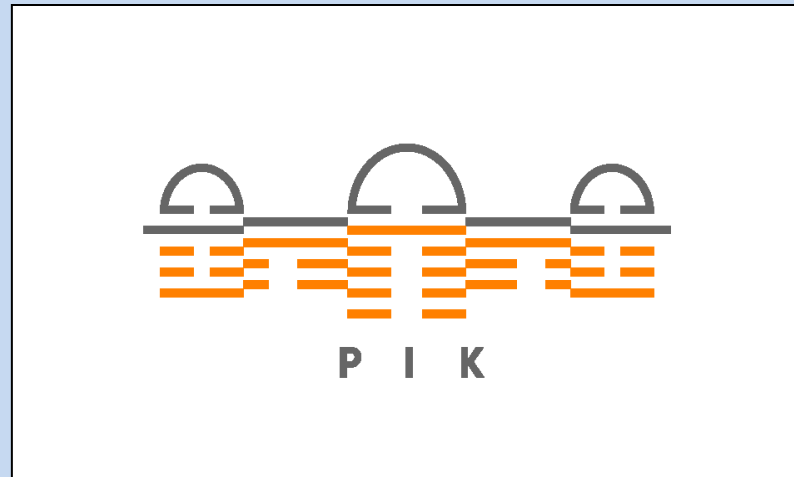


Rezente und mögliche zukünftige Klimaentwicklungen in Deutschland und Sachsen (/Thüringen)

Peter C. Werner



Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Inhalt

Rezente Klimaentwicklungen

Die Treibhausgase und ihre Berücksichtigung in den Klimamodellen

Die RCP-Szenarien

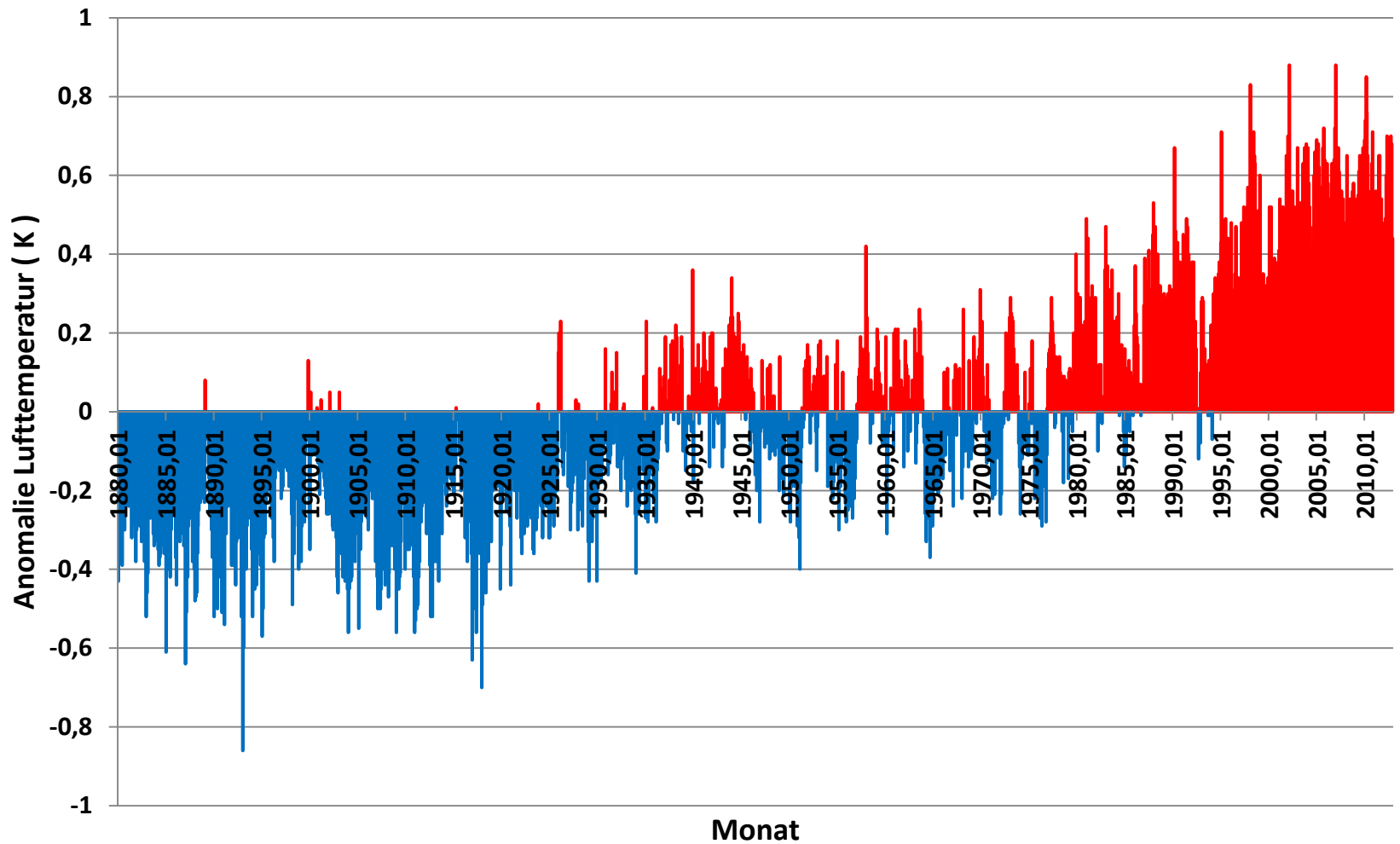
Die ersten Ergebnisse zu den RCP-Szenarien

Die Unsicherheiten in den Modellergebnissen

**Beispiele für die möglichen Klimaentwicklungen in Deutschland
sowie in Sachsen und Thüringen**

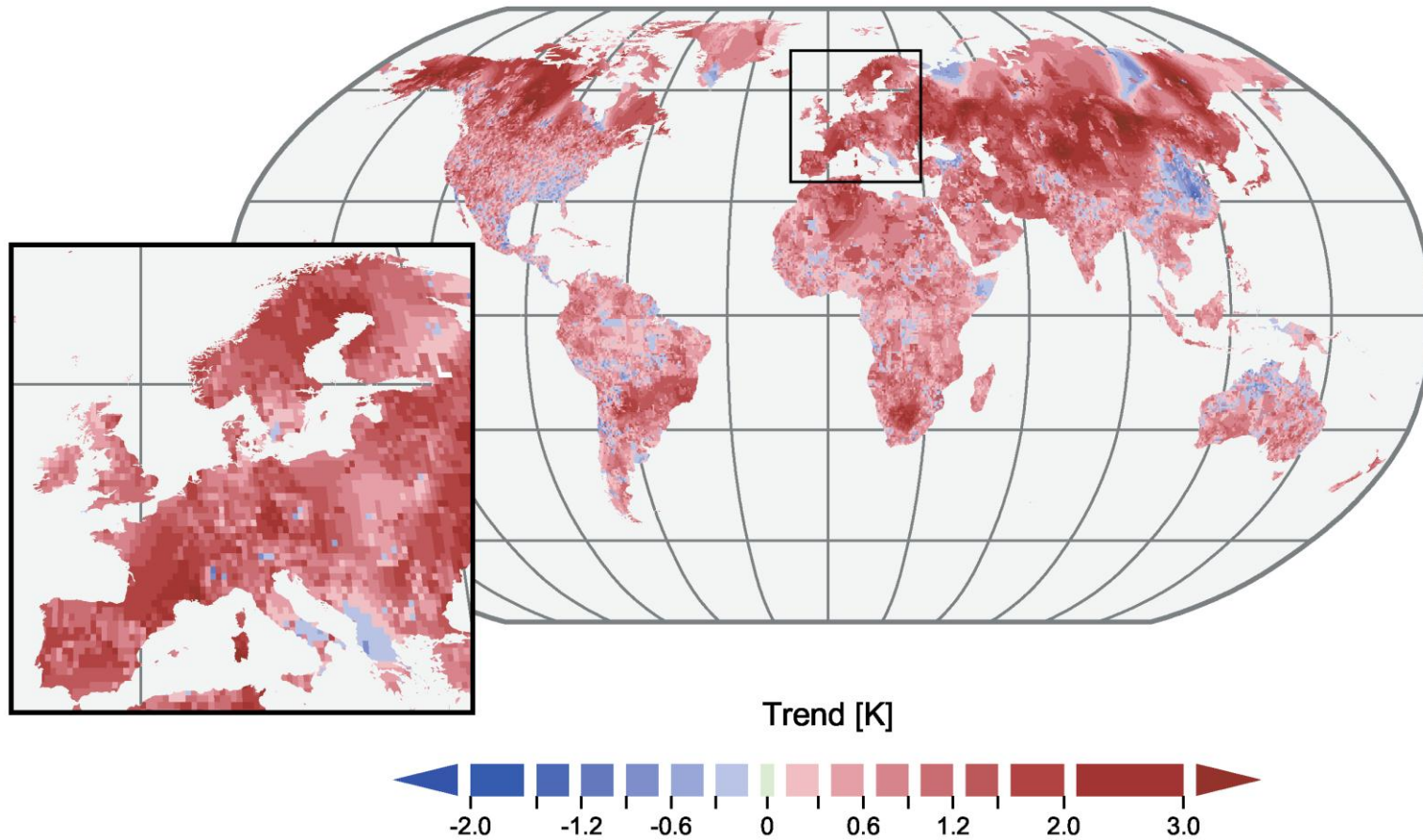
Beispiele aus der Landwirtschaft

Fazit für Sachsen und Thüringen

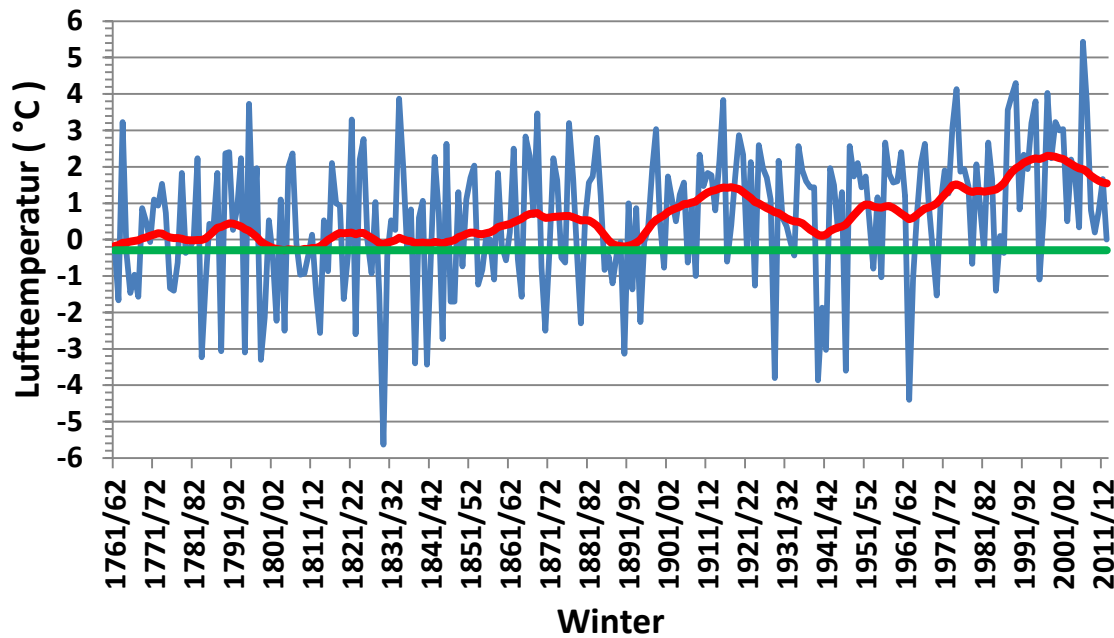


Monatswerte der Anomalien der globalen Lufttemperatur 1880 - 2012

Temperatortrend 1901 - 2007



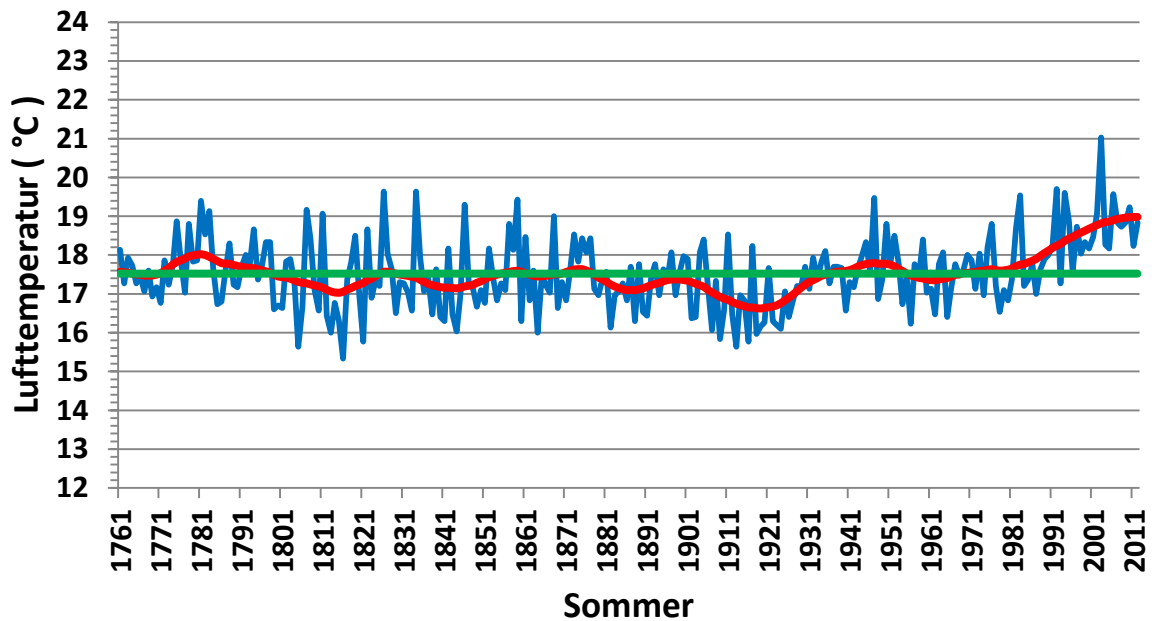
Änderung der Lufttemperatur über den Landflächen 1901 - 2007

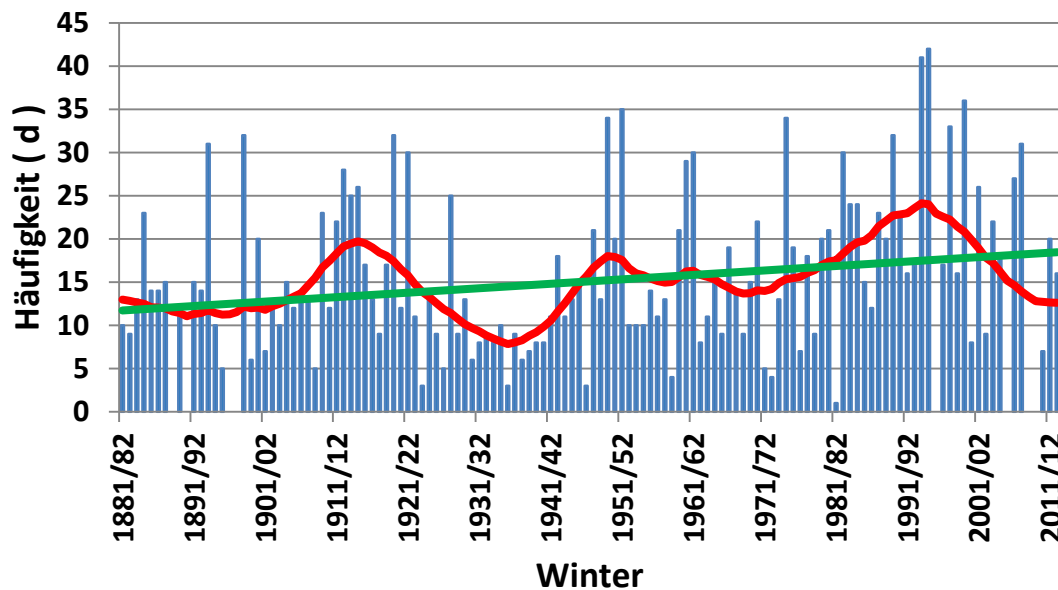


**Lufttemperatur Mitteleuropa
(Baurische Reihe)**
Mittel der Gesamtreihe

Winter DJF 1761/62 – 2012/13

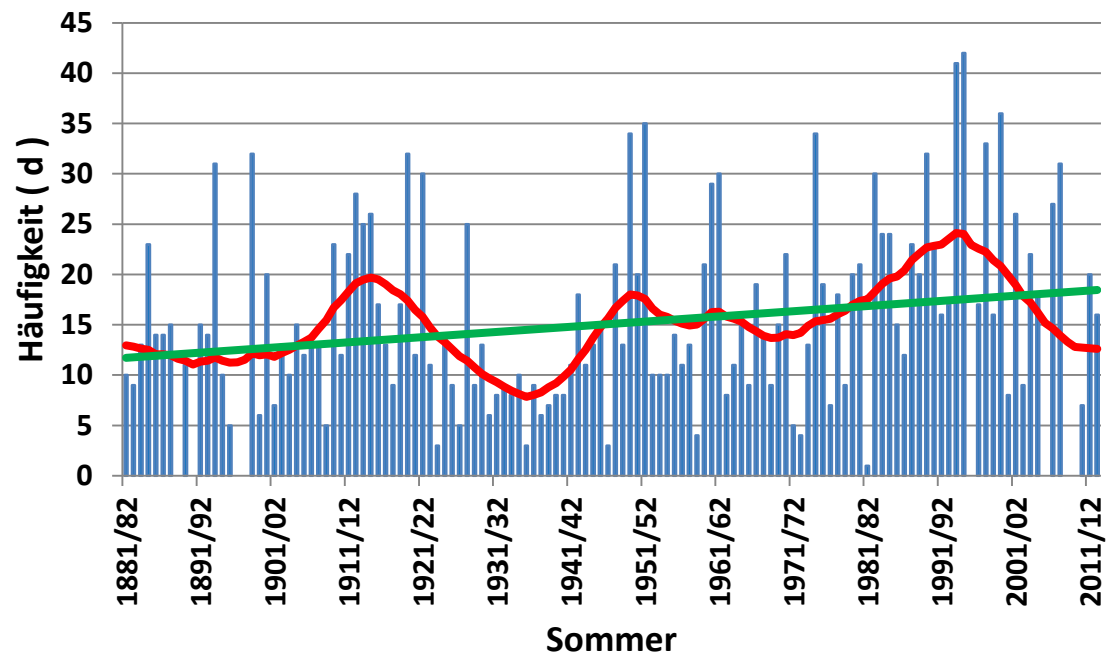
Sommer JJA 1761 – 2012



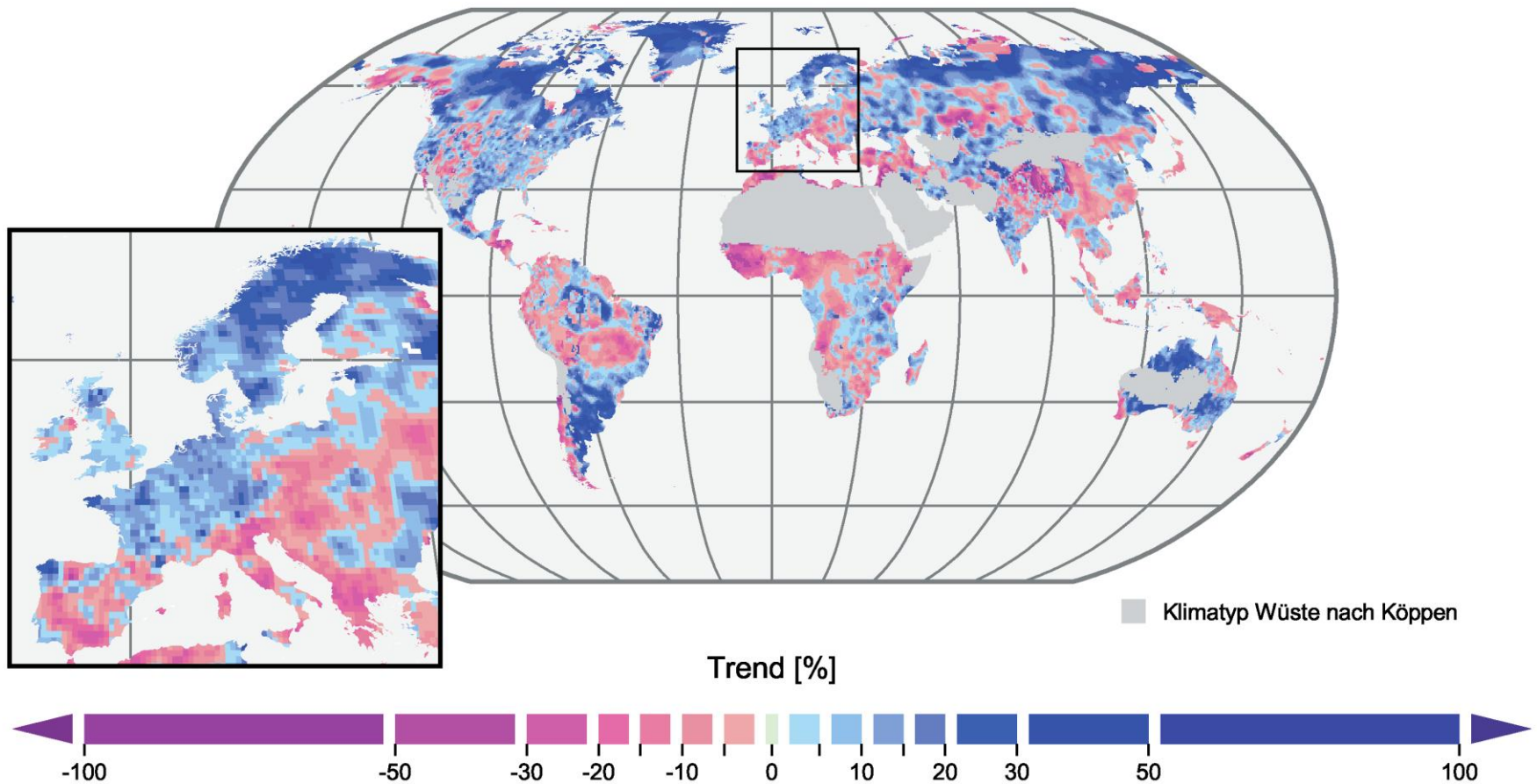


Häufigkeit der Großwetterlage WZ
Winter DJF 1881/82 – 2012/13
 WZ – west, zyklonal
 (vom Atlantik kommende,
 durchziehende Tiefdruckgebiete)

Häufigkeit der Großwetterlagen
HM und BM
Sommer JJA 1881 – 2012
 HM – Hoch Mitteleuropa
 BM – Hochdruckbrücke
 Mitteleuropa

