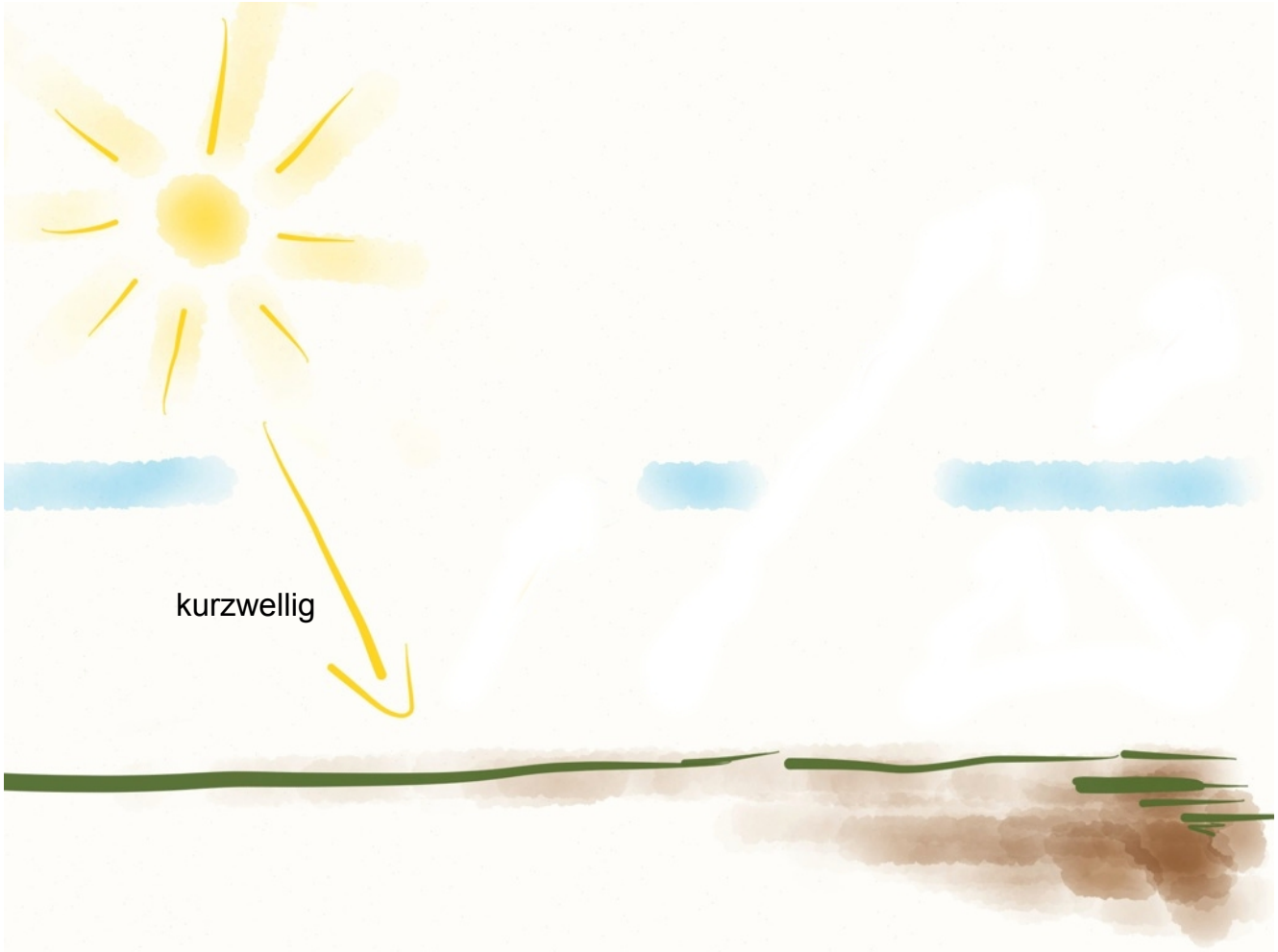
Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig



Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig



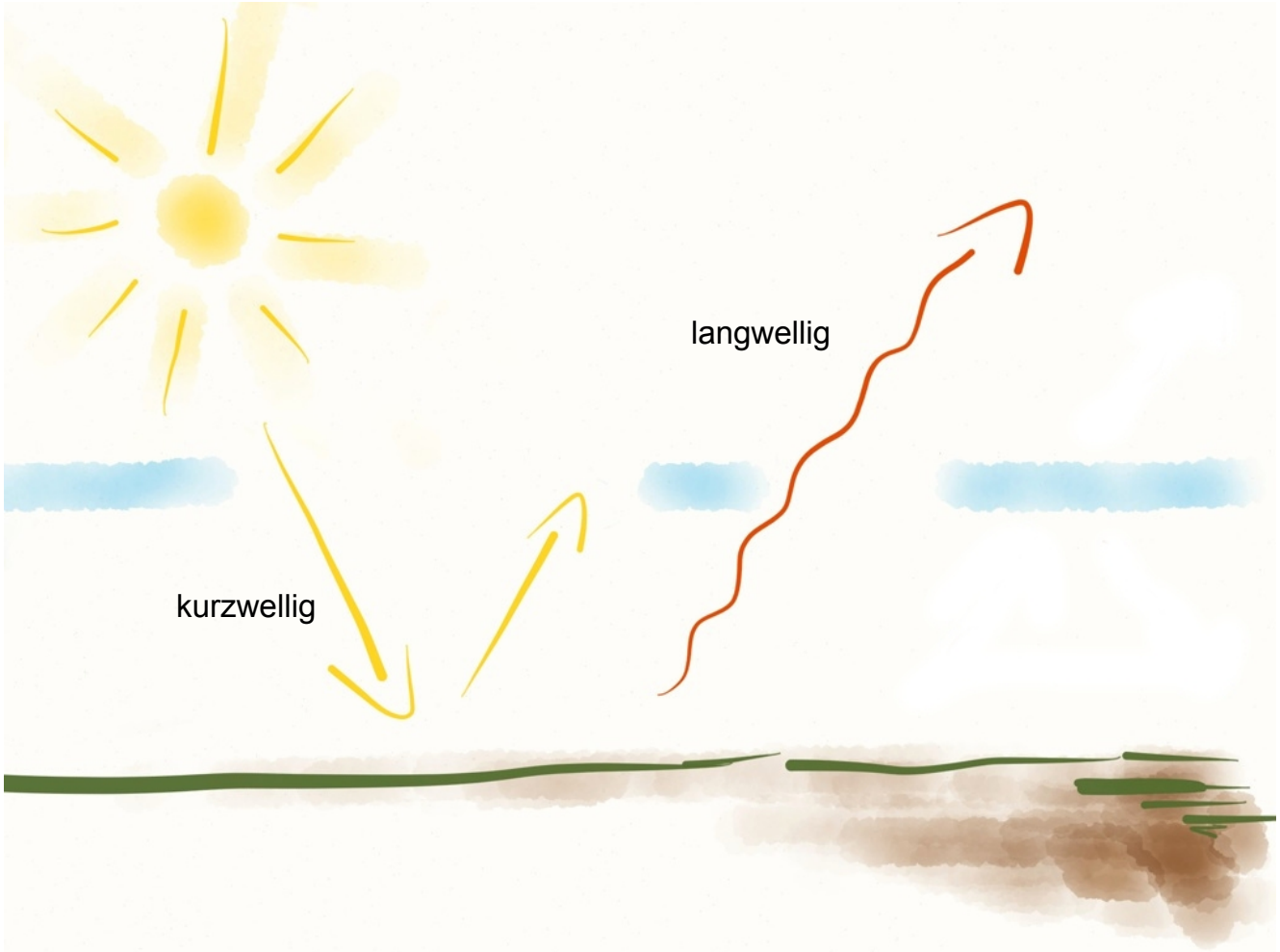
Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig



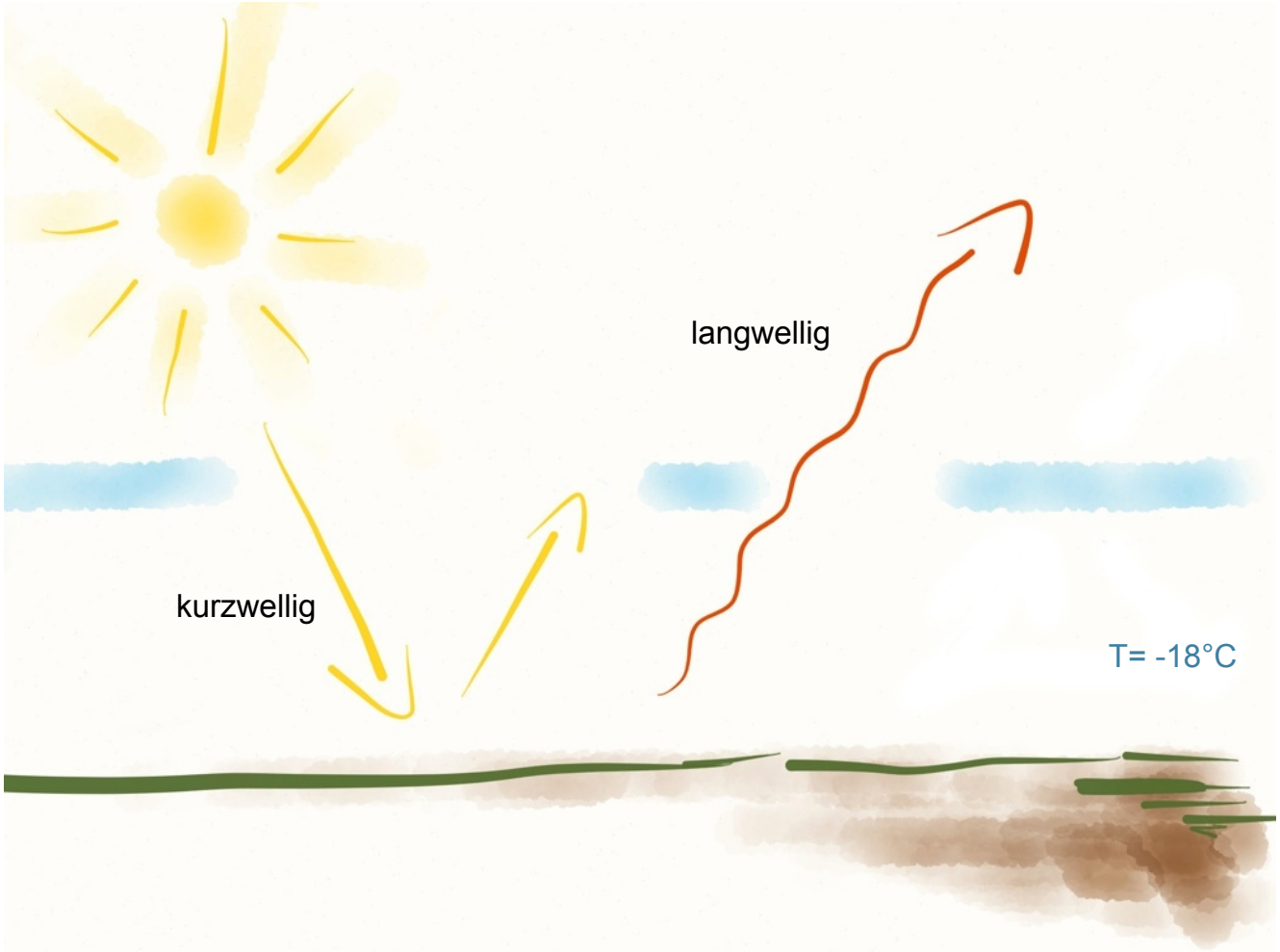
Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig



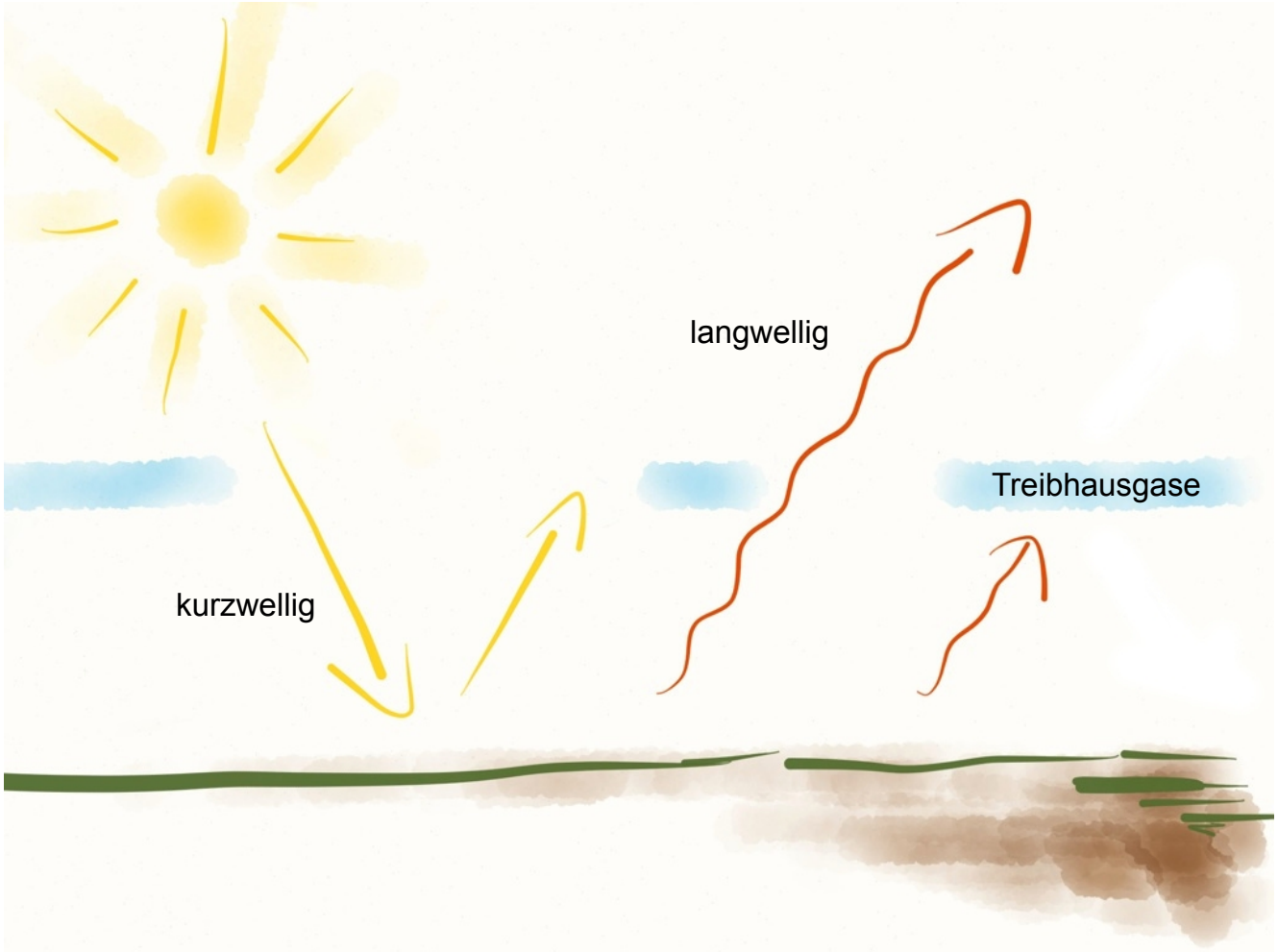
Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig



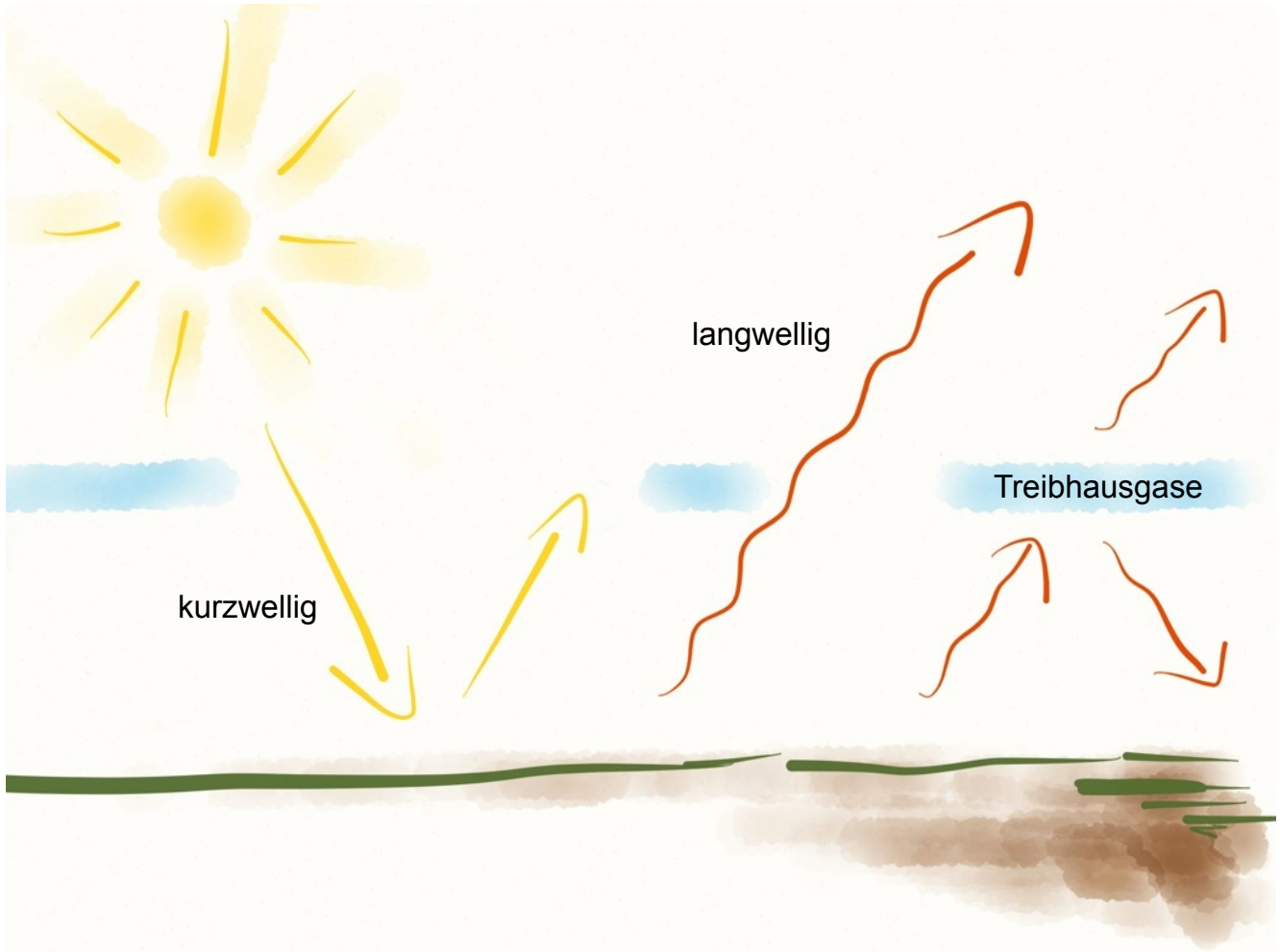
Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig



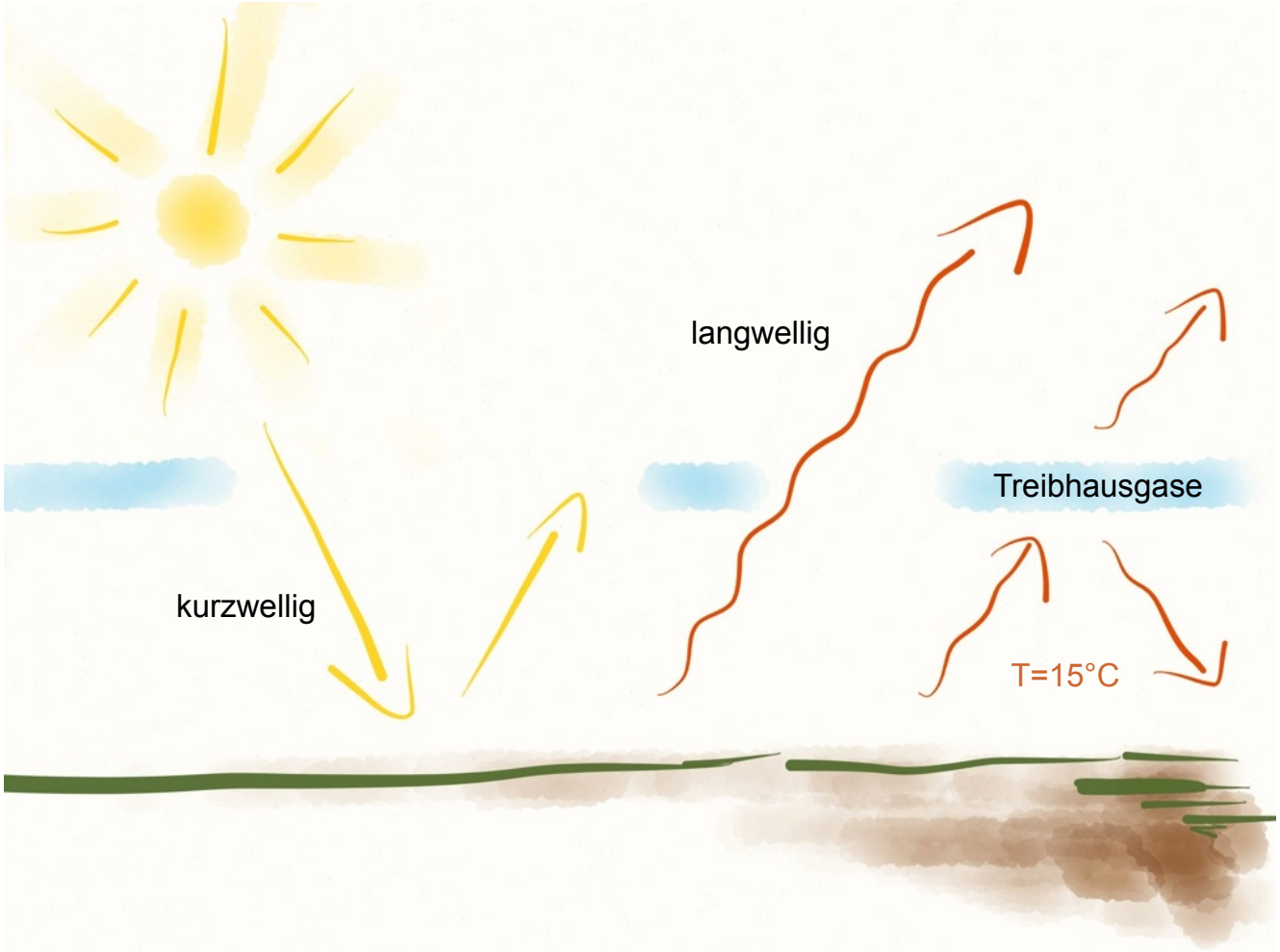
Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig

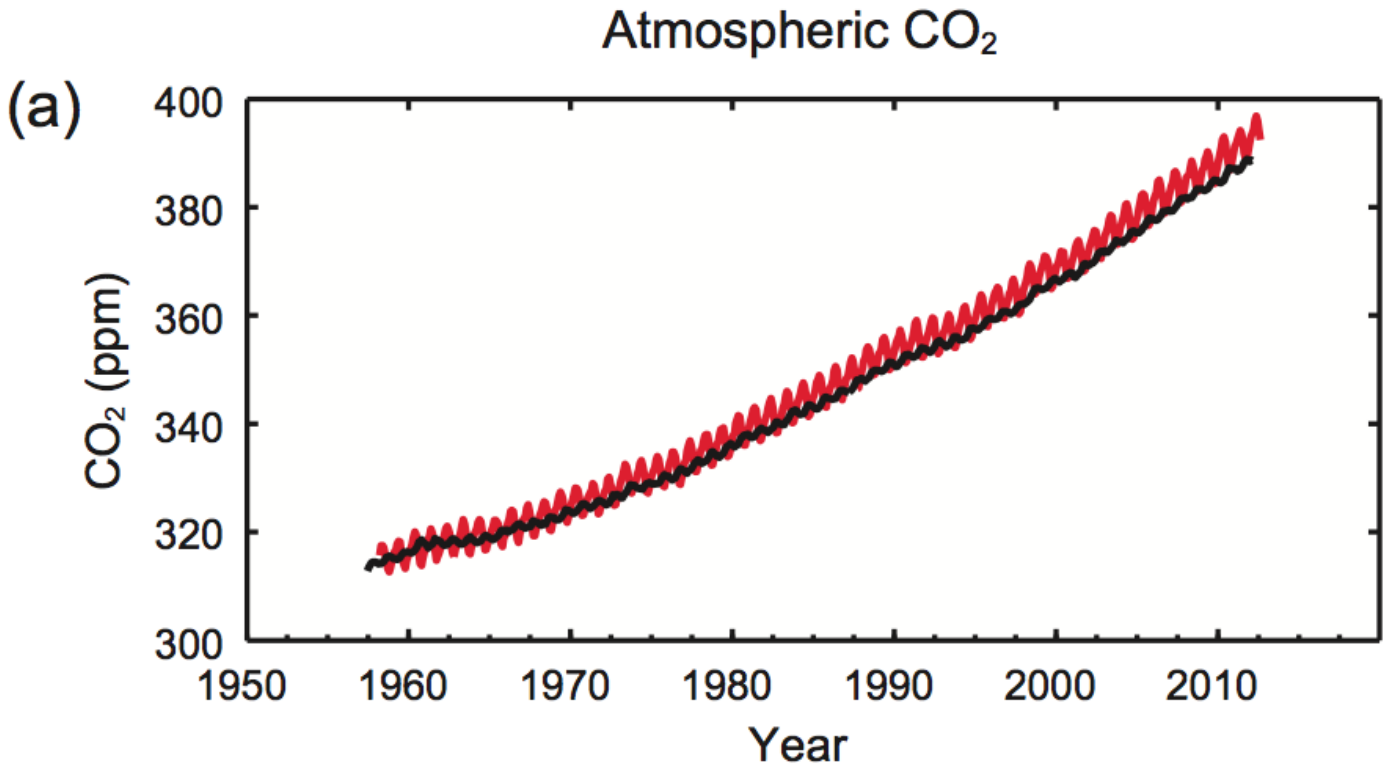


Faktor 1: Der Treibhauseffekt

... ist lebensnotwendig



Die CO_2 Konzentration steigt

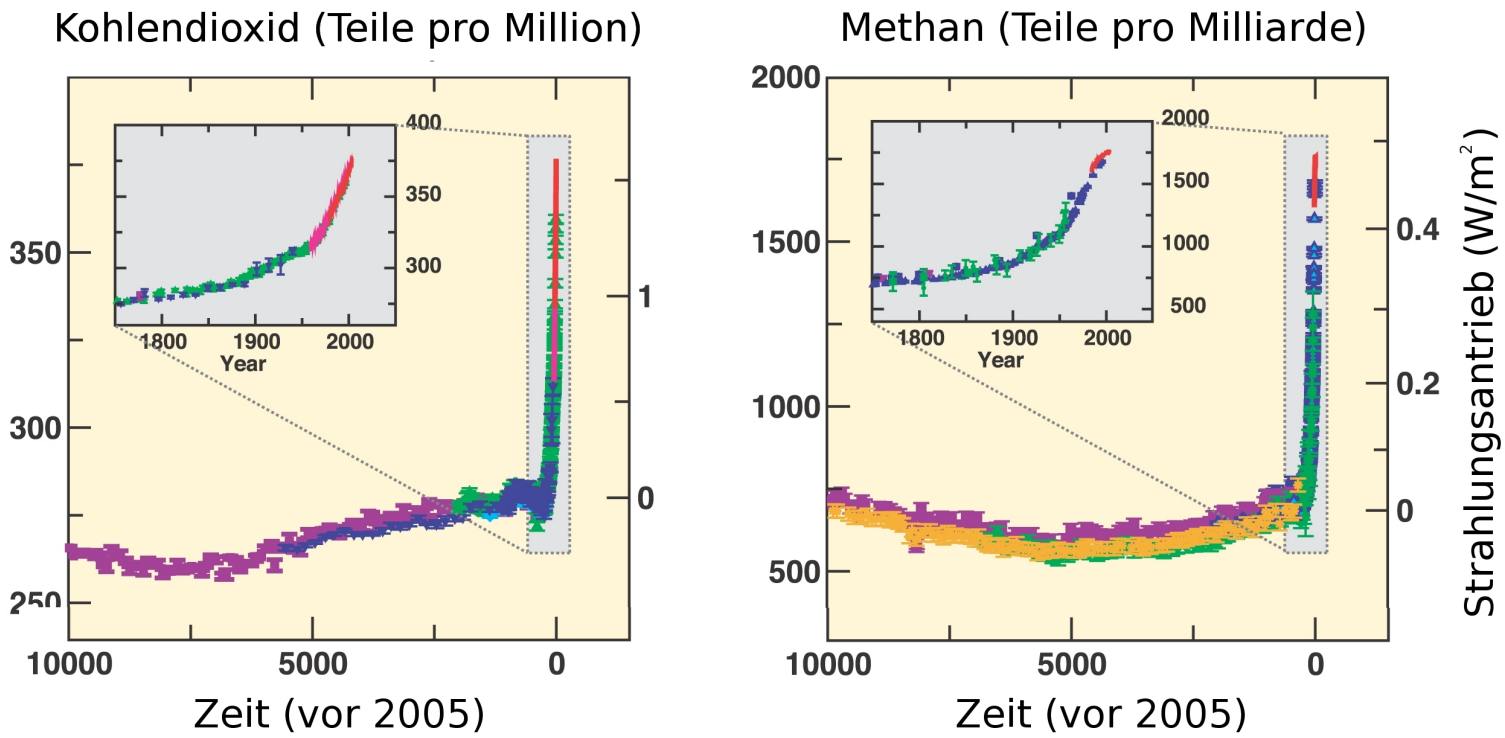


- Rot: Mauna Loa, Hawaii; schwarz: Antarktis

Keeling 1960, IPCC 2013

Der Anstieg der Treibhausgase

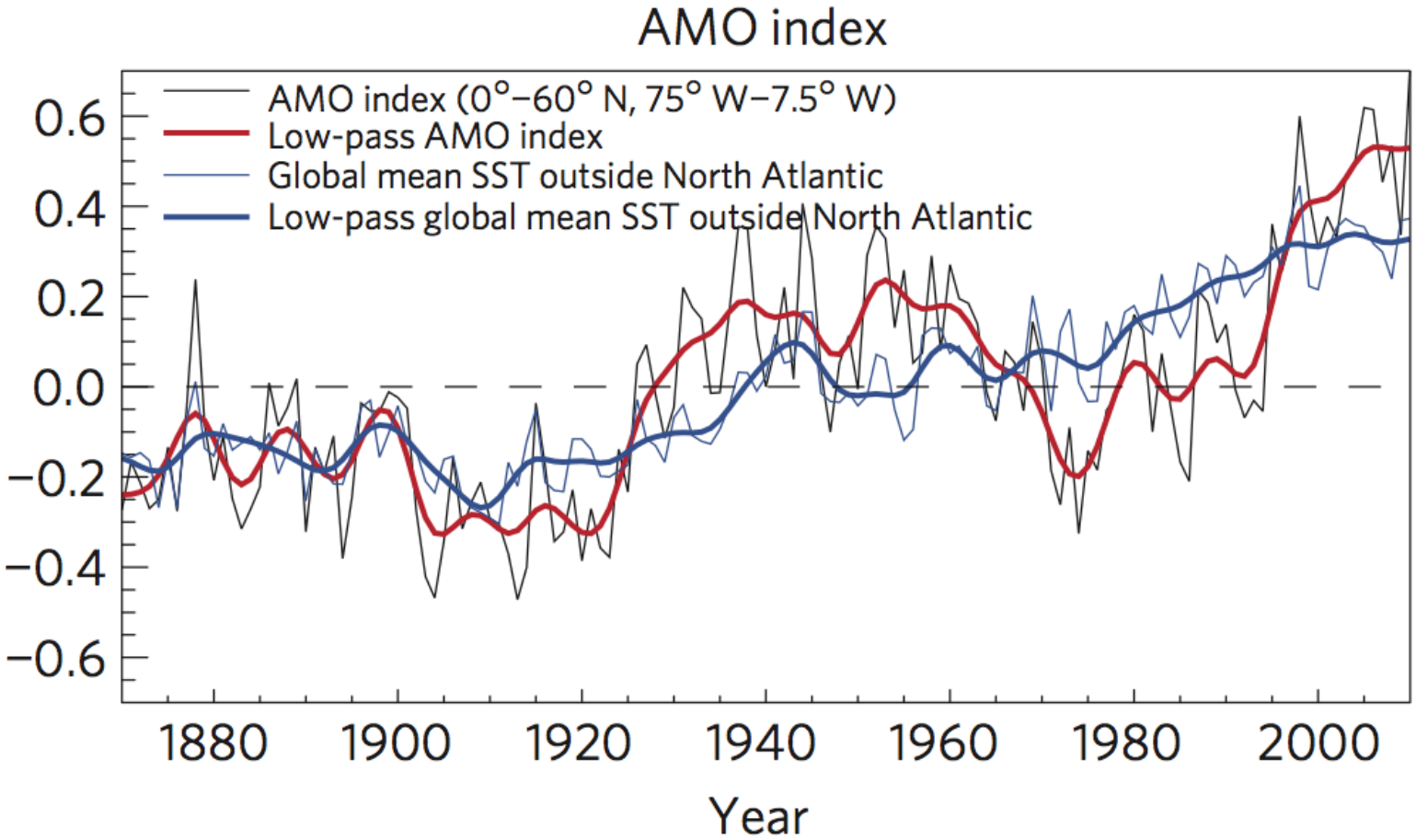
ist einmalig im Holozän



IPCC 2007

Faktor 2: natürliche Klimaschwankungen

Wärme wird zwischen Atmosphäre und Ozean transferiert

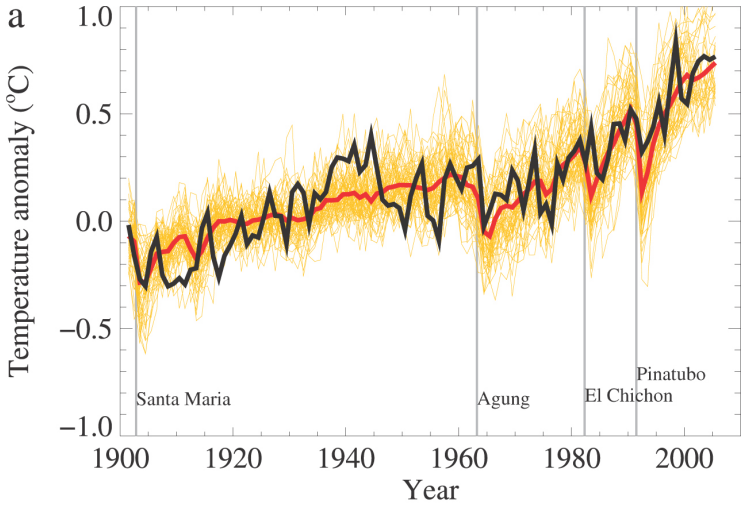


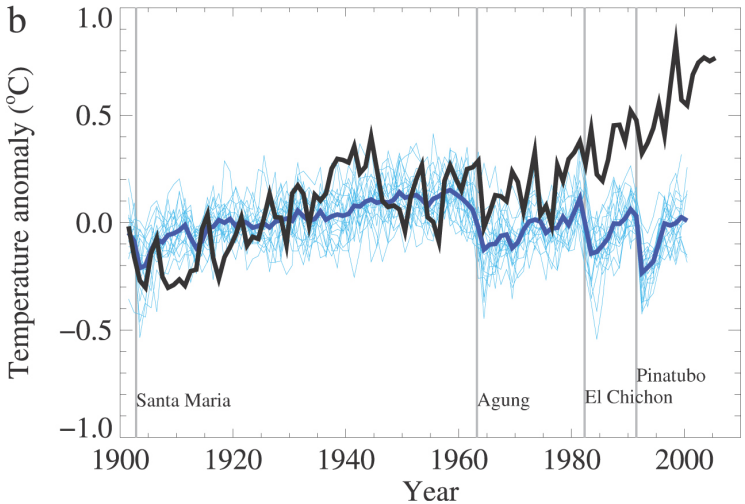
Sutton and Dong, Nat. Geosci., 2012

Kann die Änderung nicht allein natürliche Ursachen haben?

Der menschgemachte Treihauseffekt

ist für einen Großteil der Erderwärmung verantwortlich





- Schwarz: gemessene Temperatur
- Gelb/rot: Klimamodelle mit menschlichem Treibhauseffekt
- Blau: Klimamodelle nur mit natürlichen Schwankungen (Sonne, Vulkane)

IPCC 2007



Was ist Klima?

Wie hat sich das Klima schon verändert?

Warum hat sich das Klima in den letzten 100 Jahren geändert?

