

# Regionale Klimaänderungen

P. Hoffmann

**Modul: Umwelt und Gesundheit**

**Do. 19.4.2018 14:15 - 15:45**

**Kursraum 04 009**

Virchowweg 24

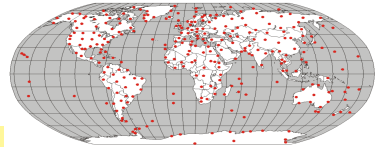
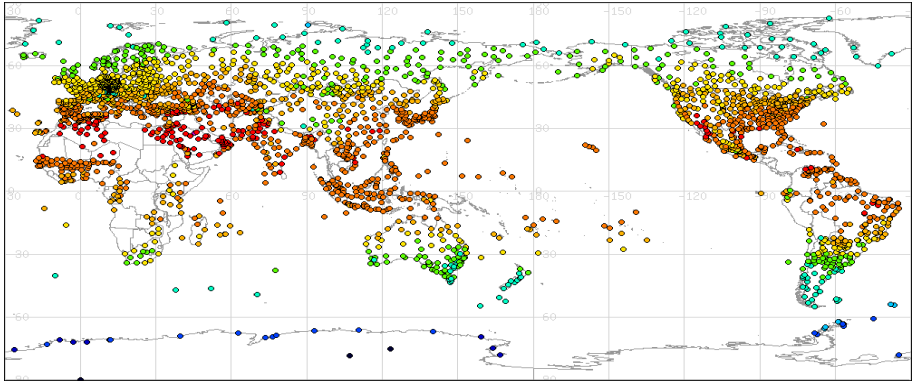
- Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
- Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI)
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
- Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Nutzergemeinschaft des Wissenschaftsparks



# Leitfragen:

1. Wie werden meteorologische Daten erfasst und welche Aussagen zum aktuellen Klimawandel lassen sich daraus gewinnen?
2. Wodurch verändert der Mensch das Klimasystem?
3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Wetter und Klima?
4. Wie lassen sich zukünftige Entwicklungen im Klimasystem abschätzen?
5. Welche klimarelevante Faktoren bestimmen unser Leben und wie lassen sich diese beschreiben?

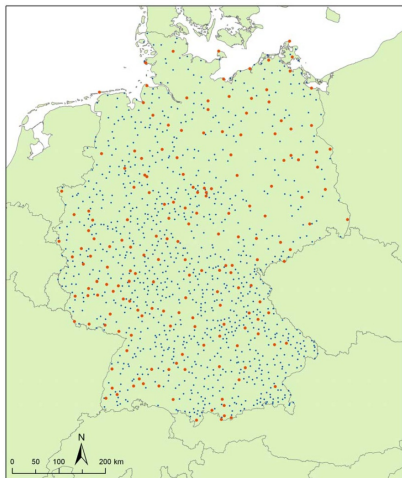
# 1. Wetterdatenerfassung



**Lange Beobachtungsreihen**



## 1.1. Messnetz des DWD



Synoptische Stationen / Niederschlagsstationen

Meteorologische Station: Potsdam

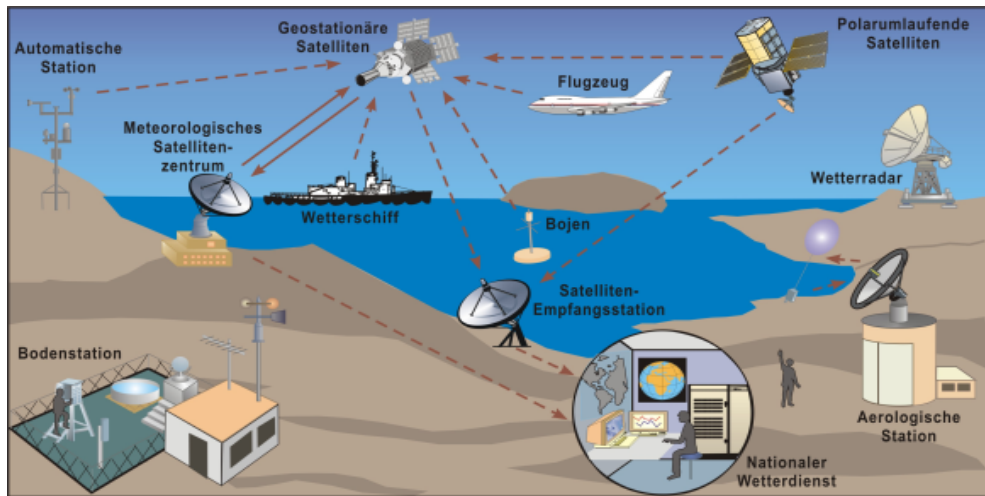


seit 1893

## 1.2. Zustandsgrößen

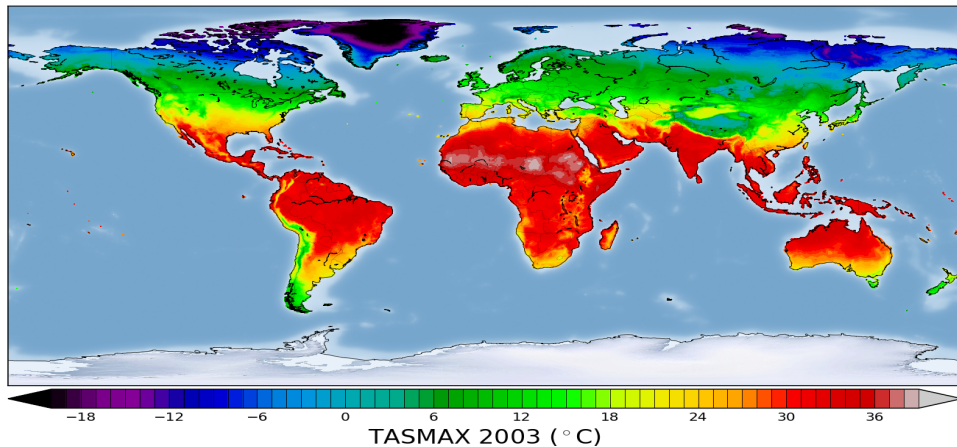
nahe Boden	Einheit	Klima-/Wetterstationen
Temperatur (Max./Min.)	°C	Thermometer (Quecksilber, PT100)
Niederschlag	mm	Hellmann (Ø 16 cm, max. 200 mm)
Luftdruck	hPa	Barometer
Relative Luftfeuchte	%	Psychrometer (Trocken- u. Feuchttemp.)
Spezifische Luftfeuchte	kg/kg	abgeleitet
Dampfdruck	hPa	abgeleitet
Taupunkt	°C	abgeleitet
Windgeschwindigkeit	m/s	Anemometer (mechanisch o. Ultraschall)
Windrichtung	°	
Globalstrahlung	J/cm <sup>2</sup>	Pyranometer
Sonnenscheindauer	h	Campbell-Stoke Glaskugel
Bedeckungsgrad	/8	Visuell
Freie Atmosphäre		Radiosonden, Flugzeuge, Satelliten
Temperatur	$T(t, z, y, x)$	
Windgeschwindigkeitskomp.	$\vec{w}(t, z, y, x); \vec{v}(t, z, y, x)$	
Spezifische Luftfeuchte	$q(t, z, y, x)$	