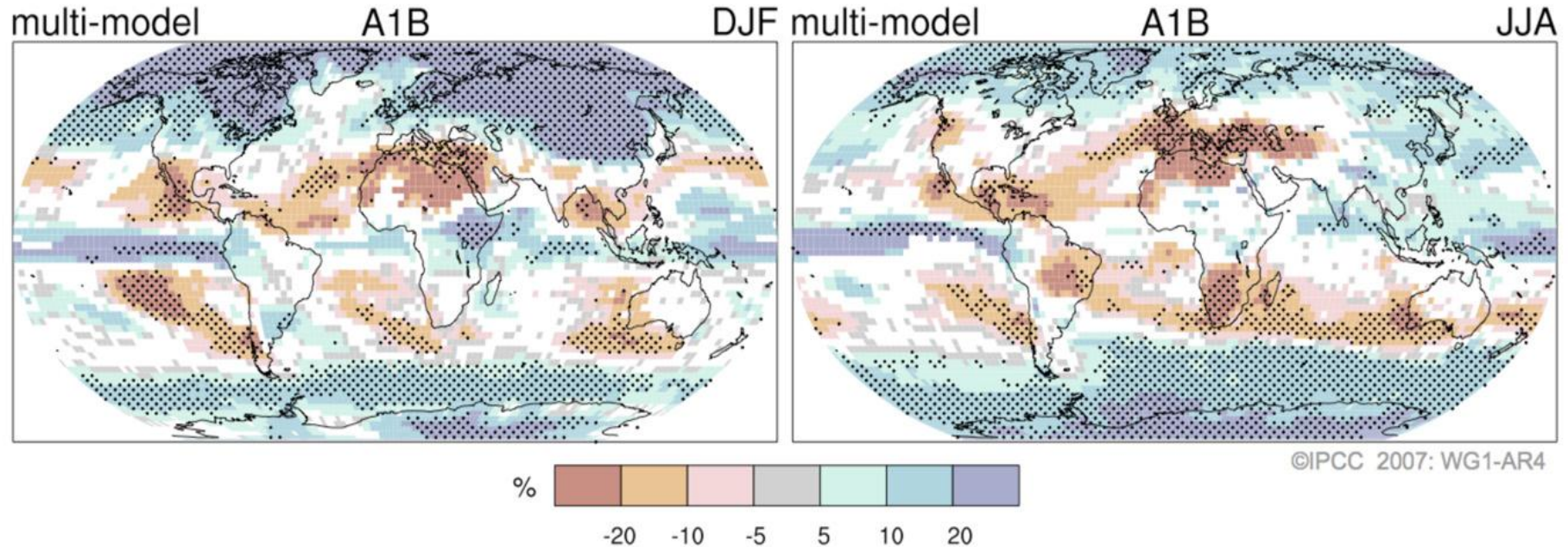


Niederschlagstrend 1901 - 2007

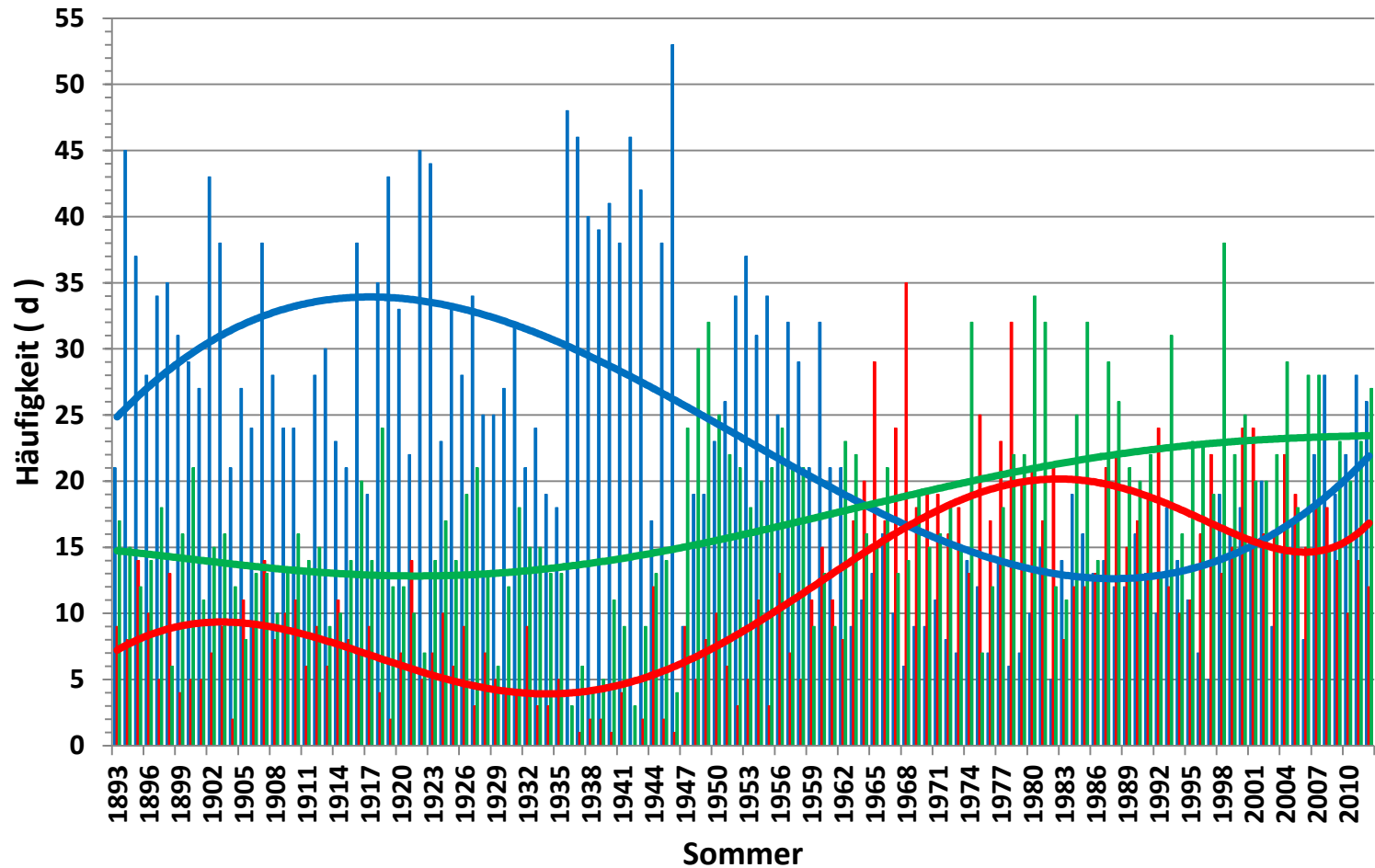


Änderung des Niederschlags über den Landflächen 1901 - 2007

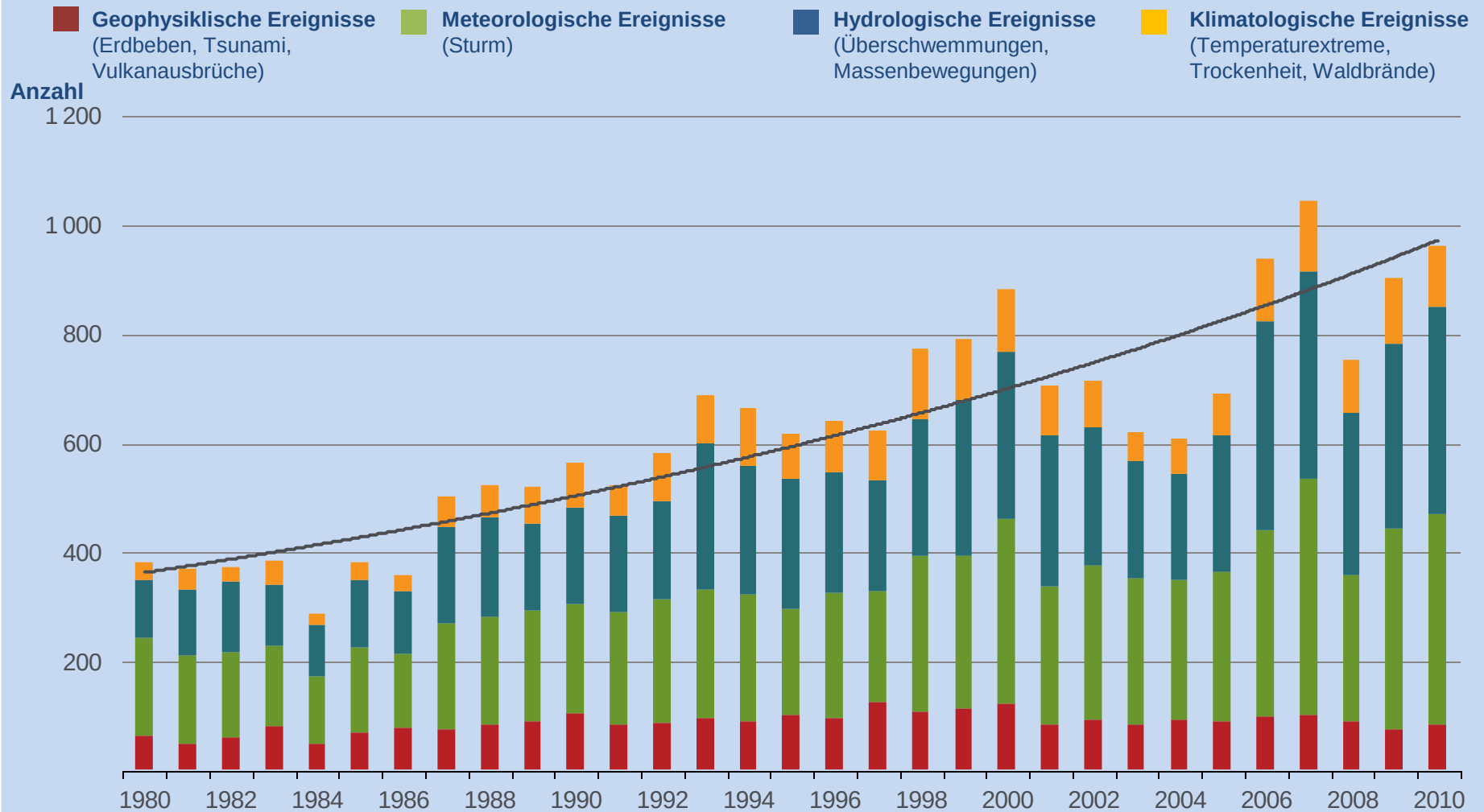
Projected Patterns of Precipitation Changes



Änderung (%) des Niederschlags in der Periode 2090/2099 zu der Periode 1980/1999, SRES A1B Szenarium,
Weiß: weniger als 66% der Modelle stimmen mit der Änderungsmagnitude überein;
Gerastert: mehr als 90% der Modelle stimmen mit der Änderungsmagnitude überein

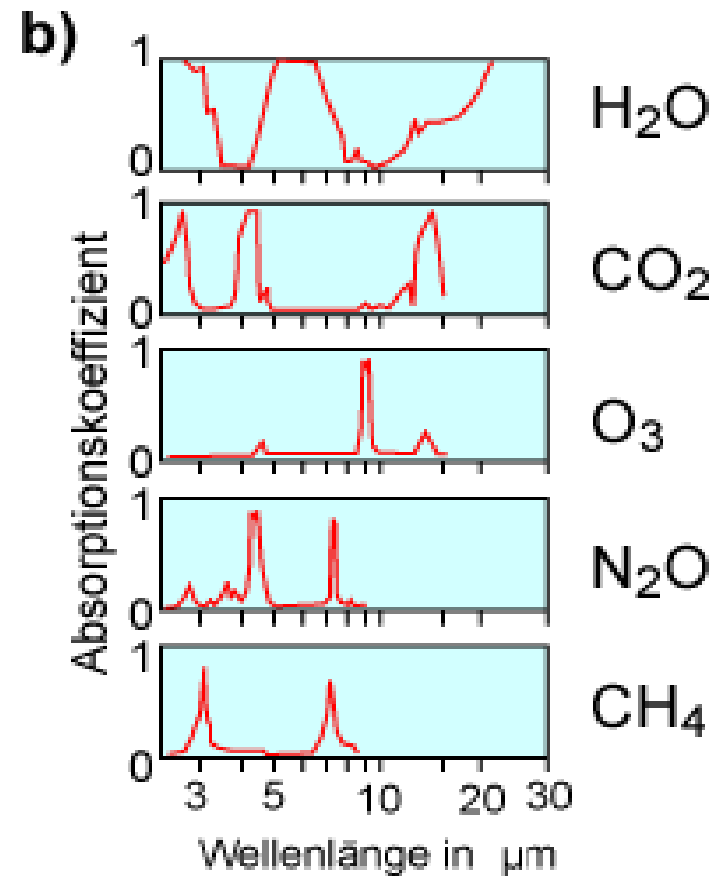
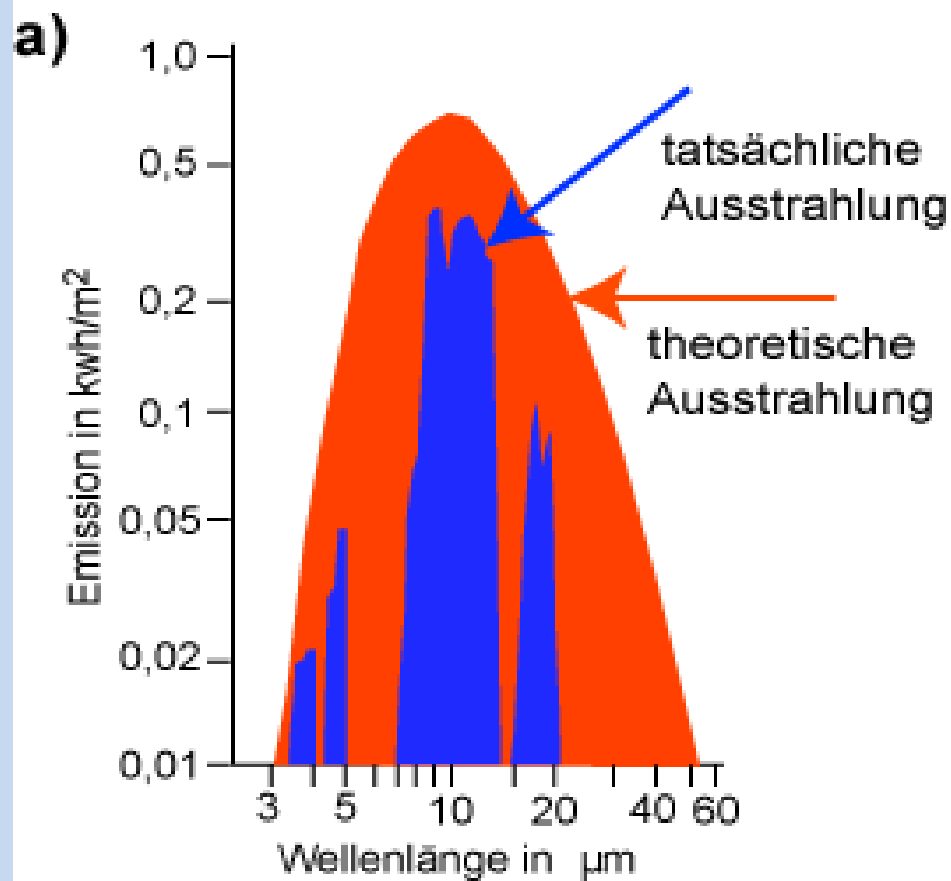


Potsdam Sommer (JJA) 1893 – 2012, Tage mit:
 advektiven, konvektiven und advektiven + konvektiven Niederschlägen



Häufigkeit von Naturkatastrophen weltweit 1980 – 2010

Quelle: Münchener Rückversicherung, modifiziert



Langwellige Ausstrahlung und die Rolle der Treibhausgase

Quelle: IPCC 2007

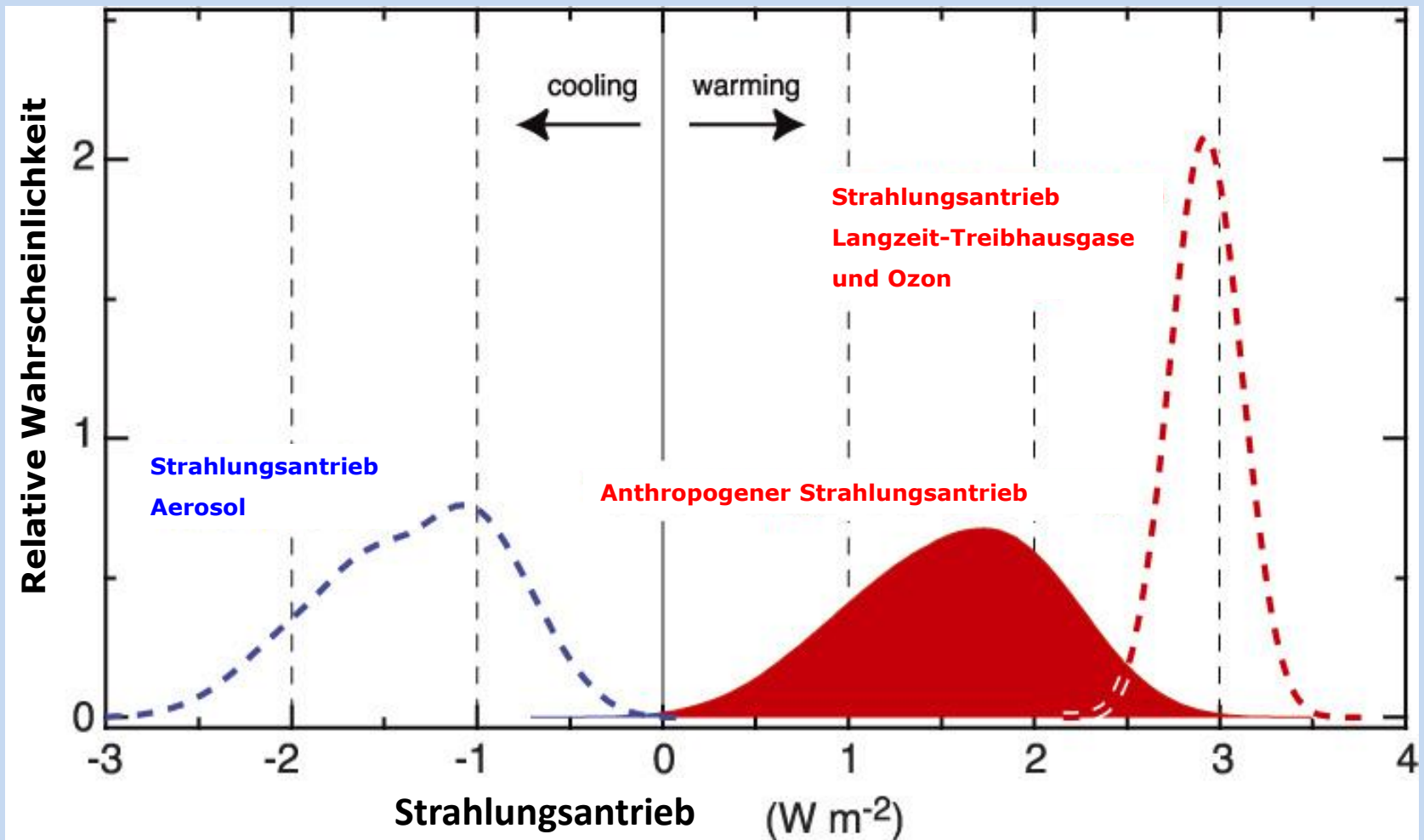
	Kohlendioxid	Methan	Distickstoffoxid	Ozon (bodennah)	FCKW
Vorindustr. Konzentration	279 ppm	730 ppb	270 ppb	regional unterschiedlich	0
Konzentration 2012	392 ppm Februar2013: 395.98 ppm	1820 ppb	325 ppb	regional unterschiedlich	sehr unterschiedlich für die einzelnen
Änderung der Konzentration %	40.5	149.3	20.4	---	---
Mittlere Verweildauer	50 – 200 Jahre	12 Jahre	120 Jahre	regional unterschiedlich	50 Jahre
Relatives Treibhausgas- potential	1	21	310	---	etwa im Mittel 5200
Temperaturer- höhung K (globales Mittel)	7.2	0.8	1.4	2.4	hätte bei weiterer Produktion deutlichen Einfluss

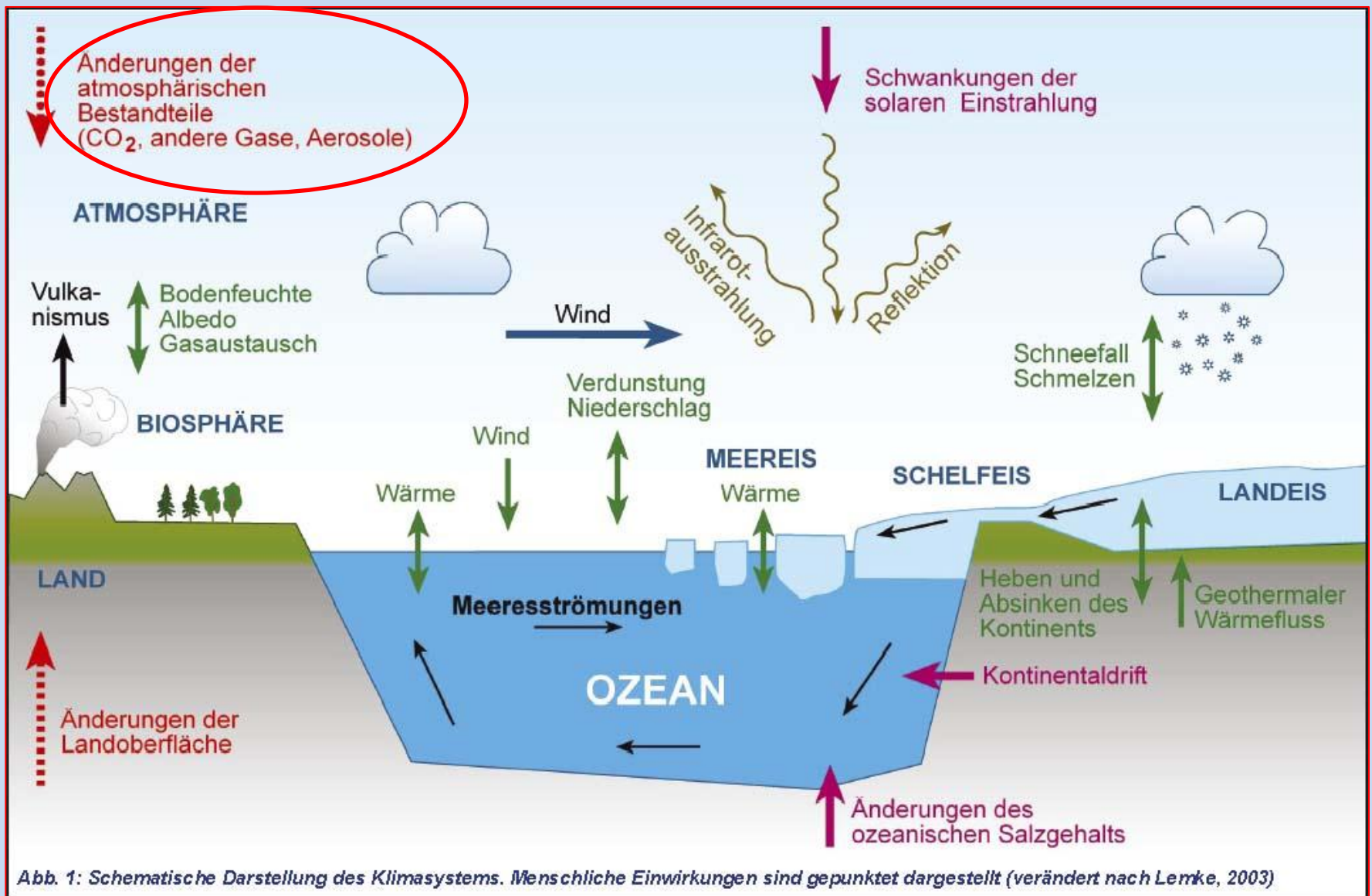
Wasserdampf: 20.6 K; sonstige: 0.8 K; insgesamt: 33.2 K

Langwellige Gegenstrahlung und die Rolle der Treibhausgase

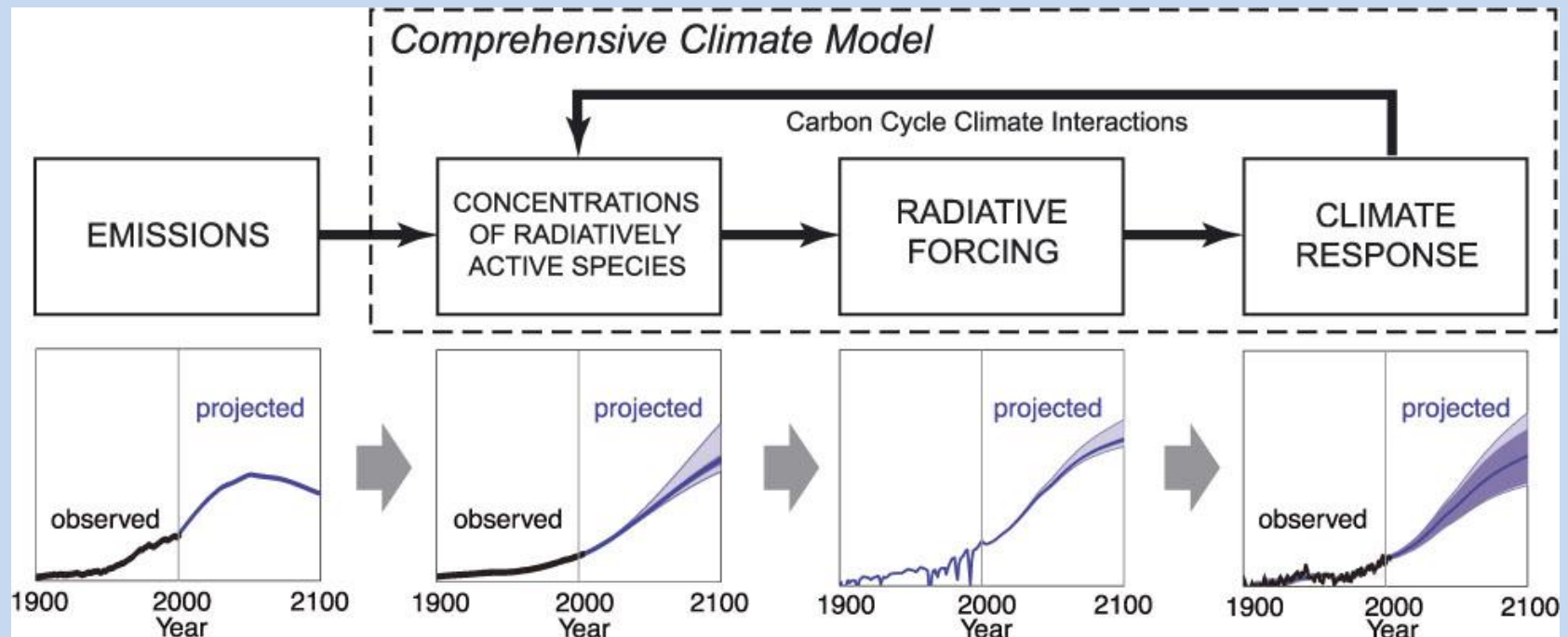
(z.T. weichen die Werte in anderen Publikationen etwas davon ab)

