

Klimawandel

Klimaänderungen Prognosen Unsicherheiten

Prof. Dr. Günter Gross
Institut für Meteorologie
und Klimatologie
Fakultät für Mathematik und Physik
Leibniz Universität Hannover

Klimawandel in Niedersachsen
LBEG
Hannover, Mai 2011



Klimawandel

Klimaänderungen
Prognosen
Unsicherheiten

was ist das?
gibt es nicht
sind sehr gross

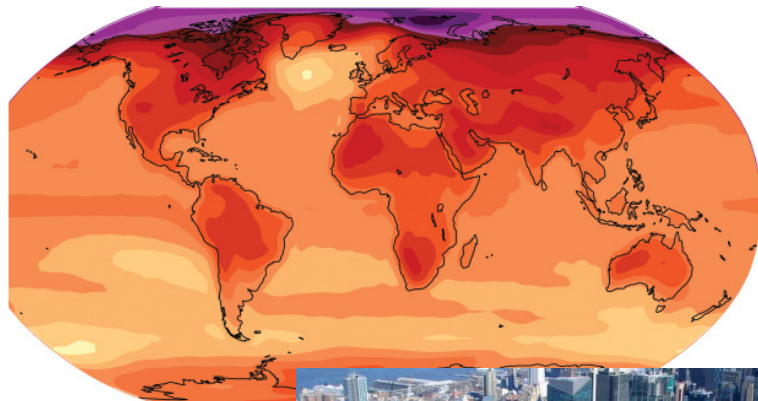
Prof. Dr. Günter Gross
Institut für Meteorologie
und Klimatologie
Fakultät für Mathematik und Physik
Leibniz Universität Hannover

Klimawandel in Niedersachsen
LBEG
Hannover, Mai 2011



Klimaänderung, Prognosen, Unsicherheiten

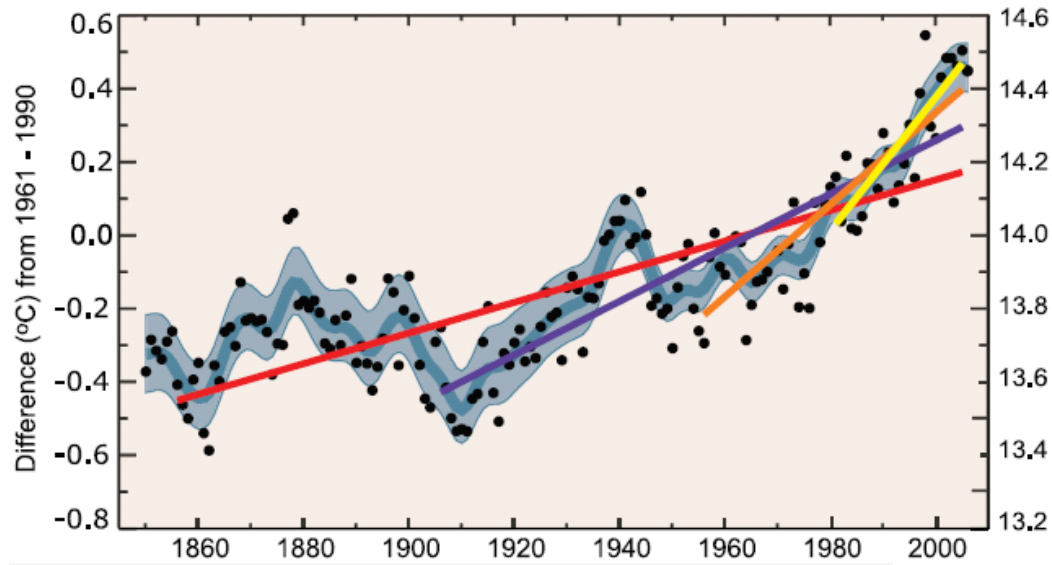
- Was ist das Klima und was ein Klimawandel?
- Wie können wir Aussagen zum Klimawandel machen?
- Welche Genauigkeit haben Aussagen zum Klimawandel?



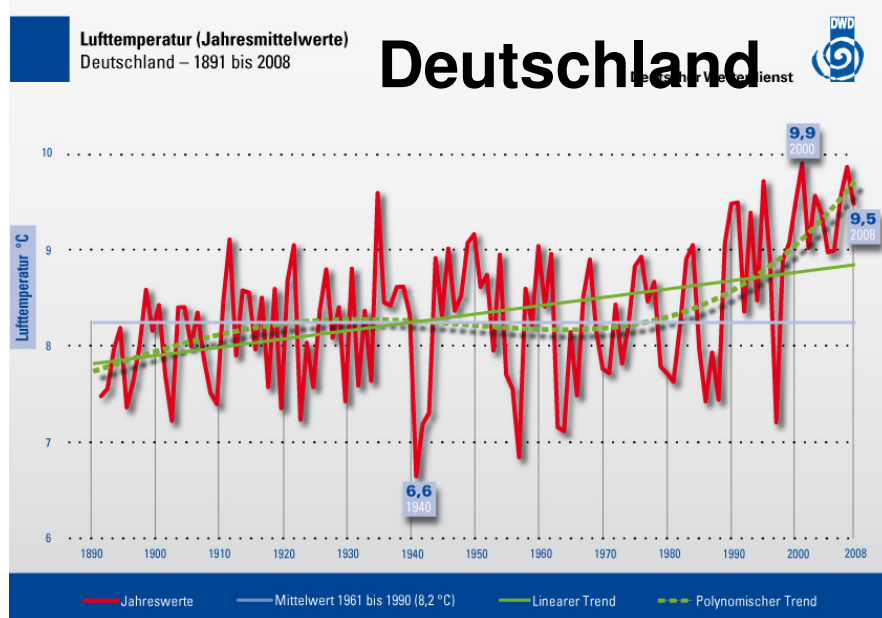
0 0.5 1 1.5 2 2.5



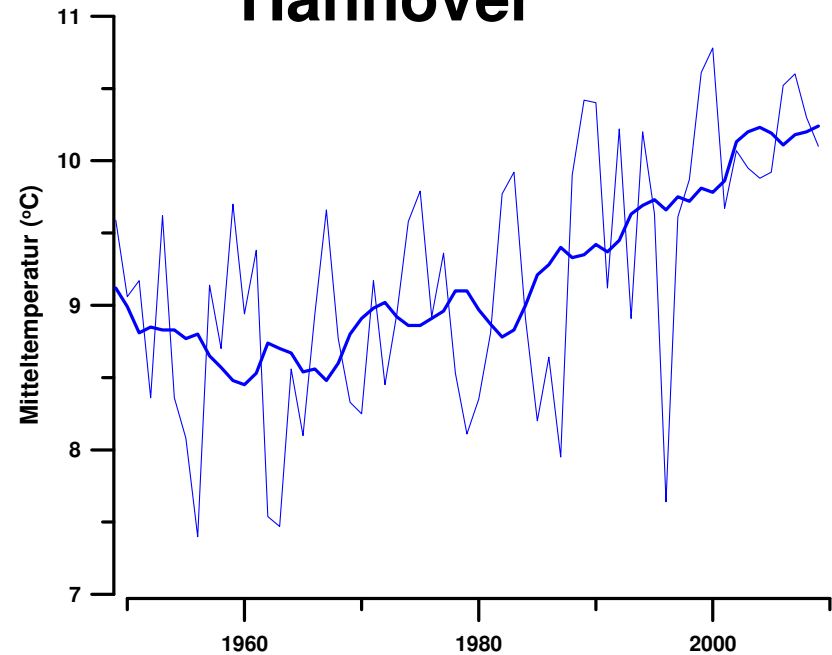
Global Mean Temperature

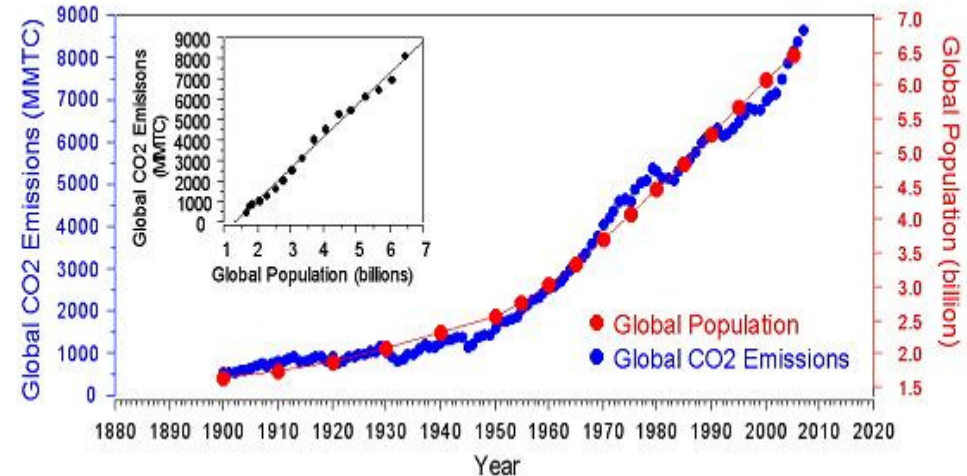
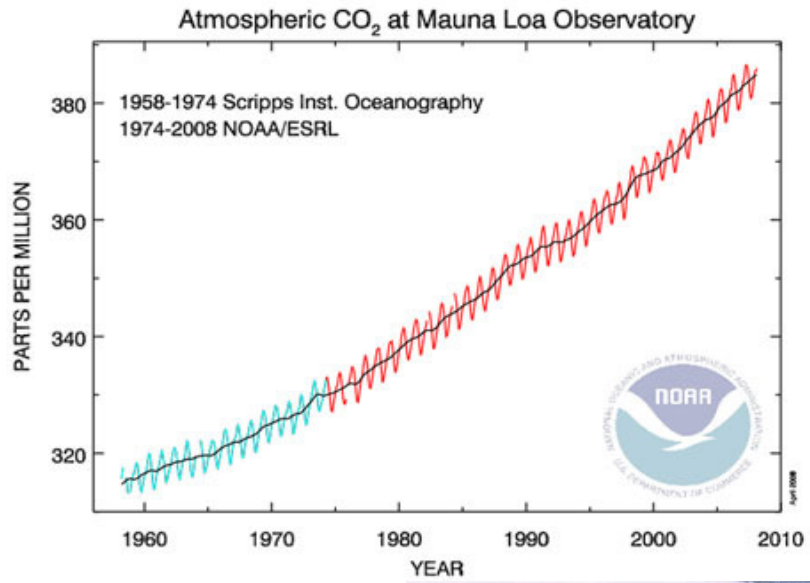


**Klimaelement:
Mitteltemperatur**



Hannover





Wetter:= **physikalischer Zustand** der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort

Klima:= Synthese des Wetters über einen Zeitraum, der lang genug ist, um dessen **statistische Eigenschaften** bestimmen zu können (DWD 30 Jahre)

Was ist ein Klimawandel ?

Das Klima ändert sich und mit ihm die Lebensbedingungen für Mensch und Natur.

Klimaschwankungen sind dabei in der Erdgeschichte nichts Neues. Die derzeitige Erwärmung vollzieht sich jedoch in ungewöhnlich kurzen Zeiträumen.

Die Hauptursache für die globale Erwärmung wird heute überwiegend in der Verstärkung des Treibhauseffektes durch menschliche Aktivitäten gesehen. Die Folgen sind in ihrer Gesamtheit derzeit noch nicht abzuschätzen.

Temperaturänderung = Klimawandel ?

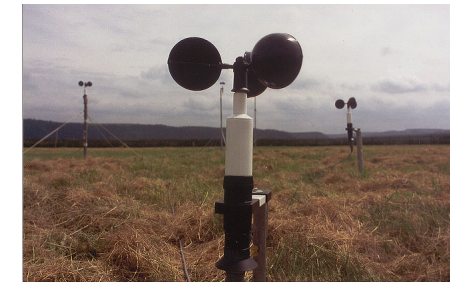
Wie groß muß diese Änderung sein (0,1K, 1K, 10K) ?

Wetter:= **physikalischer Zustand** der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort

Klima:= Synthese des Wetters über einen Zeitraum, der lang genug ist, um dessen **statistische Eigenschaften** bestimmen zu können (DWD 30 Jahre)

Was ist ein Klimawandel ?

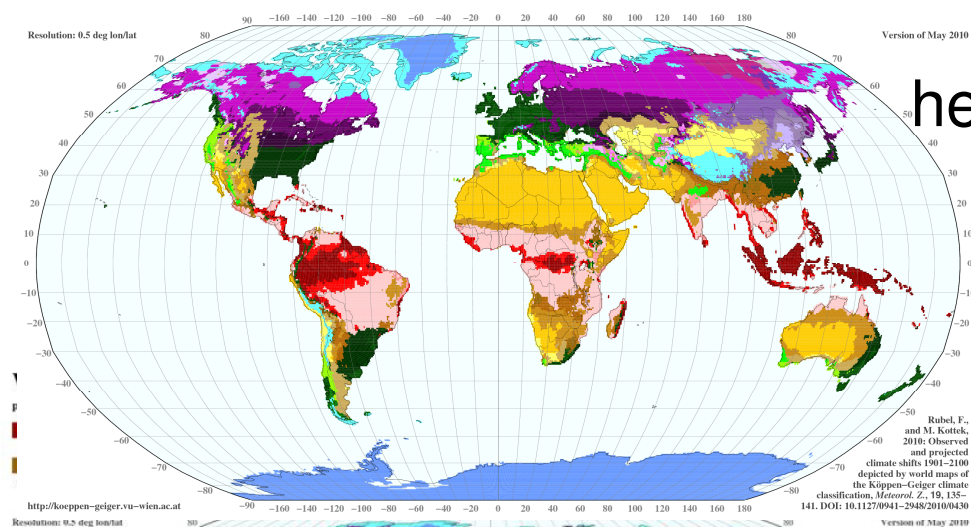
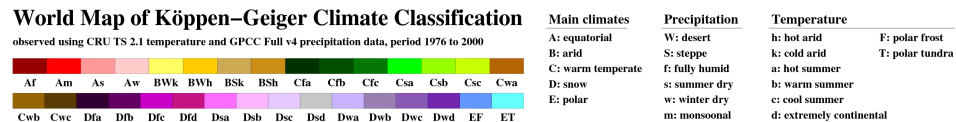
1. Wie viele meteorologische (Wetter-) Variablen müssen sich ändern?
2. Welche statistischen Kenngrößen müssen sich ändern?
3. Wie groß muß diese Änderung sein?



