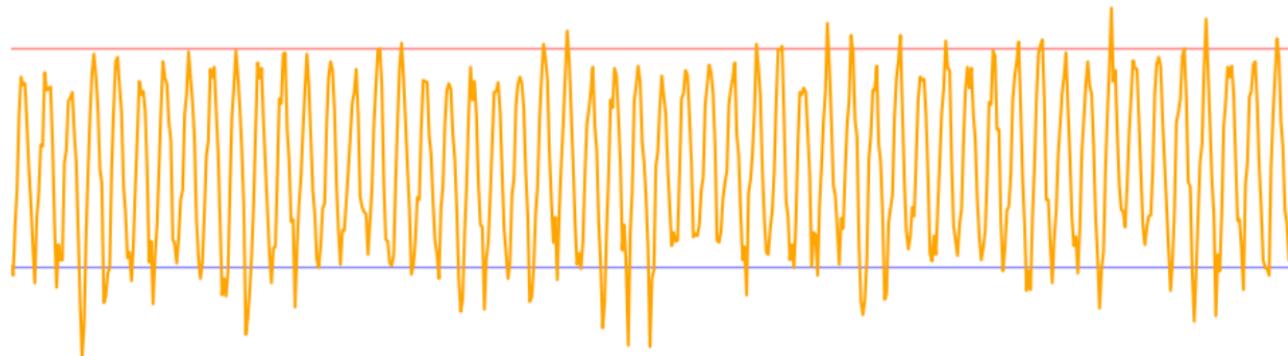


Klimavariabilität und Extremereignisse

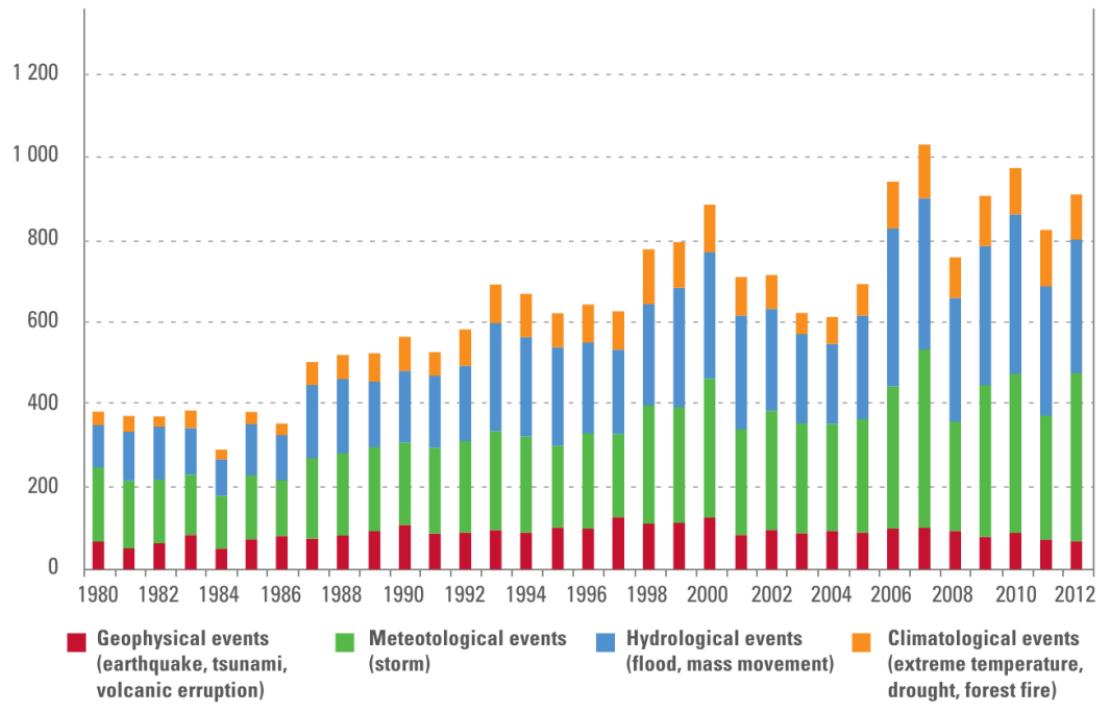
P. Hoffmann



Contents

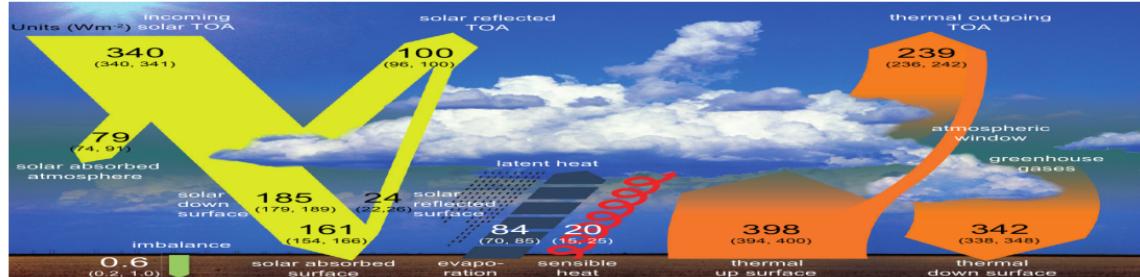
1	Klimadiagnostik	4
1.1	Strahlungshaushalt	5
1.2	Atmosphärische Zirkulation	15
1.3	Lokale Klimaänderungen	22
2	Extremereignisse	24
2.1	Großskalig	25
2.2	Kleinskalig	31
3	Modellketten	33
3.1	Wettervorhersage	34
3.2	Klimaprojektion	38
4	nahe Zukunft	39

Anzahl weltweiter Naturkatastrophen



Münchener Rück

1. Klimadiagnostik

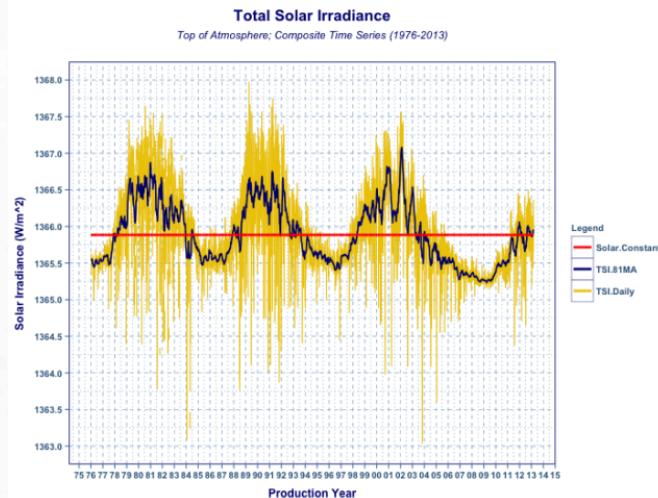
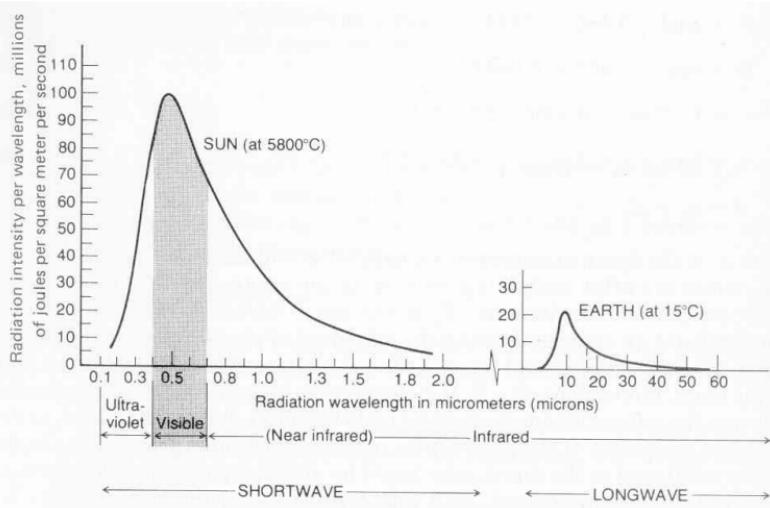


IPCC, AR5

Extra-terrestrisch	Strahlungshaushalt	atm. Zirkulation	Ozean
solare Aktivität	CO ₂ Konzentration	Passatwind, Monsune	Meeresoberflächentemp.
Erdbahnparameter	Wasserdampf	Innertropische Konvergenzzone	Salzgehalt
	Wolken	Planetare Wellen	Meereis
	Aerosole	Jetstreams	Meeresspiegel
	Albedo	Polarwirbel	
	Temperatur	Extremergebnisse	
		ENSO	
		Klimafeedbacks	