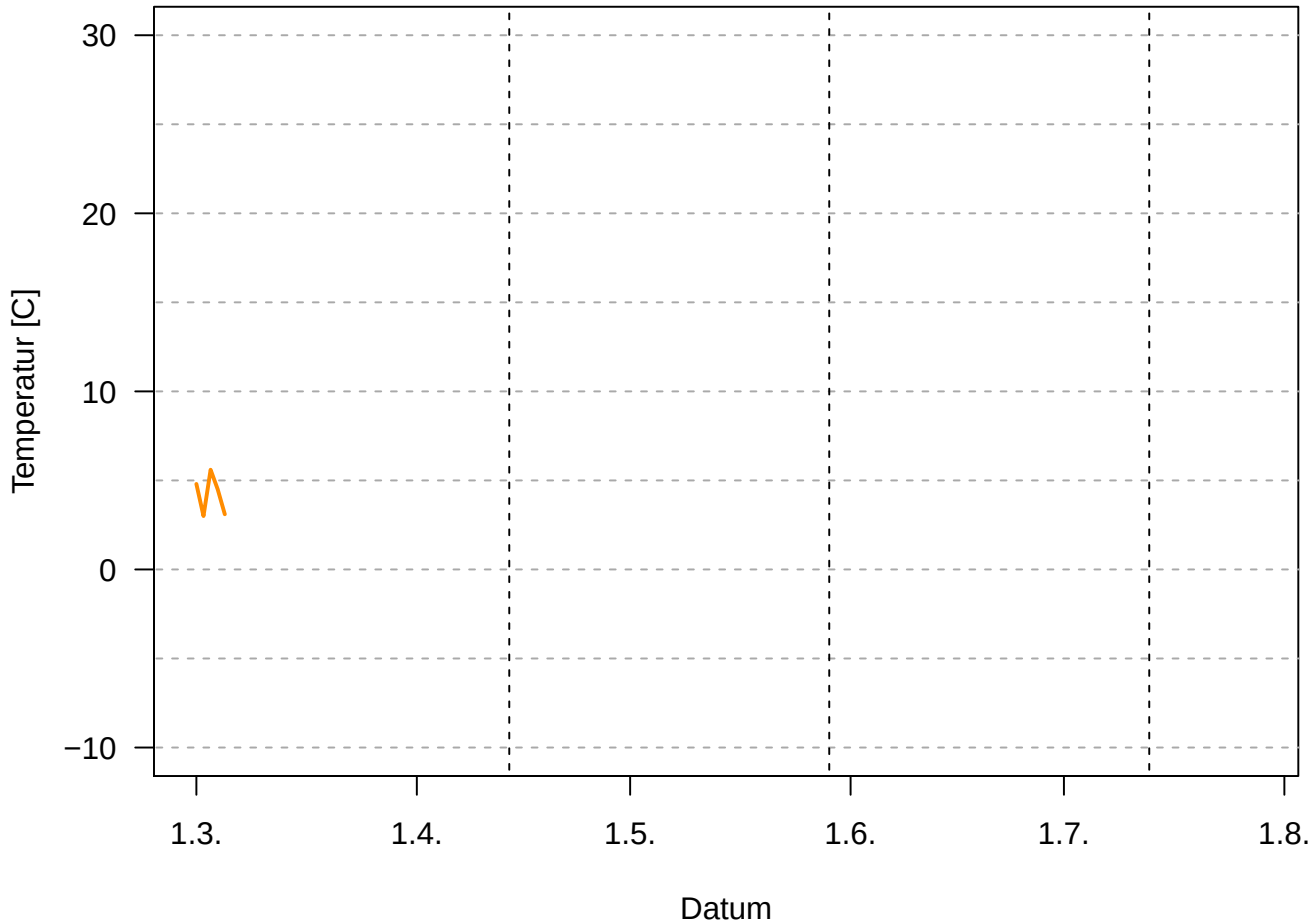
Wie könnte sich das Klima in Zukunft ändern?

Mögliche Regionale Änderungen

Warum kann man den Klimawandel überhaupt “vorhersagen”?
(Wo doch unsere Wettervorhersage nur für ein paar Tage funktioniert?)

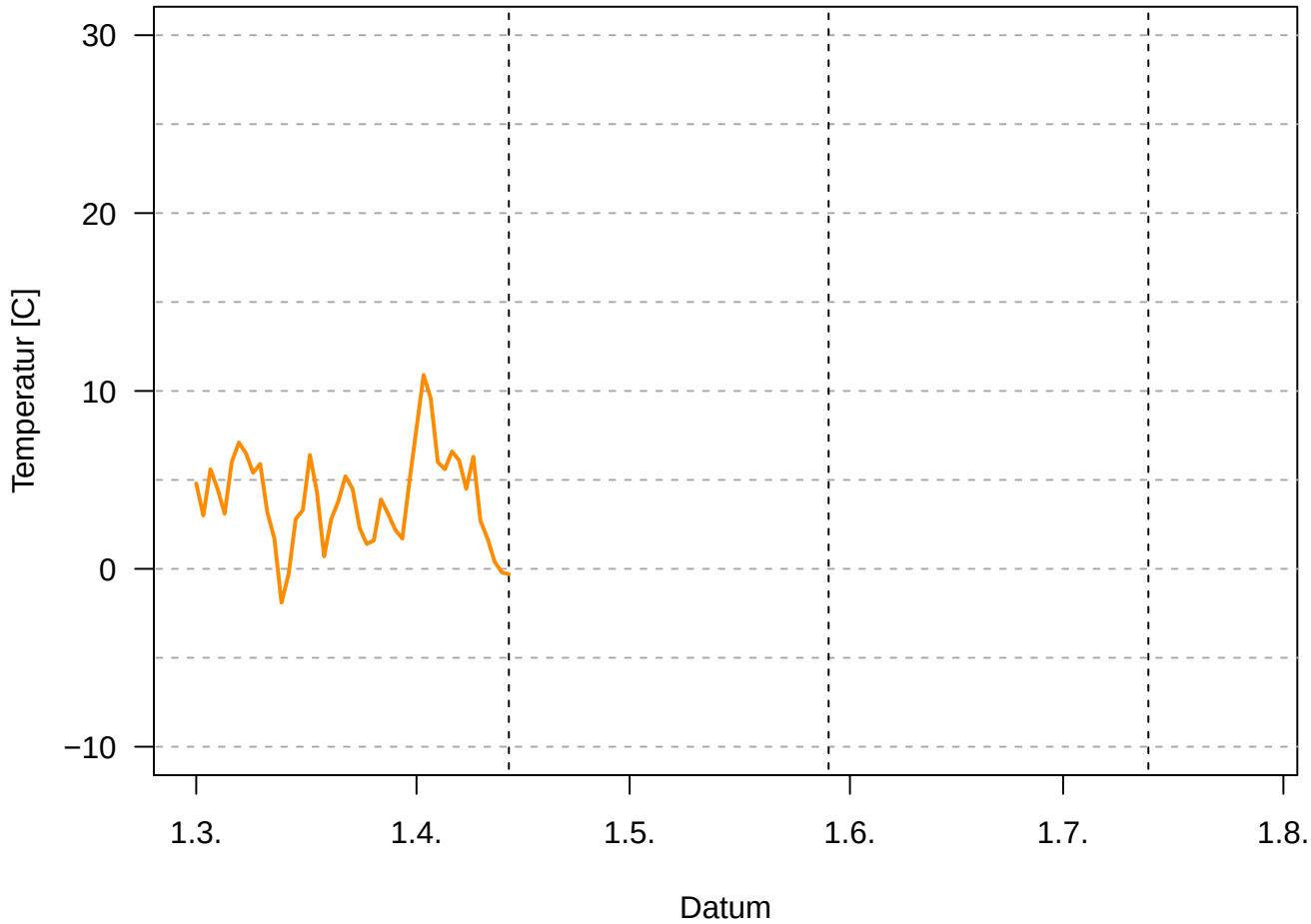
Ratespiel

Wie wird der Sommer?



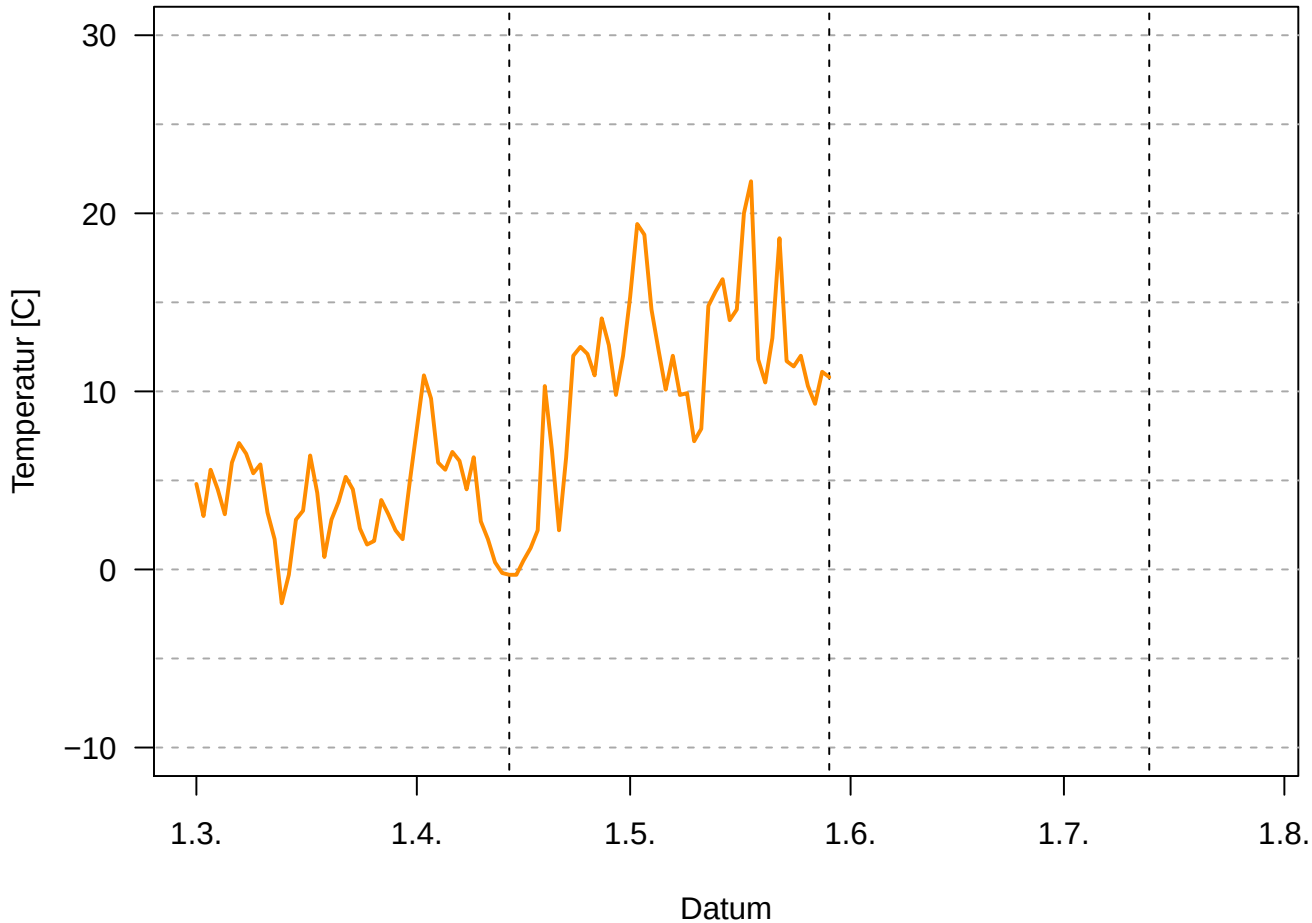
Ratespiel

Wie wird der Sommer?



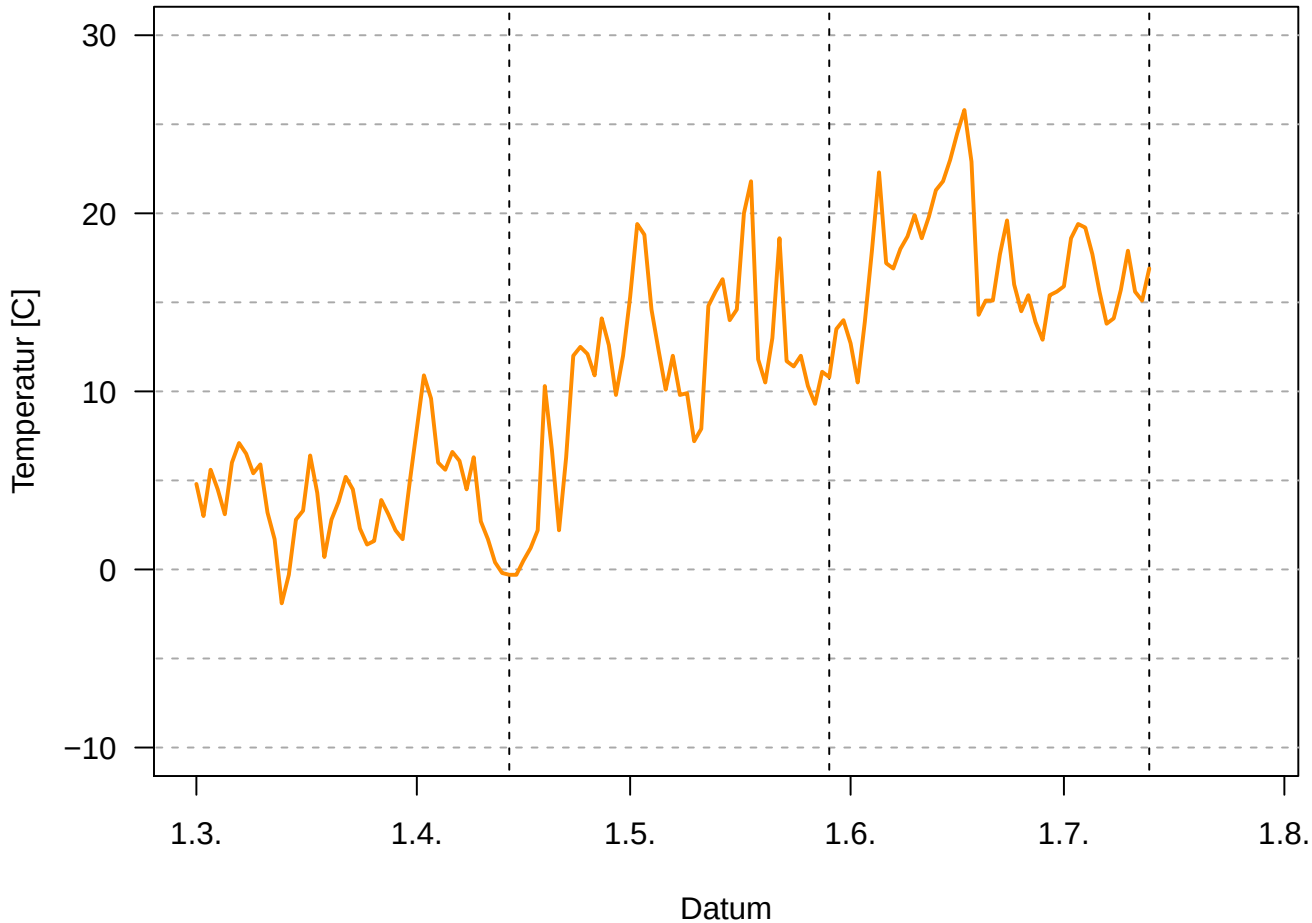
Ratespiel

Wie wird der Sommer?



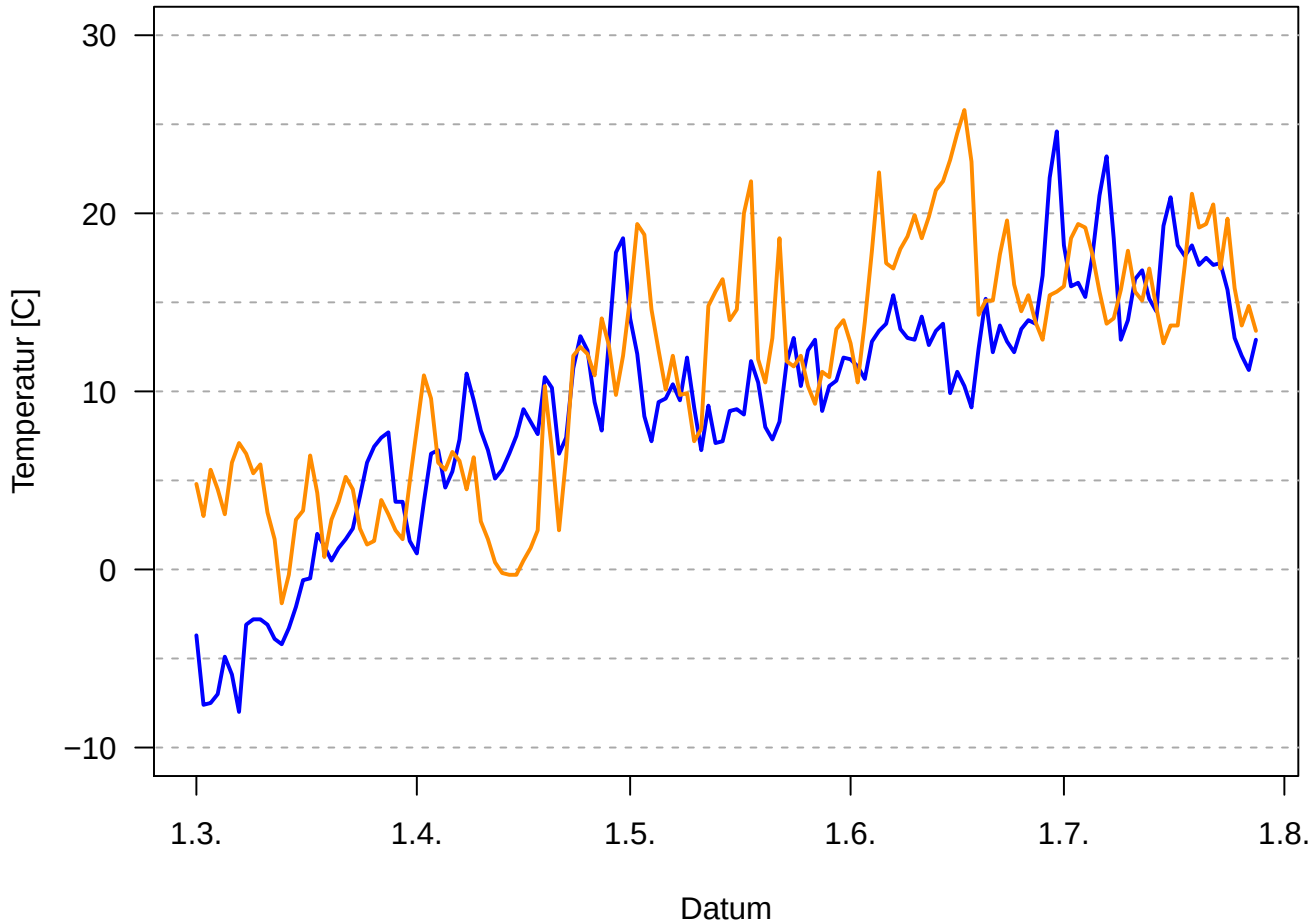
Ratespiel

Wie wird der Sommer?