### 1.3. Daten-Assimilation



**Merke:** Prinzip der Echtzeiterfassung von Daten zur Atmosphärenbeobachtung seit 1979

## 1.4. Rasterdaten/Interpolation



**Merke:** Datenprodukte für die Klima- und Klimafolgenforschung auf Gitterpunkten.

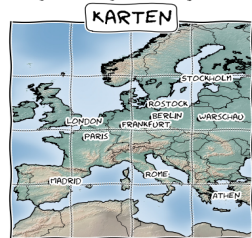
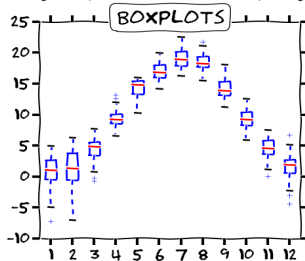
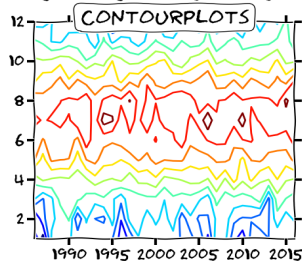
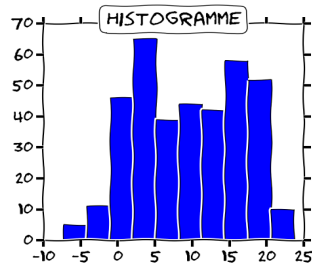
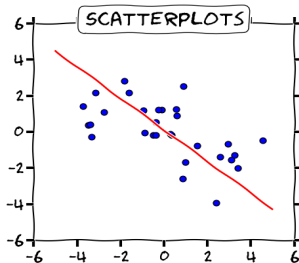
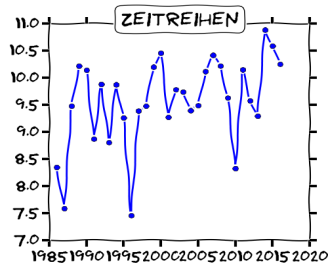
## 1.5. Statistische Kennzahlen

Kennzahlen	Formel	Erläuterung
Zeitreihen	$X(t) \rightarrow X(j, m, d, h)$	Tages- u. Jahresgang, Flukt., Trends
Mittelwert	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_n^i X_i$	auch Erwartungswert
Standardabweichung	$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_n^i (X_i - \bar{X})^2}$	Mittlere Streuung um Mittelwert
Trend	$X(t) = a + b \cdot t$	Least-Square-Regression
Residuen	$\tilde{X}(t) = X(t) - (a + b \cdot t)$	Abweichung vom Trend
Histogram	$b = [b_1, b_2, \dots, b_n] \rightarrow N_b$	Anzahl von Werten je Klasse $b$
Perzentile und Extremwerte	$rank(X) = P[X_{min}, \dots, X_{max}]$	für $N = 100$ : $P_0 = X_{min}; P_{50} = Med; P_{100} = X_{max}$
Signifikanz	$W(X > x) = p$	Irrtumswahrscheinlichkeit
Korrelation	$S_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$	Zusammenhangsanalyse
Gradient	$\nabla_x = \frac{dT}{dx}; \nabla_y = \frac{dT}{dy}; \nabla_z = \frac{dT}{dz}$	räumliche Änderungen
Spektrum	Fouriertransformation	Amplitude je Schwingung

## 1.6. Klimakennzahlen

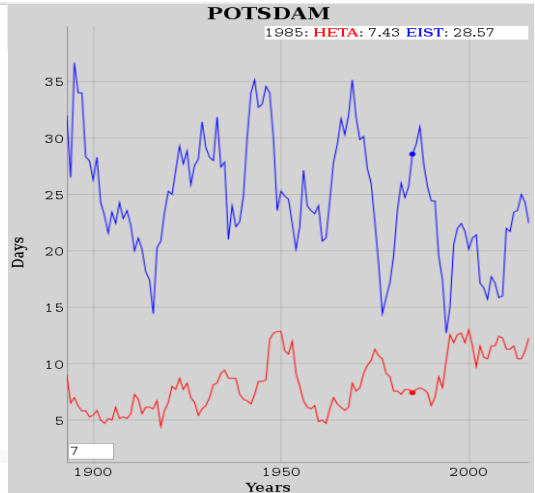
Kennzahlen	Parameter	Erläuterung
Jahres-, Jahreszeiten-, Monatsmittel	Temperatur	mittlerer Zustand
Jahres-, Jahreszeiten-, Monatssumme	Niederschlag	kummulierter Niederschlag
Sommertag	$T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$	Tage mit angenehmer Wärme
heißer Tage	$T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$	Tage mit starker Hitze
Tropennacht	$T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$	Nächte ohne spürbare Abkühlung
Eistag	$T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$	Tage mit Frost am Tage
Frosttag	$T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$	Tage mit Nachtfrost
schwüler Tag	$e > 18.8\text{hPa}$	Tage mit hohem Dampfdruck
heftiger Starkregentag	$pr > 20\text{mm}/d$	Berlin-Tegel: 108,3 mm/d (25.08.2006)
Trockentag	$pr < 1\text{mm}/d$	
Trockenperiode	$pr \leq 40\text{mm}/mon$	Deutschland
Großwetterlagen	Zirkulationstypen	subjektive Klassifikation

## 1.7. Darstellungsformen



# Beispiel Programm für Smart Phone

```
1 import numpy as N
2
3 #ort='/storage/emulated/0/Documents/smart/'
4 ort='./'
5 txt='tmax.txt'
6 htm='smartphone.html'
7
8 ja=N.genfromtxt(ort+txt,usecols=(0),dtype='i')
9 mo=N.genfromtxt(ort+txt,usecols=(1),dtype='i')
10 ta=N.genfromtxt(ort+txt,usecols=(2),dtype='i')
11 tg=N.genfromtxt(ort+txt,usecols=(3),dtype='f')
12
13 jo=N.arange(1893,2017,1);nj=len(jo)
14
15 to=N.zeros(nj,float)
16 tx=N.zeros(nj,float)
17 tn=N.zeros(nj,float)
18
19 for j in range(nj):
20     print jo[j]
21
22     w=N.ma.masked_where(ja!=jo[j],tg)
23     ww=w.compressed()
24
25     to[j]=N.mean(w)
26
27     tx[j]=len(w[w>30.])
28     tn[j]=len(w[w<0.])
29
30 ########
31
32 xo=N.vstack([N.arange(nj),N.ones(nj)]).T
33
34 m,c=N.linalg.lstsq(xo,to)[0]
35
36
37 print m,c
```