1.1. Strahlungshaushalt

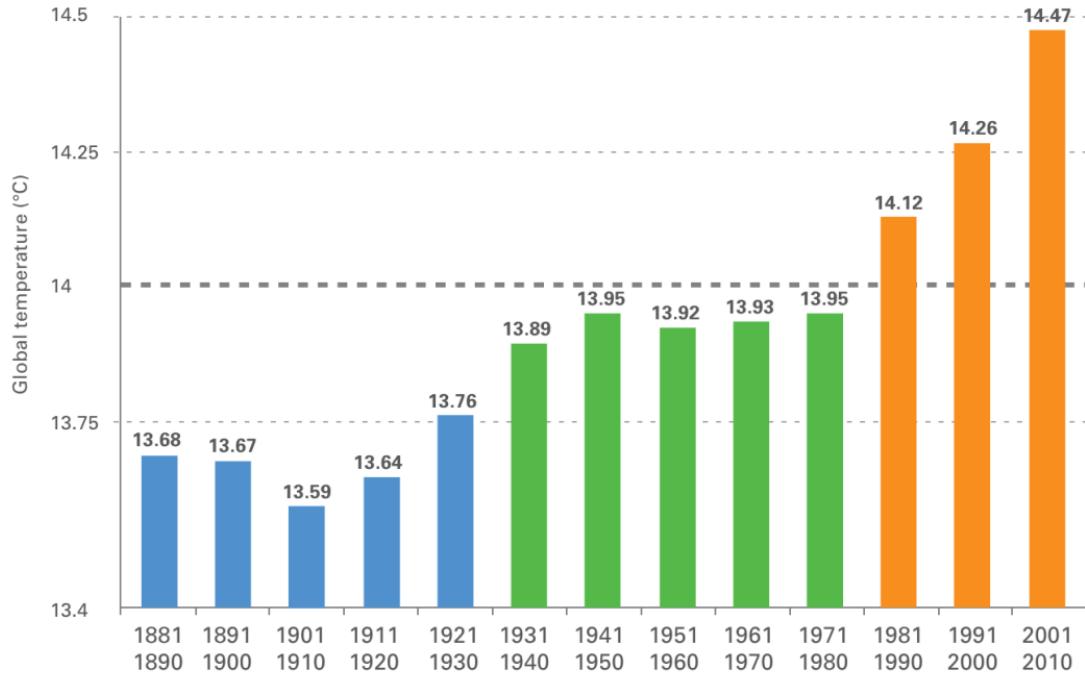
Variation der Solarkonstante



<http://bxhorn.com>



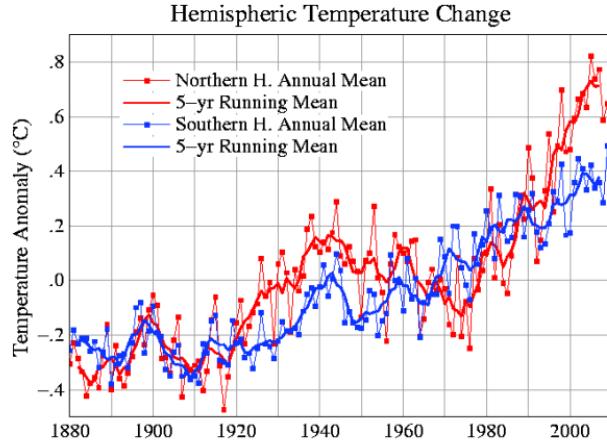
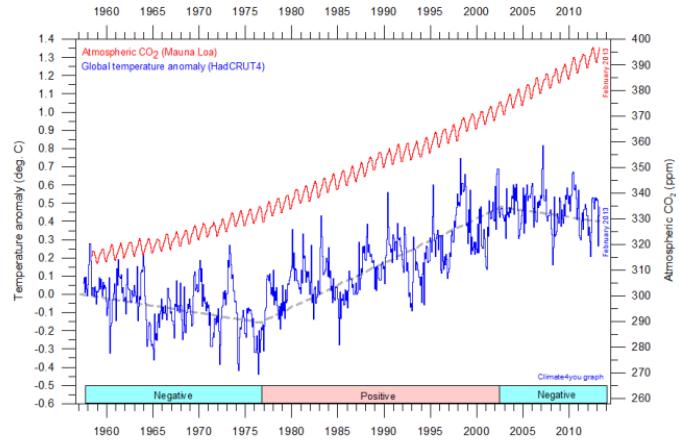
Oberflächentemperatur



WMO 2012

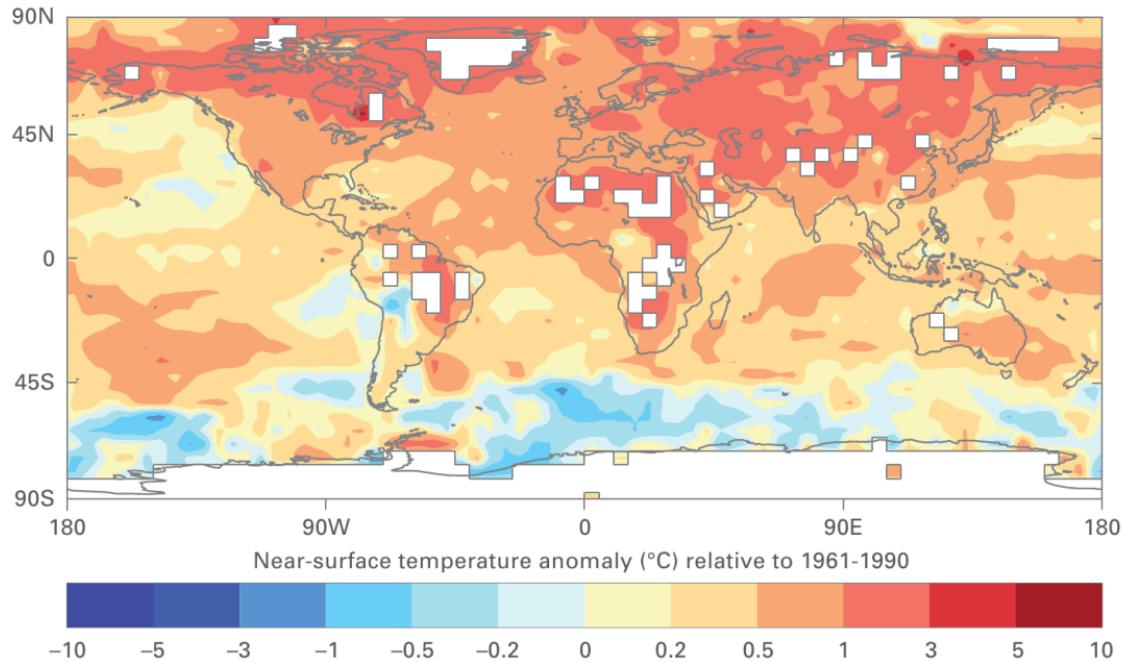


CO₂ Konzentration & Temperatur



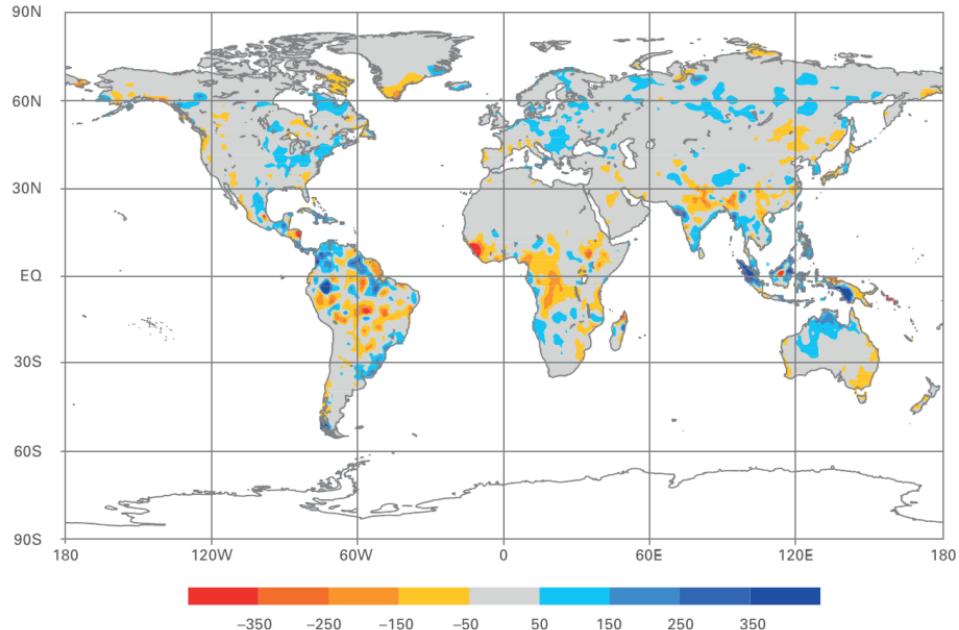
- ⇒ komplexe Rückkopplungsmech. zwischen Strahlungsantrieb und globaler Erwärmung
- ⇒ stärkstes Änderungssignal über den Kontinenten der Nordhemisphäre (rot)

Temperaturänderung (K): 2001-2010



WMO 2012

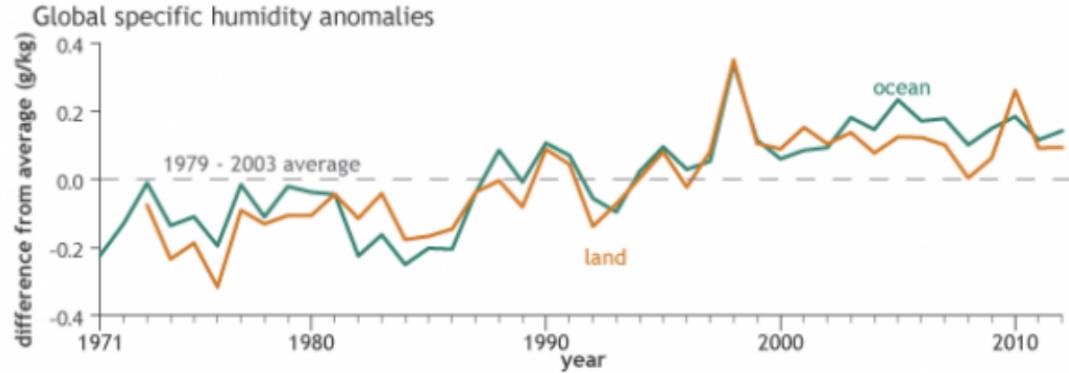
Niederschlagänderung (mm): 2001-2010



bzgl. 1951-2000

WMO 2012

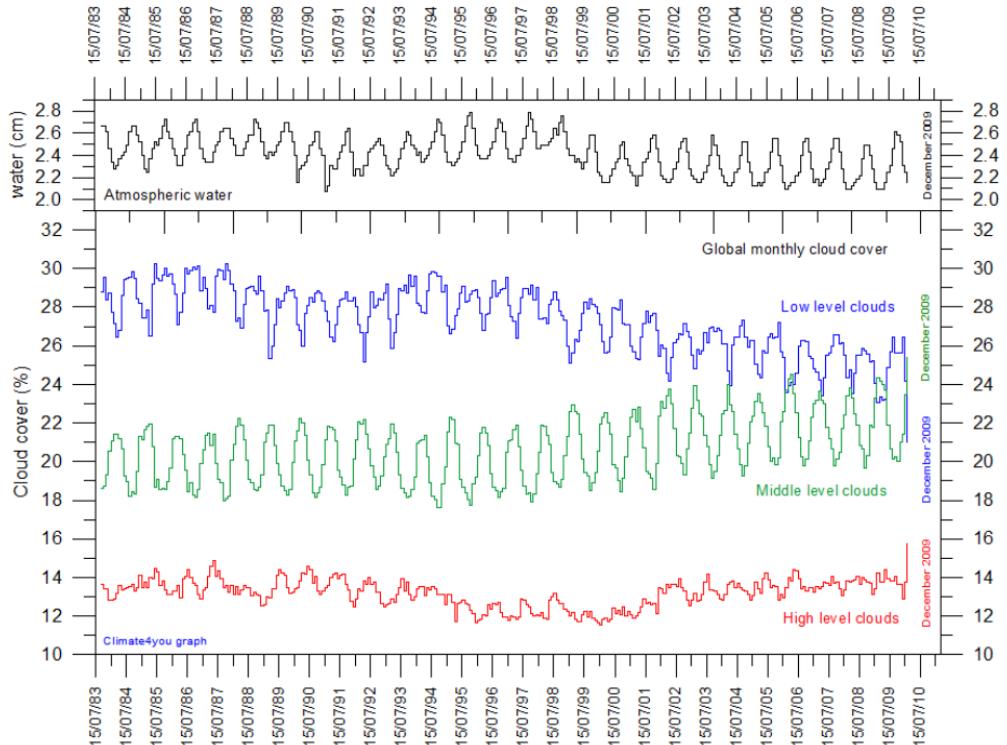
Feuchte (relative/spezifisch)



