

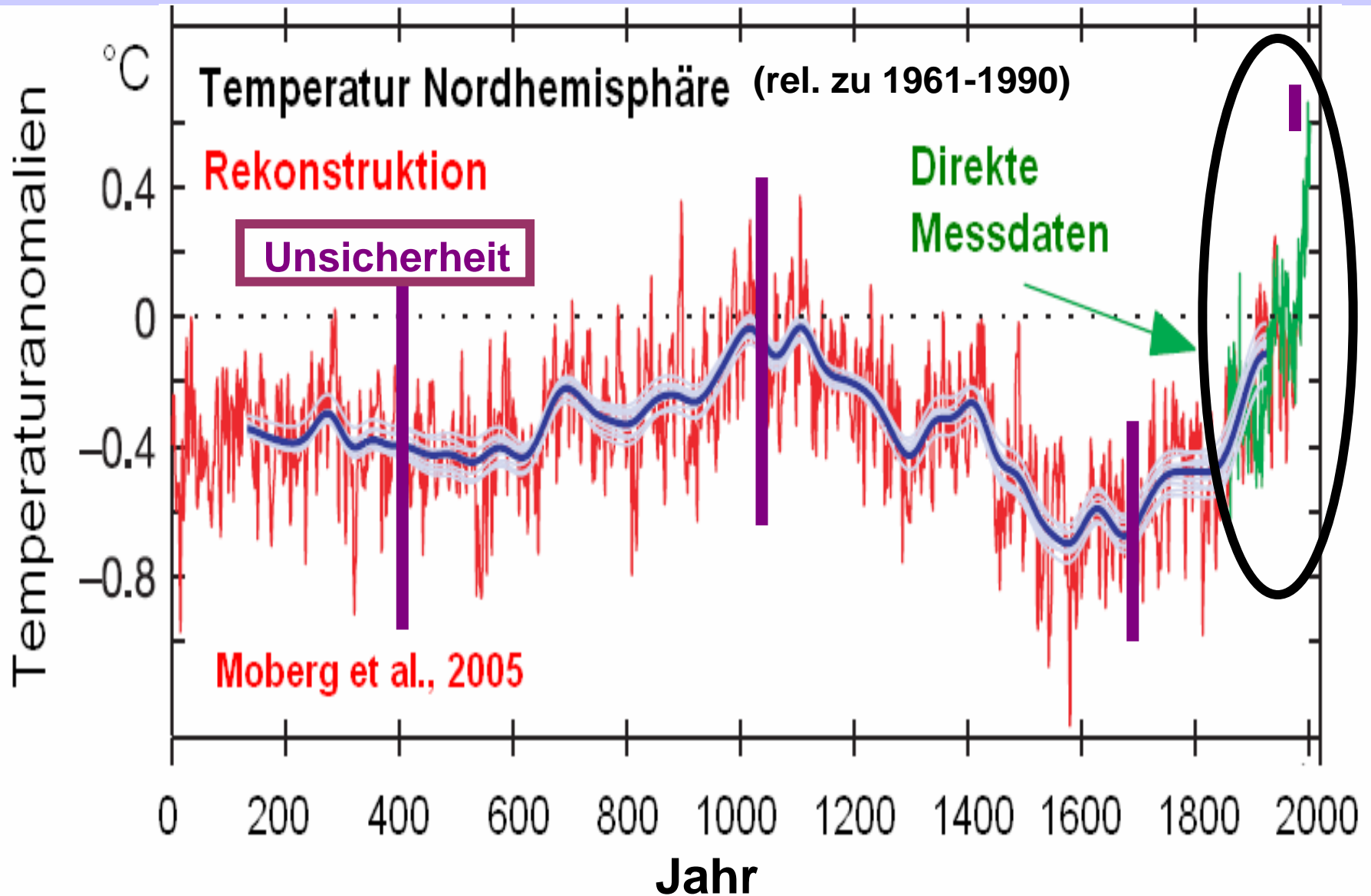


# Klimawandel global und in Deutschland

## Fakten der Vergangenheit und Szenarien der Zukunft

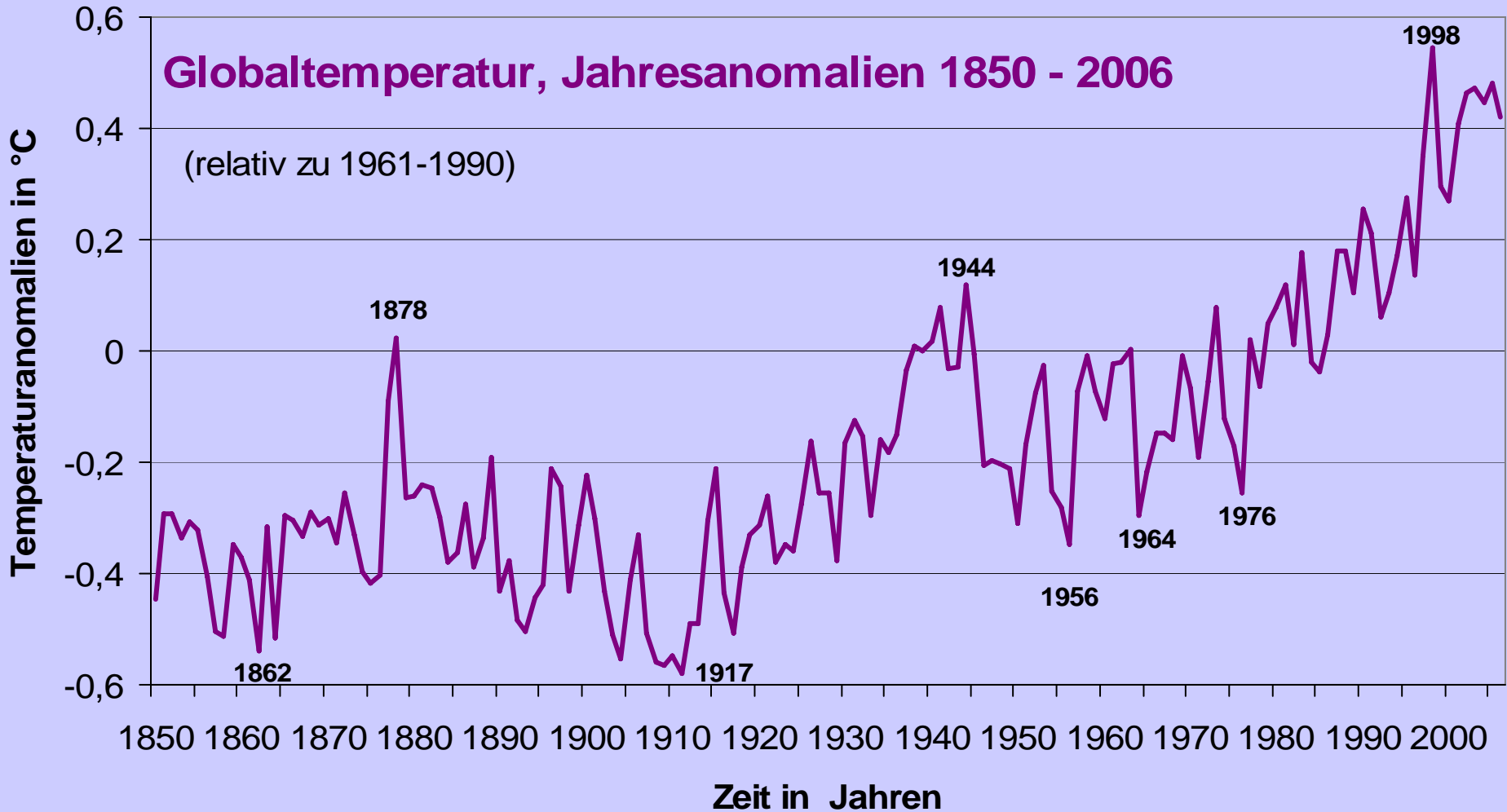
Christian-D. Schönwiese  
Universität Frankfurt/Main  
Institut für Atmosphäre und Umwelt

