

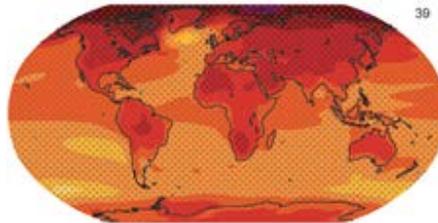
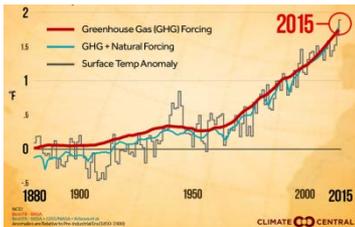


POTSDAM-INSTITUT FÜR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

Prof. Dr. Manfred Stock

Forschungsbereich Klimawirkungen

Mit Vollgas in den Klimawandel? Risiken, Konsequenzen und mögliche Maßnahmen



Ringvorlesung Technikjournalismus/Technik-PR
Technische Hochschule Nürnberg, 11. Januar 2016

Mit Vollgas in den Klimawandel?

I. Physikalische Grundlagen

1. Daten und Fakten zum aktuellen Klimawandel
2. Mögliche zukünftige Entwicklungspfade des Klimas

II. Mögliche Risiken und Auswirkungen

1. Naturräumliche Ursachen und Wirkungsmechanismen
Beispiele: Hochwasser und Hitze-/Dürreperioden
2. Quantitative und qualitative Unterschiede zwischen 1.5-Grad-, 2-Grad-, 4-Grad- oder gar 8-Grad-Welten

III. Mögliche Konsequenzen und Maßnahmen

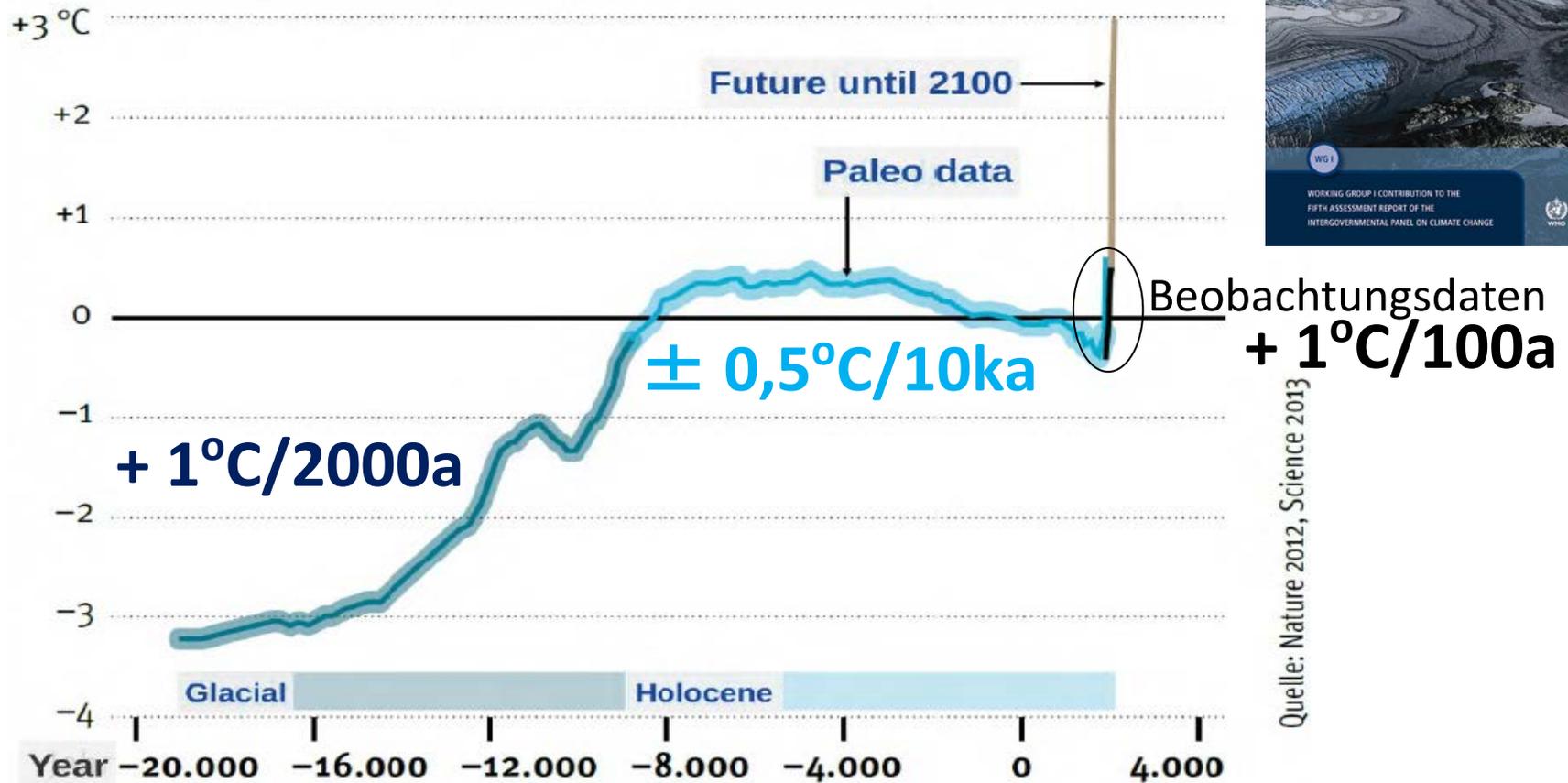
1. Dekarbonisierung & 2. Anpassung an die Klimafolgen

IV. Fazit

Die Ergebnisse des Weltklimarats (IPCC) 2013/14

Der fünfte Sachstandsbericht (AR5) hat die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum derzeitigen Klimawandel mit vielen zusätzlichen Daten und Analysen erweitert und weiter konkretisiert:

1. Die Globale Erwärmung ist eindeutig und außergewöhnlich



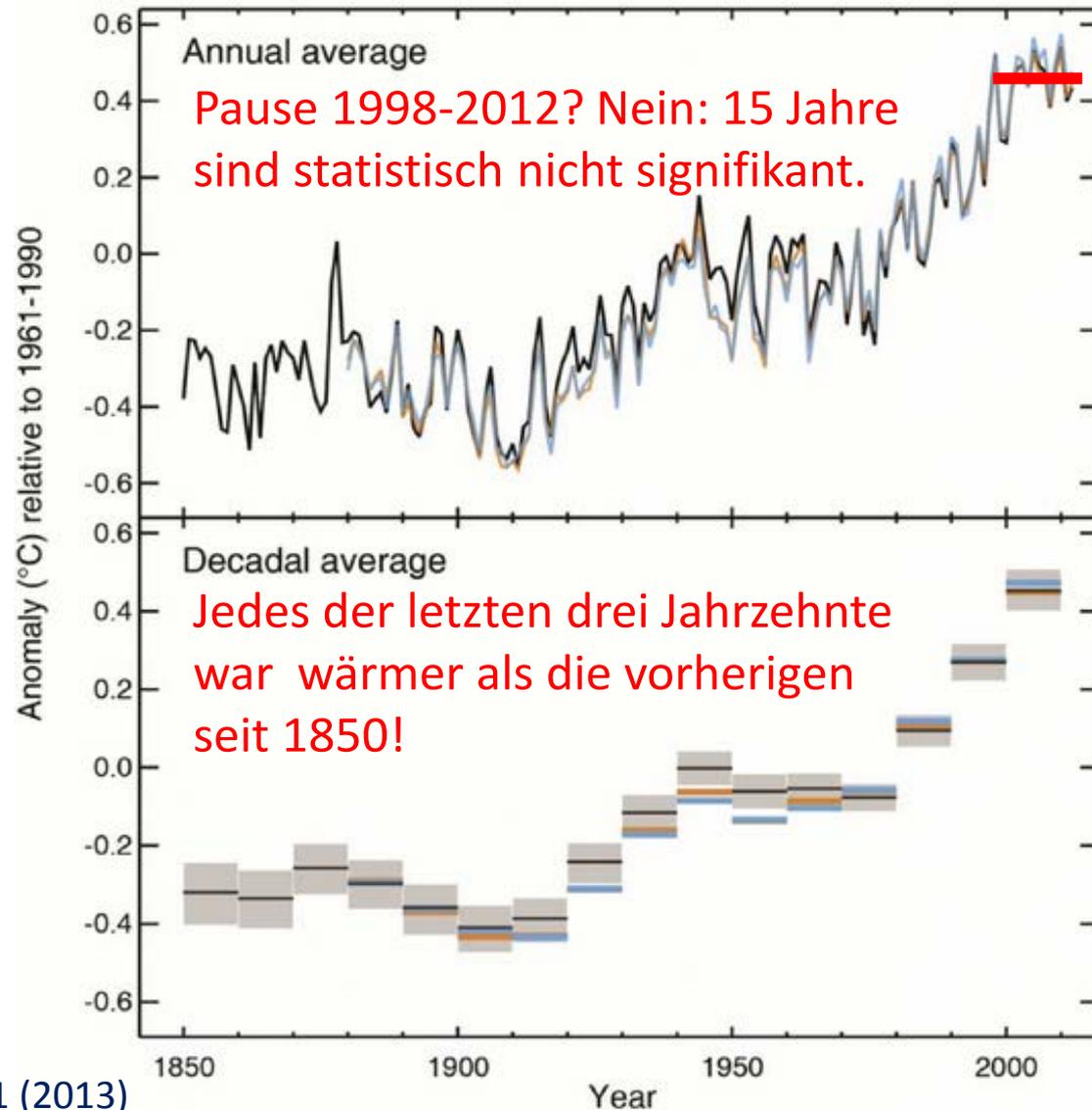
Quelle: Nature 2012, Science 2013

Die Globale Erwärmung ist eindeutig

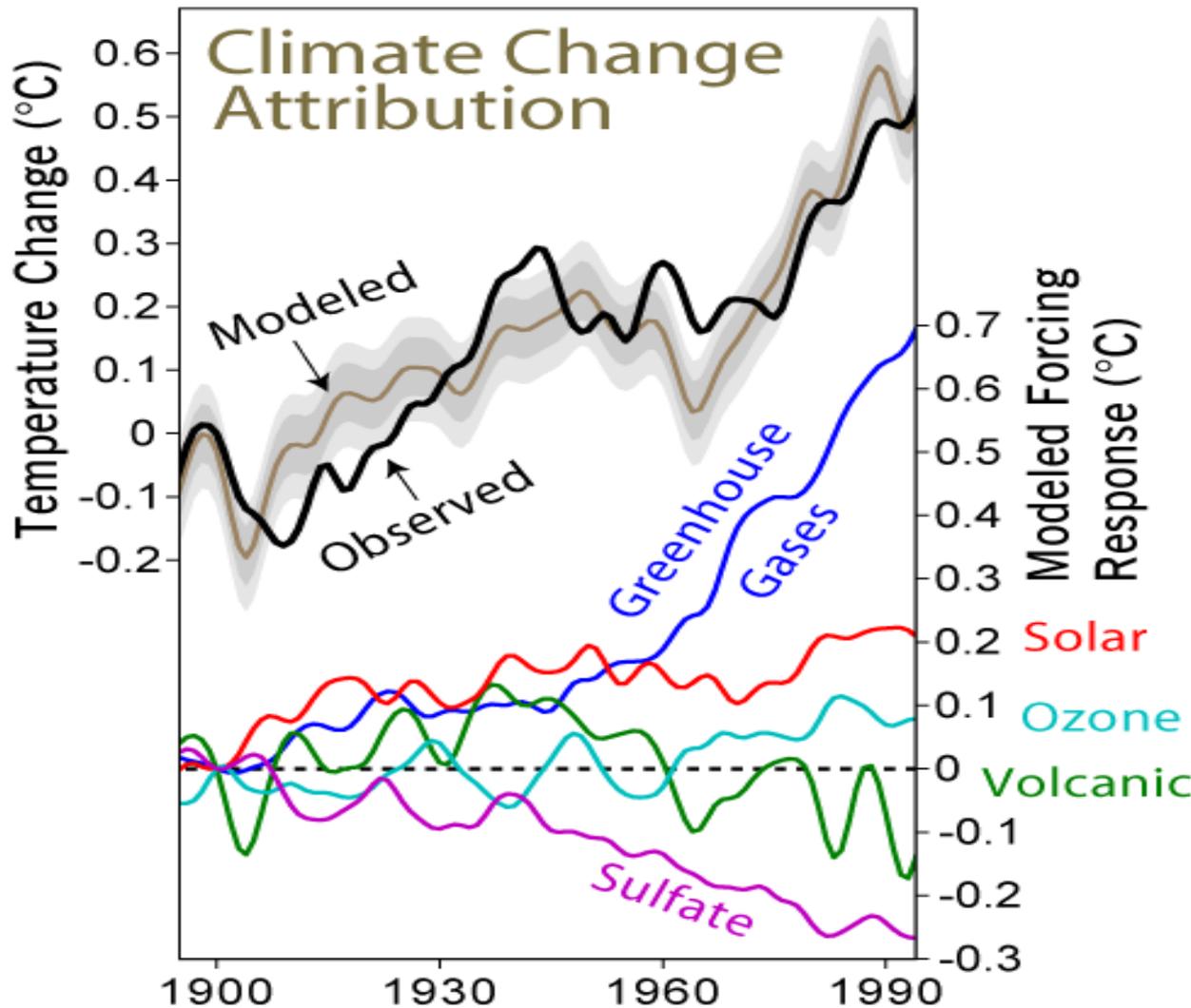
Bild: Veränderung der globalen Oberflächen-Temperaturen von Land und Ozean, 1850-2012.

Die globale Erwärmung ist

- seit den 1970ern eindeutig
- gegenüber früheren Klimaänderungen vor tausenden von Jahren unvergleichlich stark
- verbunden mit sehr vielen beobachteten Veränderungen



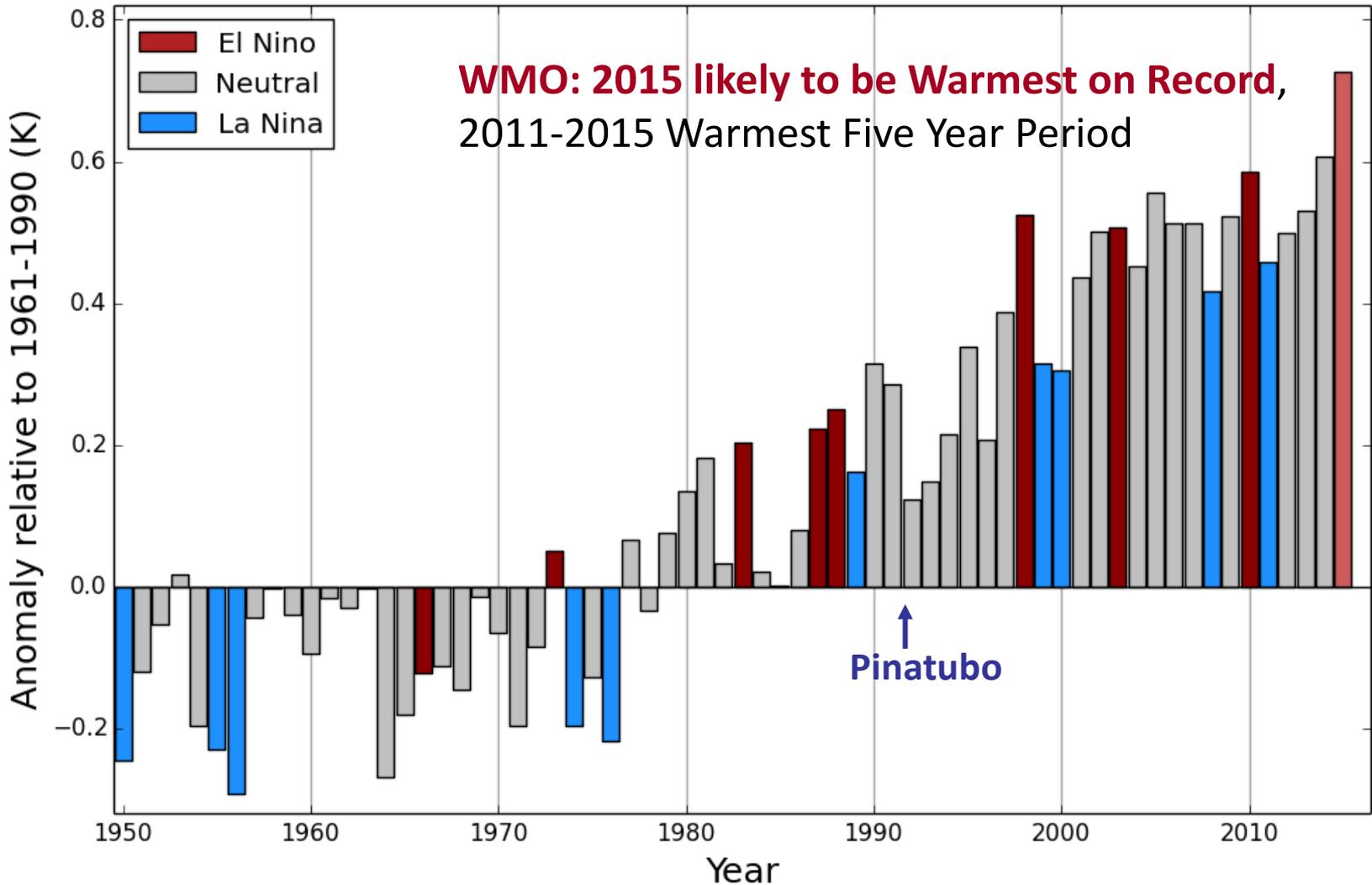
Woher kommt die Abkühlung in der Jahrhundertmitte?



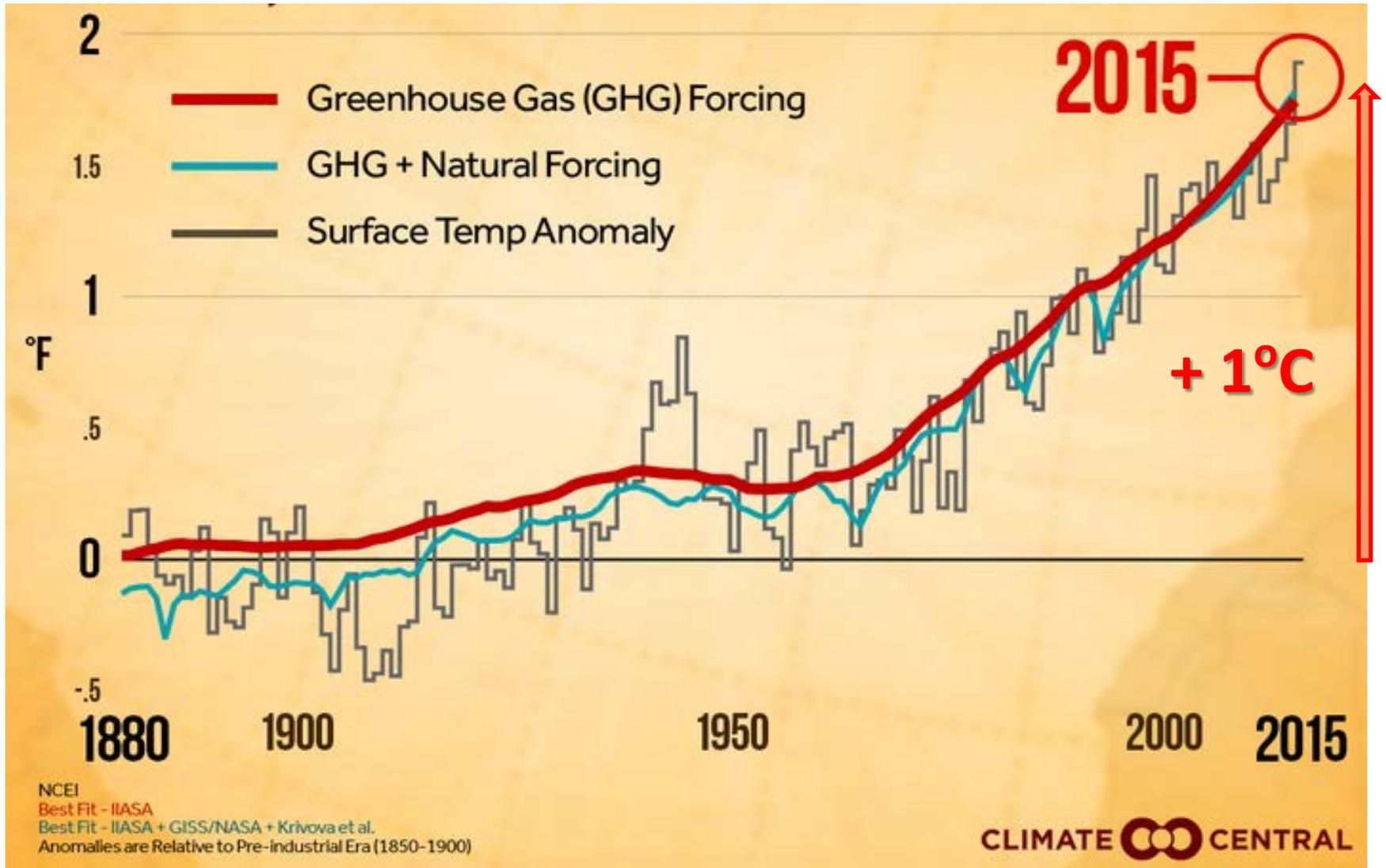
- Der CO₂-Effekt wird zeitweise durch andere gegenläufige Effekte überdeckt:
- **Abschwächung der Sonneneinstrahlung**
 - **Vulkanische Aerosole und Staub**
 - **Anthropogene Aerosole**

<http://grist.org/article/what-about-mid-century-cooling/>

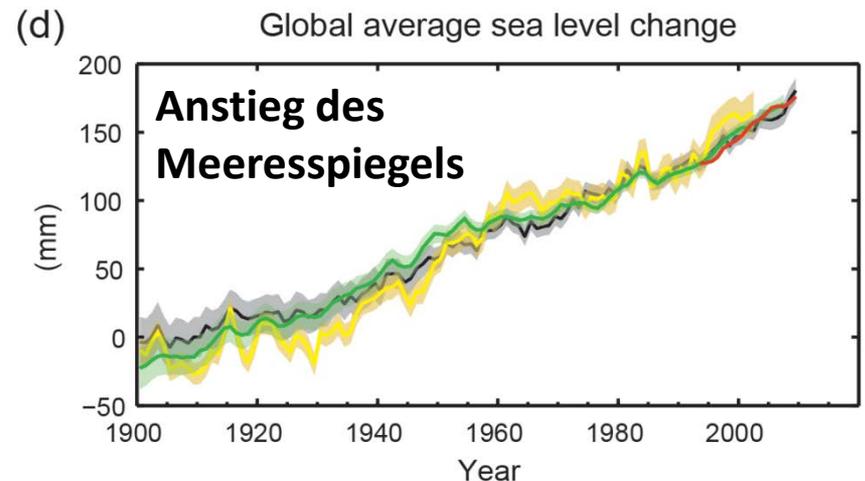
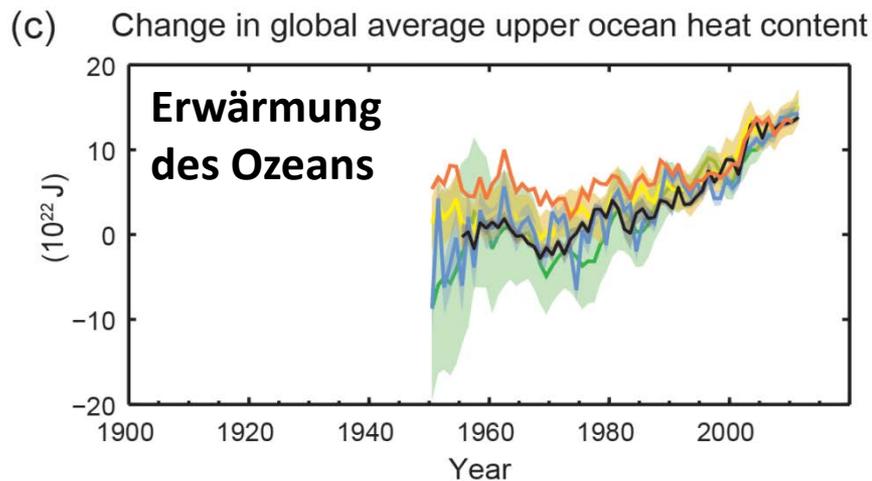
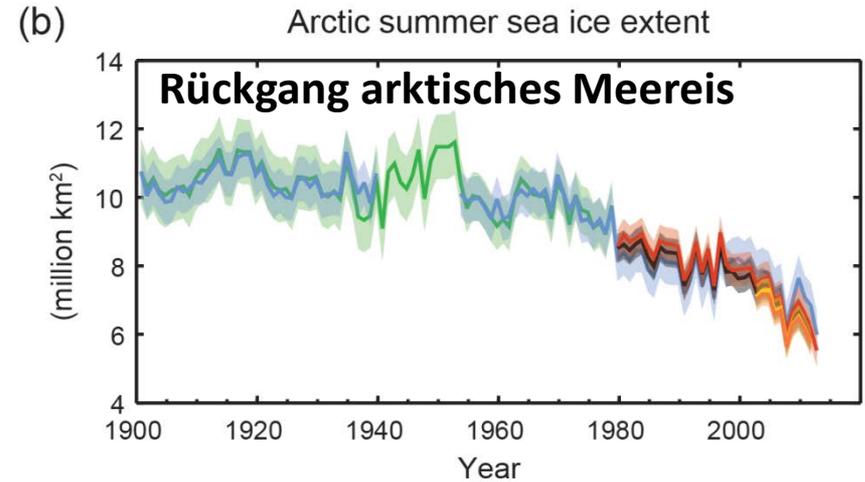
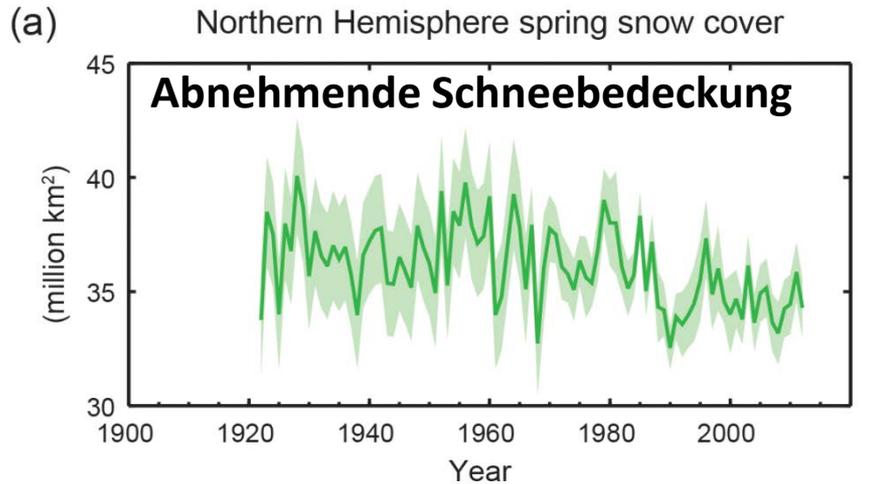
Abweichungen der mittleren Erdoberflächentemperaturen