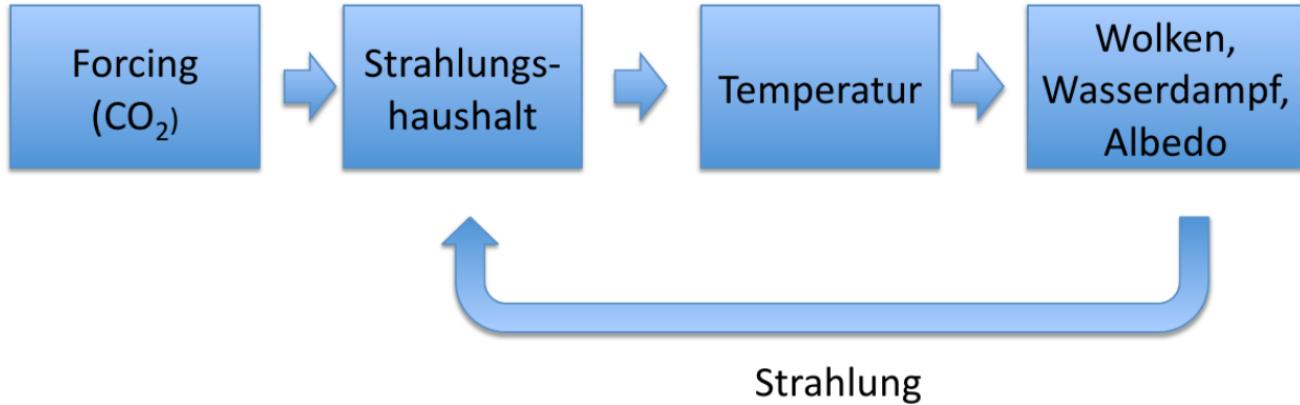
Willet et al. 2013

$p=1000\text{hPa}$		
	$T=20^\circ\text{C}$	$T=22^\circ\text{C}$
$q=10.0\text{g/kg}$	68.5%	60.4%
$q=10.2\text{g/kg}$	69.6%	61.6%
spez. Feuchte	relative Feuchte	

Wolkenbedeckung



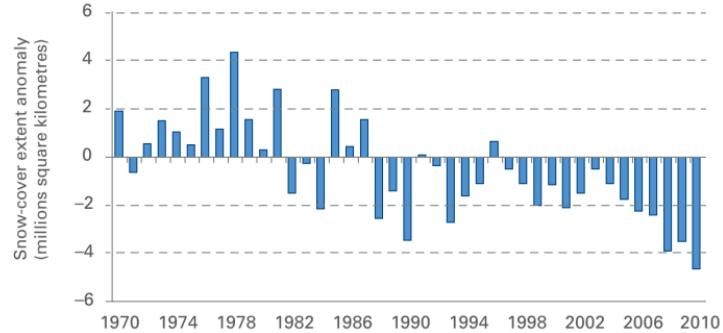
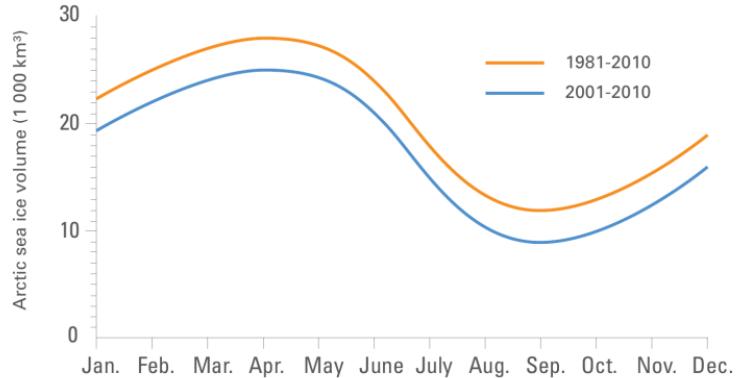
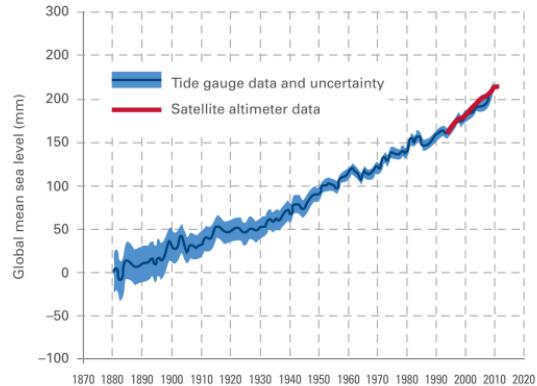
Klima-Wolken-Feedback



Ph. Kühne

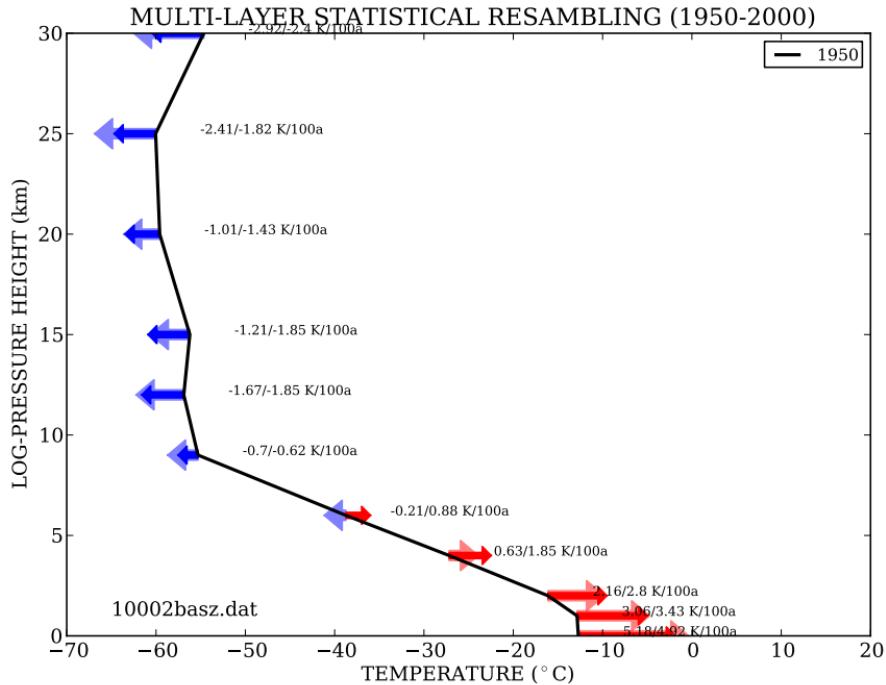
- ⇒ Wolken sind die größte Unsicherheit im Klimasystem
- ⇒ Sensitivitätsstudien mit Klimamodellen

Meeresspiegel, arkt. Meereis & Schneedeckung



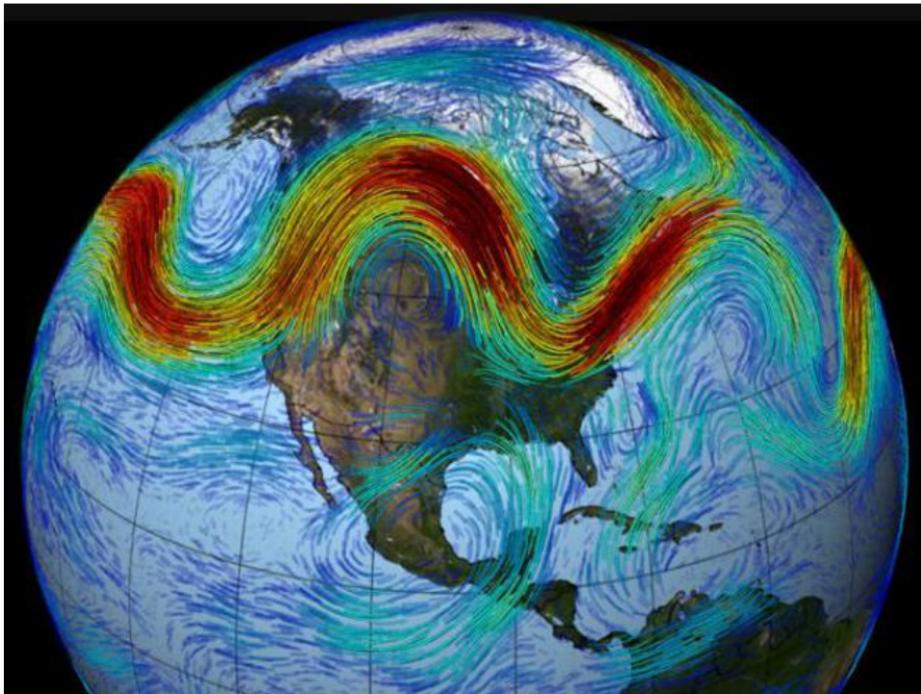
WMO 2012

Troposphäre/Stratosphäre:



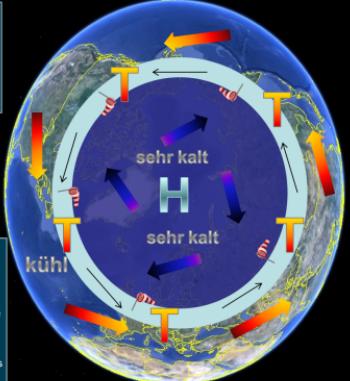
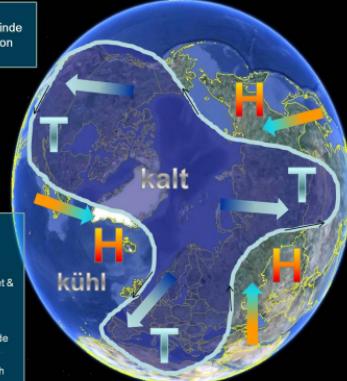
1.2. Atmosphärische Zirkulation

Planetare Wellen



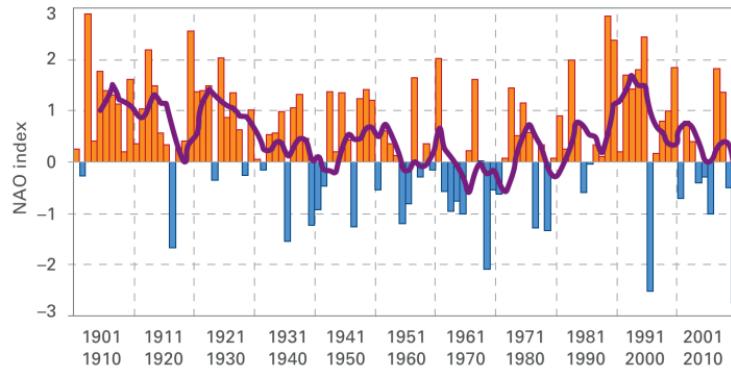
NASA

Polarwirbel (obere Troposphäre ca. 9km)