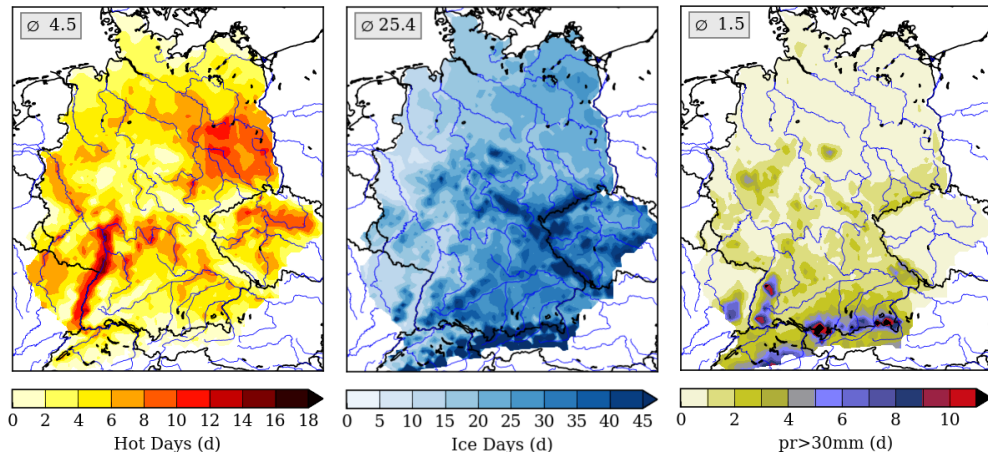


## Bildschirmsitzung:

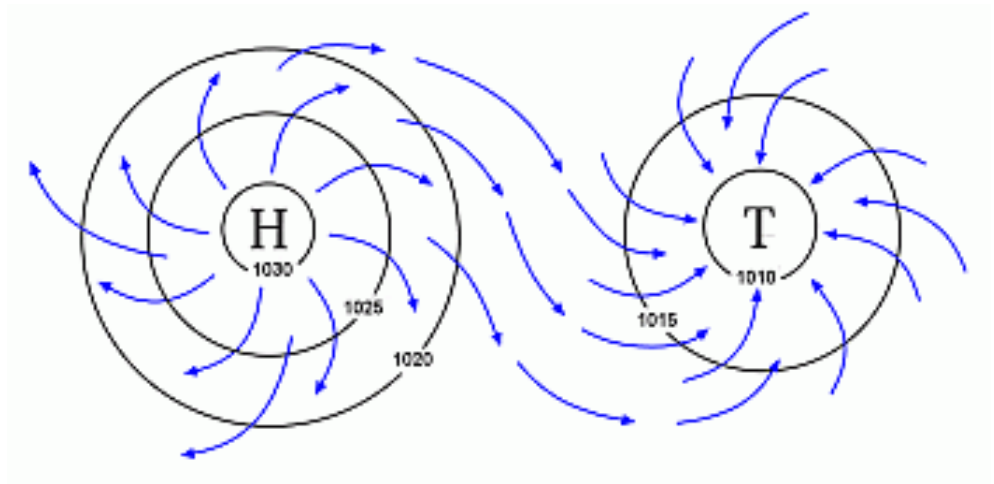
- APP: QPython
- LIB: numpy
- PLOT: javascript
- Beispiel

## 1.8. Klimatologien für Deutschland (1971-2000)

Heiße Tage ( $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) & Eistage ( $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ ) & Starkregentage ( $pr > 30\text{mm}$ )

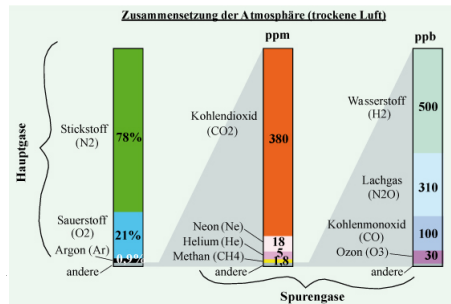
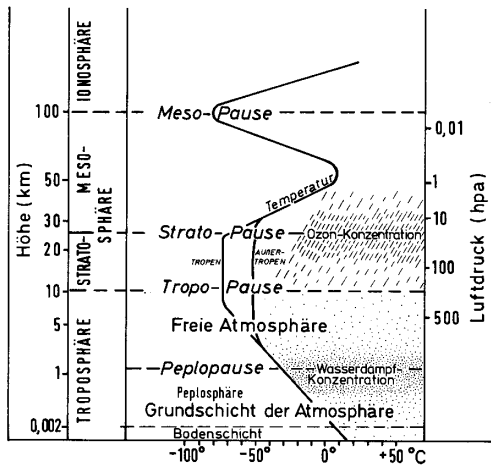


## 2. Atmosphärische Zirkulation



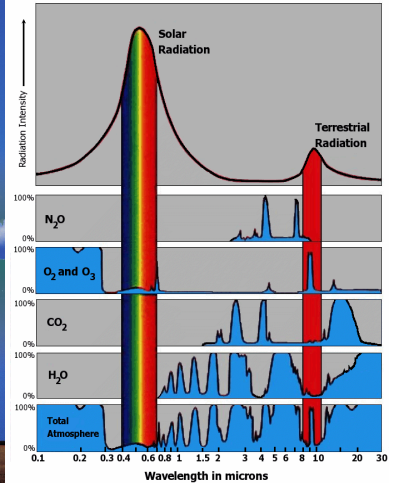
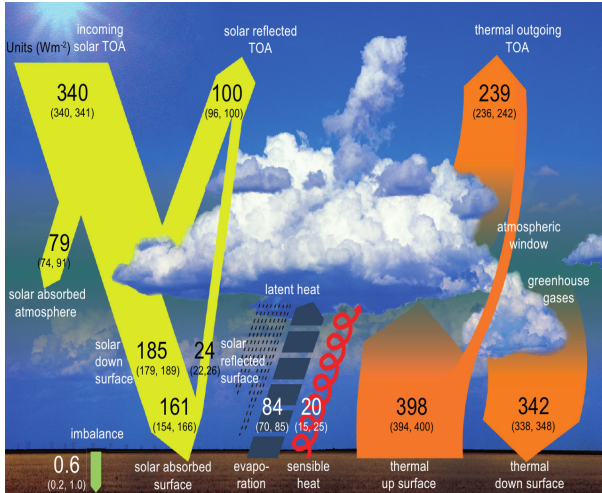
unterschiedliche Erwärmung der Erdoberfläche +++ Land-See-Verteilung +++ Gebirge  
Erdrotation +++ Ausgleichsbewegungen

## 2.1. Struktur der Atmosphäre und Zusammensetzung



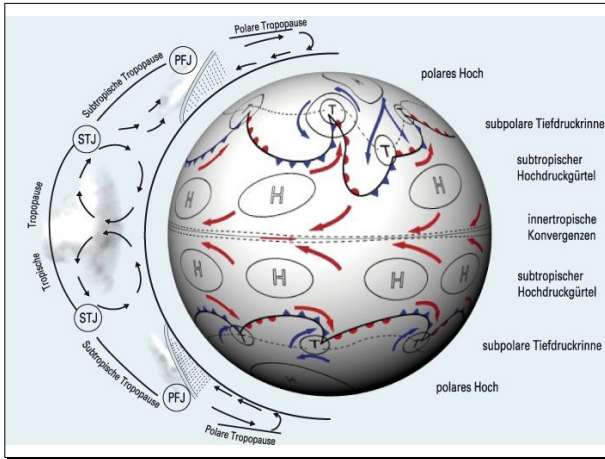
**Merke:** Abnahme der Temperatur in der Troposphäre bis zur Tropopause (ca. 10km). Der Anteil der Spurengase wie CO<sub>2</sub> liegt bei weniger als 1% (400 ppm).

## 2.2. Strahlungshaushalt



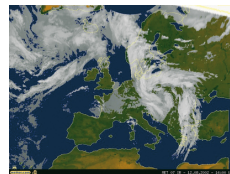
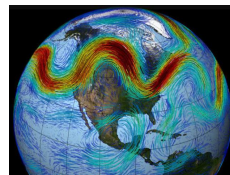
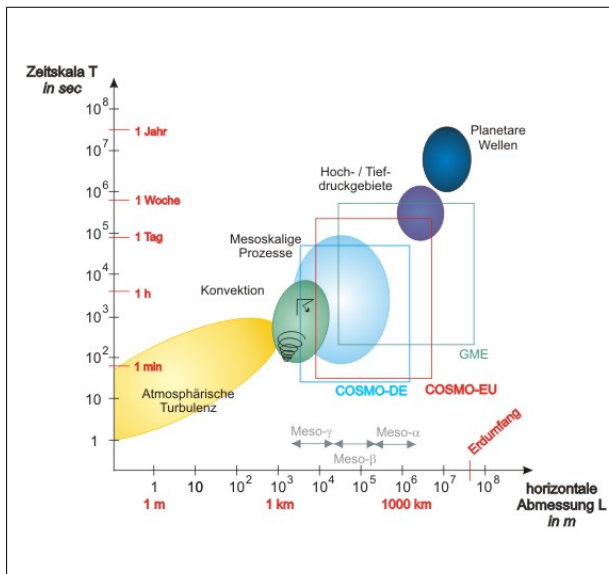
**Merke:**  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{H}_2\text{O}$  besitzen hohe Strahlungswirkung im thermischen Spektralbereich:  
Treibhauseffekt durch atmosphärische Gegenstrahlung.