2015: das bisher wärmste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn



Viele Indikatoren zeigen Veränderungen durch die Erwärmung

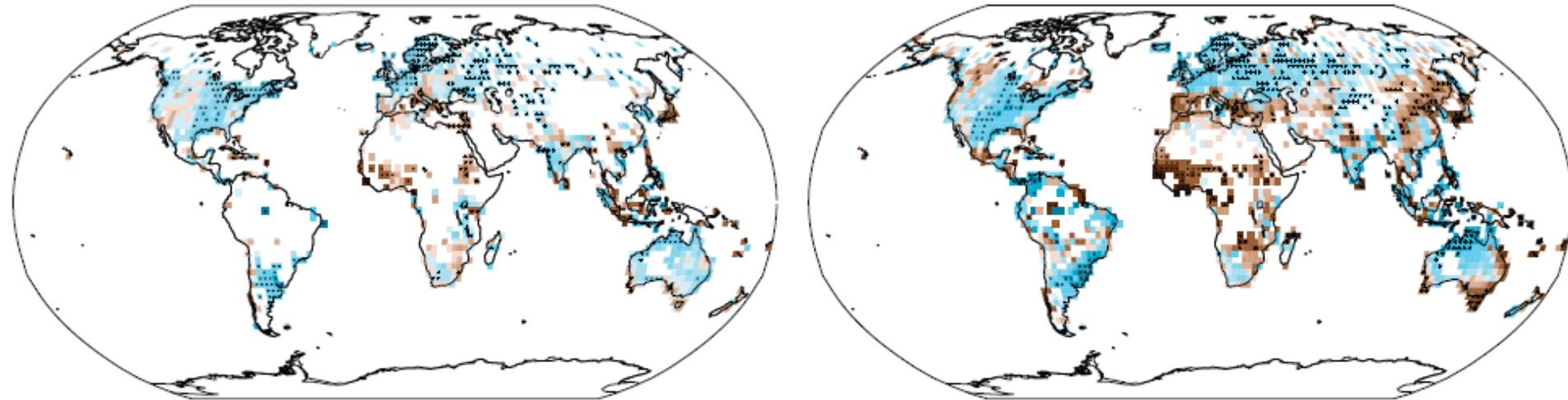


Beobachtete Veränderungen der Niederschläge

- Die Unterschiede zwischen feuchten und trockenen Regionen haben sich verstärkt

1901–2010

1951–2010



-100

-50

-25

-10

-5

-2.5

0

2.5

5

10

25

50

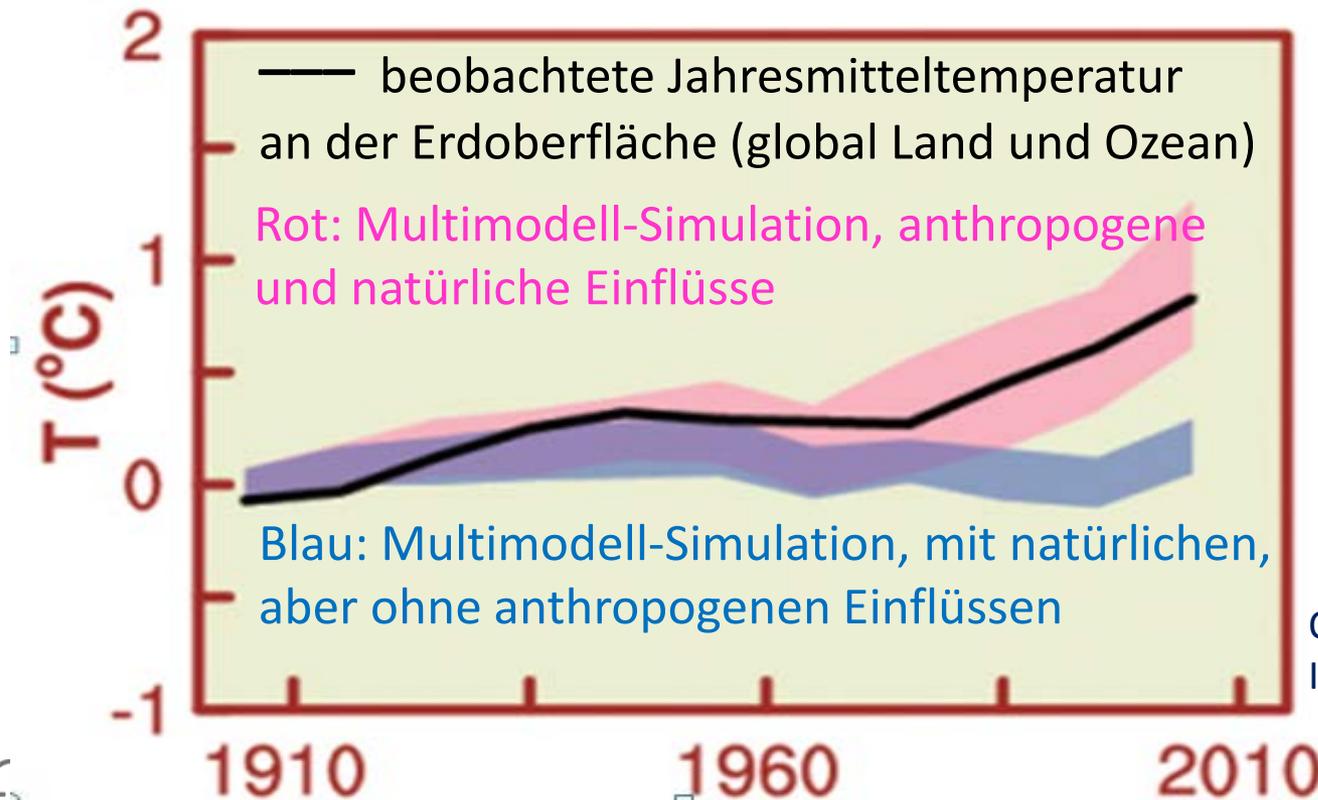
100

(mm yr⁻¹ per decade)

Die Ergebnisse des Weltklimarats (IPCC) 2013/14

Der fünfte Sachstandsbericht (AR5) hat die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum derzeitigen Klimawandel mit vielen zusätzlichen Daten und Analysen erweitert und weiter konkretisiert:

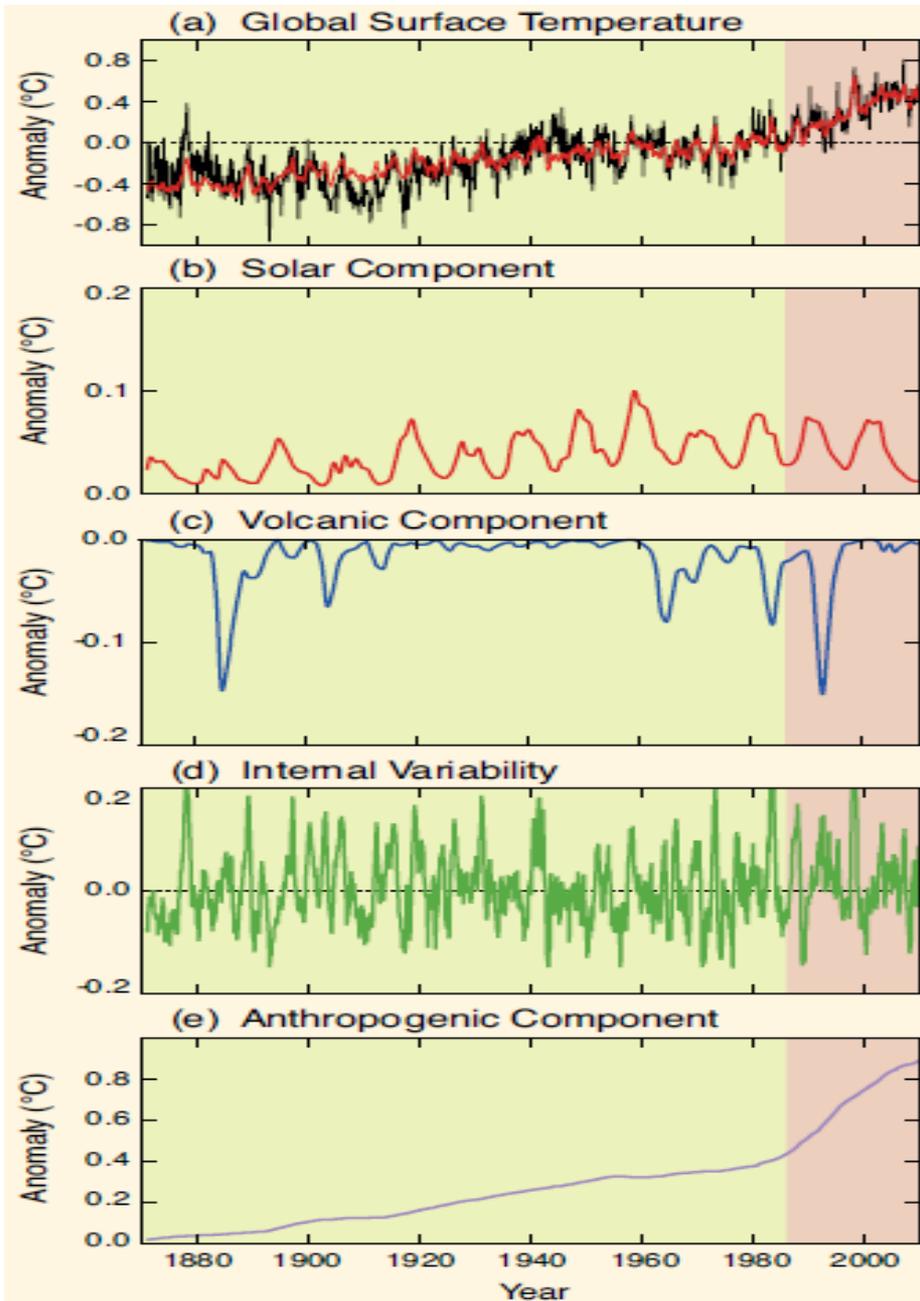
1. Die Globale Erwärmung ist eindeutig und außergewöhnlich
2. Anthropogene Emissionen sind eine wesentliche Ursache



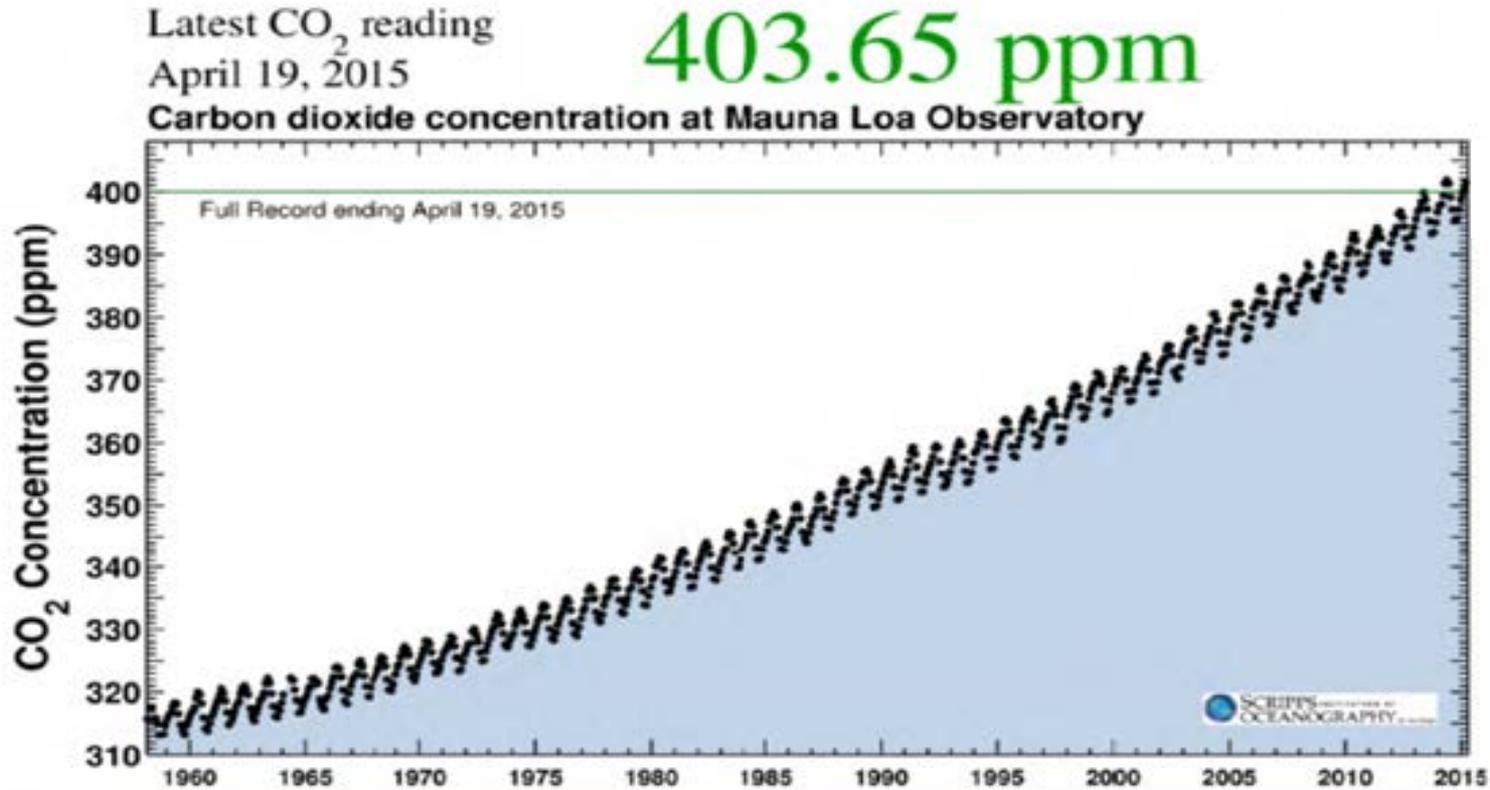
Quelle:
IPCC-AR5-WG1 (2013)

Separation verschiedener Klimafaktoren mit Hilfe von Modellsimulationen

- (a) **Globale Temperaturänderung**
schwarz: Beobachtung (1870-2010)
rot: Simulation mit Klimamodellen
mit folgenden Einflussfaktoren:
- (b) natürliche Sonneneinstrahlung
- (c) natürliche vulkanische Aktivitäten
- (d) natürliche interne Variabilität,
El Niño Southern Oscillation (ENSO)
- (e) anthropogene Emissionen an CO₂
sowie anderen Treibhausgasen
und Aerosolen



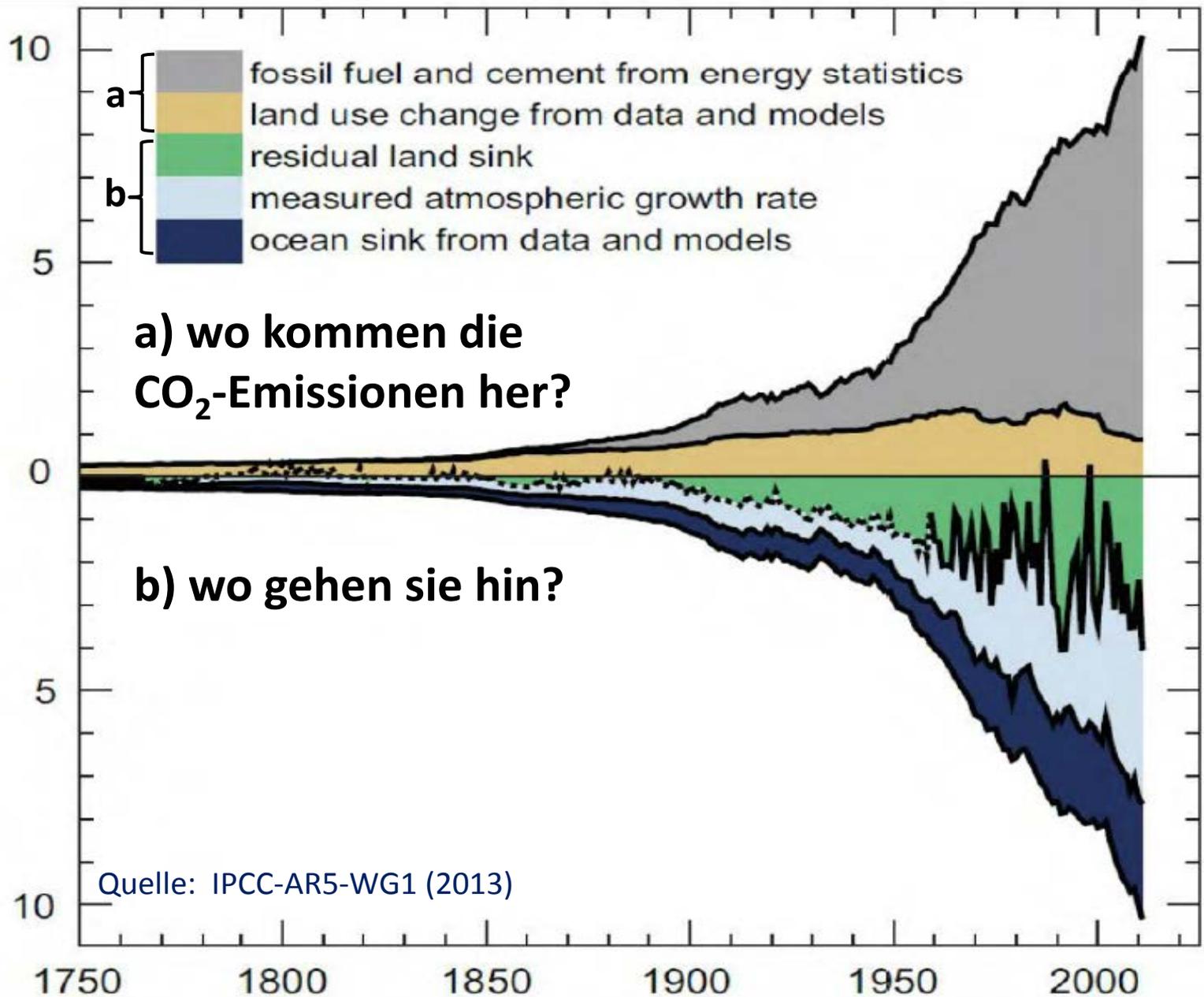
Die „Keeling“ Kurve zeigt den CO₂-Anstieg



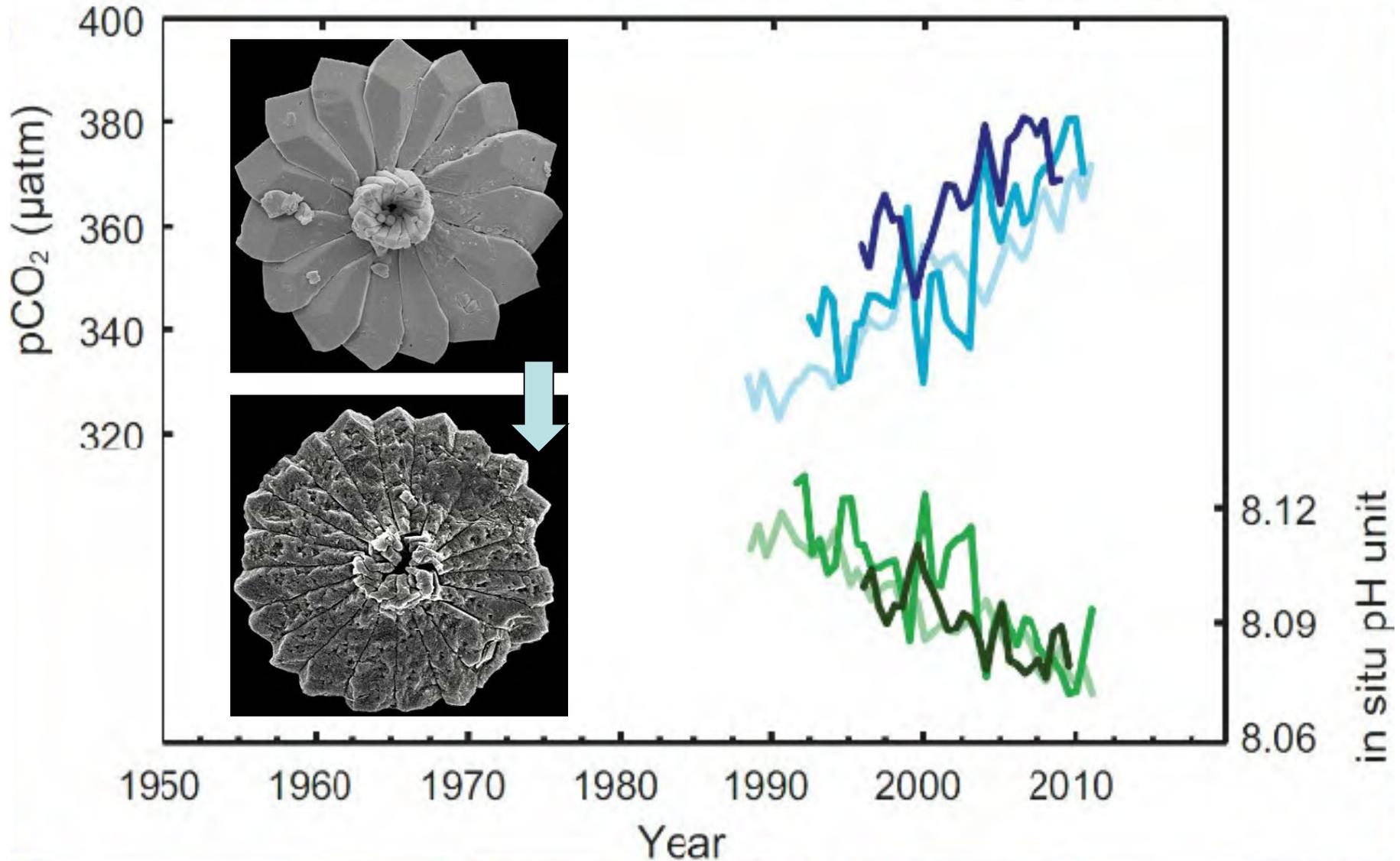
+ 2 W/m²



Annual anthropogenic CO₂ emissions
and partitioning (PgC yr⁻¹)



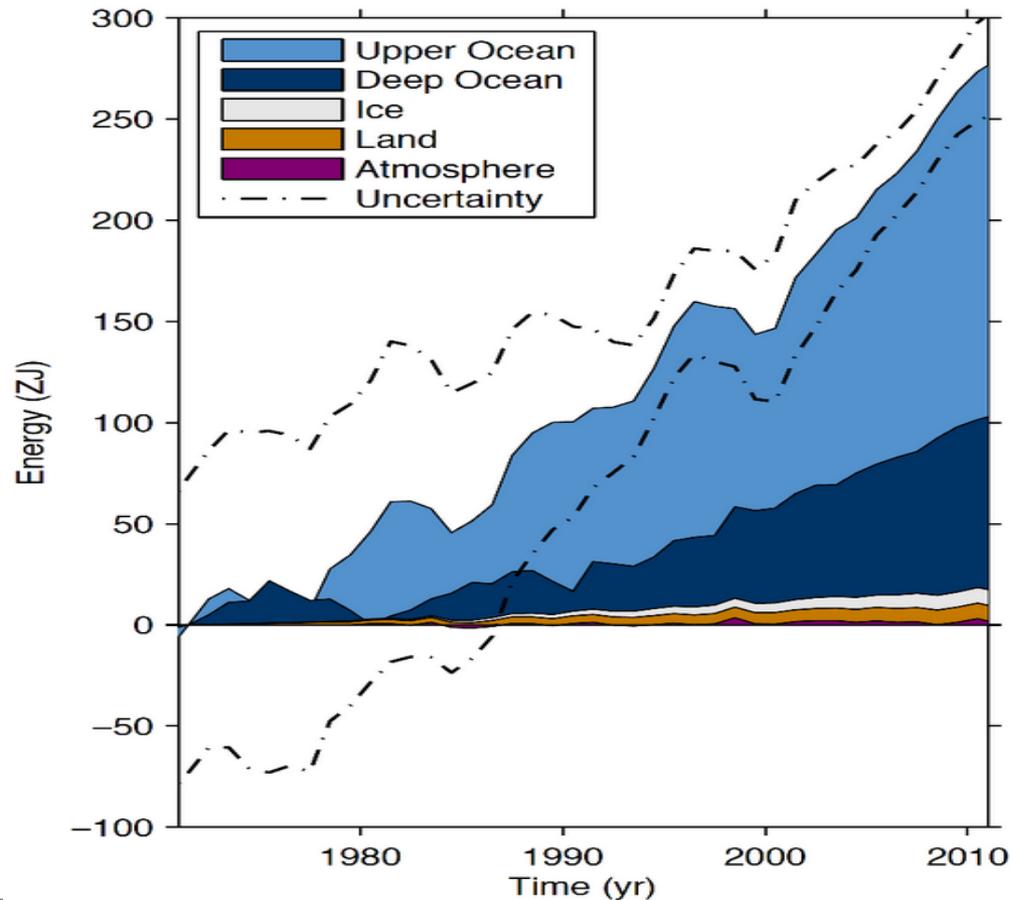
Versauerung der Meere



Quelle: IPCC-AR5-WG1 (2013)

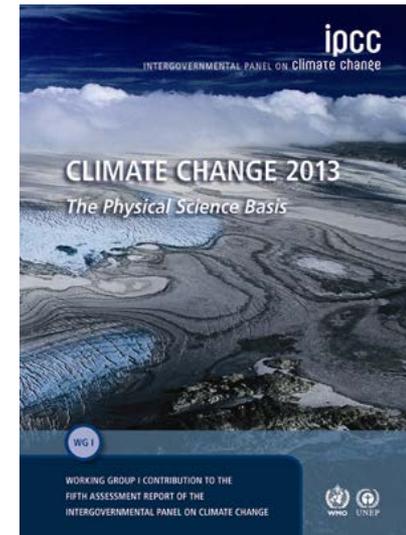
Die Ergebnisse des Weltklimarats (IPCC) 2013/14

1. Die Globale Erwärmung ist eindeutig und außergewöhnlich
2. Anthropogene Emissionen sind eine wesentliche Ursache
3. Der größte Teil der Wärmeenergie ging in den Ozean



**Energieakkumulation in ZJ
in einzelnen Komponenten
des Klimasystems 1971–2010
relativ zu 1971**

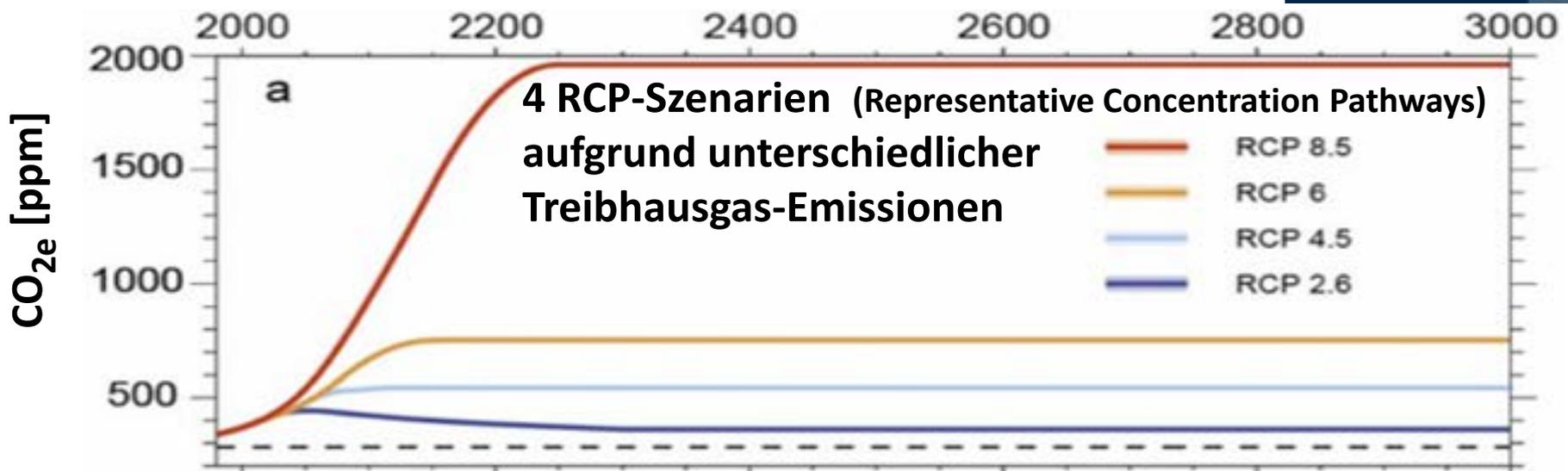
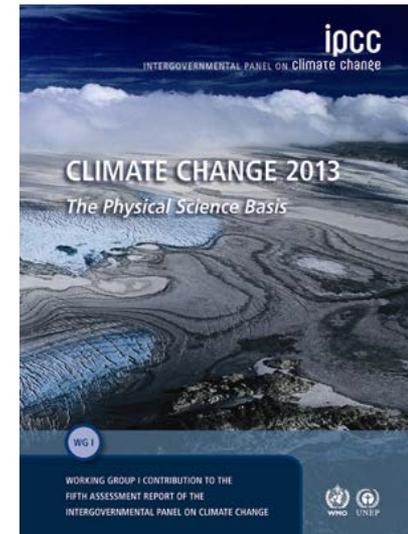
(1 ZJ = 10^{21} J)