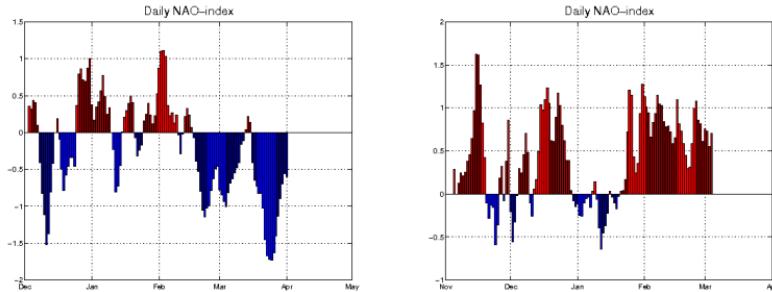
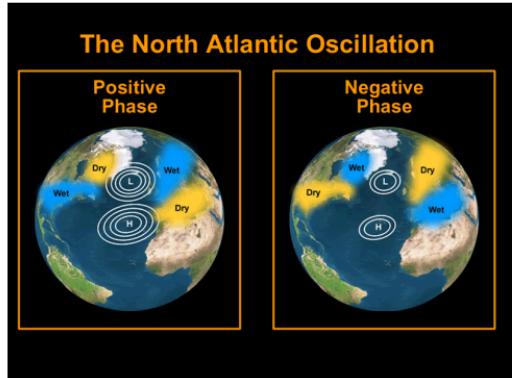
starker Polarwirbel	schwacher Polarwirbel
<p>Winterzirkulation in der oberen Troposphäre (300 hPa / 9 km): Starker Polarjet</p> <ul style="list-style-type: none">-> starker Polarjet-> starke zonale Winde-> zonale Zirkulation-> AO / NAO positiv-> große Temperaturgegensätze-> hohe Sturmgefahr <p>Legende</p> <ul style="list-style-type: none">→ starker Polarjet & Richtung→ sehr kalte Ostwinde→ milde WestwindeH thermisches polares KältehochT dynamisches Tief am Polarjet  <p>google earth</p>	<p>Dominierende Winterzirkulation der kommenden Jahrzehnte I:</p> <ul style="list-style-type: none">-> schwächerer Polarjet-> schwache zonale Winde-> meridionale Zirkulation-> AO / NAO negativ <p>Legende</p> <ul style="list-style-type: none">→ Rossbywelle über Europa→ schwächerer Polarjet & Richtung→ kalte Nordwinde→ rel. milde SüdwindeH blockierendes thermisches Hoch im HöhenrückenT dynamisches Tief im Höhenzug  <p>google earth</p>
zonale Zirkulation	meridionale Zirkulation
starke Temperaturgegensätze	schwache Temperaturgegensätze
NAO ⁺	NAO ⁻

<http://wetter-observer.de>

Nord Atlantische Oszillation (NAO)



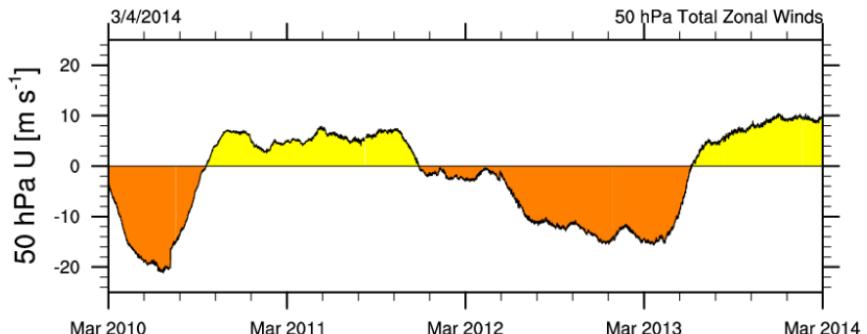
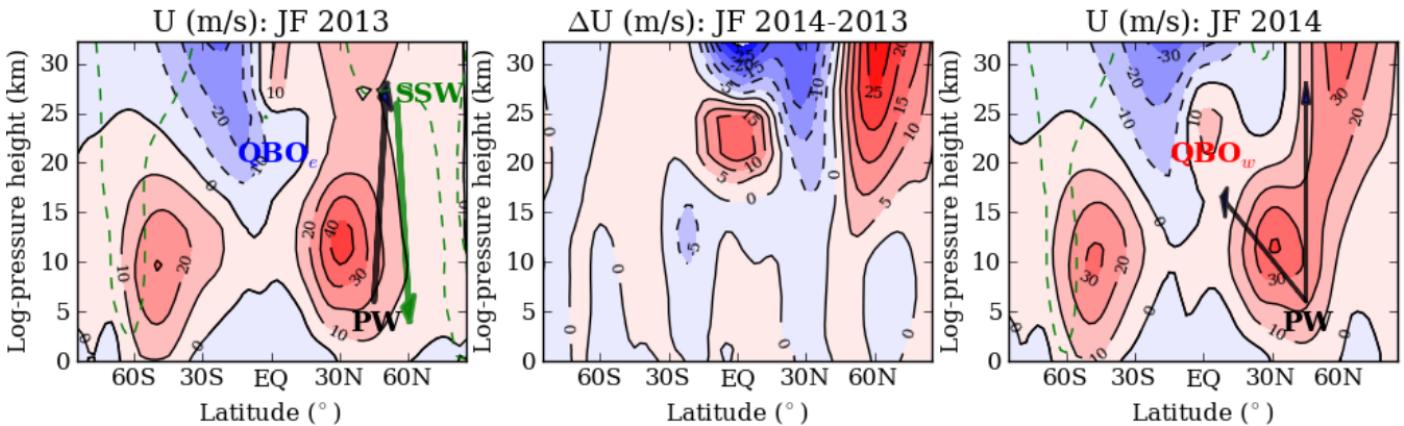
WMO



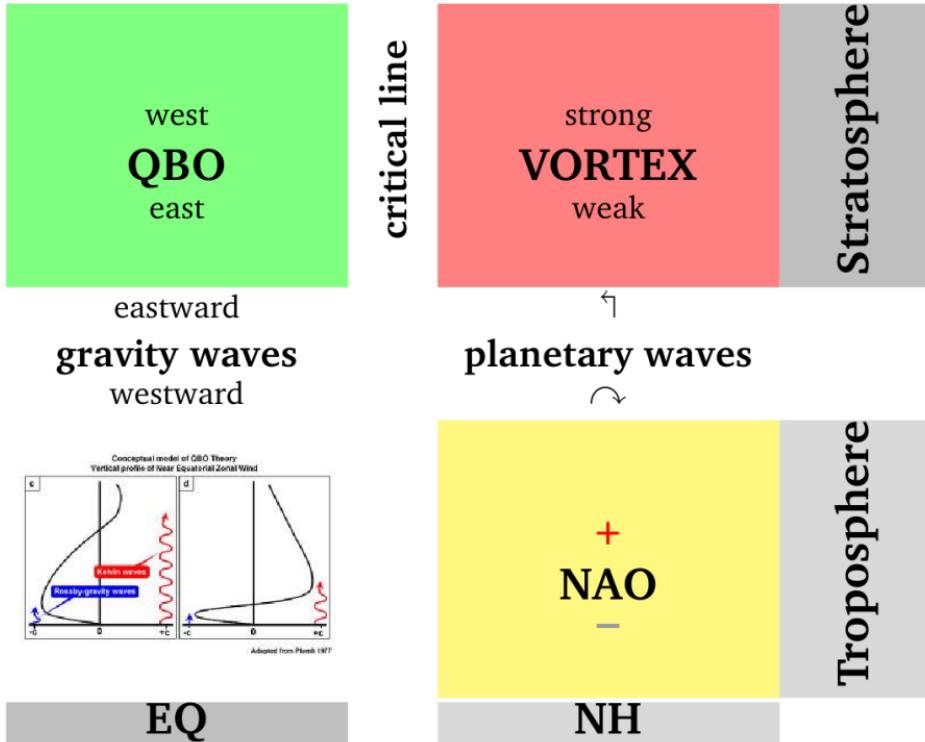
2013

2014

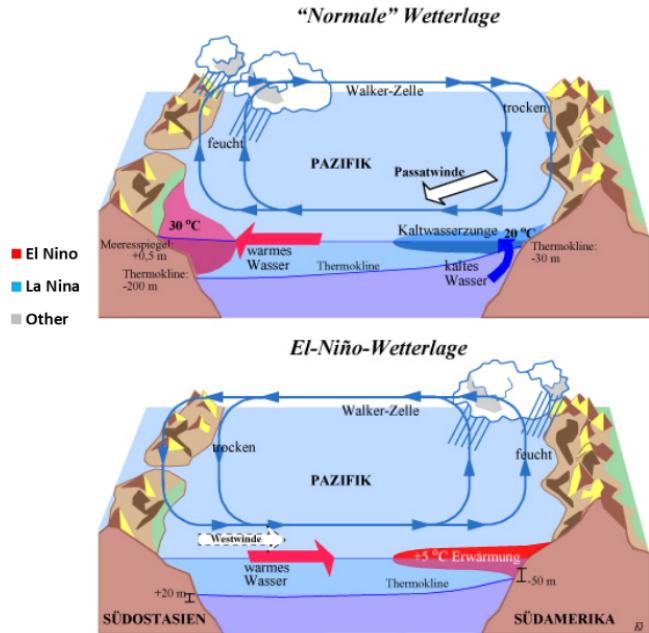
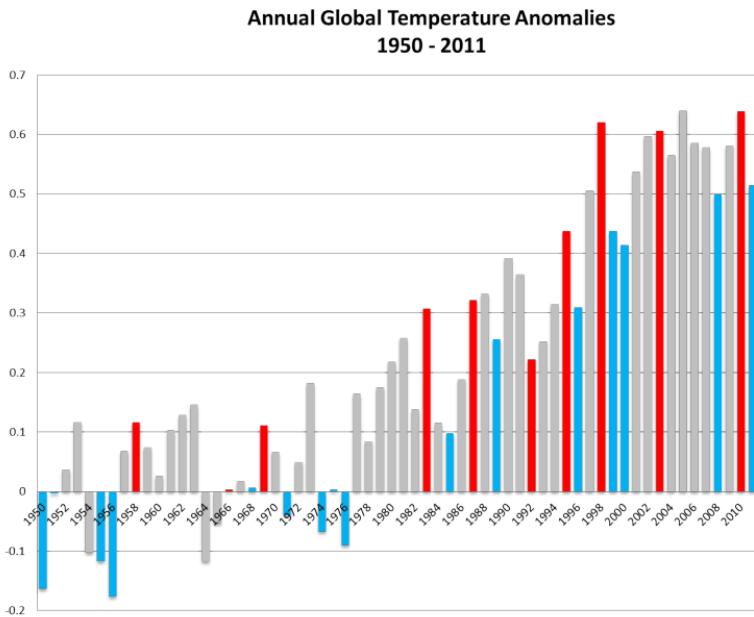
Zonalwind (Jets) & Quasi-Zweijährige Schwingung