# Klimaänderungen: Langfristperspektive



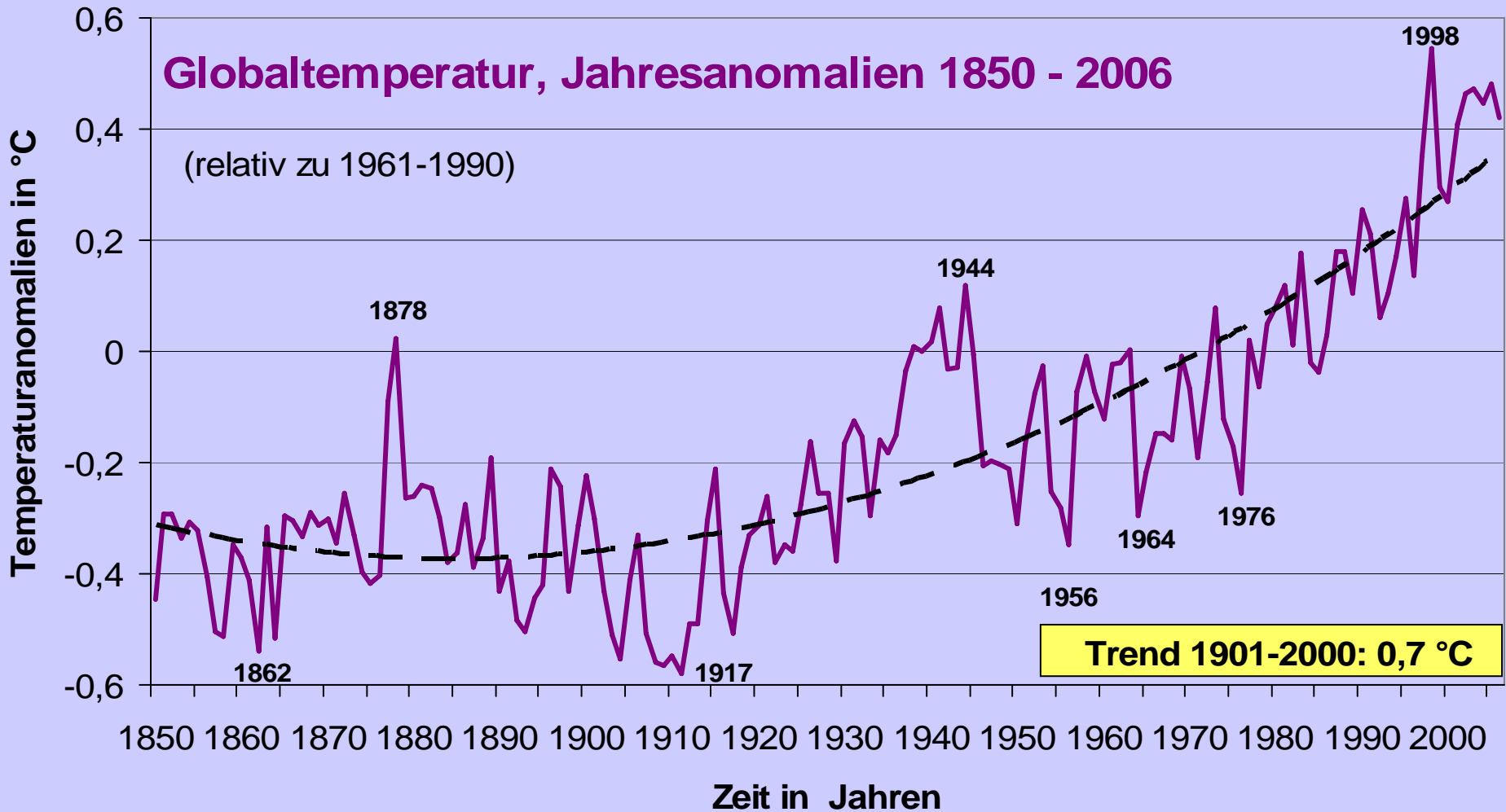
# Klimaänderungen: Industriezeitalter

# Klimaänderungen: Industriezeitalter



Quelle: CRU, Jones et al., 2007

# Klimaänderungen: Industriezeitalter



Quelle: CRU, Jones et al., 2007

# Gletscher als Klimaänderungsindikatoren

Pasterze, Hohe Tauern, Großglocknerregion



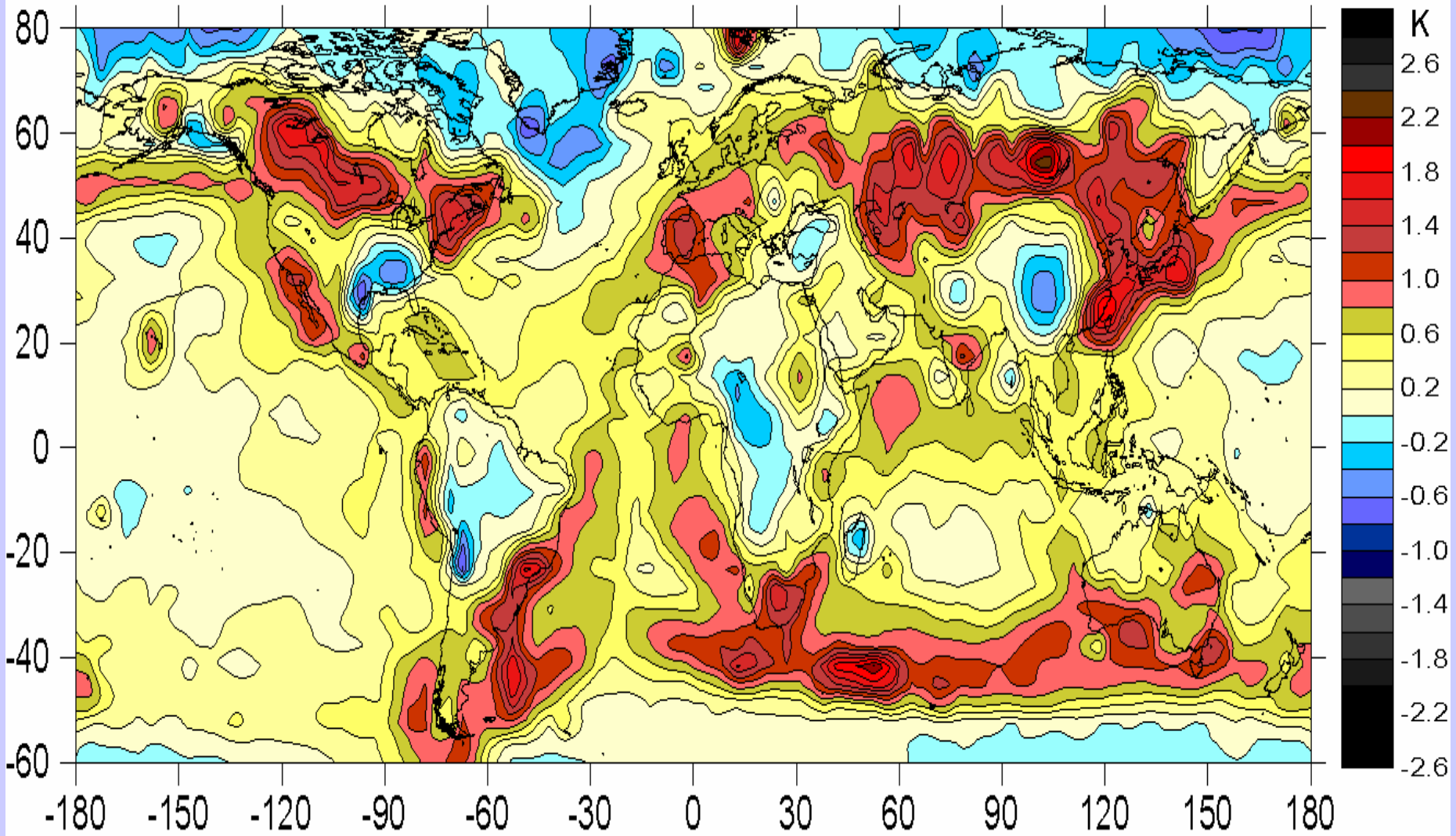
um 1900



2000

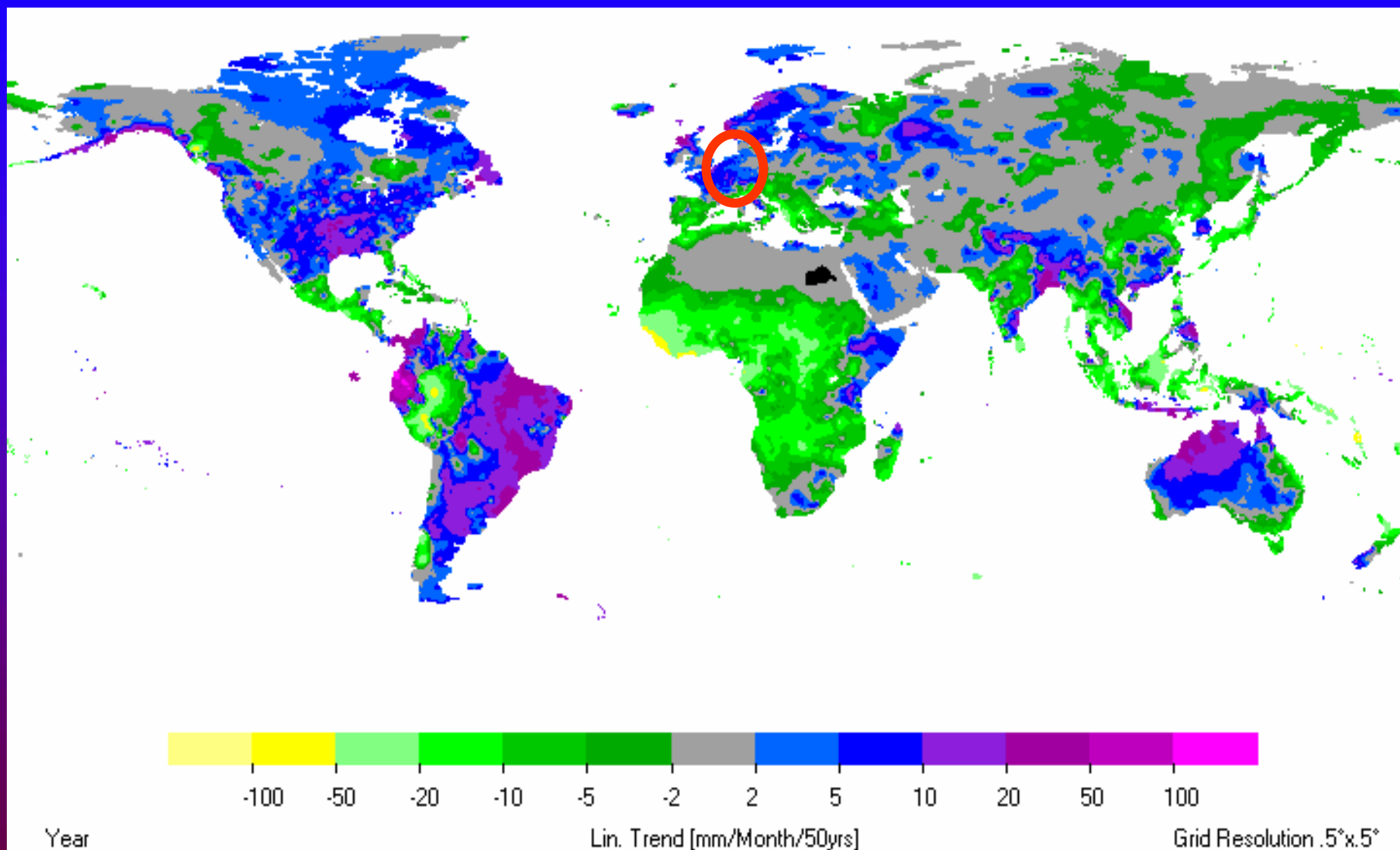
**Seit 1850 haben die Alpengletscher ca. 50 % ihres Volumens verloren (Häberli et al., 2001).**

# Temperatortrends 1901-2000 (Jahreswerte)



Datenquelle: Jones et al., 2005; Analyse: Schönwiese et al., 2005

# Absoluter linearer Niederschlagstrend (mm) 1951-2000



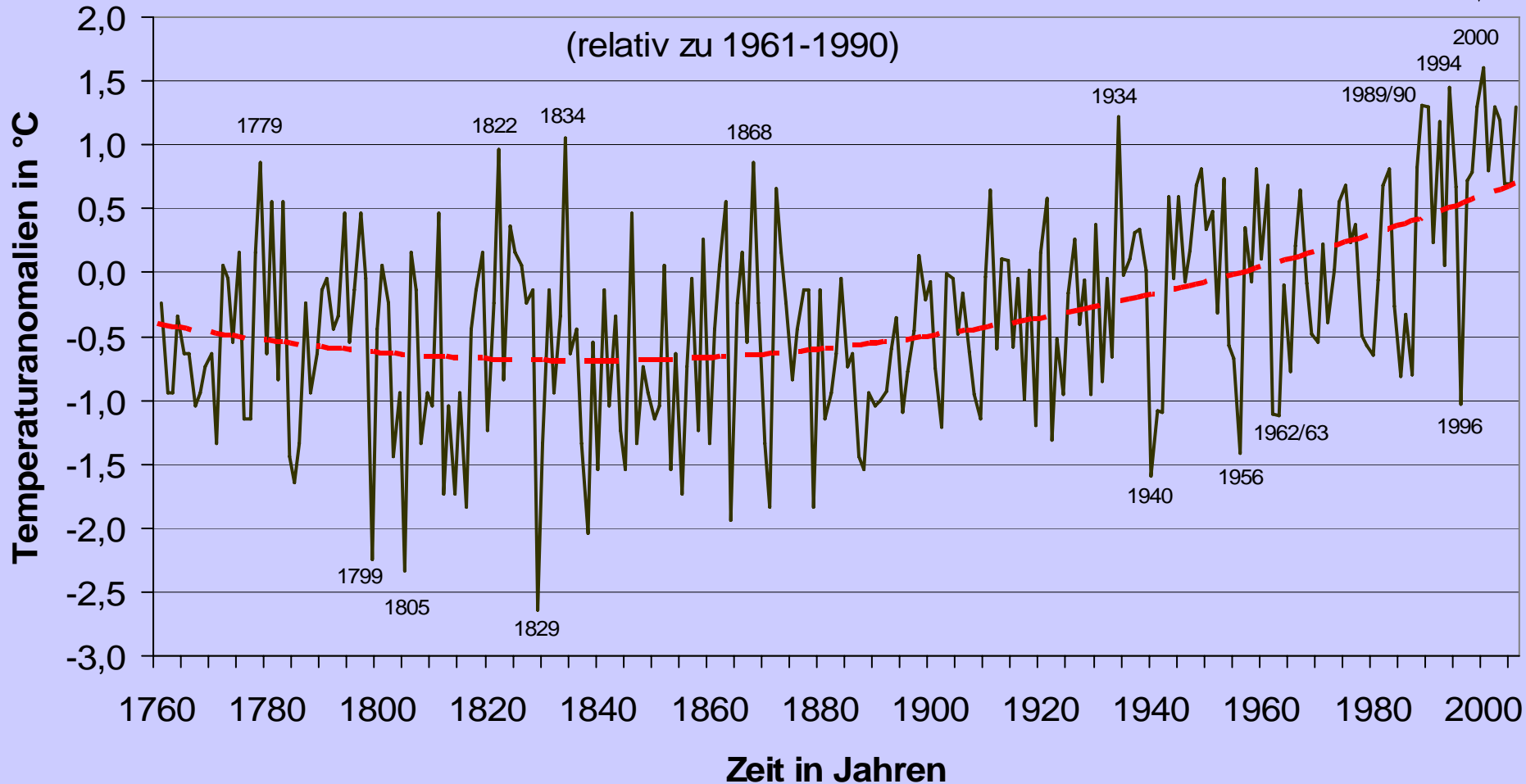
© GPCP at DWD, DEKLIM-VASClm0, 7/29/2005

Beck et al., 2007

# Klimawandel in Deutschland

# Klimawandel in Deutschland

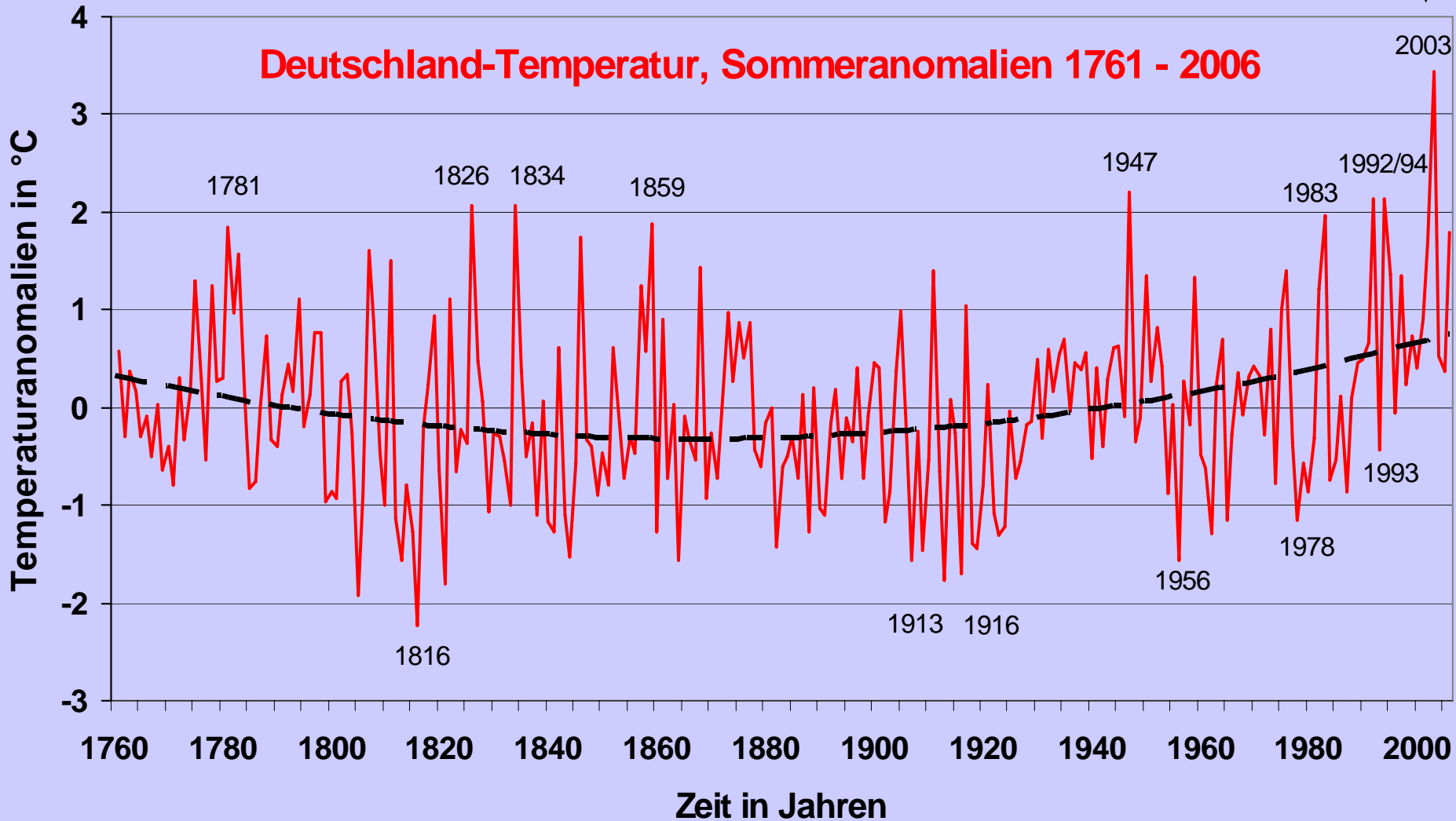
## Deutschland-Temperatur, Jahresanomalien 1761-2006