## 2.3. Allgemeine Zirkulation & Corioliseffekt

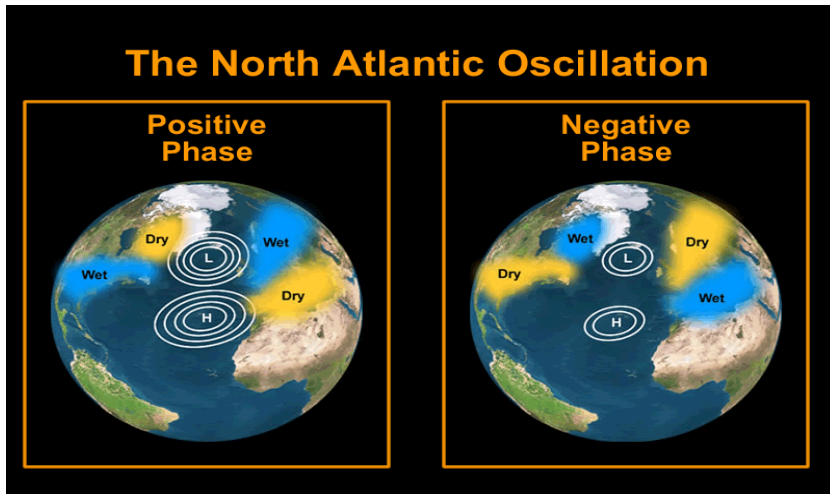


**Merke:** Differentielle Erwärmung der Atmosphäre führt zu Ausgleichsbewegungen: Aufsteigen in den Tropen und Absinken an den Polen. Die Wirkung der Erdrotation bewirkt die Bildung mehrerer Zellen mit den damit verbundenen Drucksystemen am Boden: Passatwind und Po-

## 2.4. Räumliche- und zeitliche Skalen



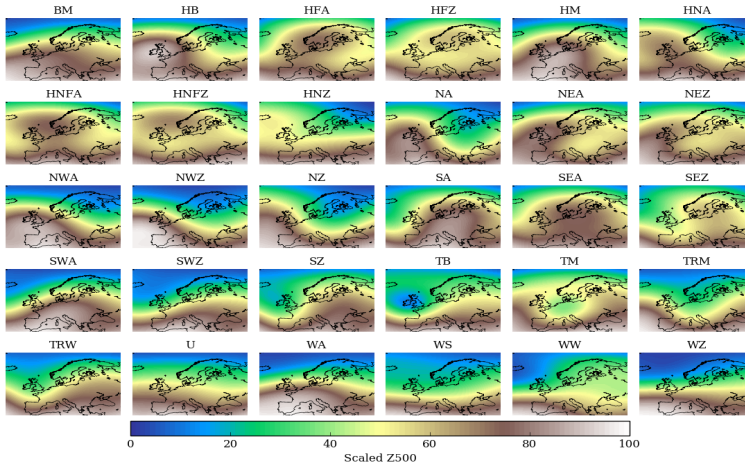
## 2.5. Nordatlantische Oszillation (Wetterbestimmend für Europa)



**Merke:** NAO charakterisiert die großräumigen Druckverhältnisse über dem Nordatlantik: Wetterbestimmend für Mitteleuropa.

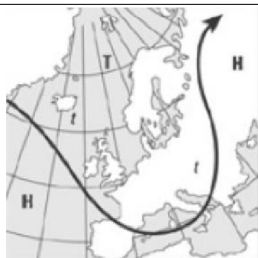
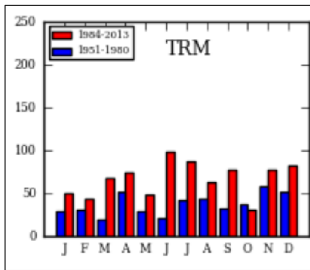


## 2.6. Großwetterlagen über Europa



**Merke:** Sie beschreiben mögliche Formen der Zirkulation, Zugbahnen und Druckkonstellationen über Europa.

## 2.7. Zwei dominante Wetterlagen mit steigender Tendenz

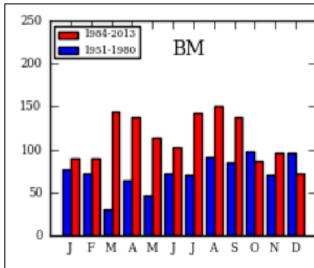


### Trog über Mitteleuropa

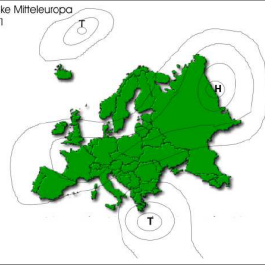
- Zugbahn von Tiefs ü. Mittelmeer
- Dauerregen mit Hochwassergefahr

### Hochdruckrücken über Mitteleuropa

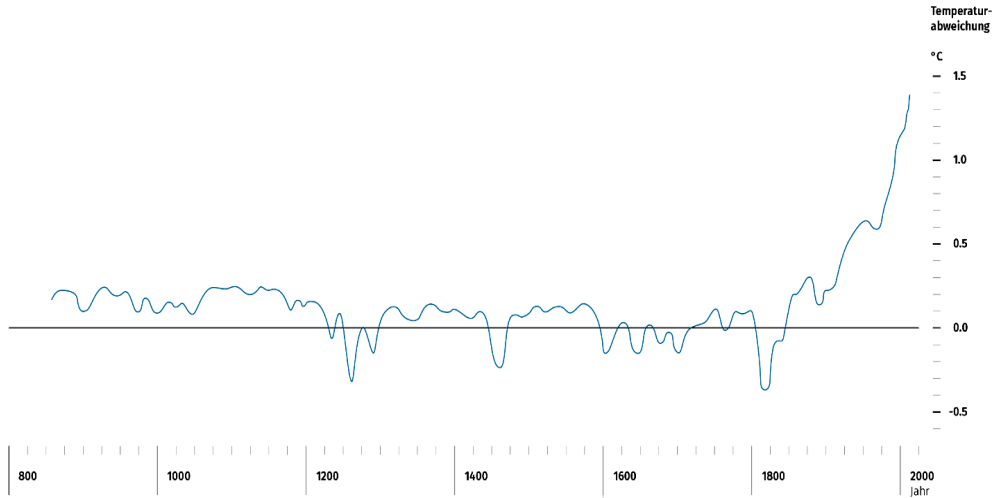
- sehr stabil
- Hitze & Trockenheit im Sommer