Quelle: bildungsserver, IPCC 2007, NOAA





Schematische Darstellung des Klimasystems



Die verschiedenen Schritte von den Emissionen zur „Klimaantwort“

Ausgangspunkt: Kenntnisse über die Wirkung der Treibhausgase

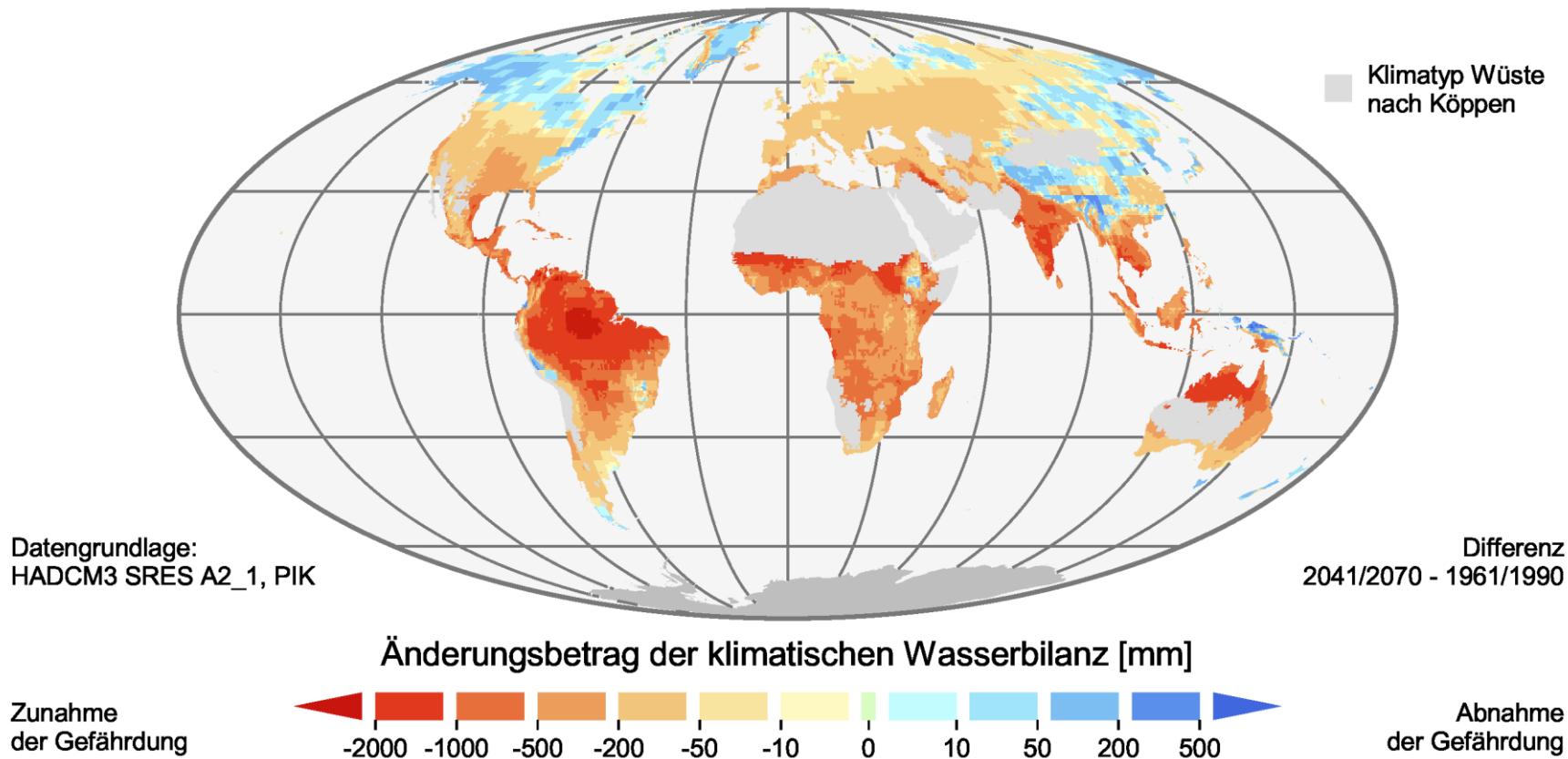
Quelle: IPCC WG1 AR4 Report

Emission	Szenarium	Temperaturänderung (K)		Meeresspiegelanstieg (m)
		beste Schätzung	Spannbreite	
niedrig	B1	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
	A1T	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
	B2	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
	A1B	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
	A2	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
hoch	A1FI	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

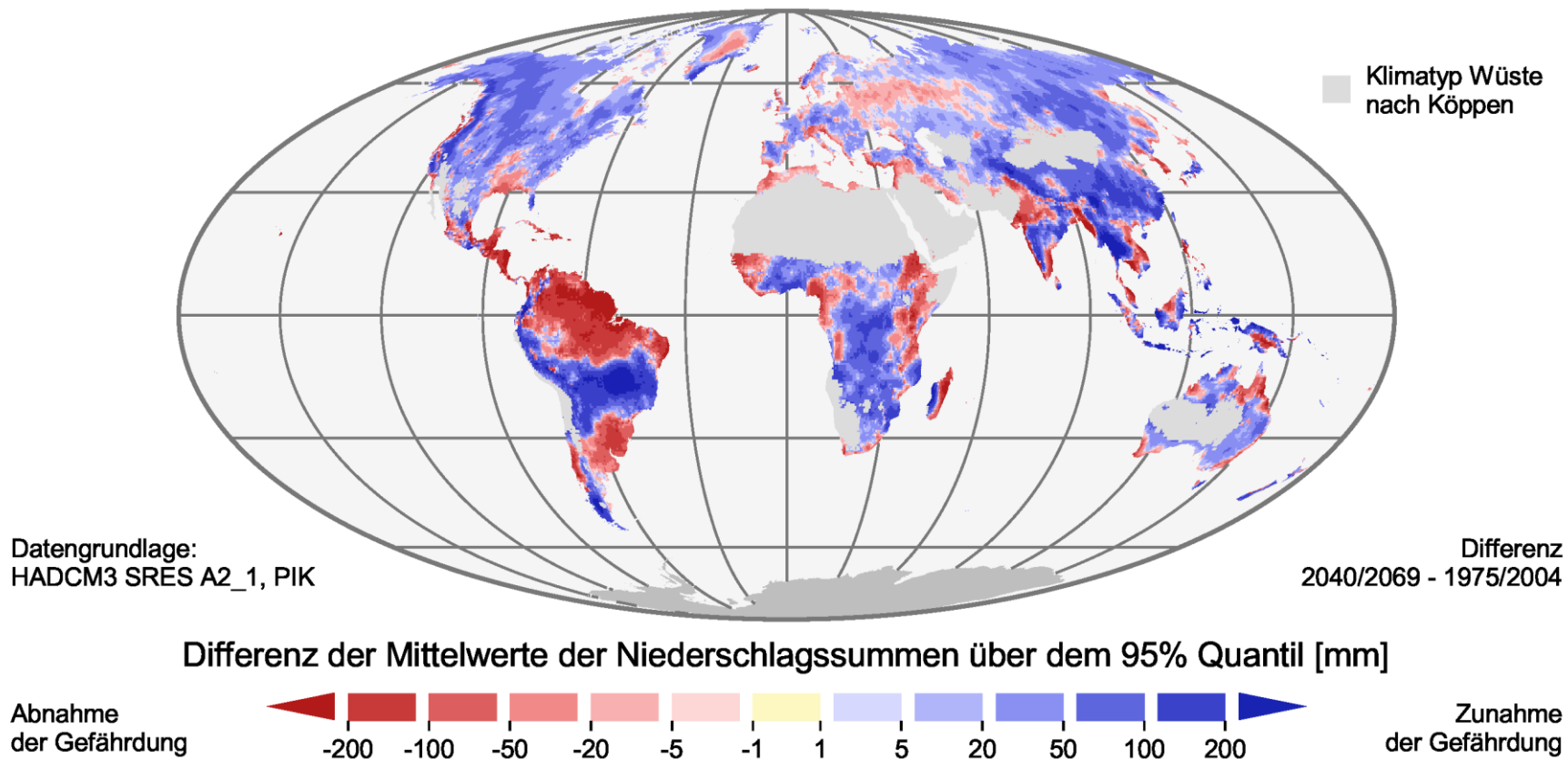
Differenzen der globalen Mitteltemperatur und des Meeresspiegels zwischen den Zeiträumen 2090/2099 und 1980/1999 für verschiedene Emissionsszenarien, berechnet mit einigen EMIC- und einer großen Anzahl AOGCM-Modellen.

(Nach IPCC WGI 4th Ass. Report, Summary for Policymakers, 2007)

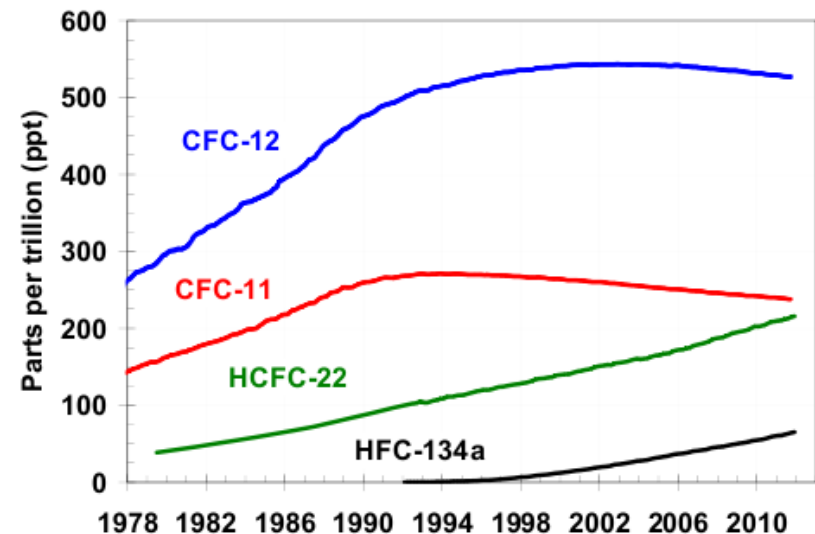
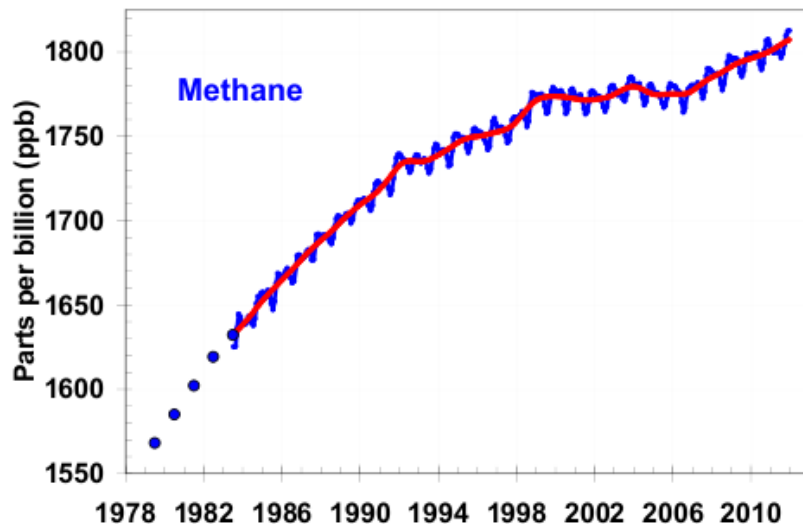
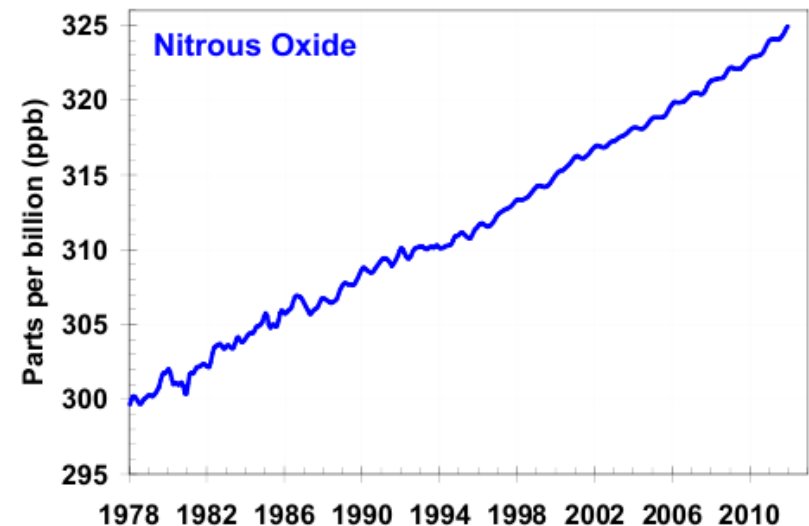
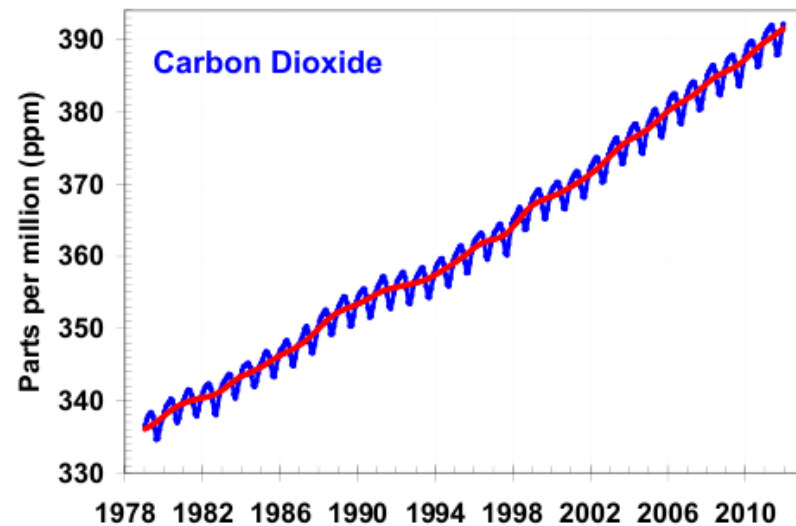
Veränderung der potenziellen Dürregefährdung bis Mitte des 21. Jahrhunderts



Veränderung der potenziellen Starkregengefährdung bis Mitte des 21. Jahrhunderts

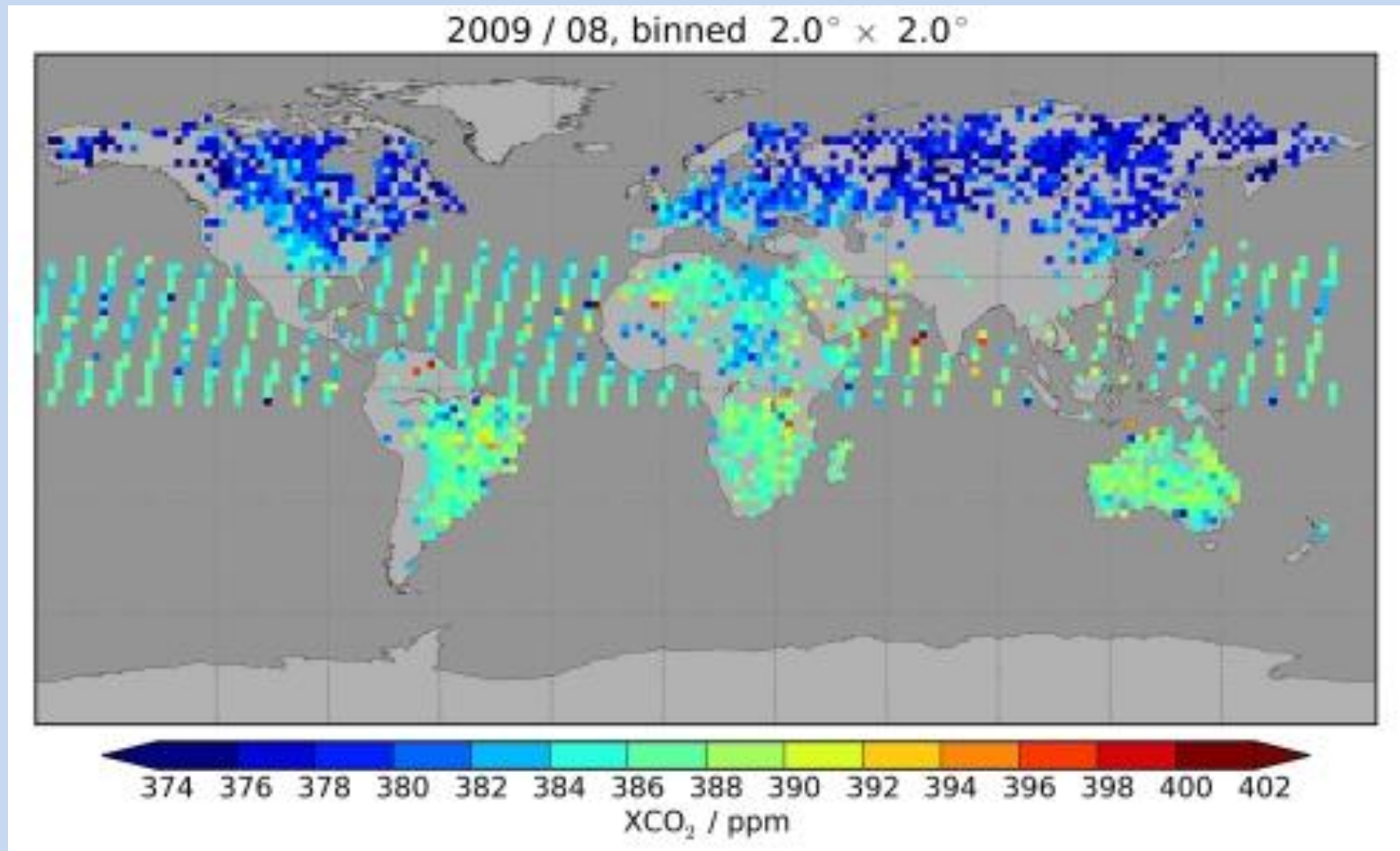


Die rezente Entwicklung der Treibhausgase



Entwicklung der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre

Quelle: NOAA



Monatsmittelwerte der CO₂ Gesamtsäulenkonzentration (XCO₂) für August 2009. GOSAT Spektren wurden mittels des RemoTeC Algorithmus ausgewertet. → Jahresgang der CO₂-Konzentration

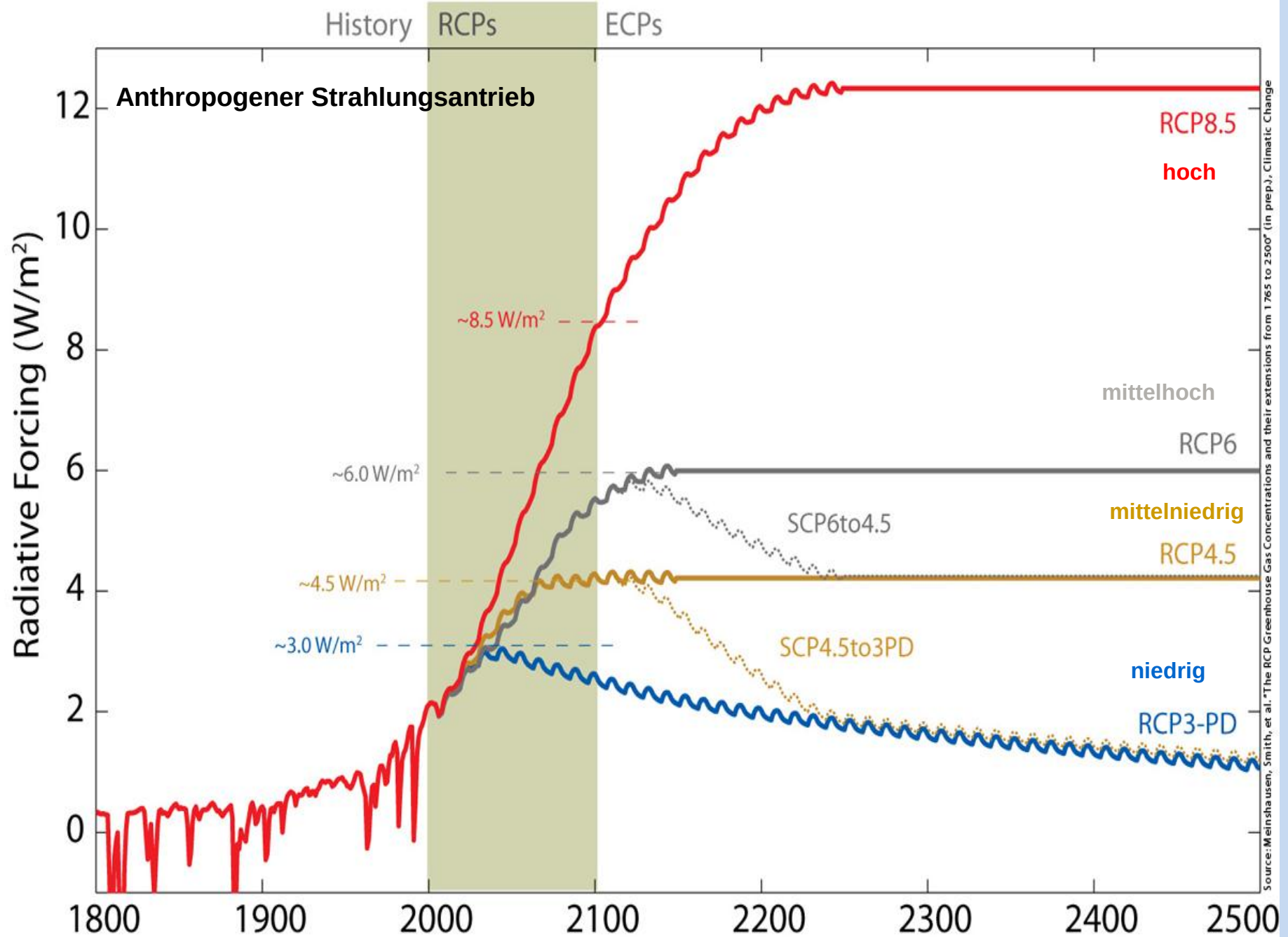
Neue Klimaszenarien

Grundlage für den neuen IPCC-Report AR5

RCP- Konzentrations- bzw. Strahlungsantriebsdaten

RCP – Representative Concentration Pathways

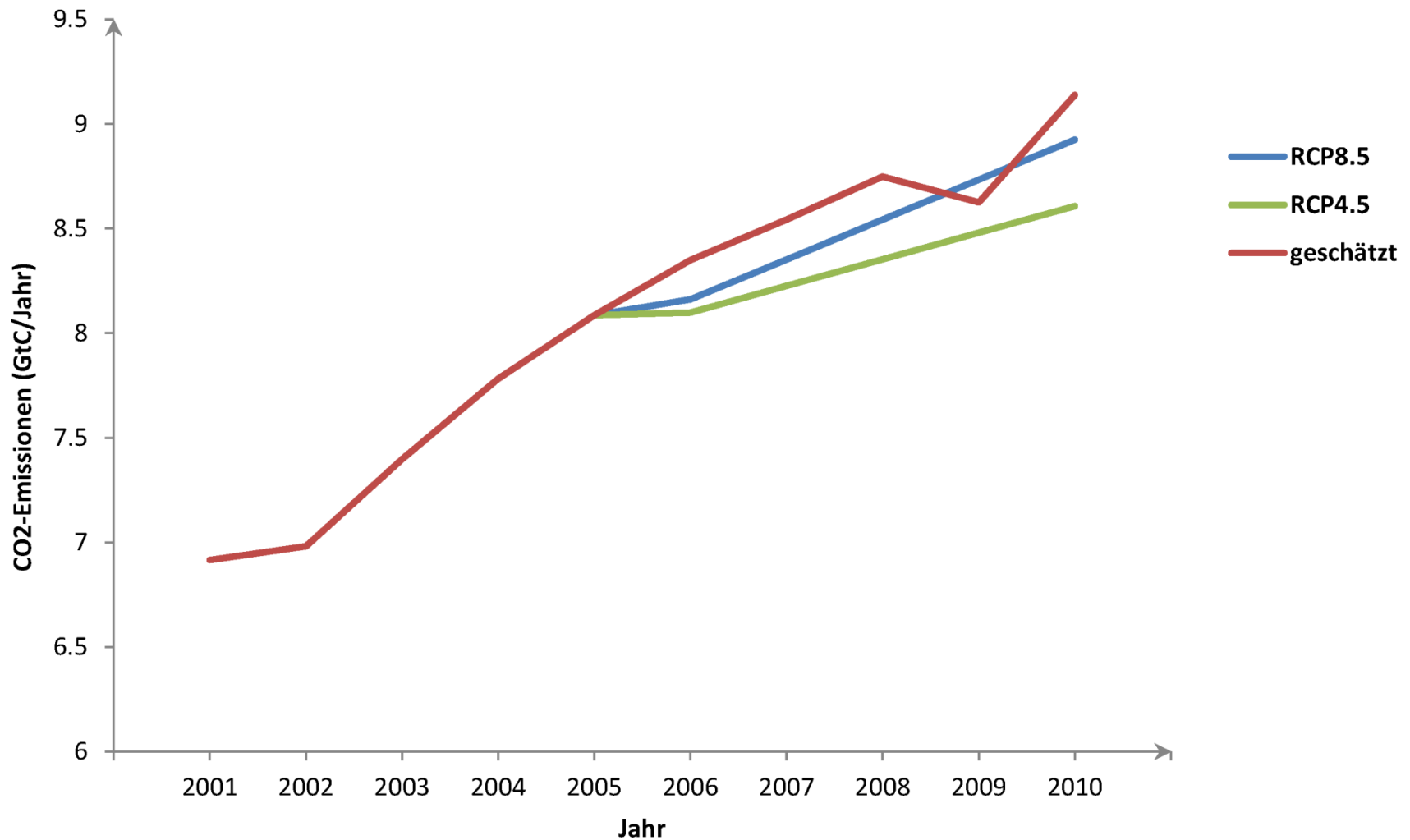
RCP-Datenbasis: www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb/.