Quelle: IPCC-AR5-WG1 (2013)

Die Ergebnisse des Weltklimarats (IPCC) 2013/14

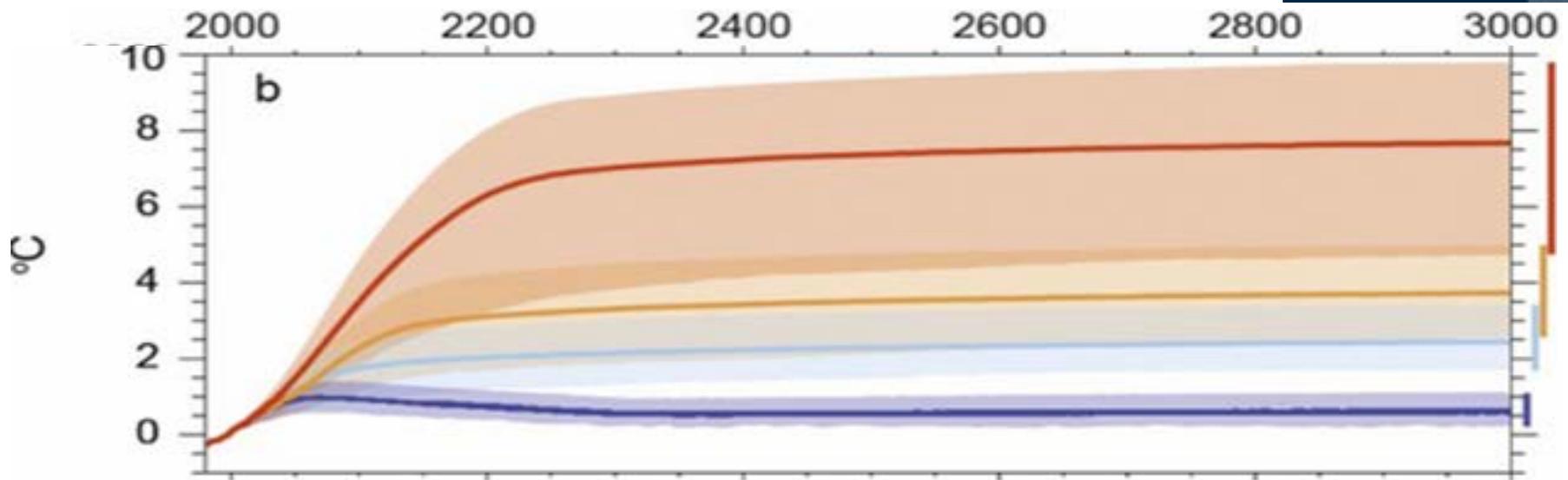
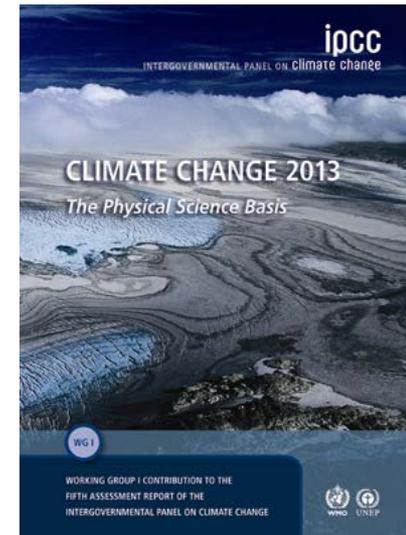
1. Die Globale Erwärmung ist eindeutig und außergewöhnlich
2. Anthropogene Emissionen sind eine wesentliche Ursache
3. Der größte Teil der Wärmeenergie ging in den Ozean
4. Die zukünftige Entwicklung des Klimas wird wesentlich vom CO₂-Anteil in der Atmosphäre bestimmt



Quelle: IPCC-AR5-WG1 (2013)

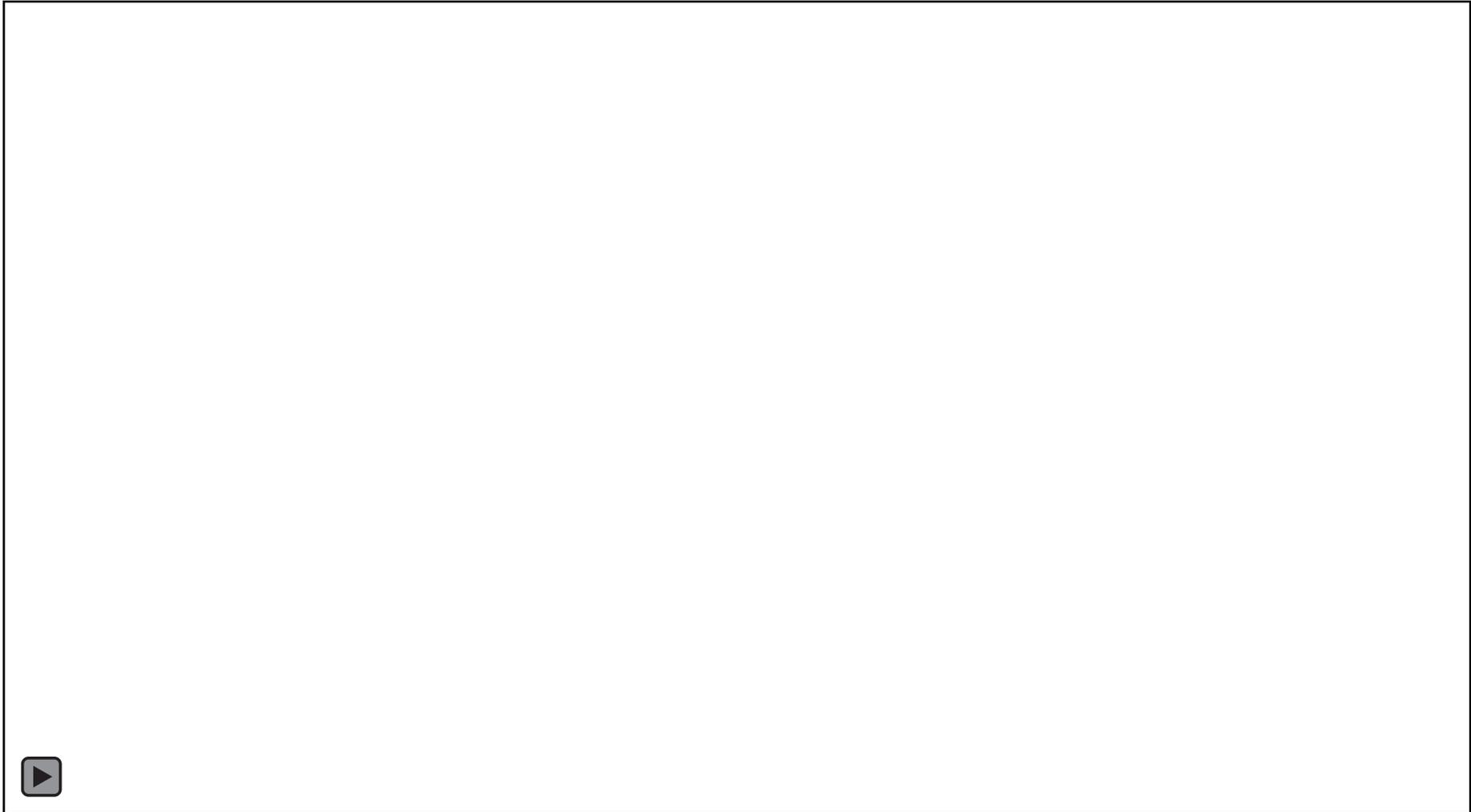
Die Ergebnisse des Weltklimarats (IPCC) 2013/14

1. Die Globale Erwärmung ist eindeutig und außergewöhnlich
2. Anthropogene Emissionen sind eine wesentliche Ursache
3. Der größte Teil der Wärmeenergie ging in den Ozean
4. Die zukünftige Entwicklung des Klimas wird wesentlich vom CO₂-Anteil in der Atmosphäre bestimmt
5. Die Globale Erwärmung ist weitgehend irreversibel



Quelle: IPCC-AR5-WG1 (2013)

RPC2.6 - Globale Erwärmung 1986-2100 - RCP8.5

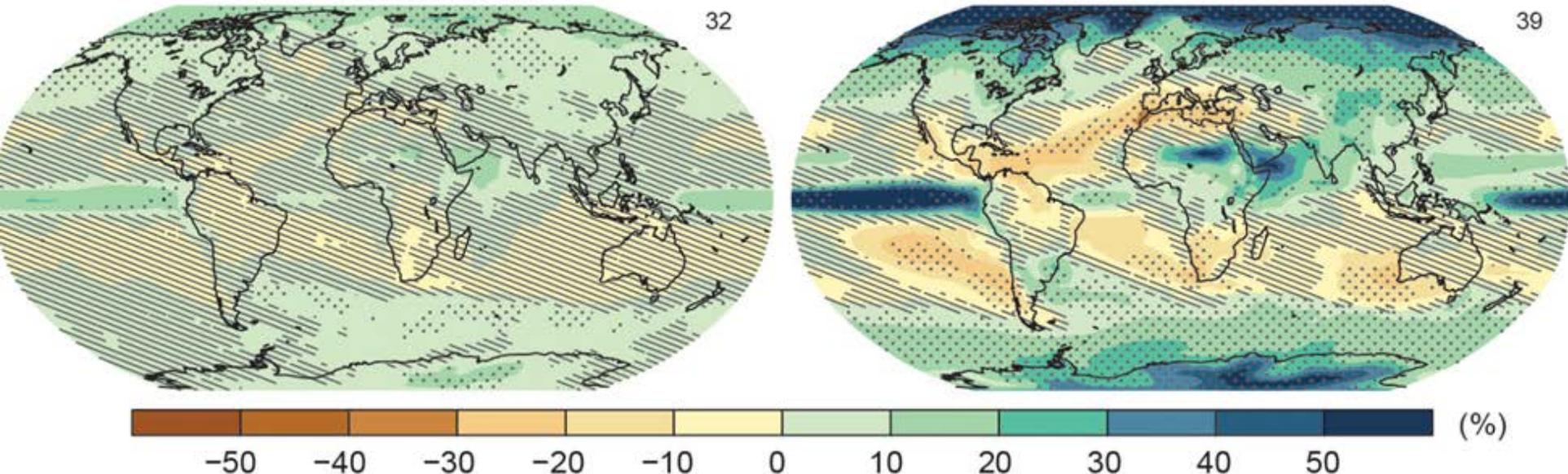


Veränderungen beim durchschnittlichen Niederschlag 1986-2005 zu 2081-2100

RPC2.6

Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)

RCP8.5



- Die Unterschiede verstärken sich zwischen
 - feuchten und trockenen Regionen
 - feuchten und trockenen Jahreszeiten
- In mittleren Breiten und feucht-tropischen Regionen werden extreme Niederschläge intensiver und häufiger

Mit Vollgas in den Klimawandel?

I. Physikalische Grundlagen

1. Daten und Fakten zum aktuellen Klimawandel
2. Mögliche zukünftige Entwicklungspfade des Klimas

II. Mögliche Risiken und Auswirkungen

1. Naturräumliche Ursachen und Wirkungsmechanismen
Beispiele: Hochwasser und Hitze-/Dürreperioden
2. Quantitative und qualitative Unterschiede zwischen 1.5-Grad-, 2-Grad-, 4-Grad- oder gar 8-Grad-Welten

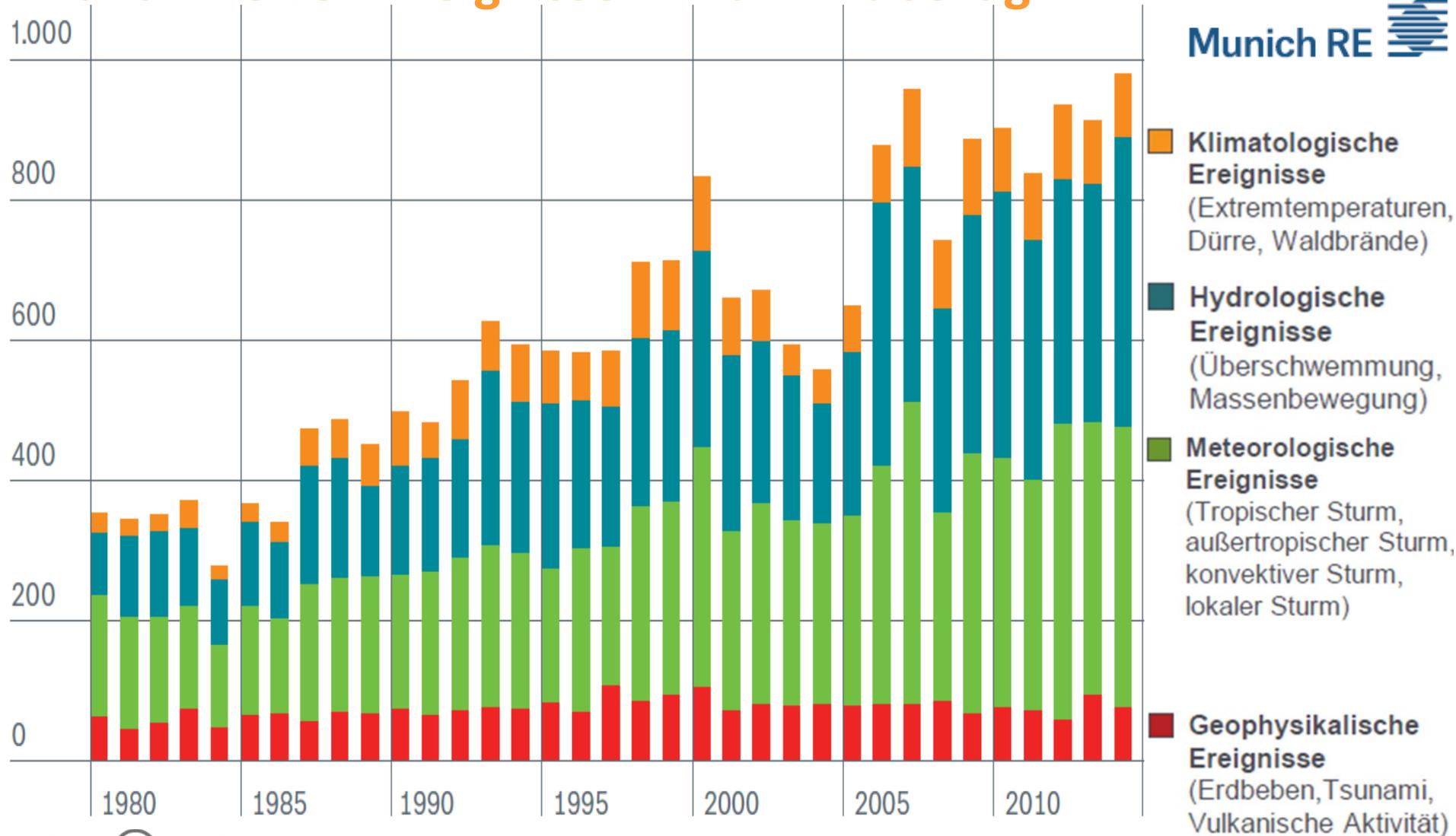
III. Mögliche Konsequenzen und Maßnahmen

1. Dekarbonisierung & 2. Anpassung an die Klimafolgen

IV. Fazit

Große Schadensereignisse weltweit 1980 – 2014

Zunahme von Ereignissen mit Klimabezug



Der Klima-Risiko-Index

Risikofaktor Klima

<http://www.dpa-infografik.com/>



Der Klima-Risiko-Index spiegelt die Schäden durch Wetterkatastrophen (Todesopfer und wirtschaftliche Schäden) wider. Die am stärksten geschädigten Länder stehen in der Rangliste oben.

Position im Klima-Risiko-Ranking
(Auswertung für 1995 – 2014)

■ 1–10 ■ 11–20 ■ 21–50 ■ 51–100 ■ >100 ■ k. A.



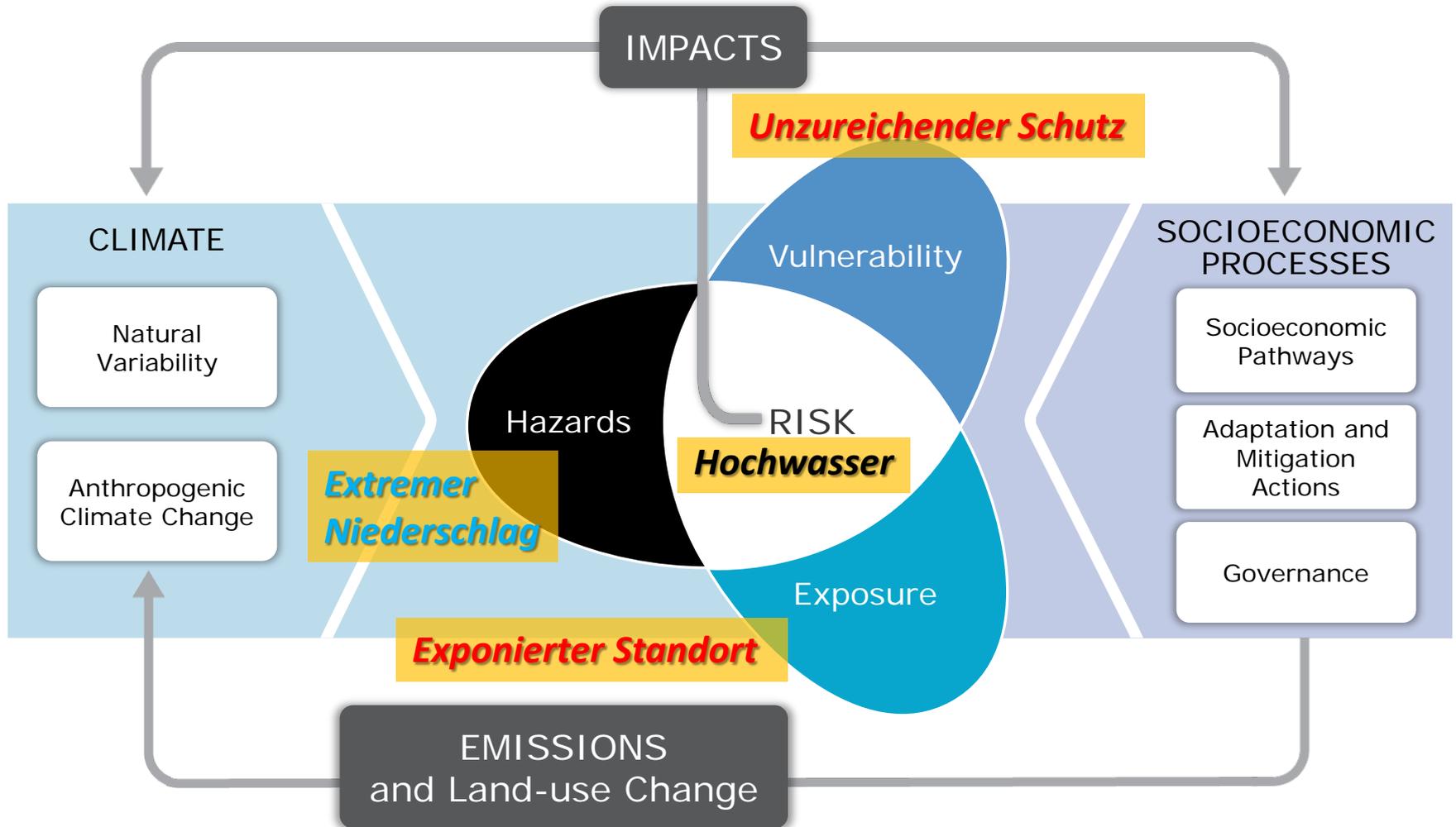
Platz 4 zweimal vergeben

Quelle: Germanwatch, Munich Re (Klima-Risiko-Index 2016)

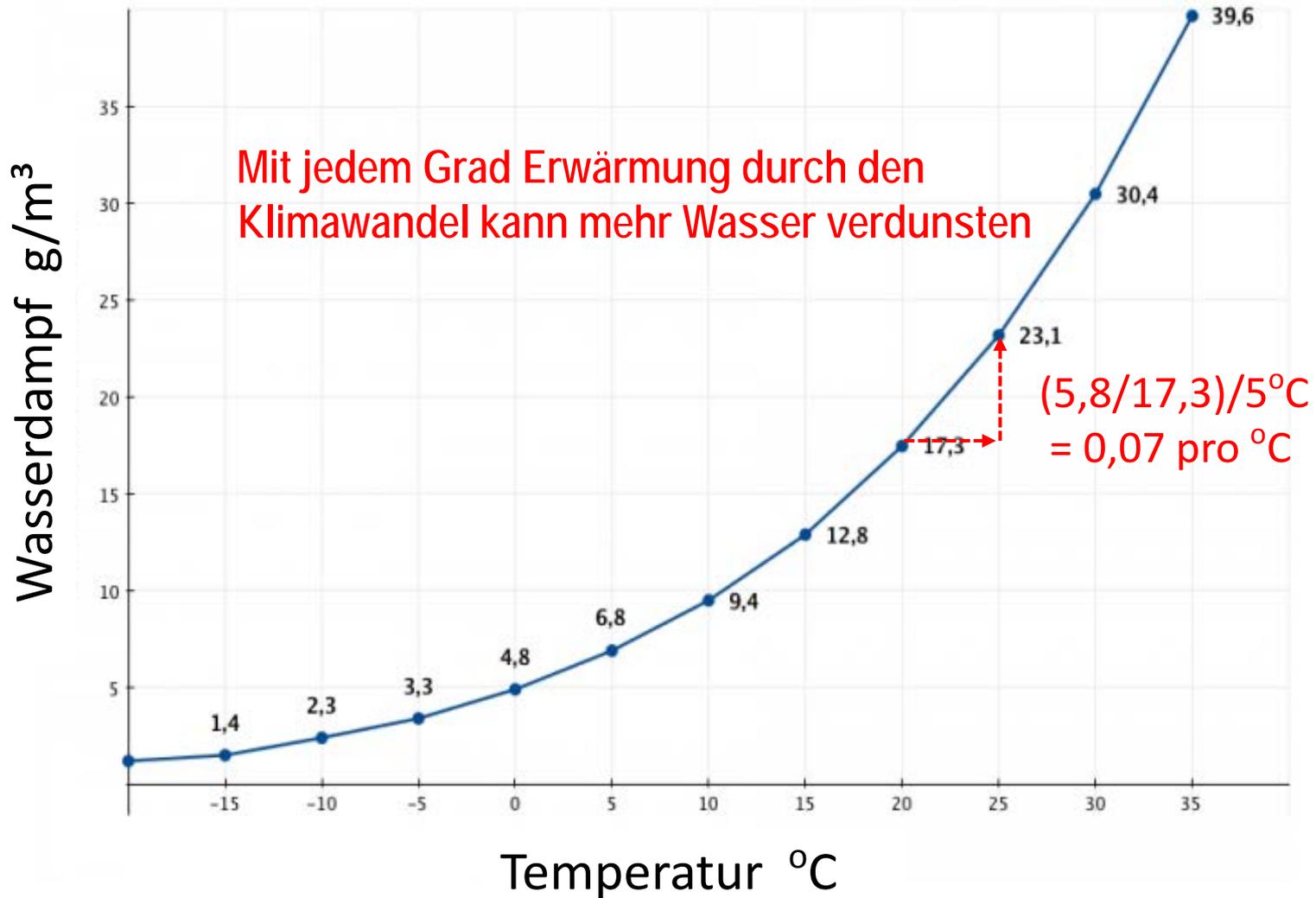
© Globus 10688



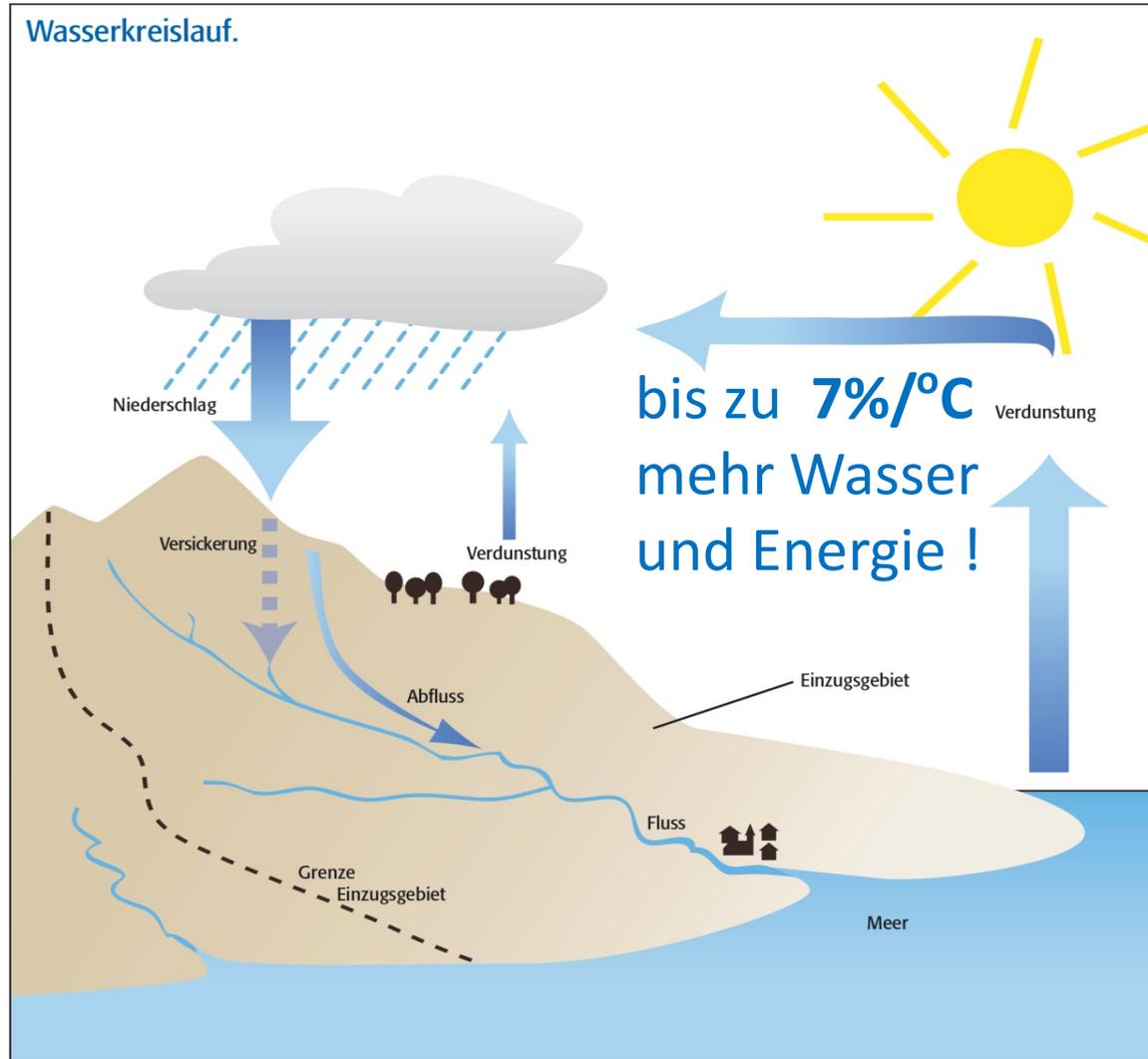
Risiko Klimawandel: Einflussfaktoren - Beispiel Hochwasser