Klimaklassifikationen

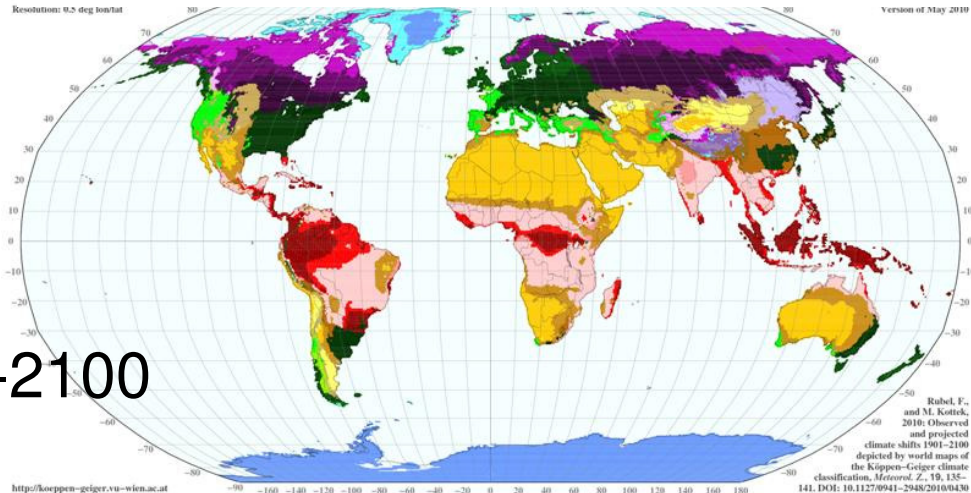
Klimaklassifikationen geben das vielschichtige Ineinander der Klimatelemente und Klimafaktoren sowie deren Wirkungen auf die Erdoberfläche in Klimatypen wieder

- Köppen
- Geiger
- Paffen
- Troll
- Flohn
- Neef
- Lauer
- Frankenberg
-



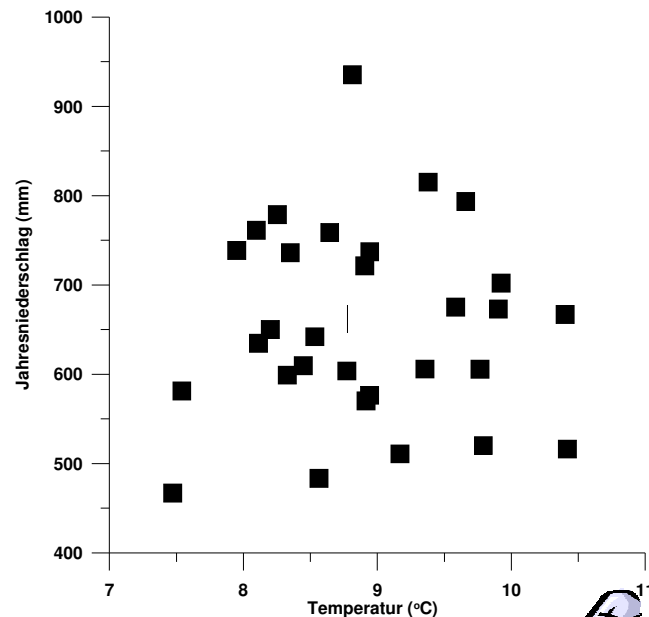
heute

2076-2100



Das Klima...

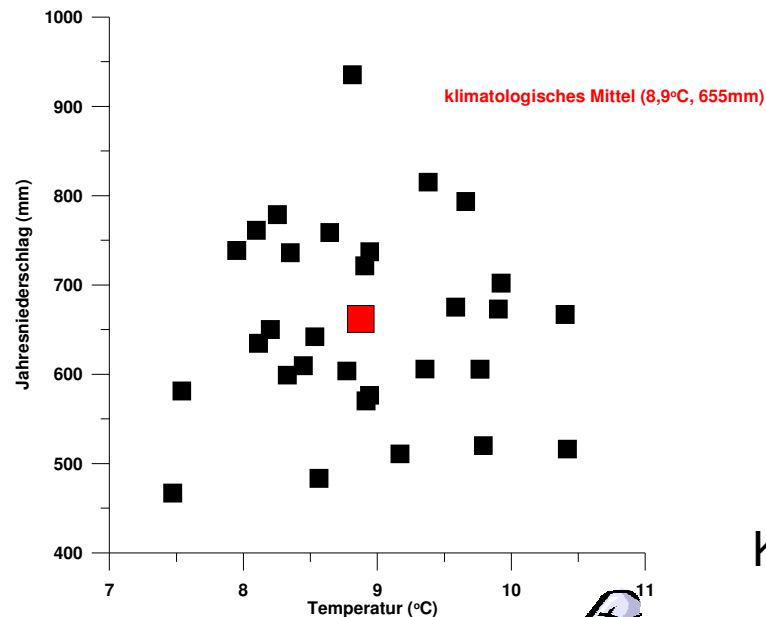
1. Klima ist nicht direkt wahrnehmbar. Es handelt sich nicht um das sinnlich erfahrbare Wetter, sondern um abstrakte Mittelwerte meteorologischer Variablen, die einer wissenschaftlichen Interpretation und Beschreibung bedürfen.
2. Die Veränderung des Klimas ist ein langfristiges Phänomen das weitab von unserer direkten Lebenswelt und jenseits unseres biografischen Horizontes liegt.
3. Das führt dazu, dass das Wissen eines Einzelnen über den Klimawandel nicht auf der Erfahrung aus erster Hand besteht, sondern dieses Wissen entsteht kommunikativ d.h. vorwiegend über Medien.



Klimadaten Hannover 1961-1990

Das Klima...

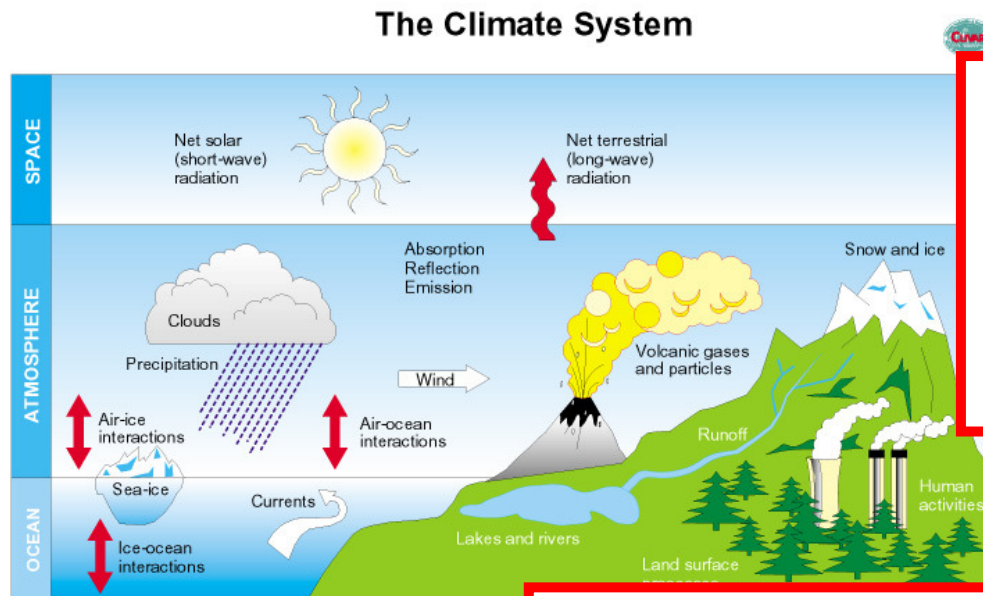
1. Klima ist nicht direkt wahrnehmbar. Es handelt sich nicht um das sinnlich erfahrbare Wetter, sondern um abstrakte Mittelwerte meteorologischer Variablen, die einer wissenschaftlichen Interpretation und Beschreibung bedürfen.
2. Die Veränderung des Klimas ist ein langfristiges Phänomen das weitab von unserer direkten Lebenswelt und jenseits unseres biografischen Horizontes liegt.
3. Das führt dazu, dass das Wissen eines Einzelnen über den Klimawandel nicht auf der Erfahrung aus erster Hand besteht, sondern dieses Wissen entsteht kommunikativ d.h. vorwiegend über Medien.



Klimadaten Hannover 1961-1990

Klimamodelle - Klimaszenarien

- Basierend auf physikalischen Gesetzen
- Dargestellt durch mathematische Gleichungen
- Gelöst durch numerische Verfahren mit Computern
- Vergleichbar mit Wettervorhersagemodellen



courtesy N. Noreiks, L. Bengtsson, MPI

Es müssen **Szenarien** über die Entwicklung der Rahmenbedingungen für die nächsten 100 Jahre festgelegt werden (z.B. CO₂-Emission, Landnutzungsänderung, usw).

Die Ergebnisse von Szenarienrechnungen sind **keine Prognosen** sondern beschreiben die Bandbreite der möglichen Veränderungen von Klimaelementen wie Temperatur und Niederschlag

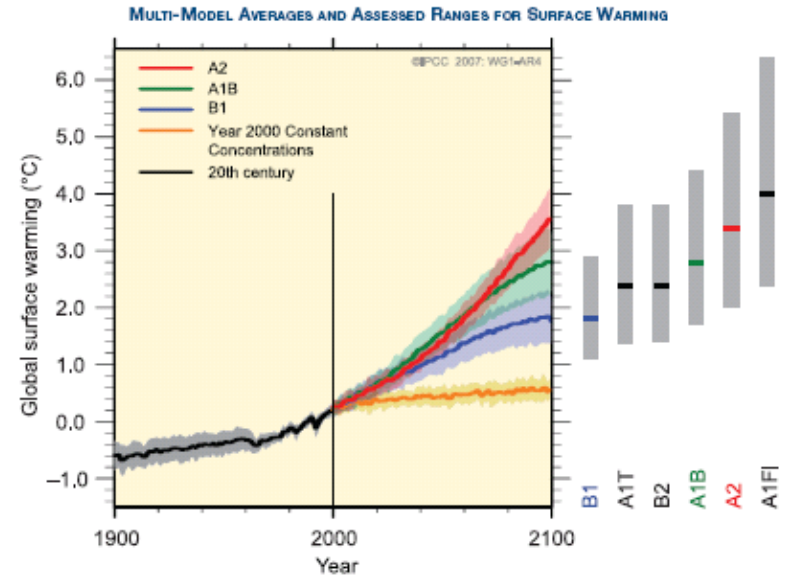
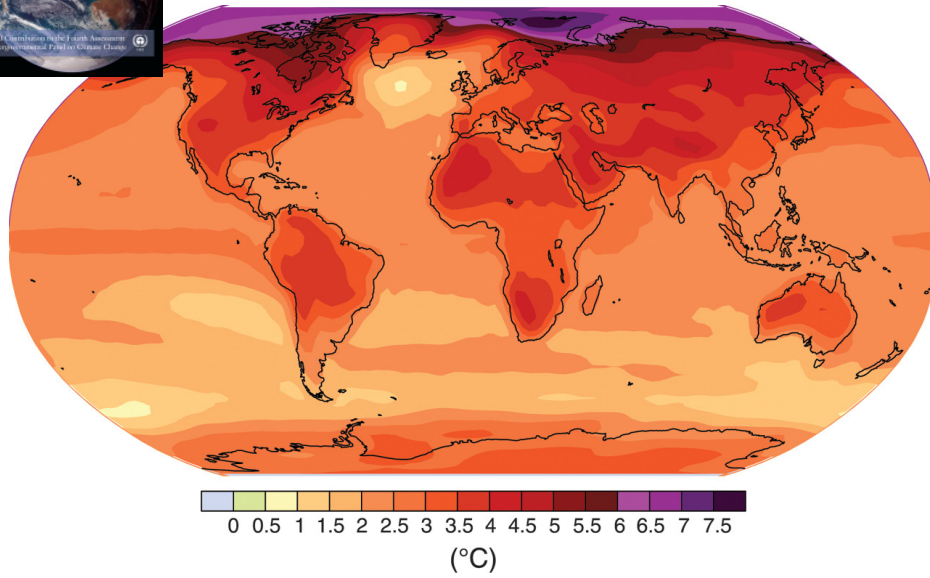
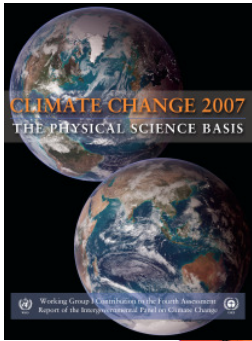
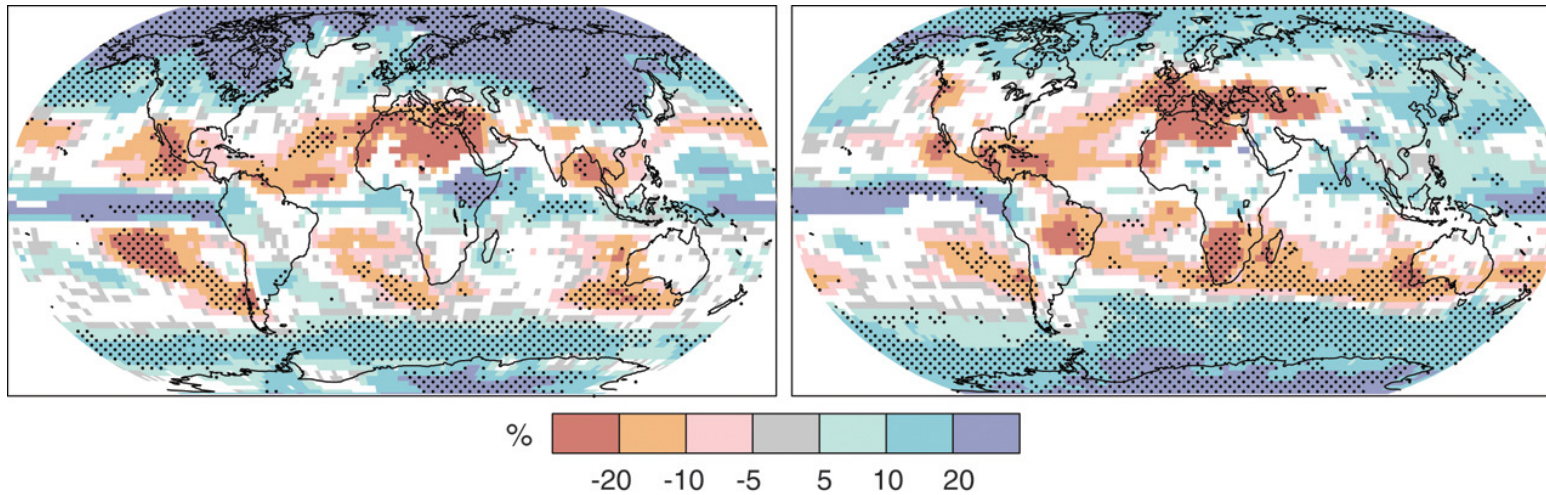
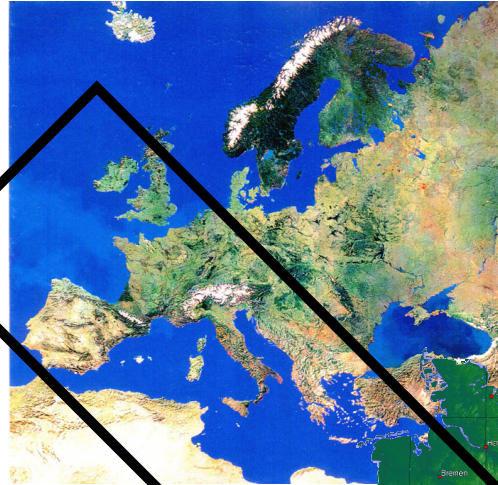
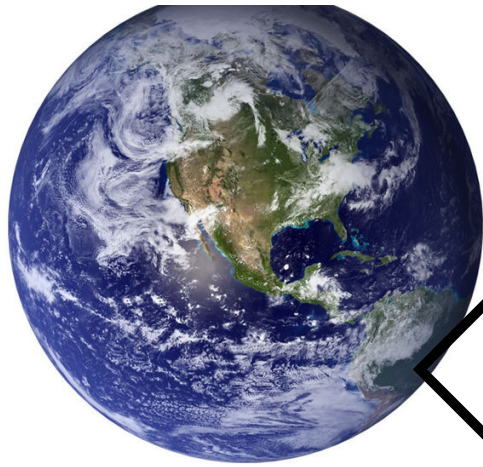