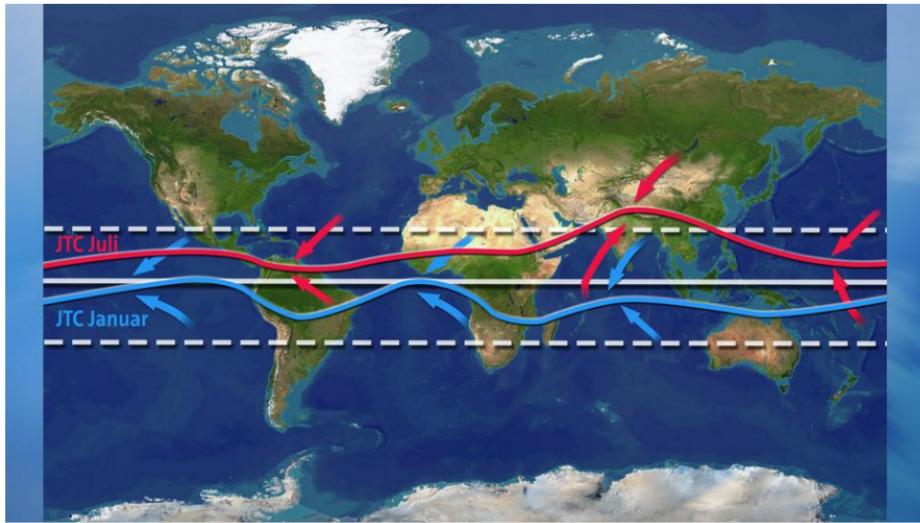
Kopplungsmechanismus im Winter



El-Niño & Temperaturanomalien



Innertropische Konvergenzzone (ITC) & Monsun

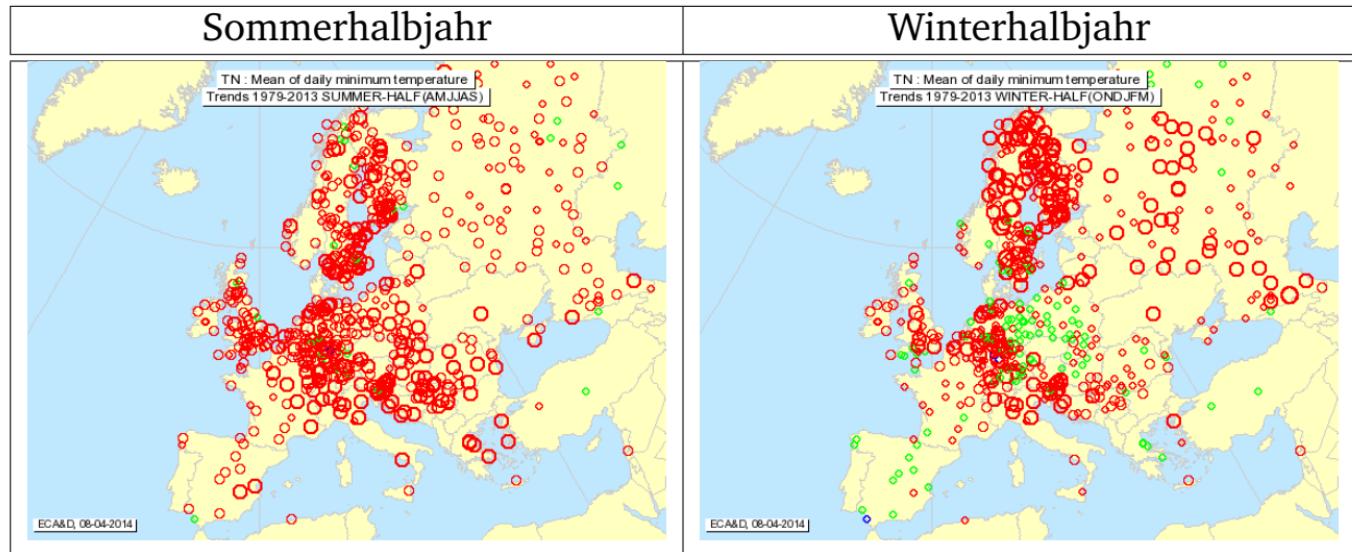


<http://wetter.tagesschau.de>



1.3. Lokale Klimaänderungen

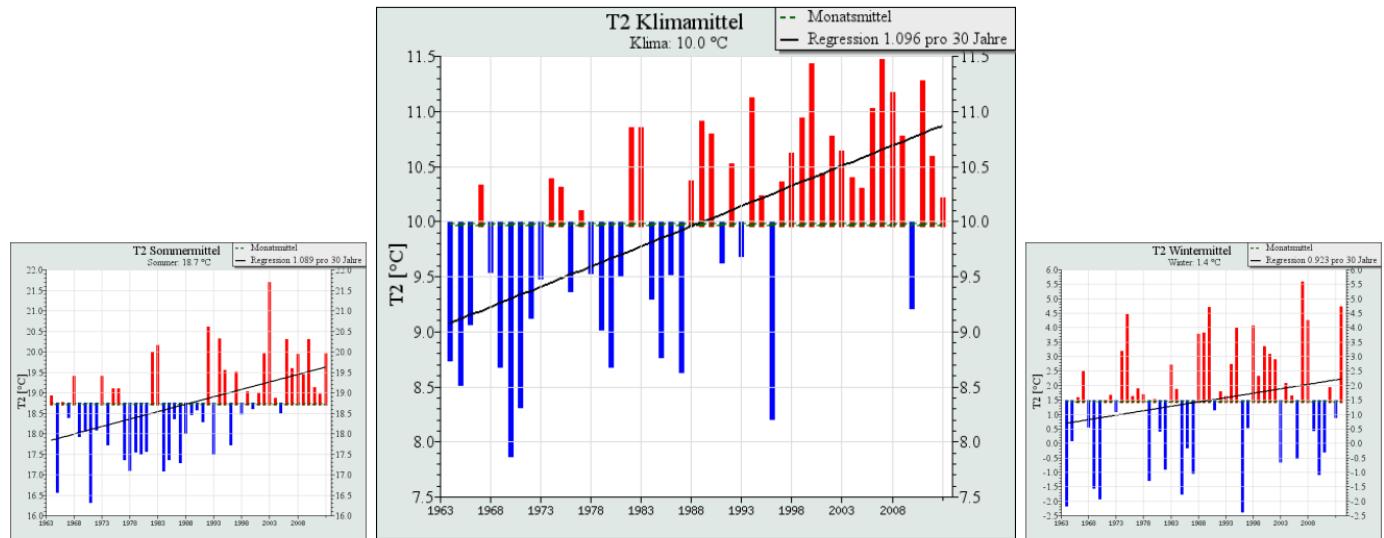
Europa:



KNMI

⇒ wiederkehrende Kälteeinbrüche in Osteuropa führen zu unsicheren Trendaussagen

Deutschland (Leipzig):

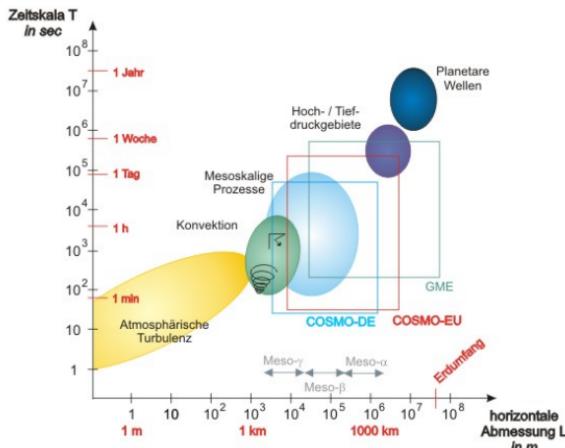


Leipziger Institut für Meteorologie

- ⇒ stärkere Erwärmung im Sommer als im Winter!
- ⇒ Winter unterliegt starken Schwankungen von Jahr zu Jahr

2. Extremereignisse

Skalen atmos. Prozesse		Niederschlagsrekorde		
Intervall	Niederschlag	Datum	Ort (Land)	
1 min	38 mm	26.11.1970	Barot (Guadeloupe)	
3 min	63 mm	29.11.1911	Porto Bello(Panama)	
8 min	126 mm	25.05.1920	Füssen (Deutschland)	
20 min	206 mm	07.07.1889	Curtea-de-Arges (Rumänien)	
1 Std.	401 mm	03.07.1975	Shangdi (China)	
6 Std.	840 mm	01.08.1975	Muduocaidang (China)	
12 Std.	1 144 mm	08.01.1966	Fort Foc (La Reunion)	
24 Std.	1 825 mm	08.01.1966	Fort Foc (La Reunion)	
2 Tage	2 467 mm	9. bis 10.01.1958	Aurere (La Reunion)	
3 Tage	3 929 mm	24. bis 26.02.2007	Commerson (La Reunion)	
10 Tage	6 028 mm	18. bis 27.01.1980	Commerson (La Reunion)	
31 Tage	9 300 mm	01. bis 31.07.1861	Cherrapunji (Indien)	
12 Monate	26 461 mm	August 1860 bis Juli 1861	Cherrapunji (Indien)	

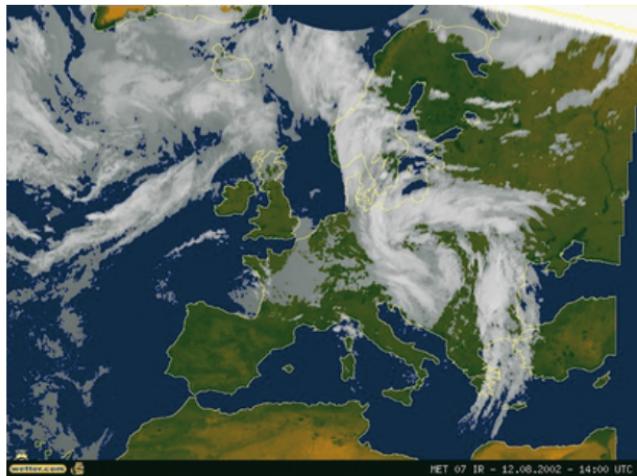
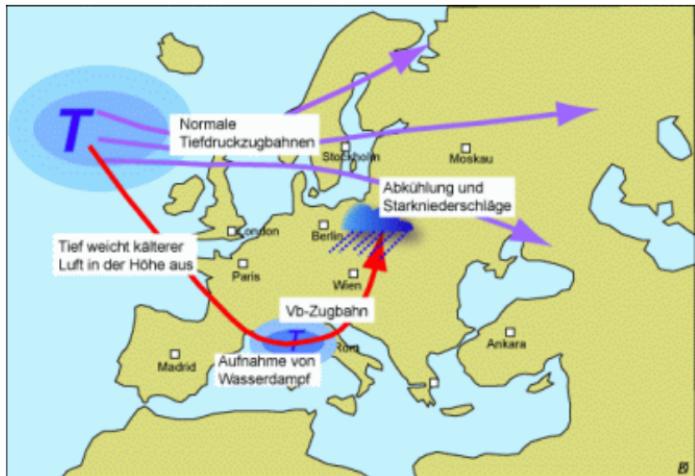


lokal: Starkregen & urbane Sturzfluten

regional: Überschwemmungen (Bsp. August 2002)