Maximaler Wasserdampfgehalt in der Luft



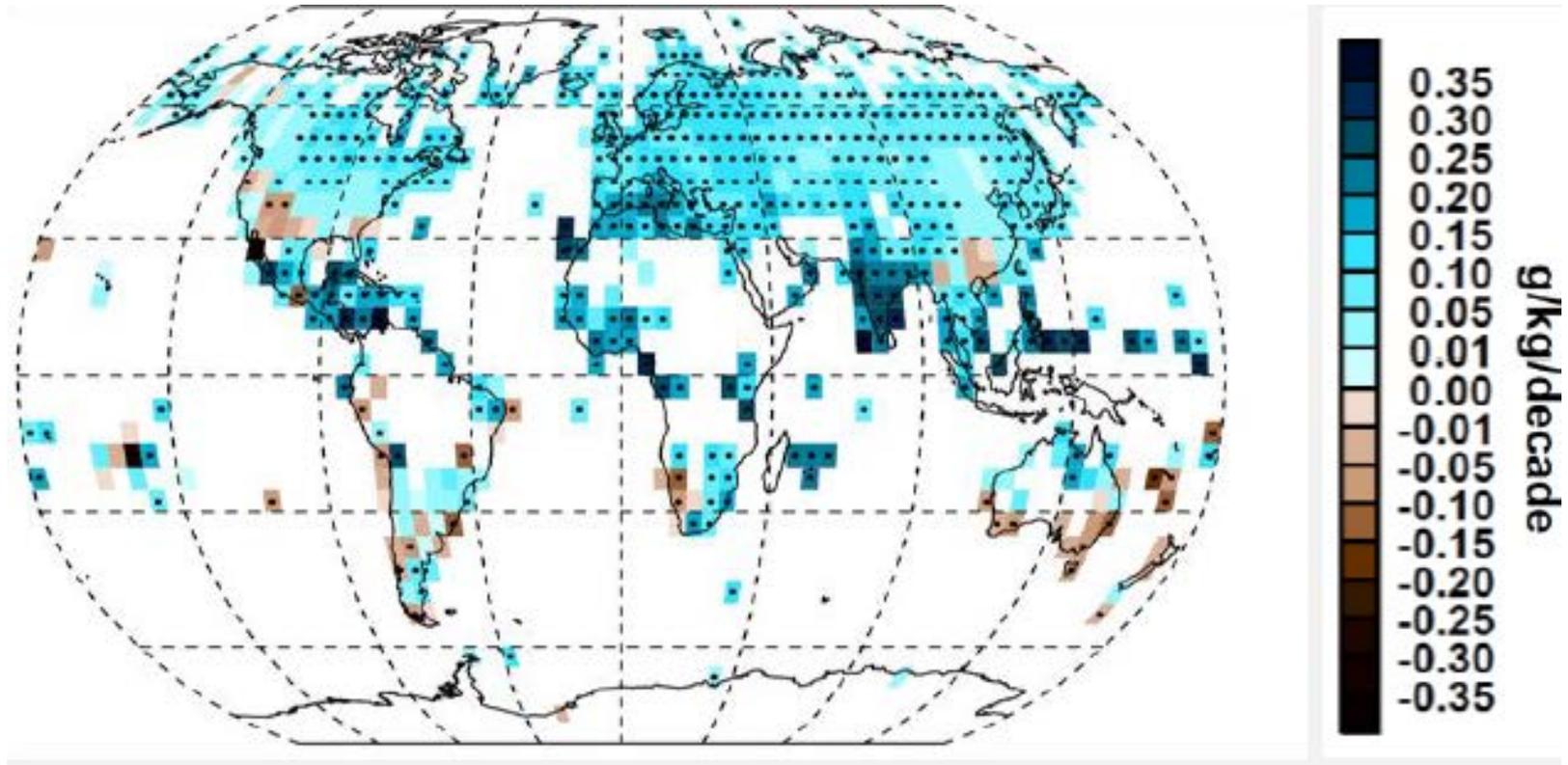
Hochwasserfaktor 1: mehr Wärme → mehr Wasser



© Allianz Umweltstiftung

© Allianz Umweltstiftung

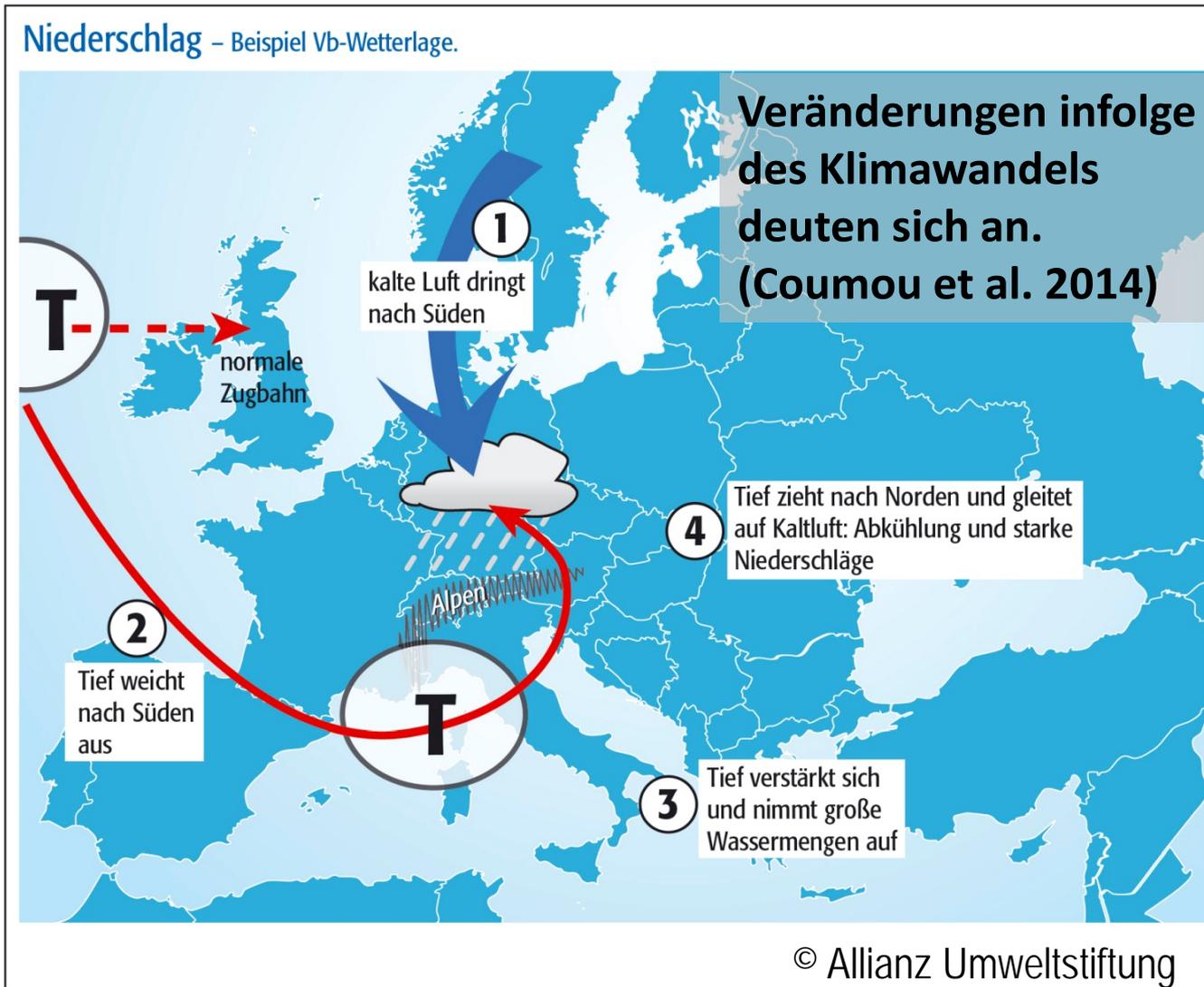
Veränderung der Spezifischen Feuchte der unteren Atmosphäre zwischen 1973 und 2012



Quelle: Willett et. al. (2013), *Clim. Past*, 9, 657–677

Klimamodell-Studien zeigen: ein Anstieg auf Grund des anthropogenen Klimawandels ist zu erwarten (IPCC-AR5)

Hochwasserfaktor 2: Starkregen-Wetterlage (Vb, Tm)



z.B.

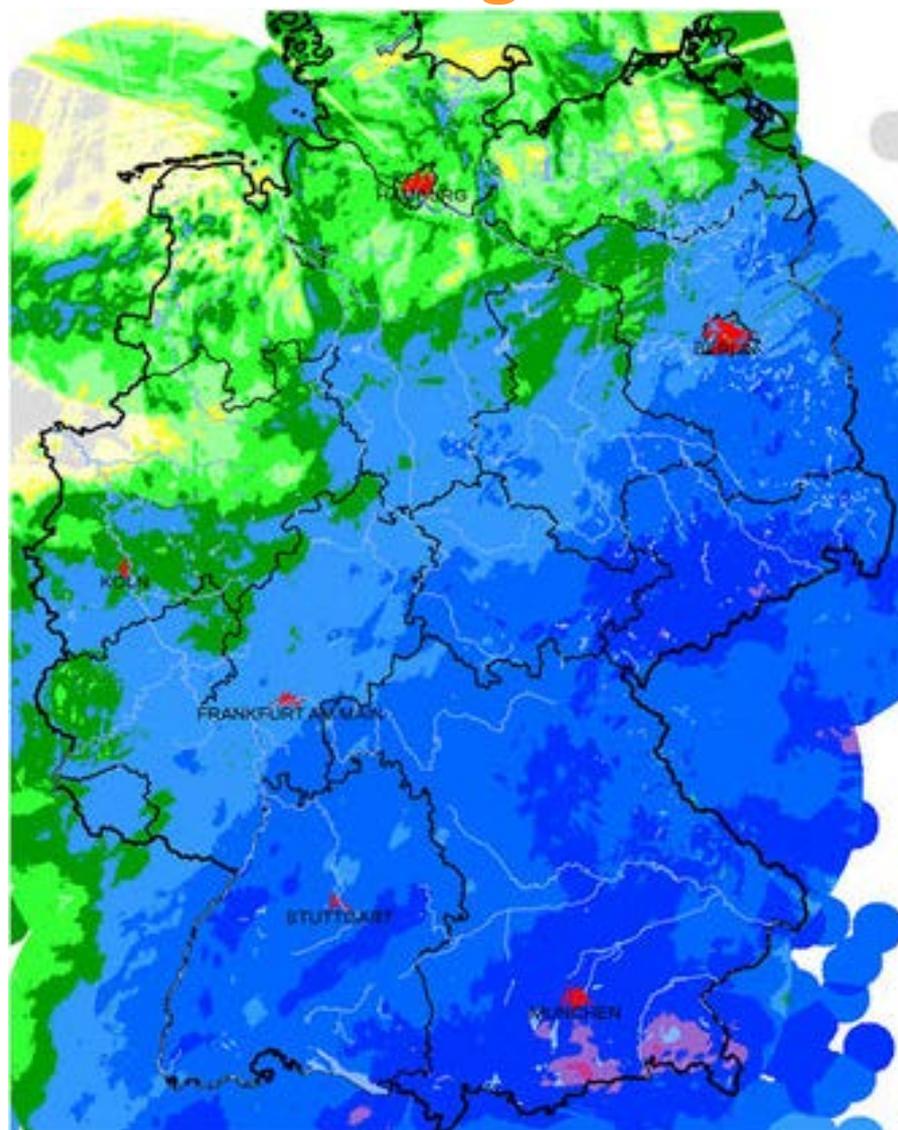
1997 - Oder

2002 - Elbe

2005 - Alpen

2013 - Deutschland

Niederschlagssummen 28. Mai bis 3. Juni 2013



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Legende

Wochensumme bis 03.06.2013, 06 UTC

- 0
- >0 bis 1,0
- >1,0 bis 2,0
- >2,0 bis 5,0
- >5,0 bis 10,0
- >10,0 bis 20,0
- >20,0 bis 50,0
- >50,0 bis 100,0
- >100,0 bis 200,0
- >200,0 bis 300,0
- >300,0

in mm

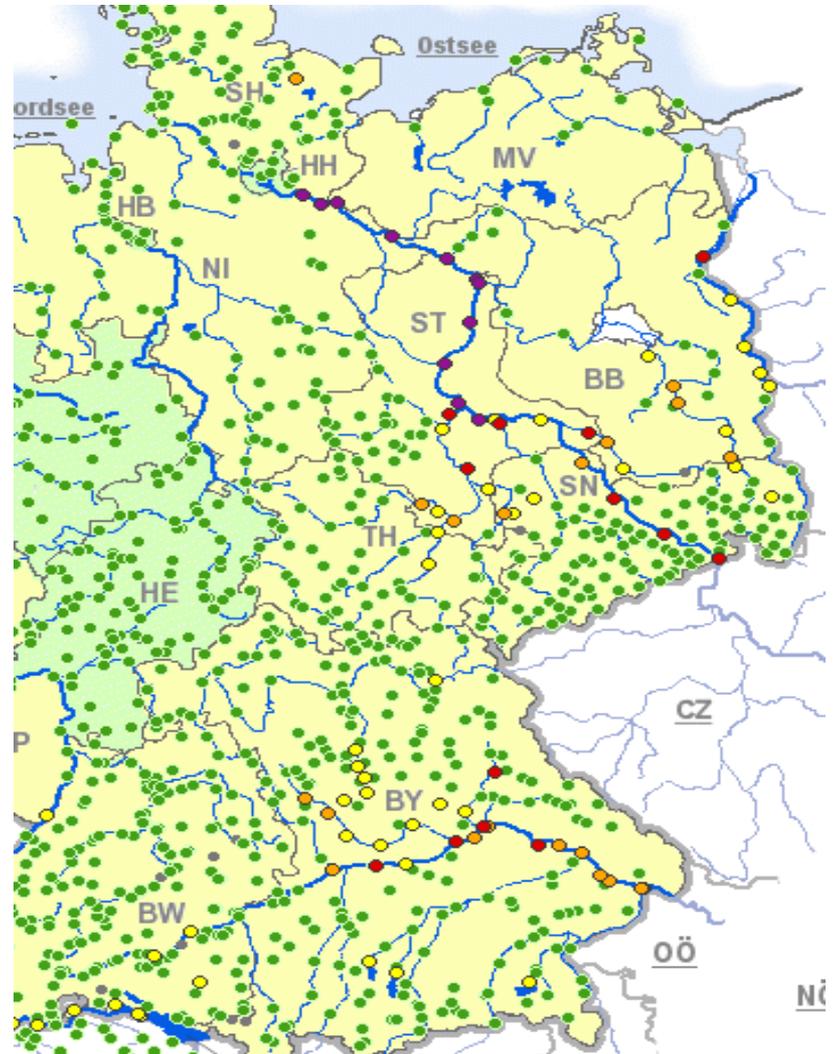


Regen ohne Ende! Ganz Franken versinkt im Hochwasser

<http://www.frankenfernsehen.tv>

(c) DWD-Hydrometeorologie, 2013

Hochwassersituation im Juni 2013



<http://www.br.de/nachrichten/niederbayern/ausstellung-fotos-hochwasser-passau-100.html>

<http://www.hochwasserzentralen.de/>
12.06.13, 16:40 Uhr

Hochwasserfaktor 3: Wandel in Fluss & Landschaft

Veränderung der Auen.

Quelle: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2004)

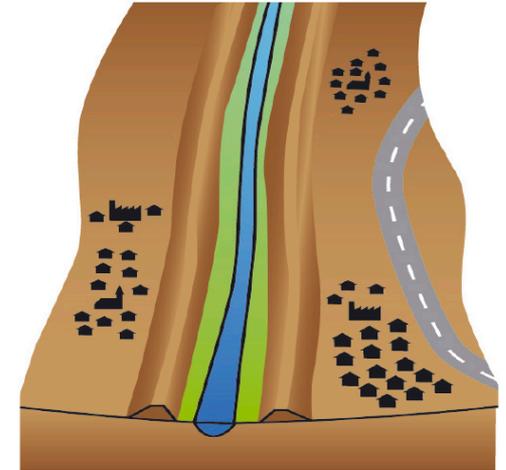
- Fluss
- Auwald
- Ackerfläche
- Grünland
- Siedlung
- Deich



Urzustand

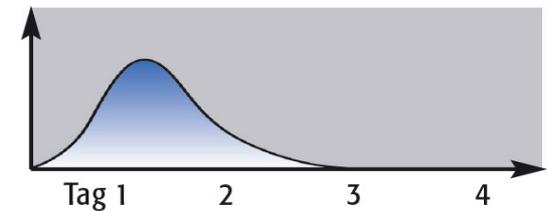
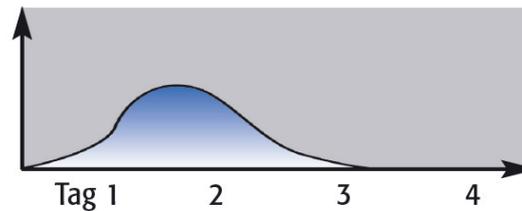
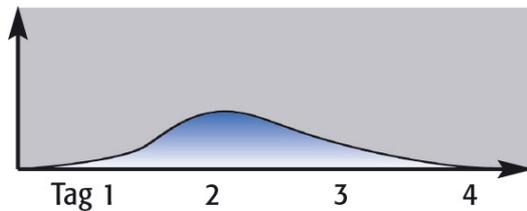


1900



2000

Abfluss

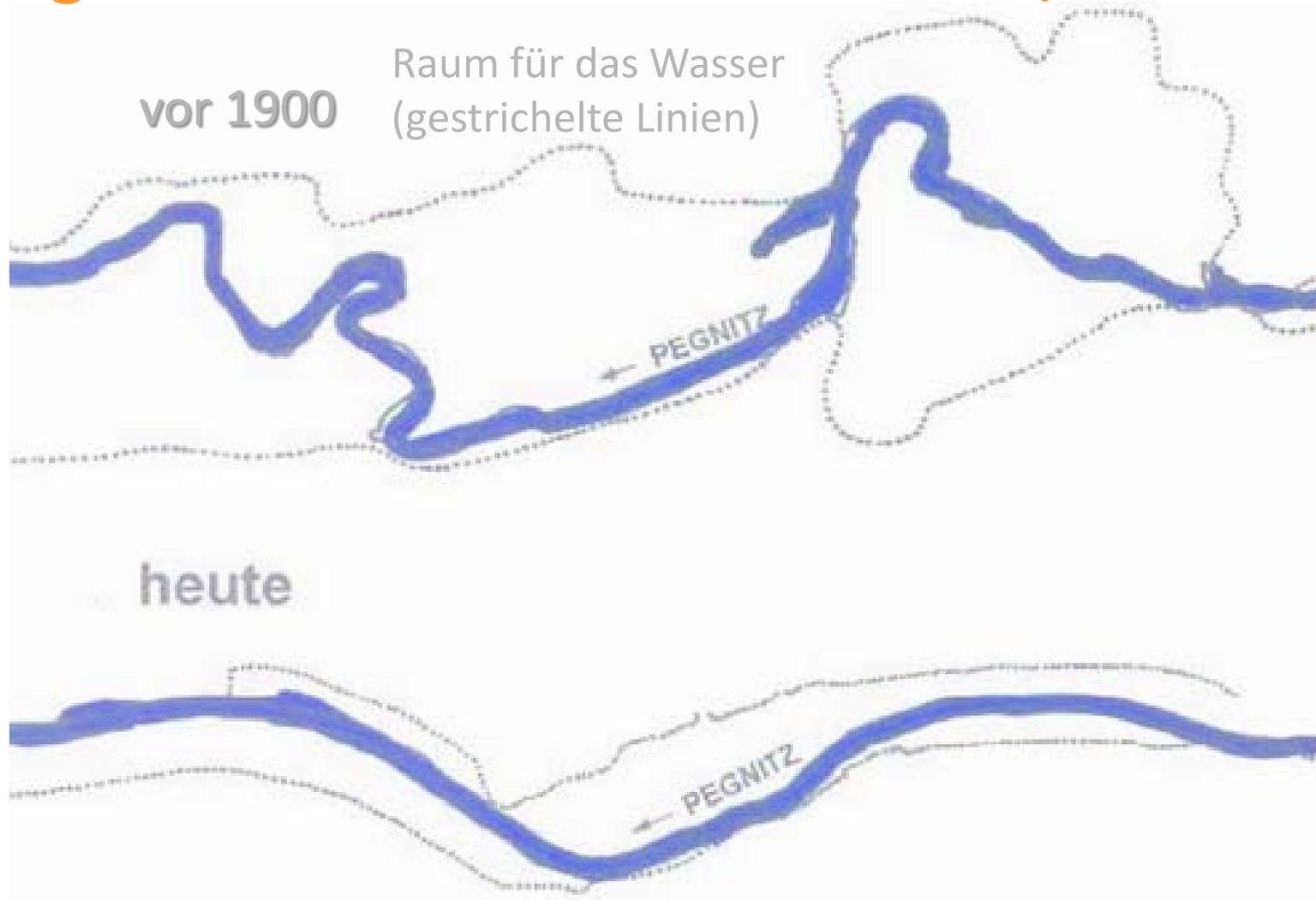


© Allianz Umweltstiftung

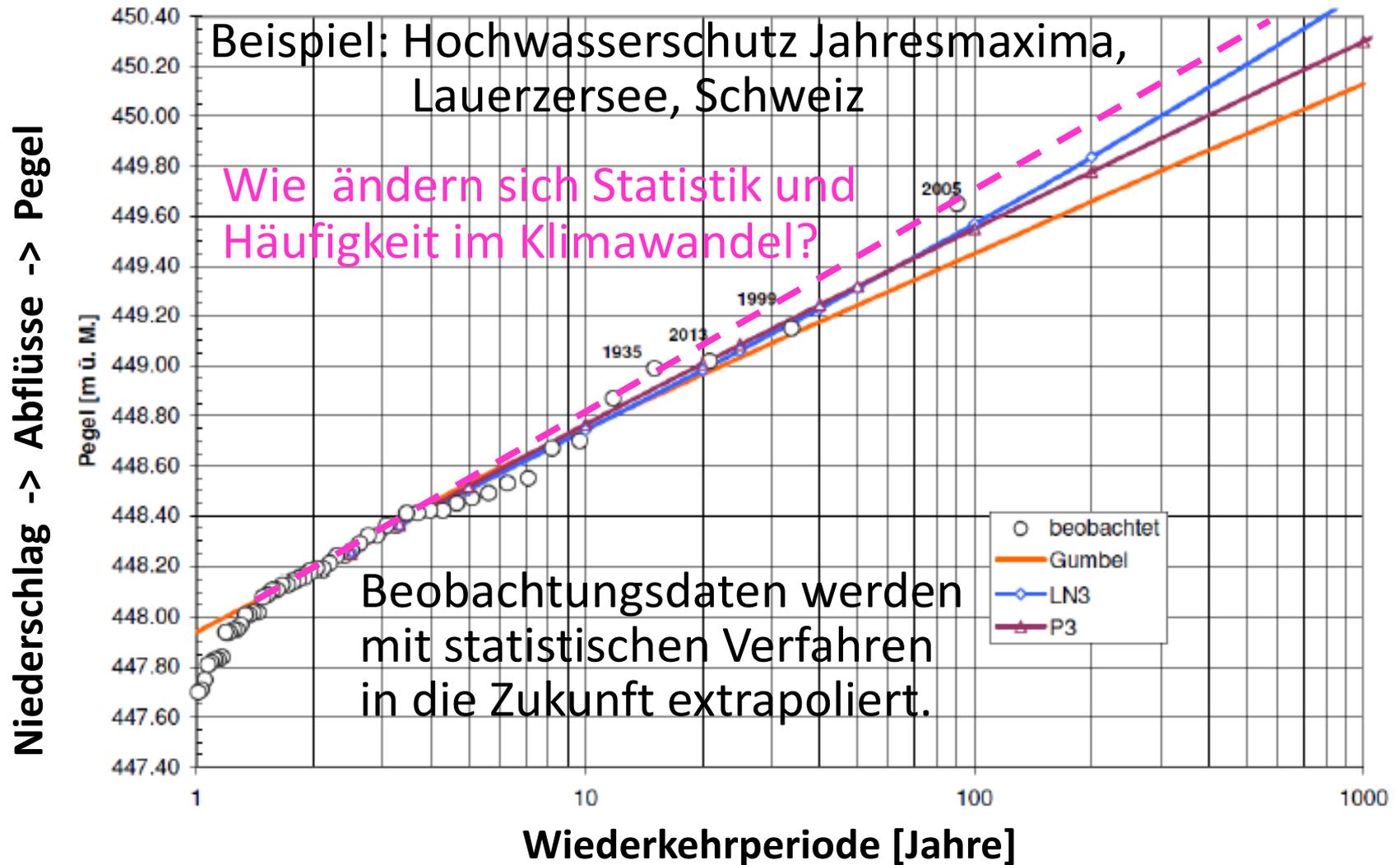


© Allianz Umweltstiftung

Pegnitz in Höhe Kleinweidenmühle, Nürnberg



Statistische Frequenzanalyse von Extremereignissen

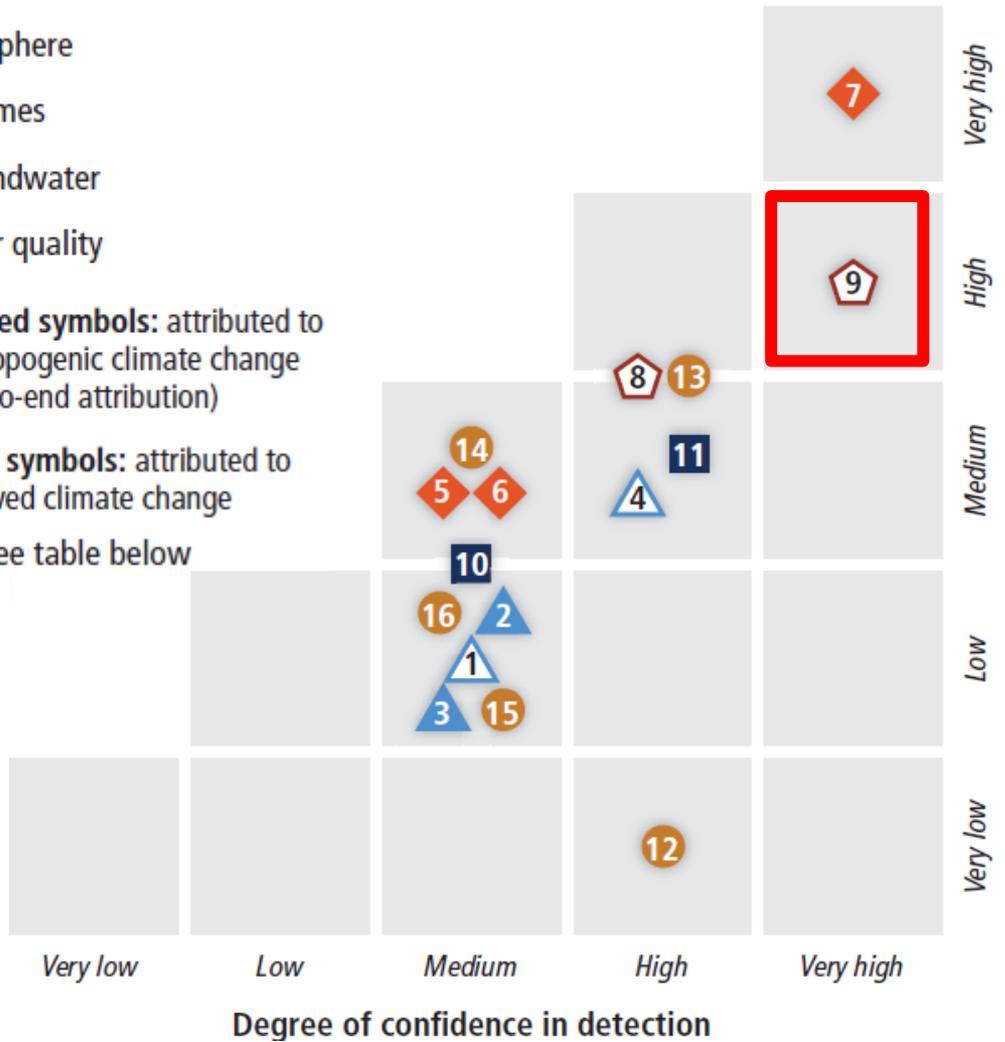


Beispiele von Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auf Wasserressourcen (IPCC-AR5-WG2)