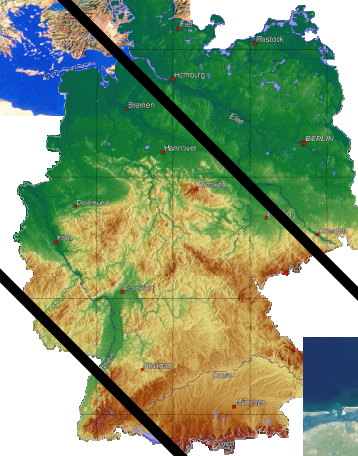
Figure SP.M5. Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980–1990) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. Shading denotes the ± 1 standard deviation range of individual model annual averages. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The gray bars at right indicate the best estimate (solid line within each bar) and the likely range assessed for the six SRES marker scenarios. The assessment of the best estimate and likely ranges in the gray bars includes the AOGCMs in the left part of the figure, as well as results from a hierarchy of independent models and observational constraints. (Figures 10.4 and 10.20)



Globales Modell ECHAM



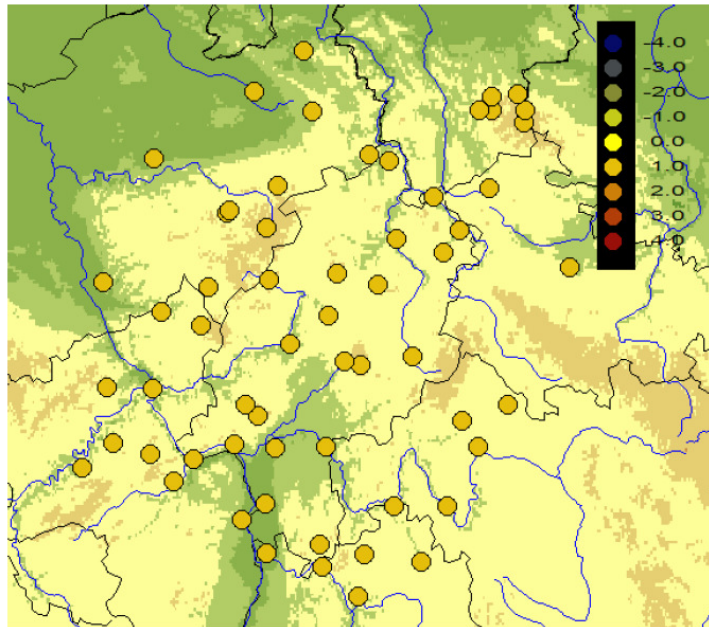
Regionale Modelle



lokale Modelle

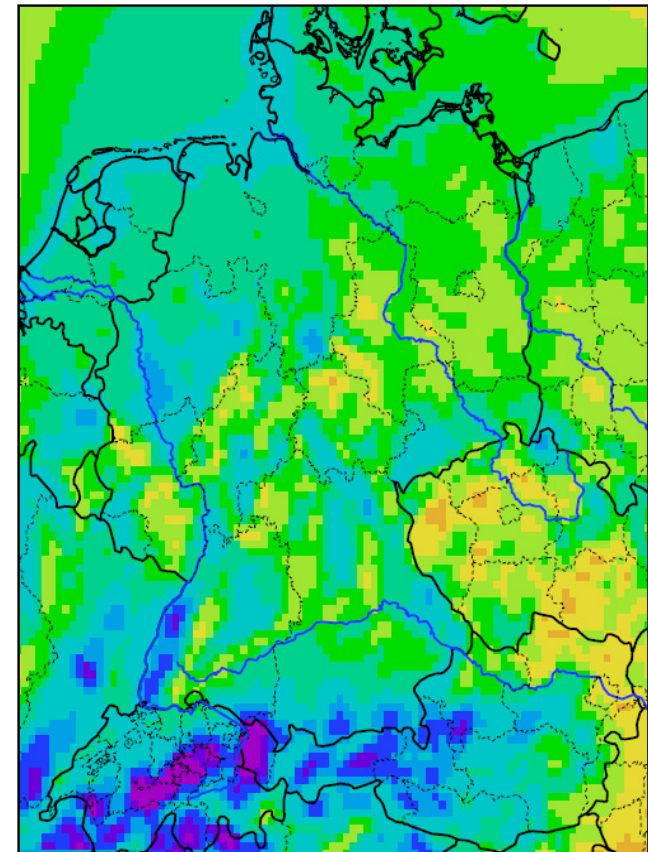


Statistische Modelle **WETTREG, STAR**

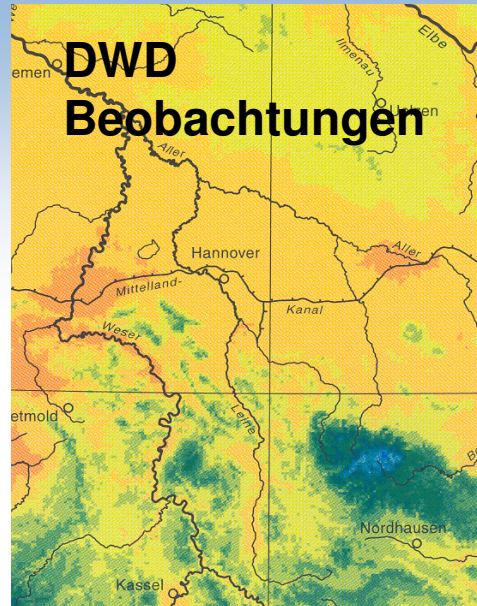


Änderung der Maximum- Temperatur [K] gegenüber der Periode 1981/2000 für die Dekade 2041/2050. Frühling (MAM), Mittel über 10 Simulationen.

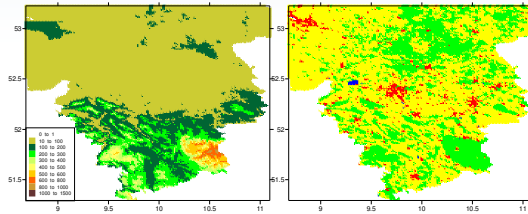
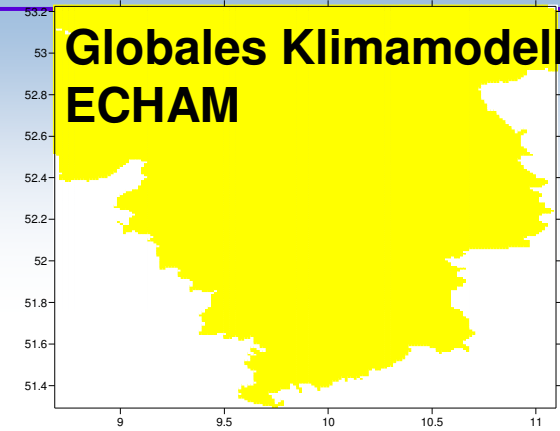
dynamische Modelle **REMO, CLM**



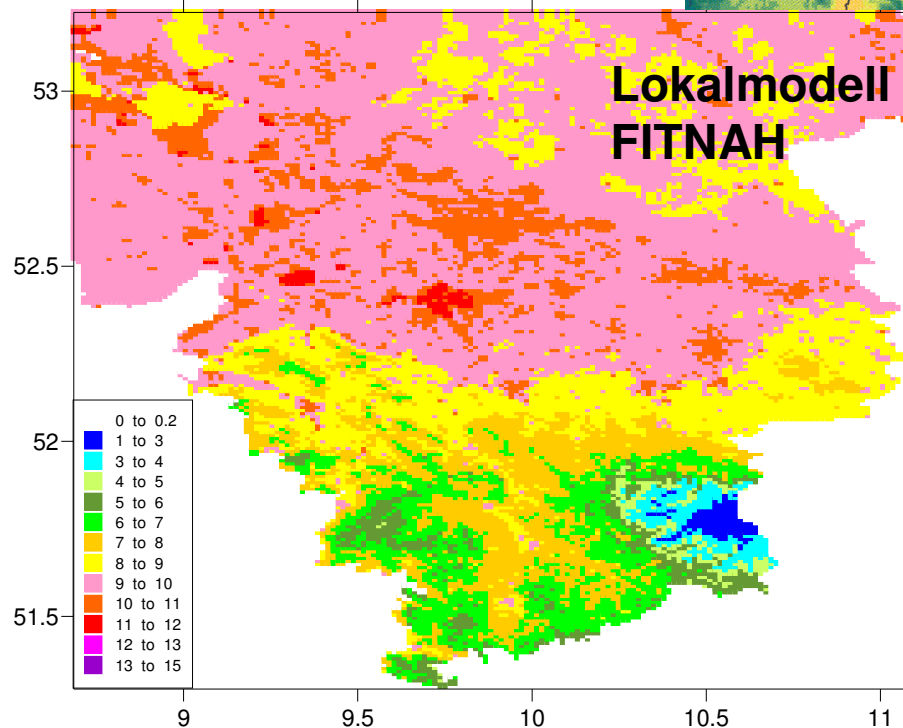
Temperatur (Jahresmittel) südl. Niedersachsen (KLIFF)