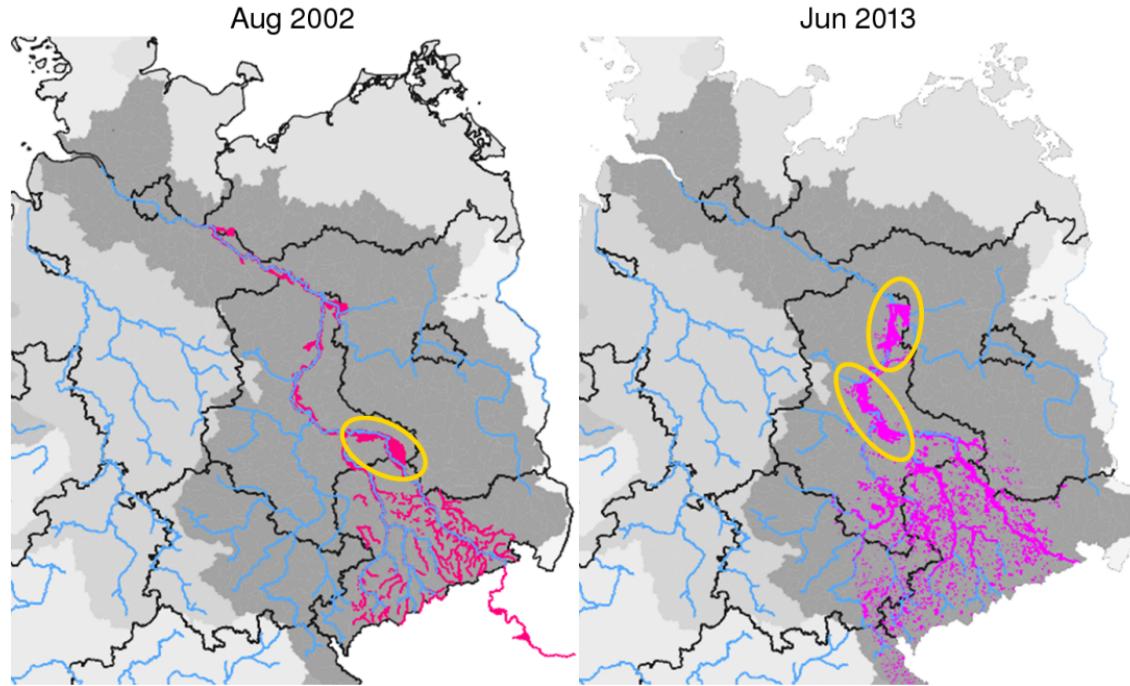
2.1. Großskalig

Starkniederschläge (Vb-Wetterlagen)



- ⇒ Großwetterlage “Trog Mittel- bzw. Westeuropa” im Früh- und Spätsommer können oftmals mit Dauerregen im Flusseinzugsgebiet der Elbe, Oder und Donau verbunden sein

Vb-Wetterlagen & Flutkatastrophen (Aug. 2002 & Juni 2013)

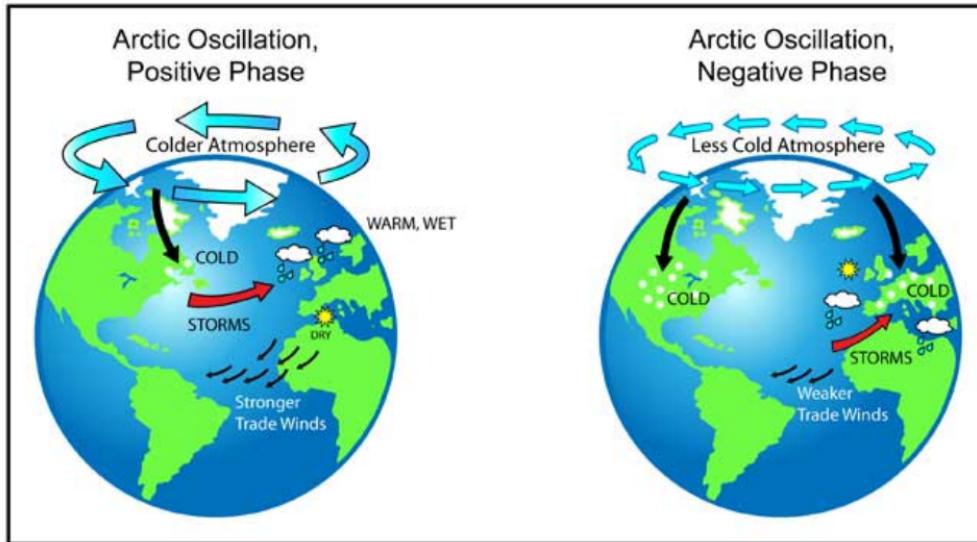


Conrath et al. 2013

Kältewellen (Feb.-Mär. 2013)

2014

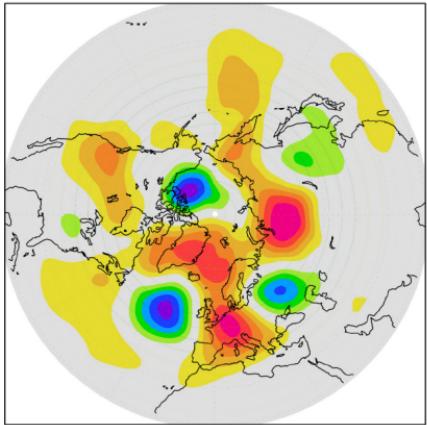
2013



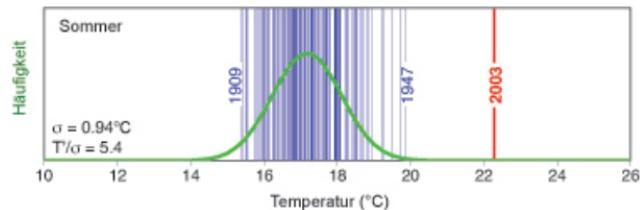
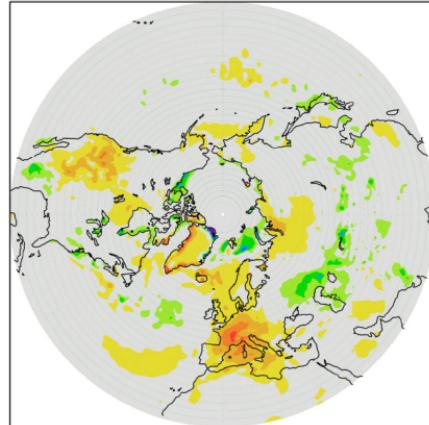
⇒ März 2013 (0°C) & März 2014 (9°C): natürliche Ursachen!

Hitzewellen (Sommer 2003)