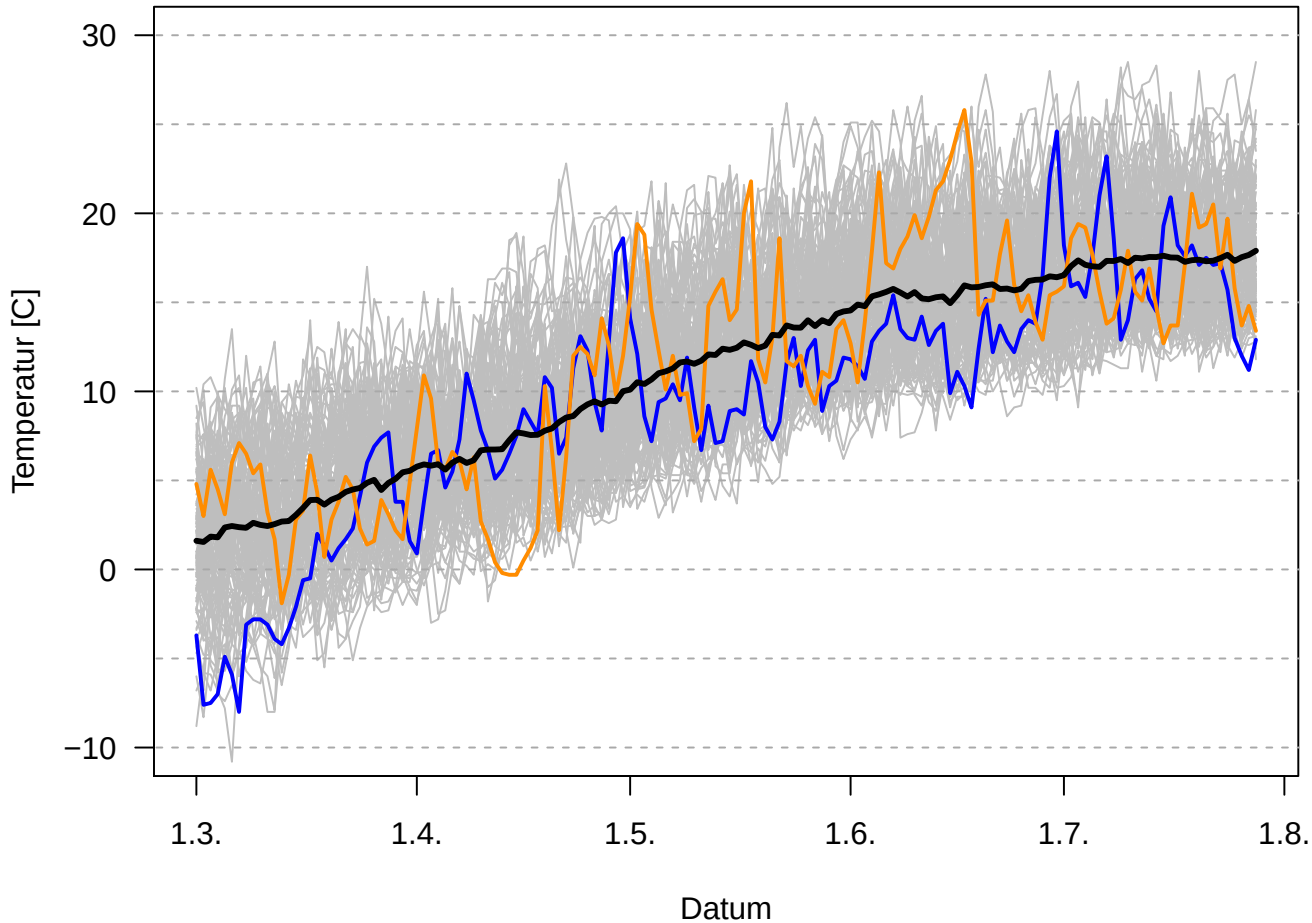
Ratespiel

Wie wird der Sommer?



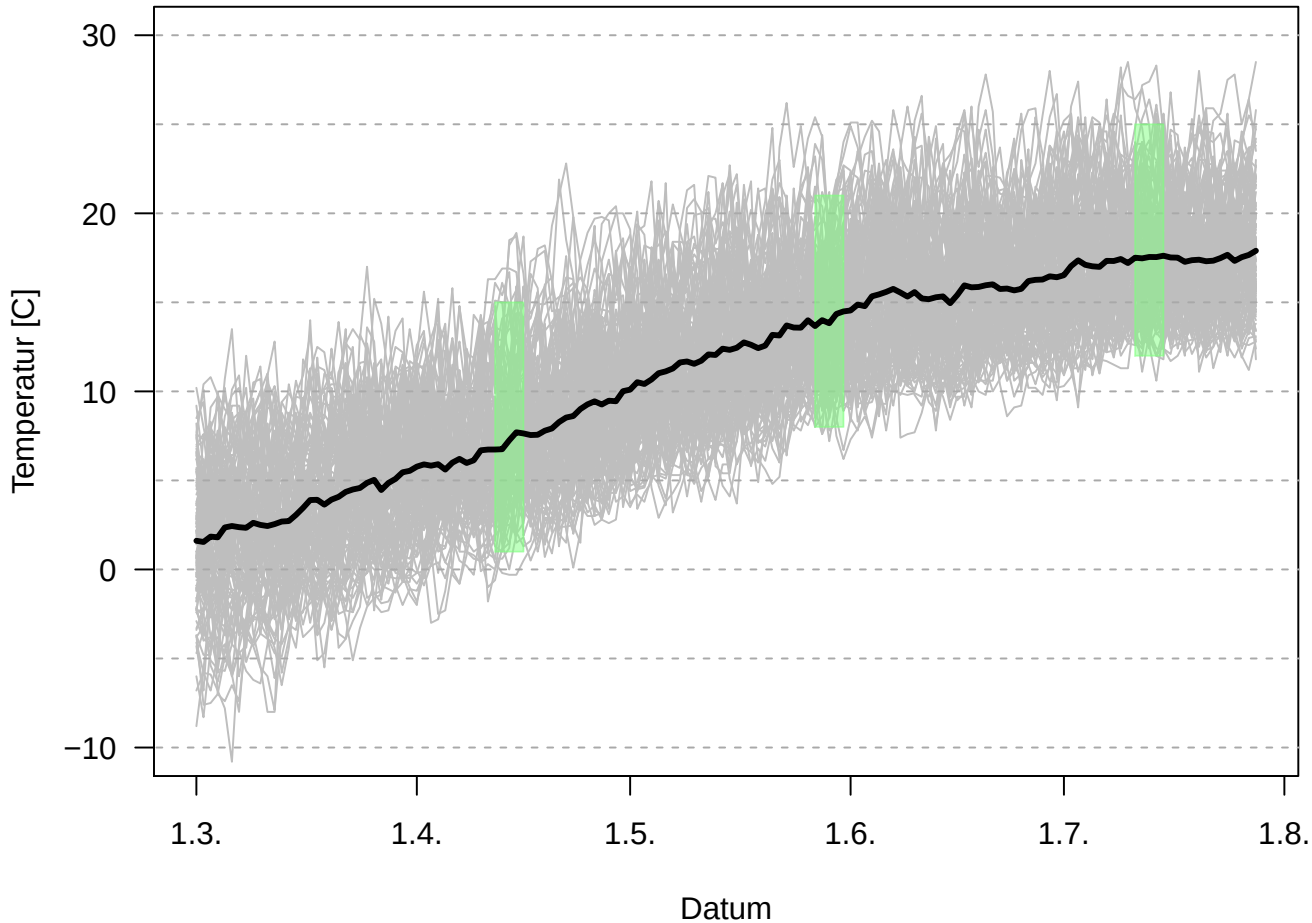
Ratespiel

Wie wird der Sommer?



Ratespiel

Wie wird der Sommer?



Im Sommer erwarten wir höhere Temperaturen als im Frühling
(aber an manchen Tagen haben wir auch Sauwetter)

CO_2-Gehalt entspricht dem Sonnenstand

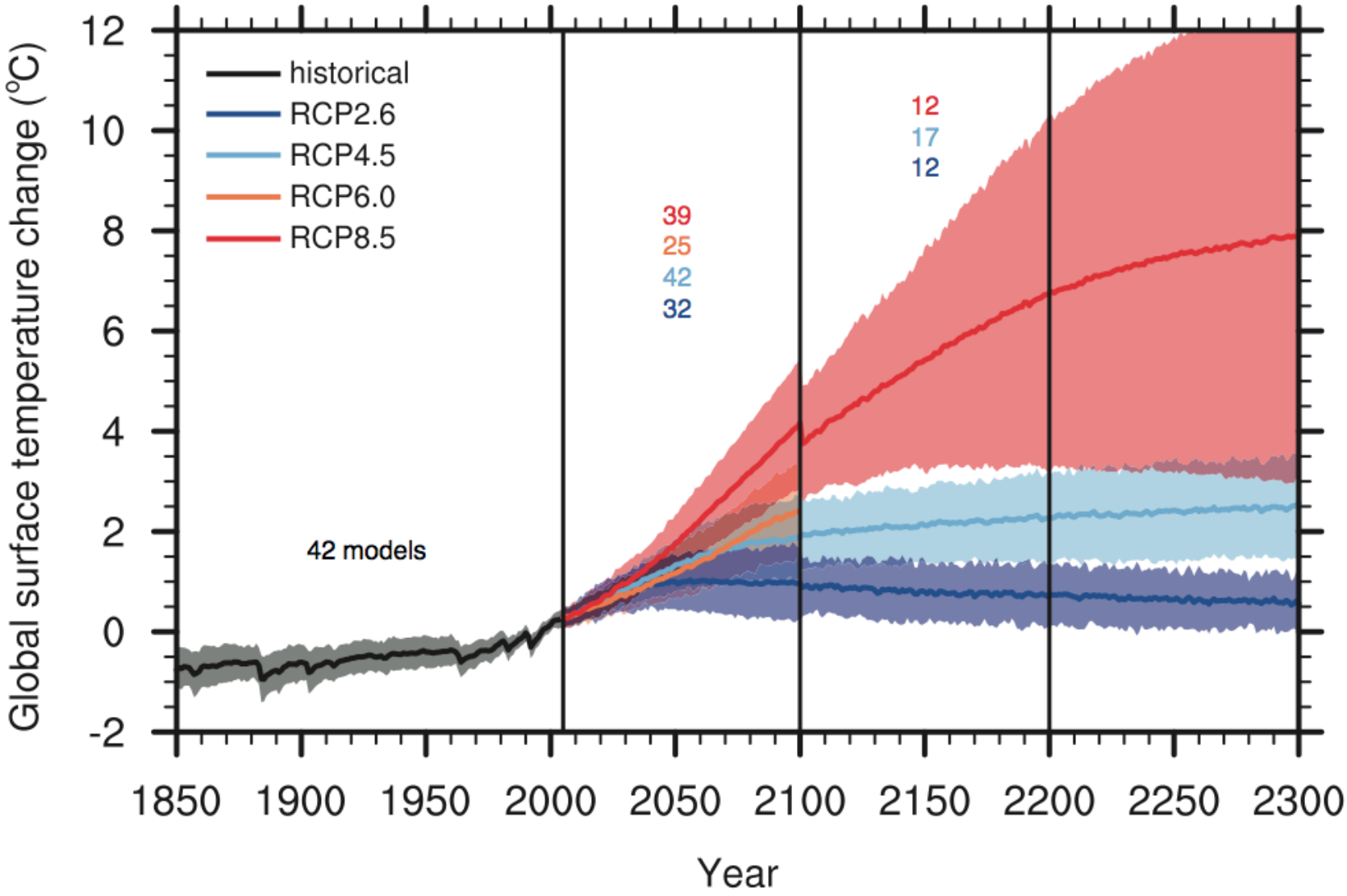
- Je höher die Sonne steht, desto mehr Sonnenenergie fällt pro Quadratmeter ein.
- Je mehr Treibhausgase in der Atmosphäre, desto weniger Wärmestrahlung verlässt die Atmosphäre.

Wenn man den Gehalt an Treibhausgasen kennt, kann man abschätzen, wie das Klima wird

Und welche Änderungen erwarten wir?

Der erwartete Klimawandel

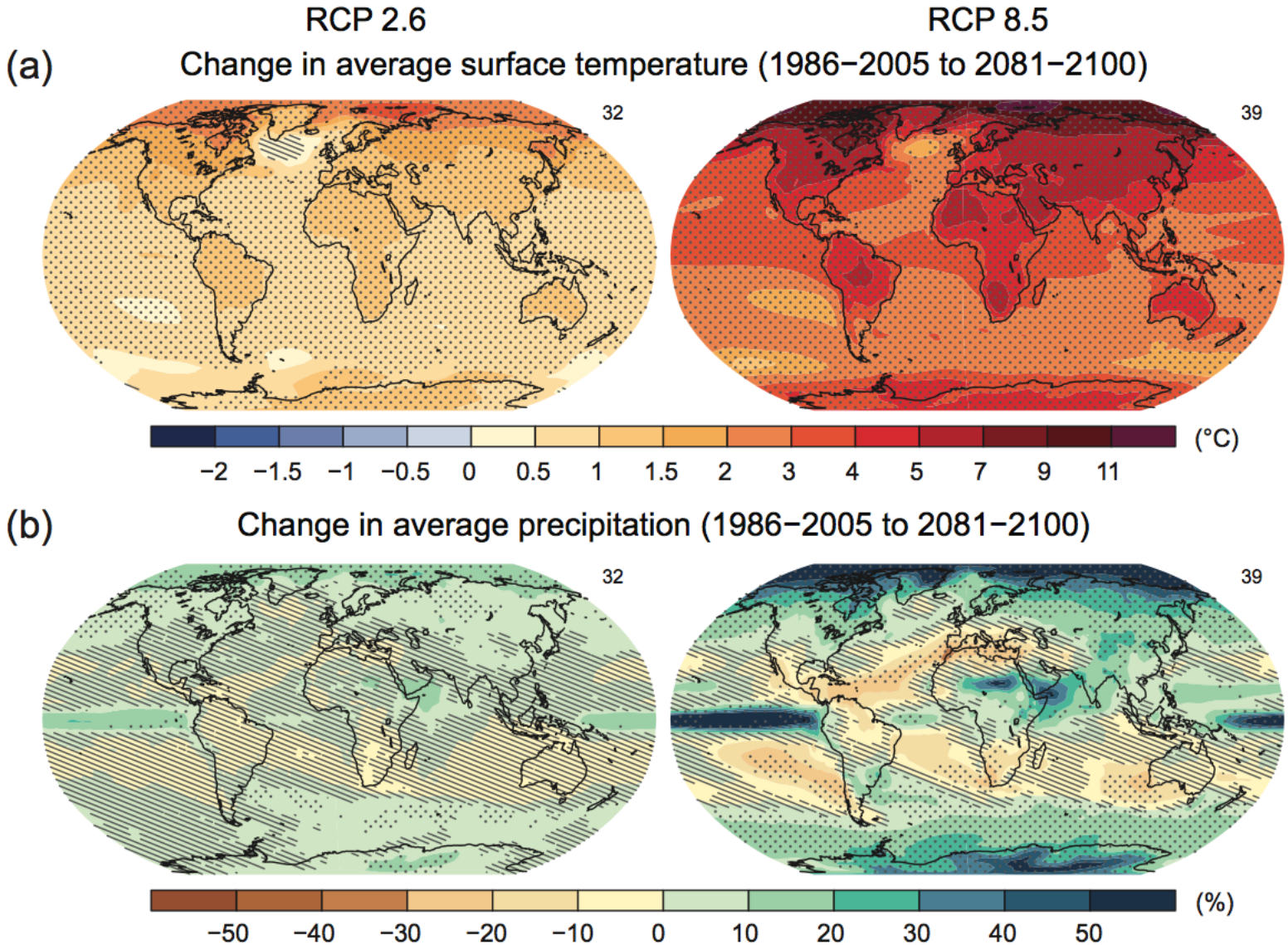
...hängt stark vom Menschen ab



IPCC 2013

Erwartete Klimaänderung

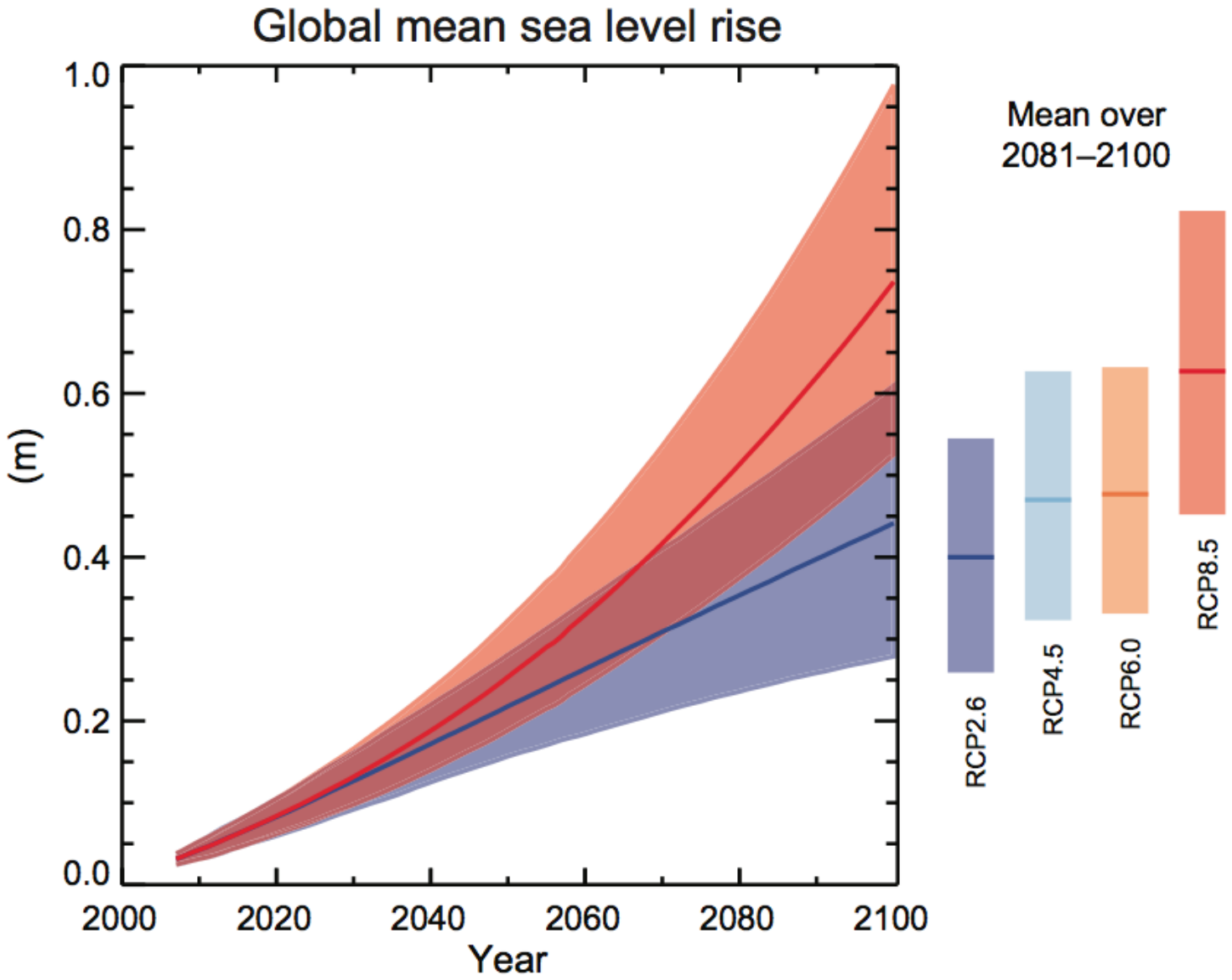
2081-2100 relativ zu 1986-2005; oben: Temperatur; unten: Niederschlag



IPCC 2013

Welche globalen Folgen erwarten wir?