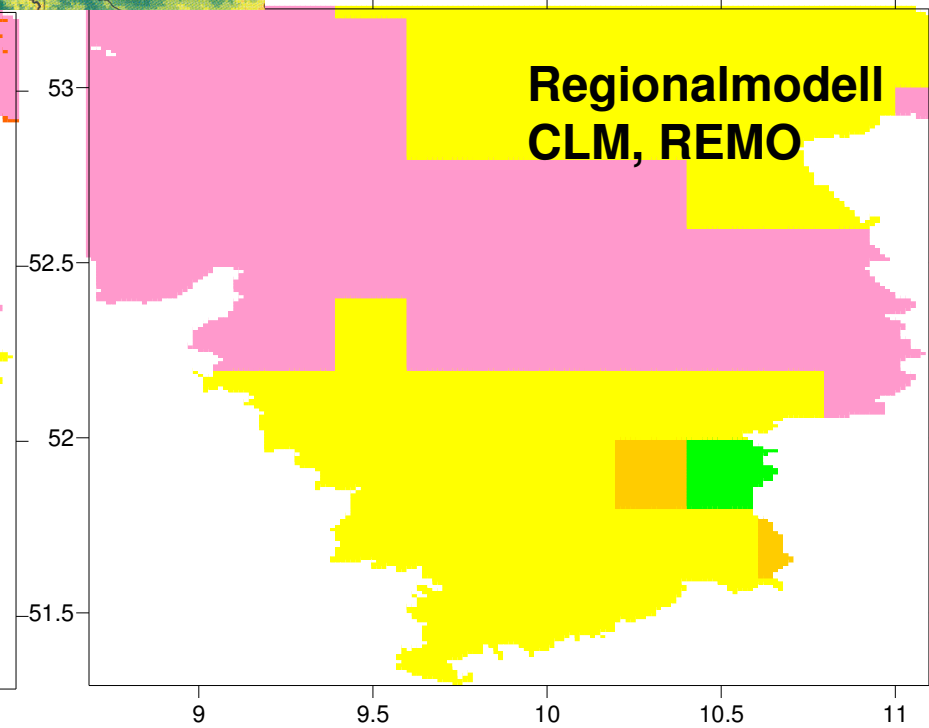
Globales Klimamodell ECHAM



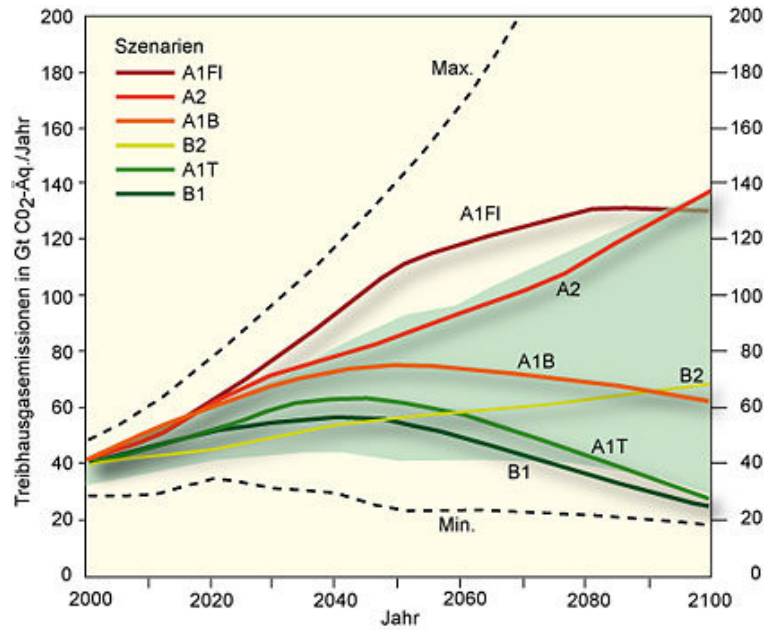
Lokalmodell FITNAH



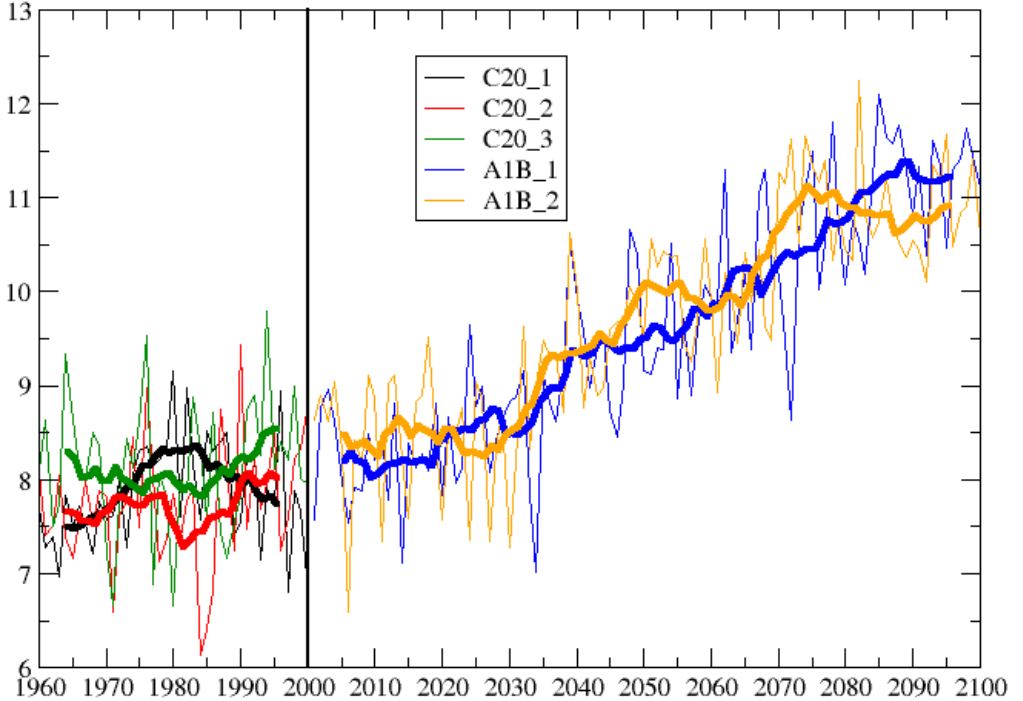
Regionalmodell CLM, REMO



Eingangsdaten für die Untersuchungen: CLM A1B



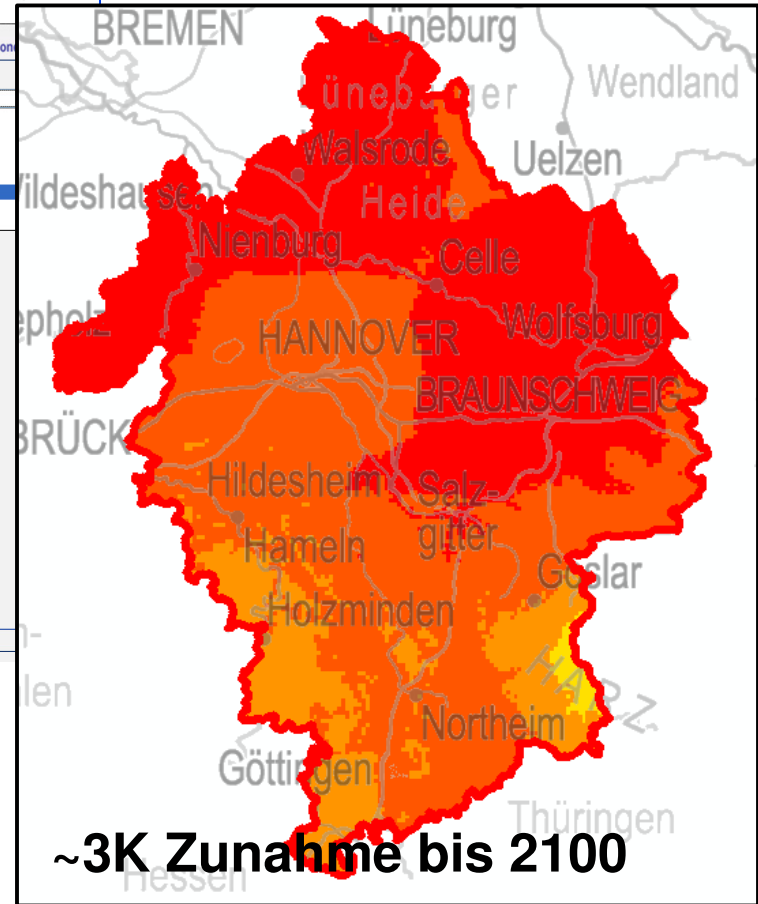
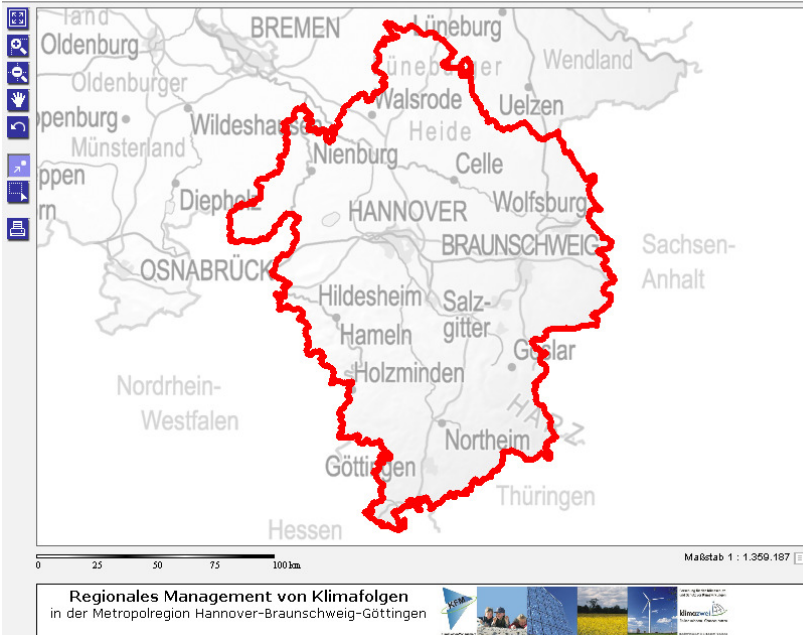
Temperaturentwicklung
Jahresmitteltemperatur in der Metropolregion

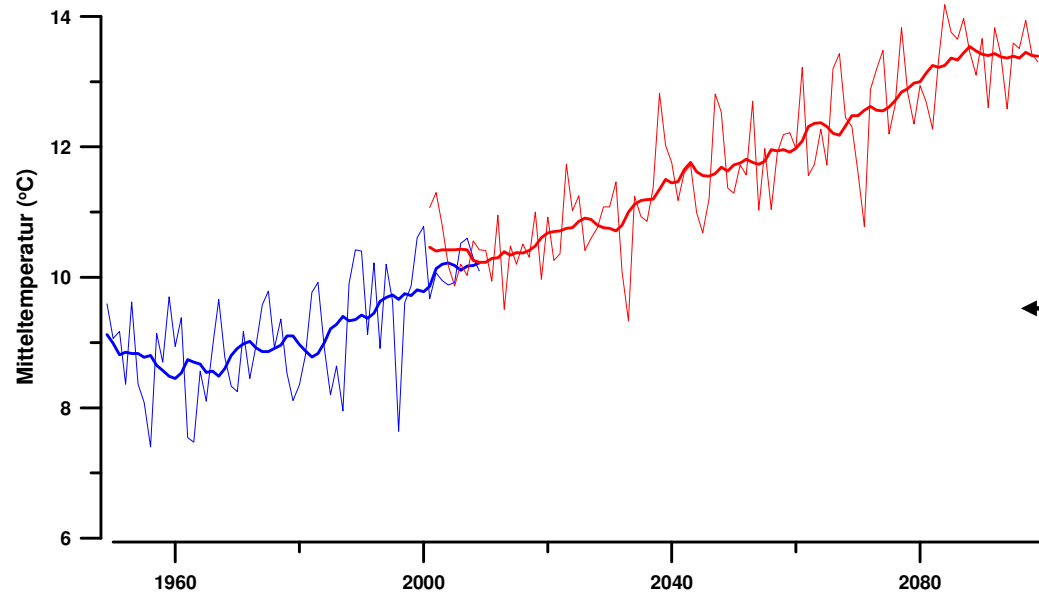




Regionales Management von Klimafolgen

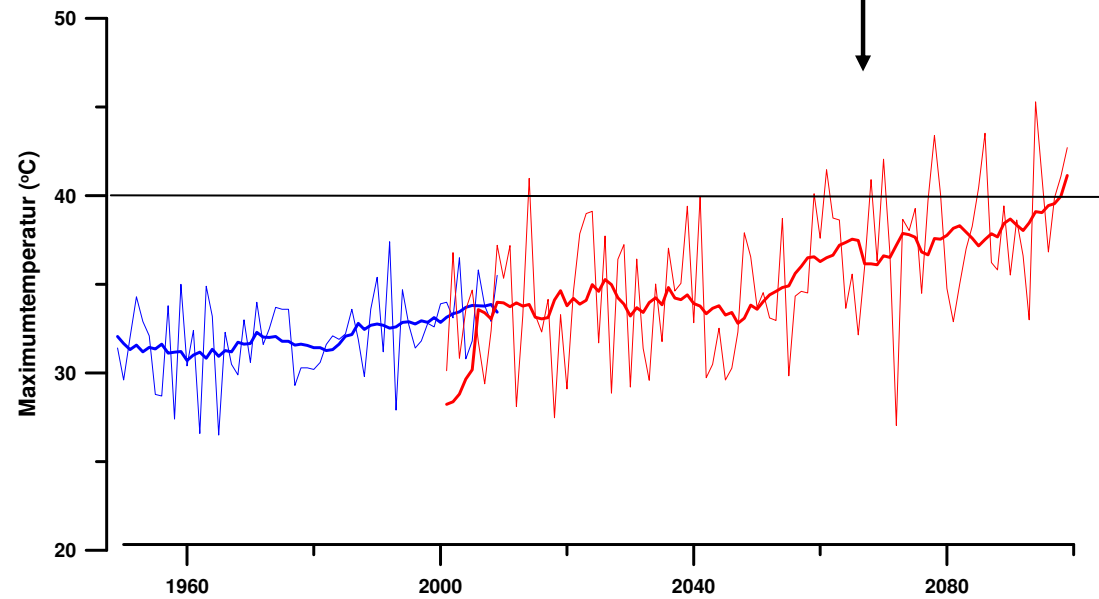
Legende | ? | @/Nutzungsbedingungen | Erläuterungen zur Karte



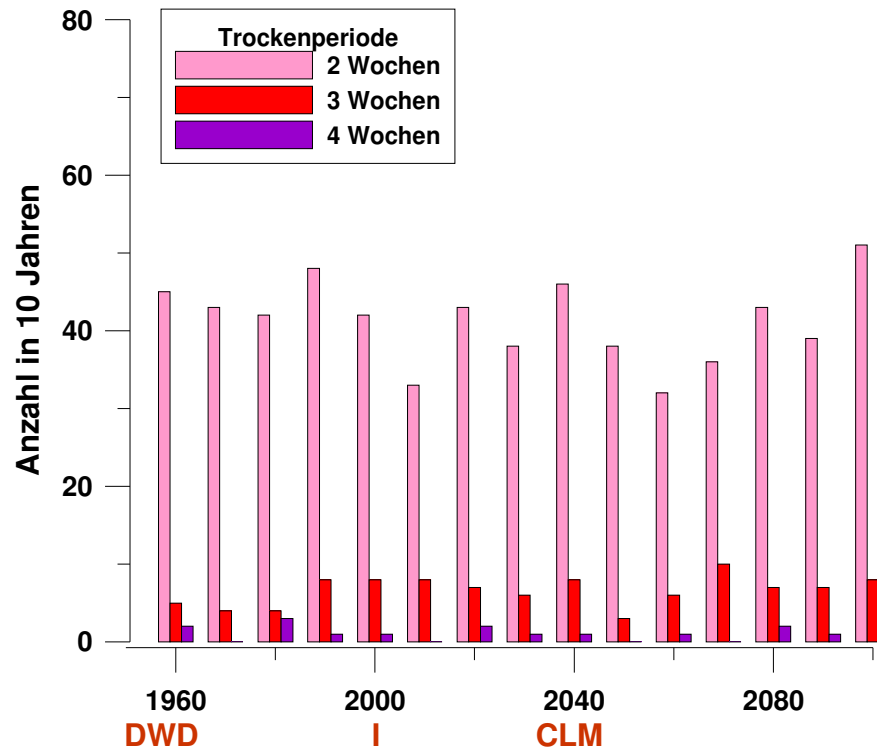


Temperaturänderung In Hannover

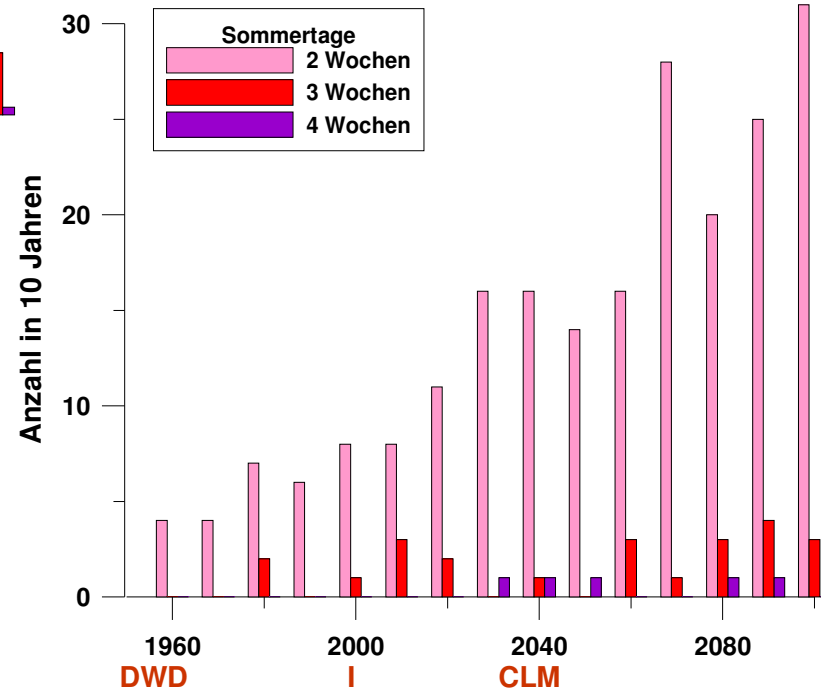
Maximum



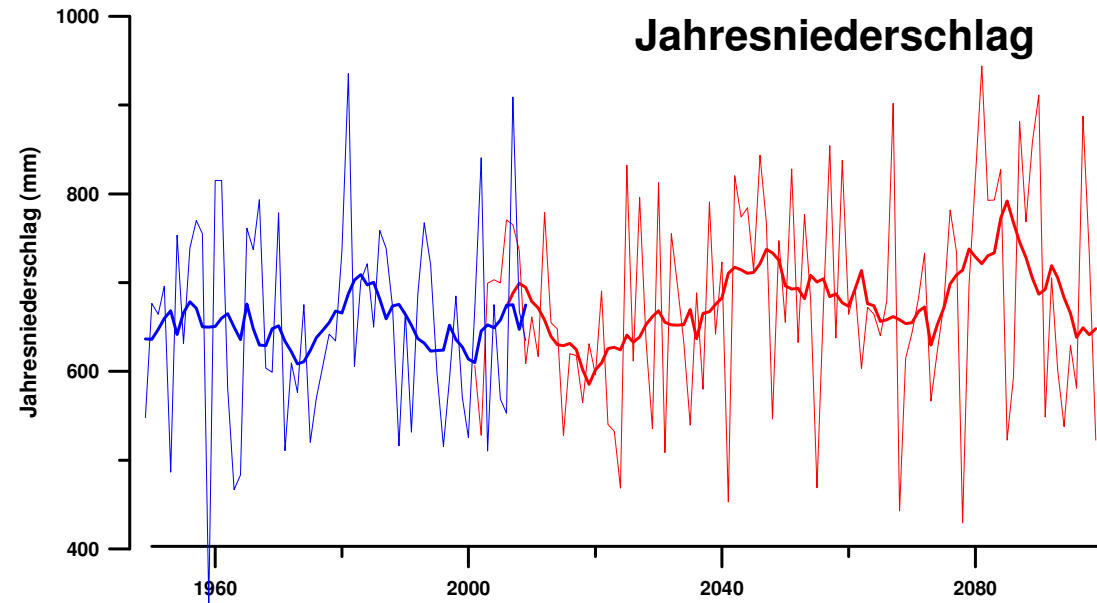
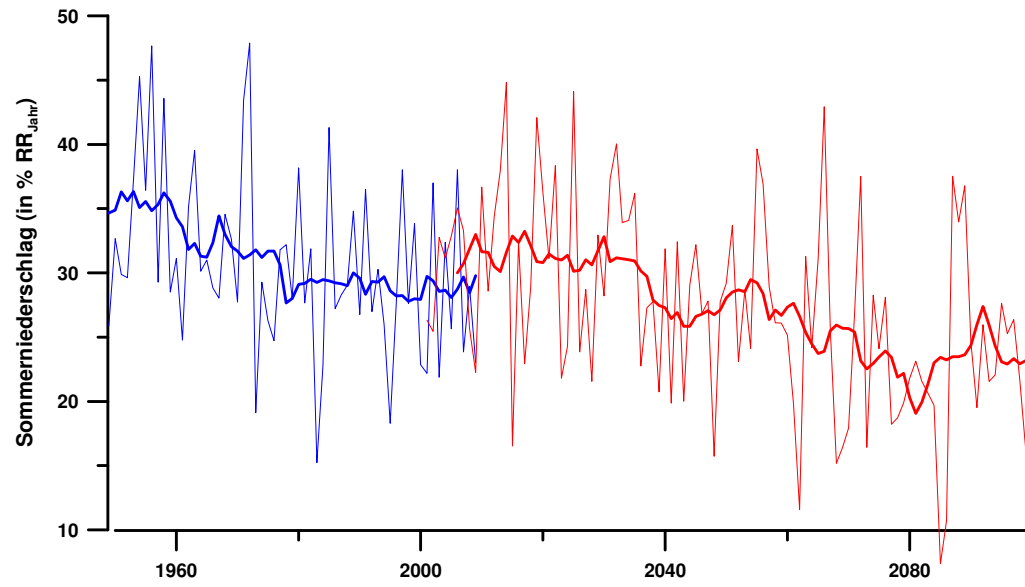
Wie viele Tage hintereinander ohne Niederschlag?