Erste Ergebnisse zu den RCP-Szenarien

und

warum zuerst RCP 8.5 ausgewählt



**Beobachtete (geschätzt) 2001 – 2010 und
prognostizierte CO2-Emission 2006 – 2010 für RCP 8.5 und 4.5**

→ 2010 lagen die beobachteten Emissionen schon über den prognostizierten.

Simulationen der Anomalien der globalen Oberflächentemperatur Mittel verschiedener Modelle für unterschiedliche Szenarien

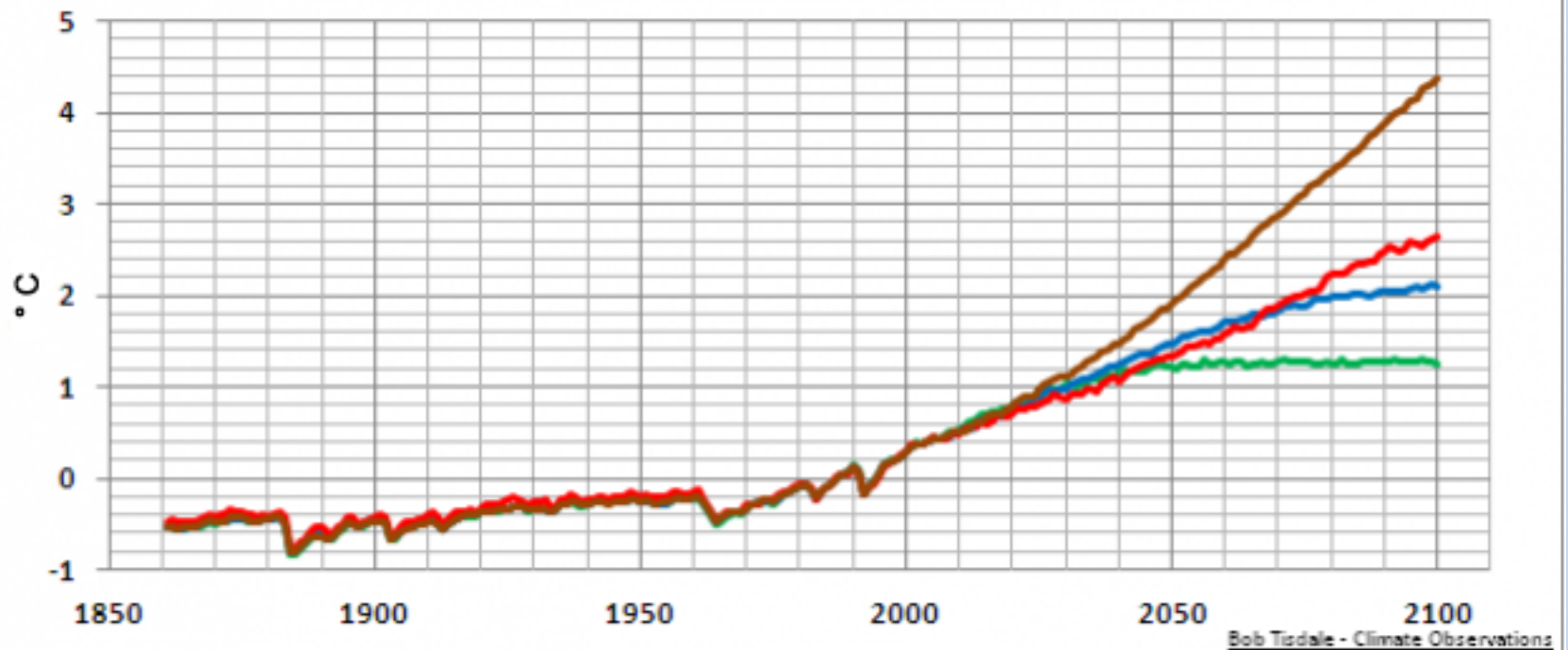
RCP 2.6 (18 Modelle/43 Ensemble-Mitglieder)

RCP 4.5 (21 Modelle/57 Ensemble-Mitglieder)

RCP 6.0 (13 Modelle/28 Ensemble-Mitglieder)

RCP 8.5 (21 Modelle/59 Ensemble-Mitglieder)

1861-2100 (Basiszeitraum = 1980-1999)



Zur Zeit u.a. auch Rechnungen zu RCP 2.6 am PIK um Bandbreite der möglichen Entwicklungen auszuloten.

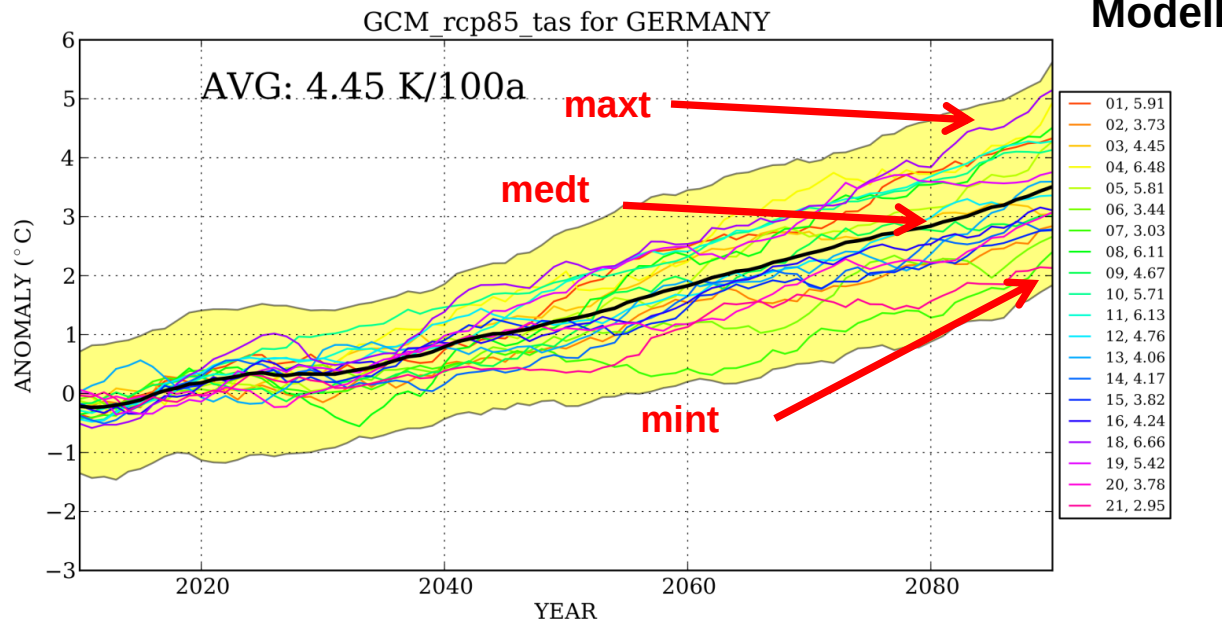
Wie sehen aber die Ergebnisse der einzelnen Modelle (GCM) für Deutschland aus?

Beispiel: Szenarium RCP 8.5

Lufttemperatur

Niederschlag

2006 - 2100

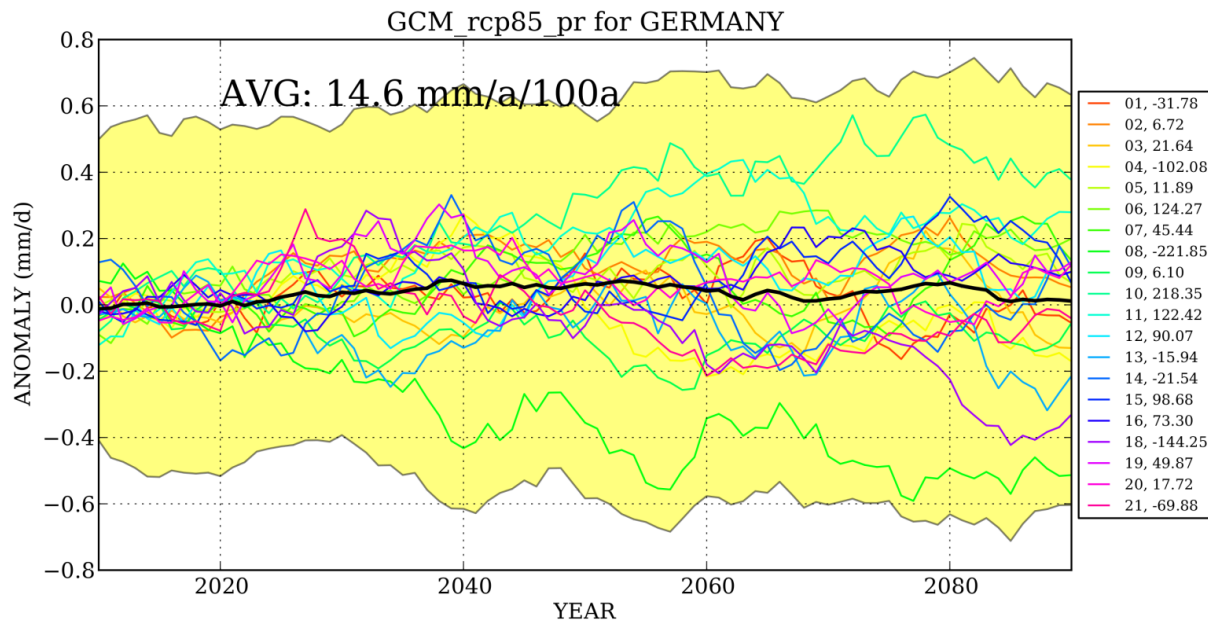


**Lufttemperatur
Jahresmittel**

**ca. 3.0 – 6.5 K
insgesamt**

bezogen auf 100 Jahre

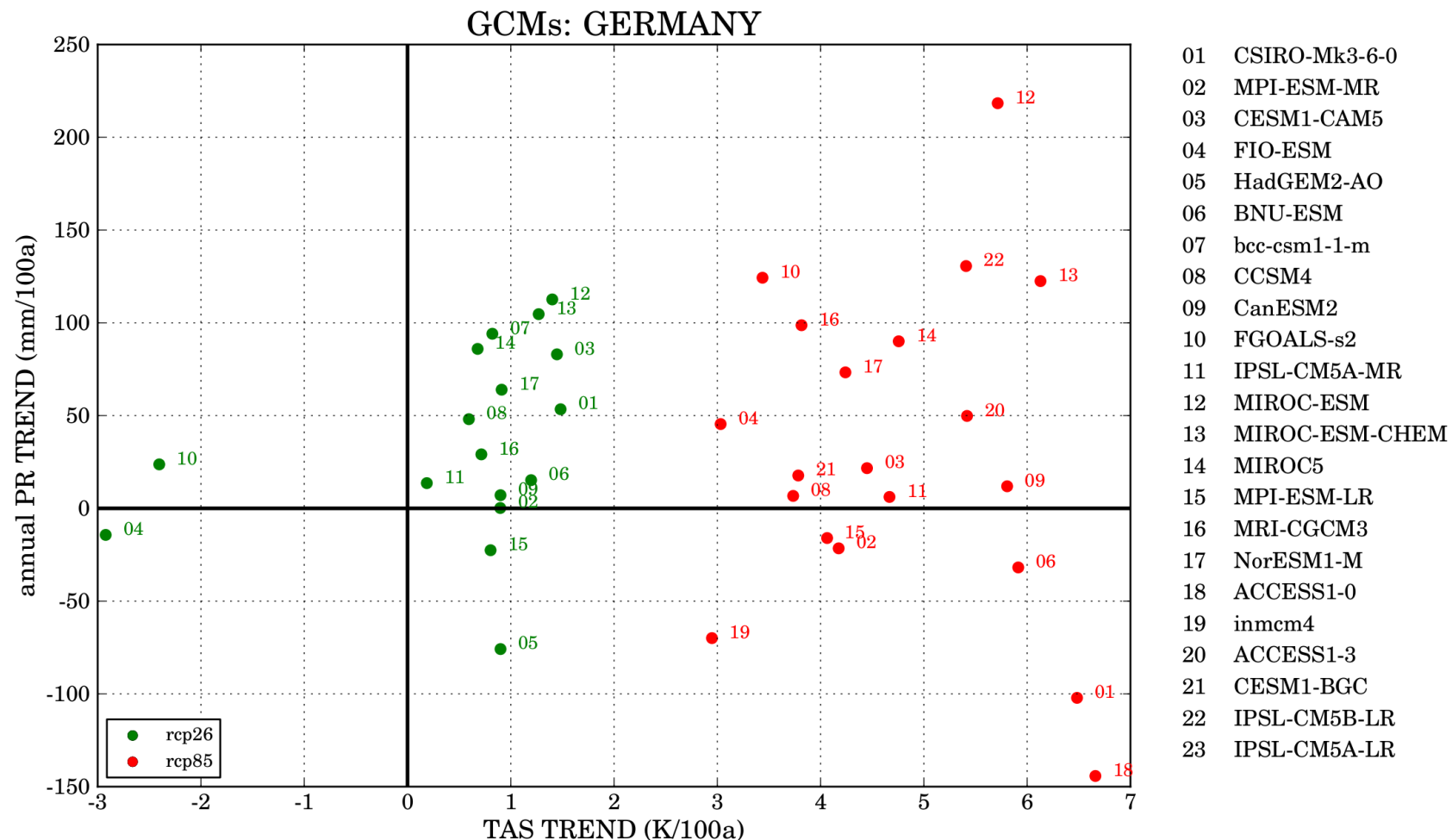
**Niederschlag
Jahresmittel der
Tagessumme**



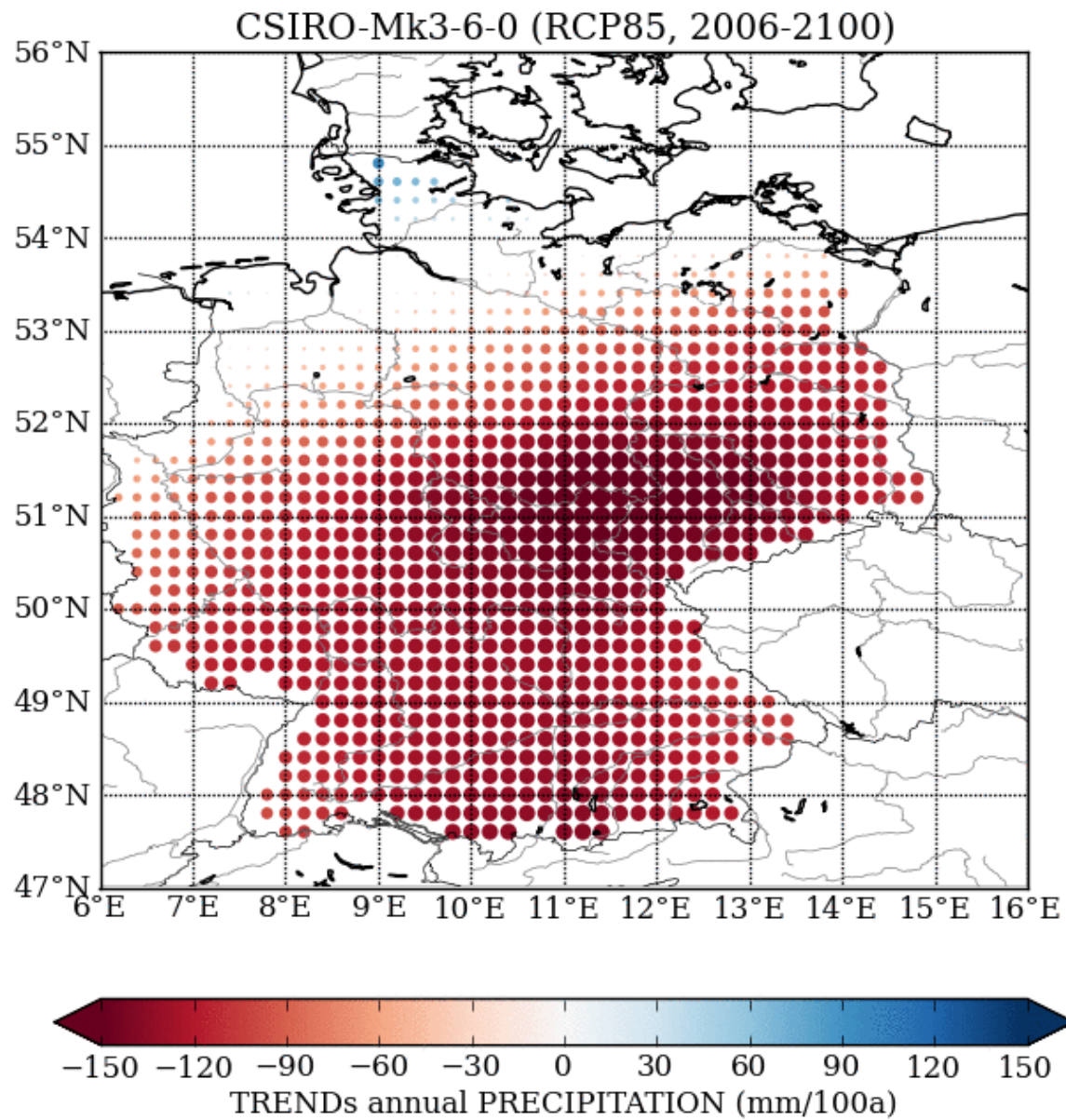
**ca. -220 - +218 mm
bei der
Jahressumme
insgesamt**

**bezogen auf 100
Jahre**

**Gelb: Schwankungsbreite
der einzelnen Jahreswerte**



**Änderung des Jahresniederschlags in Abhängigkeit von der Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur 2006 – 2100
für verschiedene GCM; Szenarien: Grün – RCP2.6, Rot – RCP8.5**



Zur Zeit liegen am PIK jeweils 100 Realisierungen für die Szenarien maxt, medt und mint bezüglich RCP 8.5 und RCP 2.6 vor.

Der über Deutschland gemittelte Temperaturanstieg und die gemittelte Klimatische Wasserbilanz betragen:

	Lufttemperatur	Klimat. Wasserbilanz
maxt:	4.97 K	-356.44 mm
medt:	4.01 K	-301.00 mm
mint:	2.36 K	-159.27 mm