Datenquelle: Rapp,  
2000; DWD;  
Analyse:  
Schönwiese

**Mittelwert (1961-1990): 8,3 °C; 2000: 9,9 °C**

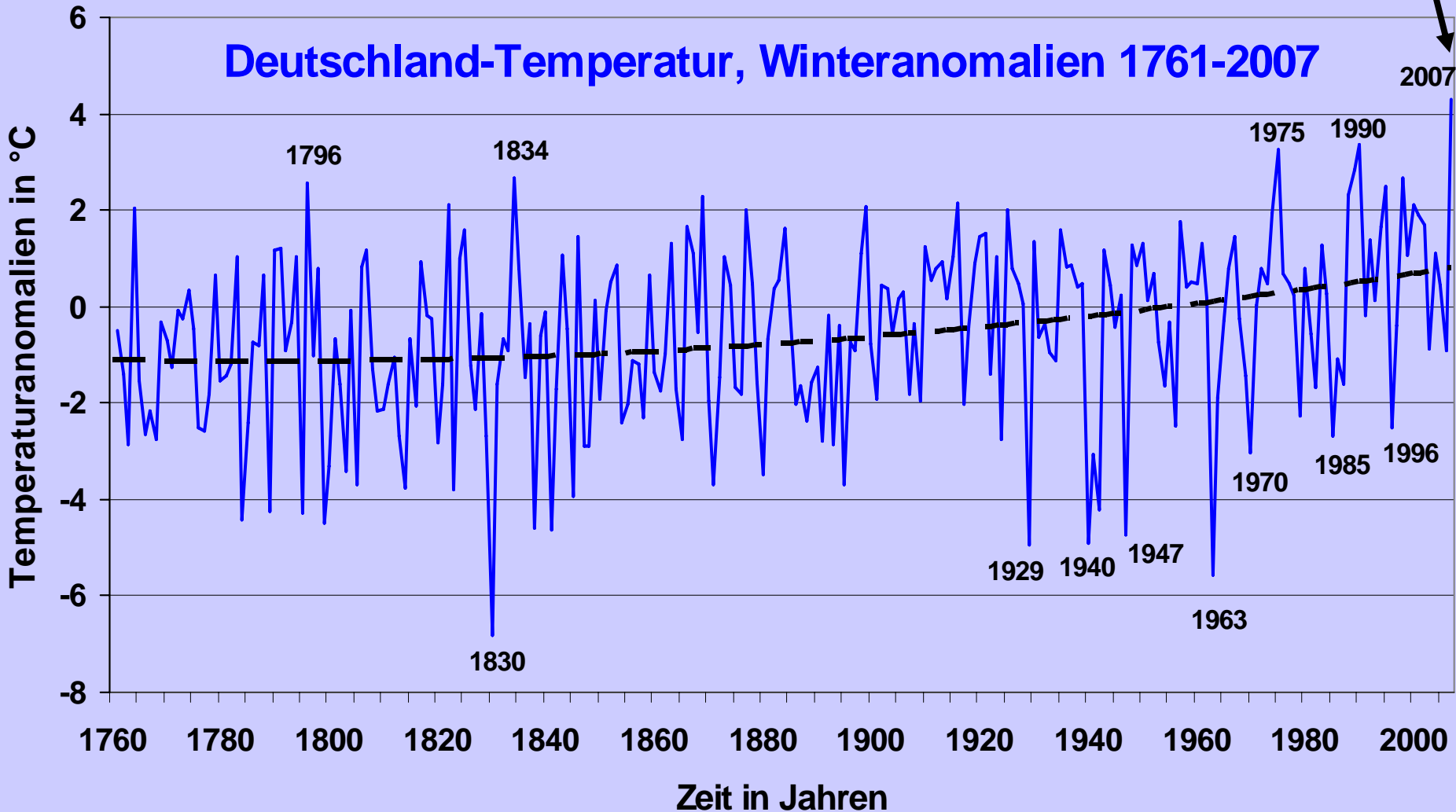
# Klimawandel in Deutschland



Datenquelle:  
Rapp, 2000;  
DWD; Analyse:  
Schönwiese

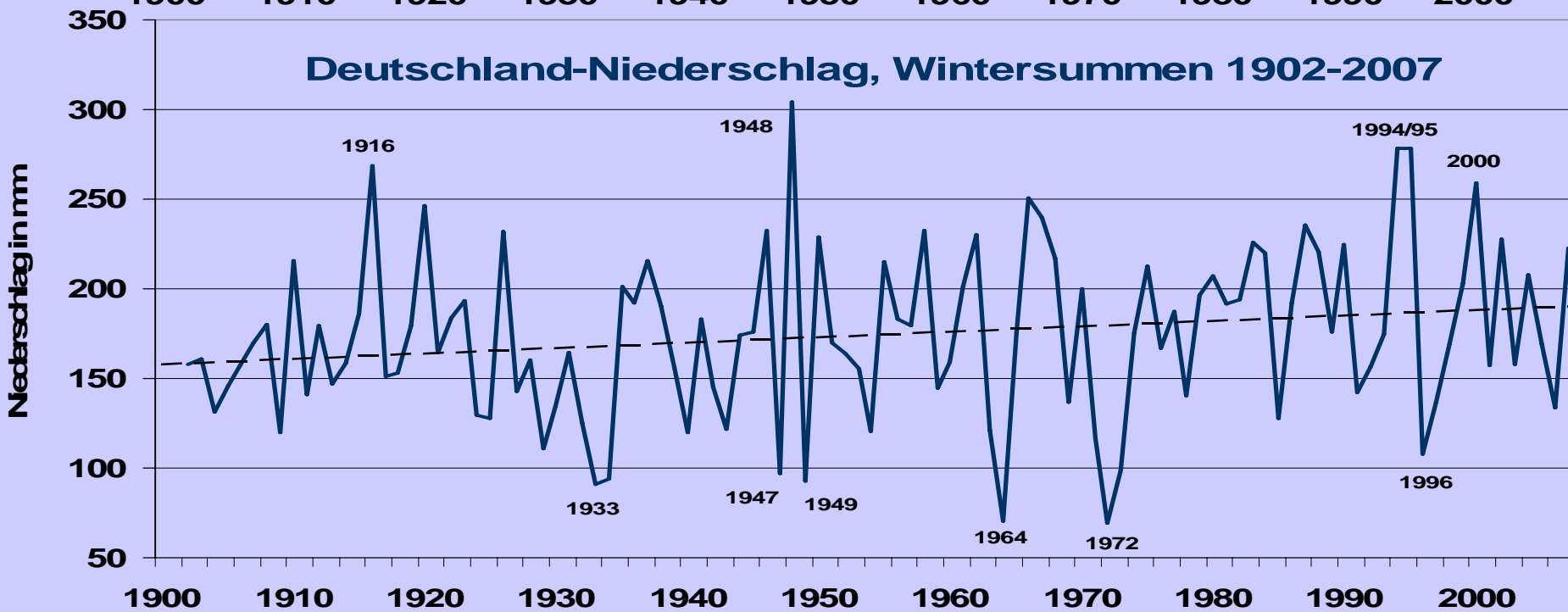
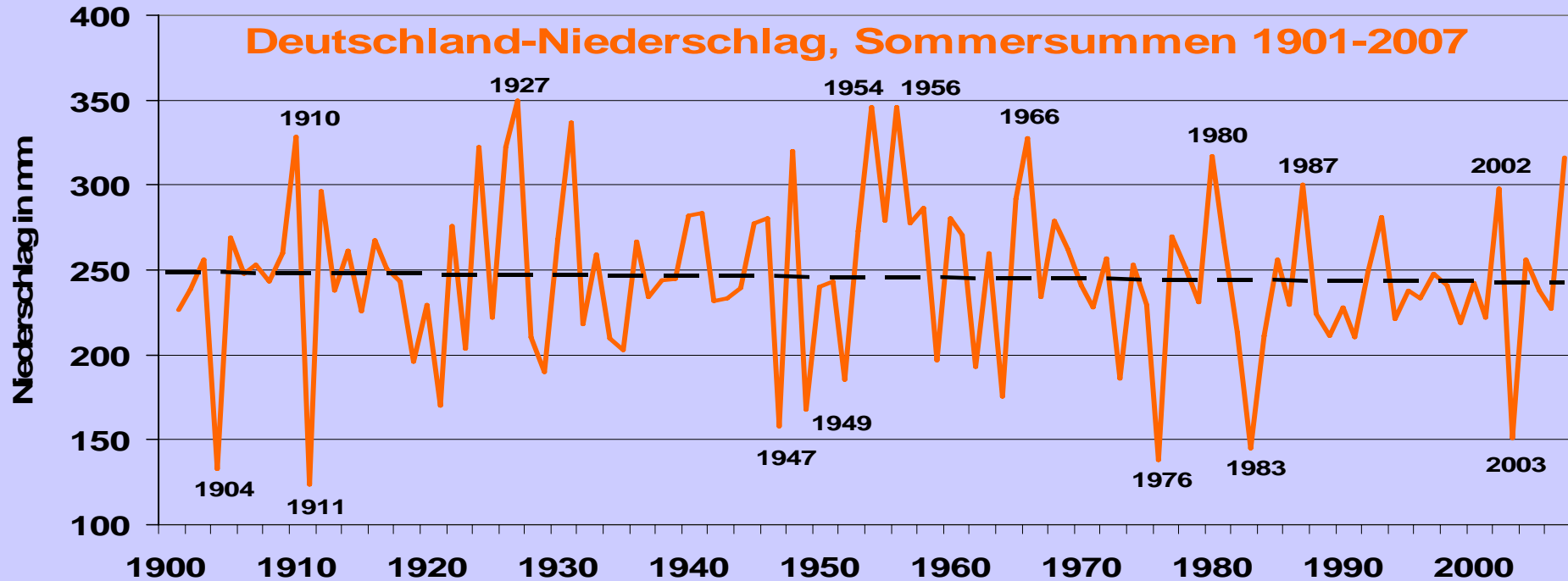
# Klimawandel in Deutschland

## Deutschland-Temperatur, Winteranomalien 1761-2007



Datenquelle:  
Rapp, 2000;  
DWD; Analyse:  
Schönwiese

**Mittelwert (1961-1990): 0,2 °C: 2006/07: 4,5 °C**



# **Übersicht der jahreszeitlichen Klimatrends in Deutschland**

(Flächenmittelwerte, nach Schönwiese und Janoschitz, 2005)

# Übersicht der jahreszeitlichen Klimatrends in Deutschland

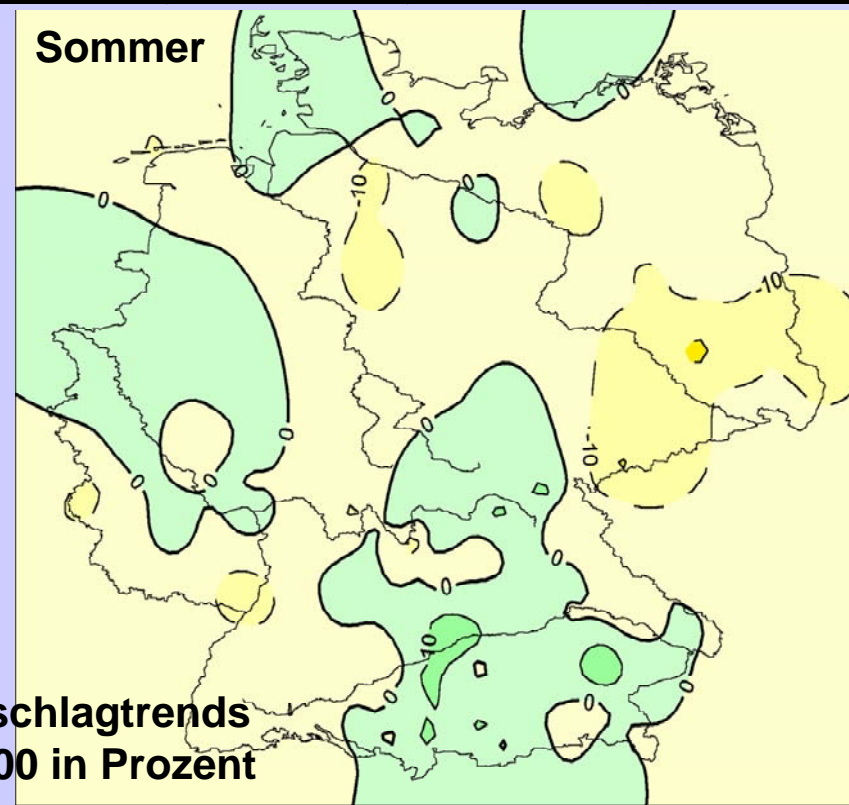
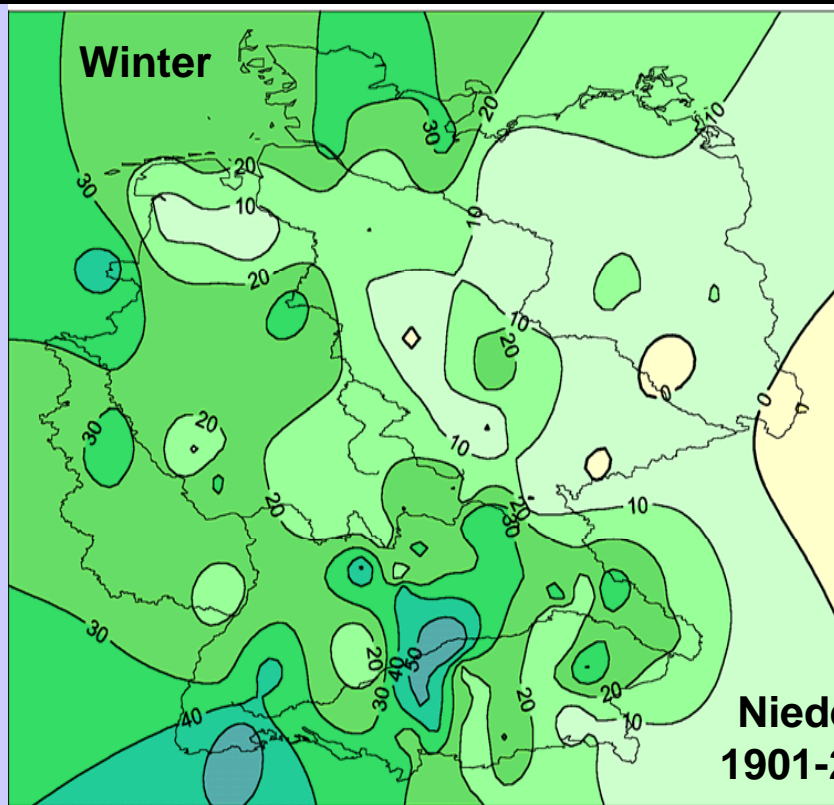
(Flächenmittelwerte, nach Schönwiese und Janoschitz, 2005)