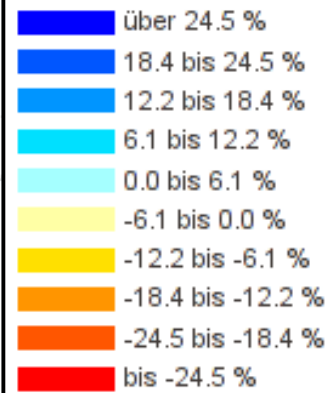
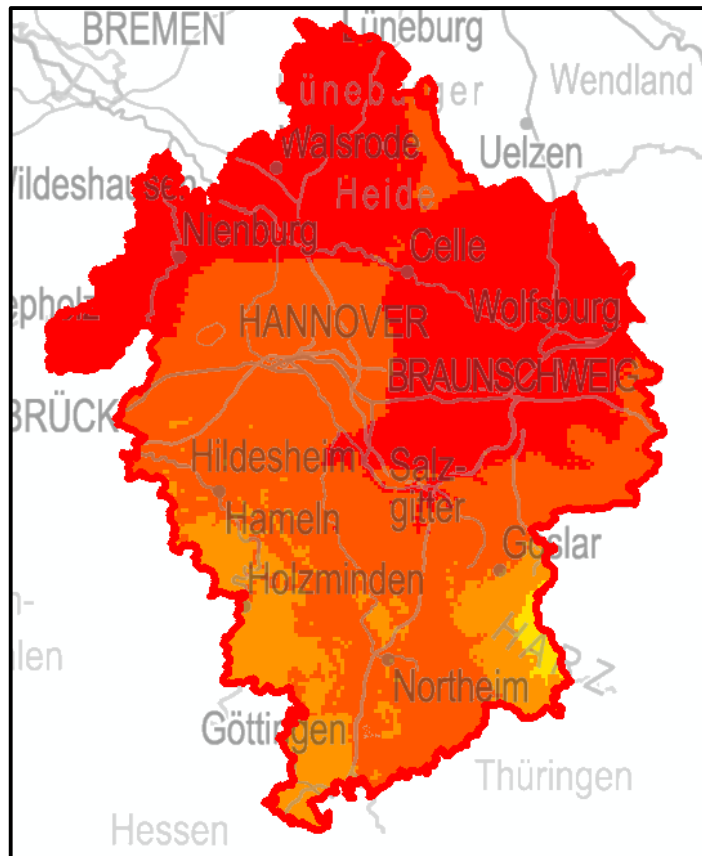
Wie viele Tage hintereinander eine Maximumtemperatur über 25 Grad?



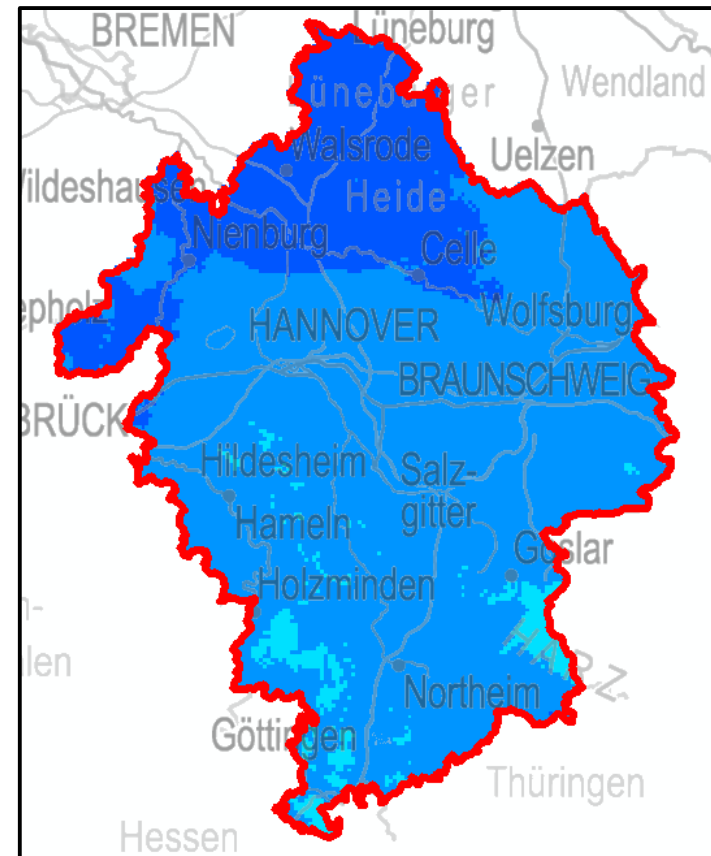
Sommerniederschlag



Sommerniederschlag 2071/2100 zu 1961/1990



Winterniederschlag



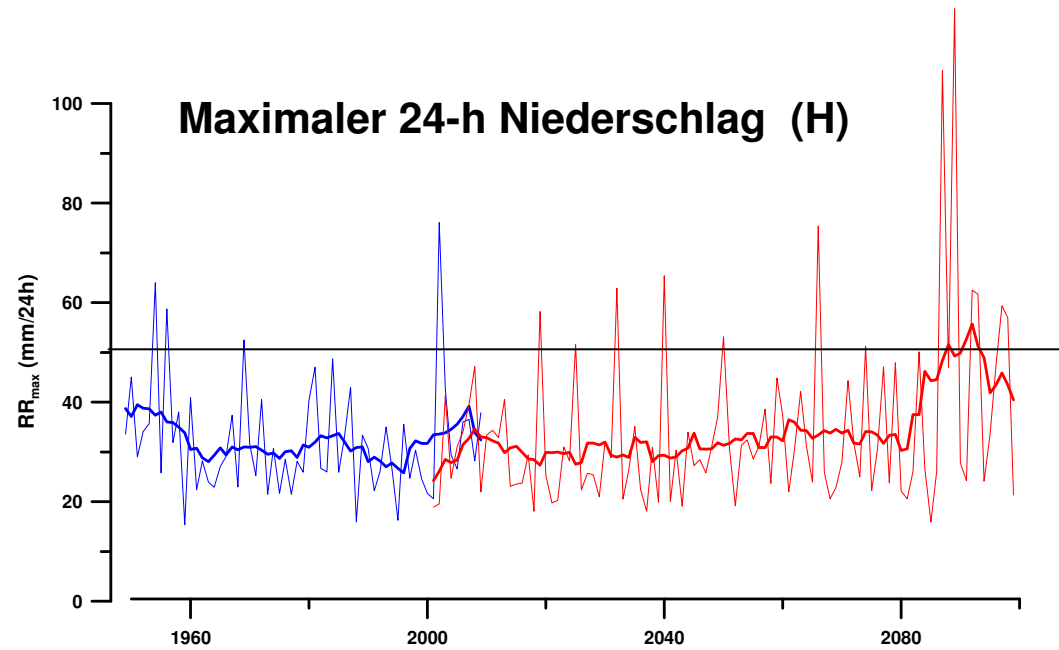
Datengrundlage: CLM, A1B_1

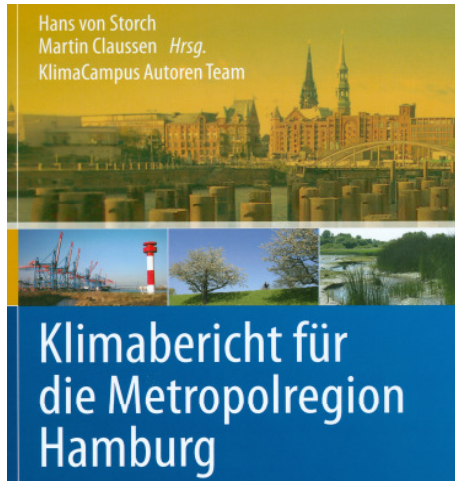
Starkregen (Starkniederschlag)

Niederschlag $> 17,1$ mm/60 min.

Warnkriterien für Unwetterwarnungen des DWD

heftiger Starkregen	> 35 l/m ² in 6 Stunden
Ergiebiger Dauerregen	> 50 l/m ² in 24 Stunden
Extrem ergiebiger Dauerregen	> 80 l/m ² in 24 Stunden





10.2.2011

derschläge wird – im Gegensatz zur Temperatur – kein Trend projiziert: die Menge des Jahresniederschlages bleibt in etwa gleich, allerdings werden starke „multi-dekadische Schwankungen“ simuliert. Bezüglich der Schneetage wird festgestellt, dass es in topographisch niedrig gelegenen Regionen dazu kommen kann, dass die mittlere Anzahl der Schneetage abnimmt, bis hin zu einer Reduzierung auf nahe Null. Für extreme Ereignisse – in diesem Fall Starkniederschläge mit mehr

als 25 mm/Tag – wird projiziert, dass eine Zunahme nicht zu erwarten ist. Nach REMO kommt es in den Wintermonaten zu einer Verstärkung einer westlichen zonalen Anströmung und aus diesem Grund zu weniger Kaltlufteinbrüchen aus Skandinavien und Sibirien. „Die schwache westliche zonale Anströmung wechselt zum Ende des A1B Szenarios zu einer leicht meridionalen Anströmung von Norden, so dass verstärkt re-

Informationsdienst Wissenschaft

Pressemitteilung

Gefahren durch extreme Niederschläge werden ab 2040 deutlich zunehmen

Martin Ittershagen Pressestelle
Umweltbundesamt (UBA)

15.02.2011 12:31



Gemeinsame Presseinformation mit BBK, DWD und THW

Der Klimawandel schreitet weiter voran. Deutschland muss deshalb schon ab dem Jahr 2040 ganzjährig mit einer starken Zunahme extremer Niederschläge rechnen. Damit drohen bereits in drei Jahrzehnten deutlich mehr Schäden durch Überschwemmungen. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft müssen sich frühzeitig auf die wachsenden Gefahren durch Wetterextreme vorbereiten.

November 2010:

Vor Cancun - Aktueller Stand der Klimaforschung

In seinem Vortrag „Extremereignisse“ stellte Dr. Paul Becker, Vizepräsident des Deutschen Wetterdienstes (DWD) fest, dass in Deutschland in den letzten 50 Jahren eine klare Zunahme von heißen Sommertagen und Trockenperioden im Sommer beobachtet worden sei. Eine generelle Zunahme der Häufigkeit anderer Extremereignisse wie sehr hoher Starkniederschläge und Stürme könnte allerdings bisher nicht nachgewiesen werden.



erschläge wird – im Gegensatz zur Temperatur – kein Trend projiziert: die Menge des Jahresniederschlages bleibt in etwa gleich, allerdings werden starke „multi-dekadische Schwankungen“ simuliert. Bezüglich der Schneetage wird festgestellt, dass es in topographisch niedrig gelegenen Regionen dazu kommen kann, dass die mittlere Anzahl der Schneetage abnimmt, bis hin zu einer Kühlzerung auf nahe Null. ur extreme Ereignisse in diesem Fall Starkniederschläge mit mehr

25 mm/Tag

als 25 mm/Tag – wird projiziert, dass eine Zunahme nicht zu erwarten ist. Nach REMO kommt es in den Wintermonaten zu einer Verstärkung einer westlichen zonalen Anströmung und aus diesem Grund zu weniger Kaltlufteinbrüchen aus Skandinavien und Sibirien. „Die schwache westliche zonale Anströmung wechselt zum Ende des A1B Szenarios zu einer leicht meridionalen Anströmung von Norden, so dass verstärkt re-

Informationsdienst Wissenschaft

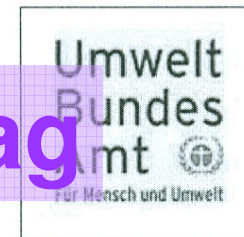
Pressemitteilung

Gefahren durch extreme Niederschläge werden ab 2040 deutlich zunehmen

Martin Ittershagen, Pressestelle
Umweltbundesamt (UBA)

15.02.2011 12:31

10-100 mm/Tag



Gemeinsame Presseinformation mit BBK, DWD und THW

Der Klimawandel schreitet weiter voran. Deutschland muss deshalb schon ab dem Jahr 2040 ganzjährig mit einer starken Zunahme extremer Niederschläge rechnen. Damit drohen bereits in drei Jahrzehnten deutlich mehr Schäden durch Überschwemmungen. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft müssen sich frühzeitig auf die wachsenden Gefahren durch Wetterextreme vorbereiten.

November 2010:

Vor Cancun - Aktueller Stand der Klimaforschung

In seinem Vortrag „Extremereignisse“ stellte Dr. Paul Becker, Vizepräsident des Deutschen Wetterdienstes (DWD) fest, dass in Deutschland in den letzten 50 Jahren eine klare Zunahme von heißen Sommertagen und Trockenperioden im Sommer beobachtet worden sei. Eine generelle Zunahme der Häufigkeit anderer Extremereignisse wie sehr hoher Starkniederschläge und Stürme könnte allerdings bisher nicht nachgewiesen werden.