**Zeitraum: 2011 – 2100; Realisierung: Q: 50% für RCP 8.5
Berechnung mit dem Modell STARS**

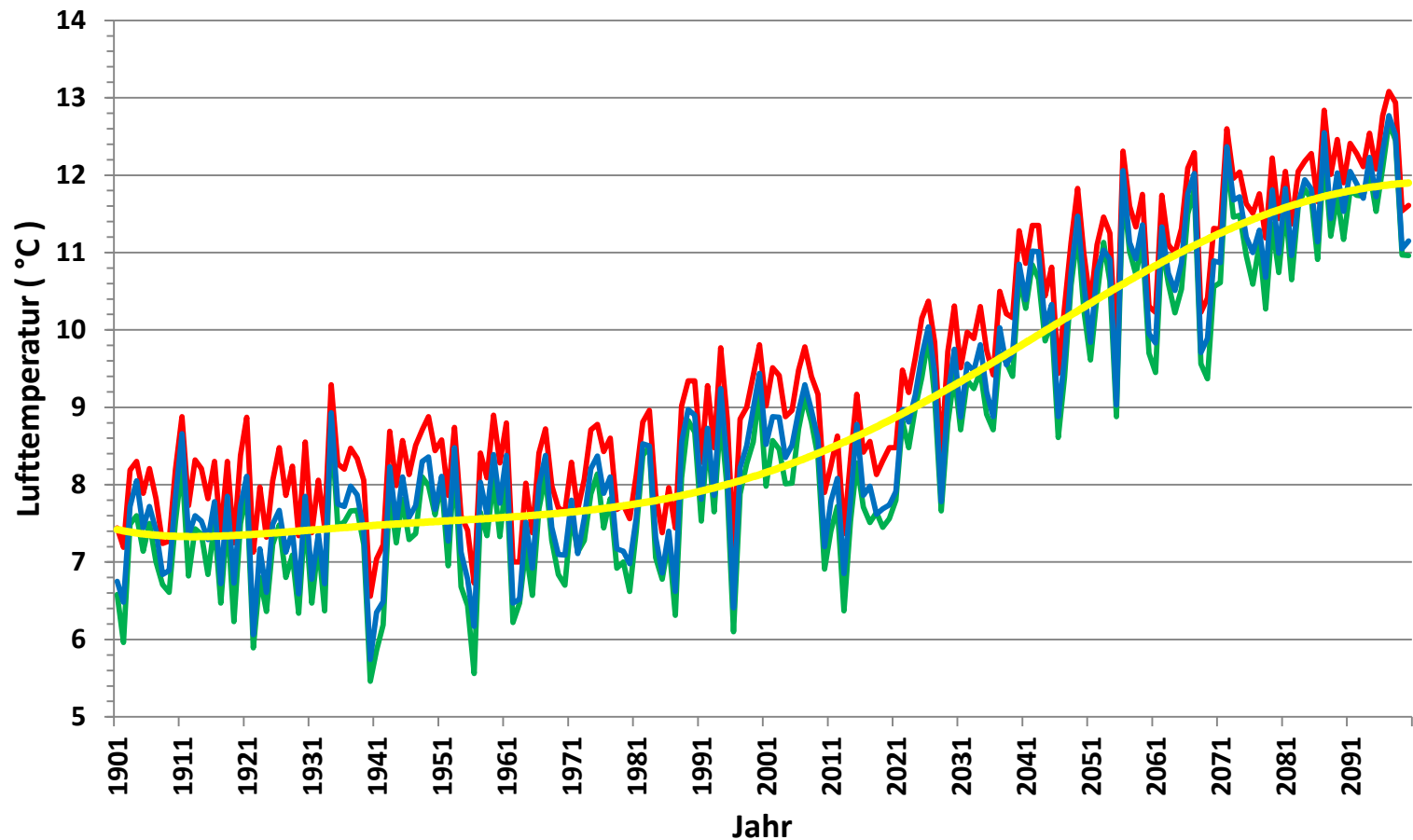
Regionalmodell STARS

**Alle Hinweise einschließlich
zu den Szenarien findet man auf:**

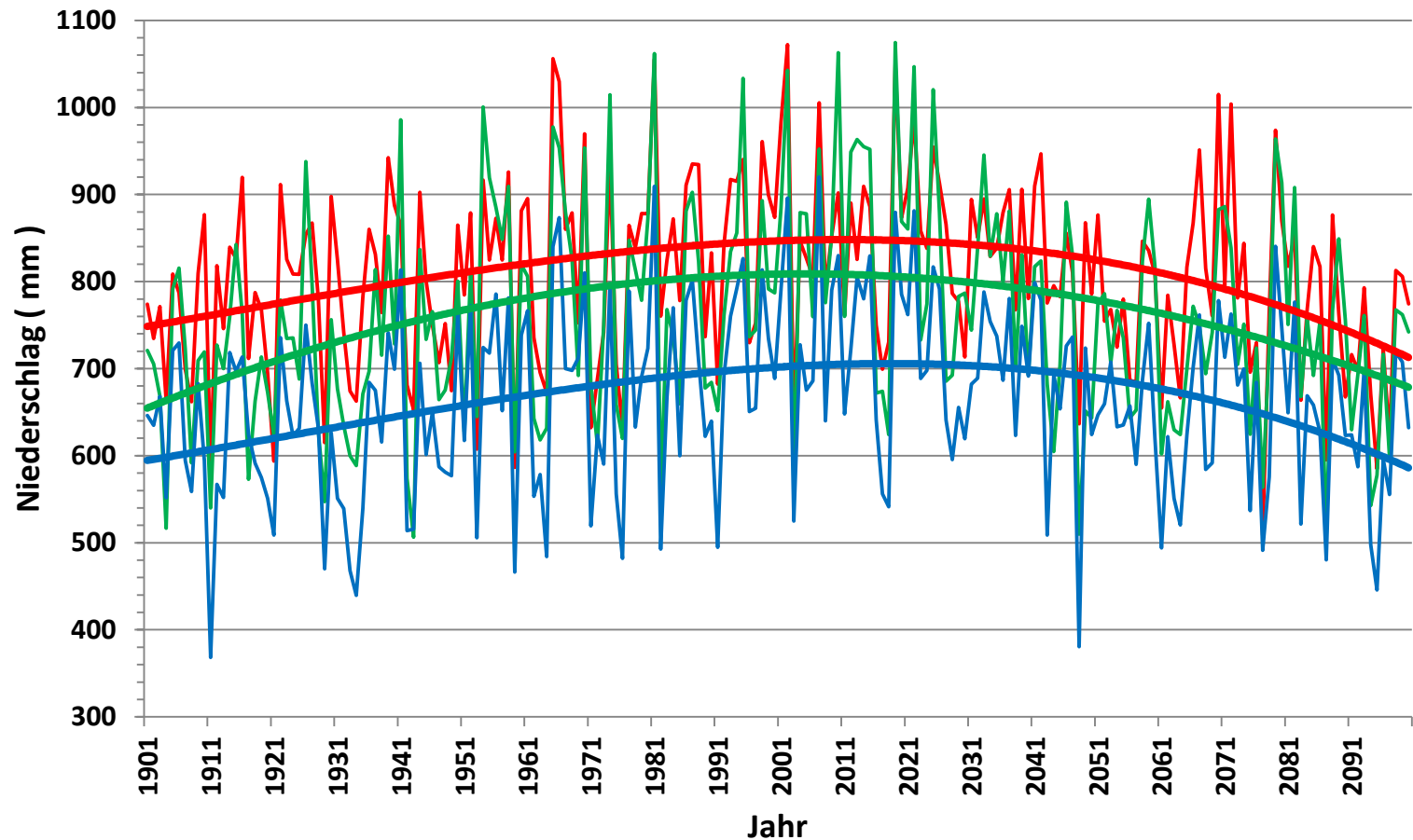
www.klimafolgenonline.com

**Einige Ergebnisse für
Deutschland,
Sachsen und Thüringen**

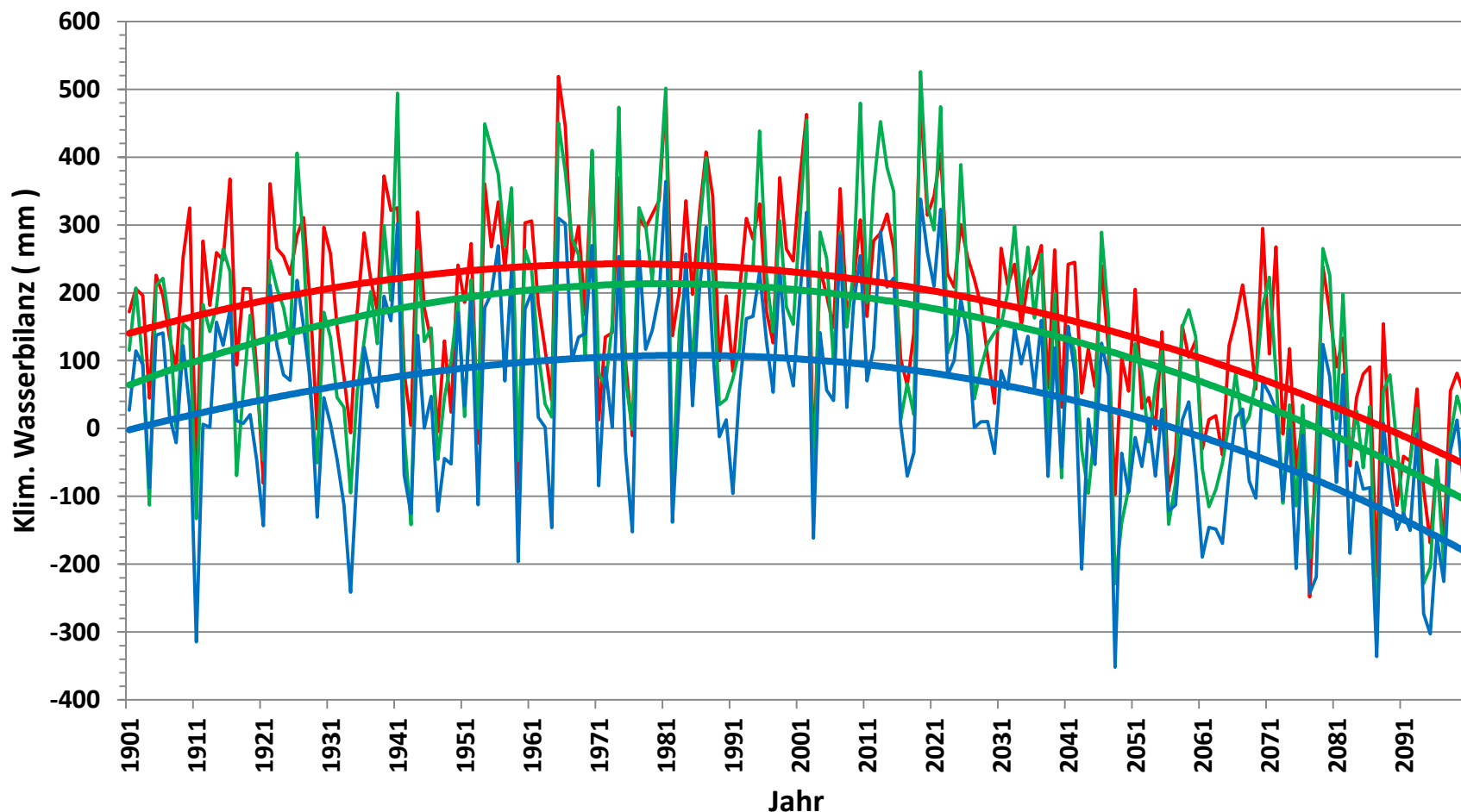
Beispiele für RCP 8.5 / medt



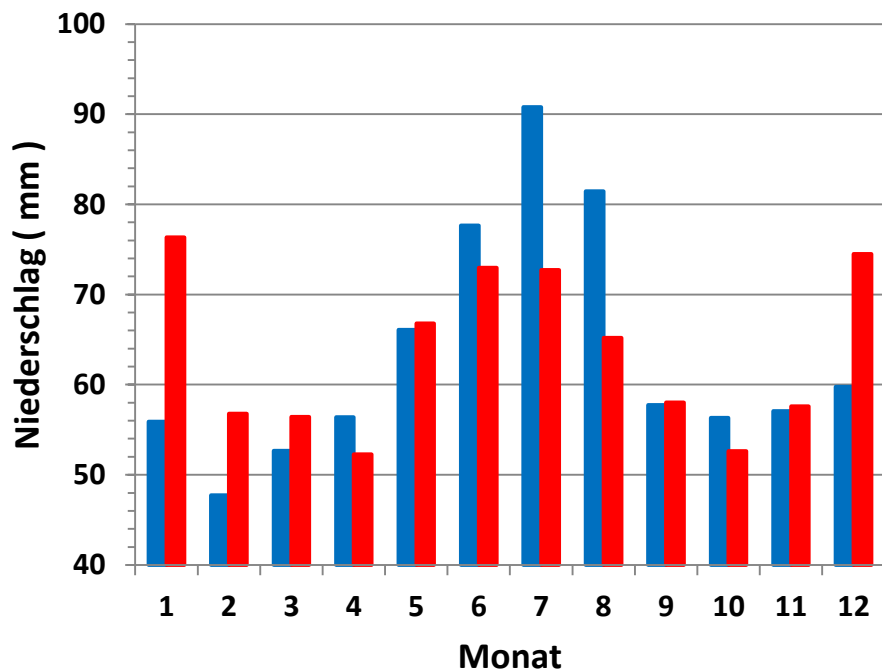
Jahresmittel der Lufttemperatur 1901 - 2010 beobachtet
2011 - 2100 berechnet, RCP 8.5 medt Q: 50%
gemittelt über: Deutschland, Sachsen und Thüringen



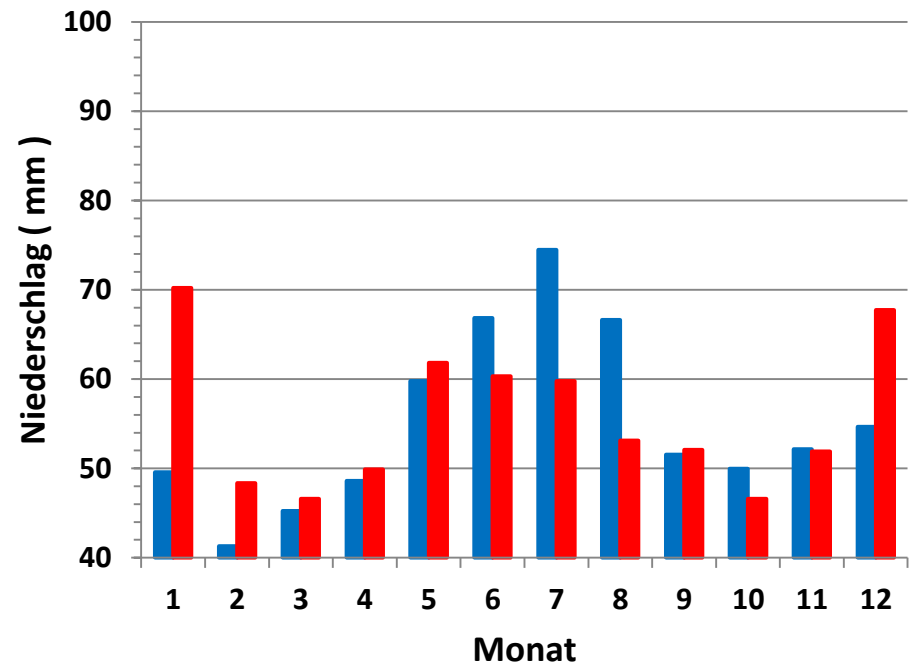
Jahressumme des Niederschlags 1901 - 2010 beobachtet
2011 - 2100 berechnet, RCP 8.5 medt Q: 50%
gemittelt über: Deutschland, Sachsen und Thüringen

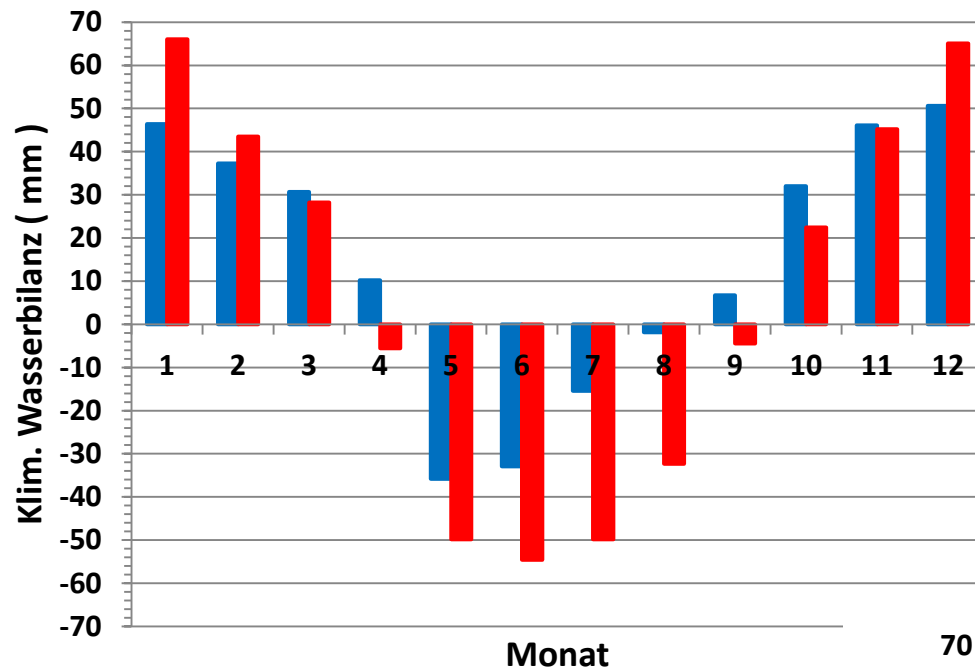


**Jahressumme der Klimatischen Wasserbilanz 1901 - 2010 beobachtet
2011 - 2100 berechnet, RCP 8.5 medt Q: 50%
gemittelt über: Deutschland, Sachsen und Thüringen**

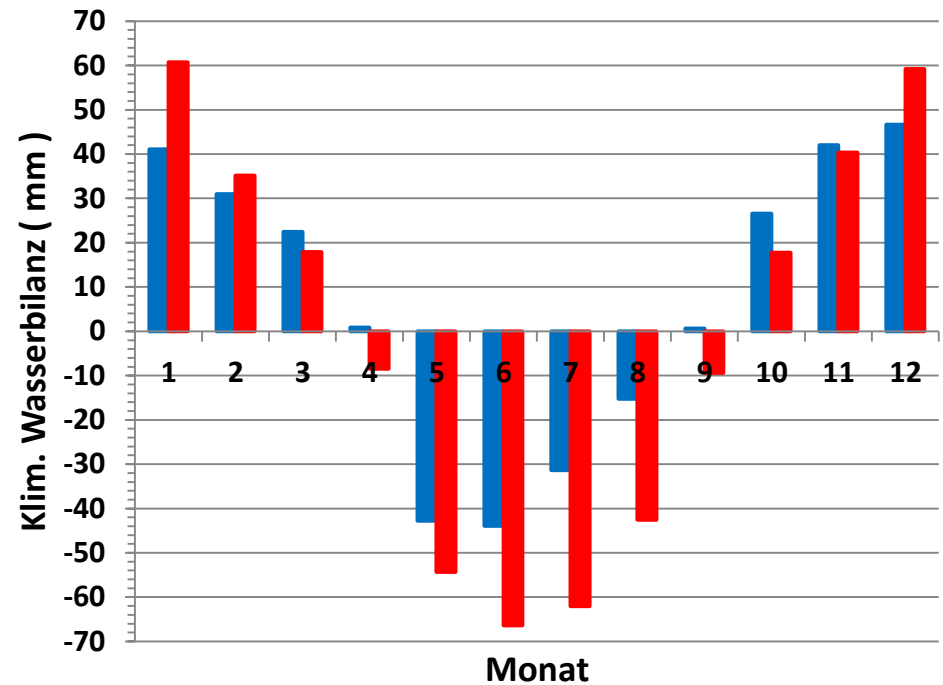


**Jahresgang des Niederschlags
gemittelt über Sachsen (oben links)
... über Thüringen (unten rechts)**
Beobachtung: 1901 - 2010 und
Simulation: 2011 - 2100

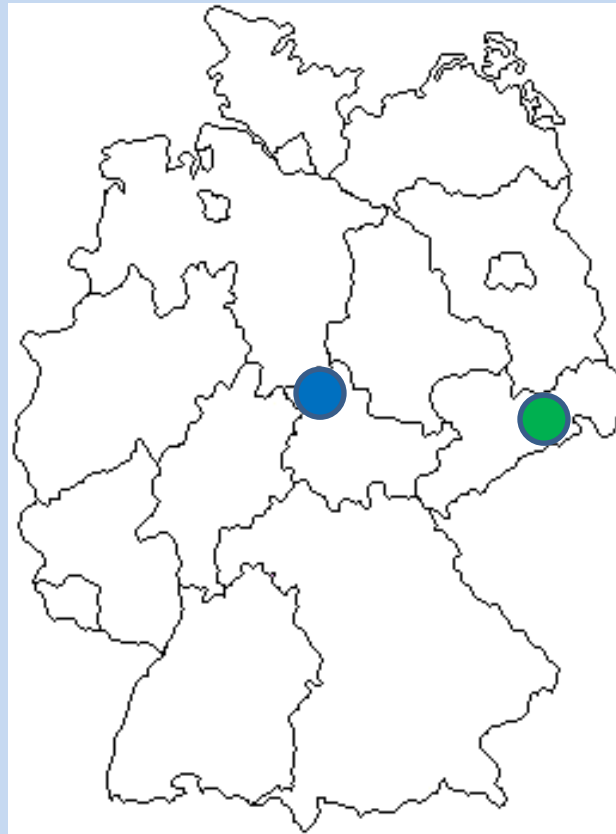




**Jahresgang der Klimatischen Wasserbilanz
gemittelt über Sachsen (oben links)
... über Thüringen (unten rechts)**
Beobachtung: 1901 - 2010 und
Simulation: 2011 - 2100



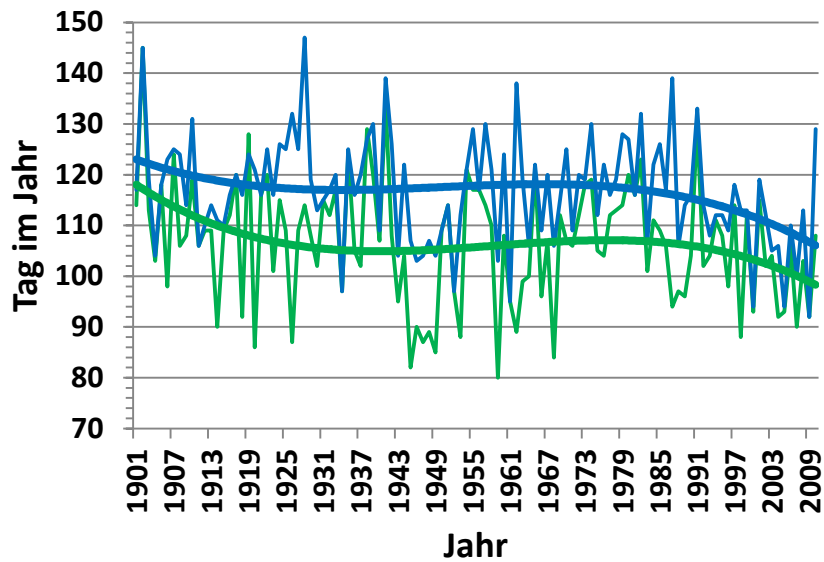
Spezielle Klimaaussagen zur Landwirtschaft



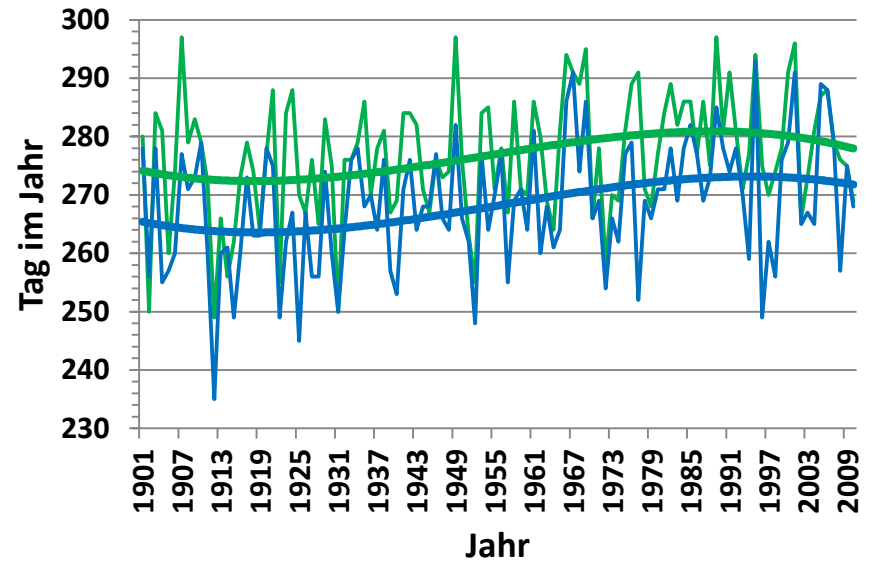
Beispielstationen:

Dresden

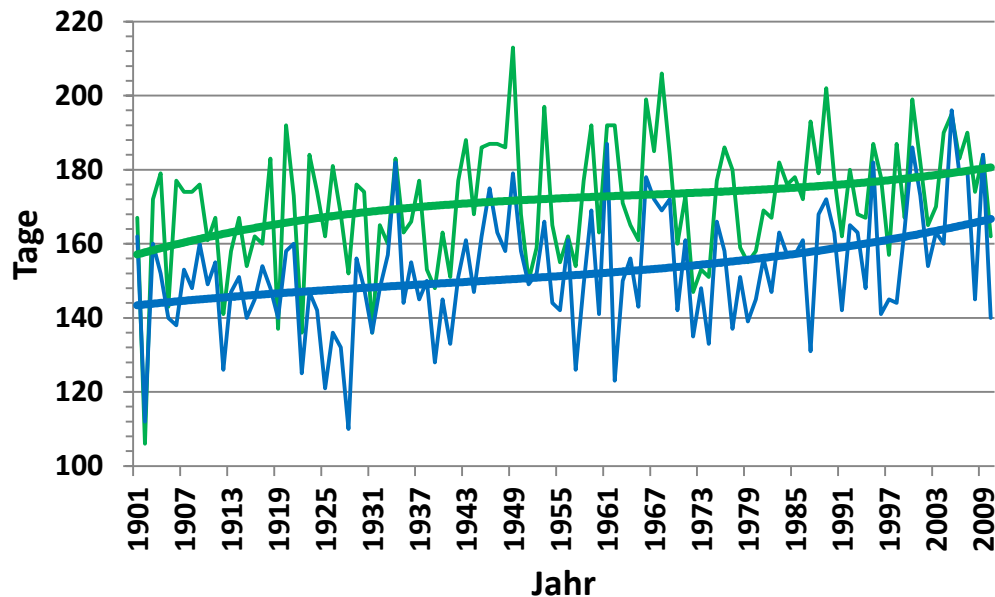
Leinefelde



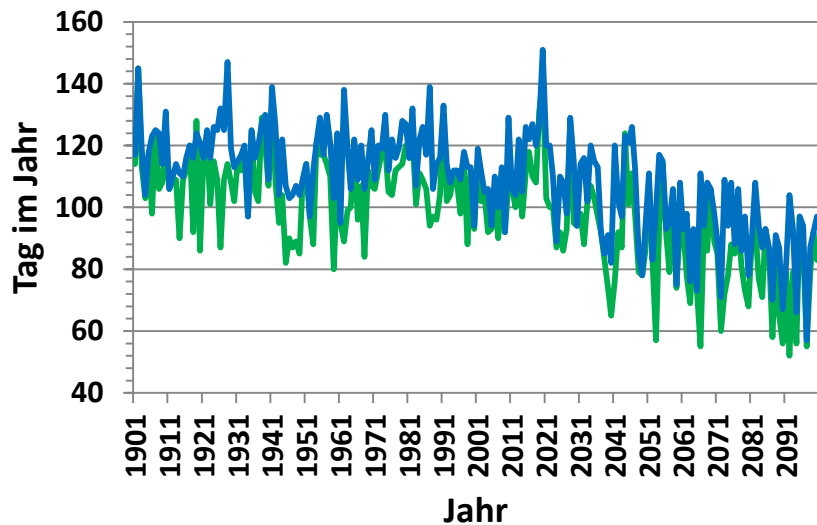
Beginn der Vegetationsperiode, **Dresden** und **Leinefelde**
berechnet aus: Beobachtung 1901 - 2010 und



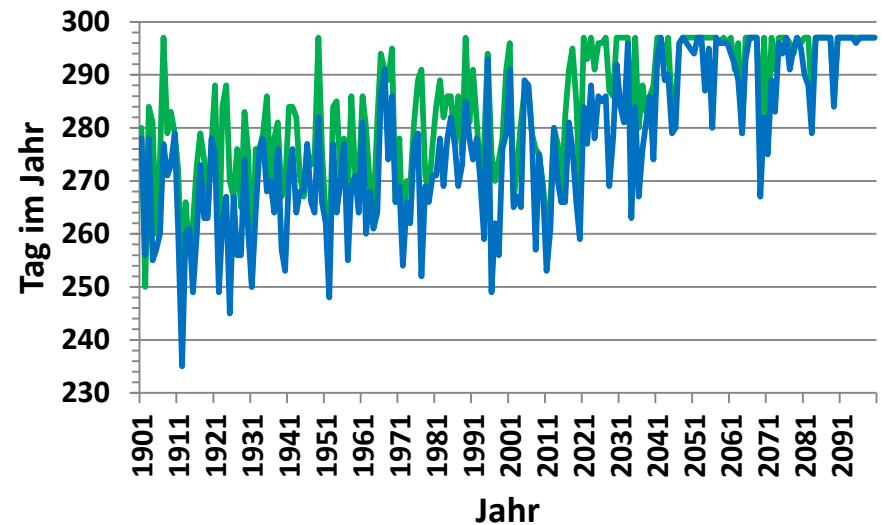
Ende der Vegetationsperiode, **Dresden** und **Leinefelde**
berechnet aus: Beobachtung 1901 - 2010 und



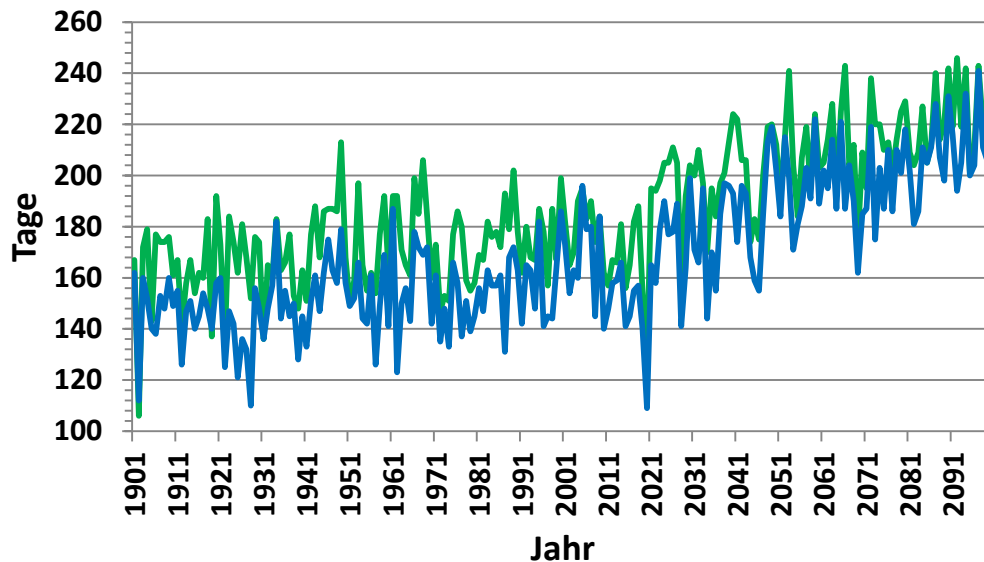
Länge der Vegetationsperiode,
Dresden und **Leinefelde**
berechnet aus: Beobachtung 1901 - 2010 und