Anstieg des Meeresspiegels



IPCC 2013

Meeresspiegelanstieg I

Überfluten z.B. der Malediven



Die höchste Erhebung der Malediven beträgt 2,4 Meter.

Meeresspiegelanstieg II

Überfluten von dichtbesiedelten Küstengebieten



17% der Fläche Bangladeschs liegen
weniger als 1 Meter über dem Meeresspiegel.

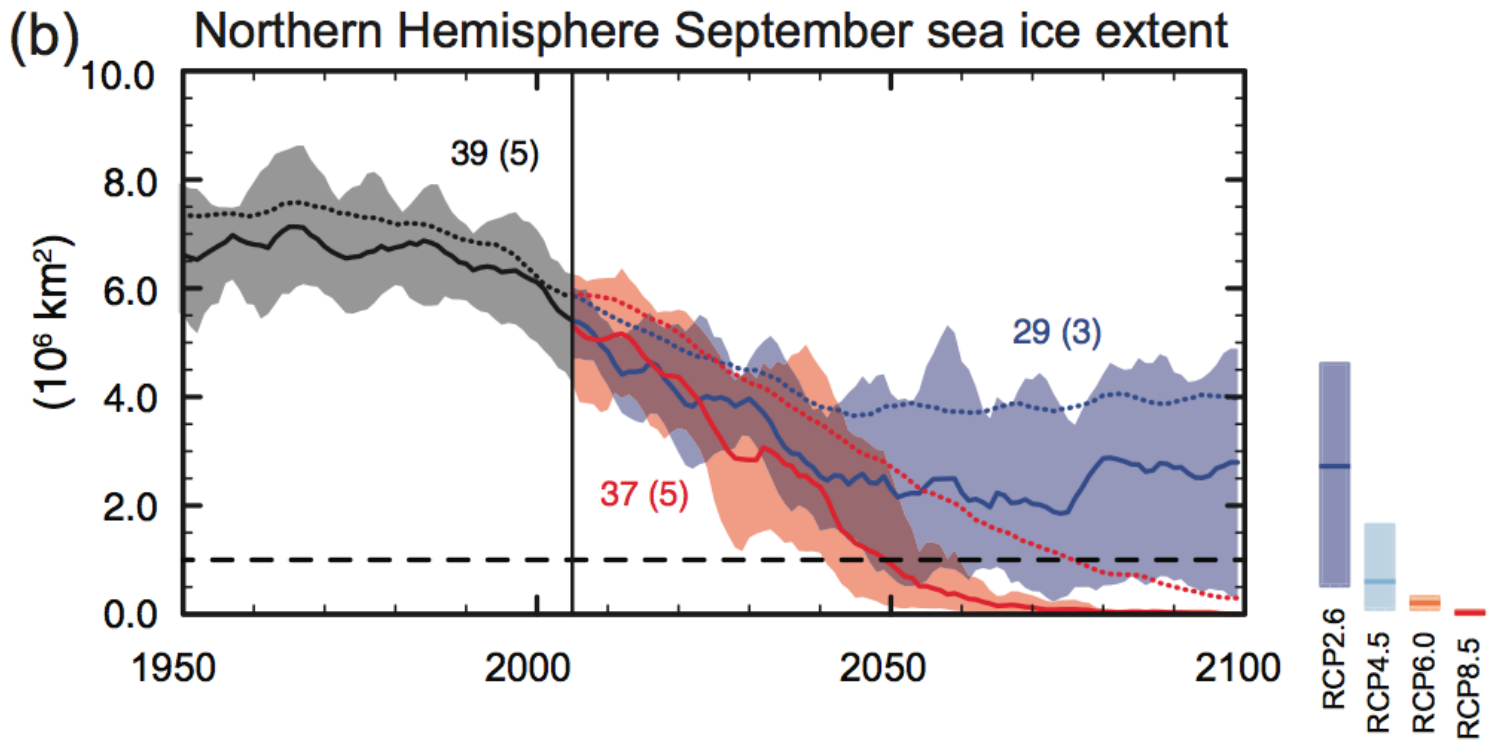
Meeresspiegelanstieg III

Stärkere Nordseesturmfluten



In der Deutschen Bucht wird die Höhe von Sturmfluten 30 cm - 110 cm zunehmen.

Schmelzen des Meereises



IPCC 2013

Abschmelzen von Gletschern

Wasserknappheit



Ganges und Indus werden außerhalb der Monsunzeiten weniger Wasser führen.

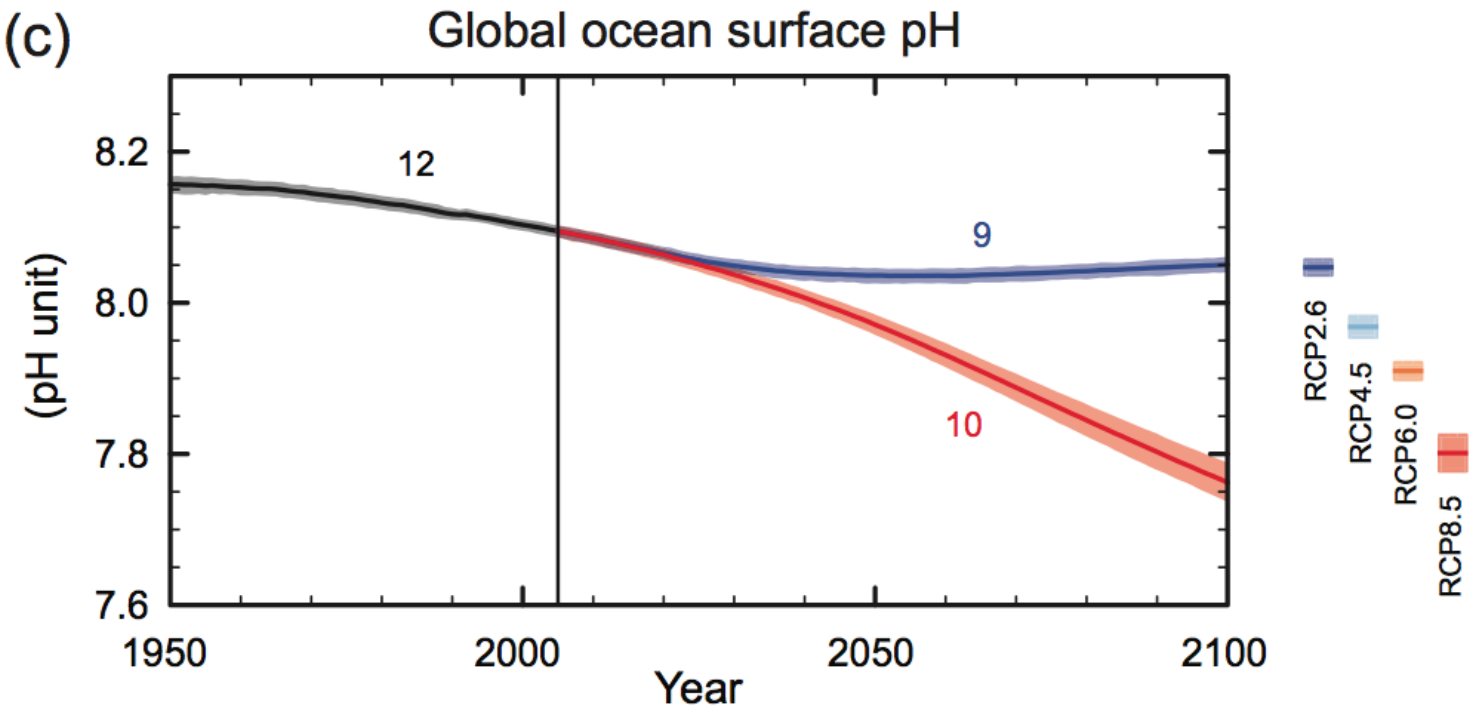
Zunahme von Dürren und Hitzewellen

Wasserknappheit z.B. in Südeuropa



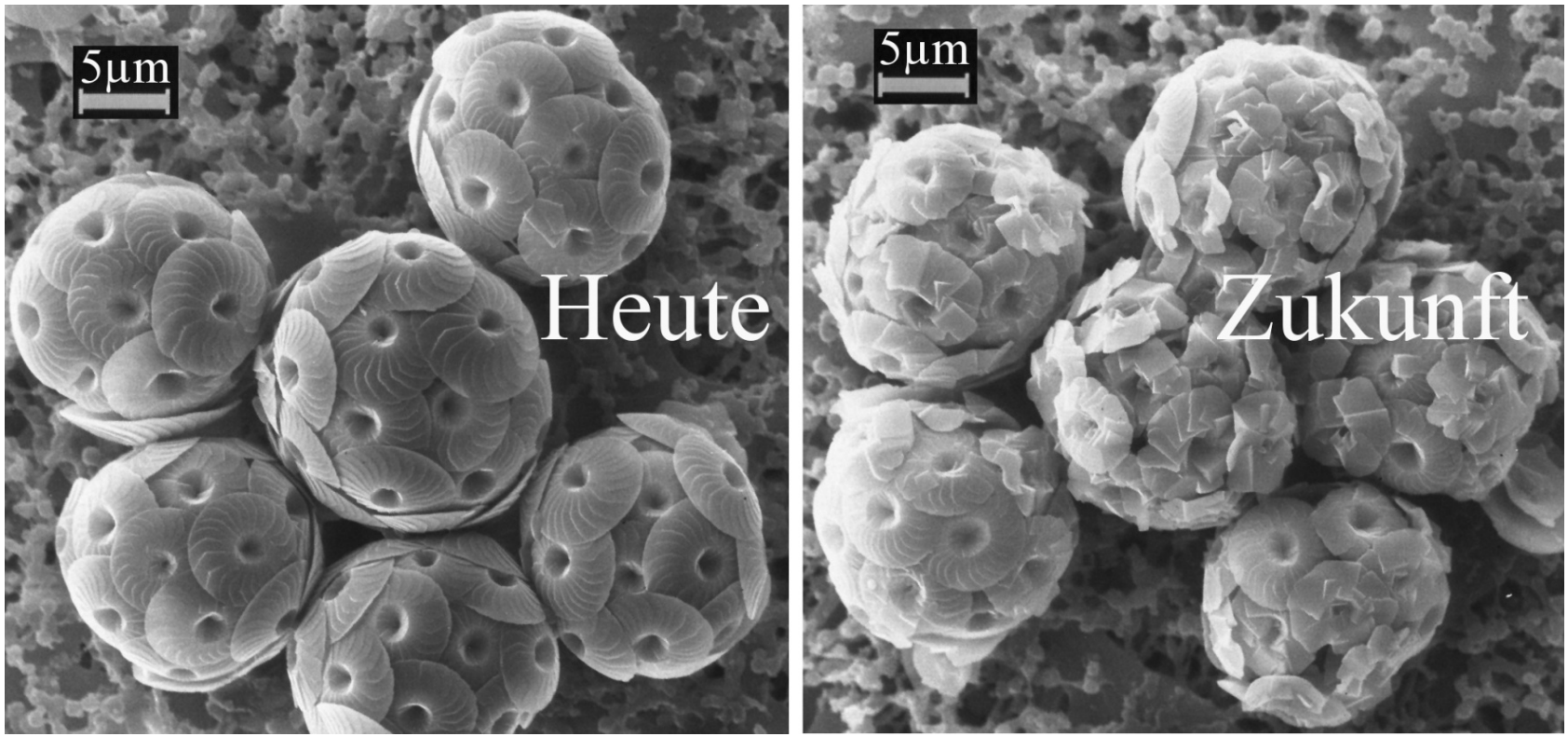
Trockengefallenes Wasserreservoir in Spanien.

Versauerung der Ozeane



IPCC 2013

Zerstörung von Korallen und Algen



Veränderung von Kalkalgen durch Versauerung



Was ist Klima?

Wie hat sich das Klima schon verändert?

Warum hat sich das Klima in den letzten 100 Jahren geändert?

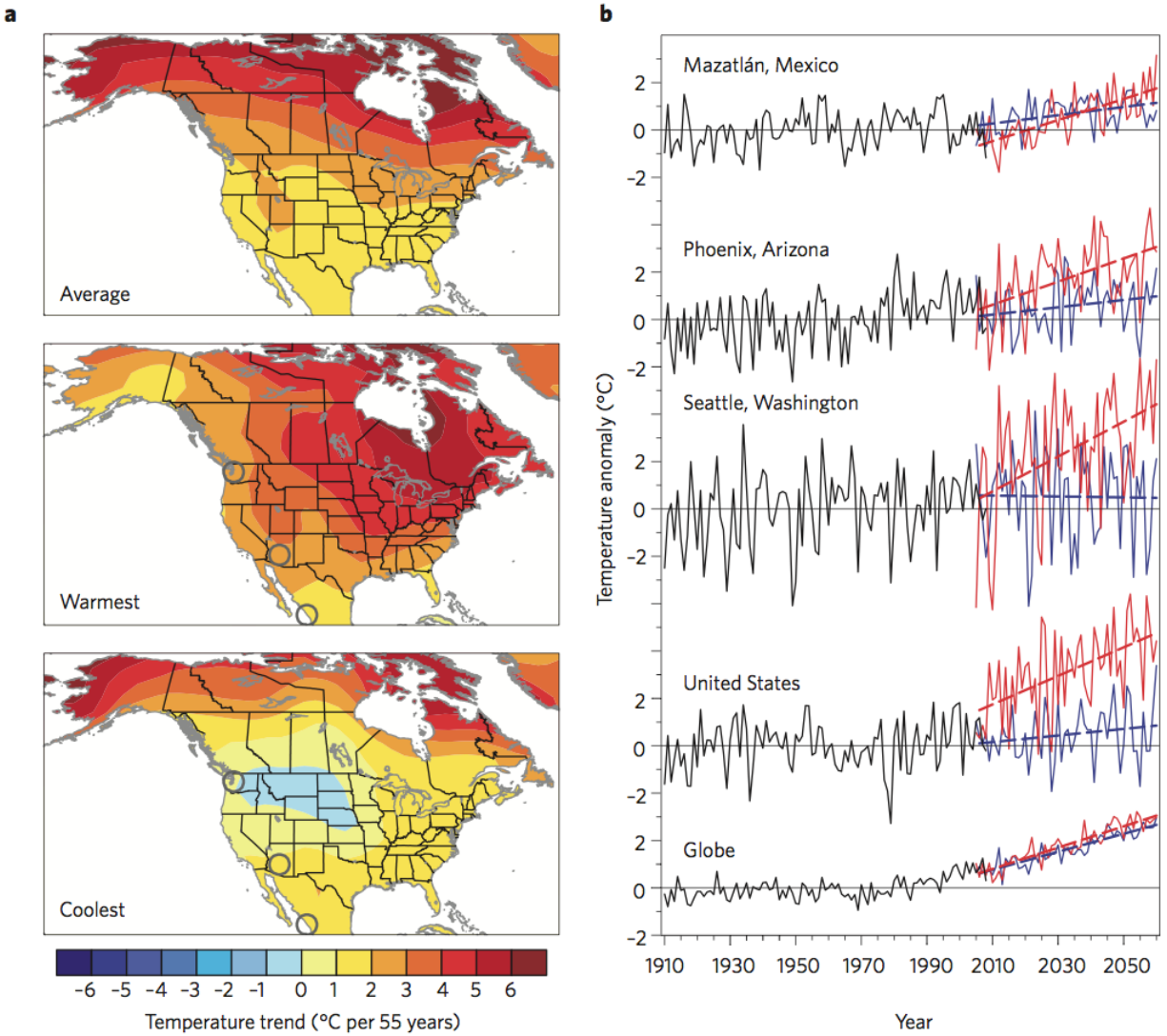
Wie könnte sich das Klima in Zukunft ändern?

Mögliche Regionale Änderungen

Ein Schritt zurück: was sind Unsicherheitsquellen gerade für regionale Änderungen?

1. Natürliche Schwankungen

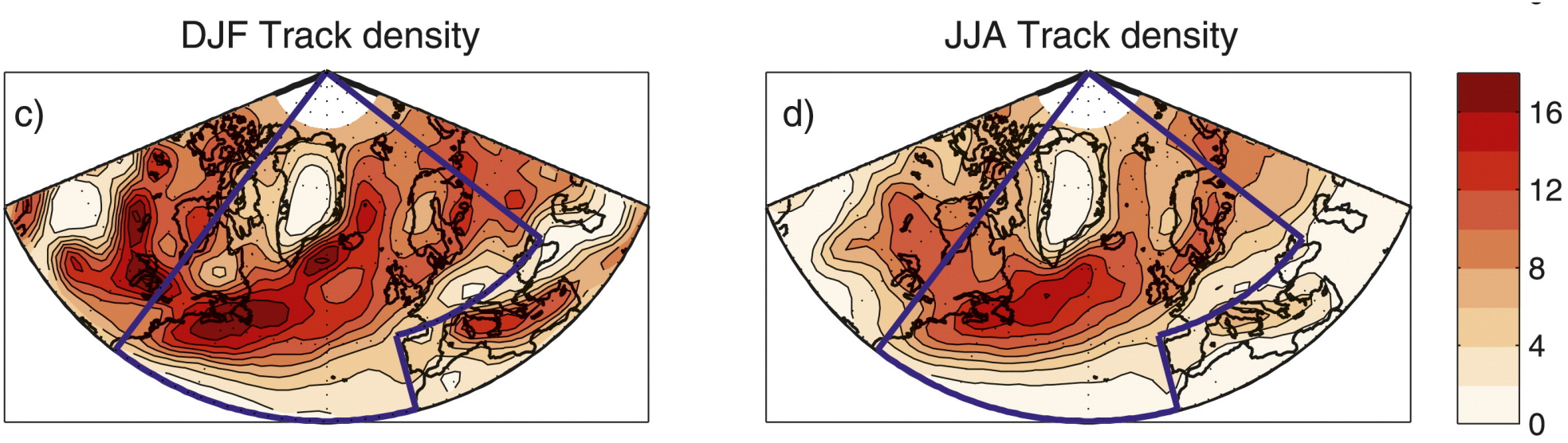
Beispiel: Mögliche Änderungen des Klimas in den USA



Deser et al., Nat. Clim. Change, 2012

2. Probleme in der Zirkulation

Beispiel: Sturmzugbahnen über Atlantik und Europa

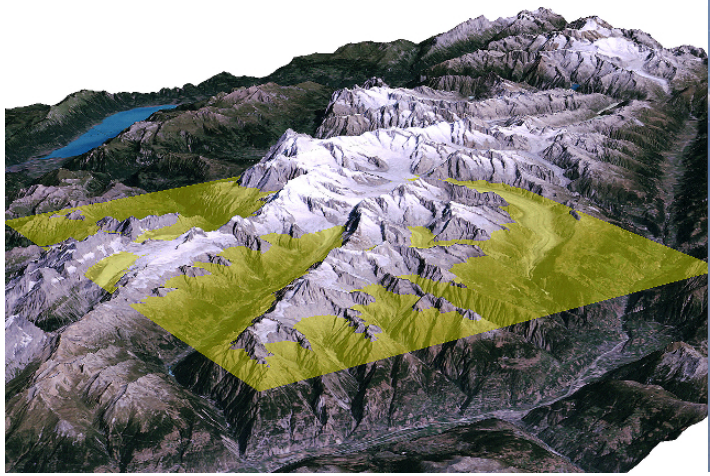


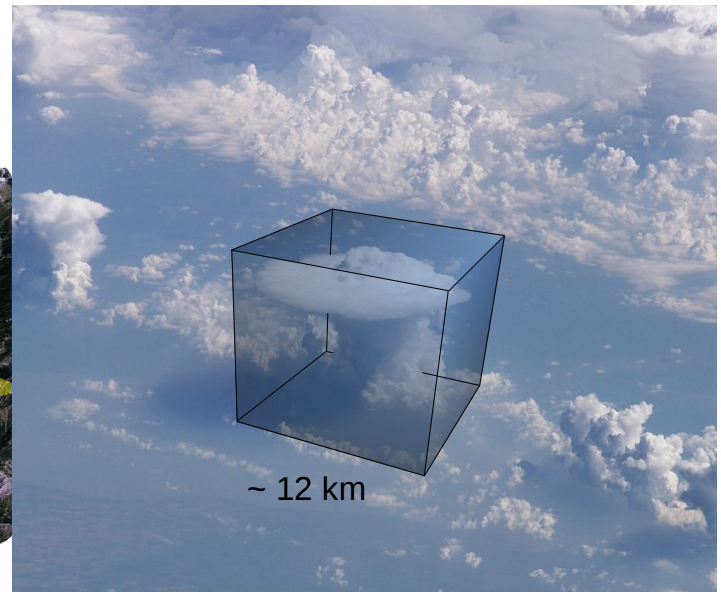
- Es ist gut verstanden, dass in einem Sturm die Niederschlagsintensität zunehmen wird.
- Wie sich die Zugbahnen verschieben werden, ist jedoch nur grob verstanden.