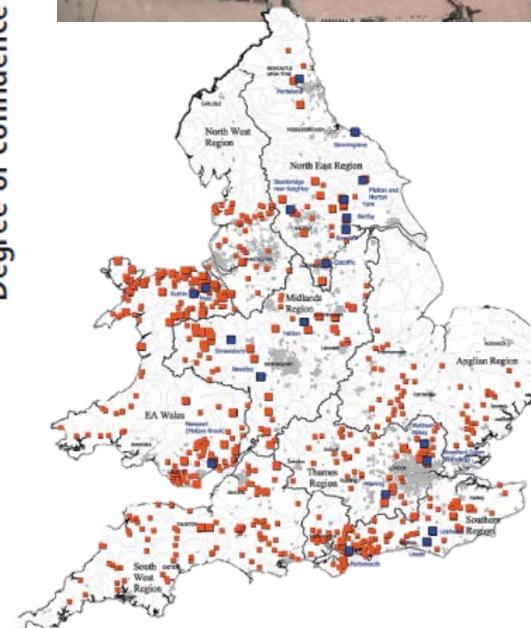
-  Streamflow
-  Cryosphere
-  Extremes
-  Groundwater
-  Water quality

Unfilled symbols: attributed to anthropogenic climate change (end-to-end attribution)
Filled symbols: attributed to observed climate change

Symbols 1-16: see table below

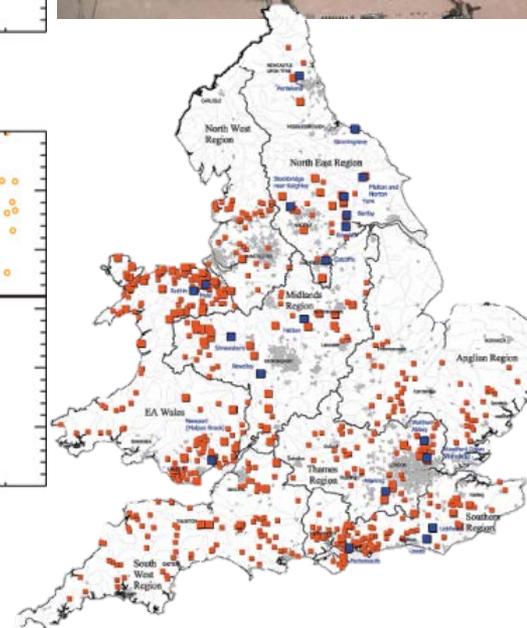
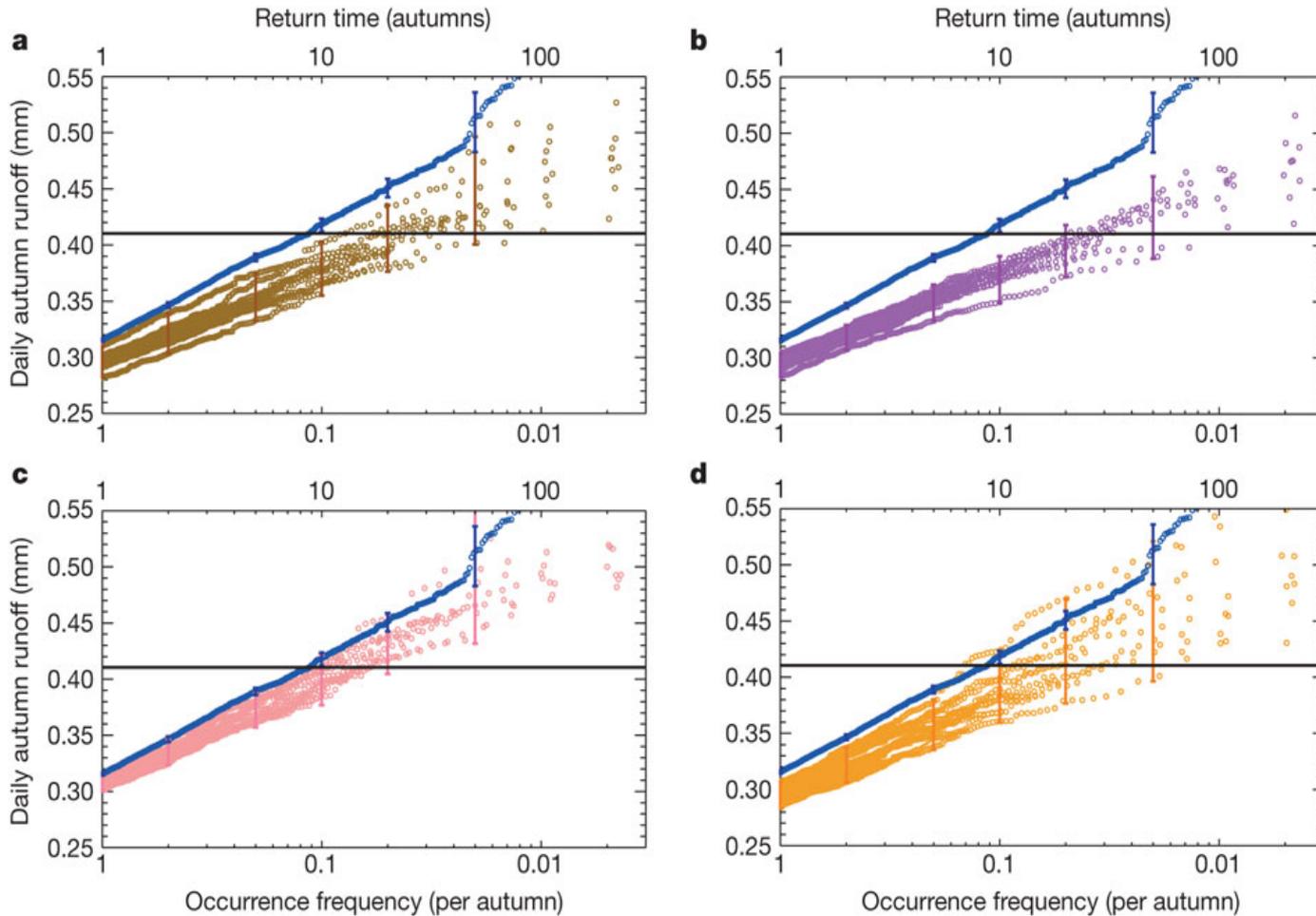


9. Extreme Fluten in England, im Herbst 2000



Extreme Niederschläge und Hochwasser in England im Herbst 2000, zurückführbar auf den aktuellen Klimawandel

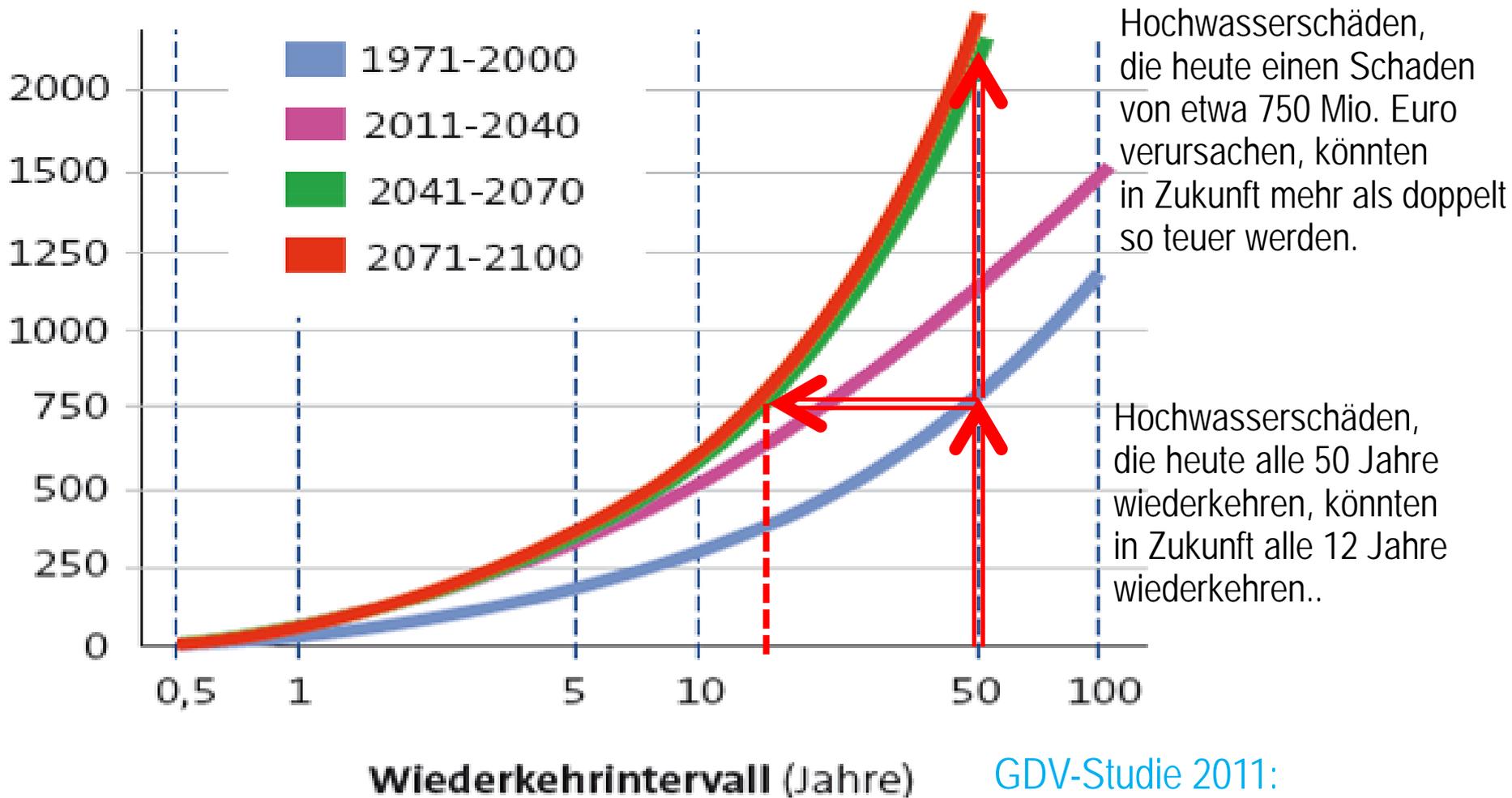
Blau: beobachtet 1958-2001, farbig: simulierte Abflüsse ohne den Klimawandel (4 Modelle)



P Pall *et al.* *Nature* **470**, 382-385 (2011)

Prof. Dr. Manfred Stock, Forschungsbereich Klimawirkungen

Mittlerer Hochwasserschaden pro Wiederkehrintervall in Millionen Euro (inflationsbereinigt), Modell PIK, Szenario A1B

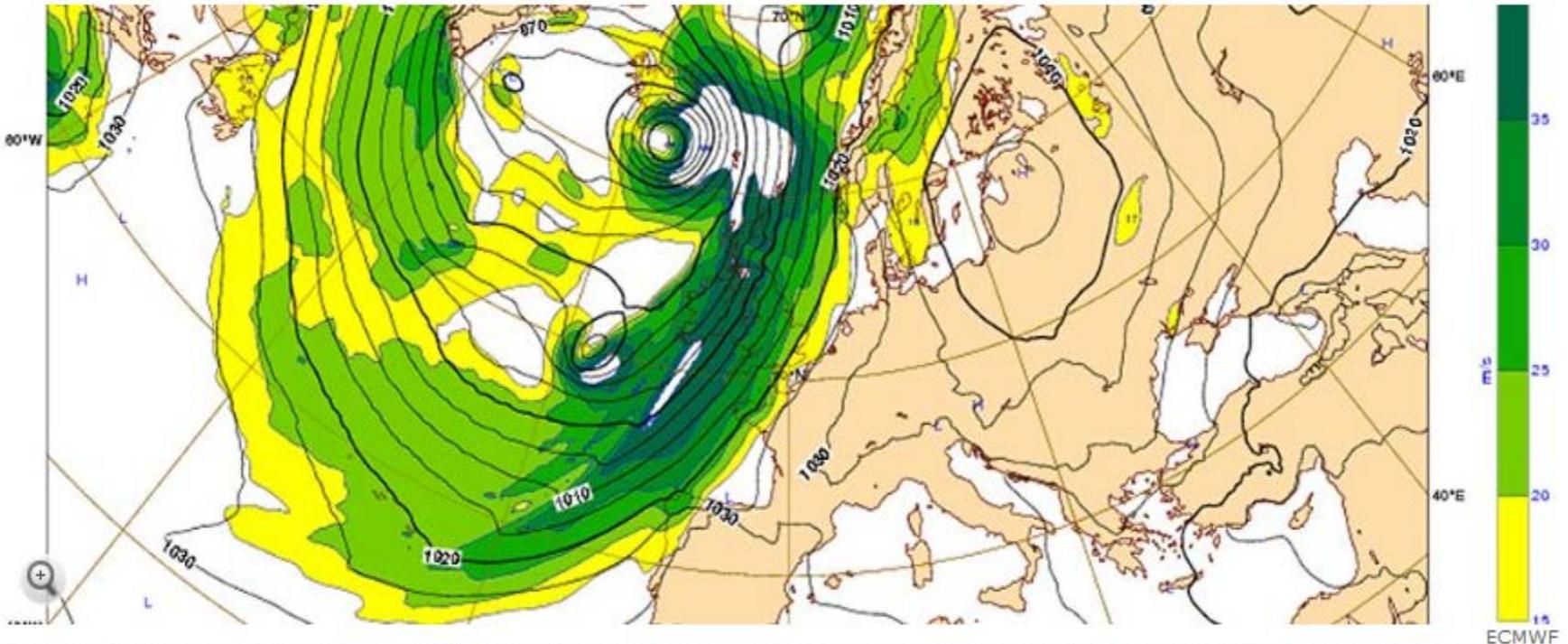




Nehmen die extremen Wetterlagen zu?

29.12.2015; <http://www.spiegel.de/wissenschaft/>

Extremer Sturm im Nordatlantik: Am Nordpol wird es so warm wie in Südkalifornien



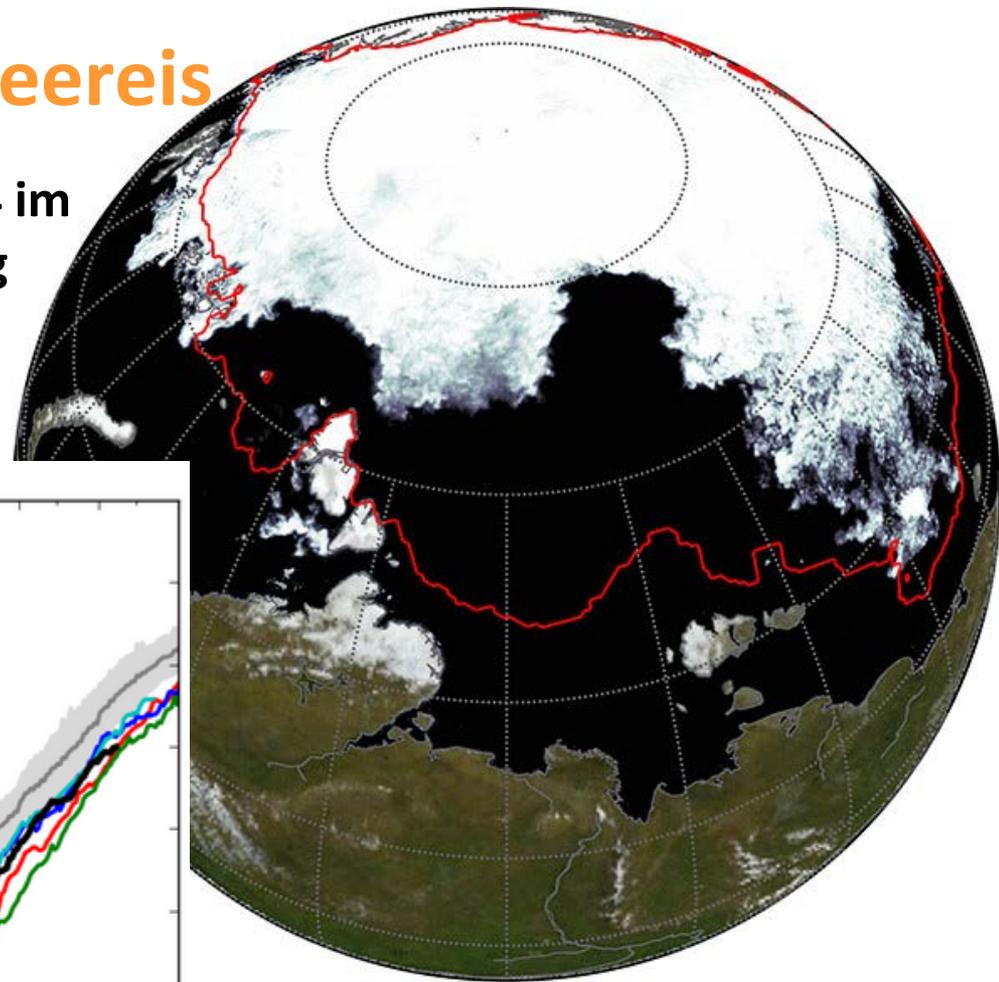
Vorhersagekarte des Luftdrucks für Mittwochfrüh: Ein extremes Tiefdruckgebiet im Nordatlantik saugt milde Luft aus Süden zum Nordpol

Im Nordatlantik zieht gefährliches Wetter auf: Ein extremer Tiefdruckwirbel schaufelt warme Luft zum Nordpol - dort wird es 30 Grad wärmer als üblich. Der Wind beschleunigt auf Hurrikanstärke, es droht riesiger Wellengang.

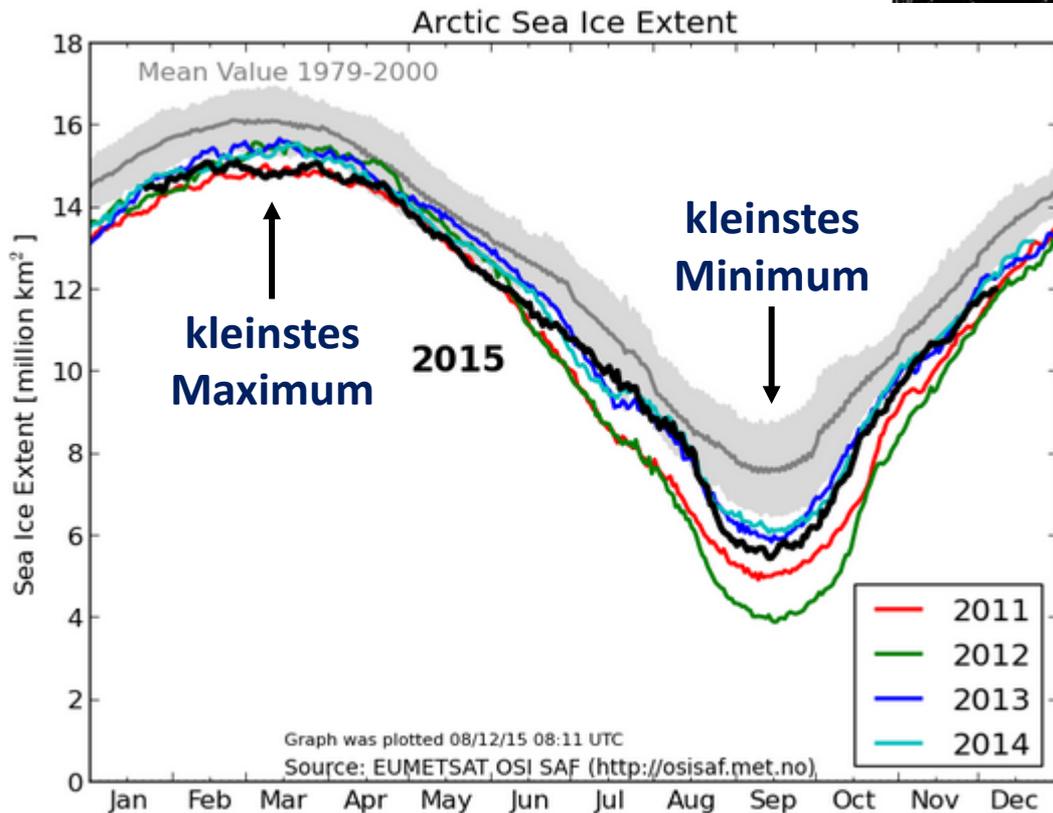


Rückgang Arktisches Meereis

Ausdehnung Mitte September 2014 im Vergleich zur mittleren Ausdehnung 1992-2006 (rote Linie)



© Lars Kaleschke/University Hamburg

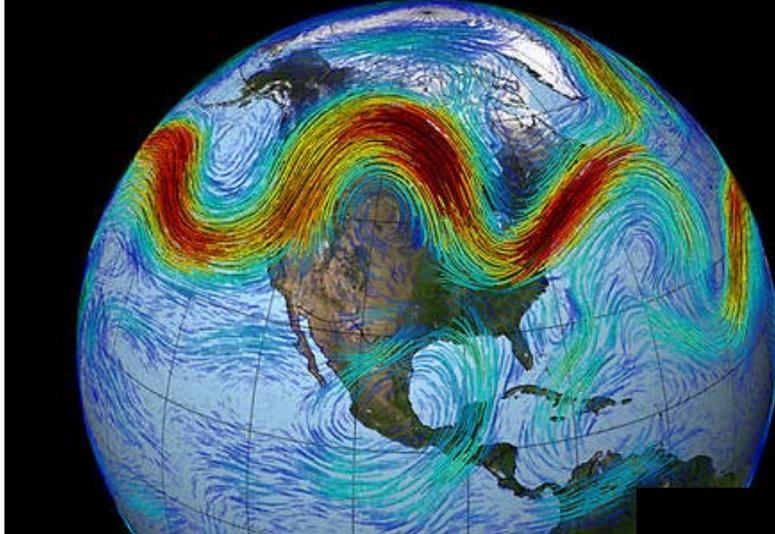


<http://ocean.dmi.dk/arctic/icecover.uk.php>



Auswirkungen des Meereisrückgangs auf globale atmosphärische Wellen

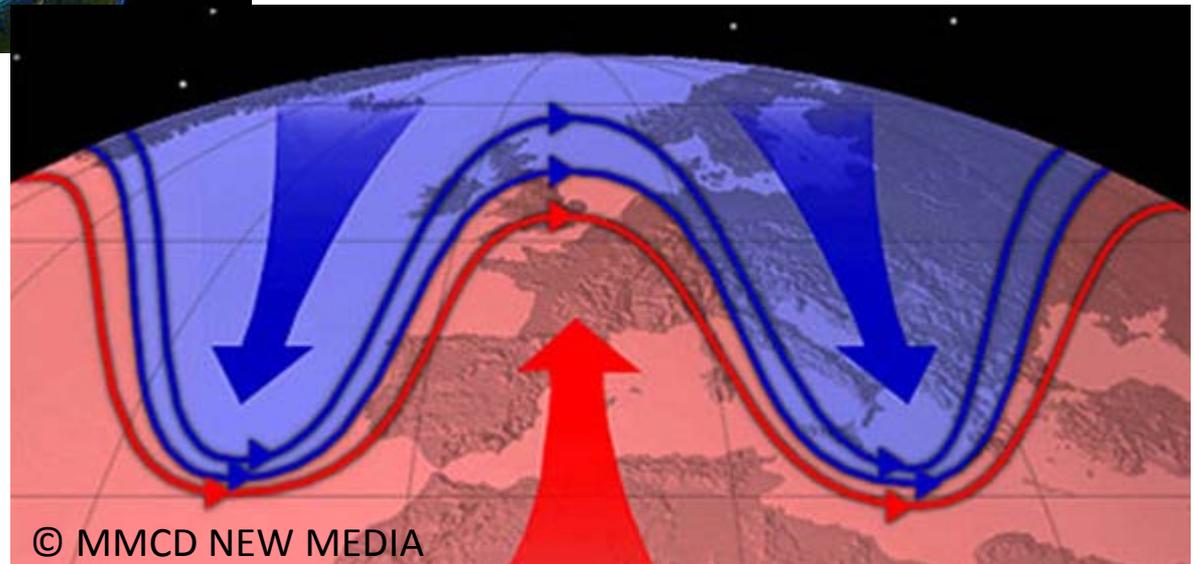
Jetstream & Rossby-Wellen



© NASA, Goddard Space Flight Center

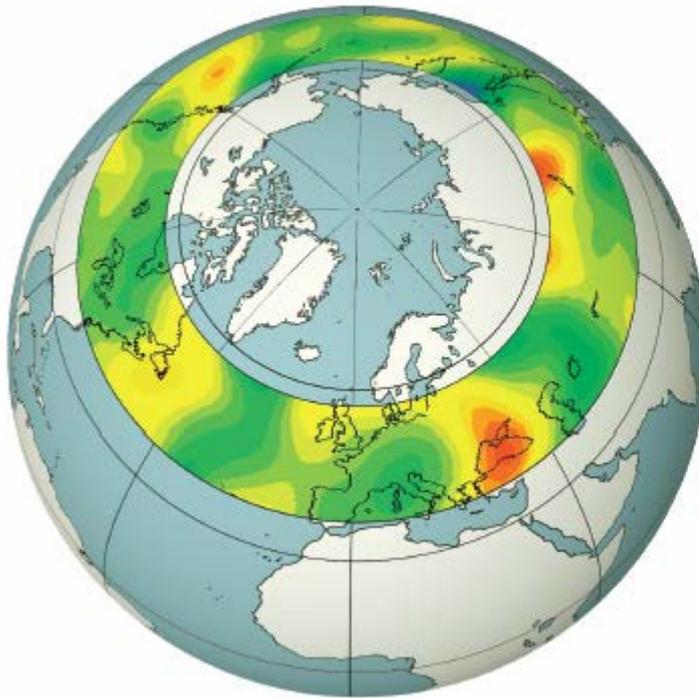
Schwingen die Wellen nach Norden, saugen sie warme Luft aus den Tropen nach Europa, Russland oder die USA; schwingen sie nach Süden geschieht das gleiche mit kalter Luft aus der Arktis.