60 mm/Tag

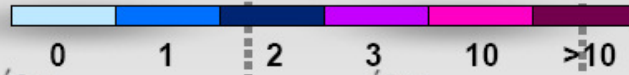
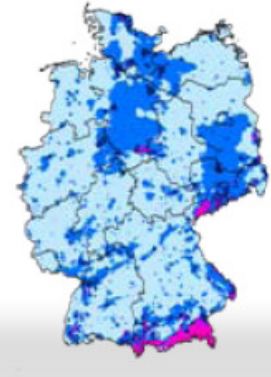
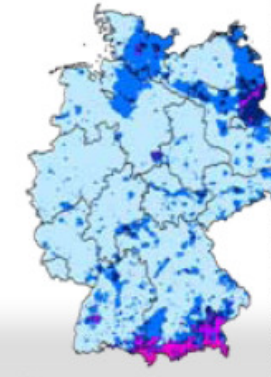
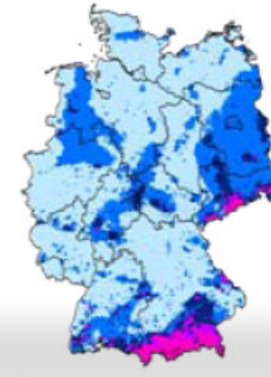
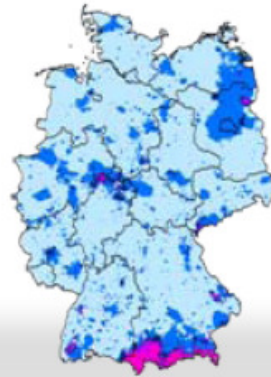
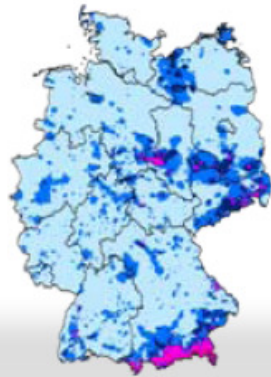
Starkniederschlag

Häufigkeit von Starkregen (mind. 60 mm/Tag)



Sommer

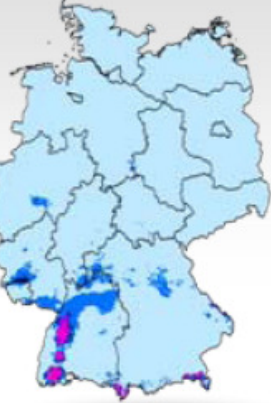
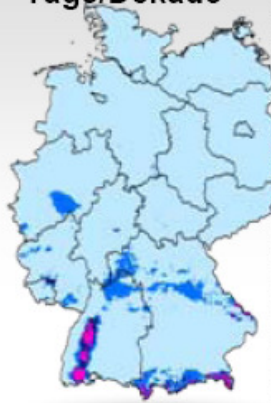
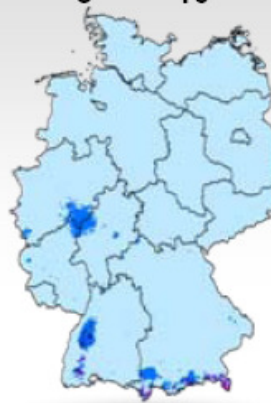
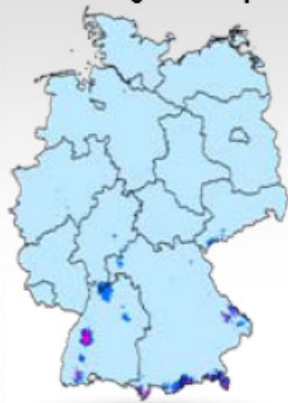
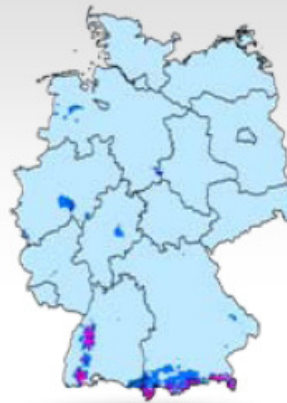
1955 - 1964 1965 - 1974 1975 - 1984 1985 - 1994 1995 - 2004



Tage/Dekade



Winter



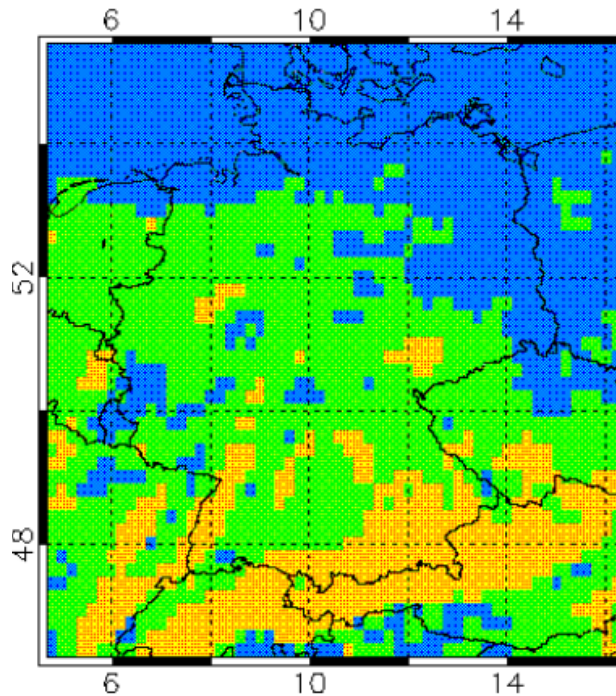
Quelle: DWD 2010



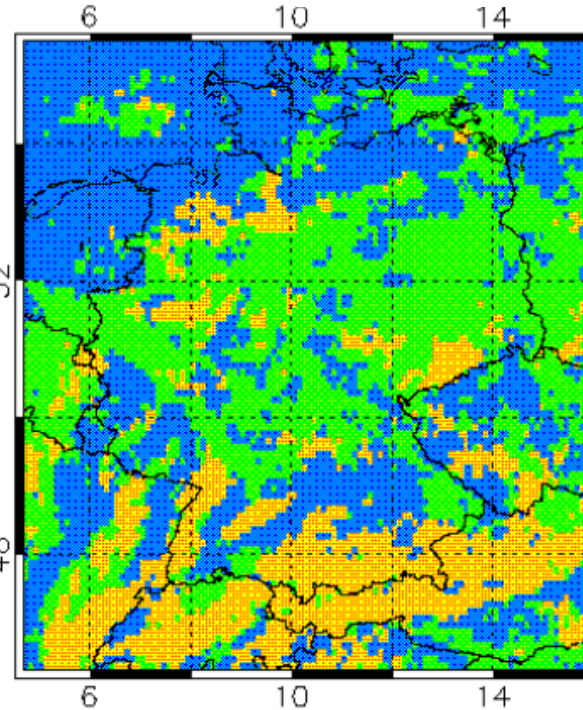
Veränderung der Extremniederschläge Im Winter bis 2100

Legende

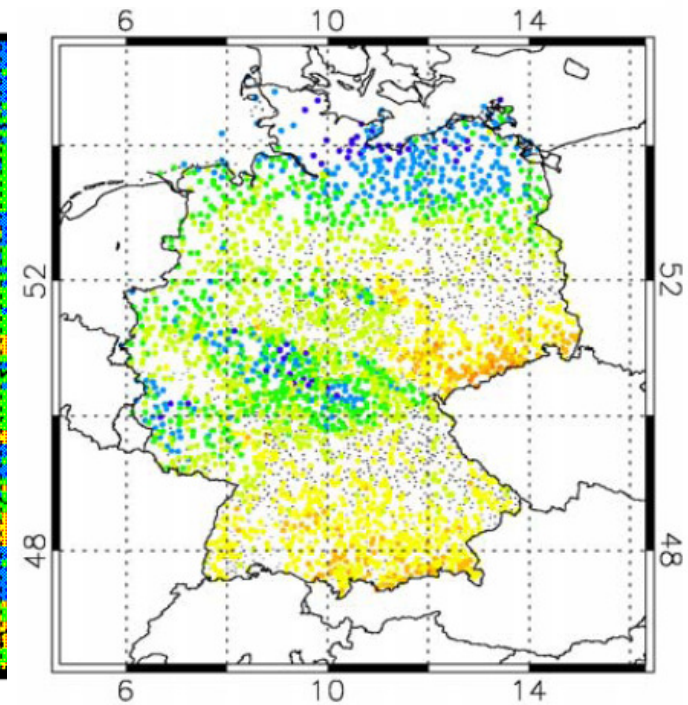
- Blaue Gebiete: deutliche Zunahme der Starkniederschlagshäufigkeit
- Grüne Gebiete: moderate Zunahme der Starkniederschlagshäufigkeit
- Gelbe Gebiete: konstante Starkniederschlagshäufigkeit oder Abnahme



CLM



REMO



WETTREG

Auszüge aus der Rede von VP DWD Becker

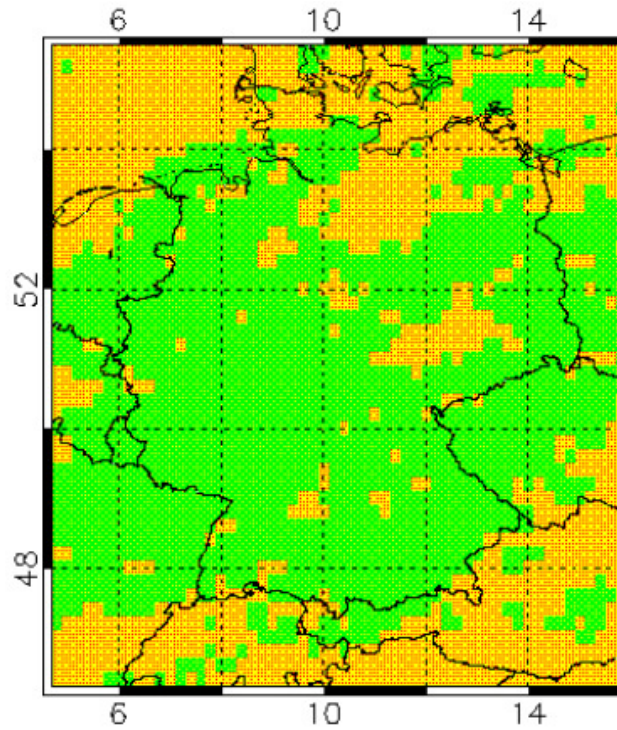
In Deutschland wird es ab 2040 im Winter deutlich mehr Starkniederschläge geben

Beim Vergleich der betrachteten regionalen Klimamodelle zeigt sich, dass ein Modell WETTREG im Winter einen insgesamt geringeren Zuwachs der mittleren und extremen Niederschläge projiziert

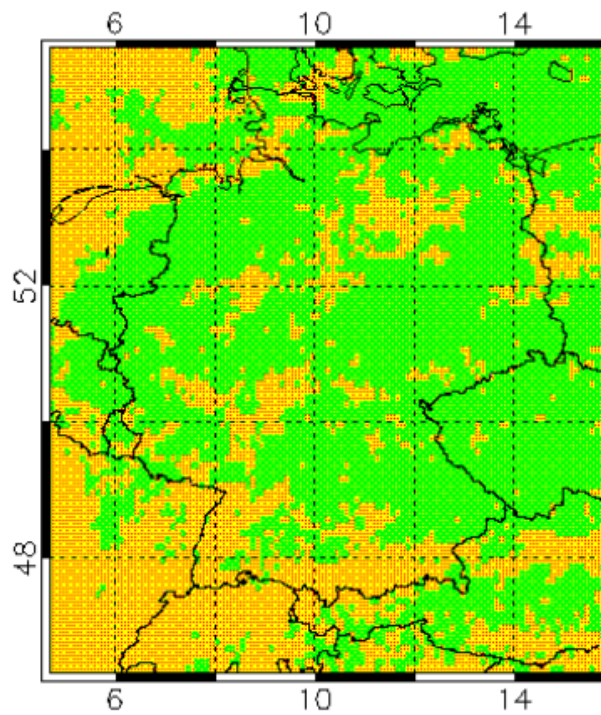
Veränderung der Extremniederschläge Im Sommer bis 2100

Legende

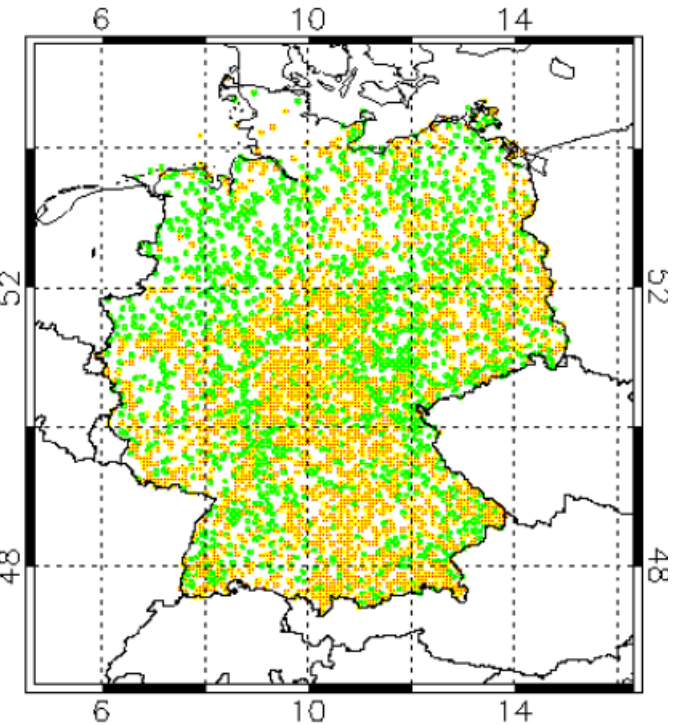
- Blaue Gebiete: deutliche Zunahme der Starkniederschlagshäufigkeit
- Grüne Gebiete: moderate Zunahme der Starkniederschlagshäufigkeit
- Gelbe Gebiete: konstante Starkniederschlagshäufigkeit oder Abnahme



CLM



REMO



WETTREG

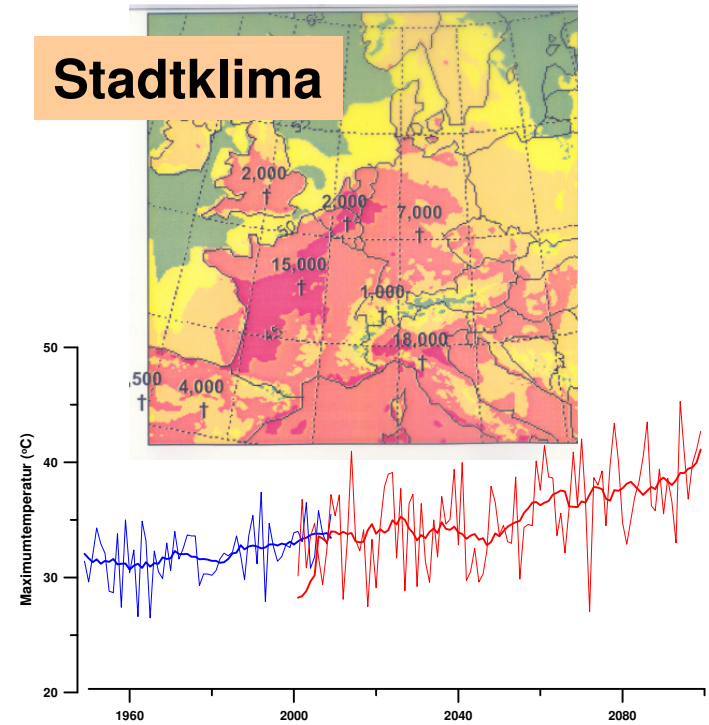
Luftqualität



Landwirtschaft

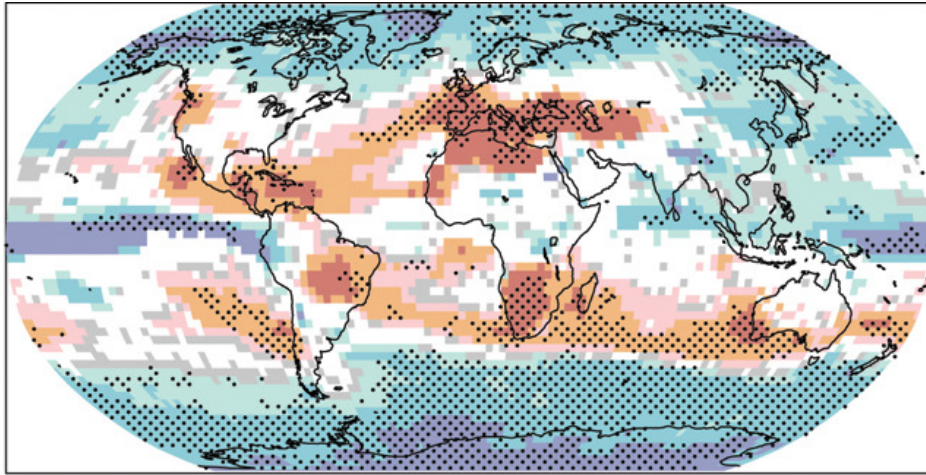


Stadtklima



Katastrophenschutz





weiß; weniger als 66% der Modelle stimmen beim Vorzeichen überein, gepunktet: 90% der Modelle stimmen beim Vorzeichen