Zappa et al., J. Climate, 2013

3. Klimamodelle sind (noch) zu grob

Beispiel: Gewitter

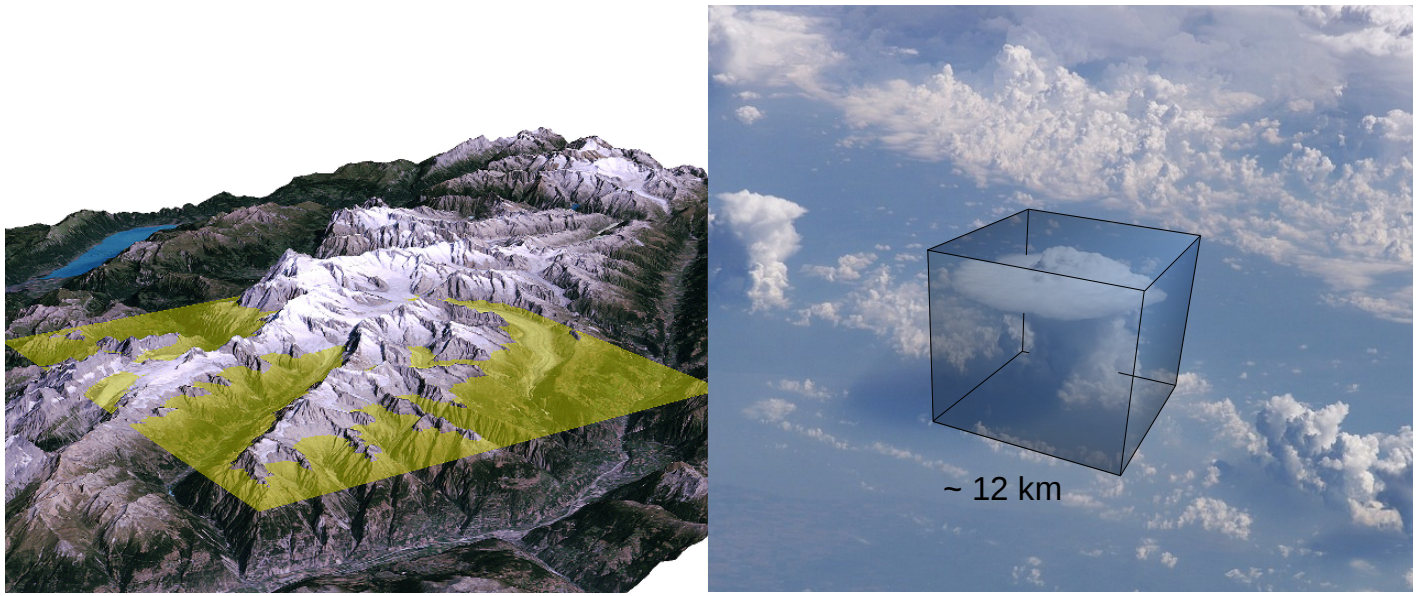




Stephan Gruber, U Zürich; NASA

3. Klimamodelle sind (noch) zu grob

Beispiel: Gewitter



Kleinräumige Prozesse werden durch sogenannte Parameterisierungen berücksichtigt.

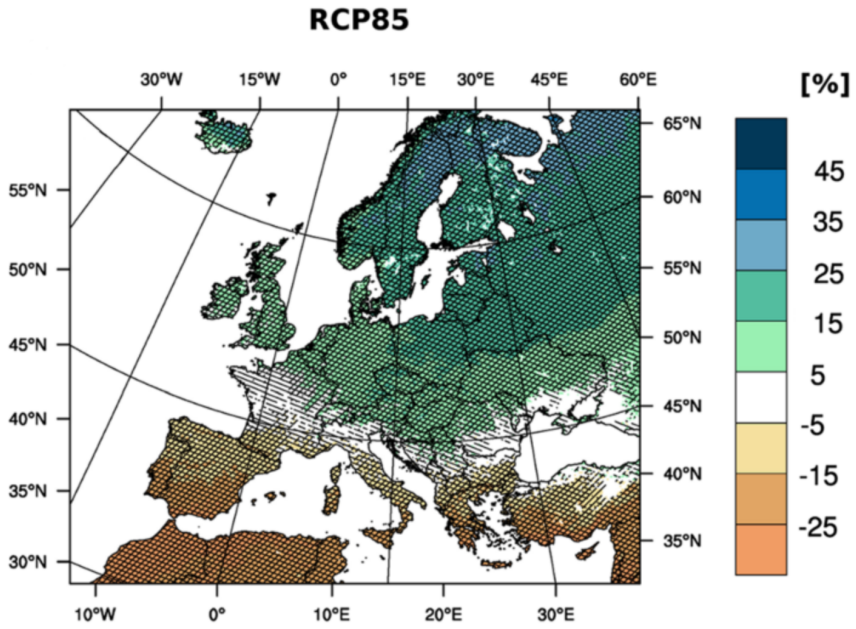
Stephan Gruber, U Zürich; NASA

Um diese Unsicherheiten möglichst vollständig abzubilden, werden Ensembles von verschiedenen Modellen benutzt.

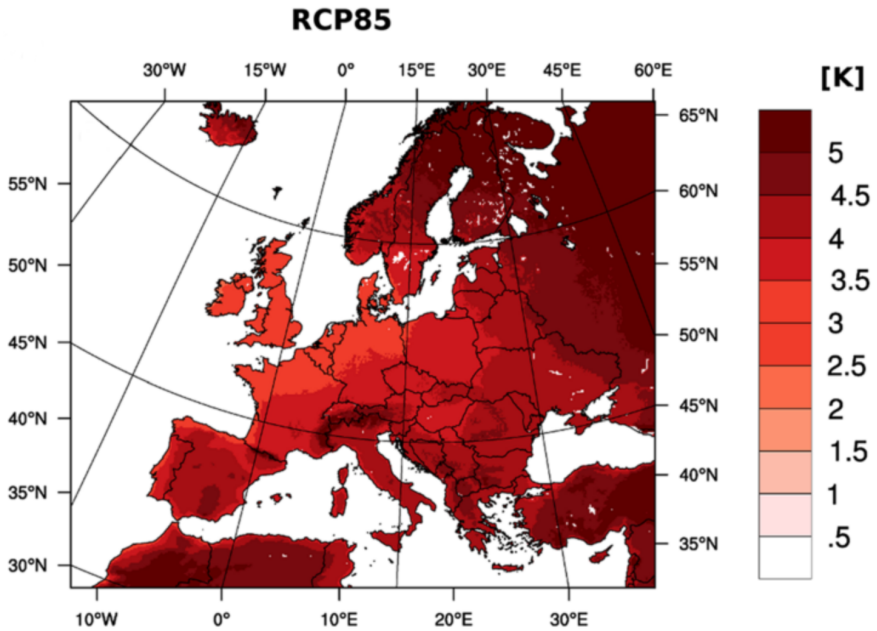
Aber: es gibt bestimmte Phänomene wie z.B. Sommergewitter, für die unsere Modelle noch zu schlecht sind.

In Europa wird es wärmer

Simulierte Klimaänderung von 1971-2000 zu 2071-2100 nach einem Business-As-Usual Szenario



Jahresniederschlag



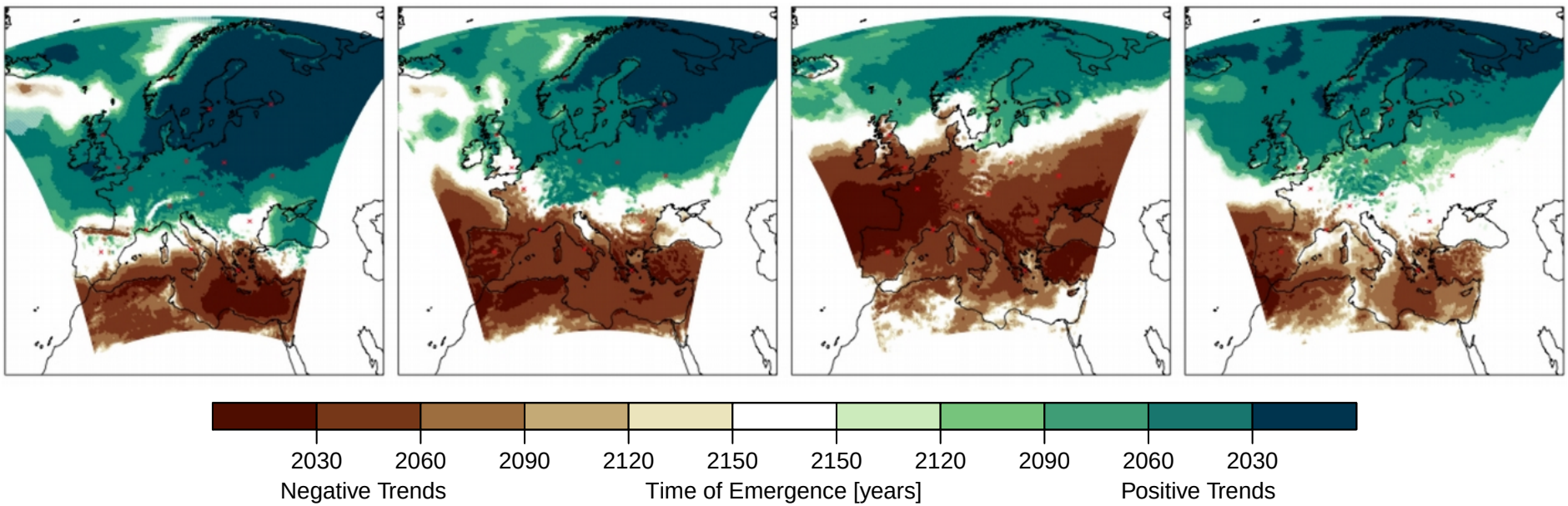
Jahresmitteltemperatur

Jacob et al., Reg. Env. Change, 2014

Es dauert aber

bis sich diese Trends bemerkbar machen

Winter Frühling Sommer Herbst

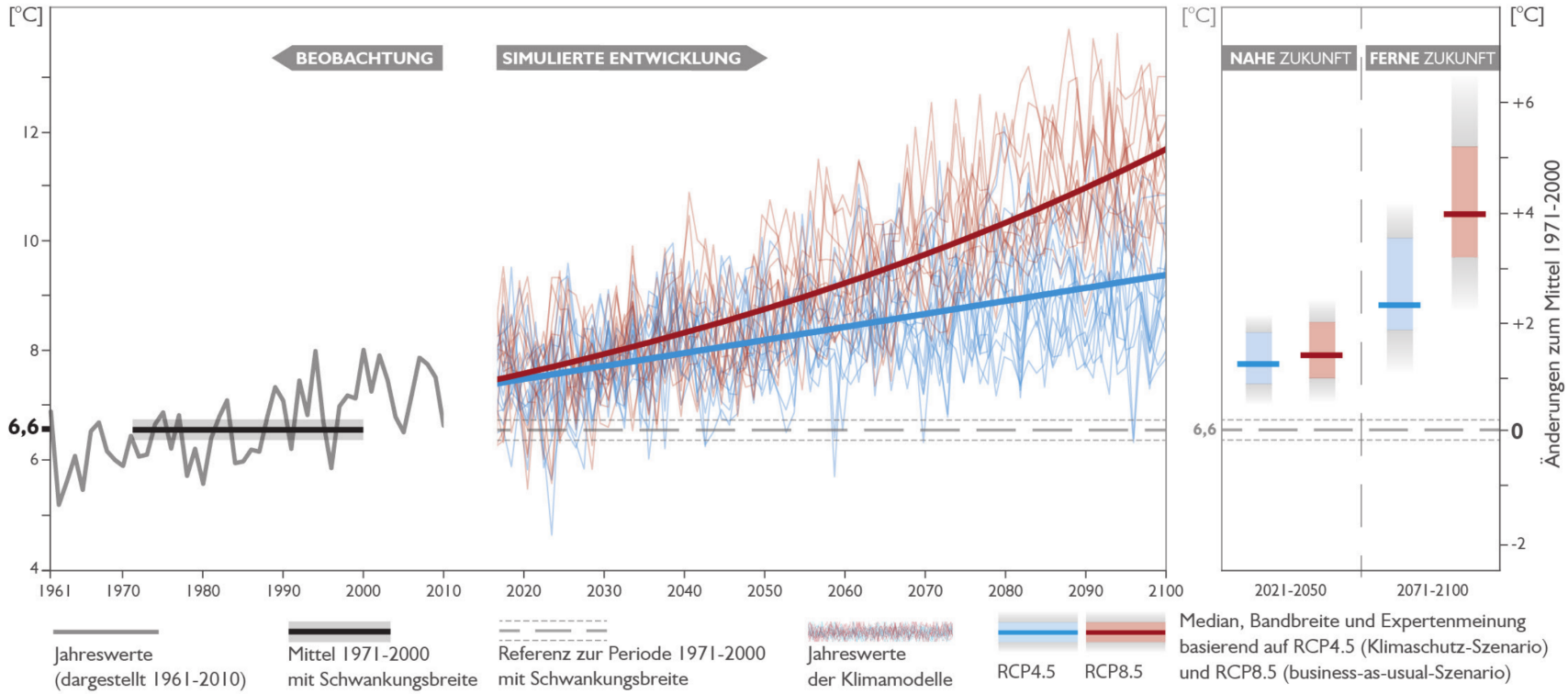


Dunkel: schon bald spürbar; weiss: erst sehr spät spürbar

Maraun, Env. Res. Lett., 2013

Auch in der Steiermark wird es wärmer

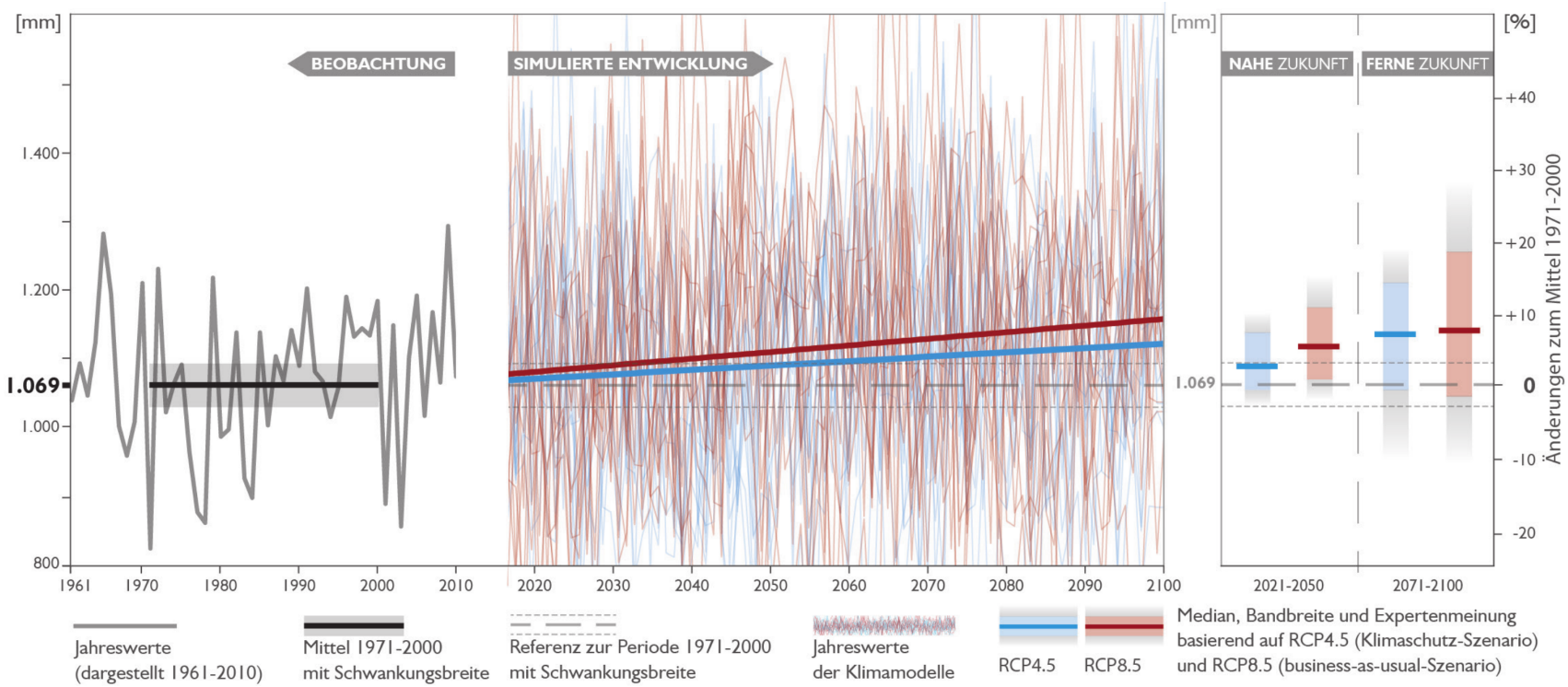
Simulierte Mitteltemperatur



	1971-2000		2021-2050				2071-2100			
	Jahreswerte		**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)		**RCP8.5** (business-as-usual)		**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)		**RCP8.5** (business-as-usual)	
bis	6,8		+1,8		+2,0		+3,6		+5,3	
Mittel	**6,6**		**+1,3**		**+1,4**		**+2,3**		**+4,0**	
von	6,4		+0,9		+1,0		+1,8		+3,3	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis	-1,6	15,3	+1,9	+1,9	+2,3	+2,2	+3,3	+3,2	+5,4	+5,9
Mittel	**-2,0**	**15,1**	**+1,5**	**+1,3**	**+1,6**	**+1,4**	**+2,4**	**+2,1**	**+4,5**	**+4,0**
von	-2,4	14,9	+0,8	+1,1	+0,7	+1,1	+1,9	+1,7	+3,5	+3,3