Klimaelement, Zeitintervall	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Temperatur, 1901 – 2000	<b>+ 0,8 °C</b>	<b>+ 1,0 °C</b>	<b>+ 1,1 °C</b>	<b>+ 0,8 °C</b>	<b>+ 1,0 °C</b>
1951 – 2000	<b>+ 1,4 °C</b>	<b>+ 0,9 °C</b>	<b>+ 0,2 °C</b>	<b>+ 1,6 °C</b>	<b>+ 1,0 °C</b>

# Übersicht der jahreszeitlichen Klimatrends in Deutschland

(Flächenmittelwerte, nach Schönwiese und Janoschitz, 2005)

Klimaelement, Zeitintervall	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Temperatur, 1901 – 2000	<b>+ 0,8 °C</b>	<b>+ 1,0 °C</b>	<b>+ 1,1 °C</b>	<b>+ 0,8 °C</b>	<b>+ 1,0 °C</b>
1951 – 2000	<b>+ 1,4 °C</b>	<b>+ 0,9 °C</b>	<b>+ 0,2 °C</b>	<b>+ 1,6 °C</b>	<b>+ 1,0 °C</b>
Niederschlag, 1901 – 2000	<b>+ 13 %</b>	<b>- 3 %</b>	<b>+ 9 %</b>	<b>+ 19 %</b>	<b>+ 9 %</b>
1951 – 2000	<b>+ 14 %</b>	<b>- 16 %</b>	<b>+ 18 %</b>	<b>+ 19 %</b>	<b>+ 6 %</b>



**Niederschlagstrends  
1901-2000 in Prozent**

# Wird das Klima extremer?



Münchener Rück  
Munich Re Group

**Düsseldorf, Aug. 2003**



**Koblenz, Jan. 1995**



**Quirla,  
Okt. 2006**



**Motten, Okt. 2005**

# Rezente Überschwemmungen in Deutschland

- Dezember 1993, Rheinregion
- Januar 1995, Rheinregion
- Juli 1997, Oderregion
- Mai 1999, Donau-/Bodenseeregion
- August 2002, Elberegion
- August 2005, Nordalpenregion