Hochdruckbrücke Mitteleuropa  
23. Januar 1981



### 3. Klimatische Veränderungen



**Merke:** keine der Epochen in den letzten 1000 Jahren war wärmer als die Gegenwart

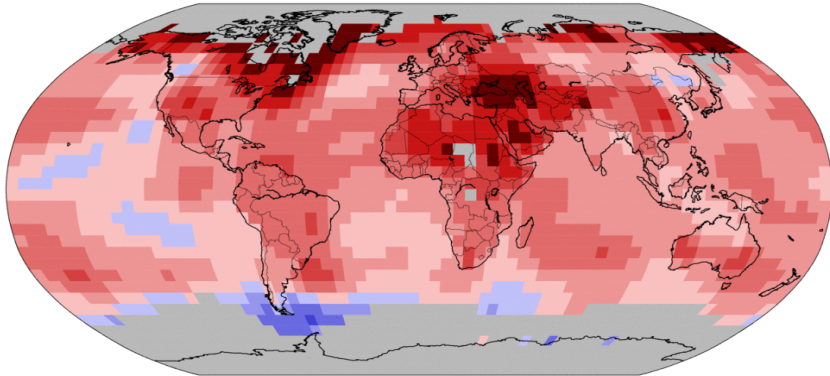


### 3.1. Natürliche Schwankungen und Anthropogene Einflussfaktoren

#### Jan–Dec Land & Ocean Temperature Trends

Period: 1988–2017

Data Source: GHCN–M version 3.3.0 & ERSST version 4.0.0



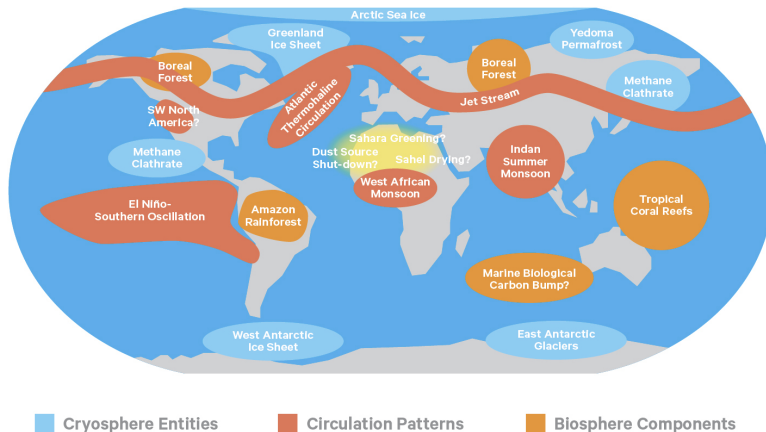
-0.5 -0.4 -0.3 -0.2 -0.1 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

Degrees Celsius Per Decade

Please Note: Gray areas represent missing data  
Map Projection: Robinson

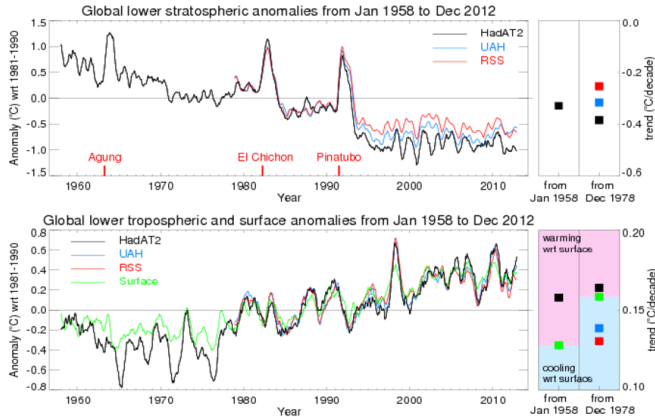


## Kippelemente im Klimasystem



**Merke:** Kippelemente im Klimasystem sind gegenüber einer globalen Erwärmung um mehr als 2 Grad sehr anfällig. Verändern sich diese hat das massive Folgen auf das Gesamtsystem und dessen Stabilität.

# Änderung von Temperatur mit der Höhe



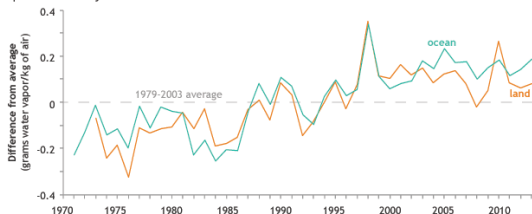
## The Greenhouse Signature

Cooling in the Stratosphere

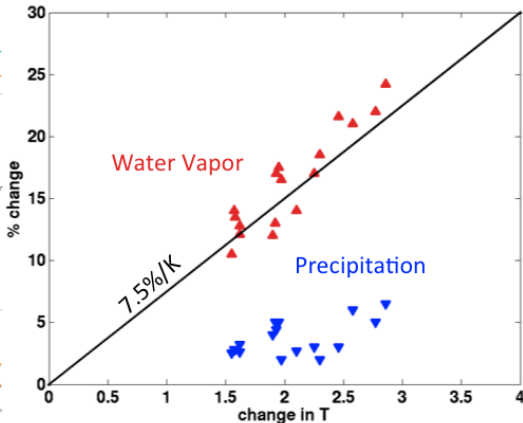
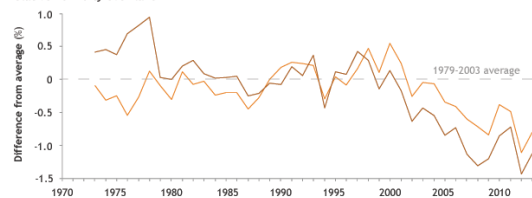
Warming in the Troposphere

# Änderung der Luftfeuchte

Specific humidity over land and ocean



Relative humidity over land

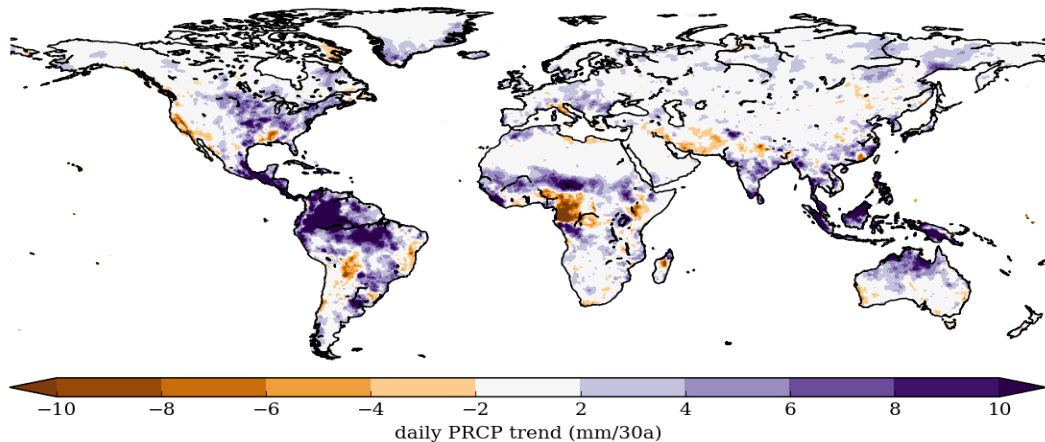


**Merke:** Zunahme der absoluten- und Abnahme der relativen Luftfeuchte: Wenn die größere Hemmschwelle zur Niederschlagsbildung überwunden ist, kann es intensiver regnen.



## Änderung von Starkregen

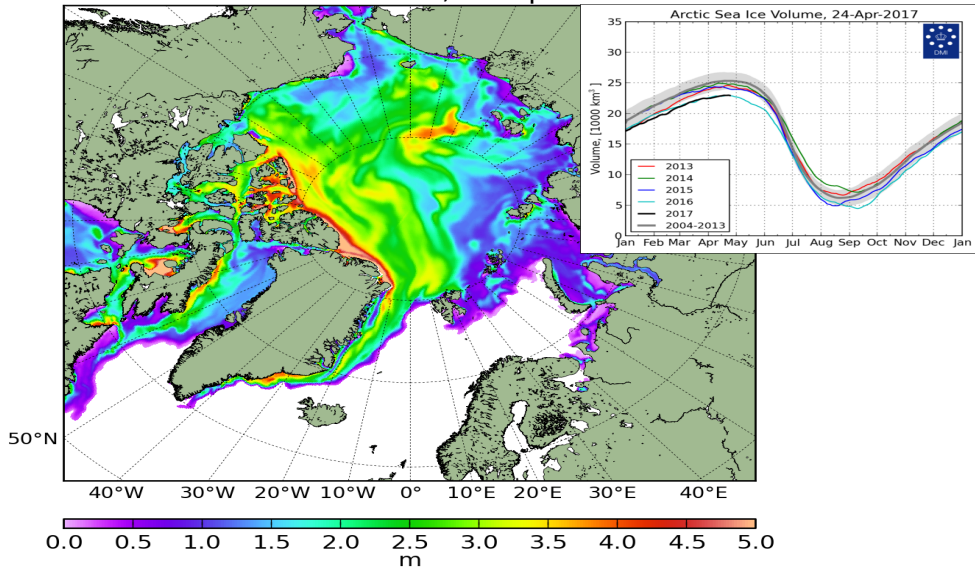
Rainf\_daily\_WFDEI\_CRU: 1979-2015, TREND, 99th-Percentile