...und im Winter feuchter

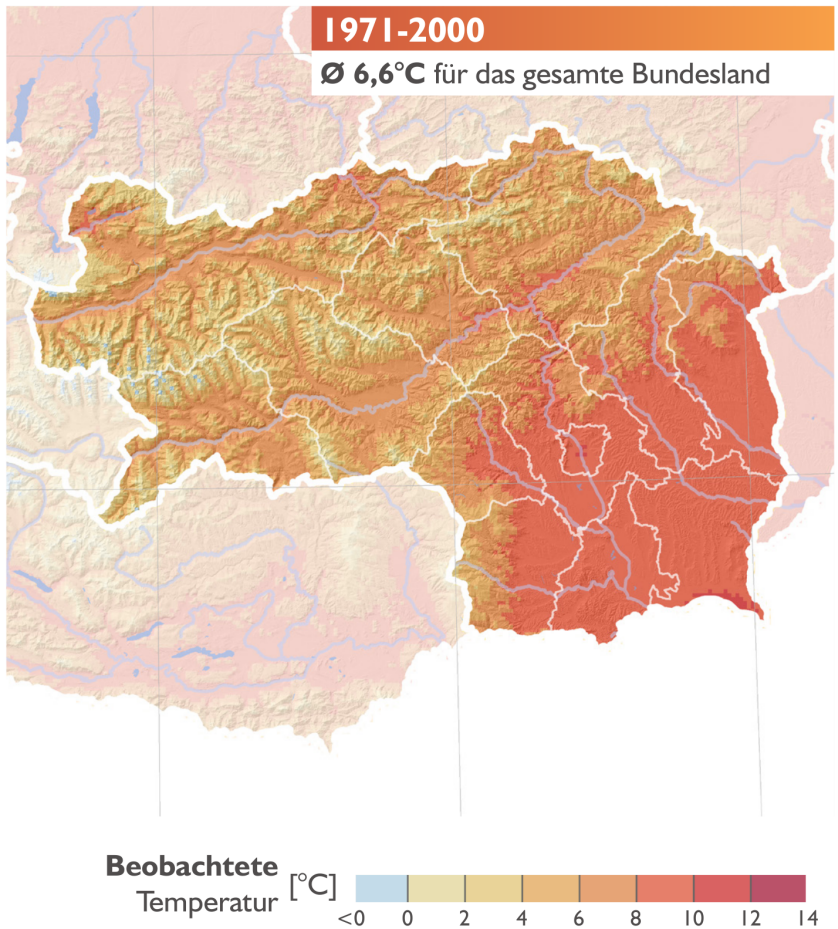
Simulierter Niederschlag



	1971-2000		2021-2050				2071-2100			
	Jahreswerte		**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)		**RCP8.5** (business-as-usual)		**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)		**RCP8.5** (business-as-usual)	
bis	1.113		+7,7		+11,6		+14,9		+18,2	
Mittel	**1.069**		**+2,6**		**+5,9**		**+7,4**		**+8,0**	
von	1.024		-1,5		+1,6		-1,5		-2,1	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis	184	439	+20,0	+9,5	+25,7	+12,6	+26,1	+17,8	+39,3	+18,5
Mittel	**167**	**411**	**+11,7**	**-0,0**	**+14,0**	**+2,3**	**+12,1**	**+3,9**	**+24,1**	**-2,3**
von	150	382	+0,4	-9,8	-1,8	-8,1	-6,4	-13,1	+8,8	-22,7

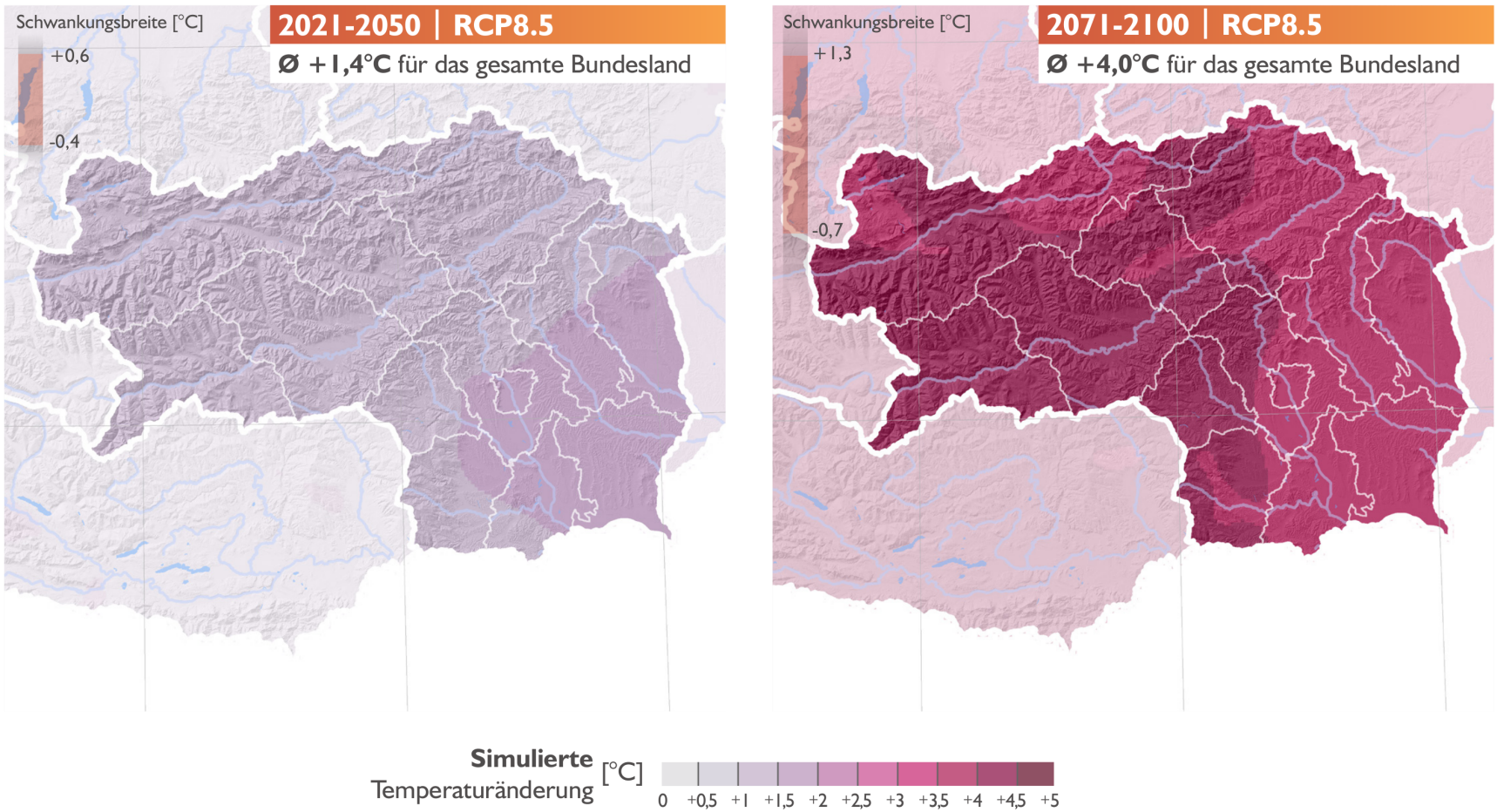
Räumliche Änderungen

Temperatur heute



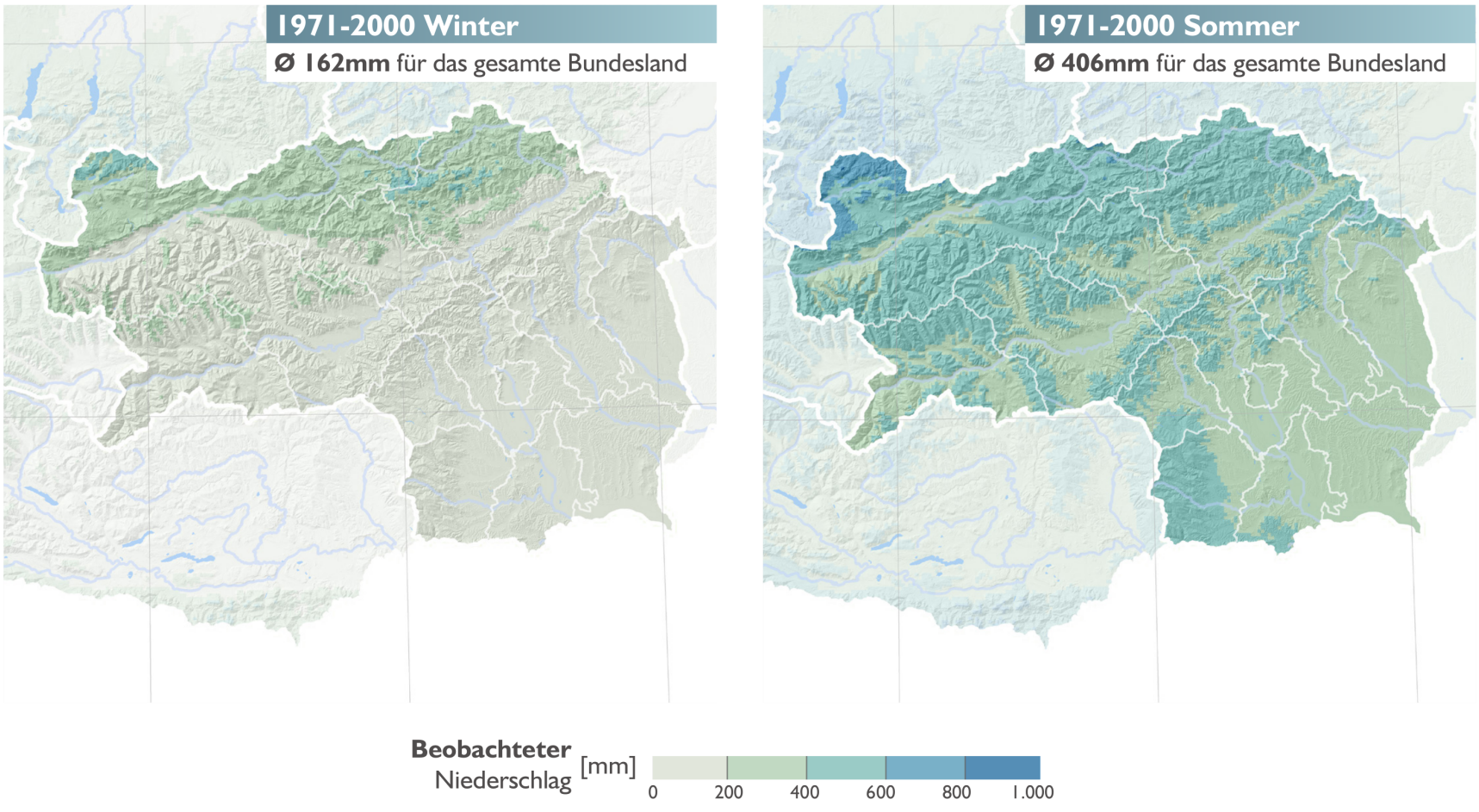
Räumliche Änderungen

Erwartete Temperaturänderung



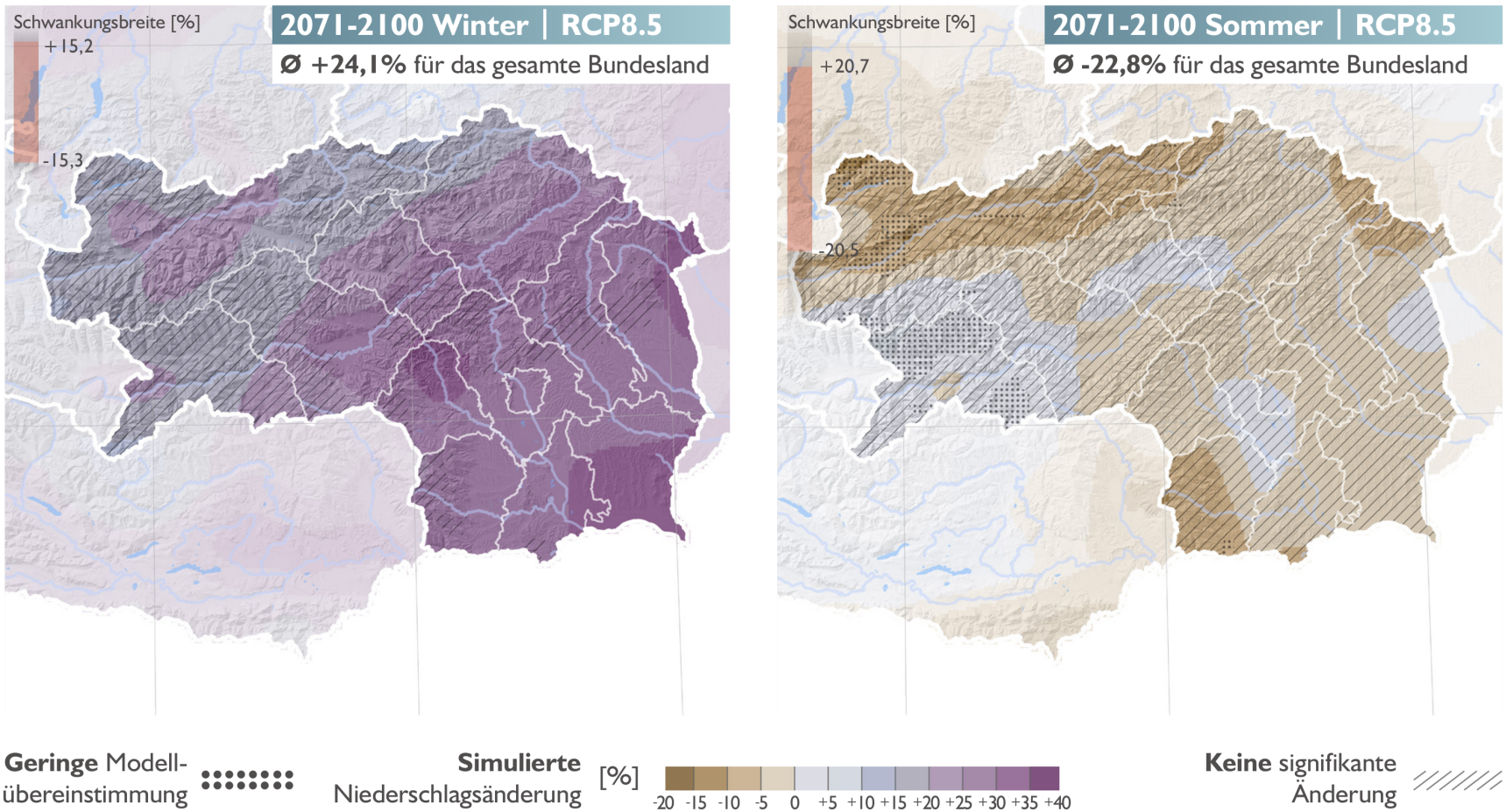
Räumliche Änderungen

Niederschlag heute



Räumliche Änderungen

Erwartete Niederschlagsänderung



Folgen der Erwärmung

Kühlgradtagzahl (Jahresmittel)

	1971-2000	2021-2050		2071-2100	
	Jahreswerte	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)
	[°C, Kd]	[°C, Kd]	[°C, Kd]	[°C, Kd]	[°C, Kd]
bis	55,5	+69,8	+85,9	+146,7	+358,4
Mittel	**49,7**	**+54,8**	**+51,4**	**+89,2**	**+213,3**
von	43,9	+37,9	+40,1	+65,2	+160,8

Frosttage/Frostgefährdungstage (Dezember / Jänner / Februar)

	1971-2000	2021-2050		2071-2100	
	Jahreswerte	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)
	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]
bis	83,0	-3,7	-2,7	-8,8	-22,6
Mittel	**81,5**	**-6,0**	**-6,7**	**-14,1**	**-31,8**
von	80,1	-9,8	-11,9	-30,5	-42,0

Folgen der Erwärmung

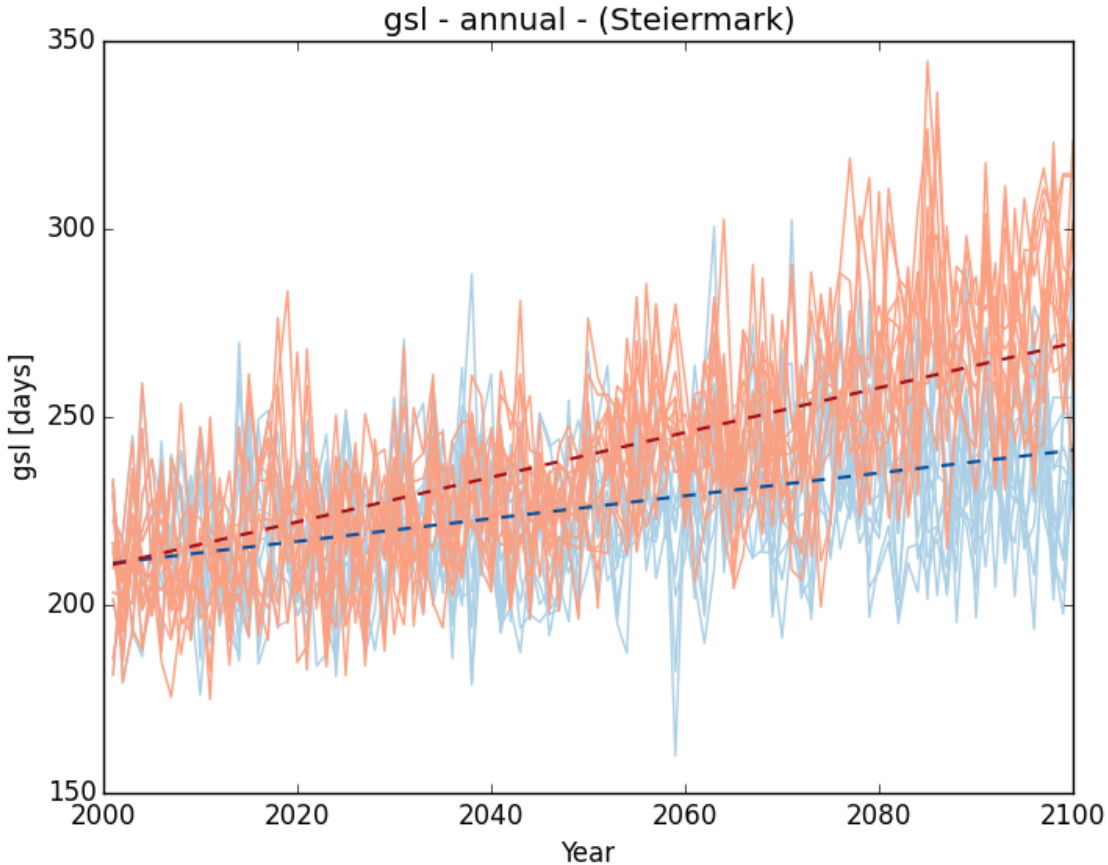
Niederschlagstage (Dezember / Jänner / Februar)