Koblenz, 1995

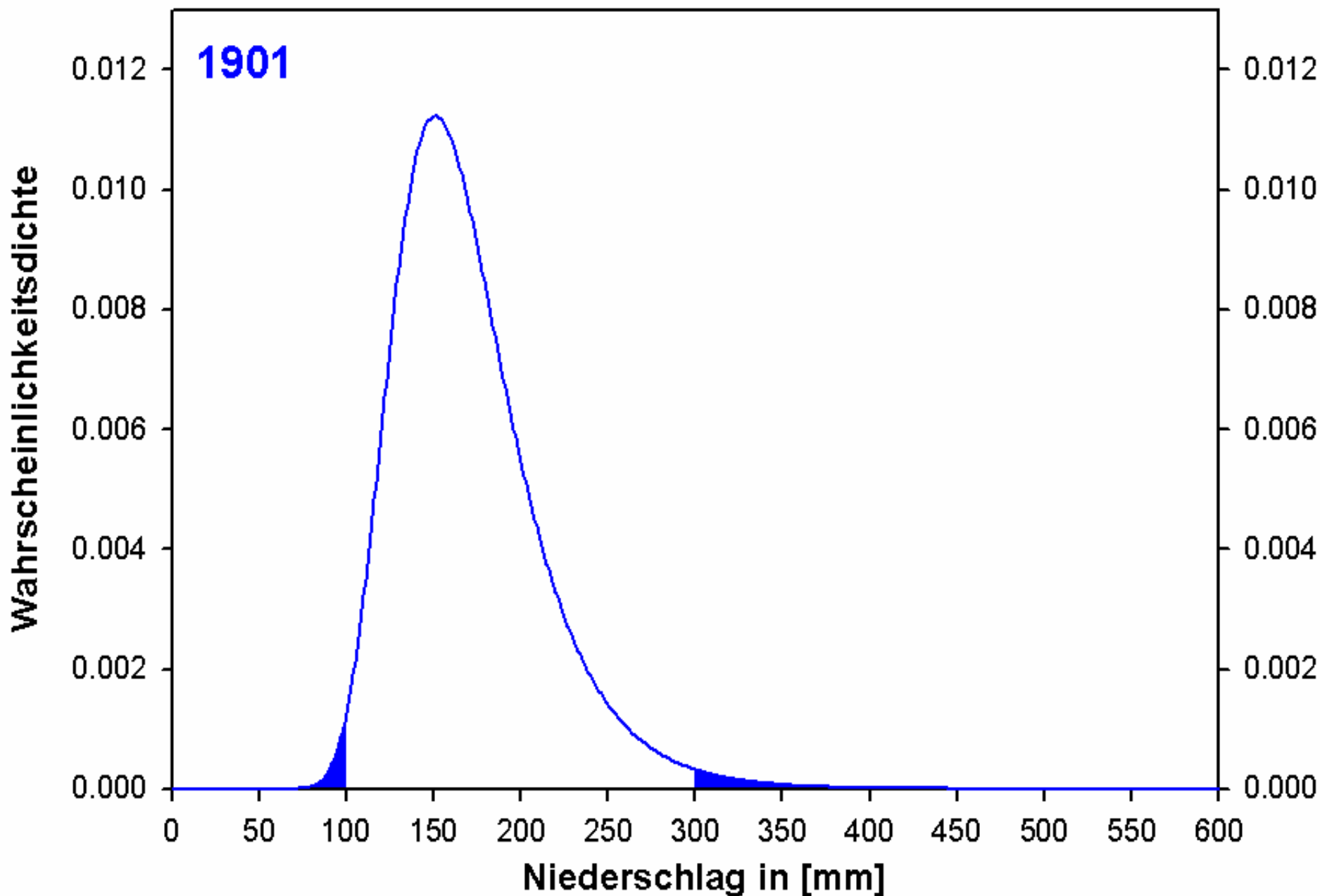


Eschenlohe, 2005

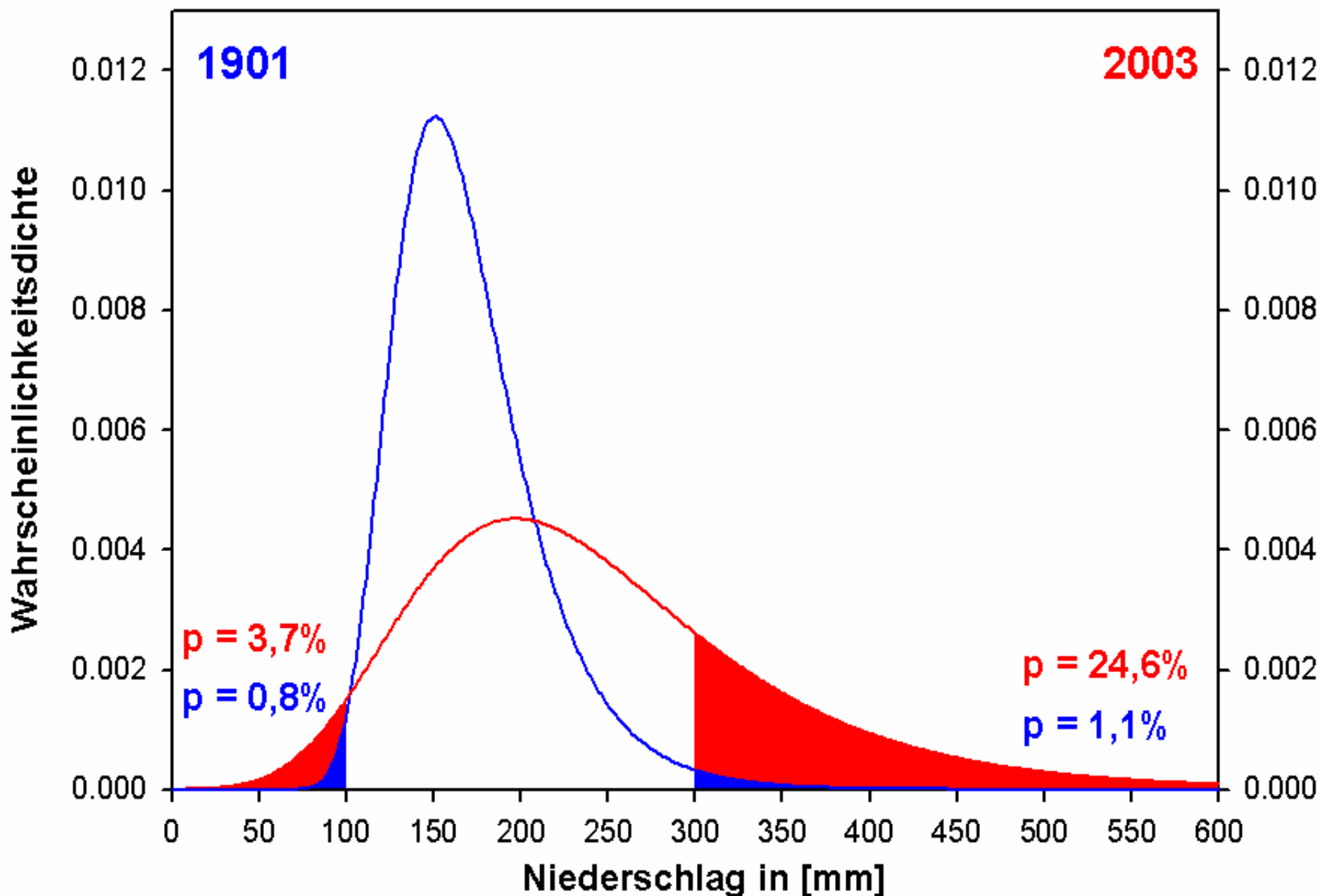


Dresden, 2002

# Wahrscheinlichkeitsdichte der Wintersummen des Niederschlages in Eppenrod 1901



# Wahrscheinlichkeitsdichte der Wintersummen des Niederschlages in Eppenrod 1901 und 2003

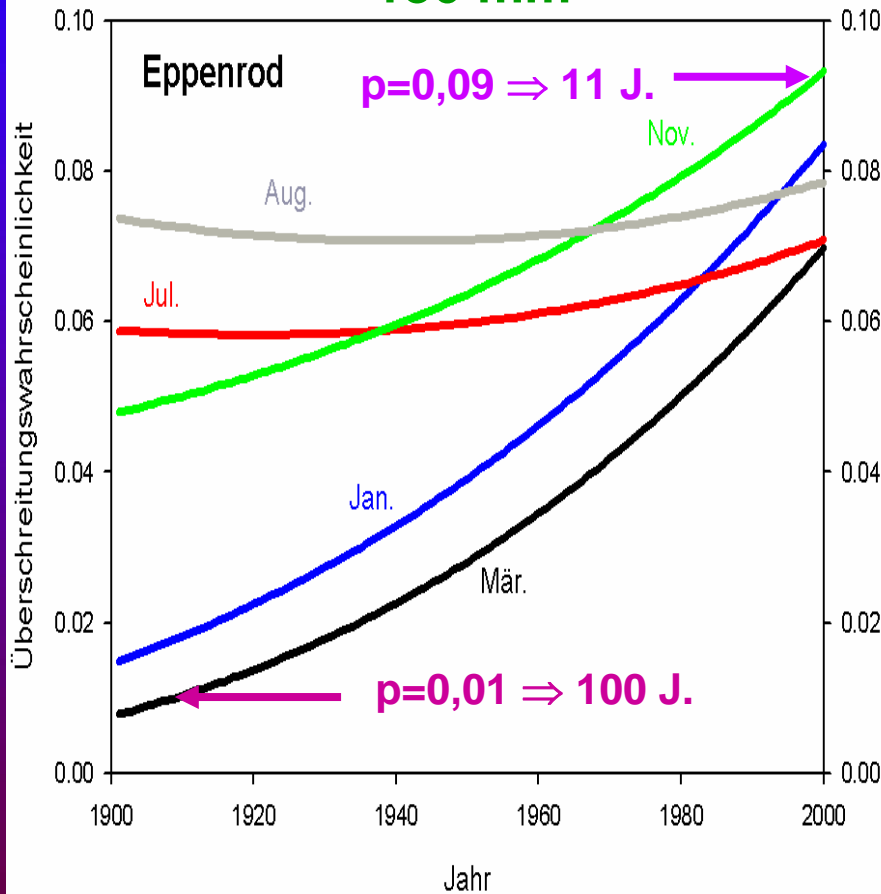


# Zeitliche Entwicklung der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten extremer monatlicher Niederschläge

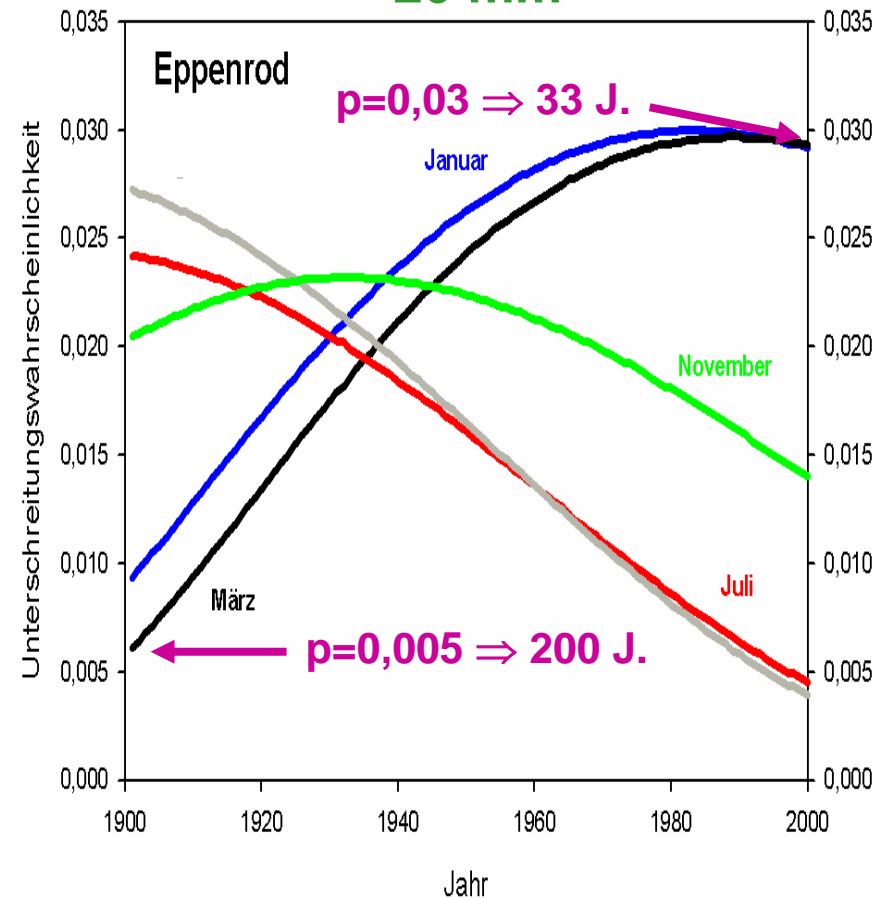
Überschreitung des 95%- Perzentils

Unterschreitung des 5%- Perzentils

130 mm



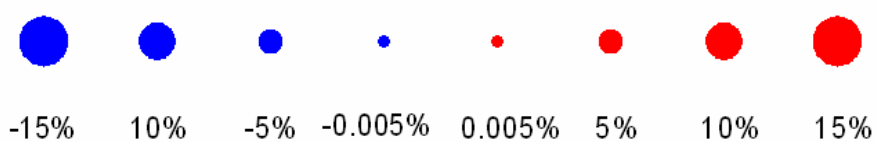
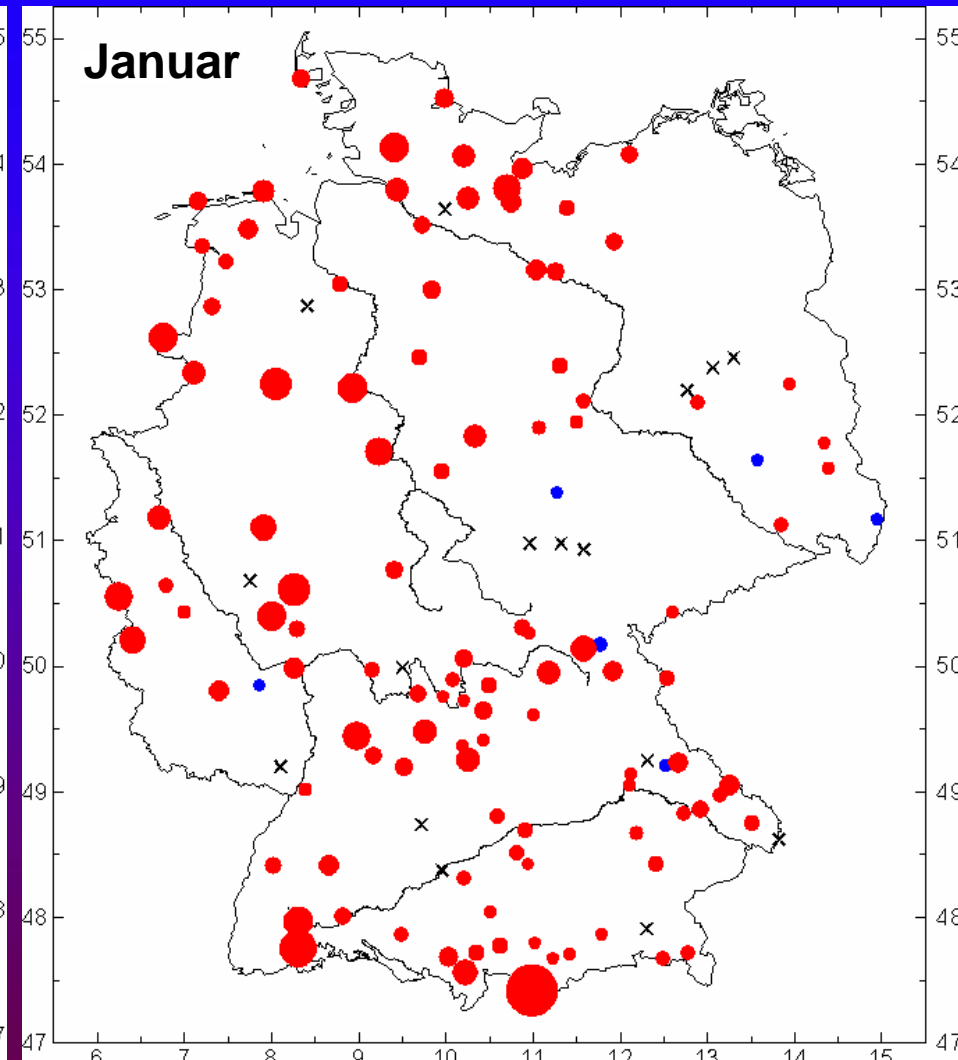
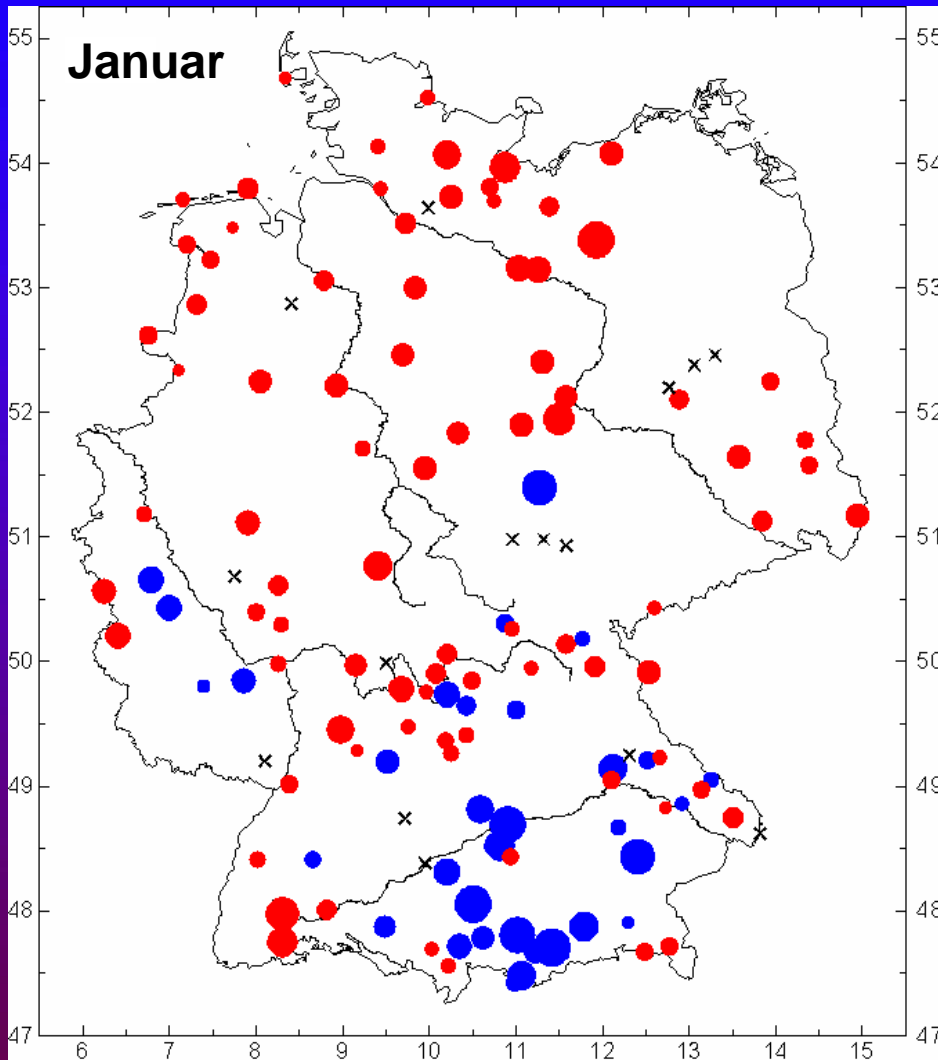
20 mm



# Niederschlag, Trends der Extremwert-Wahrscheinlichkeit

Unterschreitung 5%-Perzentil

Überschreitung 95%-Perzentil



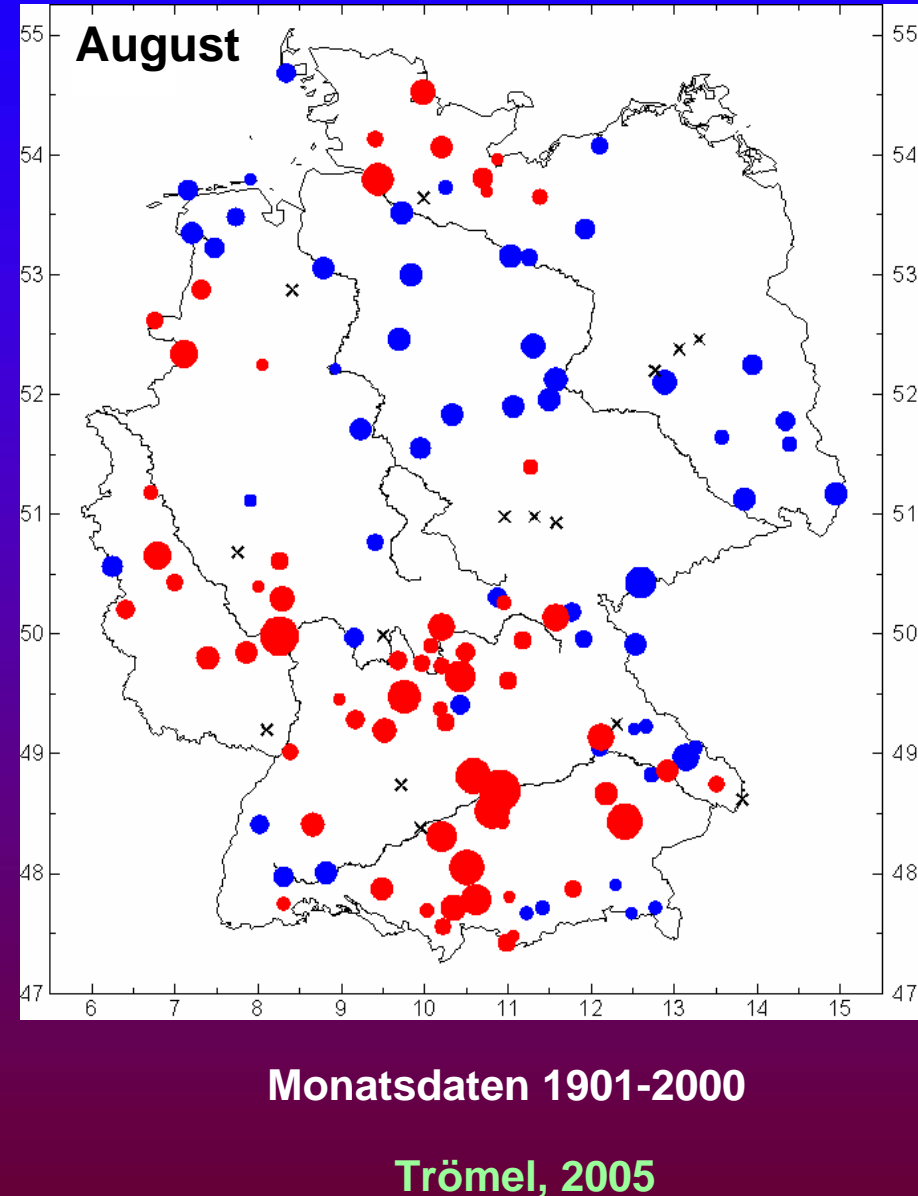
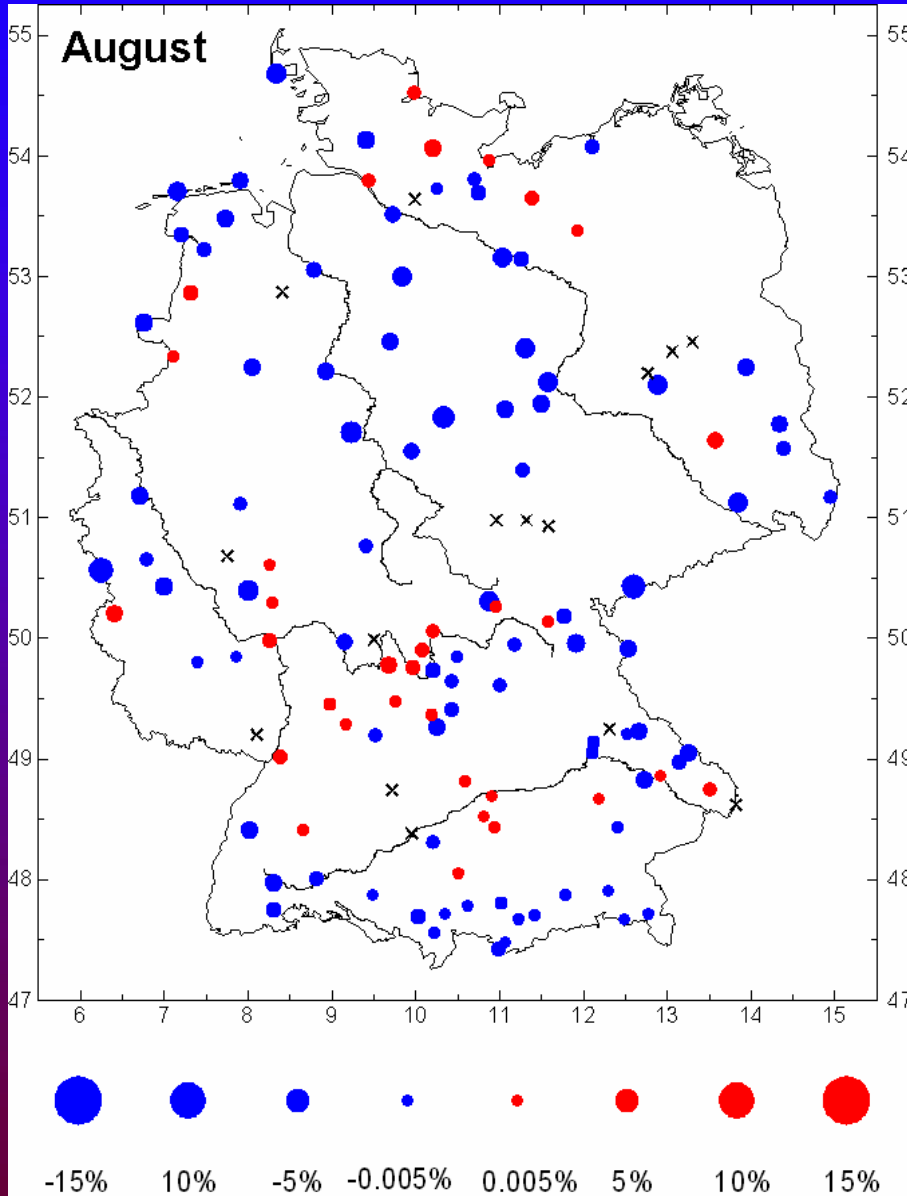
Monatsdaten 1901-2000