⇒ **veränderte Wetterlagen in Sommer und Winter**

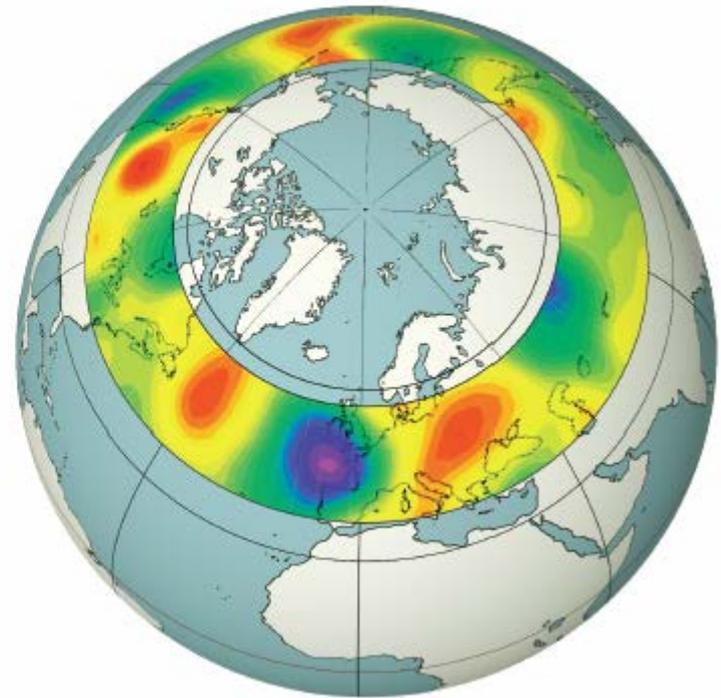


© MMCD NEW MEDIA

Quasi-Resonanz Planetarer Wellen



Normal: Juli 1980



Extrem: Mai 2013

Wind speed along the lines of longitude (m/s)

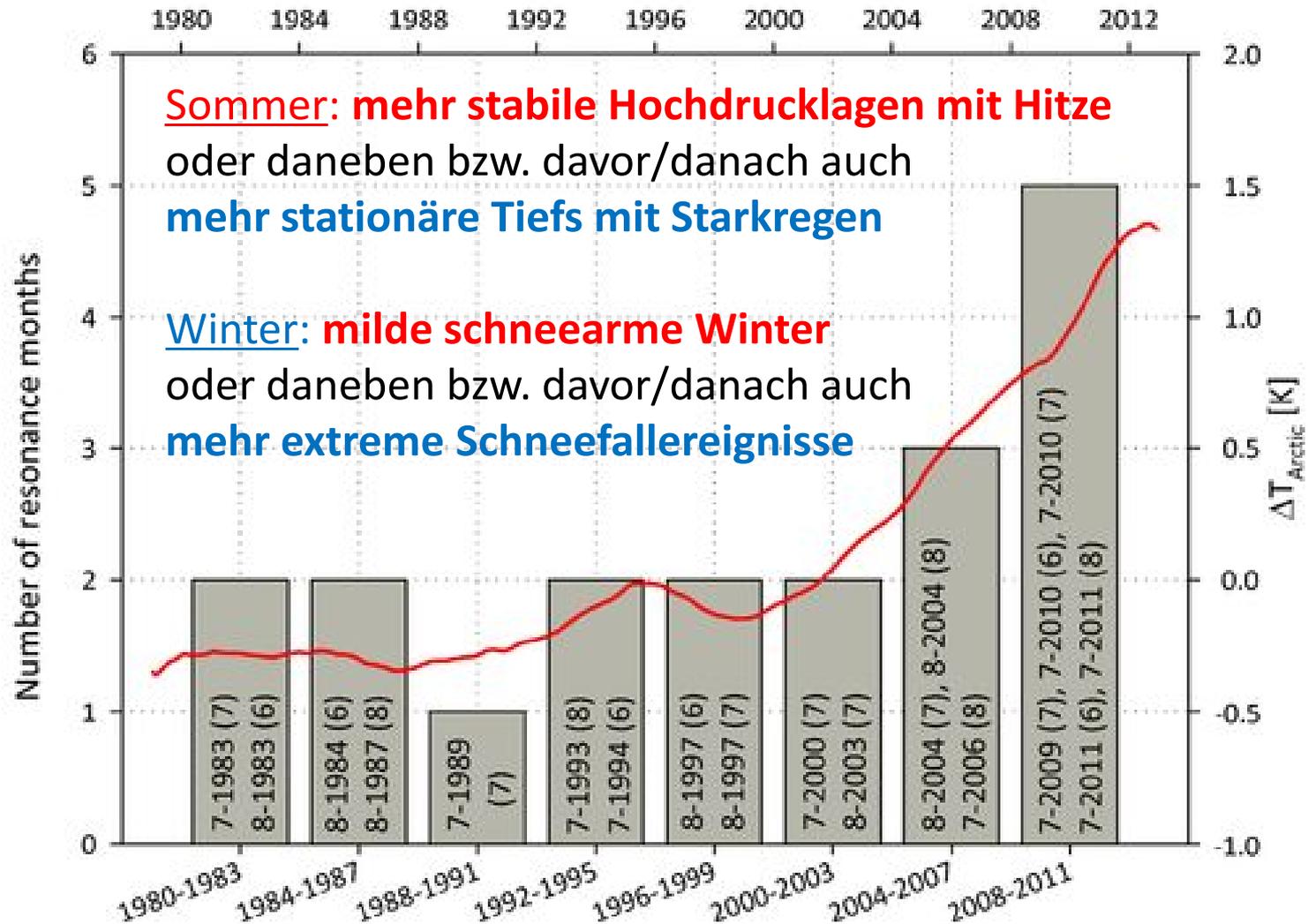


Nordwärts

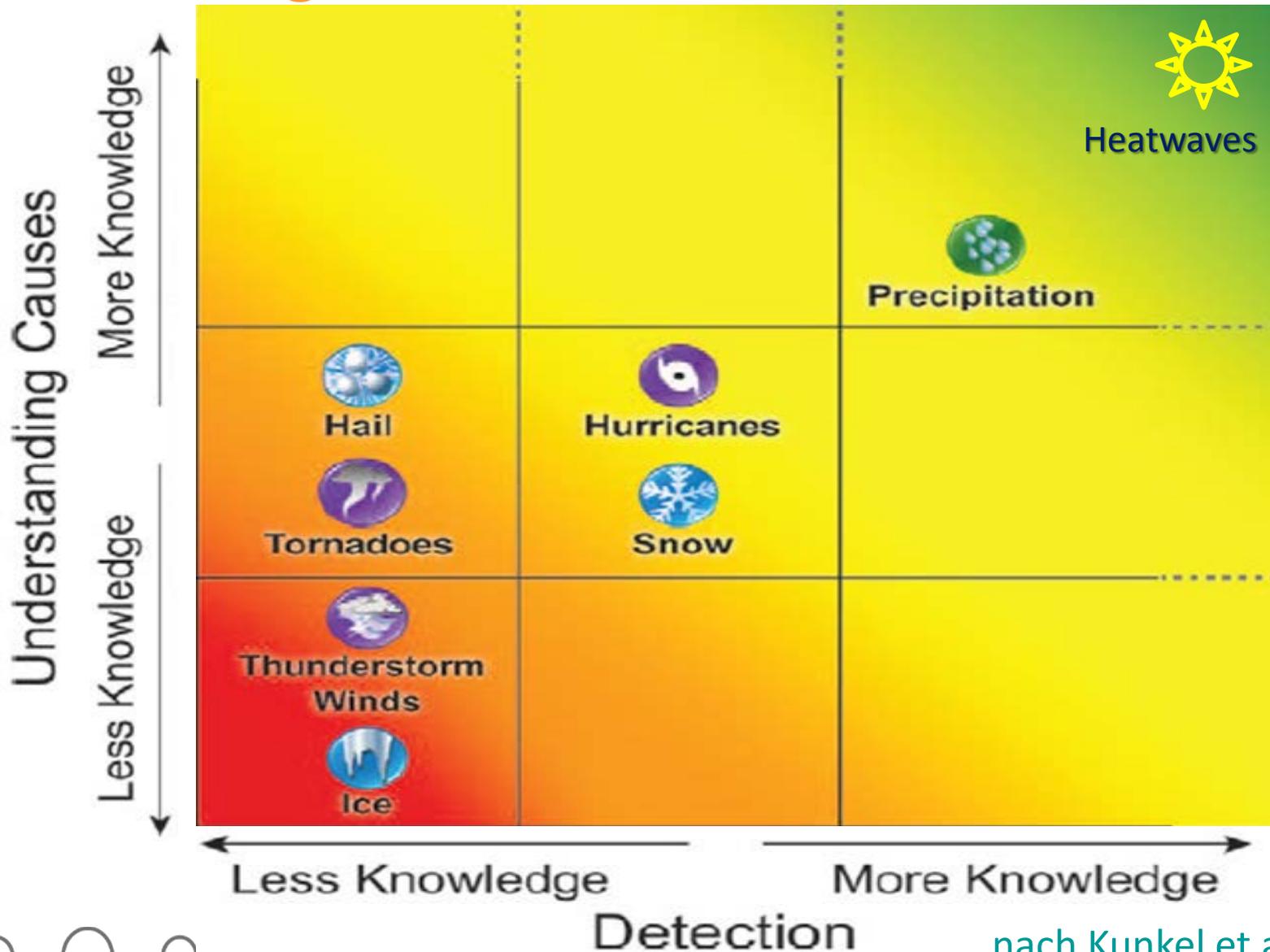
Südwärts

Data source: PIK / Stefan Rahmstorf; Illustration: Focus 2013, No. 28/13

Beobachtete Veränderungen bei Extremwetterlagen



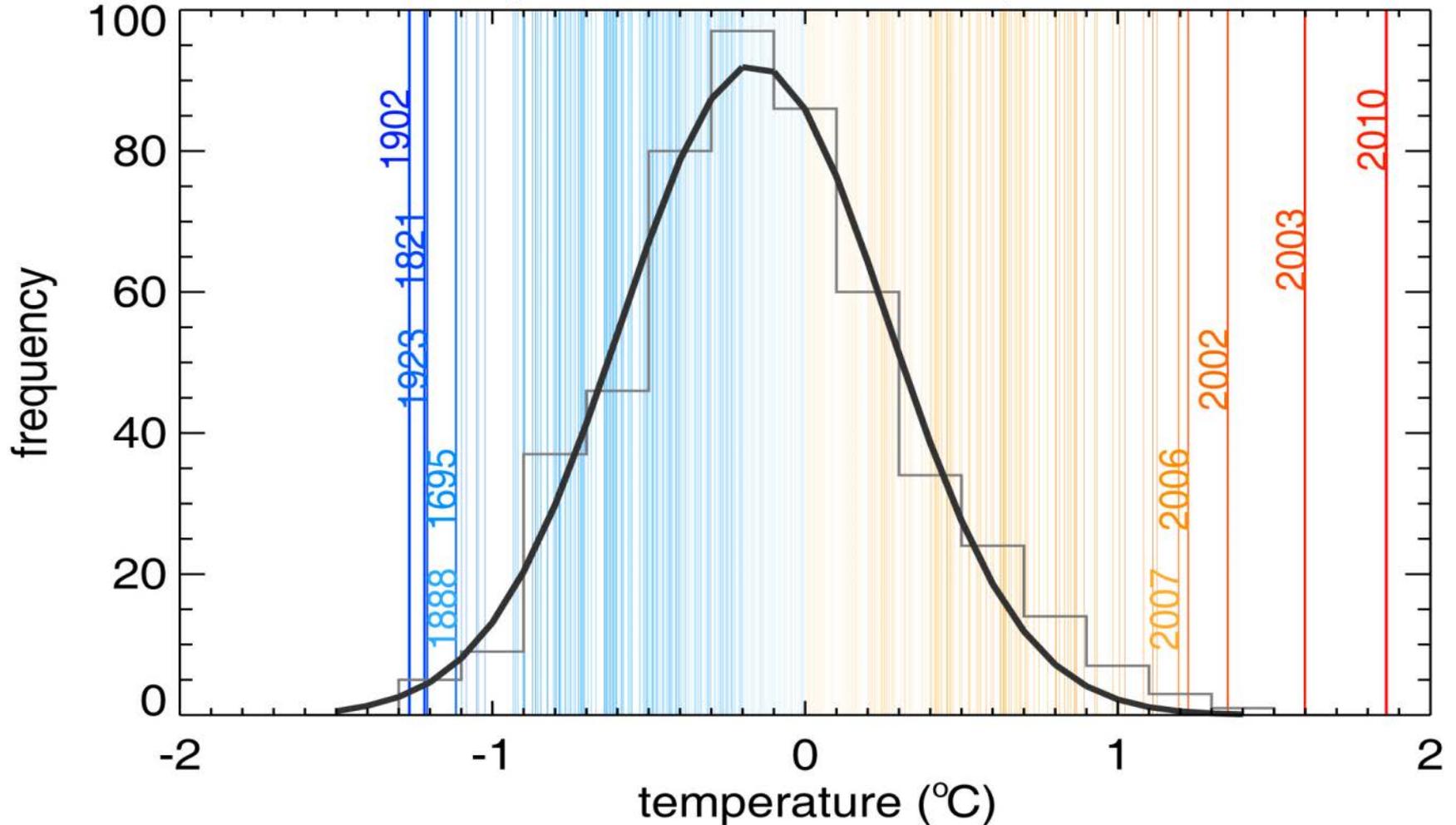
Extremereignisse: wissenschaftlicher Kenntnisstand



nach Kunkel et al. 2013

Die Hitzesommer 2003 & 2010 brachen alle Rekorde

European summer temperature

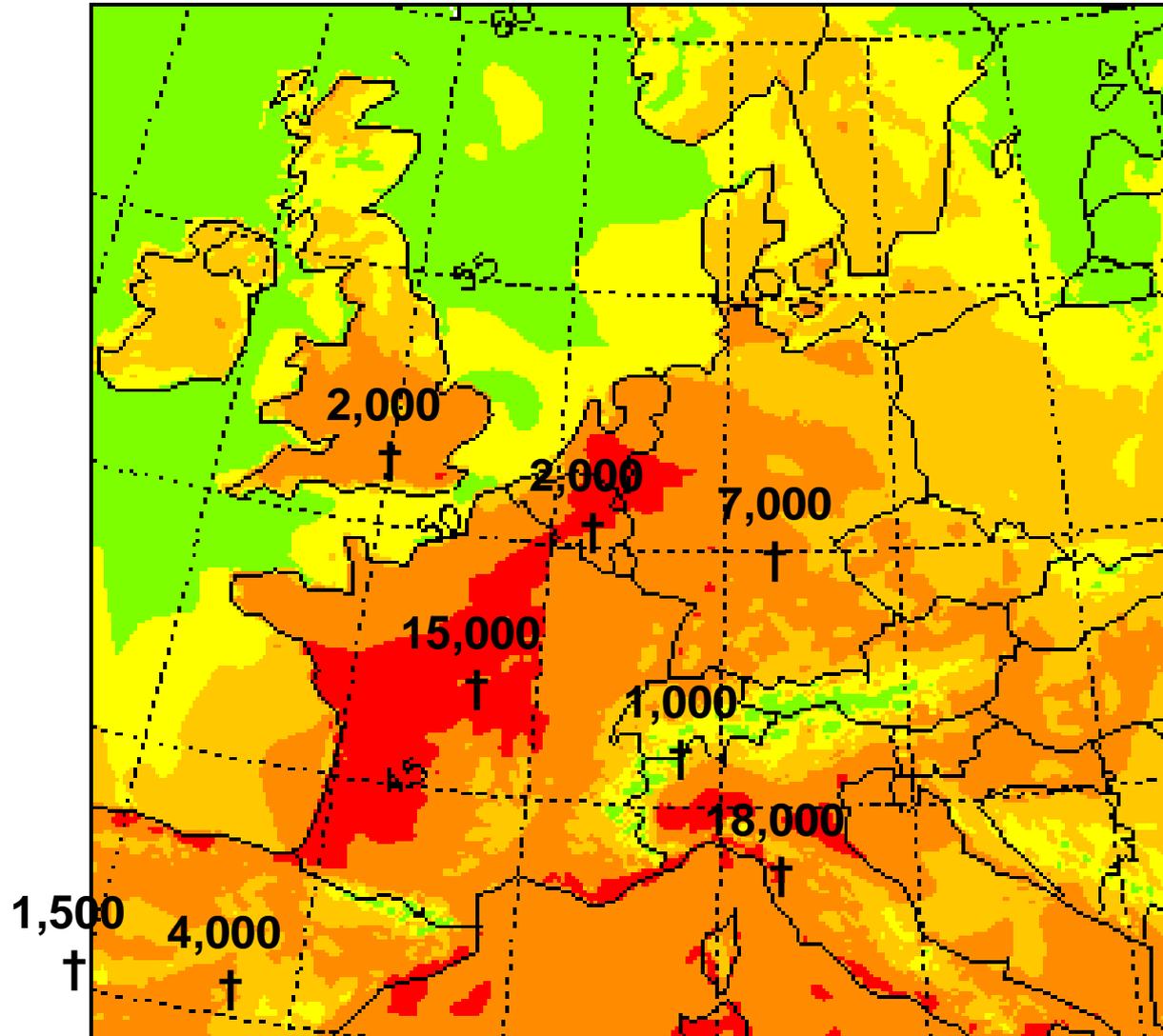


Barriopedro, D. et al., *Science*, (2011)

Hitzewelle Europa 2003 – ca. 70 000 Todesfälle

Heat Related Fatalities
and Wind Chill,
8 August 2003

Mortality: J. Robine, 2007
Wind/Heat: DWD



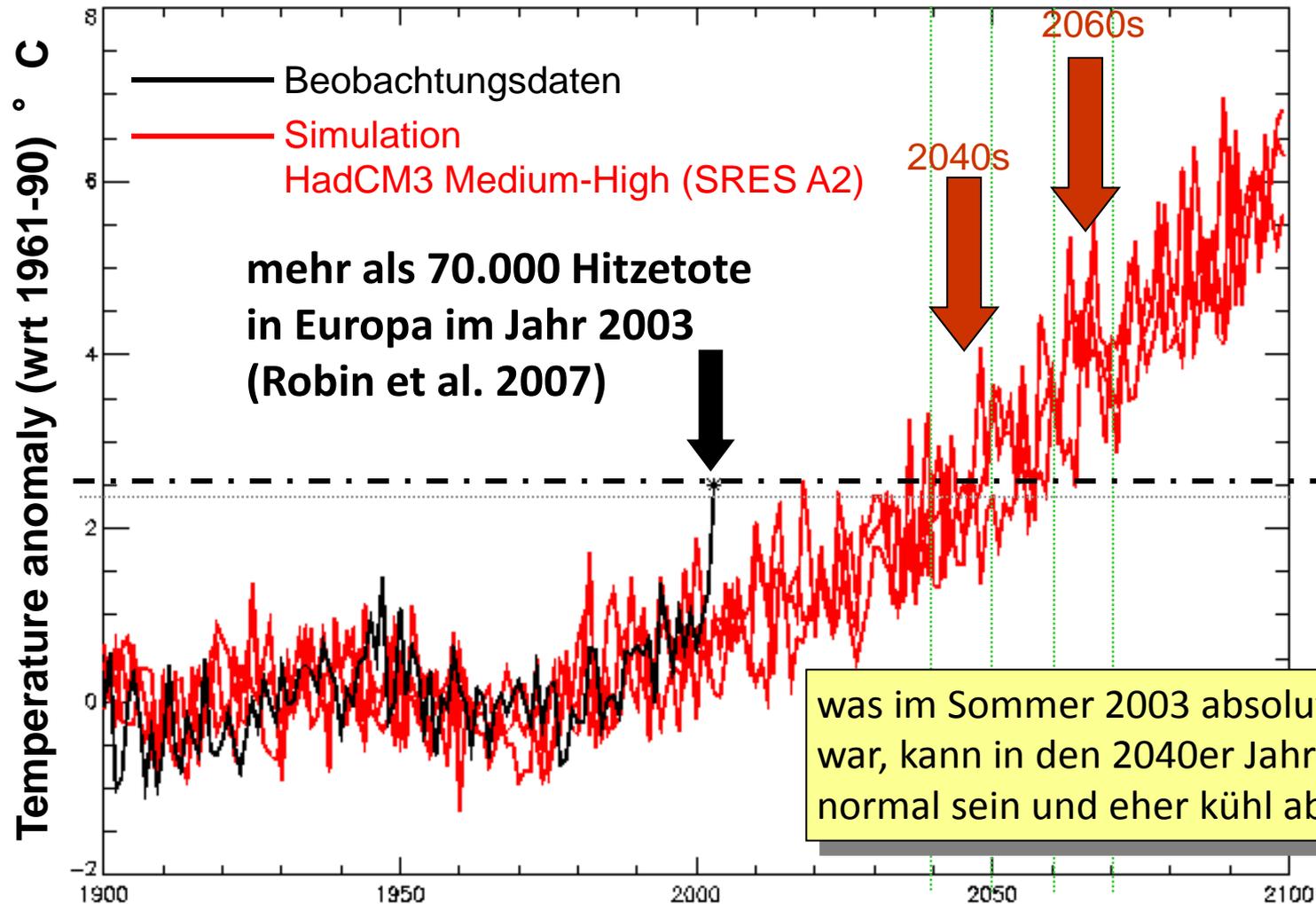
Hitzestress



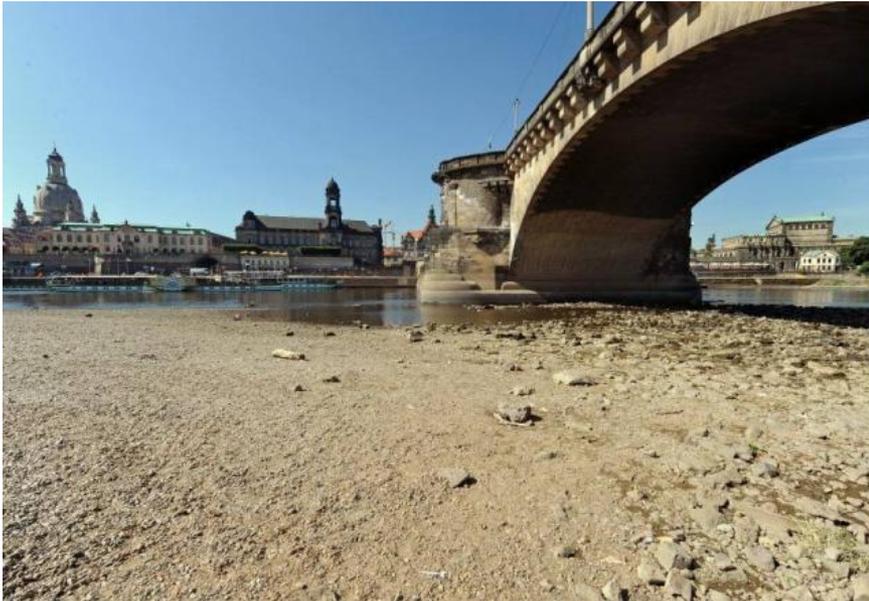
Kältestress

© 2007 Geo Risks Research, Munich Re

Zukünftige Sommertemperaturen in Europa ?



Extremwetter 2010: Sommer in Deutschland



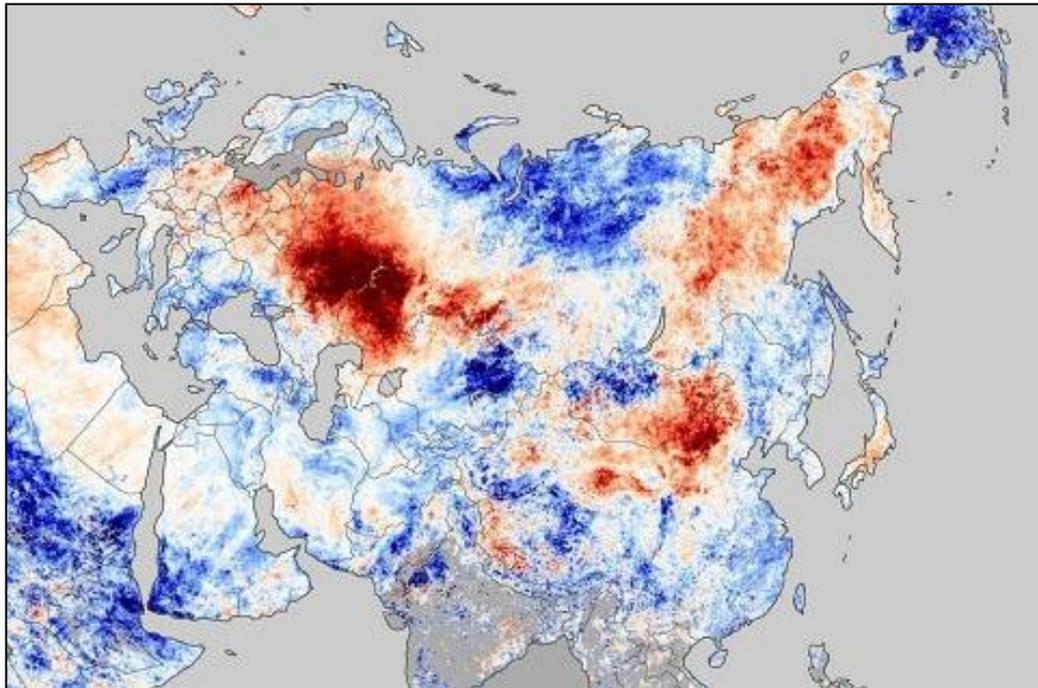
**Niedrigpegelstand der Elbe in Dresden,
Augustusbrücke am 12.07.2010**



**Hochpegelstand der Elbe in Dresden,
Augustusbrücke am 16.08.2010**

Extreme Hitze und Waldbrände in Russland 2010

- 2010: heißester Juli in Moskau seit Beginn der Aufzeichnungen vor 130 Jahren, ~ 56.000 Hitzetote, ~ 12 mio ha Wald in > 130 Bränden vernichtet,
- zu 80% wahrscheinlich dem Klimawandel zuzuschreiben (Rahmstorf et al., PNAS 2011)



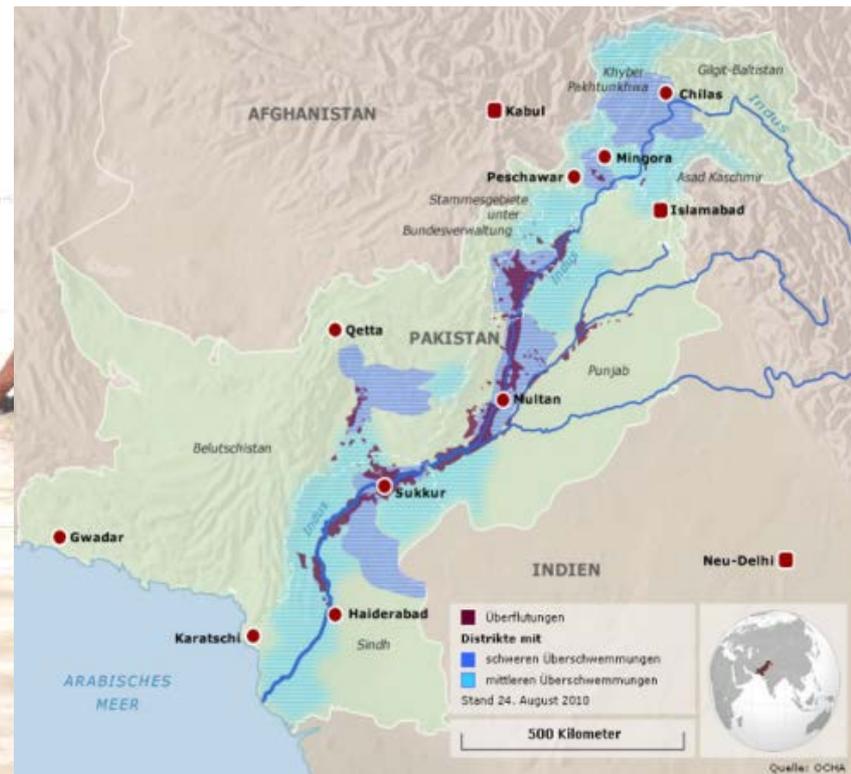
Land Surface Temperature Anomaly (°C)



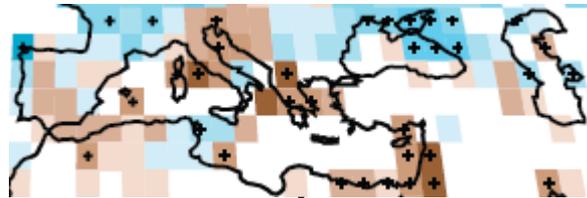
Temperaturdifferenz 20.-27.Juli 2010 zu 2000-2008

Extreme Überflutung in Pakistan 2010

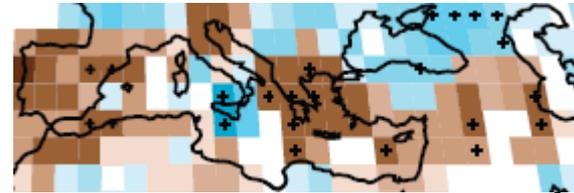
- Extrem starker Monsunregen ab Juli nach Rekord-Temperaturen von $53,5^{\circ}\text{C}$
- Niederschläge von 300 mm innerhalb von 36 Stunden.
- Überflutetes Gebiet bildet den größten Süßwassersee der Welt.
- Höchste Wasserstände des Indus im Norden des Landes seit 110 Jahren.
- Mehr als 20 Millionen Menschen obdachlos, über 1600 Todesopfer.