	1971-2000	2021-2050		2071-2100	
	Jahreswerte	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)
	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]
bis	25,5	+2,5	+3,0	+2,6	+2,6
Mittel	**23,7**	**+1,2**	**+1,5**	**+0,7**	**+1,1**
von	21,9	-0,2	-0,8	-4,0	-0,5

Trockenepisoden (Juni / Juli / August)

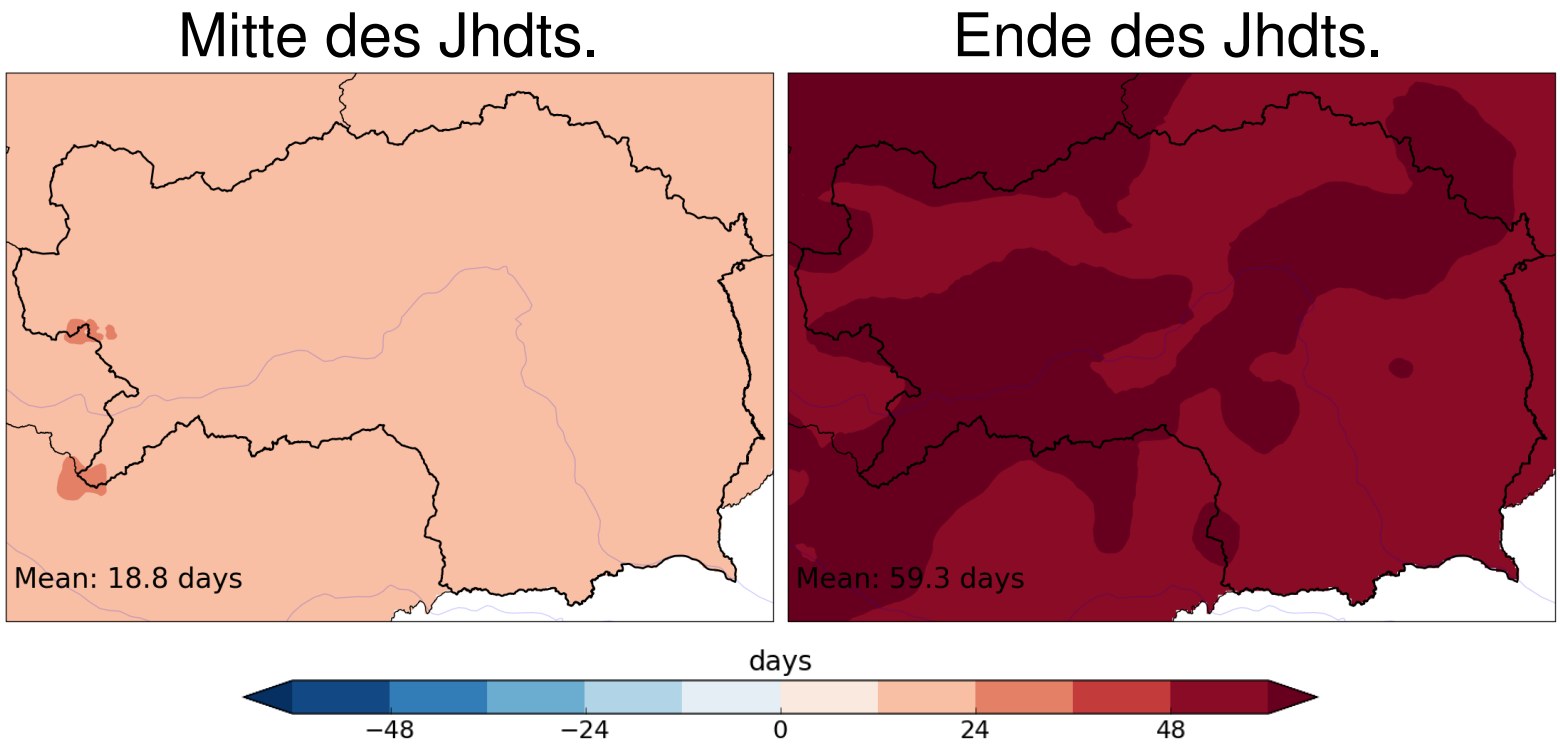
	1971-2000	2021-2050		2071-2100	
	Jahreswerte	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)	**RCP4.5** (Klimaschutz-Szenario)	**RCP8.5** (business-as-usual)
	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]
bis	20,8	+6,0	+4,9	+7,0	+18,8
Mittel	**17,5**	**-0,3**	**-1,4**	**-2,0**	**+3,1**
von	14,2	-5,4	-10,0	-14,3	-9,6

Verlängerung der Vegetationsperiode

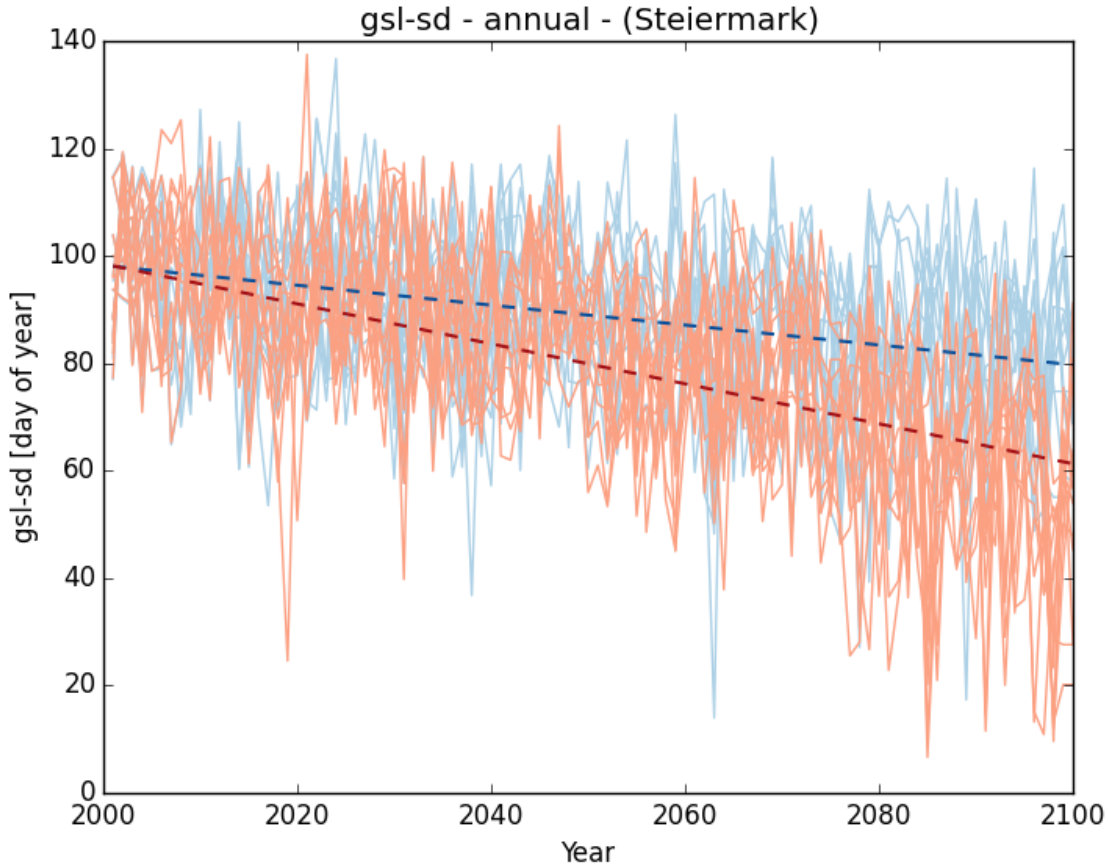


blau: Klimaschutzszenario; rot: business as usual

Verlängerung der Vegetationsperiode

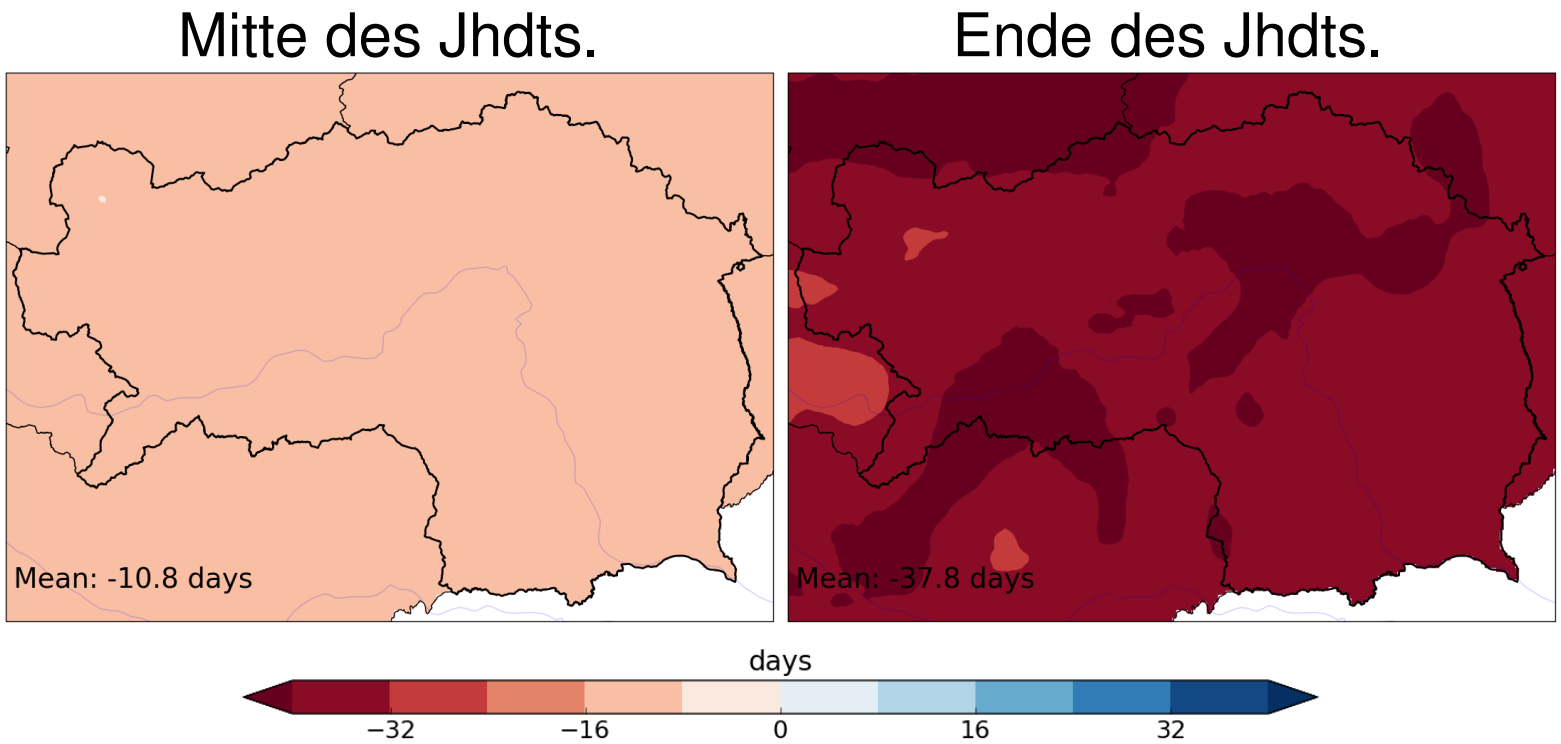


Früherer Beginn der Vegetationsperiode

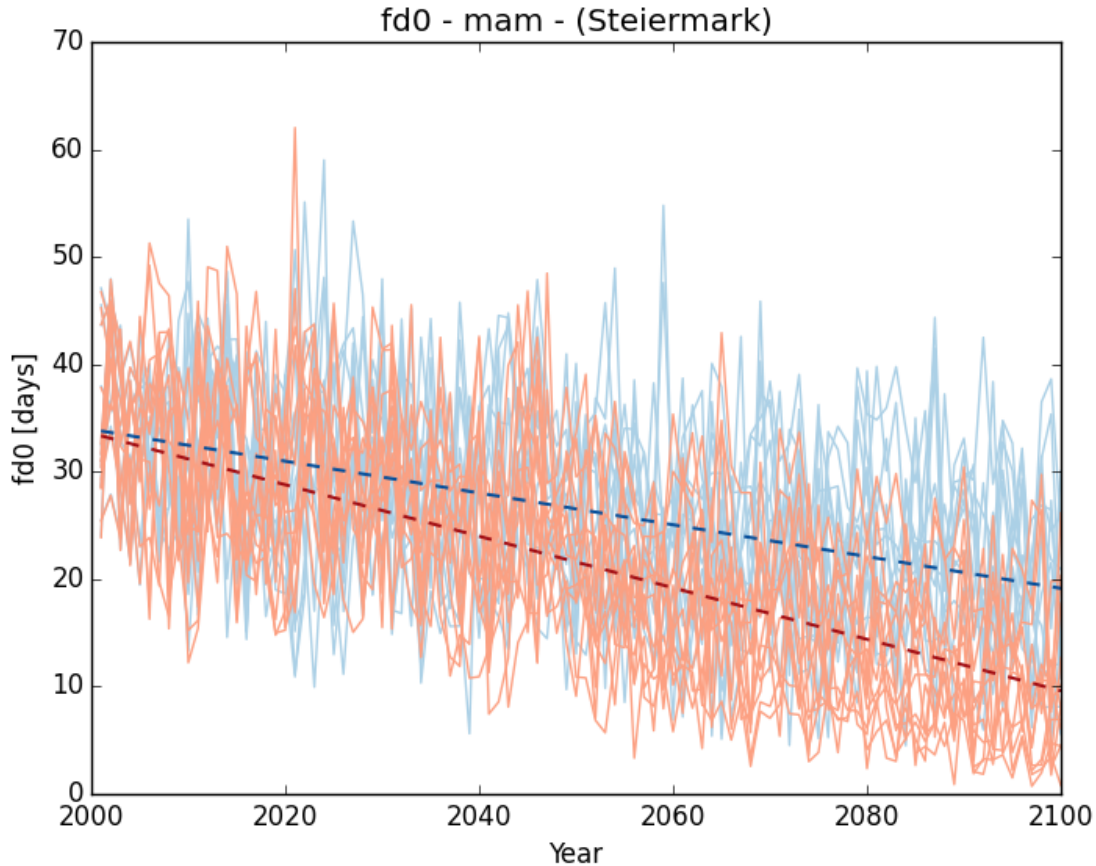


blau: Klimaschutzszenario; rot: business as usual

Früherer Beginn der Vegetationsperiode

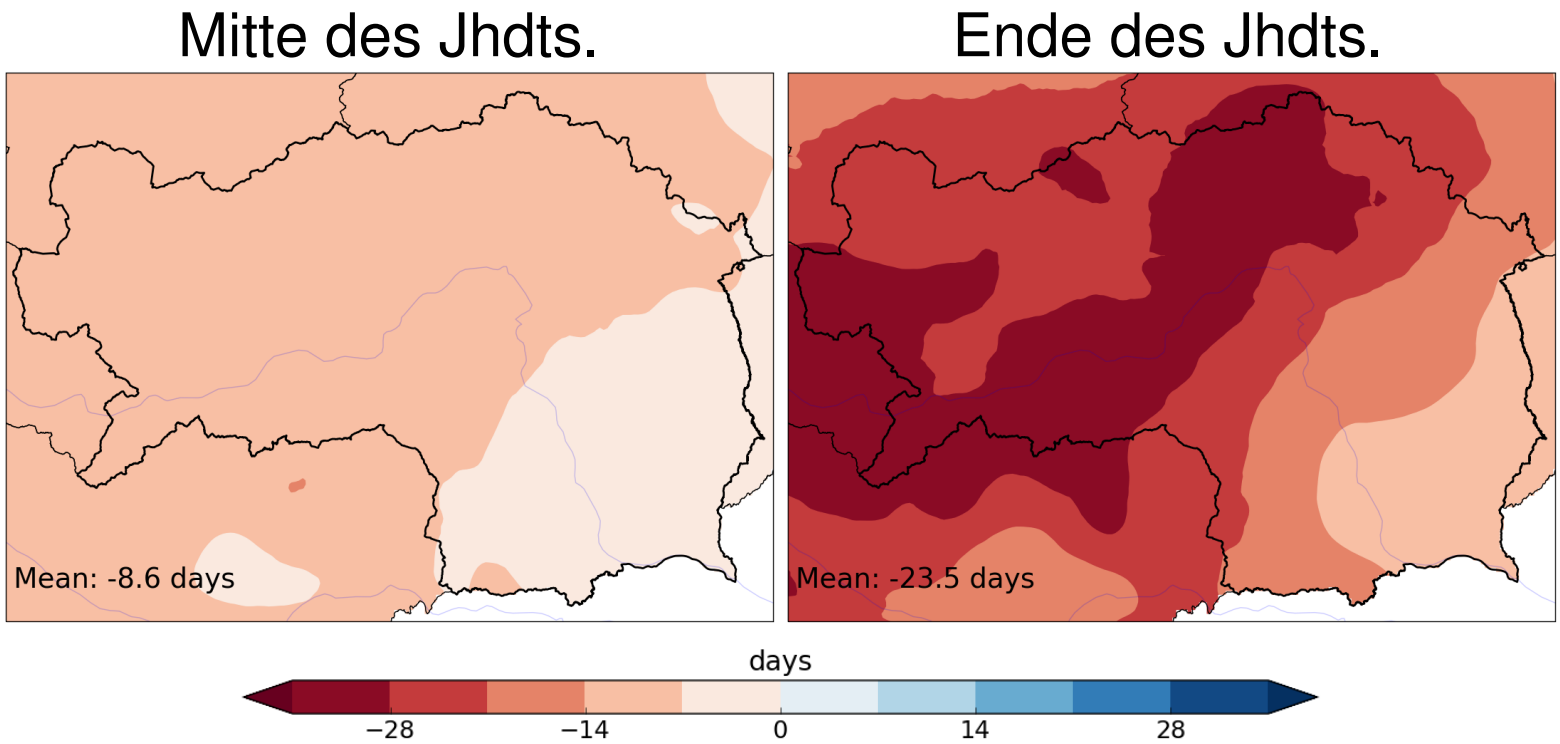


Weniger Frosttage im Frühling



blau: Klimaschutzszenario; rot: business as usual

Weniger Frosttage im Frühling



Zusammenfassung

- Der globale Klimawandel ist messbar, zu einem Großteil vom Menschen verursacht, und wird in der Zukunft voranschreiten.

- Die Temperaturen in Österreich sind stark gestiegen.
- Niederschlagstrends sind noch von natürlichen Schwankungen bestimmt.

- Es wird deutlich wärmer in Österreich.
- Niederschläge werden langfristig im Winter zunehmen, im Sommer abnehmen.

- Längere Vegetationsperiode, weniger Frosttage.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!