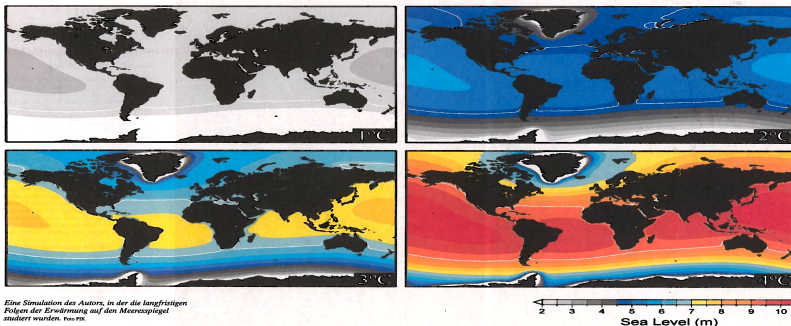


**Merke:** Zunahme von Starkregenereignissen bereits jetzt in vielen Regionen signifikant: z.B. Os-



## Sea Ice Thickness, 24-Apr-2017





Eine Simulation des Autors, in der die langfristigen Folgen der Erwärmung auf den Meeresspiegel studiert wurden. Foto: F&E

Der Meeresspiegel steigt, langsam, aber unerbittlich. Und immer schneller. Der vom Menschen mit seinem Ausstoß an Treibhausgasen verursachte Klimawandel heizt auch die Ozeane auf – die Wassermassen dehnen sich dadurch aus, und die Eismassen an den Polen drohen zu schmelzen. Ohne Emissionsreduktionen stiege der Meeresspiegel letztlich um mehr als fünf Meter. Aber selbst wenn die Staaten der Welt das Pariser Klimaabkommen einhalten und die globale Erwärmung wie von allen beschlossen auf deutlich unter zwei Grad° begrenzen, würde dies über die Jahrhunderte die Ozeane um mehr als fünf Meter steigen lassen. Mehr als 300 Millionen Menschen leben derzeit in Gebieten, die weniger als fünf Meter über dem Meeresspiegel liegen. Müssen wir

## Warum nicht das Meer wegpumpen?

Geht der Klimawandel weiter wie bisher, sind alle Küstenmetropolen bedroht – unumkehrbar. Ein Pegelanstieg um fünf Meter könnte dann vielleicht nur mit Riesensumpen auf der Antarktis verhindert werden.

Von Anders Levermann

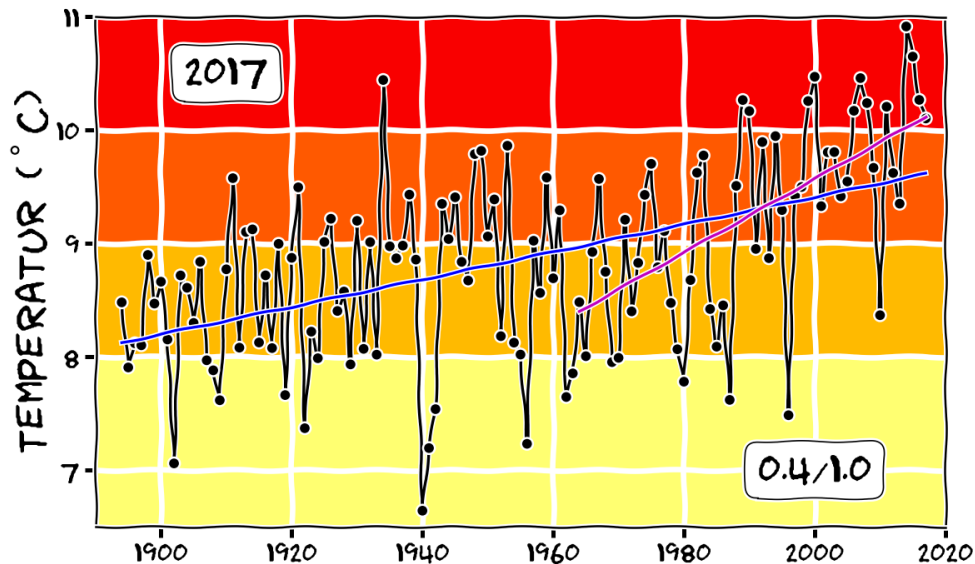
ten bewegendes Teil im gesamten Klimasystem der Erde. Der Wasserkreislauf in der Atmosphäre ist hier viel langsamer als etwa in der Sahara, wo Hitze zu starker Verdunstung und einem immensen Wasserkreislauf führen würde. Und: Die Antarktis ist die windigste Region der Erde. Auch wenn es enorme technologische Anstrengungen bräuhete, um riesige Windkraftanlagen für die Antarktis zu bauen, so könnte man den für das Wegpumpen des Meeresspiegels nötigen Strom wahrscheinlich mit erneuerbaren Energien lokal bereitstellen. Ist das nicht alles viel zu teuer? Mit den wirtschaftlichen Kosten ist es immer so etw. Sache. Jemandem berührt das Geld, und irgendjemand anderer bekommt es. Ein Projekt dieser Größenordnung müsste von den Industriestaaten bezahlt werden, die den Klimawandel verur-