Trömel, 2005

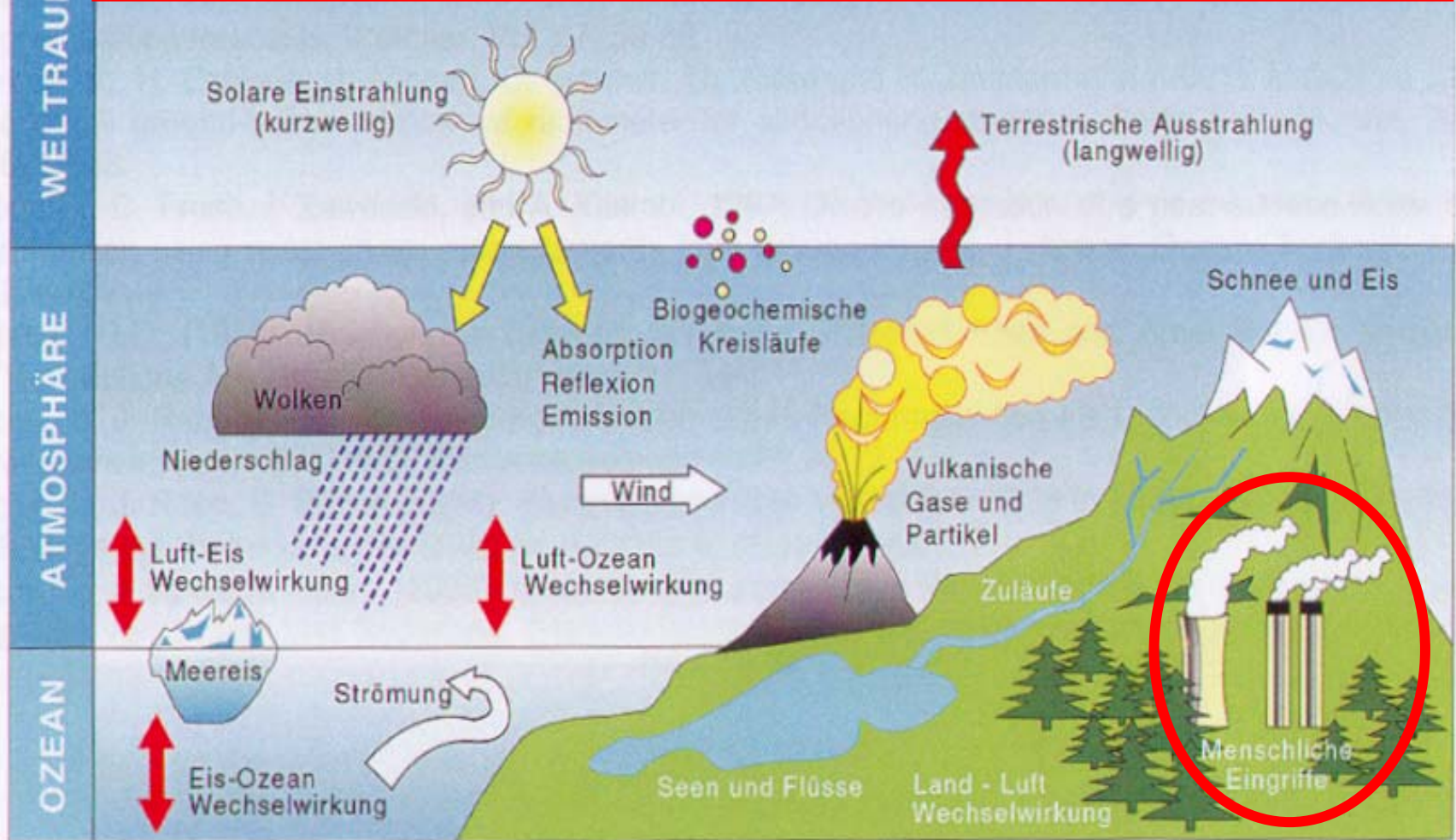
# Niederschlag, Trends der Extremwert-Wahrscheinlichkeit

## Unterschreitung 5%-Perzentil

## Überschreitung 95%-Perzentil



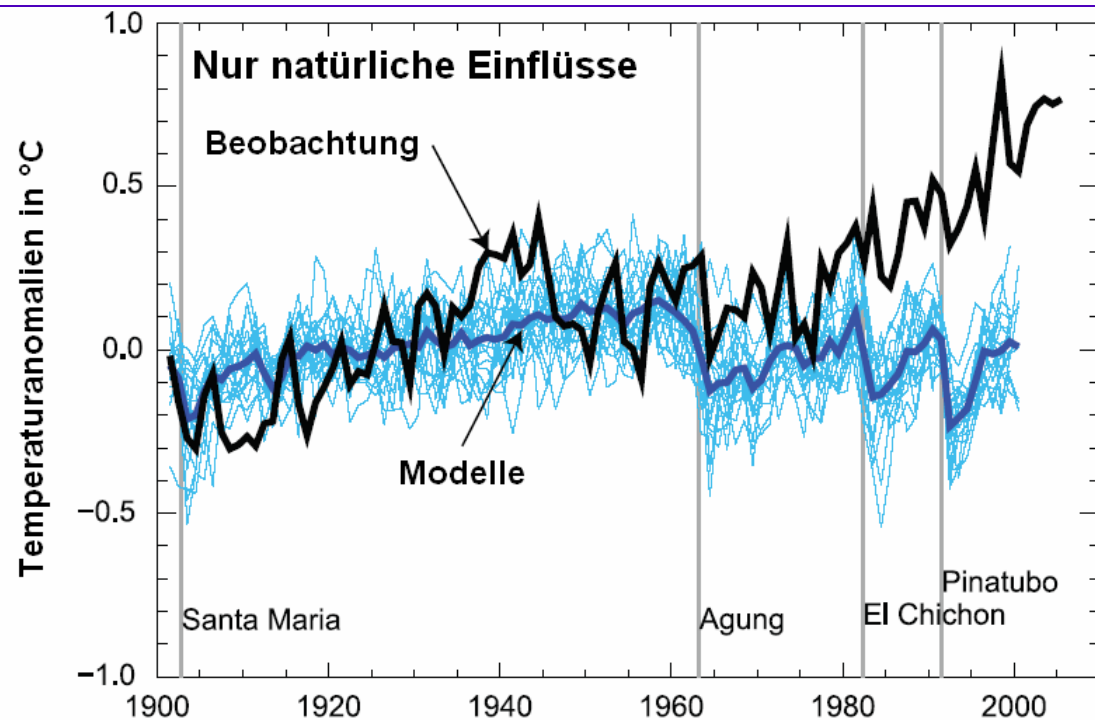
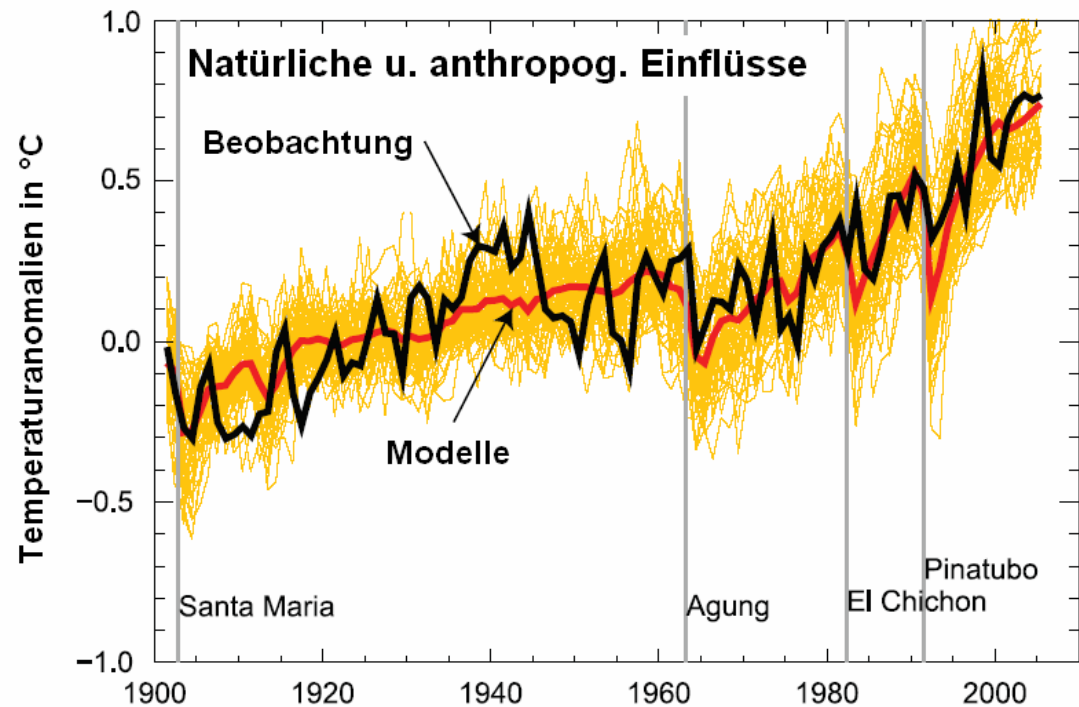
# Wie funktioniert Klima?



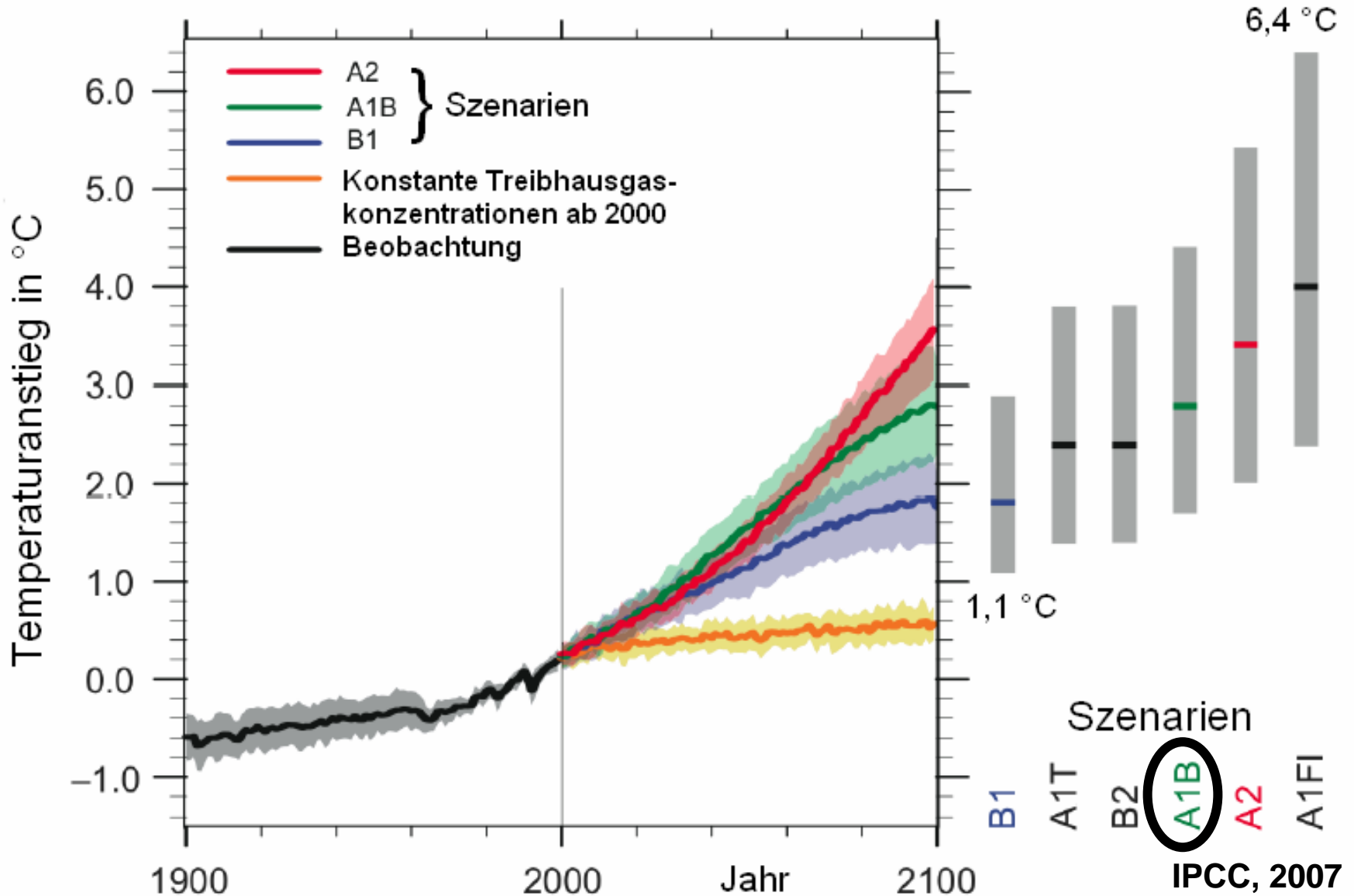
## Klimasystem: Komponenten und Prozesse

Aufgrund der vorliegenden (physikalischen) Klimamodellrechnungen sind natürliche Ursachen für die globale Erwärmung der letzten ca. 50 Jahre extrem unwahrscheinlich\* (IPCC, 2007)