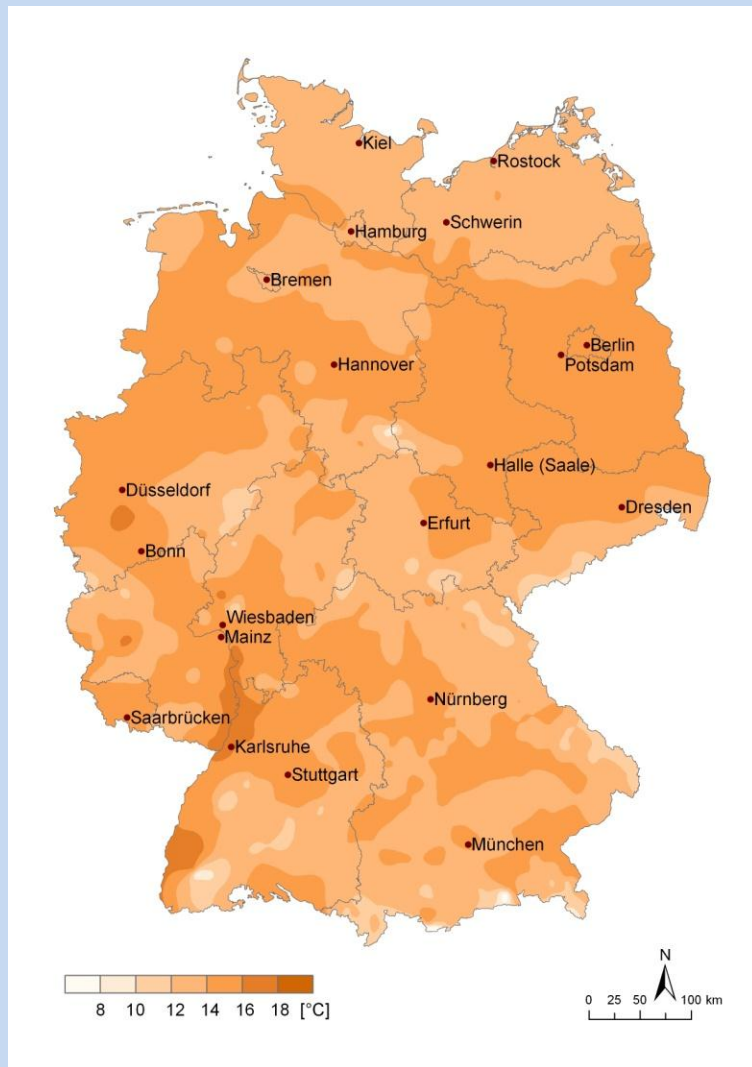
Beginn der Vegetationsperiode, **Dresden** und **Leinefelde**
berechnet aus: Beobachtung 1901 - 2010 und
Simulation, medt / q50 2011 - 2100



Ende der Vegetationsperiode, **Dresden** und **Leinefelde**
berechnet aus: Beobachtung 1901 - 2010 und
Simulation, medt / q50 2011 - 2100



Länge der Vegetationsperiode,
Dresden und **Leinefelde**
berechnet aus: Beobachtung 1901 - 2010 und
Simulation, medt / q50 2011 - 2100

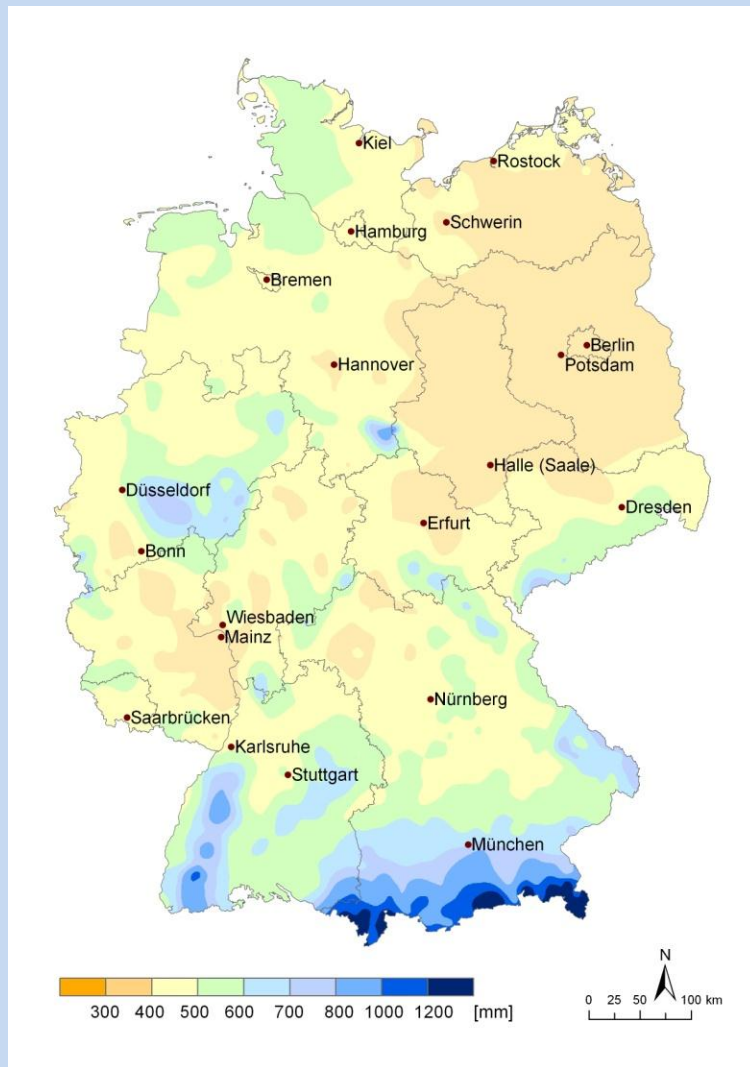


Beobachtung 1991 - 2010

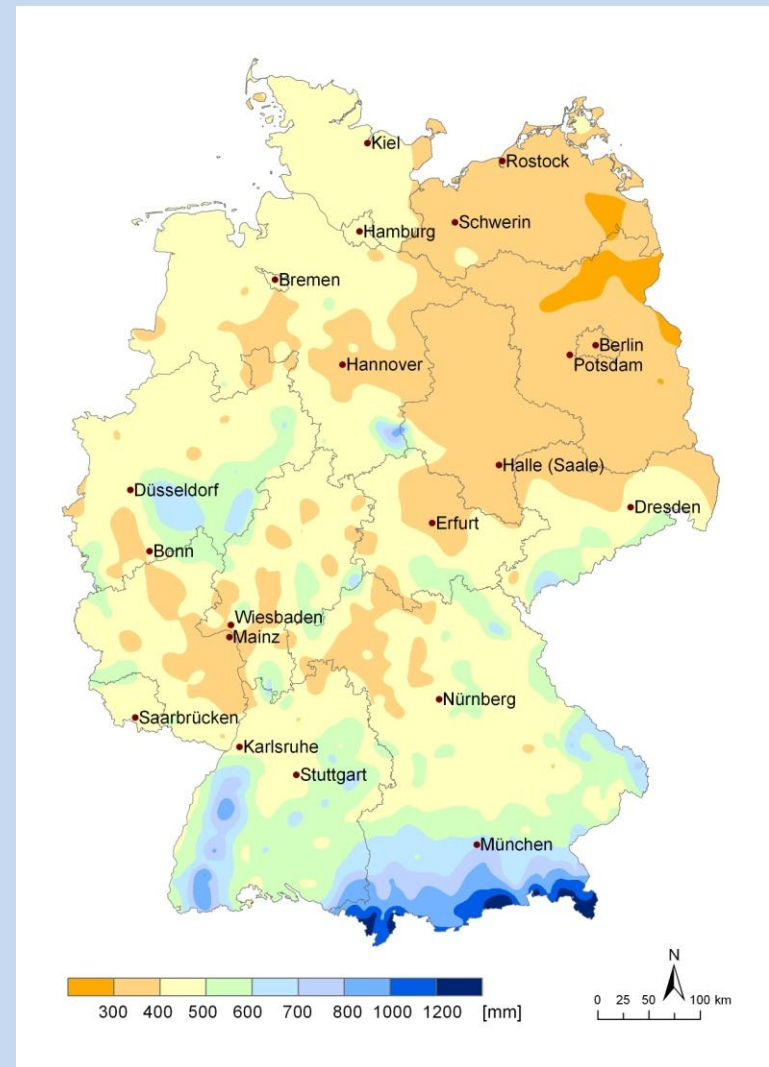


**Simulation 2031 – 2050
Szenarium RCP 8.5 medt /Q: 50%**

Lufttemperatur während der Vegetationszeit April - Oktober

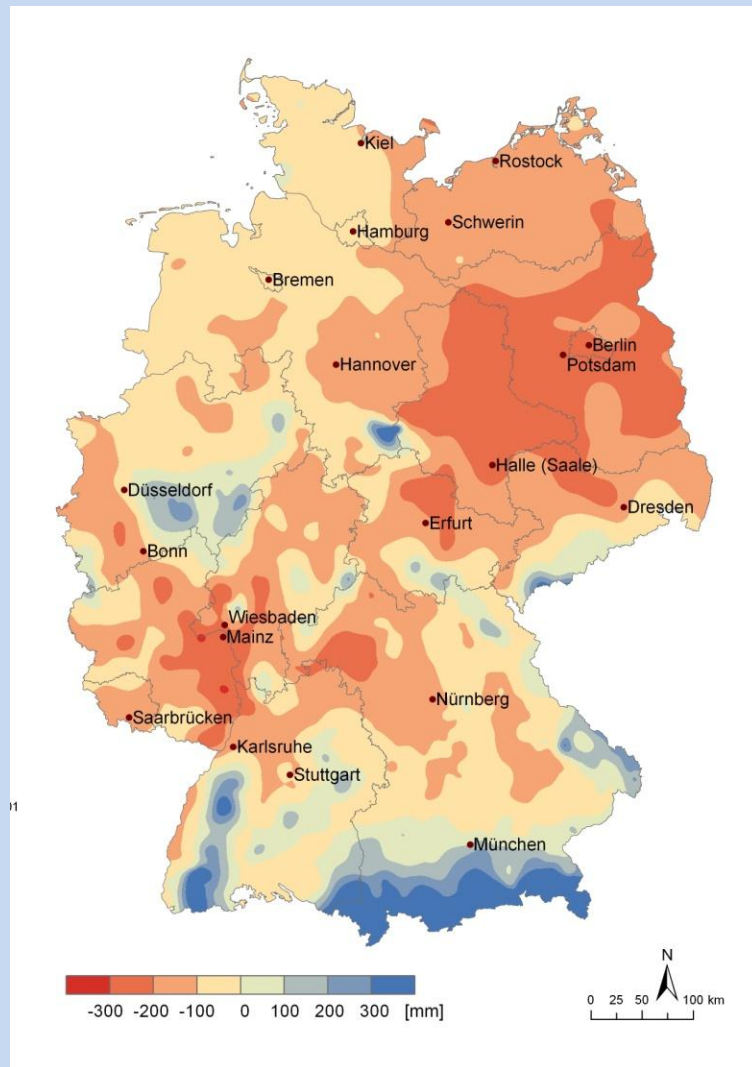


Beobachtung 1991 - 2010

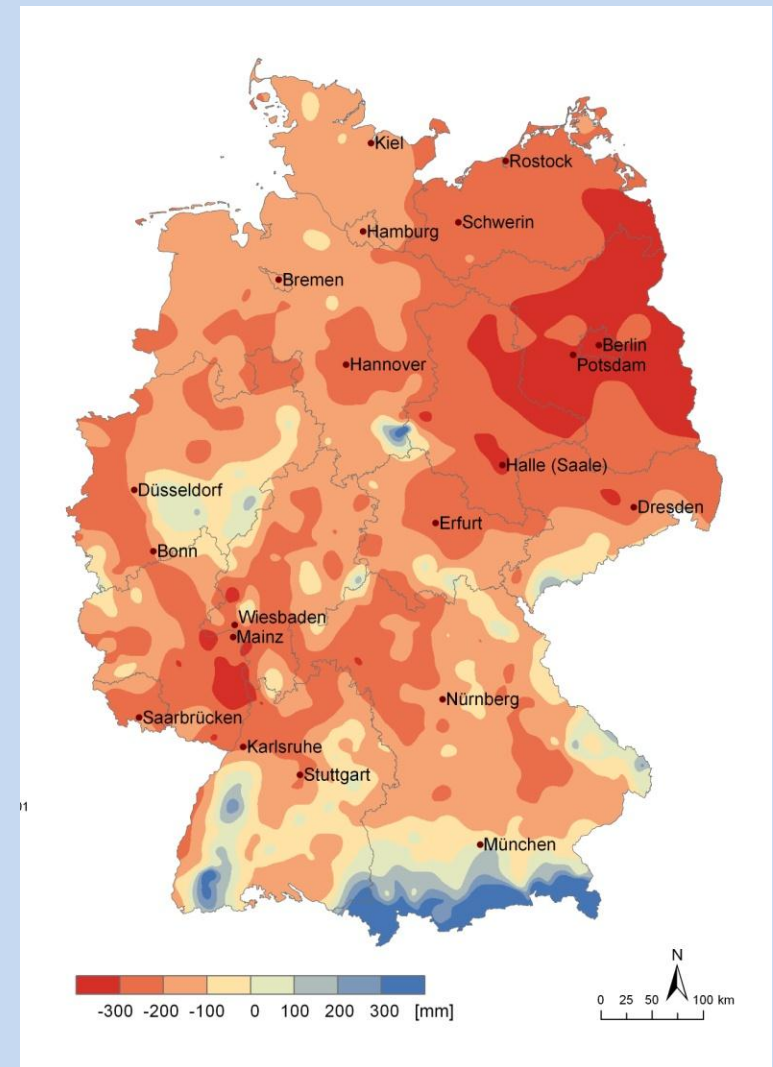


**Simulation 2031 – 2050
Szenarium RCP 8.5 medt /Q: 50%**

Niederschlag während der Vegetationszeit April - Oktober

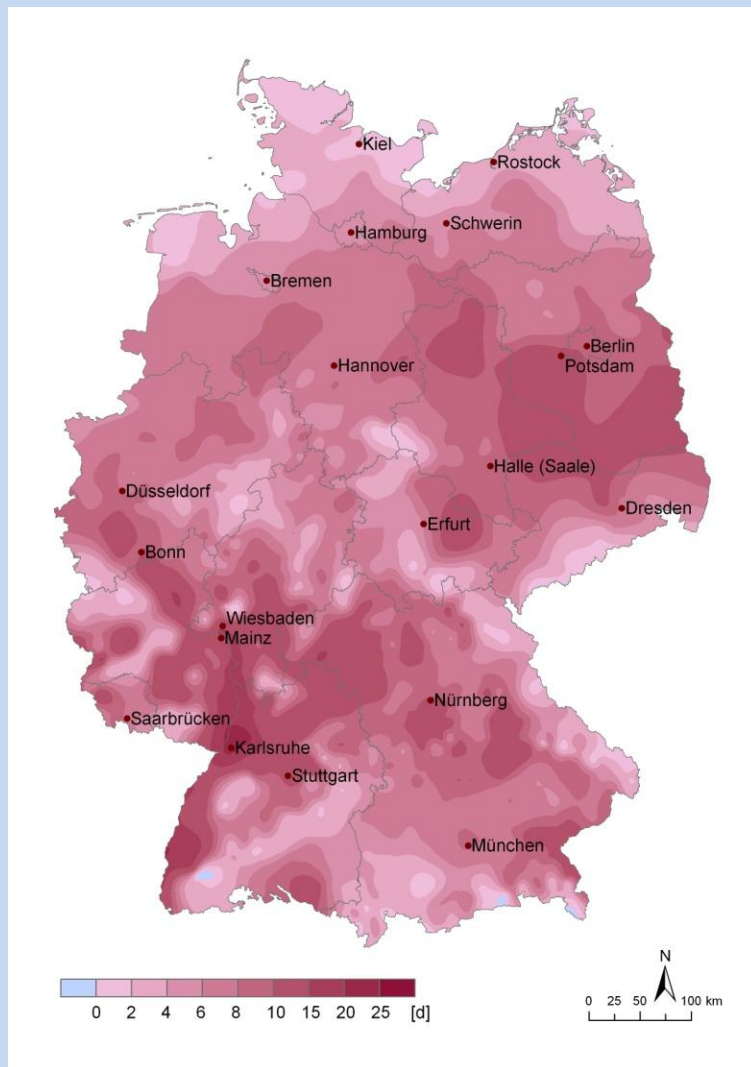


Beobachtung 1991 - 2010

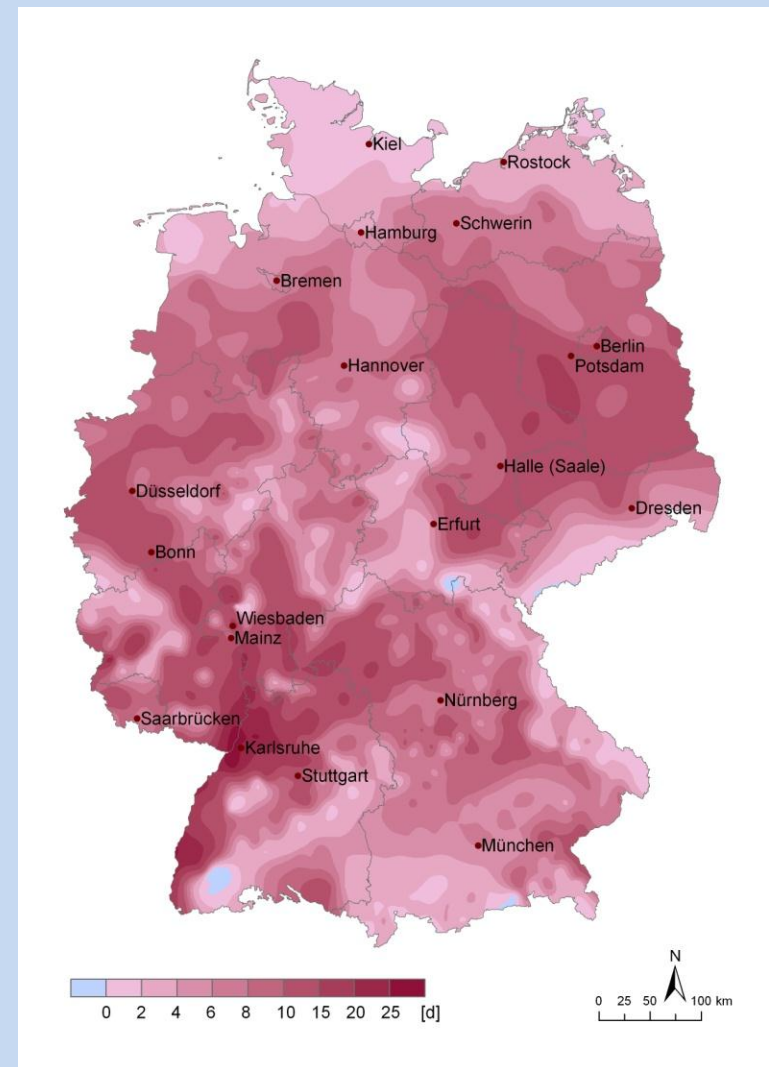


**Simulation 2031 – 2050
Szenarium RCP 8.5 medt /Q: 50%**

Klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit April - Oktober



Beobachtung 1991 - 2010

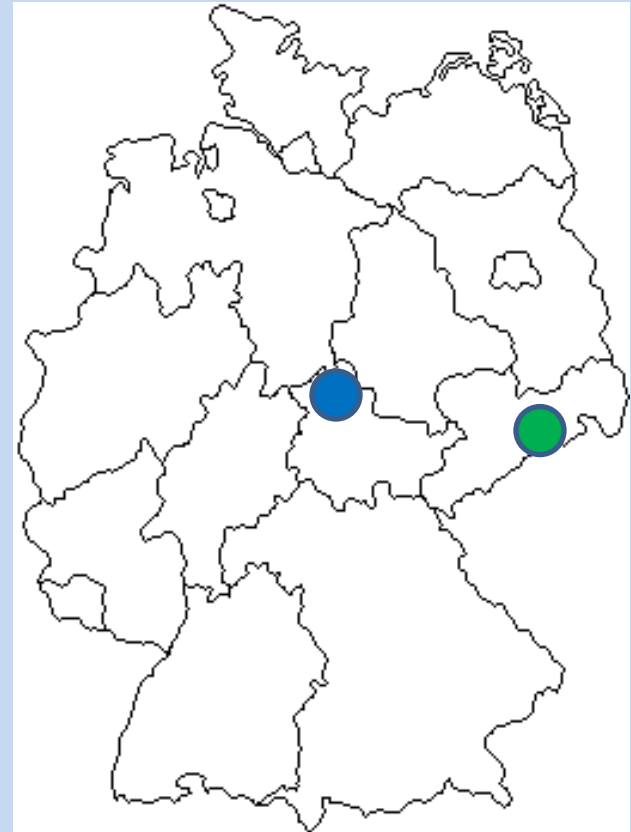


**Simulation 2031 – 2050
Szenarium RCP 8.5 medt /Q: 50%**

**Anzahl der Tage mit einem Tagesmaximum der Lufttemperatur $\geq 30.0^{\circ}\text{C}$
(heiße Tage) während der Monate Juni, Juli und August**

Wachstumsanforderungen an die Temperatur für den Kartoffelanbau

- optimale Temperaturbedingungen bei einem Tagesmittel von 18 - 20 °C
- Förderung der Knollenbildung bei Maximalnachttemperatur von 15 °C im Mai – Juni
- Knollenwachstum ist bei einer Bodentemperatur von 15 bis 18 °C optimal
- bei Temperaturen < 10 °C (Mai – Juni) oder > 30 °C (Juni - August) nahezu kein Wachstum



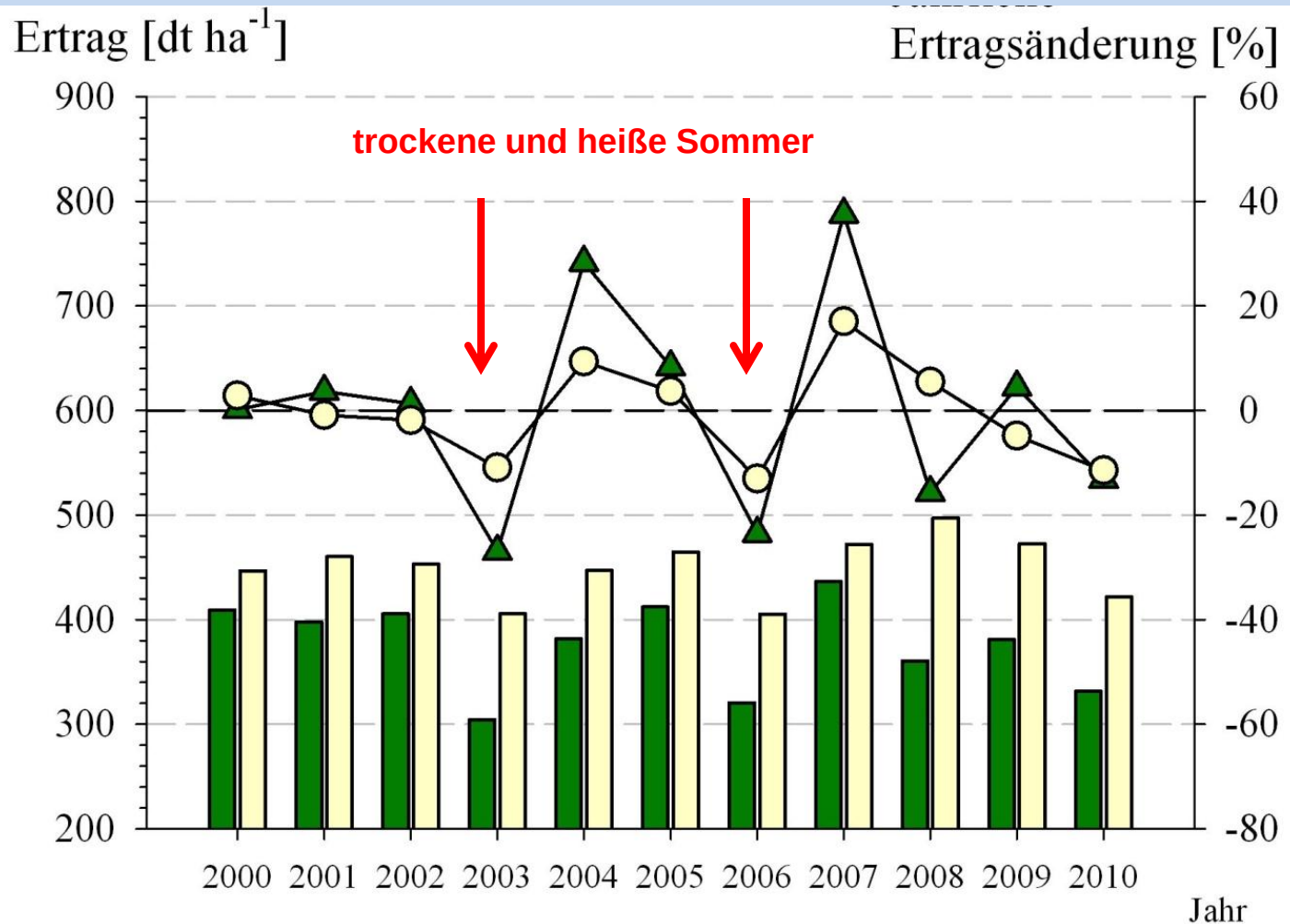
Beispielstationen:

Dresden

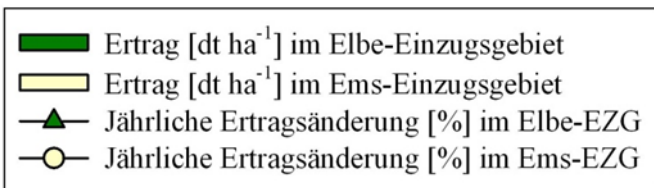
Leinefelde

Parameter	Dresden			Leinefelde		
	1991 - 2010	2031 - 2050	Differenz	1991 - 2010	2031 - 2050	Differenz
Tmin < 10.0°C Mai - Juni	28.1	19.8	-8.3	40.5	33.2	-7.3
Tmin ≥ 15.0°C Mai - Juni	6.2	8.8	+2.6	2.3	3.4	+1.1
Tmit ≥ 20.0°C Mai - Juni	9.5	13.4	+3.9	3.5	6.1	+2.6
Tmax ≥ 30.0°C Mai - Juni	1.3	2.0	+0.7	0.4	0.7	+0.3
Tmax ≥ 30.0°C Juni - August	7.7	10.3	+2.6	4.2	4.0	-0.2
Tmax ≥ 30.0°C Gesamtjahr	7.8	11.6	+3.8	4.3	4.3	0.0
Kein Niederschlag Mai - Juni	31.5	35.5	+4.0	31.1	36.1	+5.0
Kein Niederschlag April – Oktober	114.4	130.7	+16.3	110.3	132.2	+21.9

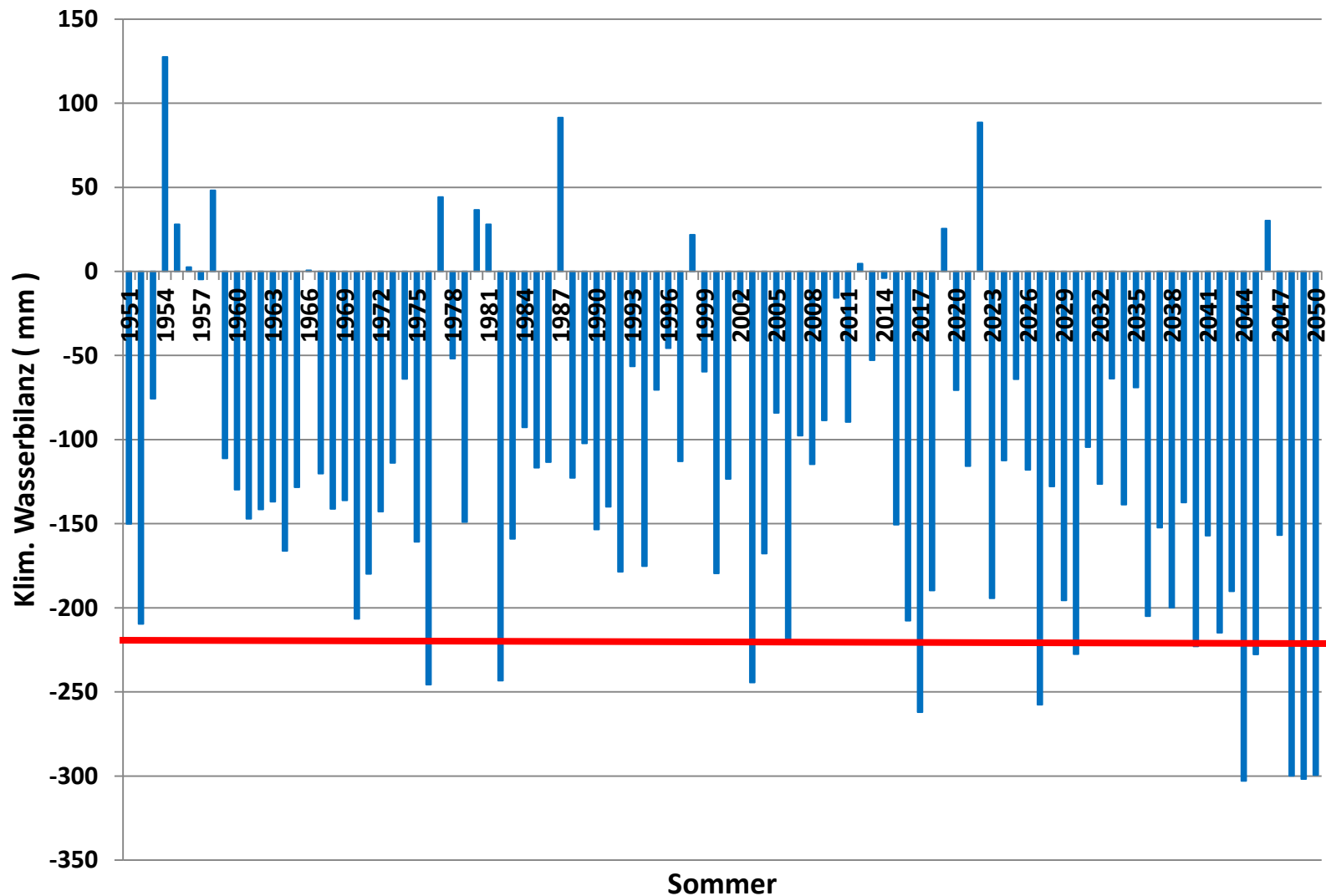
**Ereignistage an den Stationen Dresden und Leinefelde
2031 – 2050: Szenarium RCP 8.5, tmed /Q: 50%**



Quelle: PIK, Lüttger



Erträge und Ertragsänderungen der Vergangenheit



Sommersumme der Klimatischen Wasserbilanz in Dresden
1951 - 2010 beobachtet; rote Linie: Wert 2006
2011 - 2050 berechnet, RCP 8.5 medt Q: 50%

Fazit für Sachsen und Thüringen

- **Bei der zukünftigen Entwicklung der Lufttemperatur und des Niederschlags folgen beide Bundesländer etwa der Tendenz, die für ganz Deutschland gilt. Sie sind aber insgesamt deutlich trockener.**
- **Die Lufttemperatur nimmt zu und der Niederschlag sowie die Klimatische Wasserbilanz nehmen ab.**
- **Die Niederschläge nehmen im Sommer ab und im Winter zu.**
- **Die Vegetationsperiode verlängert sich.**
- **Für die Landwirtschaft ergeben sich Vor- und Nachteile. Die Vorteile beziehen sich vor allem auf die höheren Temperaturen und die Nachteile auf den Niederschlagsrückgang in der Vegetationszeit.**
- **Der Bewässerungsaufwand tendiert zu einer Zunahme (siehe Entwicklung der Klimatischen Wasserbilanz). Damit können aber u.U. extreme Trocken- und Hitzeperioden „abgefedert“ werden.**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Foto: R. Schmidt



...und es wird weitergehen!

Grau ist alle Theorie!

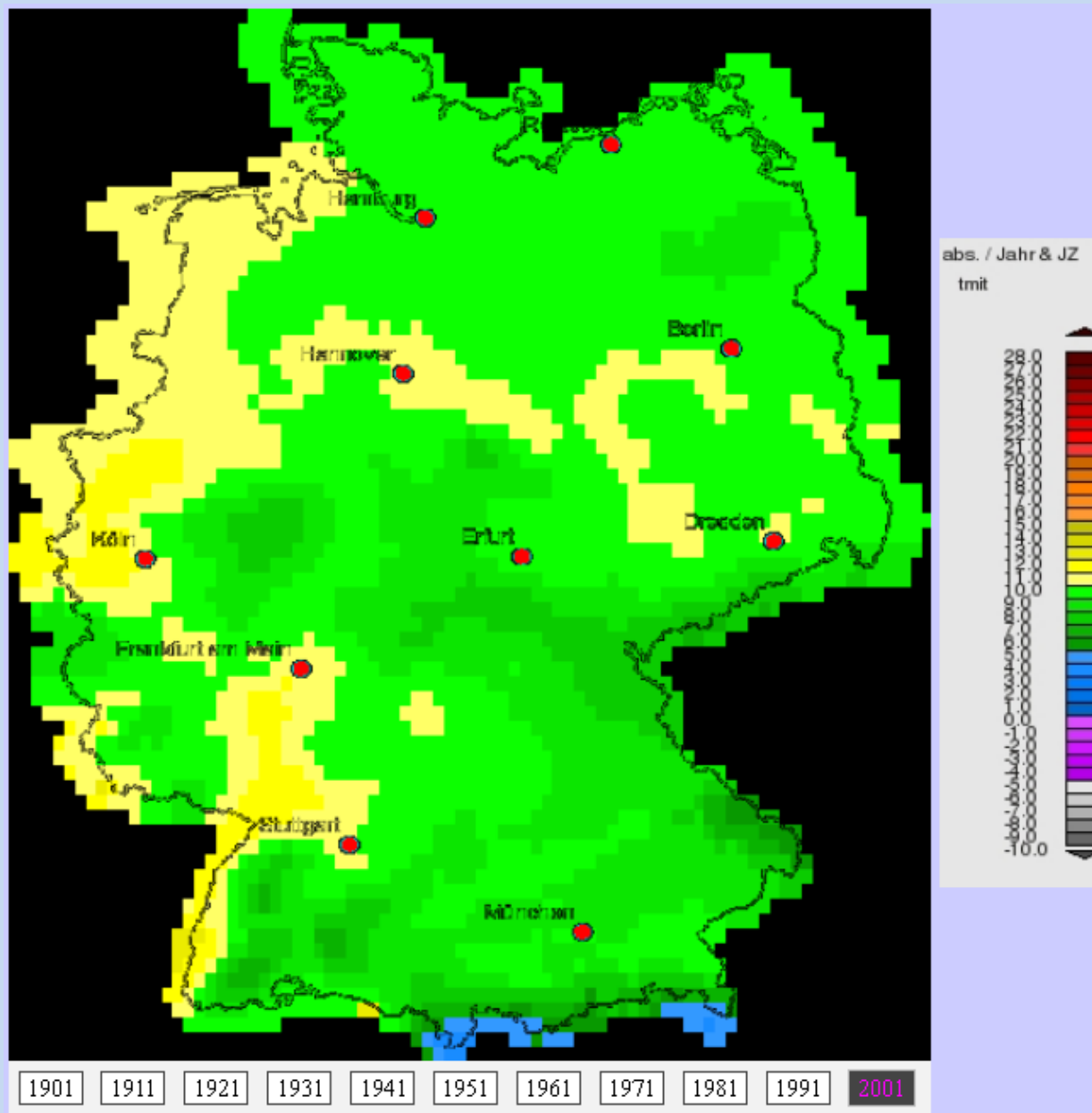
Für Nachfragen

Unter dem Motto:

„Es kann auch noch schlimmer kommen.“

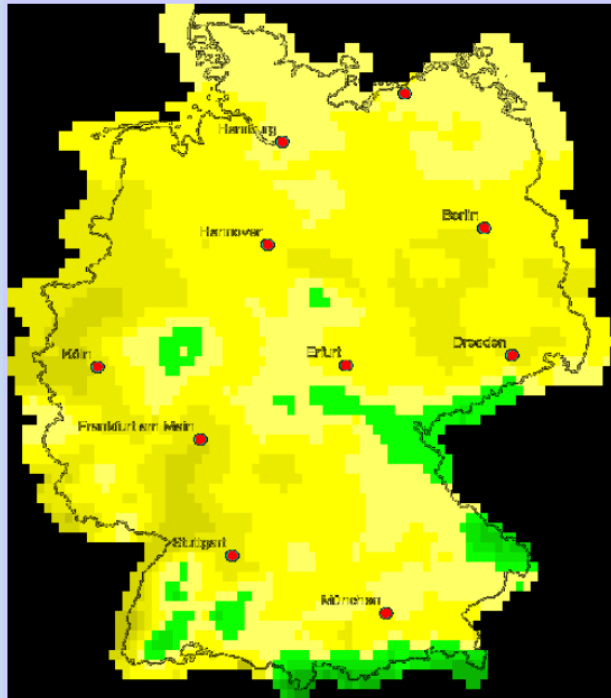
**RCP 8.5 / maxt
also ein Extremszenarium**

Gegen Ende des Jahres 2013 sind unter der Adresse www.klimafolgenonline.com weitere Ergebnisse zu den Szenarien RCP 8.5 sowie 2.6 und jeweils für maxt, medt und mint zu finden.

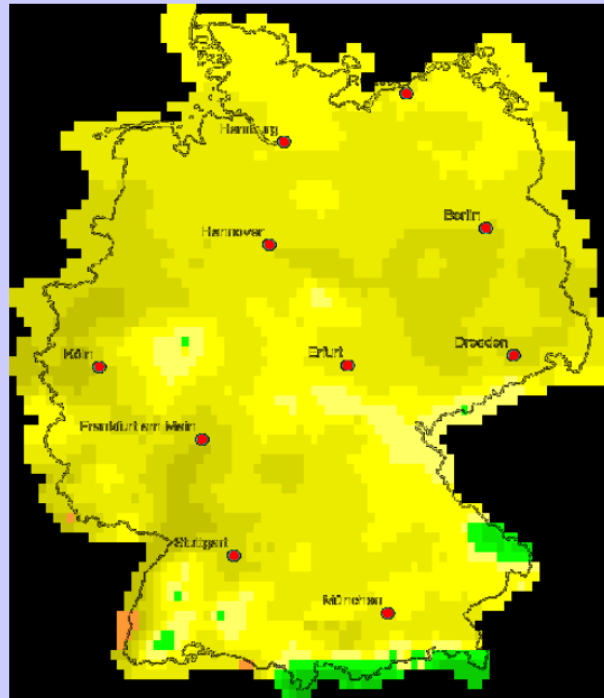


Jahresmittel der Lufttemperatur für die Beobachtungsdekade 2001 - 2010

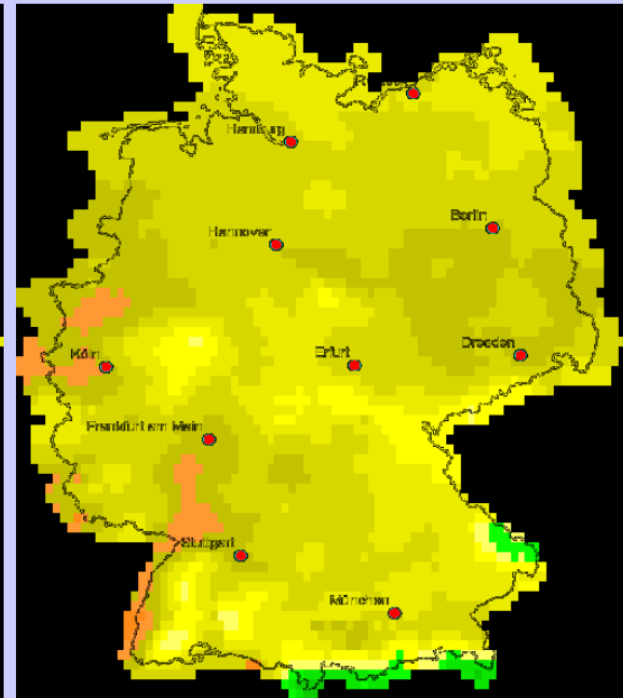
q005



q050

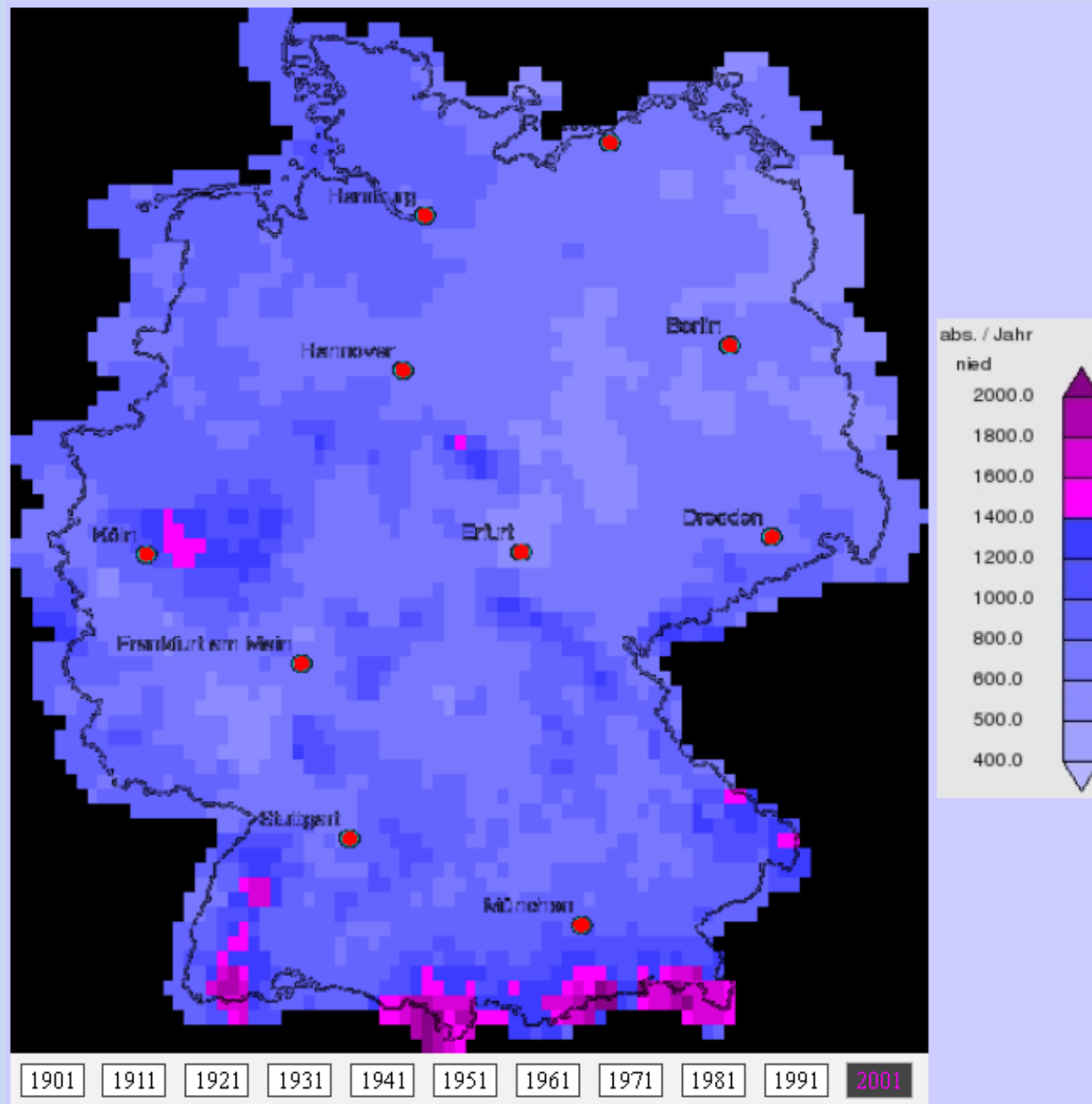


q095



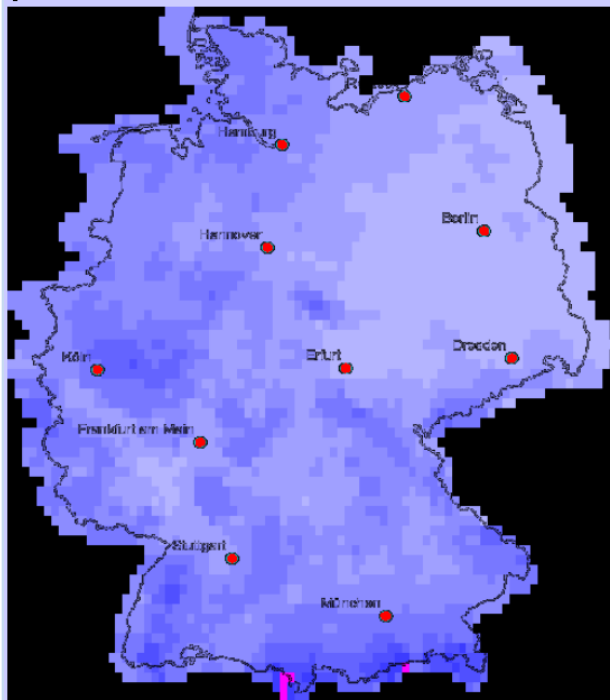
2011	2021	2031	2041	2051	2061	2071	2081	2091
------	------	------	------	------	------	------	------	------

Jahresmittel der Lufttemperatur für die Simulationsdekade 2061 – 2070
Szenarium: RCP 8.5, maxt, Quantile: 5%, 50% und 95%; Modell: STARS