z-clim8110 Jun-Aug2003
ERA-int z500

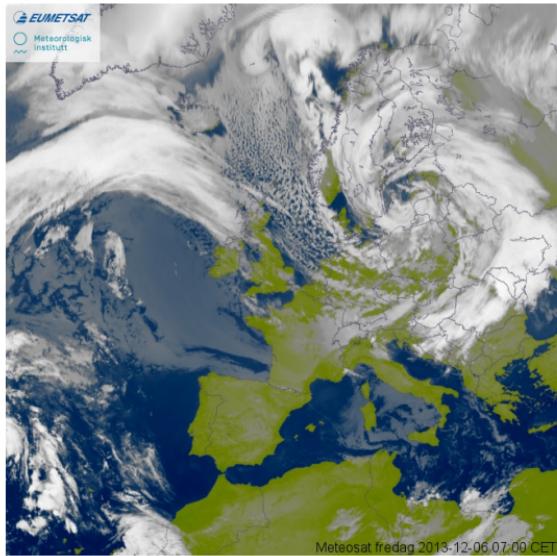


ts-clim8110 Jun-Aug2003
ERA-int Tsfc



Sch\u00e4r et al. 2004

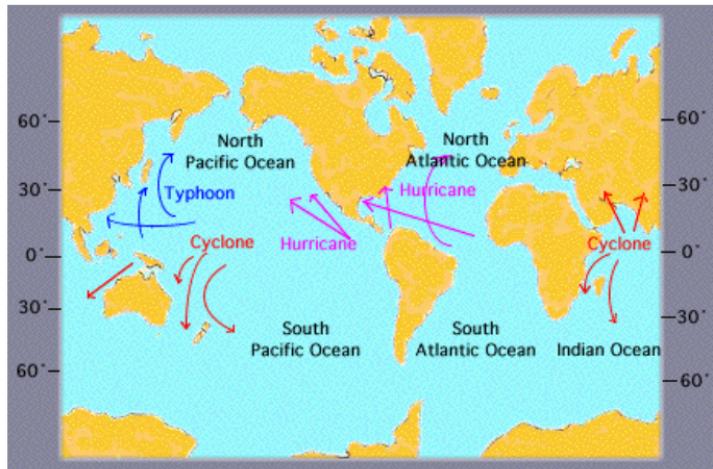
Winterstürme & Sturmfluten



Dez. 2013

- ⇒ häufigere Großwetterlagen vom Charakter “Westzyklonal” im Winter

Tropische Wirbelstürme: Hurrikane & Taifune

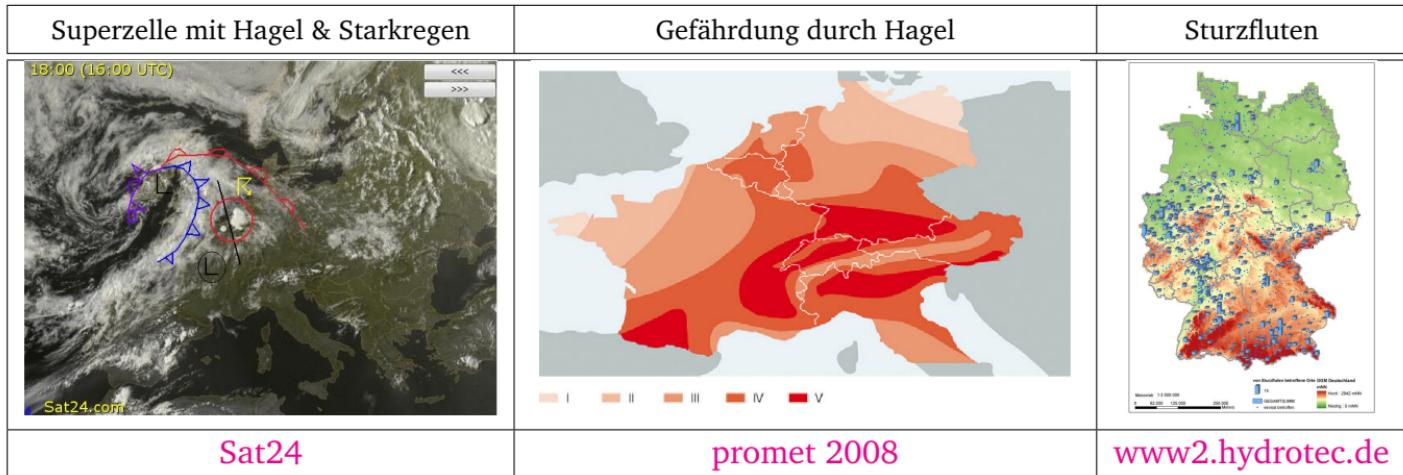


<http://www.wirbelstuerme-online.de>

- ⇒ mit steigender Oberflächentemperatur der Ozeane können sich Tropische Wirbelstürme intensivieren
- ⇒ abgeschächte Formen auch über dem Nordatlantik möglich

2.2. Kleinskalig

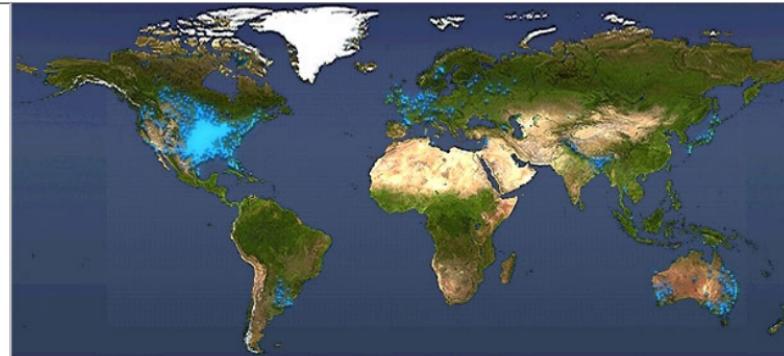
Superzellen & Hagel



- ⇒ Atmosphäre wird zunehmend labiler (mehr konvektive Niederschläge)
- ⇒ Tendenz zu lokalen Niederschlagsextremen

Superzellen & Tornados

Weltweit



Beppler (2010)

USA

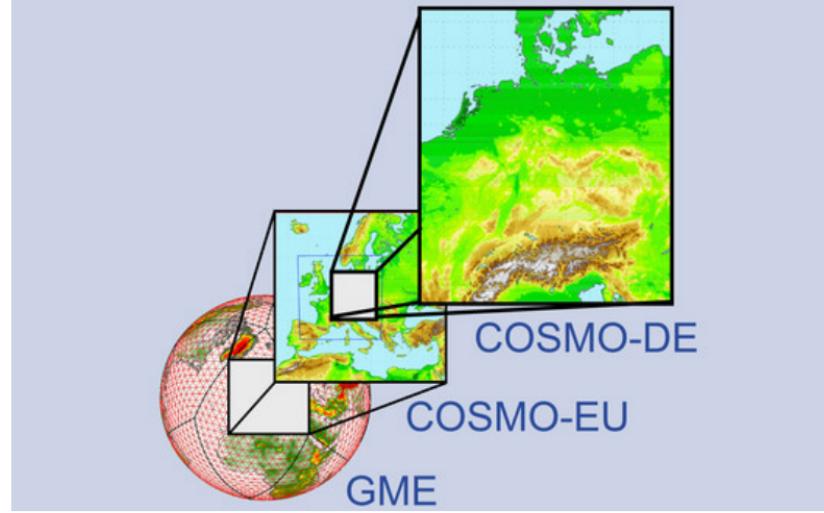


Wiki

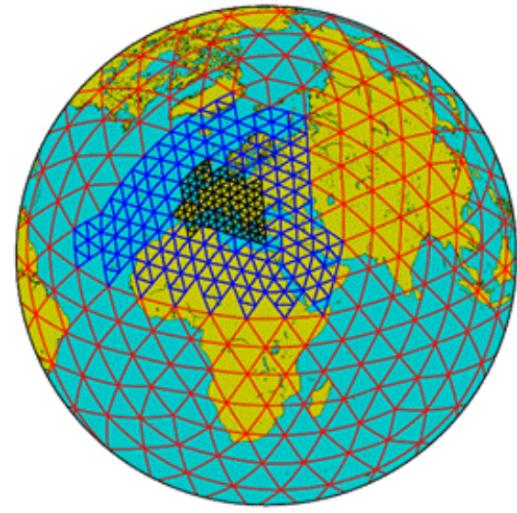
- ⇒ Tornados können Begleiterscheinungen von Superzellen sein.
- ⇒ Nur ein Bruchteil aller tatsächlich auftretenden Tornados werden registriert.
- ⇒ Deshalb sind statistische Aussagen über die Tendenz schwierig!

3. Modellketten

DWD Modellfamilie



ICON



Beobachtungen	Assimilation	Atmosphärenmodell	Vorhersage
Stationen, Flugzeug, Satelliten, ...	schliessen von Beobachtungslücken	Ist-Zustand der Atmosphäre	numerische Simulation

3.1. Wettervorhersage

	Global	Regional	Lokal
	Welt	Europa	Deutschland
Auflösung	50 x 50 km	12 x 12 km	2.8 x 2.8 km
Initialisierung	Obs. & Sat.		RADAR
Vorhersage	1-10 Tage	3-72 Stunden	3-48 Stunden
Modelle	GFS, ECMWF	WRF, COSMO-EU	COSMO-DE
Termine		00, 06, 12, 18 UTC	
Antrieb	Datenassimilation	Globalmodell	Regionalmodell
Wetter & Klima	ICON		COSMO-DE

⇒ Wetterdienste:

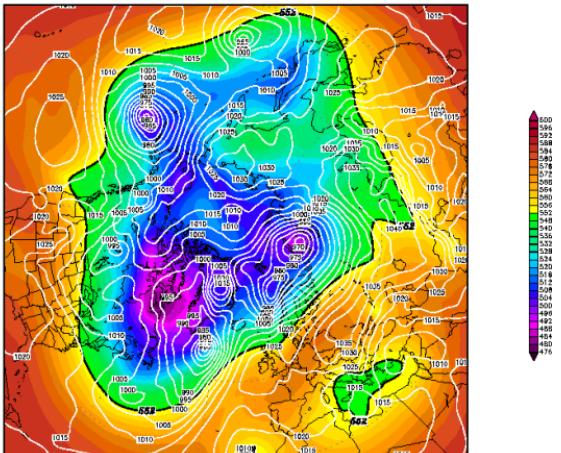
- DWD, ECMWF, JMA, SMHI, NCAR, MeteoFrance, ...

Vorhersageprodukte: Profikarten

Init : Mon,10MAR2014 06Z

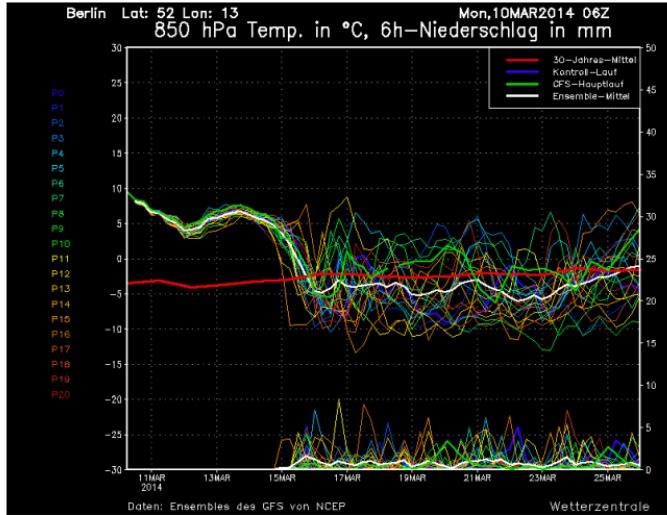
Valid: Mon,10MAR2014 06Z

500 hPa Geopot. (*gpdm*) und Bodendruck (*hPa*)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Berlin Lat: 52 Lon: 13
Mon,10MAR2014 06Z
850 hPa Temp. in °C, 6h-Niederschlag in mm



Daten: Ensembles des GFS von NCEP

Wetterzentrale

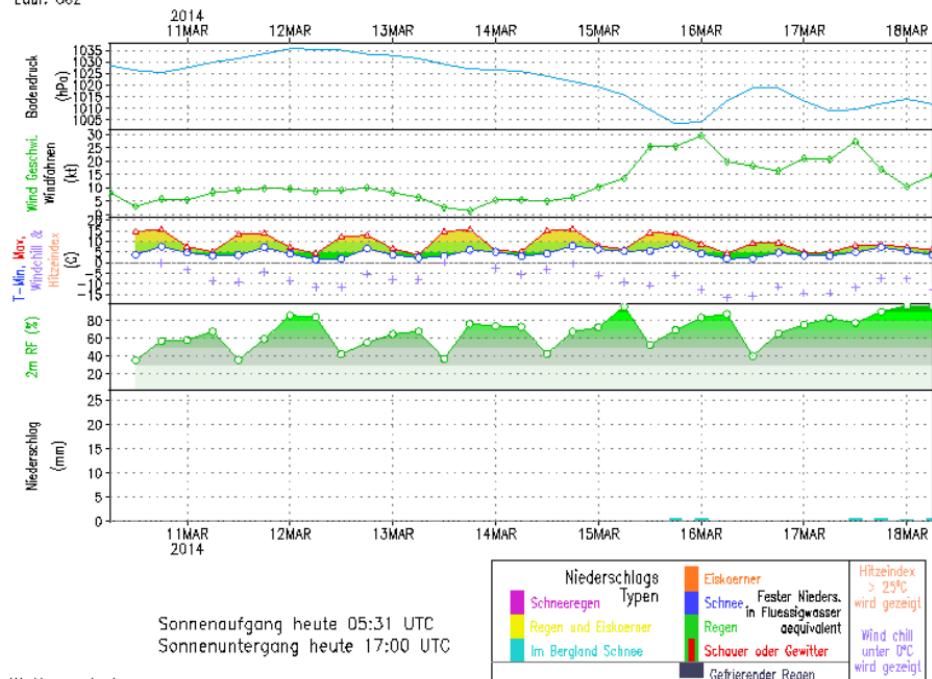
Wetterzentrale.de

Meteogramme

Berlin

Lauf: 06Z

GFS – Bodennähe Werte



Wetterzentrale.de

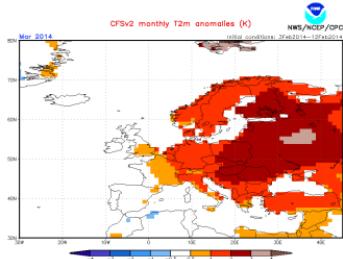


36 PIK

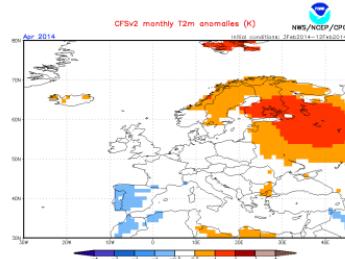
Lange Nacht der Wissenschaften 2014

Saisonale Vorhersagen:

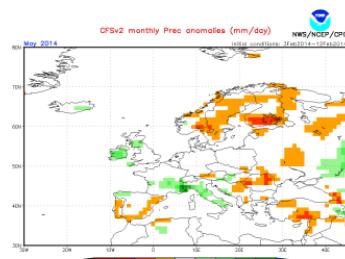
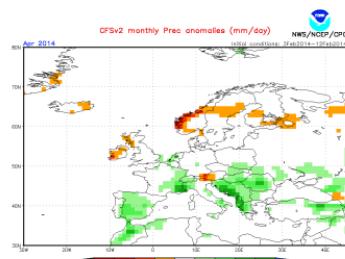
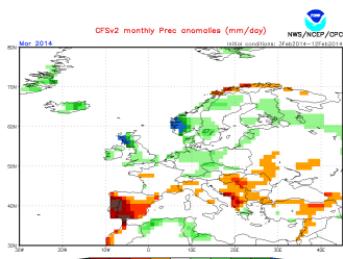
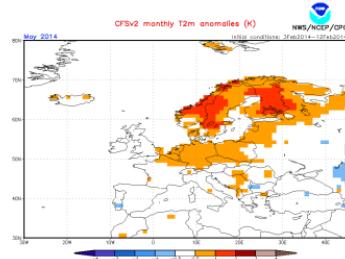
März 2014



April 2014



Mai 2014



NOAA

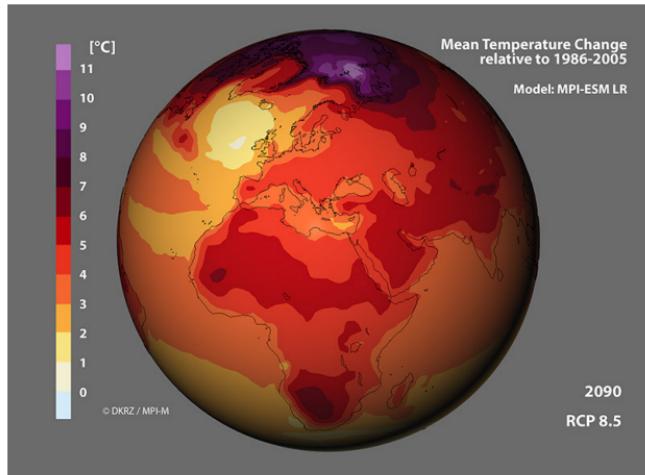
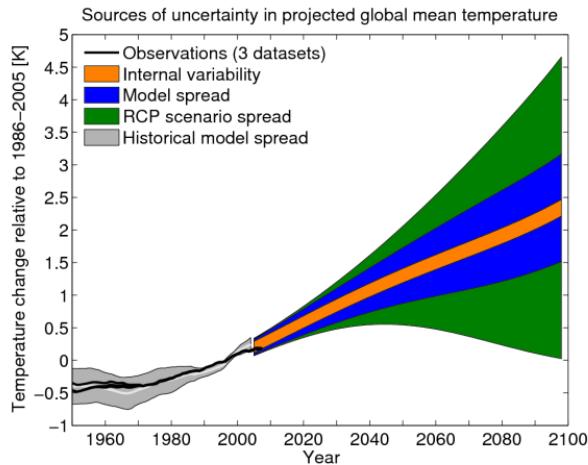
3.2. Klimaprojektion

dynamisch	Global	Regional
	Welt	Europa
Auflösung	100 x 100 km	12 x 12 km
Projektion	1900 - 2300	1950 - 2100
Modelle	ECHAM	WRF, COSMO-CLM
Projekte	CMIP5	Euro-CORDEX
Antrieb	Emissionsszenarien	Globalmodell
Wetter & Klima	ICON	

statistisch	STARS	WETTREG
Anwendungsgebiet	Deutschland & regional	Deutschland
Datengrundlage	Klimastationen oder Reanalysen	DWD Klimastationen
Antrieb aus Globalmodell	Temperaturtrends	Großwetterlagen

4. nahe Zukunft

Global



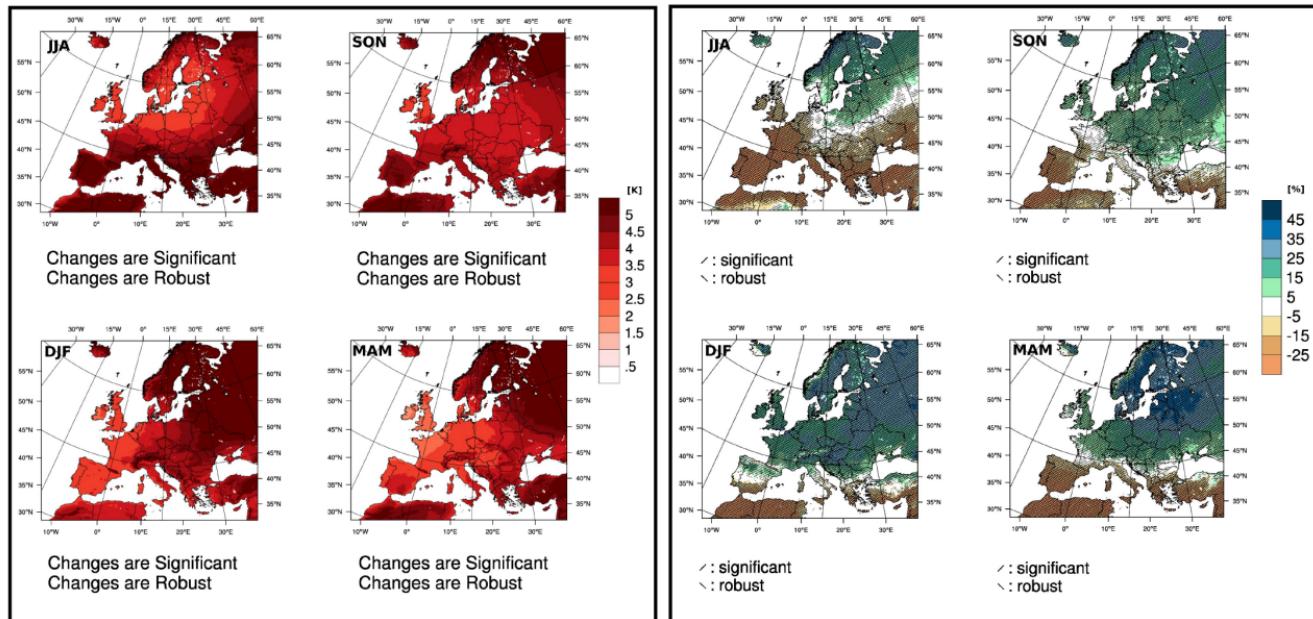
IPCC, AR5

⇒ Klimaprojektionen:

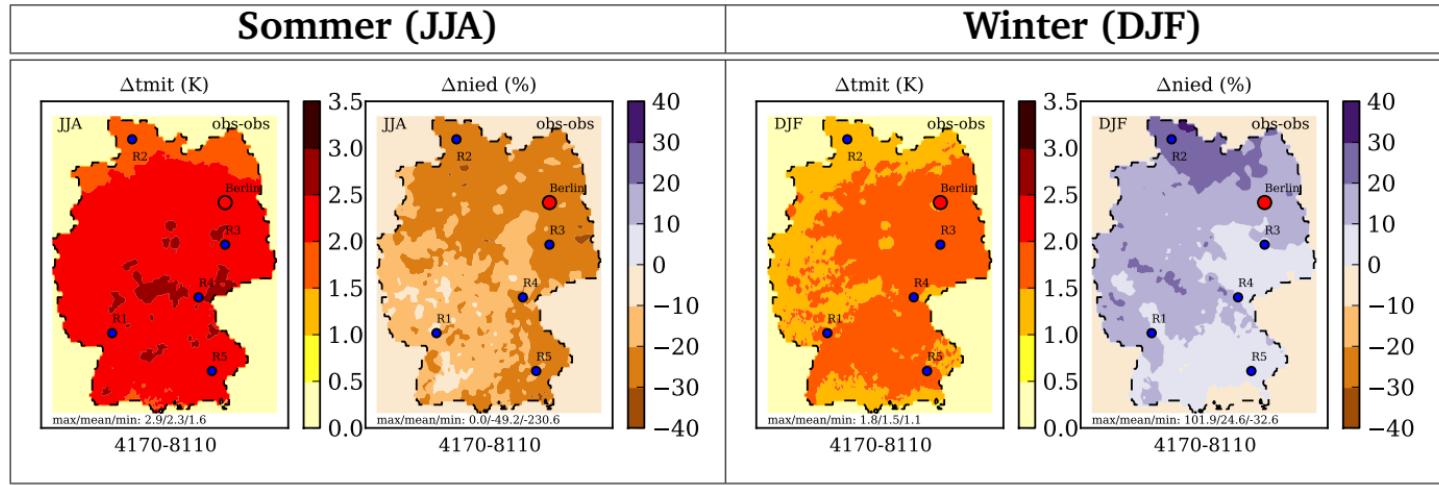
– von Emissionsszenarien zu möglichen Veränderungen im Klimasystem

Europa (rcp 8.5, dynamisch)

ΔT 2071-2100 – 1971-2000 ΔR



Deutschland (MPI-ESM-LR, rcp8.5, statistisch)



PIK

- ⇒ regionale Klimaprojektion für Deutschland mittels statistischer Methoden
- ⇒ Klimabeobachtungen der vergangenen Jahrzehnte werden entsprechend eines vorgegebenen Temperaturtrends systematisch umgeordnet

Mögliche Vision: eine “nahtlose” Vorhersage für das Elbeeinzugsgebiet