Multi-Model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming

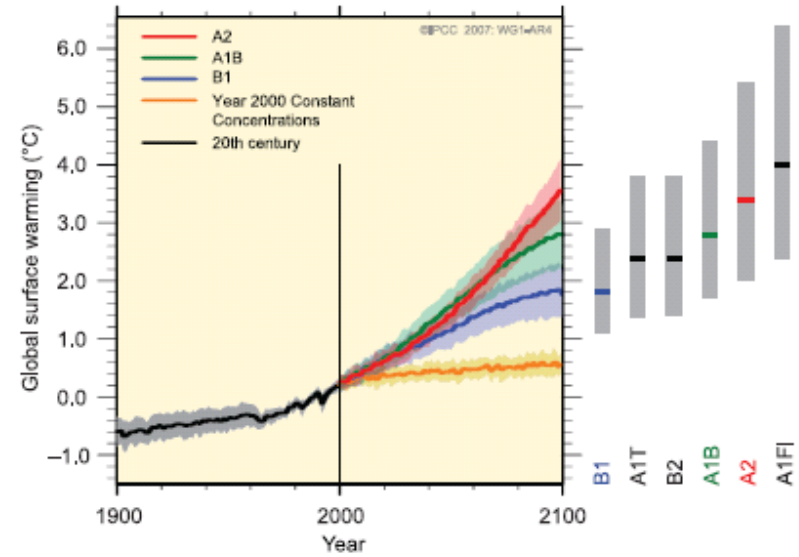
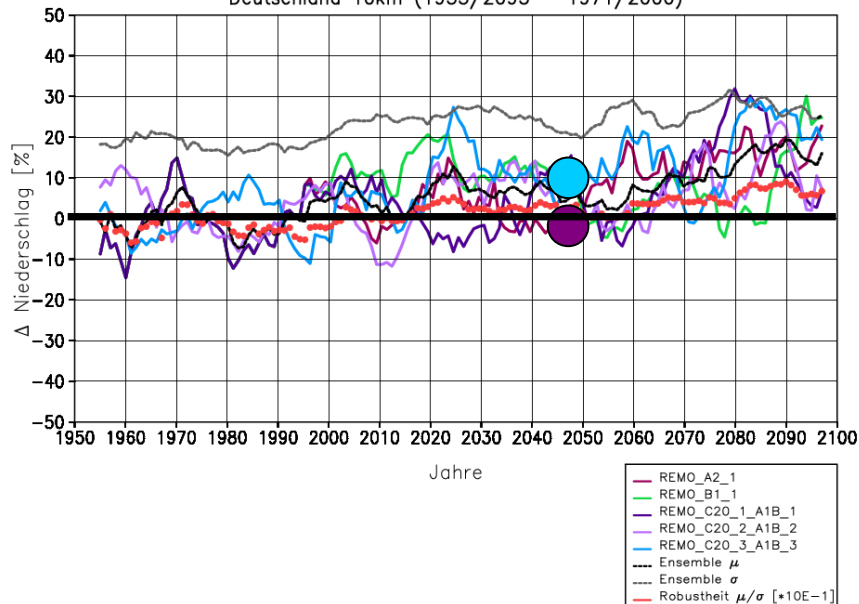
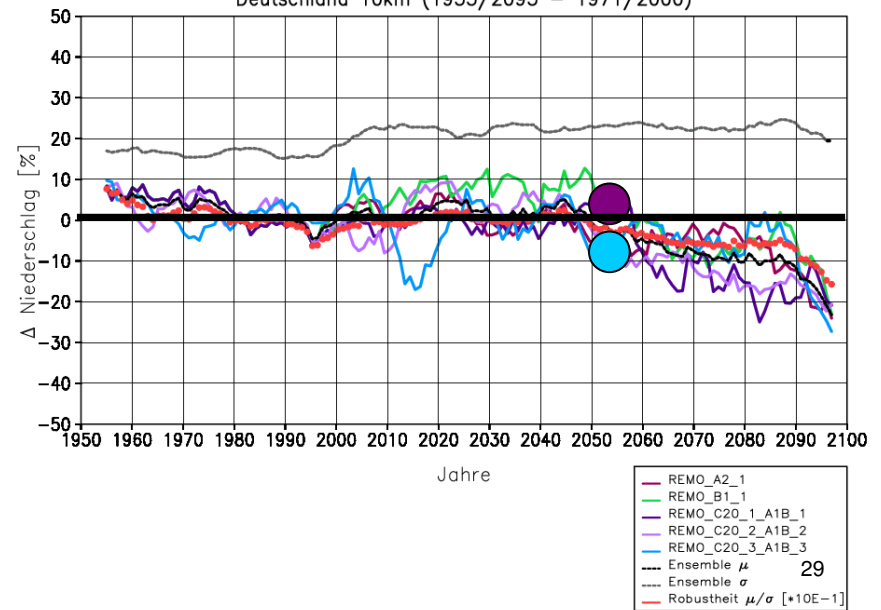


Figure 8PM.6. Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980–1999) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. Shading denotes the ± 1 standard deviation range of individual model annual averages. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The gray bars at right indicate the best estimate (solid line within each bar) and the likely range assessed for the six SRES marker scenarios. The assessment of the best estimate and likely ranges in the gray bars includes the AOGCMs in the left part of the figure, as well as results from a hierarchy of independent models and observational constraints. (Figures 10.4 and 10.20)

Winter Niederschlagsänderung [%] im 10 Jahresmittel
Deutschland 10km (1955/2095 – 1971/2000)



Sommer Niederschlagsänderung [%] im 10 Jahresmittel
Deutschland 10km (1955/2095 – 1971/2000)



Zusammenfassung

- Die Begriffe wie **Klima** und **Klimawandel** bedürfen einer genauen Definition
- Änderungen der verschiedenen meteorologischen Variablen sind auch in der **Niedersachsen** und in der **Metropolregion** zu erwarten
- Temperatur und **Temperaturextreme** werden zunehmen (**Betrag und Dauer**)
- Eine **saisonale Verschiebung der Niederschläge** ist zu erwarten (Sommer → Winter).
- Klimamodelle (global, regional, lokal) haben spezifische **Unsicherheiten**, sind aber auch die einzige Informationsquelle

Köppen-Geiger Klimaklassifikation

z.B. **C f b** (Hannover)

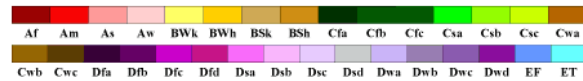
Jahresmittel der T

Jahresgang der T

Niederschlag

World Map of Köppen-Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASCLimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



Main climates

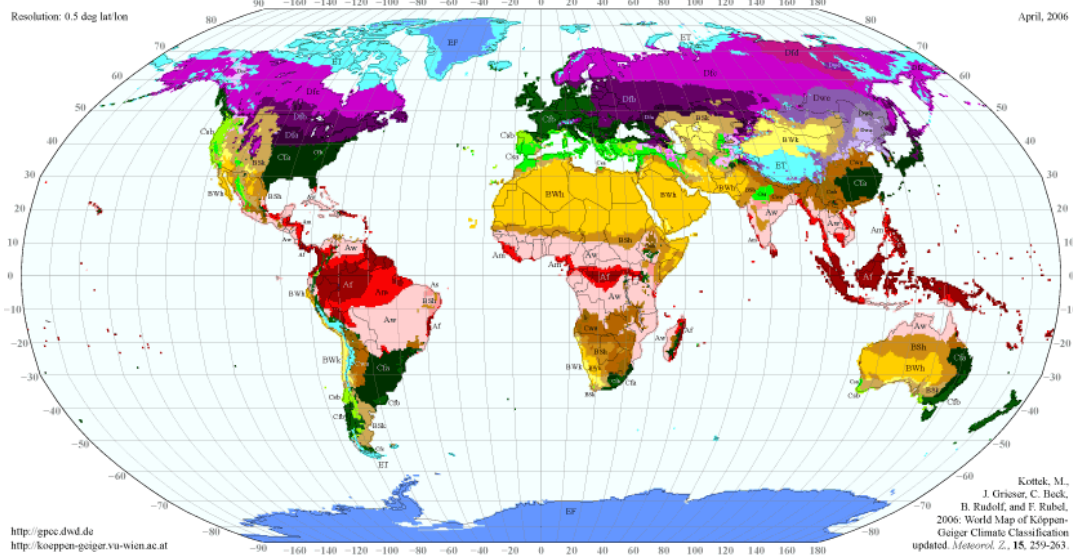
A: equatorial
 B: arid
 C: warm temperate
 D: snow
 E: polar

Precipitation

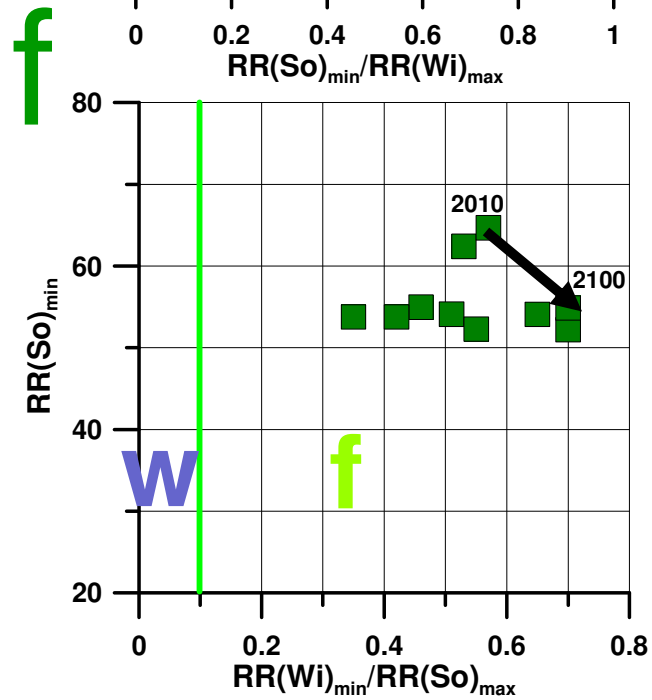
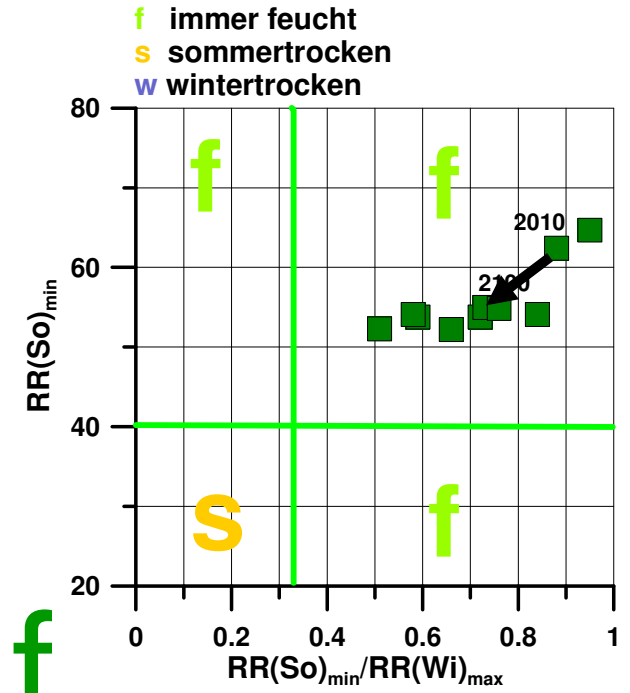
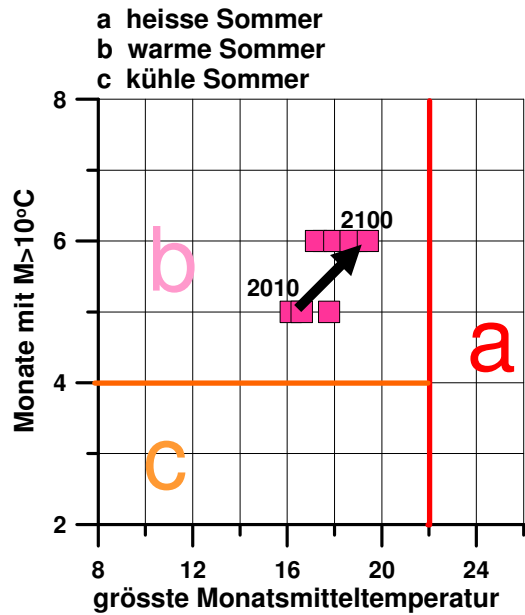
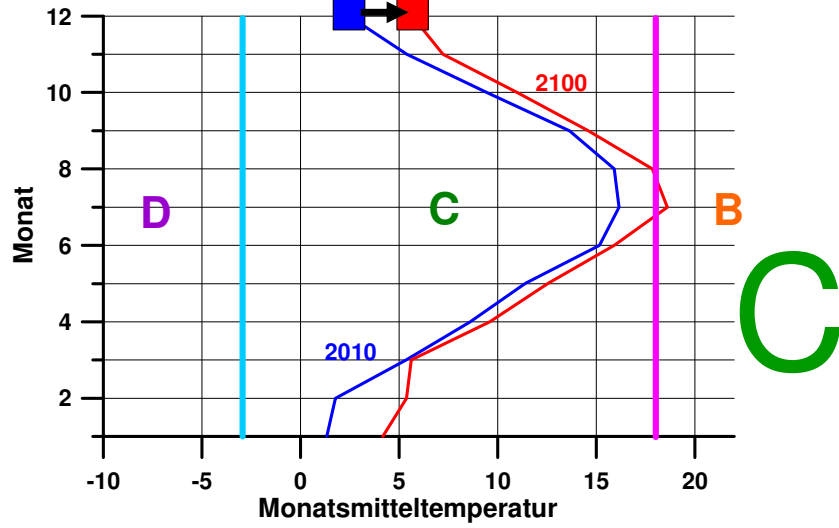
W: desert
 S: steppe
 f: fully humid
 s: summer dry
 w: winter dry
 m: monsoonal