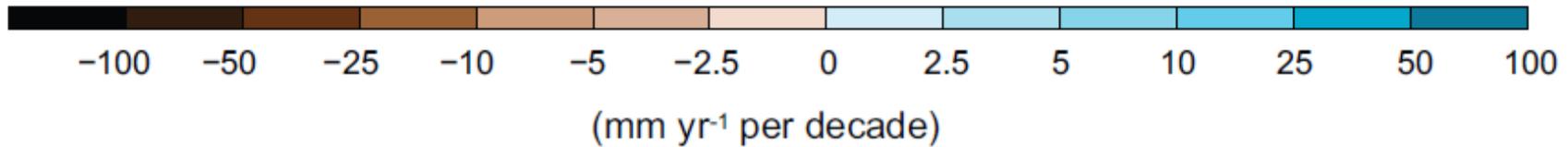
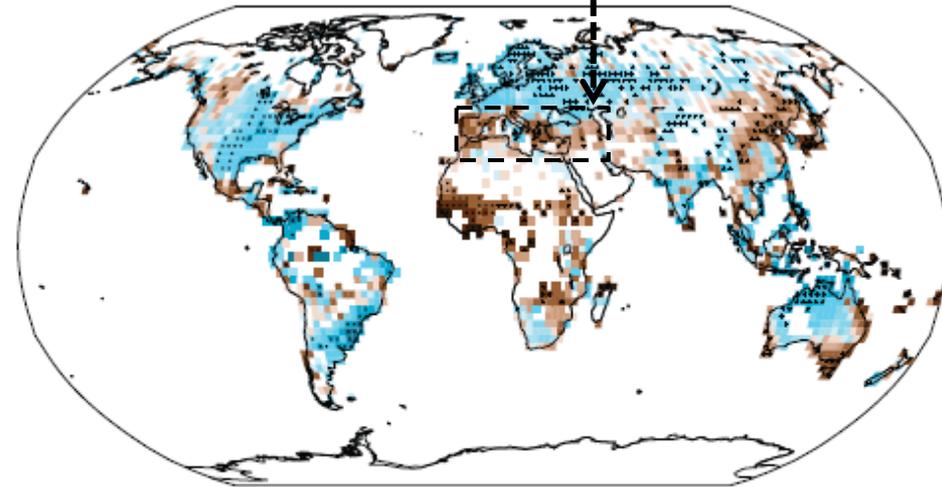
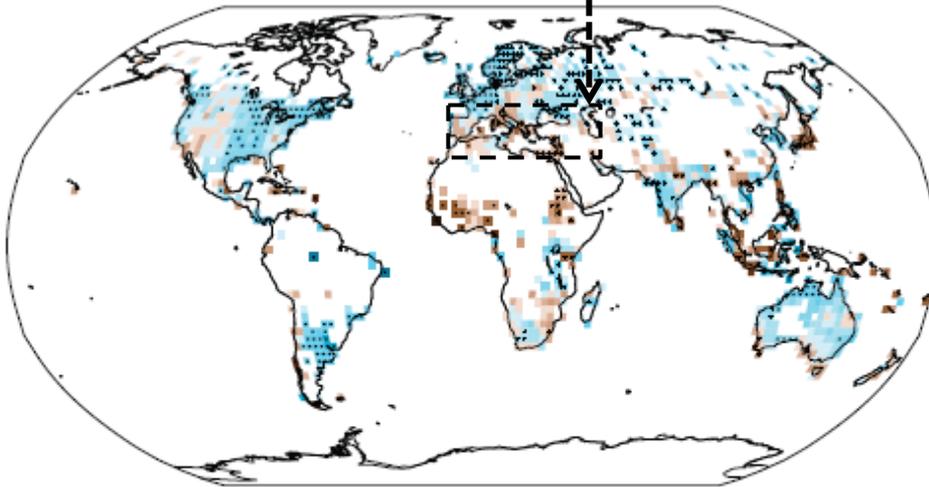
Beobachtete Veränderungen der Niederschläge



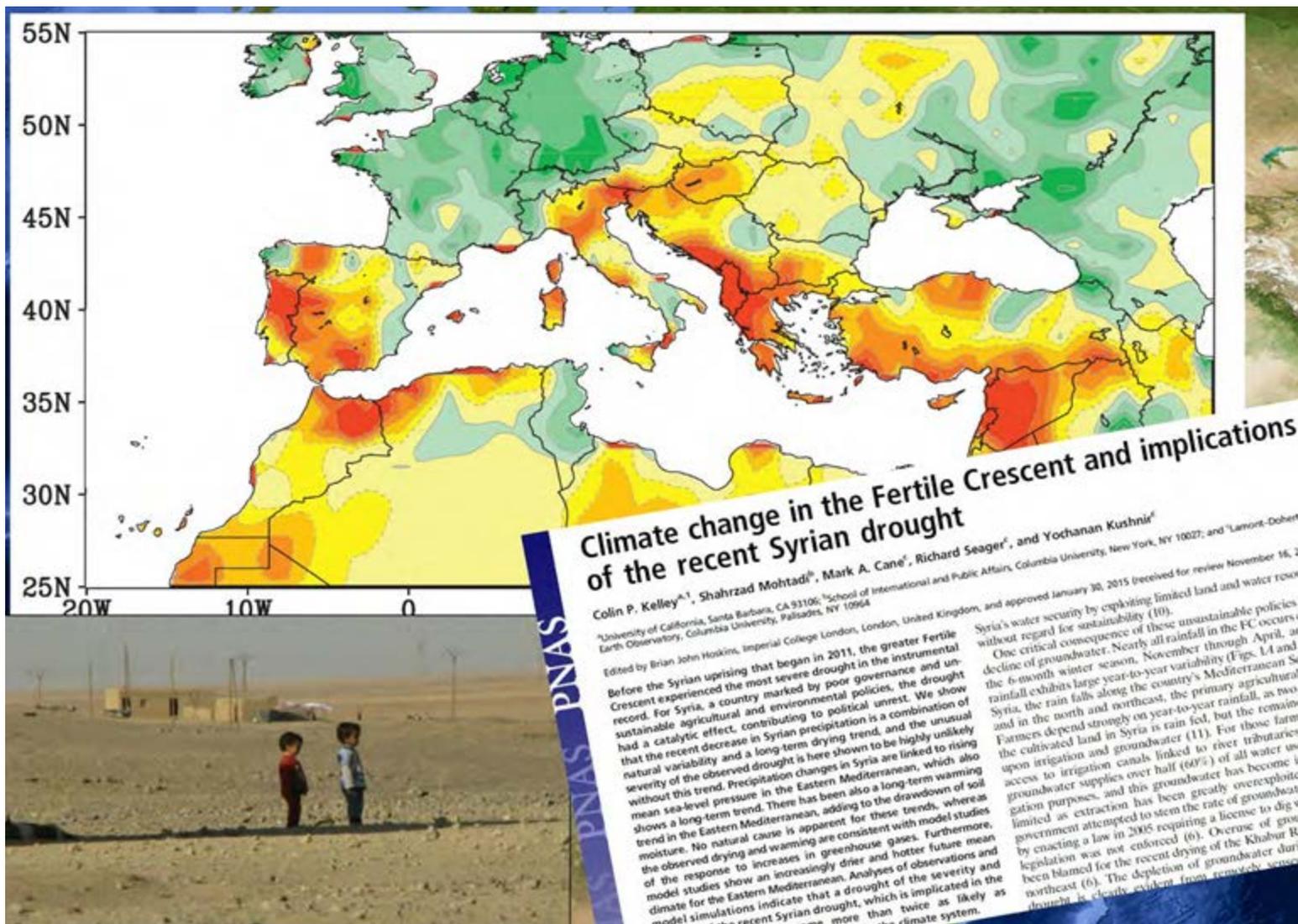
1901–2010



1951–2010

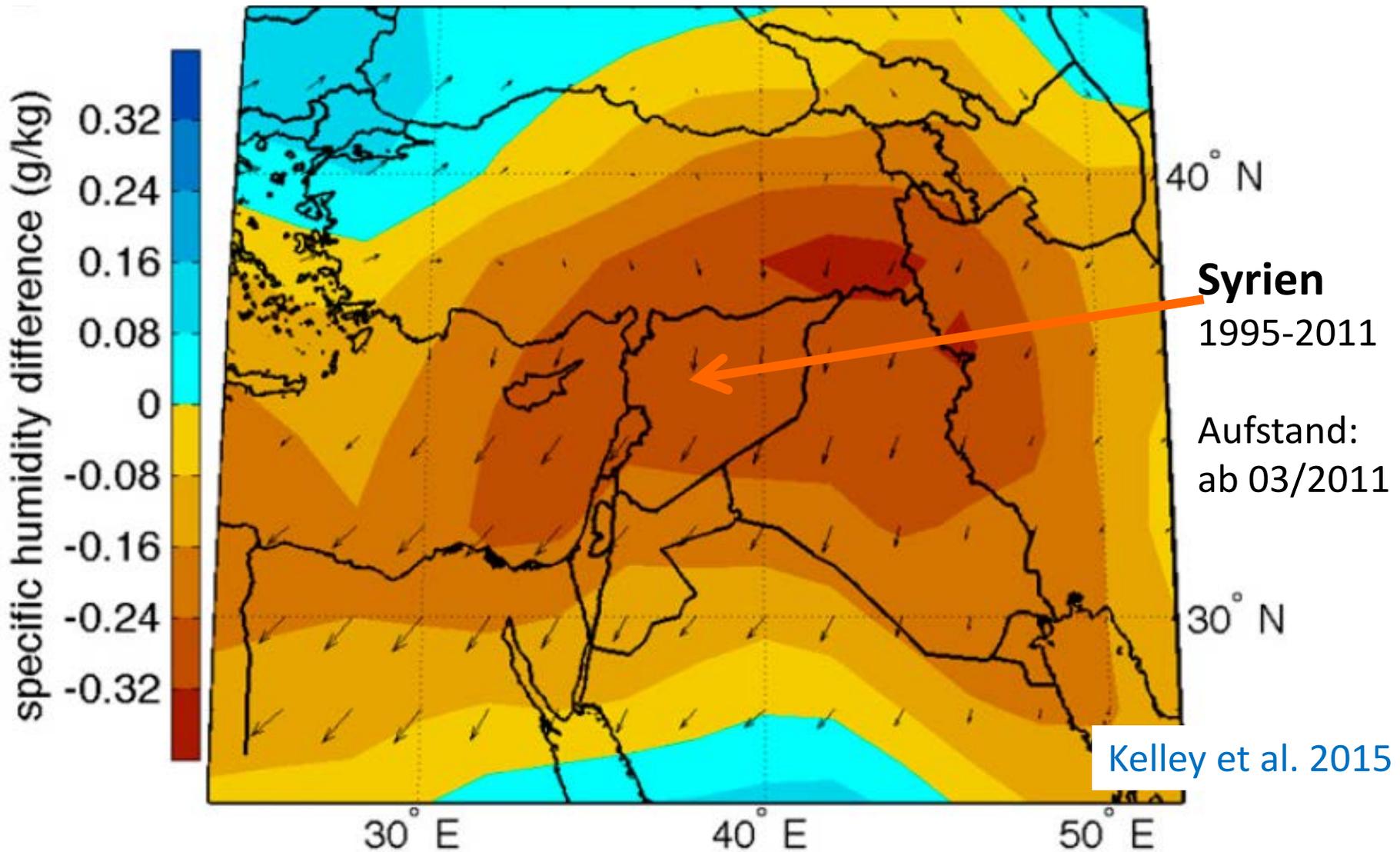


Der Einfluss des Klimawandels auf die Situation in Syrien

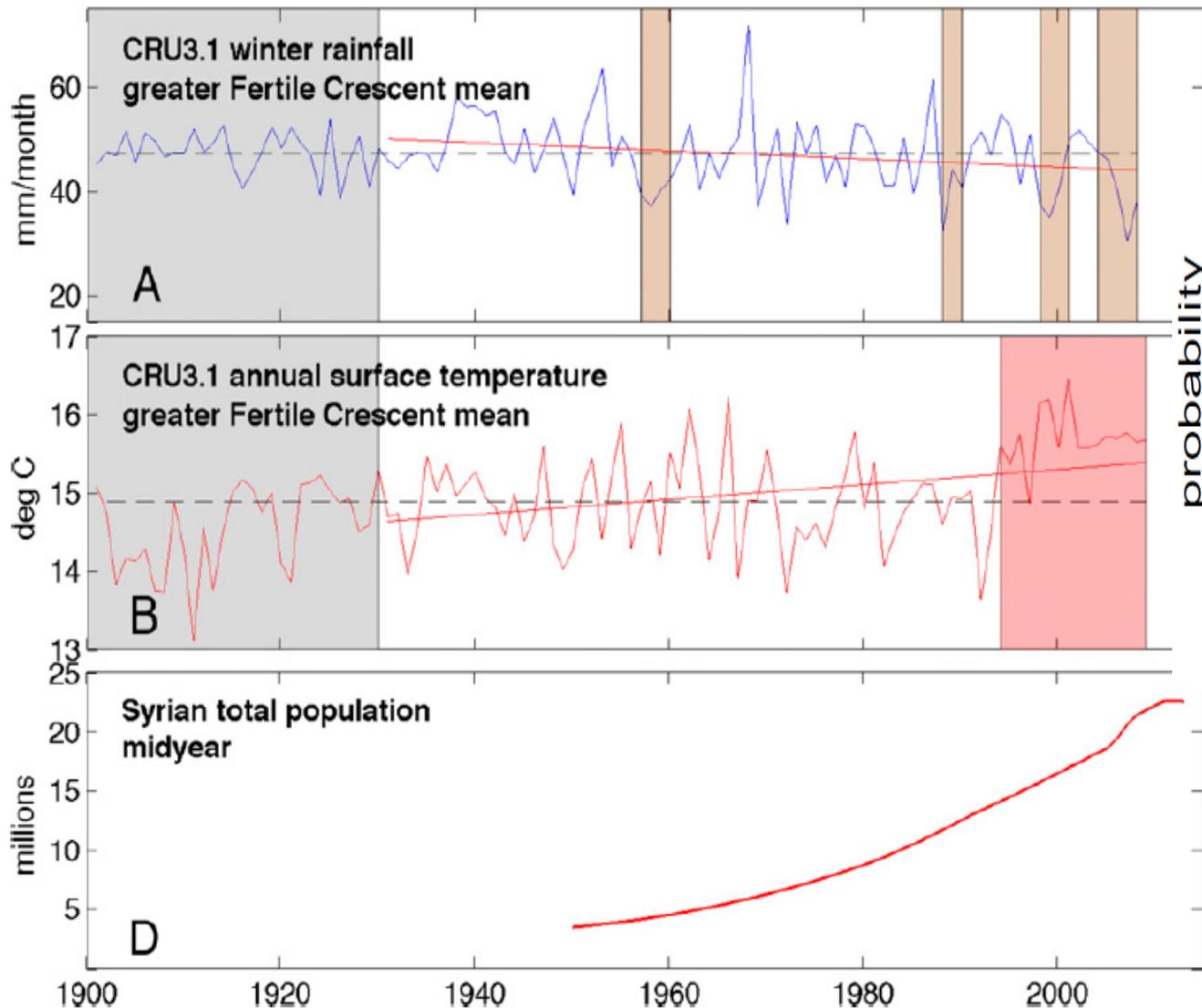


Kelley et al. 2015

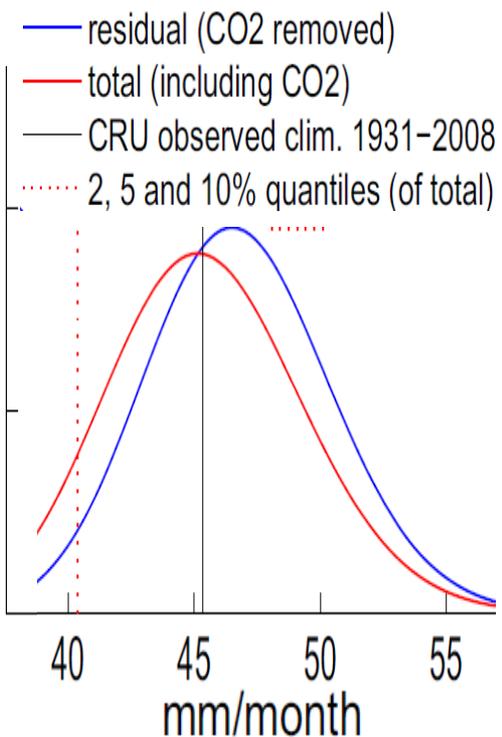
Naher Osten: trockene Jahre minus feuchte Jahre [1989-2008] minus [1931-1950]



Beispiel Syrien: Klimawandel, Politik(fehler) & Bevölkerung



Nachrechnung



Mit Vollgas in den Klimawandel?

I. Physikalische Grundlagen

1. Daten und Fakten zum aktuellen Klimawandel
2. Mögliche zukünftige Entwicklungspfade des Klimas

II. Mögliche Risiken und Auswirkungen

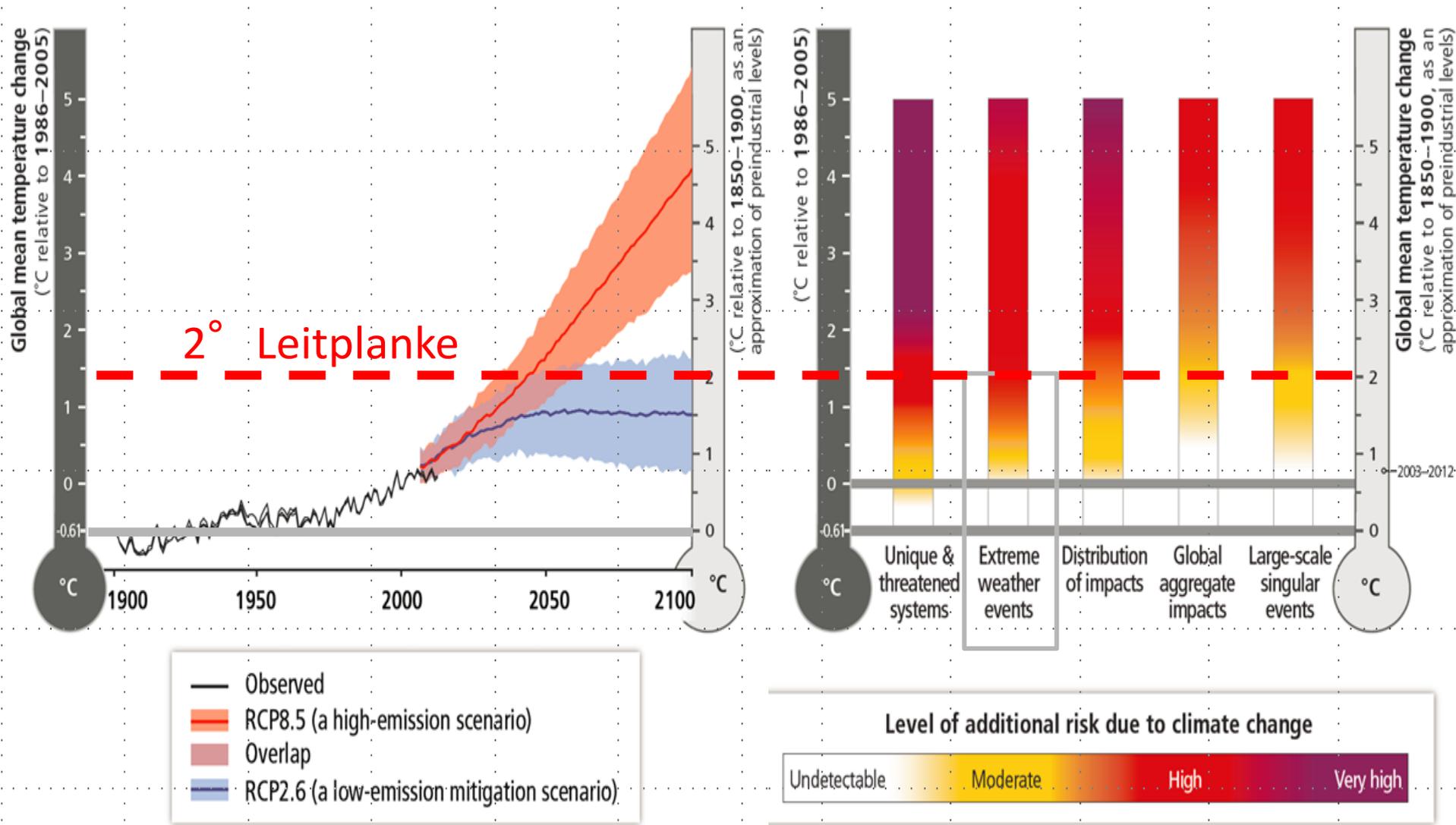
1. Naturräumliche Ursachen und Wirkungsmechanismen
Beispiele: Hochwasser und Hitze-/Dürreperioden
2. Quantitative und qualitative Unterschiede zwischen 1.5-Grad-, 2-Grad-, 4-Grad- oder gar 8-Grad-Welten

III. Mögliche Konsequenzen und Maßnahmen

1. Dekarbonisierung & 2. Anpassung an die Klimafolgen

IV. Fazit

Szenarien des Klimawandels & Risiken



Projektionen von Klimawirkungen in Europa (ausgewählte Beispiele)

	1°C	1.5°C	2°C	3°C	4°C	5°C
Hitze & Trockenheit		von ungewöhnlicher Hitze betroffene Landfläche 5%	10%	15%	50%	85%
Gesundheit			Hitzesommer wie in 2003 sind normal		Starke Zunahme an Hitzetoten	
Ernährung		Zunahme der Wachstumsperiode		Zunahme von Bodendegradation und Versalzung		
Energie		Leichte Zunahme der Wasserkraft		abnehmende Kapazitäten konventioneller Kraftwerke		regionale Abnahme der Wasserkraft
Wälder			Zunahme der Holzernte	Zunahme des Waldbrandrisikos		Starker Rückgang der Holzernte

Daten aus "Turn Down the Heat", Worldbank Report 3, PIK 2014

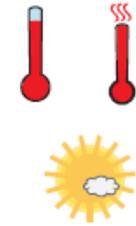


Risiken & Anpassungspotenzial in Europa (IPCC 2014)

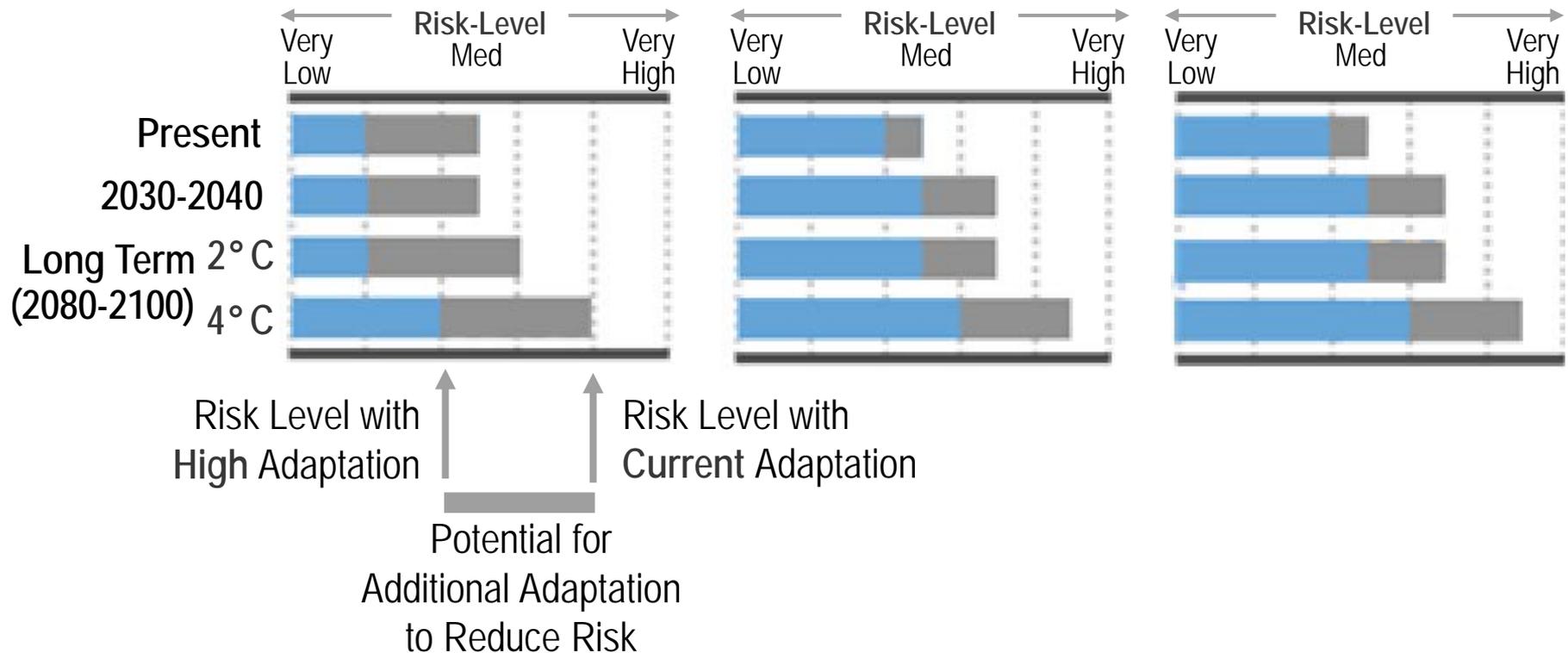


Increased Flood Losses and Impacts
(high confidence)

Increased Water Restrictions
(high confidence)



Increased Losses and Impacts from Extreme Heat Events
(medium confidence)



http://www.de-ipcc.de/_media/WG2AR5_SPM_FINAL.pdf

Oder
besser
unter
2° ?