## Exopessimismus

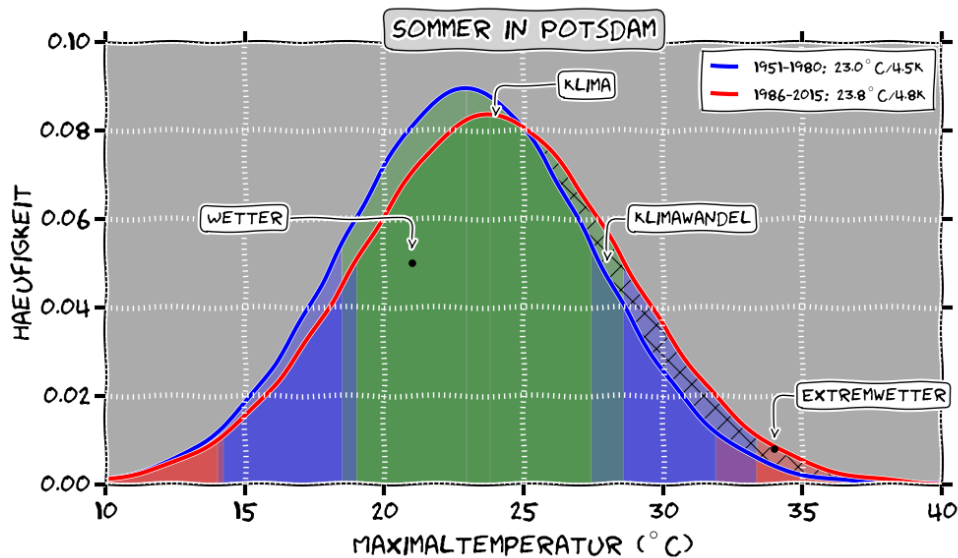
Es ist ein Wechselbad der Gefühle, es den diejenigen momentan ausgezerrt sind, die von der baldigen Entdeckung außerirdischen Lebens träumen. Unbestreitbar: Ende 2017 war eines der Superlative für die Suche nach erdähnlichen Lebensräumen. Eine vermeintliche Sensation jagte die nächste. Trappist-1: der Zwergstern mit den sieben Planeten, LHS 1140 b: der „vielversprechendste“ Kandidat für Leben im All, Proxima Centauri: Planetensystem unseres nächsten Nachbarn und schließlich Ross 128 b: neue Hoffnung für erdähnliche Lebensfreundlichkeit. Doch dann wird man in der aktuellen Ausgabe des Journals „Nature“ mit der Einschätzung eines professionellen Planetenjagers konfrontiert (doi: 10.1038/nature.2017.23021). „Steve Desch kann die Zukunft der Exoplanetenforschung sehen, und sie ist nicht schön.“ Wir hatten das Gegenteil erwartet, doch der Grund für diese niederschmetternde Analyse ist simpel: Vielleicht lagern wir mit unserer aktuellen Fixierung auf die Suche nach flüssigem Wasser im All einer völlig falschen Idee hinterher. Denn Wasser allein mag für die Entstehung von Leben zu wenig sein. Leben – wie wir es kennen – braucht Nährstoffe, die wiederum aus Gestein ins Meer ausgewaschen werden. Die Kombination von Wasser und Land ist also vonnöten oder ganz allgemein gesagt: die richtige Chemie. Die allerdings wird sich kaum erschöpfend anhand der Studien klassischer Atmosphären bestimmen lassen, wie sie von 2019 an mit dem James-Webb-Weltraumteleskop möglich sein werden. Und was nun? Wir müssen uns wohl gedulden, wenn wir den Astronomen schweben. Die meisten Teilnehmer der jüngsten Exoplanetenkonferenz bezweifelten laut „Nature“, dass wir fremdes Leben vor 2050 finden werden. Aber – so will man einwenden – scheint gibt es ja doch schon viel früher fremdes Leben in unserem eigenen Sonnensystem zu entdecken. Primitive sumidien. Der Mars zum Beispiel: Da gibt es ja Geröll zur Genüge. Und über flüssiges Wasser wurde in den vergangenen Jahren ausgesichts dunkel erscheinender Rillen und Linien im Marsen nachgespürt. Doch hier kommt gleich die nächste Enttäuschung: Die Spuren weisen wohl doch nicht auf Wasser, sondern auf fließenden Sand hin, wie Forscher um Colin M. Dundas in „Nature Geoscience“ berichten. Die Steigungen der Dünen, bei denen die Flussspuren en-

## 3.2. Klimawandel vor Ort

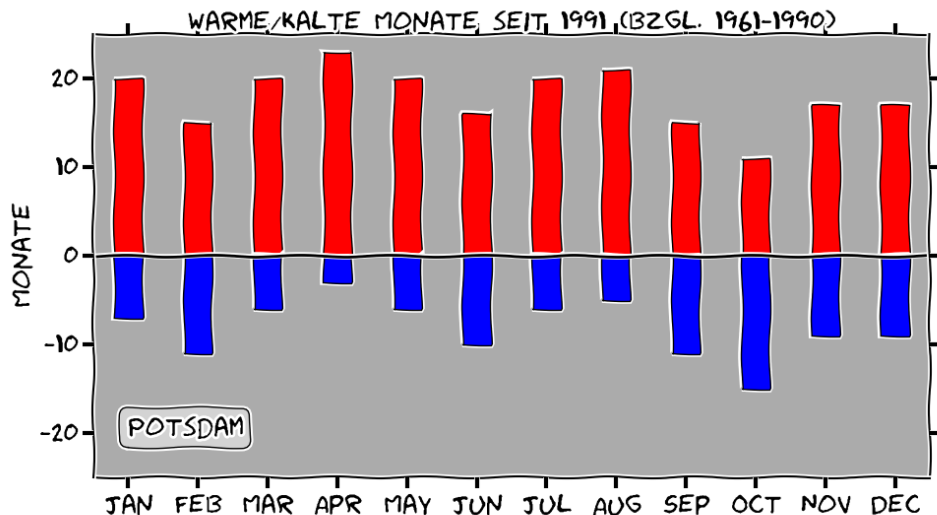
### Jahresmitteltemperatur: Potsdam



## Häufigkeitsverteilung: Potsdam

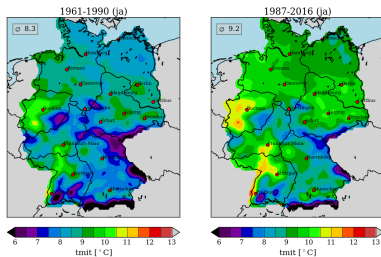


## Monatmittelanomalien: Potsdam

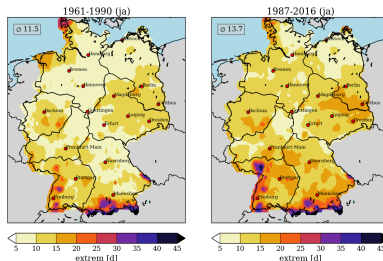
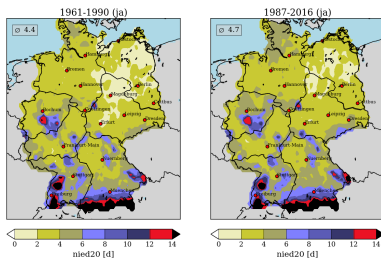
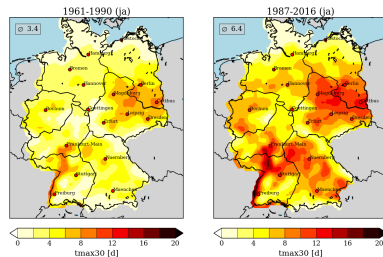