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

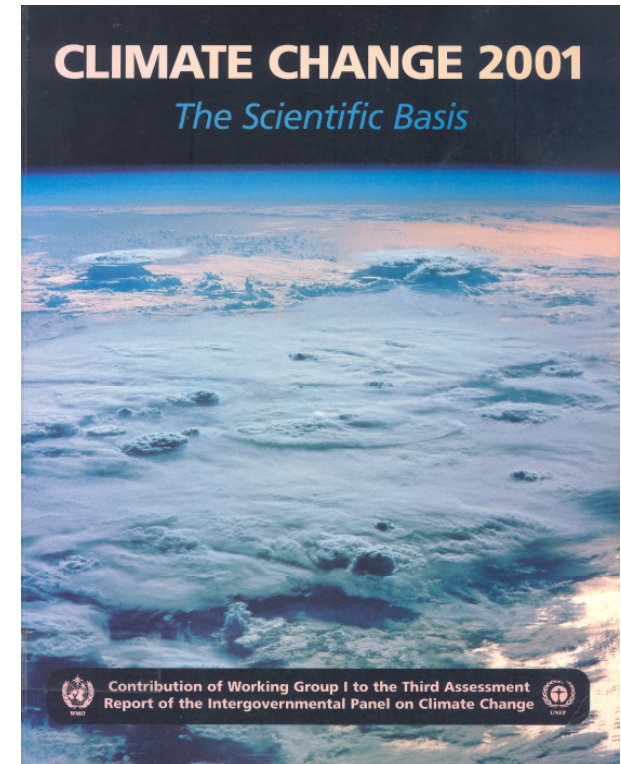
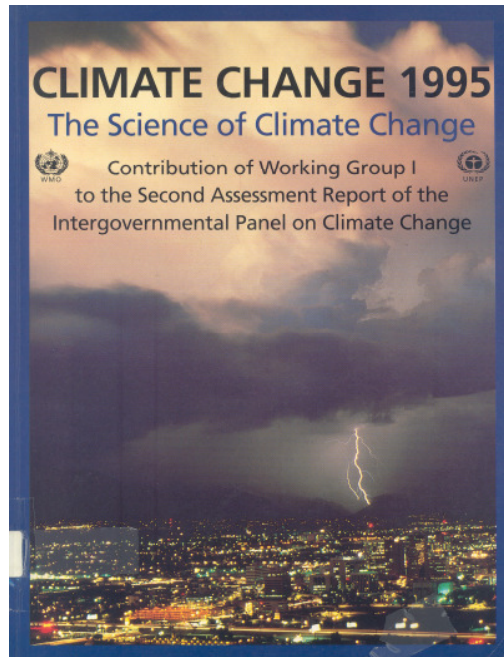
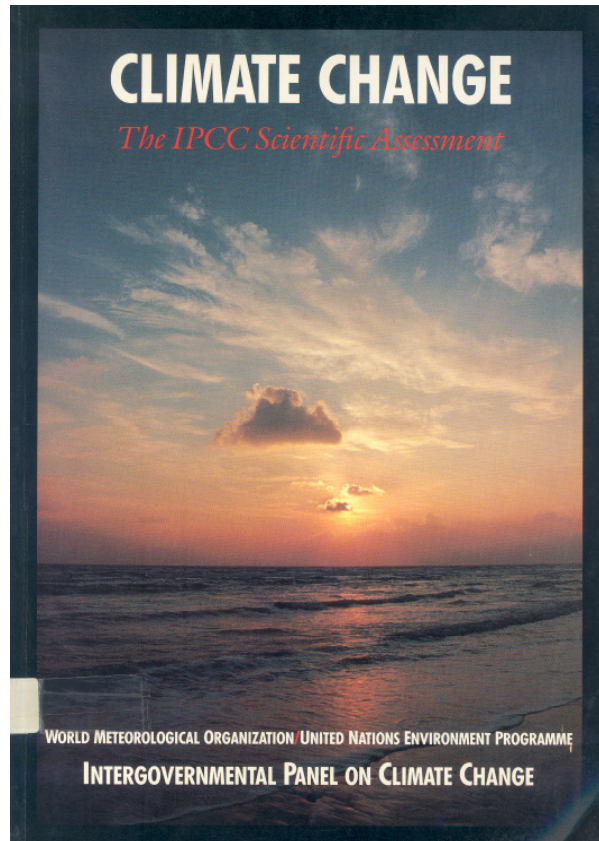
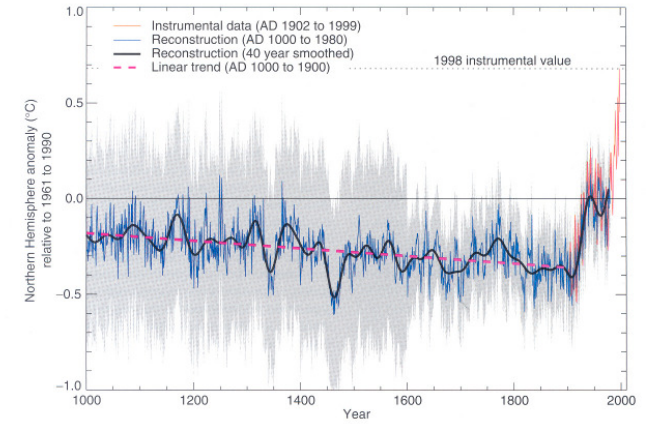
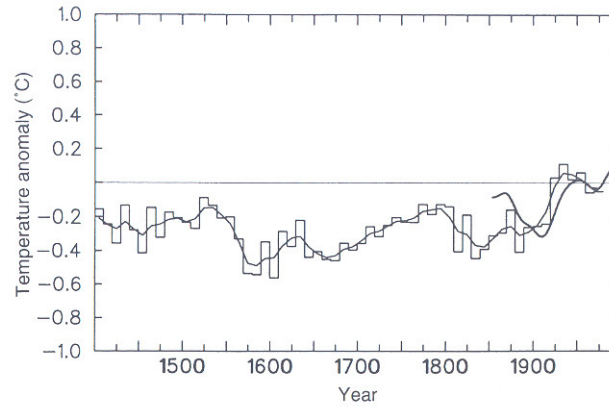
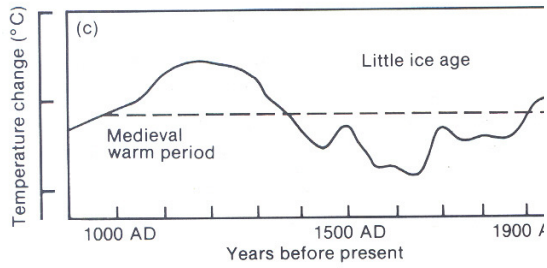


M = Monatsmitteltemperatur
B-Klima: alle M > 18°C
C-Klima: -3°C < M_{min} < 18°C
D-Klima: M_{min} < -3°C und M_{max} > 10°C



C

b



Starkregen (Starkniederschlag)

Starkregen ist definiert als Niederschlag hoher Dichte pro Zeiteinheit. Nach einer Richtlinie des DWD ist Starkregen im Bundesgebiet wie folgt definiert:

Niederschlag > 5 mm/5 min.

Niederschlag > 7,1 mm/10 min.

Niederschlag > 10 mm/20 min.

Niederschlag > 17,1 mm/60 min.

Warnkriterien für Unwetterwarnungen des DWD

Starkregen > 25 l/m² in 1 Stunde

heftiger Starkregen > 35 l/m² in 6 Stunden

Ergiebiger Dauerregen > 40 l/m² in 12 Stunden

> 50 l/m² in 24 Stunden

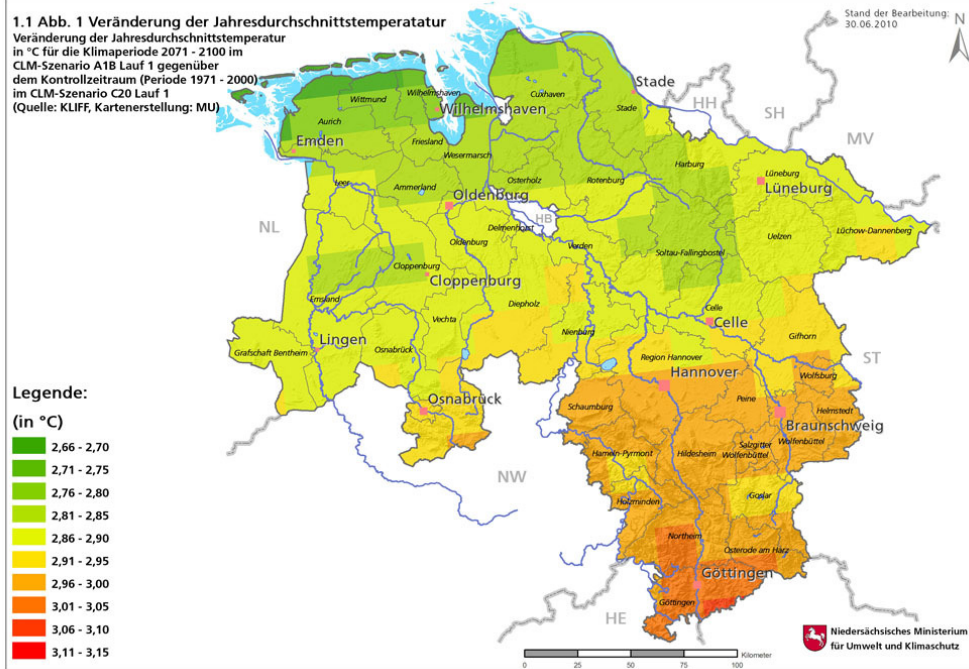
> 60 l/m² in 48 Stunden

Extrem ergiebiger Dauerregen > 70 l/m² in 12 Stunden

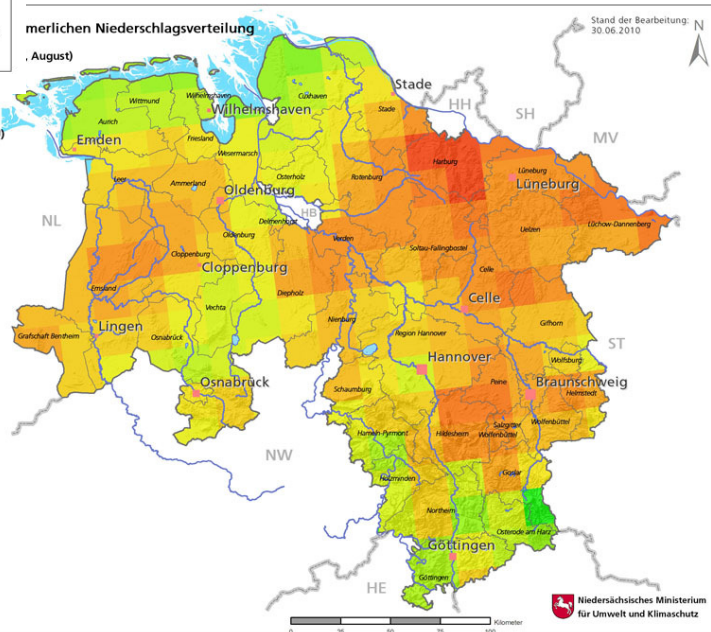
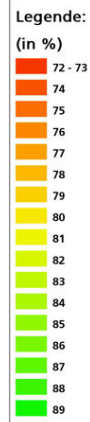
> 80 l/m² in 24 Stunden

> 90 l/m² in 48 Stunden

1.1 Abb. 1 Veränderung der Jahresdurchschnittstemperatur
 Veränderung der Jahresdurchschnittstemperatur
 in °C für die Klimaperiode 2071 - 2100 im
 CLM-Szenario A1B Lauf 1 gegenüber
 dem Kontrollzeitraum (Periode 1971 - 2000)
 im CLM-Szenario C20 Lauf 1
 (Quelle: KLIF, Kartenerstellung: MU)



Veränderung der jährlichen
 Niederschlagsverteilung
 im CLM-Szenario C20 Lauf 1.
 (Quelle: KLIF, Kartenerstellung: MU)



Klimaänderung, Prognosen, Unsicherheiten

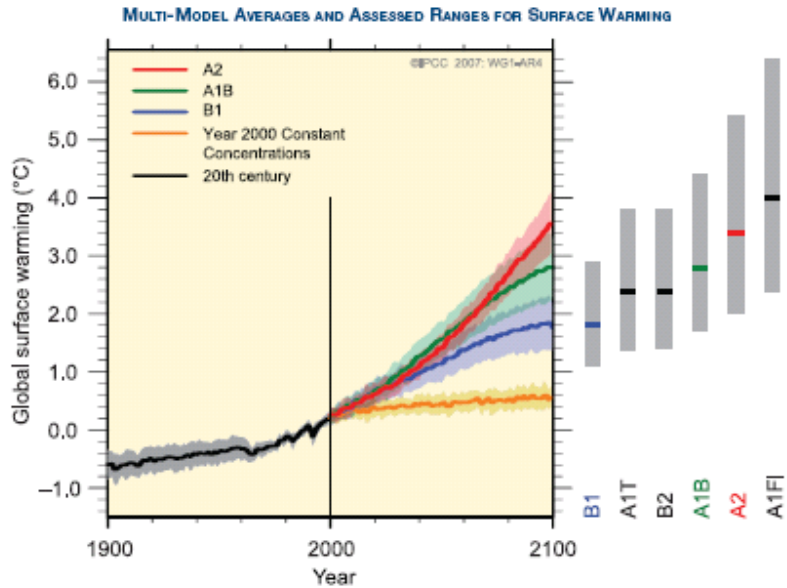
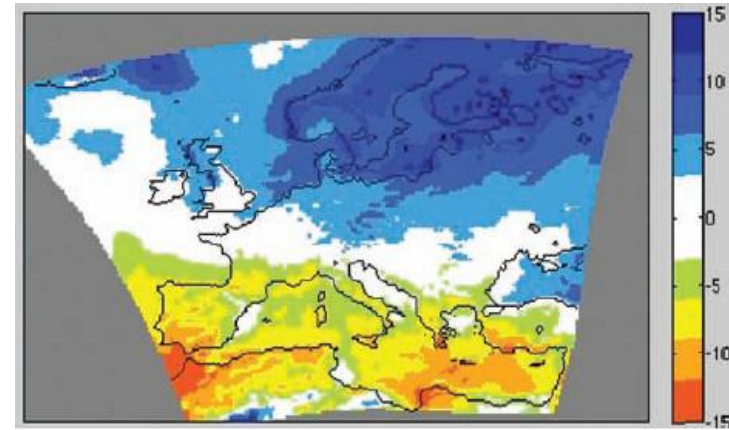


Figure SPML5. Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980–1999) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. Shading denotes the ± 1 standard deviation range of individual model annual averages. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The gray bars at right indicate the best estimate (solid line within each bar) and the likely range assessed for the six BRES marker scenarios. The assessment of the best estimate and likely ranges in the gray bars includes the AOGCMs in the left part of the figure, as well as results from a hierarchy of independent models and observational constraints. (Figures 10.4 and 10.20)

Mittlere Änderung Niederschlag



Anzahl der Modelle, die eine Zunahme von RR prognostizieren