IMPACTS

AT 1.5°C

AT 2.0°C



Most terrestrial and marine species would be able to follow the speed of climate change

The rate of climate change would become too rapid for some species to move sufficiently fast



Ocean acidification impacts would stay at moderate level and up to half of coral reefs may remain

The risks for mass coral bleaching would become very high



Sea level rise may remain below 1 m

Long-term sea level rise may exceed 1 m



Some Arctic sea ice may remain

Arctic summer sea ice will be further significantly reduced



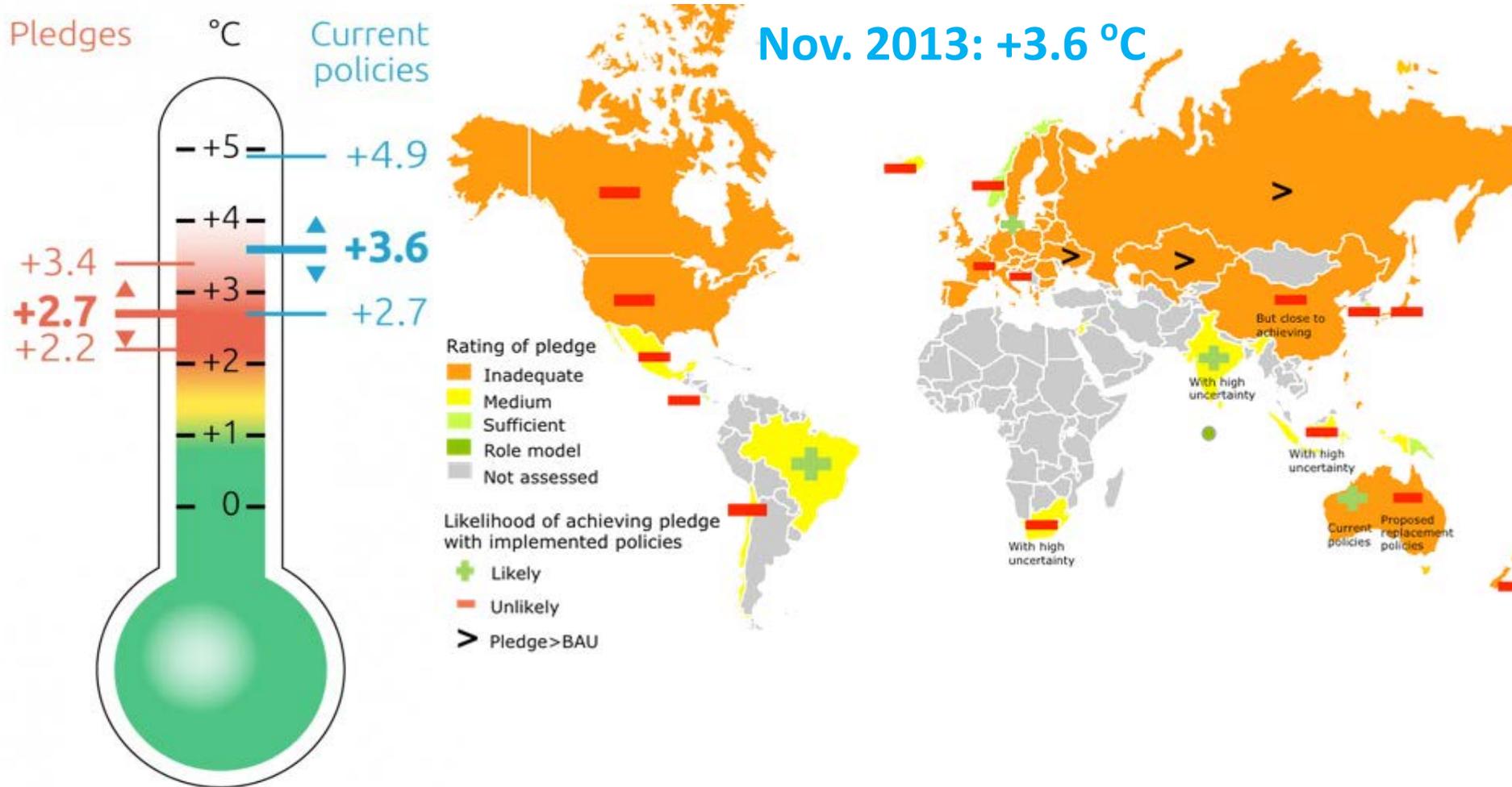
More scope for adaptation would exist, especially in the agricultural sector

Crop production would be at high risk with some potential for adaptation

Quelle: Schleussner & Hare (2015)

http://climateanalytics.org/files/briefing_sed_report.pdf

Freiwillige Vereinbarungen zu COP21, Paris 2015: +2.7 °C



<http://climateactiontracker.org/>

Mit Vollgas in den Klimawandel?

I. Physikalische Grundlagen

1. Daten und Fakten zum aktuellen Klimawandel
2. Mögliche zukünftige Entwicklungspfade des Klimas

II. Mögliche Risiken und Auswirkungen

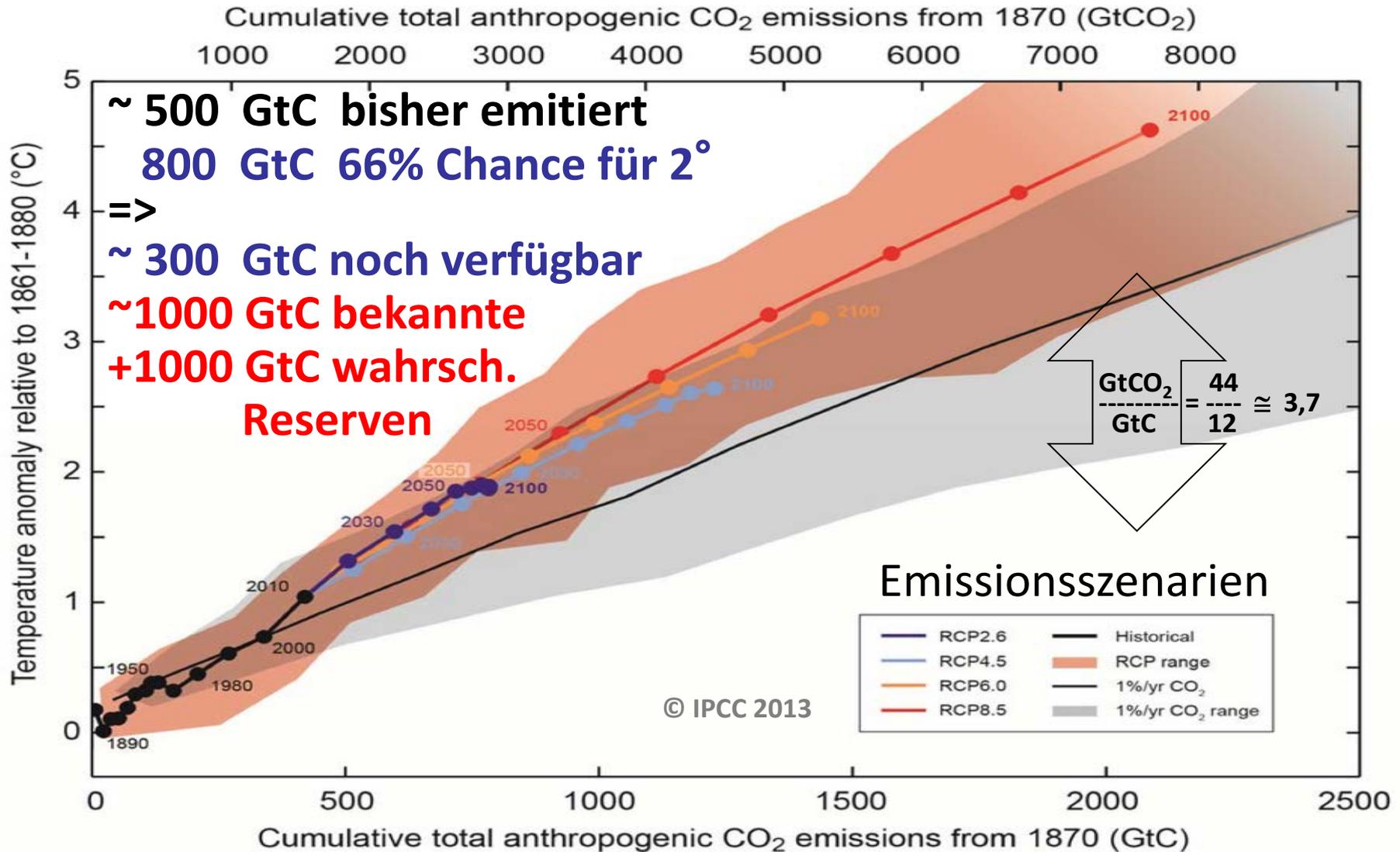
1. Naturräumliche Ursachen und Wirkungsmechanismen
Beispiele: Hochwasser und Hitze-/Dürreperioden
2. Quantitative und qualitative Unterschiede zwischen 1.5-Grad-, 2-Grad-, 4-Grad- oder gar 8-Grad-Welten

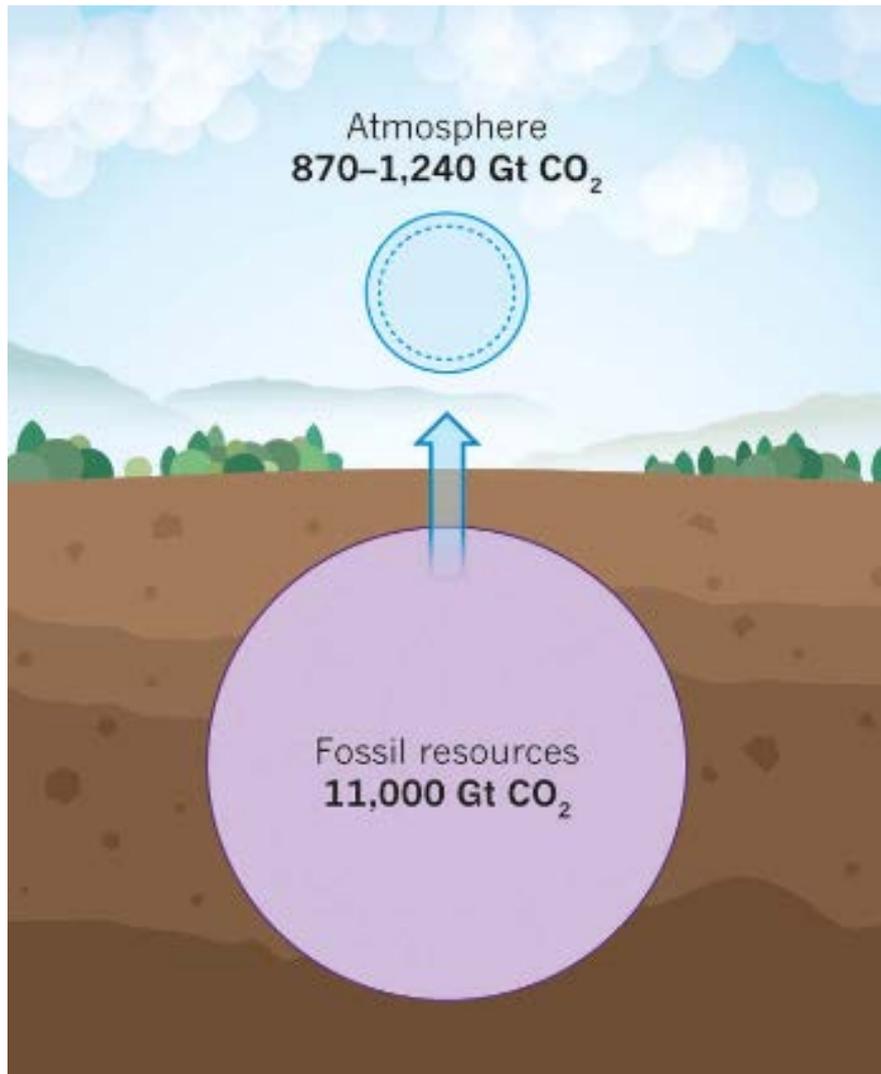
III. Mögliche Konsequenzen und Maßnahmen

1. Dekarbonisierung & 2. Anpassung an die Klimafolgen

IV. Fazit

um unter 2° C globaler Erwärmung zu bleiben, muss ein Großteil der fossilen Brennstoffe im Boden bleiben





Zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf unter 2°

müssen 80% der Kohle- & jeweils 40% der Gas- und Ölressourcen im Boden bleiben !

Bauer et al. (2014); Jakob, Hilaire (2015)

Mit Vollgas in den Klimawandel? Oder mit weniger Risiko runter vom Gaspedal!

III. Mögliche Konsequenzen und Maßnahmen

1. **Fossile Energieträger müssen großteils im Boden bleiben und CO₂ muss teilweise wieder aus der Atmosphäre raus**
2. **Erforderlich sind außerdem:**
 - **Regionale Anpassung und**
 - **Globaler Risikoausgleich**

Anpassung an den Klimawandel



<http://www.klimaanpassung.nuernberg.de>



<http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/anpassung-an-den-klimawandel/>

Raum-Strategien-Klimawandel

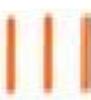
BBSR-Skizze als Diskussionsbasis (2013)

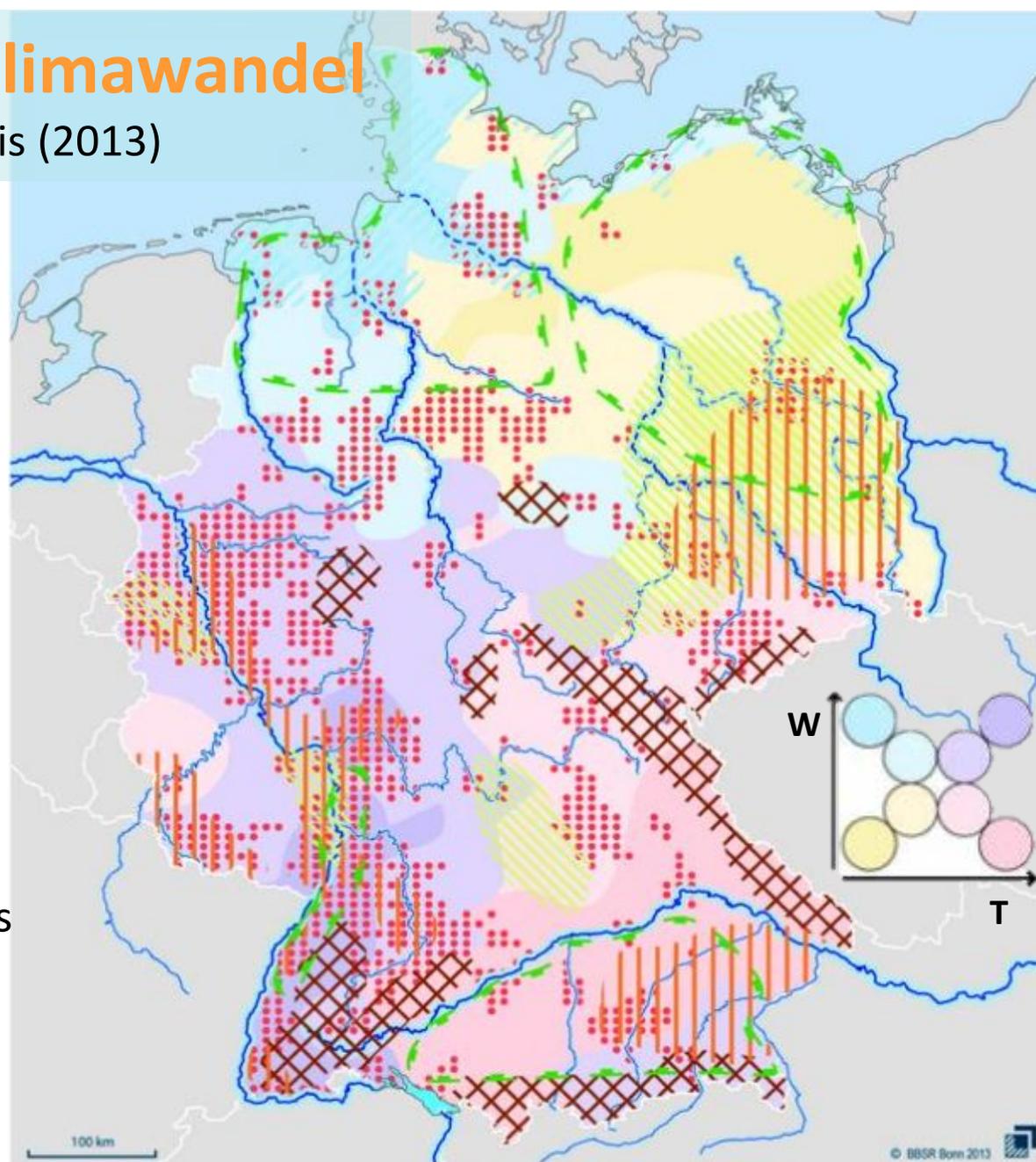
Anpassungsstrategien

a) gebietsbezogen:

-  Küstenschutz
-  Hochwasserschutz
-  Schutz der Berggebiete
-  Klimagerechte Infra- & Siedlungsstrukturen

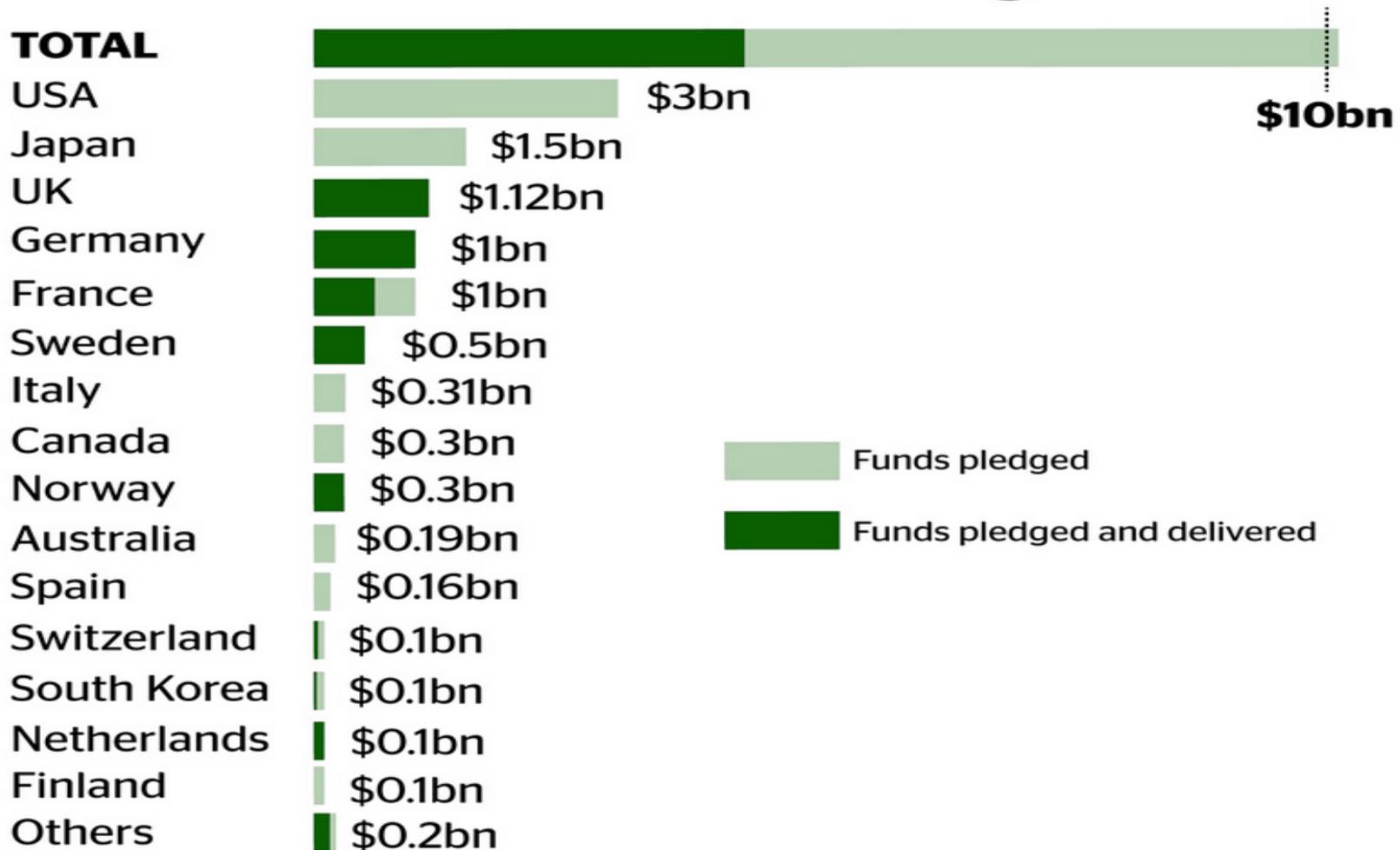
b) umweltbezogen:

-  Freiraumschutz für Klimafunktionen
-  Klimagerechtes regionales Wassermanagement
-  CO₂-Senkenmanagement, nachhaltige Landnutzung



Zusicherungen zum „Green Climate Fund“ (US\$)

Green Climate Fund Pledges



Daten (April 2015): <http://www.greenclimate.fund>

Fazit I: Zusammenfassung der Ergebnisse des Weltklimarats (IPCC) 2013/2014

- I. Der fünfte Sachstandsbericht (AR5) hat die bestehenden Erkenntnisse zum derzeitigen Klimawandel und dem Einfluss der anthropogenen Treibhausgasemissionen bekräftigt und weiter konkretisiert.
- II. Verstärkt sich der Klimawandel in den kommenden Jahrzehnten weiter, nimmt Hitzestress zu, Extremereignisse werden voraussichtlich häufiger und führen zu stärkeren negativen Folgen: Risiken bestehen z.B. durch Extremtemperaturen, Dürreperioden, Stürme und Überflutungen.

⇒ Anpassung an den Klimawandel ist notwendig!

- III. Aber: eine Begrenzung unter Zwei-Grad ist nötig und machbar
– mit technologischem und institutionellem Wandel!

⇒ der Ausstieg aus fossilen Energien ist dringend geboten!



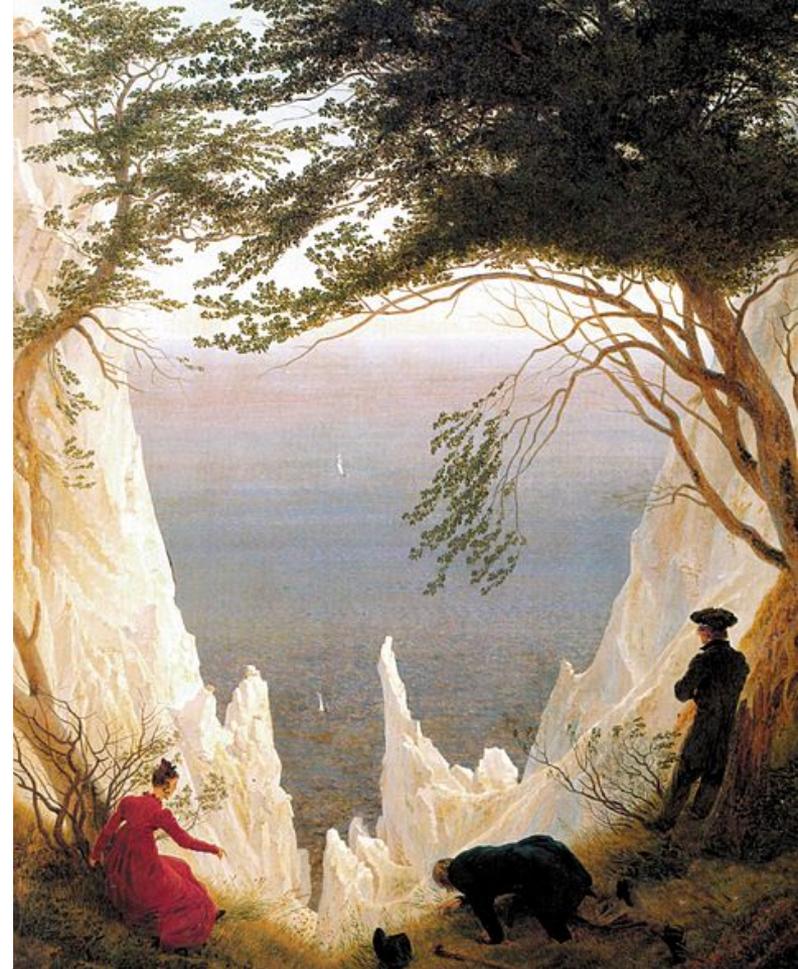
Fazit II: Was bedeutet der Klimawandel für uns?

- **Es hängt von der Umsetzung des Paris-Abkommens ab:**
a) sehr ambitioniert (1,5° / 2°) b) mittelmäßig (vor Paris) (3° / 4°) c) keine Umsetzung (> 4°)
Folgen global beherrschbar / bei uns noch beherrschbar? / kaum beherrschbare Folgen
- **Zu erwarten sind mehr Schäden durch extreme Wetterereignisse, wie Starkregen, Hochwasser, Stürme, Hagel und Hitze/Dürre.**
- **Schäden in anderen Erdteilen betreffen uns auch, durch unsere Export-/Importabhängigkeit sowie durch mehr Klimaflüchtlinge**
- **Für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands brauchen wir bis ca. 2040 den Ausstieg aus den fossilen Energieträgern**
- **Insgesamt brauchen wir weitere Investitionen in Klimaschutz, Erneuerbare Energien und Anpassung an die Klimafolgen. Gut gemacht bringt dies positive wirtschaftliche Entwicklungen.**

Schlussbemerkung

Der aktuelle Klimawandel ist ein Test, ob der *Homo sapiens* intelligenter ist, als die vielen Mikroben, die vor uns das Klima der Erde entweder als „Heizer“ oder „Kühler“ beeinflussten und damit ihrem Tun zum Opfer fielen.

Mit herzlichem Dank für
Ihre Aufmerksamkeit und Ihre
Fragen & Anmerkungen



Kreidefelsen auf Rügen
(Caspar David Friedrich, 1818)

Kasting, J. F. (2004) "Als Mikroben das Klima steuerten." *Spektrum* 9: 62-68.
<http://www.spektrum.de/magazin/als-mikroben-das-klima-steuerten/839578>

Bücherempfehlungen