-----  
\* $p < 5\%$ , somit  $p > 95\%$  für anthrop. Ursachen

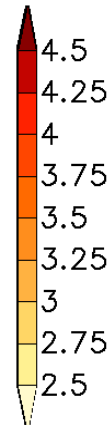
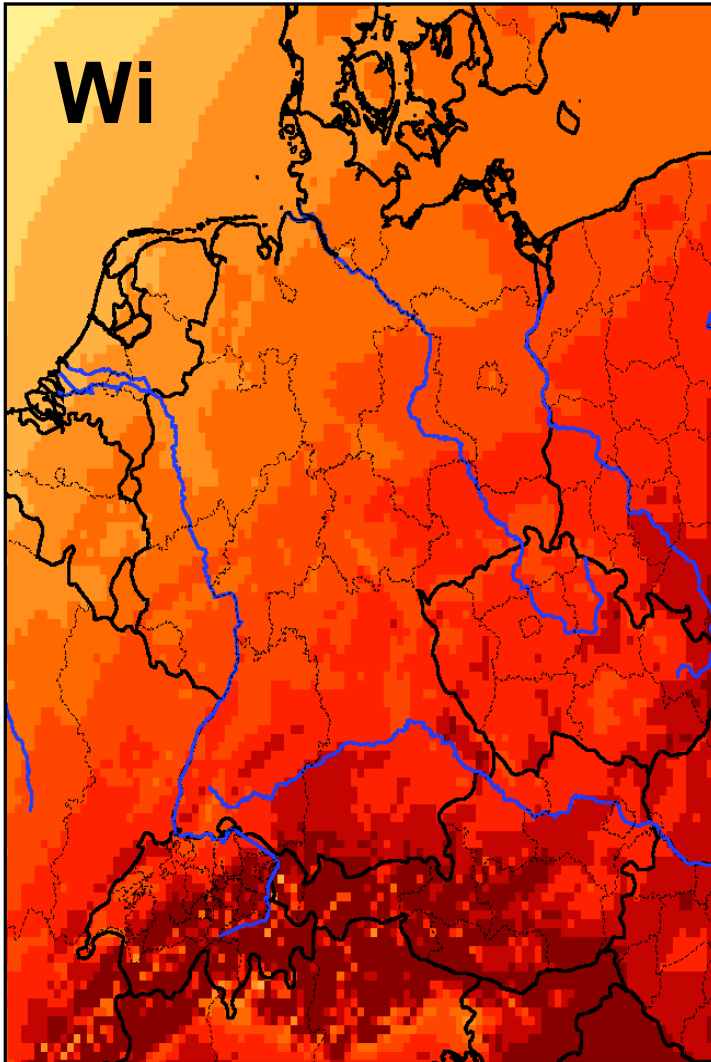


# Multi-Modell-Abschätzungen der globalen Erwärmung

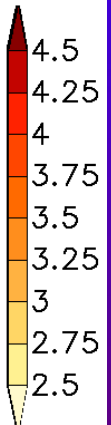
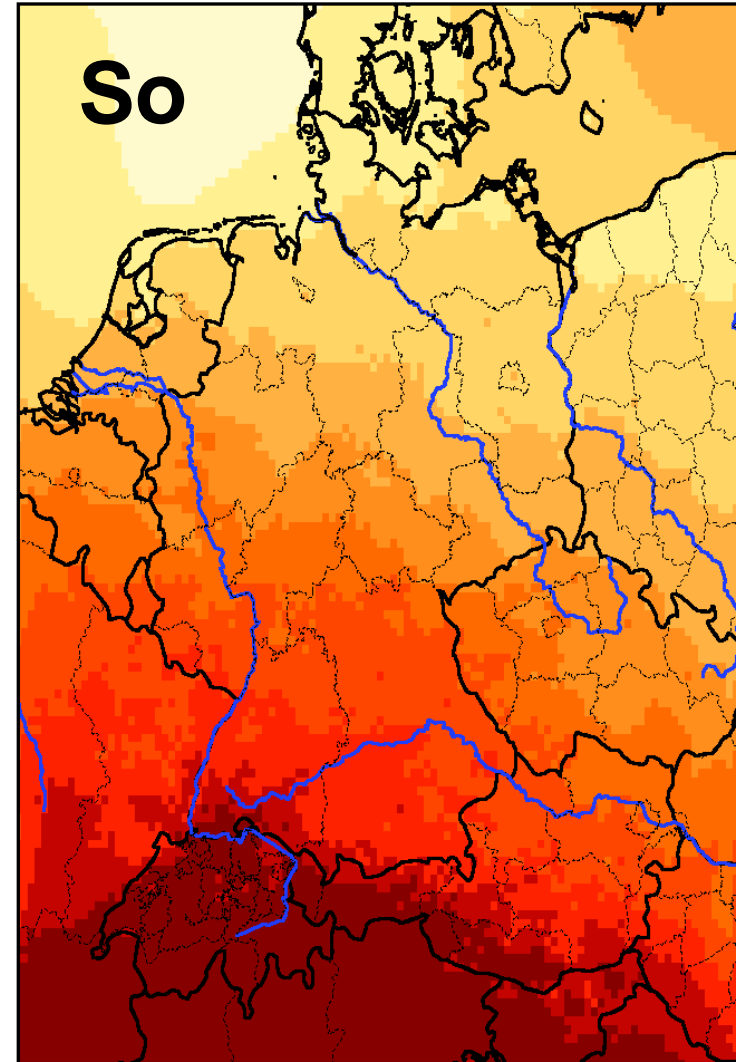


# REMO-Projektionen A1B, Temperatur, Winter und Sommer

A1B (2071/2100 – 1961/1990)  
Winter: 2m Lufttemperatur [°C]



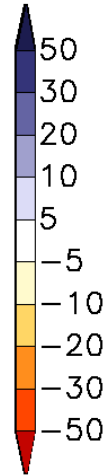
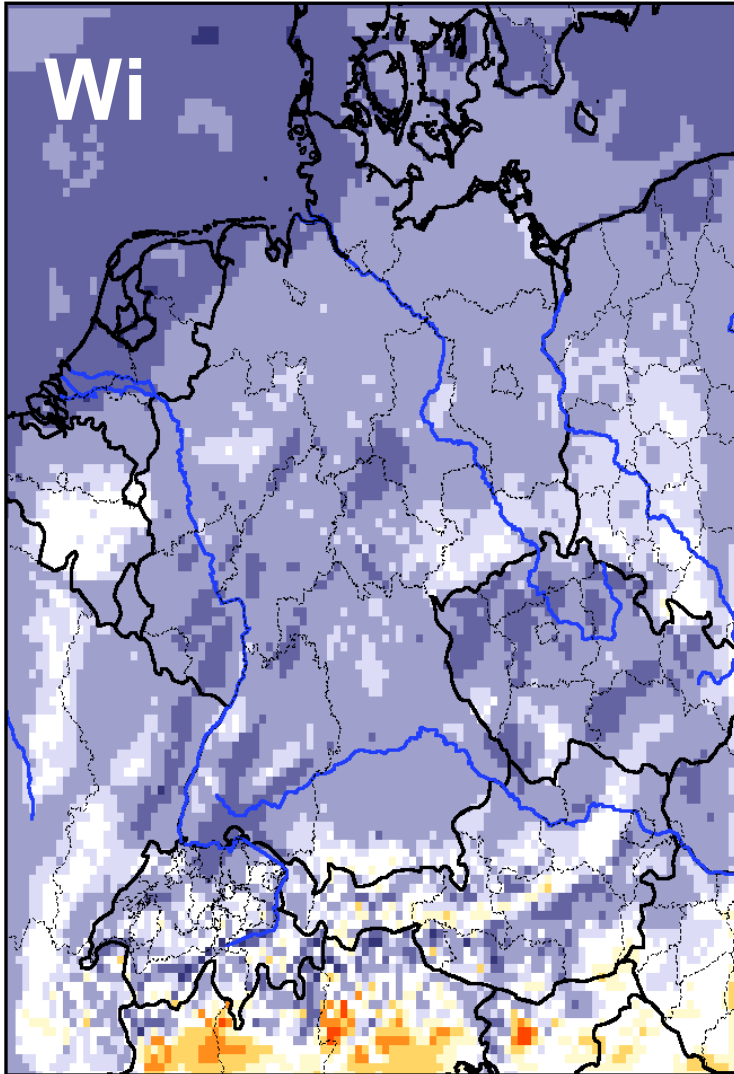
A1B (2071/2100 – 1961/1990)  
Sommer: 2m Lufttemperatur [°C]



# REMO-Projektionen A1B, Niederschlag, Winter und Sommer

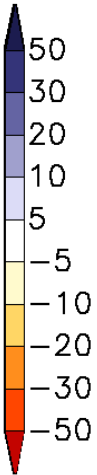
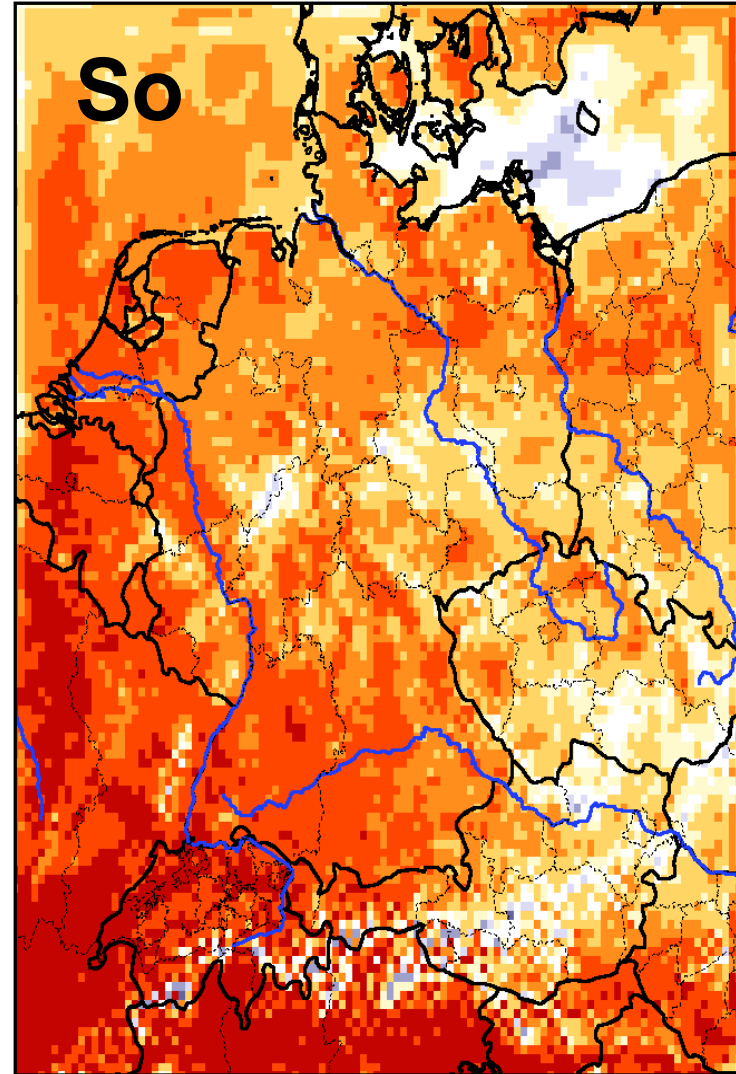
A1B (2071/2100 – 1961/1990)

Winter: relative Niederschlagsänderung [%]



A1B (2071/2100 – 1961/1990)

Sommer: relative Niederschlagsänderung [%]



# Die wichtigsten Klimamodellprojektionen für Deutschland bis 2100

## Regionales Klimamodell (REMO)

### des Hamburger Max-Planck-Instituts für Meteorologie)

- Weitere Erwärmung in allen Jahreszeiten, im Jahresmittel ca. 2,5-3,5 °C, Maxima über 4 °C im Süden/Winter.
- Regional unterschiedliche Niederschlagsumverteilungen mit Zunahmen im Winter um ca. 10-30 % und Abnahmen ähnlichen Ausmaßes im Sommer; Frühling und Herbst moderate Zunahmen.
- Häufigere und z.T. auch intensivere Extremereignisse wie insbesondere Hitze-/Trockensommer, winterliche (und herbstliche) Starkniederschläge (mit Überschwemmungsgefahr, dies z.T. auch im Sommer); Hagelgefahr schwer abschätzbar, zumindest aber nicht abnehmend.
- Beim Wind keine markanten Trends, Winter- und Herbst-Stürme eventuell seltener (da die Sturmbahnen dazu neigen, sich polwärts zu verlagern).

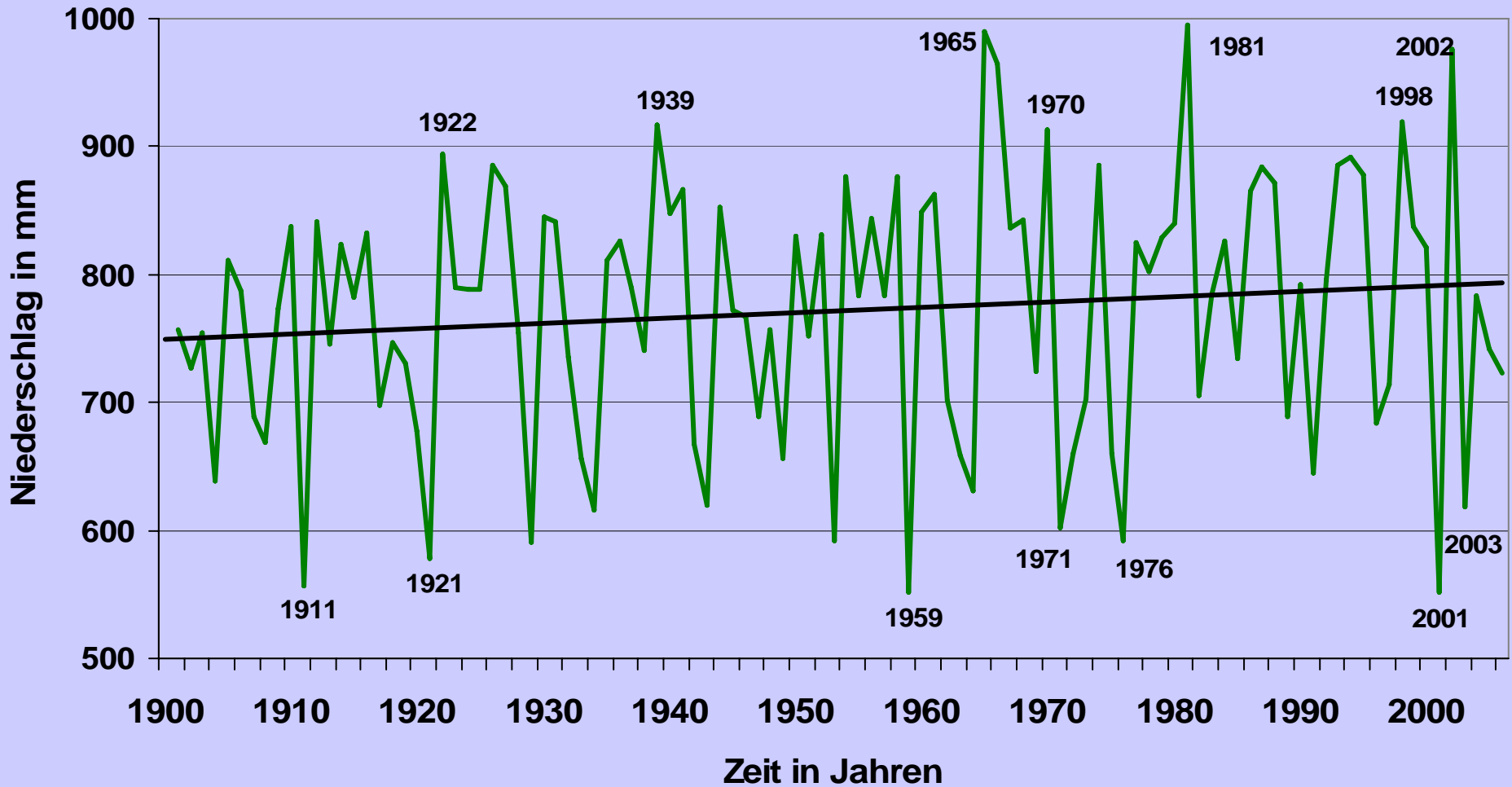


Vielen Dank  
für Ihr Interesse

Homepage des Autors:

<http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima>

# Deutschland-Niederschlag, Jahressummen 1901-2006



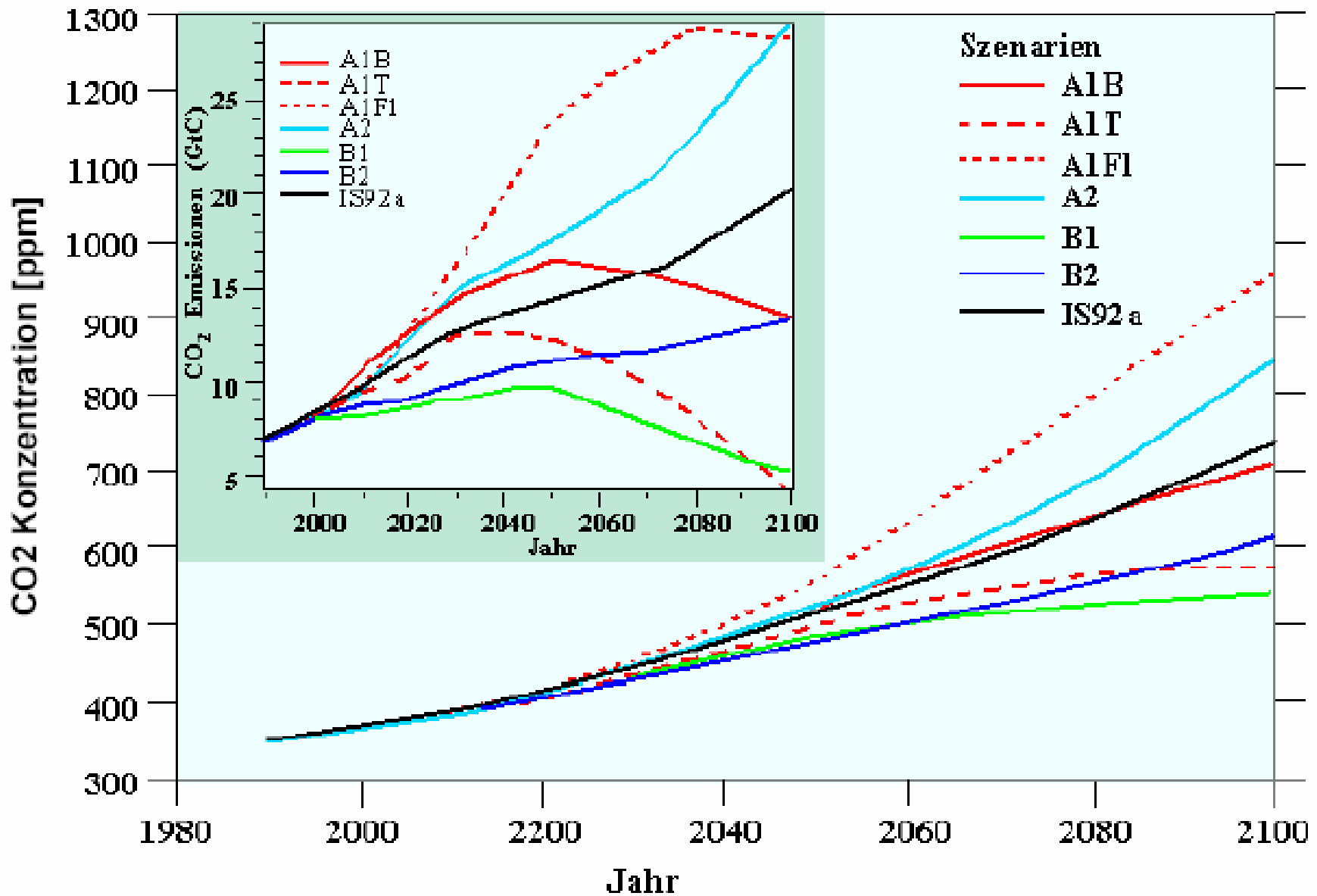
# Größte Naturkatastrophen der Versicherungsgeschichte seit 1900 (Auswahl\*)

Datum	Jahr	Land, Region	Ereignis	Tote	Schäden Mill. US \$	Versich.+ Mill. US \$
18.4.	1906	USA, San Francisco	Erdbeben	3.000	524	180
1.9.	1923	Japan, Tokio	Erdbeben	142.807	2.800	590
23.10.	1972	Nicaragua, Managua	Erdbeben	11.000	800	100
14.-22.9.	1989	Karibik, USA	Hurrikan (Hugo)	86	9.000	4.500
25.1.-1.3.	1990	Westeuropa	Stürme (Daria u.a.)	230	14.800	10.200
26.-28.9.	1991	Japan, Kiuschu u.a.	Taifun (Mireille)	62	6.000	5.200
23.-27.8.	1992	USA, Florida u.a.	Hurrikan(Andrew)	62	30.000	17.000
17.1.	1994	USA, Kalifornien	Erdbeben	61	44.000	15.300
17.1.	1995	Japan, Kobe	Erdbeben	6.348	100.000	3.000
5.7.-10.8.	1997	Ost- u. Mitteleuropa	Überschwemm.	110	5.900	795
20.-30.9.	1998	Karibik, USA	Hurrikan (Georges)	4.000	10.000	3.400
26.12.	1999	Deutschland u.a.	Stürme (Lothar, Kurt, Martin)	130	11.000	5.000
12.-20.8.	2002	Deutschland u.a.	Überschwemm.	37	13.500	3.100
Juni-Aug.	2003	Mitteleuropa u.a.	Hitzewelle	>35.000	13.000	<1.000
26.12.	2004	Südasien, Indonesien	Tsunami	170.000	>10.000	>1.000
25.-30.8.	2005	USA (New Orleans)	Hurrikan (Katrina)	1.322	125.000	60.000
18.1.	2007	West-/Mitteleuropa	Orkan (Kyrill)	45	~8.000	~6.000

\*) Auswahlkriterien: Mehr als 1000 Tote oder/und Schäden über 500 Mill. US \$    +) Versicherte Schäden

Quelle: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, 2006; nach Presseberichten ergänzt, 2007

# Die IPCC - Emissionsszenarien (Auswahl)



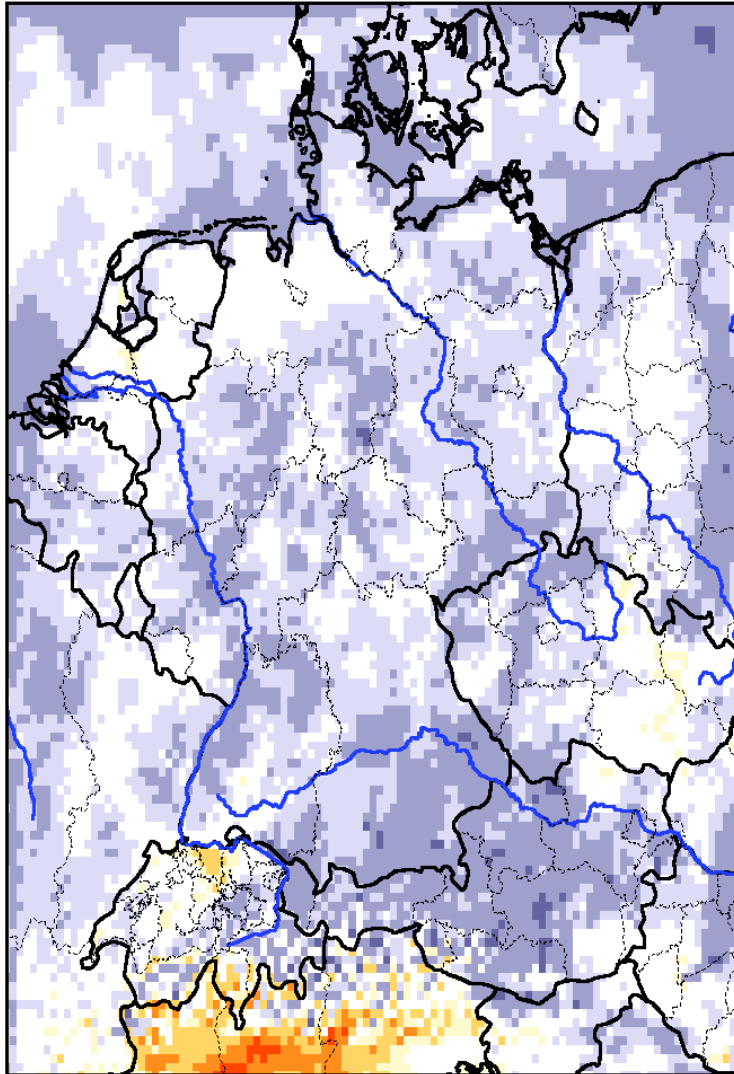
# Die wichtigsten Klimamodell- Zukunftsprojektionen (IPCC, 2007):

- Erwärmung der unteren Atmosphäre (global bis 2100 um 1,1-6,4 °C, wahrscheinlichster Bereich 2-4 °C; Maxima im Winter polwärts d. Tropen; NH)
- Abkühlung der Stratosphäre (begünstigt dort den Ozonabbau)
- Meeresspiegelanstieg (global bis 2100 um etwa 20 - 60 cm; Ozean- Gletscher-Effekt)
- Niederschlagsumverteilungen (z.B. Mittelmeer-Region trockener, Skandinavien u. Polarregionen feuchter, in Mitteleuropa niederschlagsreichere Winter und trockenere Sommer)
- Regional häufigere/intensivere Extremereignisse (z.B. Hitzewellen, Dürren, Starkniederschläge, Hagel; aber im einzelnen unsicher; intensivere tropische Wirbelstürme)

# REMO-Projektionen A1B, Niederschlag, Frühjahr und Herbst

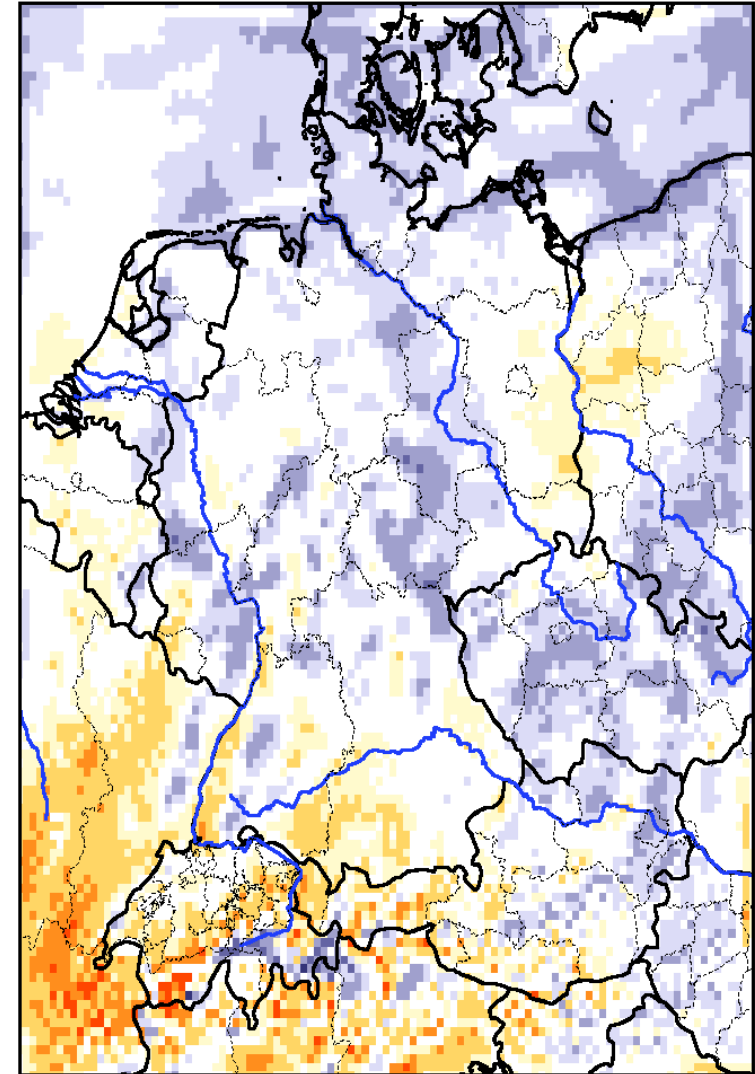
A1B (2071/2100 – 1961/1990)

Frühjahr: relative Niederschlagsänderung [%]



A1B (2071/2100 – 1961/1990)

Herbst: relative Niederschlagsänderung [%]



# Handlungsbedarf

- Anpassung an nicht mehr vermeidbare Klimaänderungen und deren Folgen.
- Vorsorge, um den Klimawandel und seine Folgen auf einem erträglichen Niveau zu begrenzen, und zwar durch:
  - Steigerung der Energieeffizienz.
  - Weitgehende Substitution kohlenstoffhaltiger Energieträger (Kohle, Öl, Gas); Sequestrierung.
  - Ökonomische Maßnahmen (Emissionshandel).
  - Maßnahmen im Verkehrsbereich.
  - Vegetationsschutz . . .
- Weitere Klimaforschung.