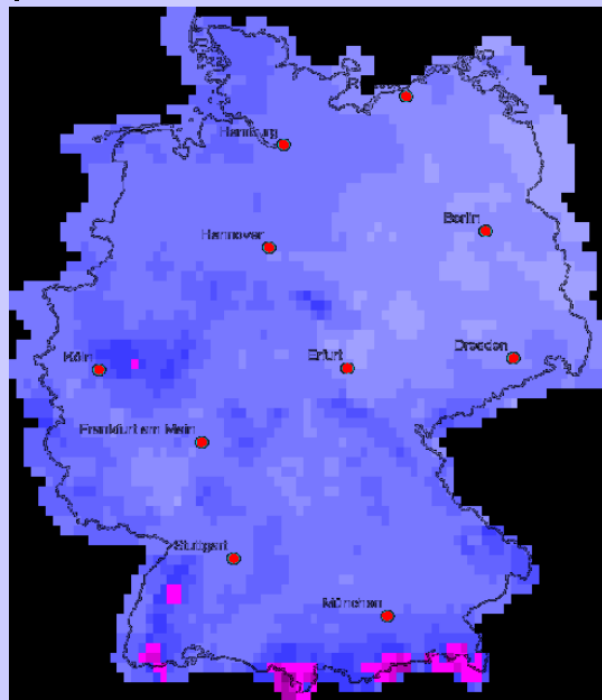


Jahressumme des Niederschlags für die Beobachtungsdekade 2001 - 2010

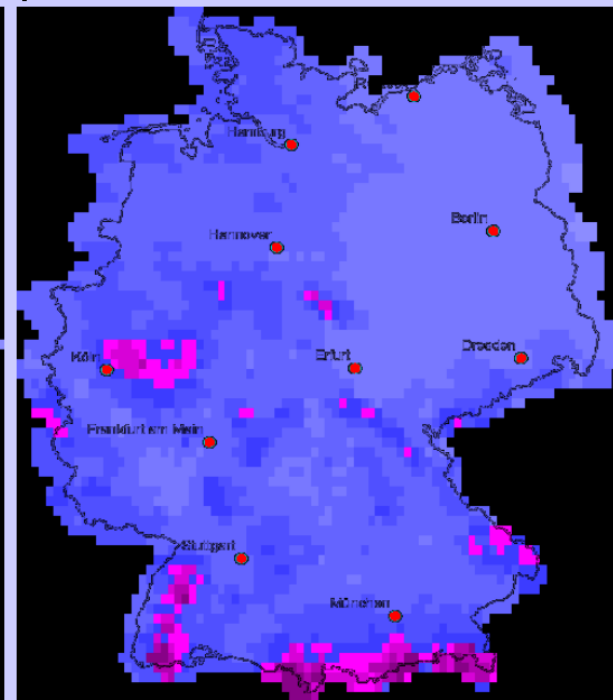
q005



q050

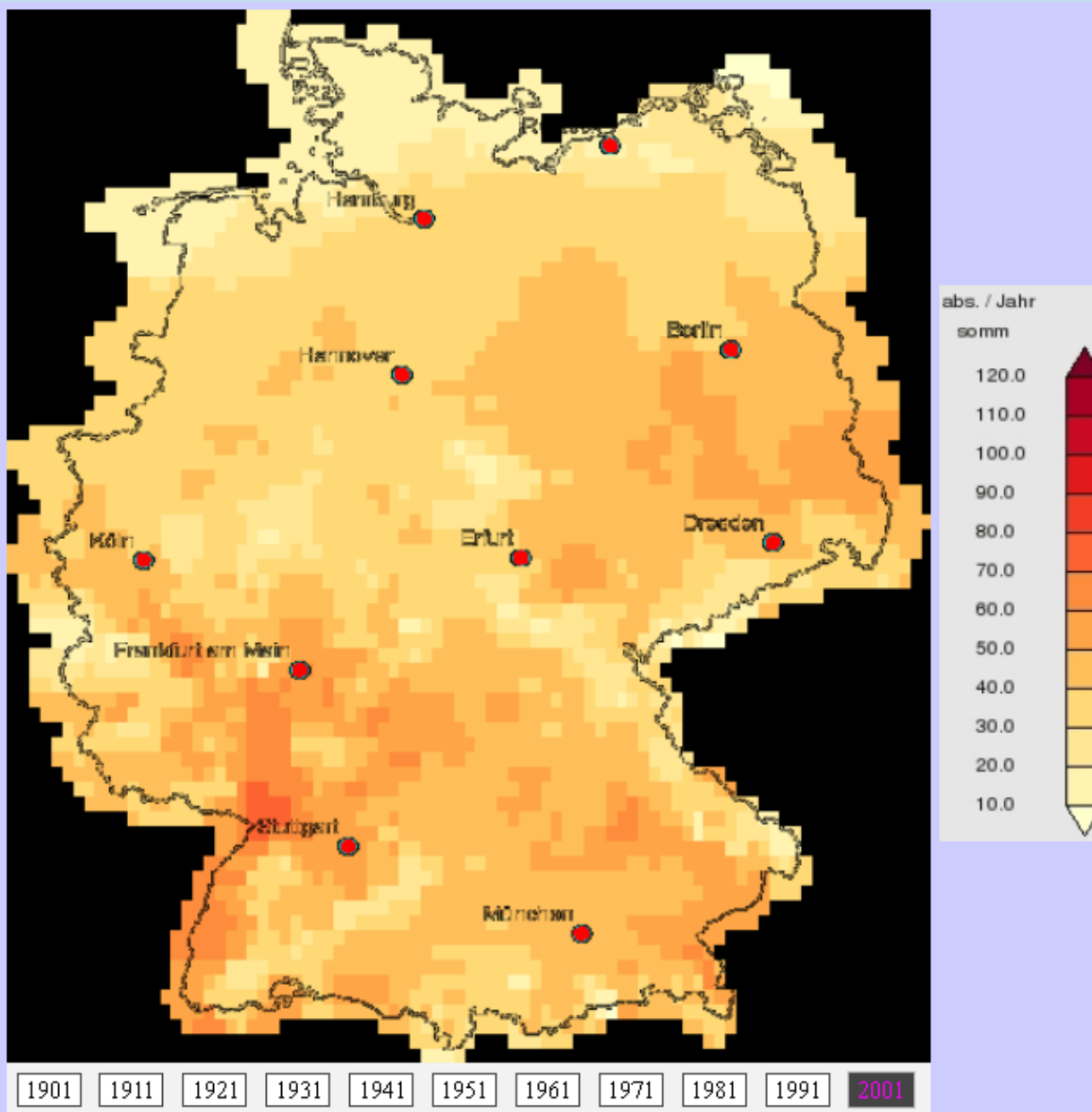


q095



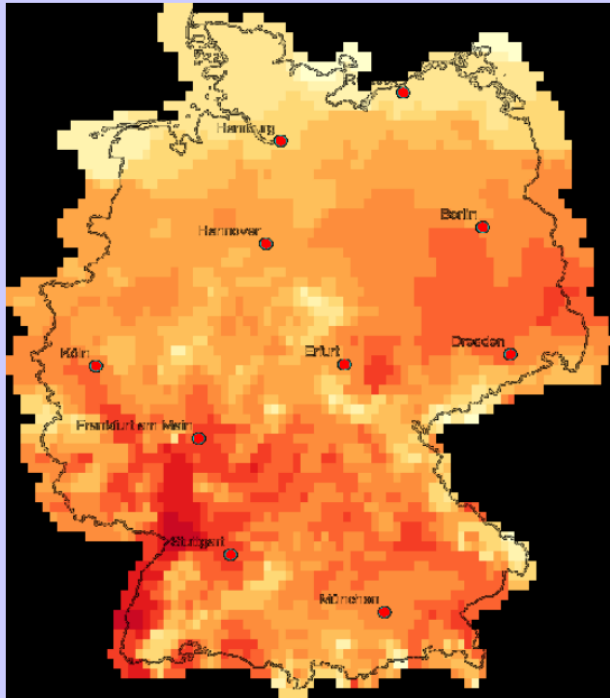
2011	2021	2031	2041	2051	2061	2071	2081	2091
------	------	------	------	------	------	------	------	------

Jahressumme des Niederschlags für die Simulationsdekade 2061 – 2070
Szenarium: RCP 8.5, maxt, Quantile: 5%, 50% und 95%; Modell: STARS

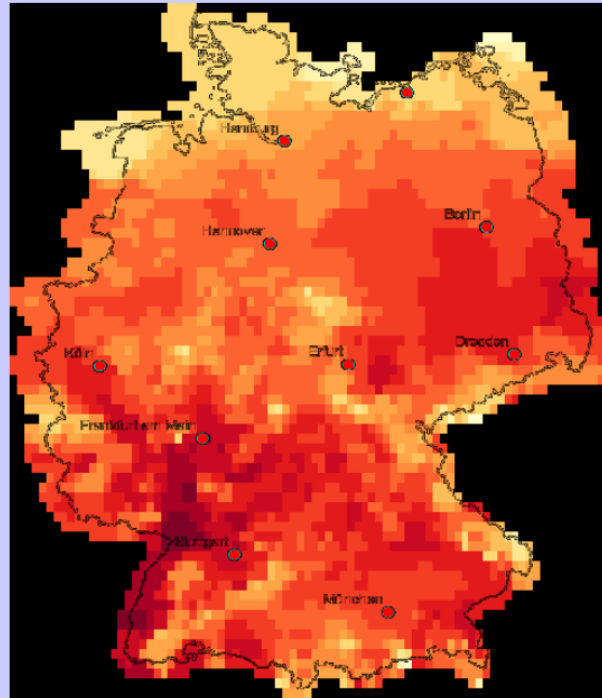


**Mittlere Anzahl der Sommertage (Tagesmaximum der Lufttemperatur $\geq 25.0^{\circ}\text{C}$)
pro Jahr für die Beobachtungsdekade 2001 – 2010**

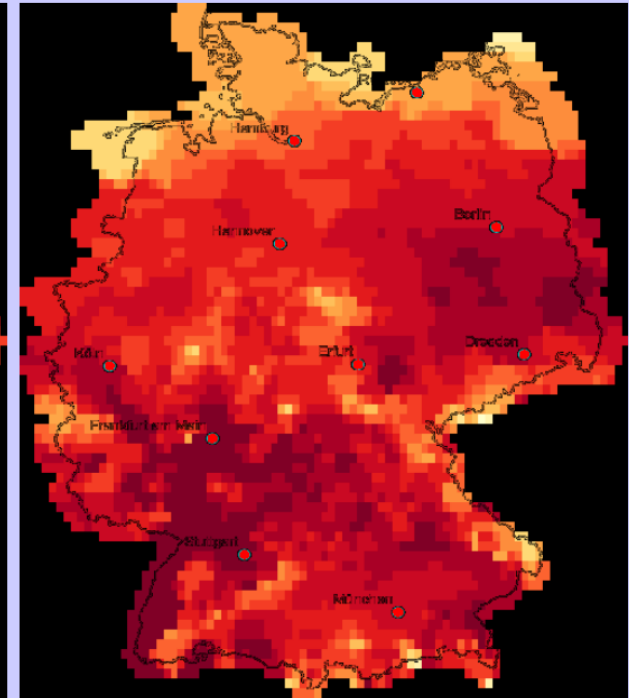
q005



q050



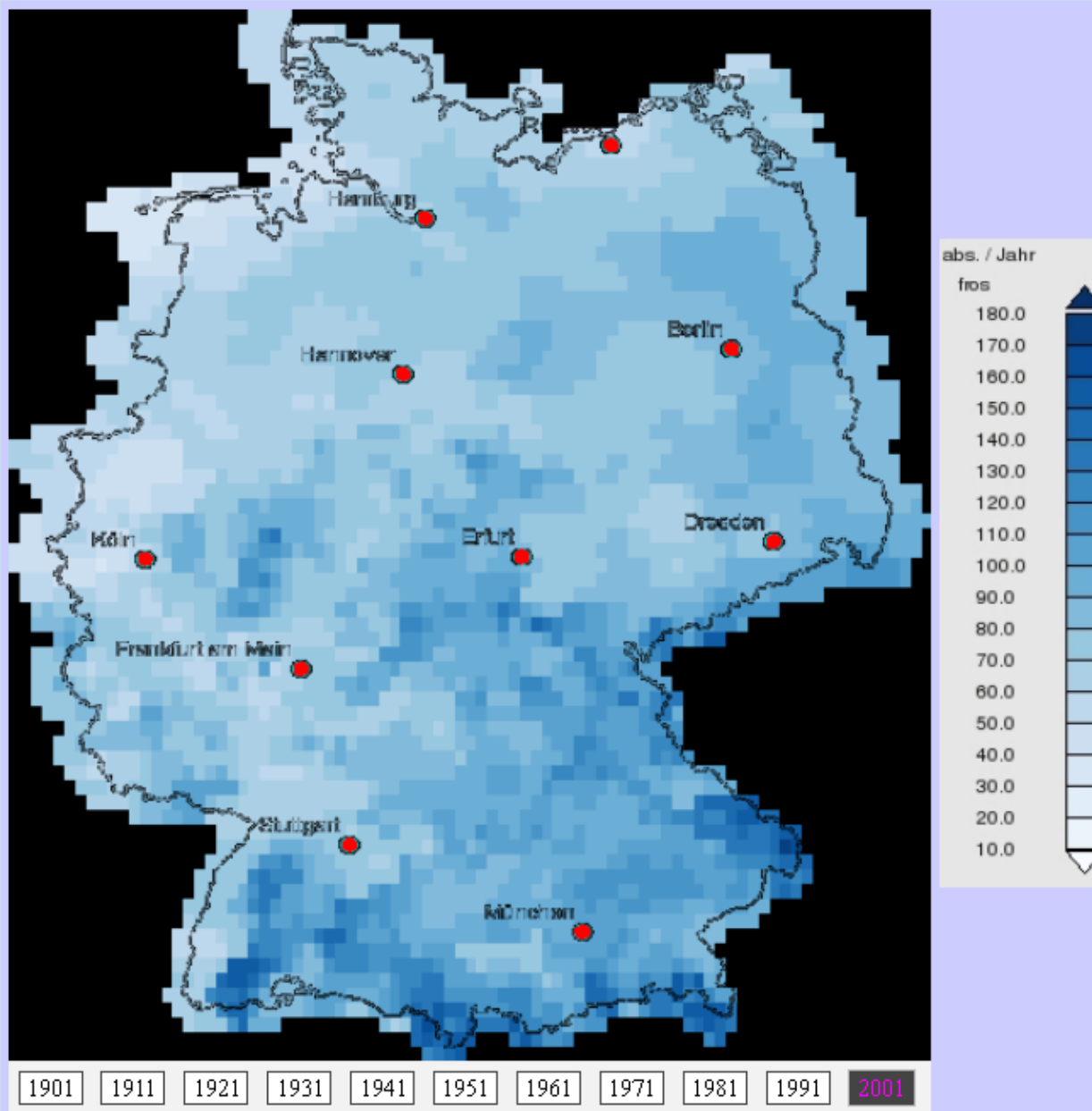
q095



2011	2021	2031	2041	2051	2061	2071	2081	2091
------	------	------	------	------	------	------	------	------

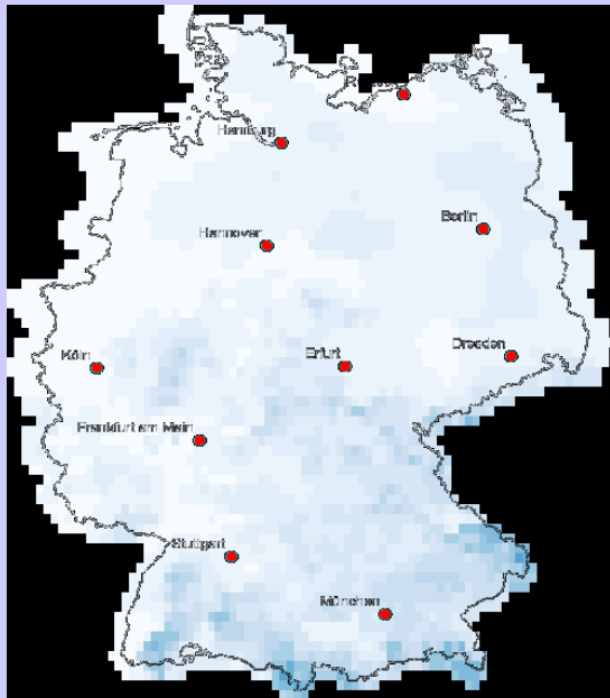
**Mittlere Anzahl der Sommertage (Tagesmaximum der Lufttemperatur $\geq 25.0^{\circ}\text{C}$)
pro Jahr für die Simulationsdekade 2061 – 2070**

Szenarium: RCP 8.5, maxt, Quantile: 5%, 50% und 95%; Modell: STARS

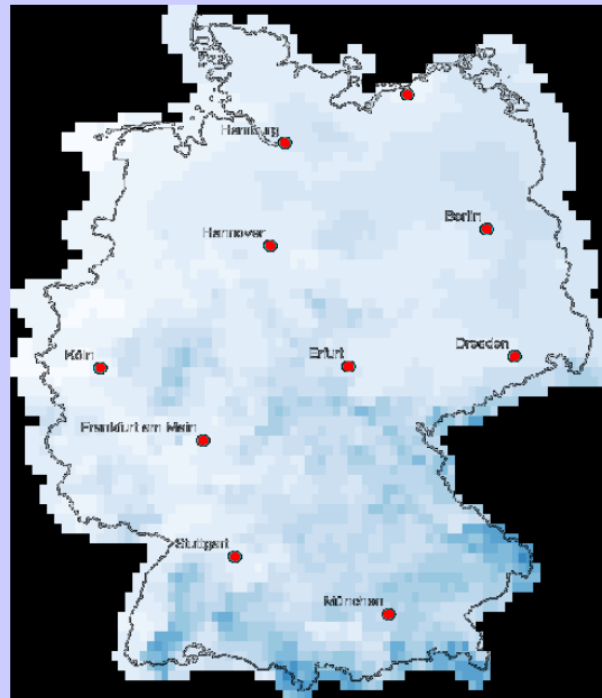


**Mittlere Anzahl der Frosttage (Tagesminimum der Lufttemperatur $< 0.0^{\circ}\text{C}$)
pro Jahr für die Beobachtungsdekade 2001 – 2010**

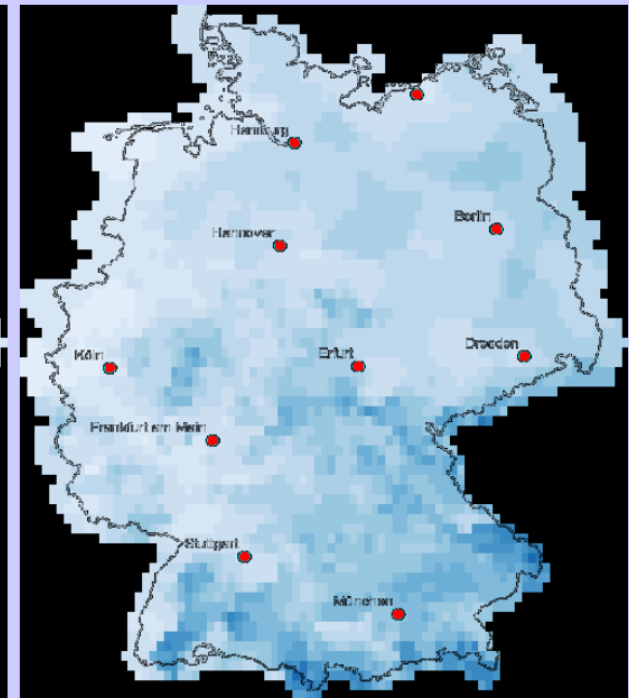
q005



q050



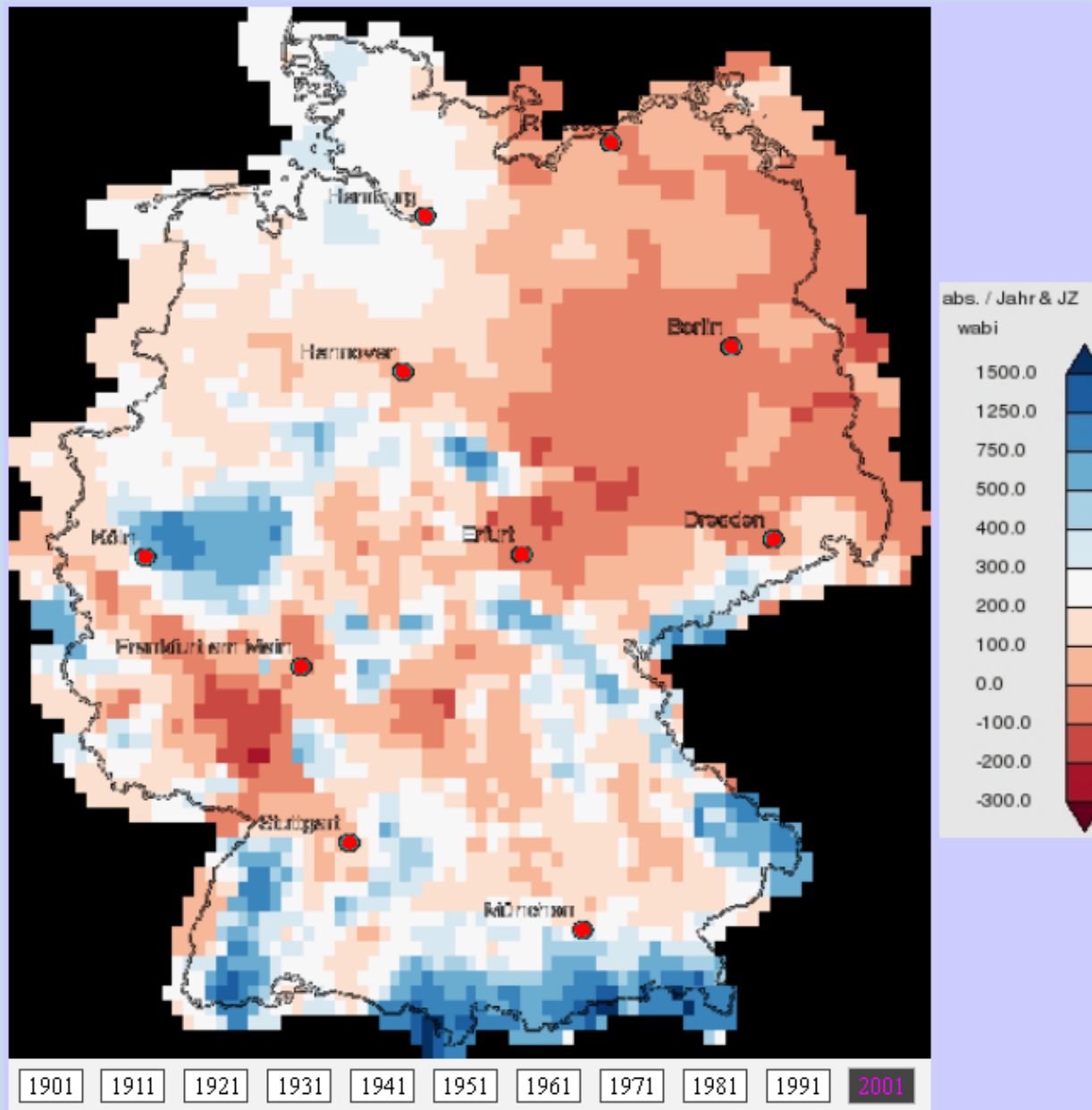
q095



2011	2021	2031	2041	2051	2061	2071	2081	2091
------	------	------	------	------	------	------	------	------

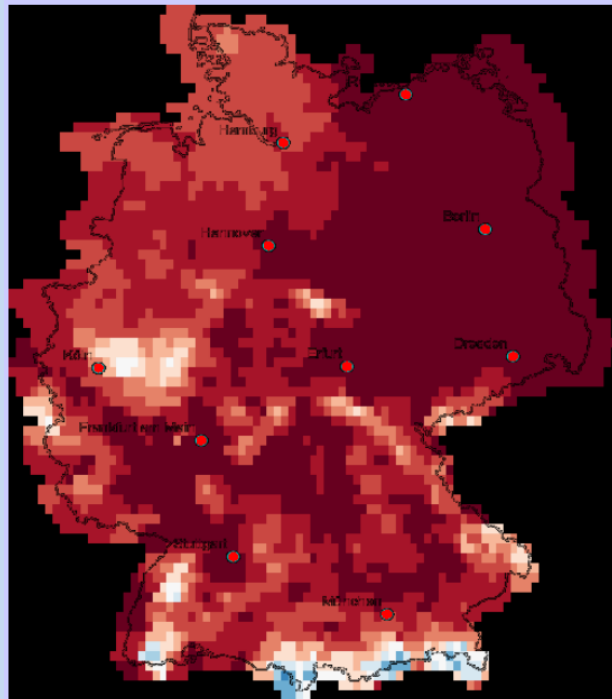
**Mittlere Anzahl der Frosttage (Tagesminimum der Lufttemperatur $< 0.0^{\circ}\text{C}$)
pro Jahr für die Simulationsdekade 2061 – 2070**

Szenarium: RCP 8.5, maxt, Quantile: 5%, 50% und 95%; Modell: STARS

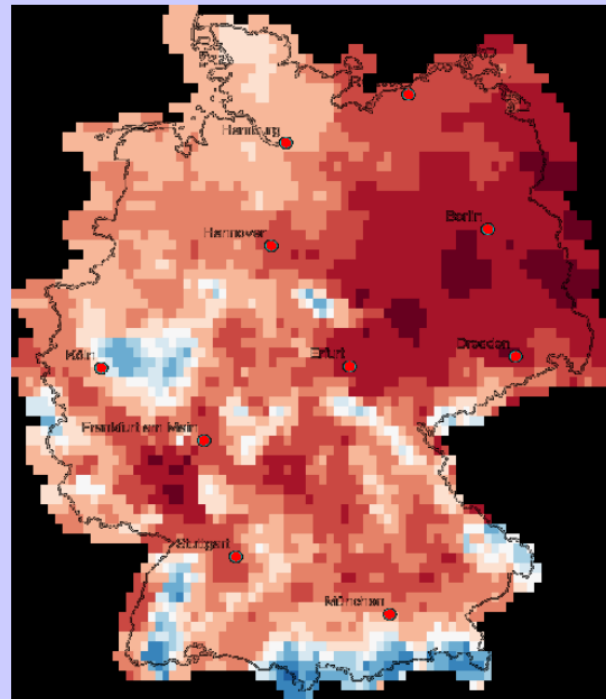


Jahressumme der Klimatischen Wasserbilanz (Niederschlag – Pot. Verdunstung nach Turc/Ivanov) für die Beobachtungsdekade 2001 - 2010

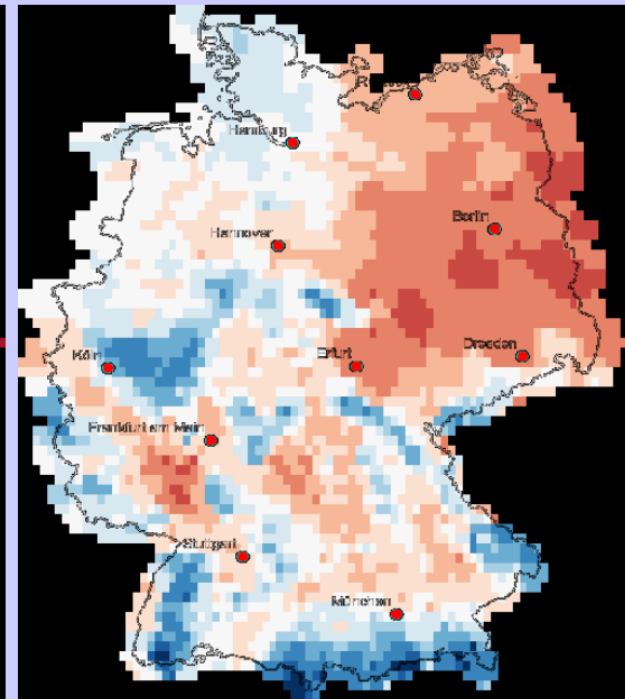
q005



q050



q095



2011	2021	2031	2041	2051	2061	2071	2081	2091
------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Jahressumme der Klimatischen Wasserbilanz
(Niederschlag – Pot. Verdunstung nach Turc/Ivanov)
für die Simulationsdekade 2061 – 2070**

Szenarium: RCP 8.5, maxt, Quantile: 5%, 50% und 95%; Modell: STARS