# Deutschland: Klimakennzahlen

## Jahresmitteltemperatur



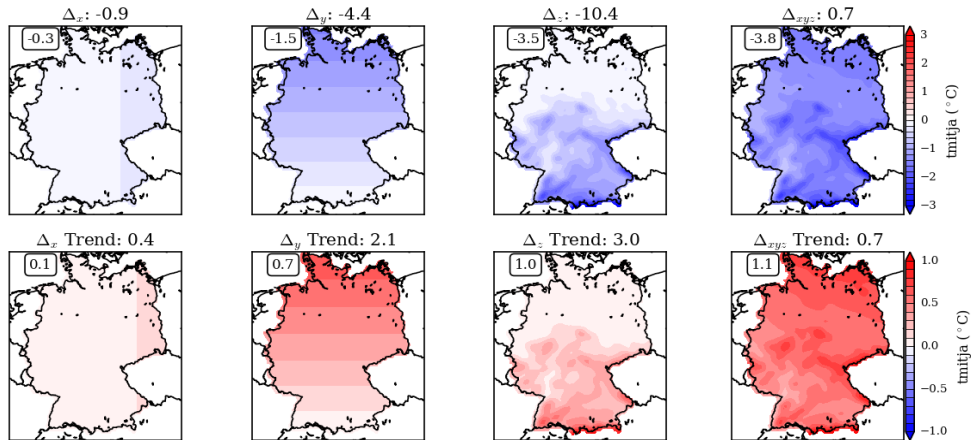
## Hitzetage



## Starkregentage

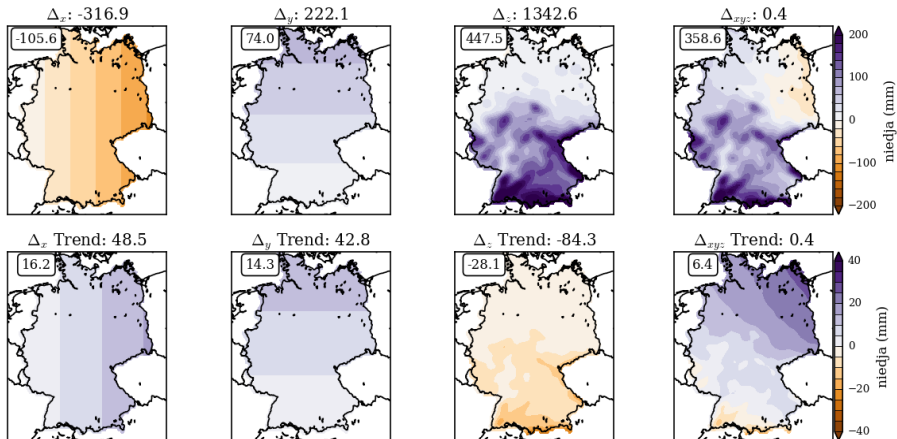
## Extremwettertage

## Regionale Veränderungen: 1961-2017 (Temperatur)



**Merke:** Der Osten ist kühler als der Westen und der Norden kühler als der Süden: Trends deuten auf einen Abbau der regionalen Unterschiede hin.

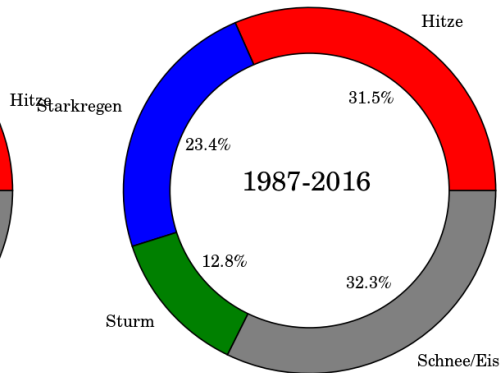
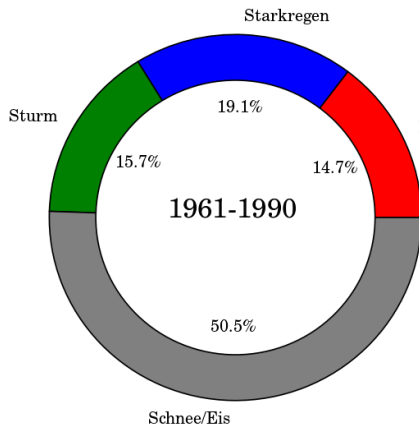
## Regionale Veränderungen: 1961-2017 (Niederschlag)



**Merke:** Der Osten ist deutlich trockener als der Westen: Trends deuten darauf hin, dass Regionen die bislang trocken waren nicht notwendiger Weise noch trockener werden müssen.

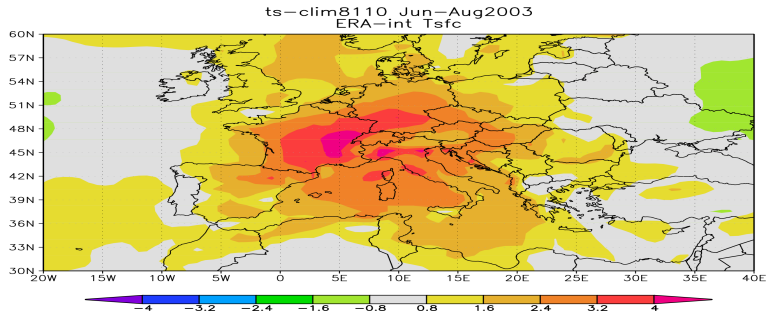
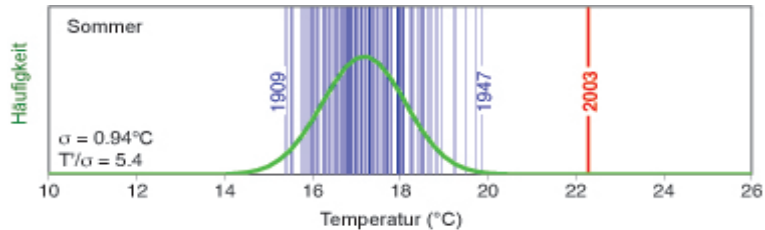


## Deutschland: Extreme

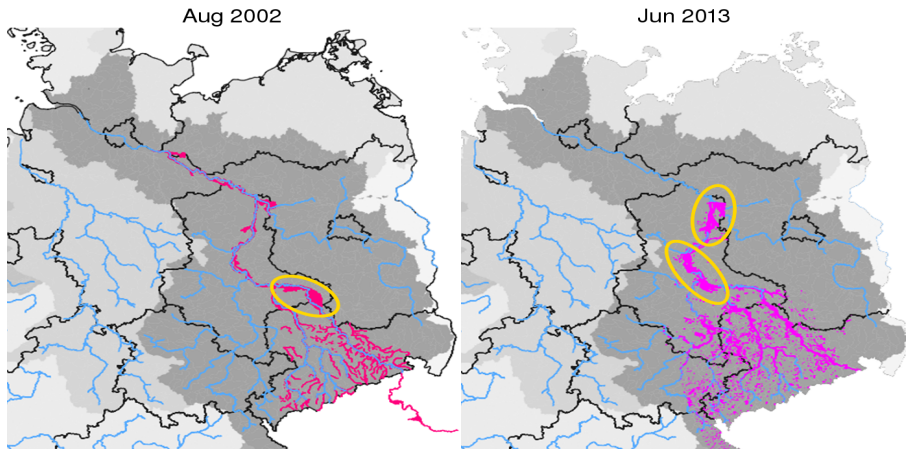


**Merke:** Verdopplung von Hitzeextremen in Deutschland und mehr Starkregen

## Hitzesommer 2003

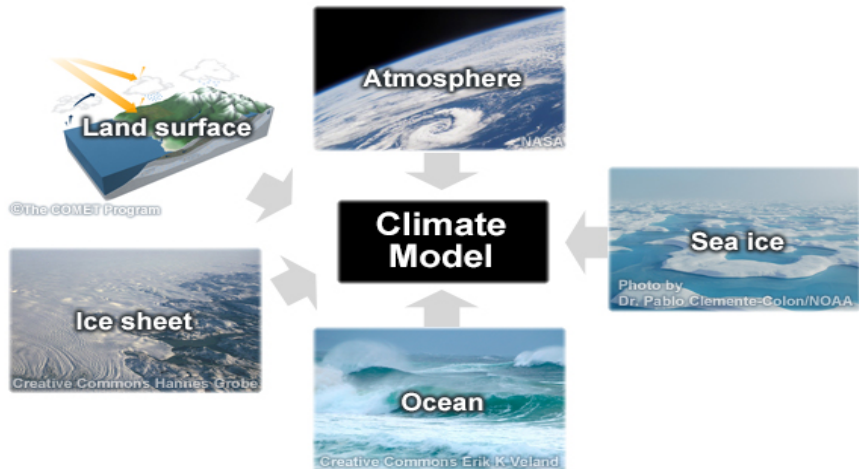


## Hochwässer: 2002 & 2013 (Vb-Zugbahnen)

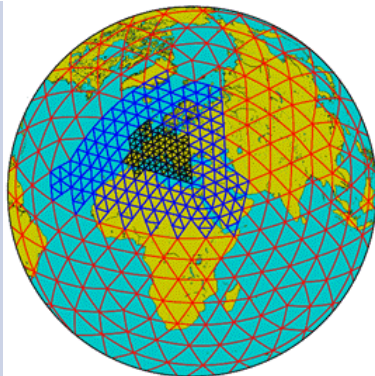
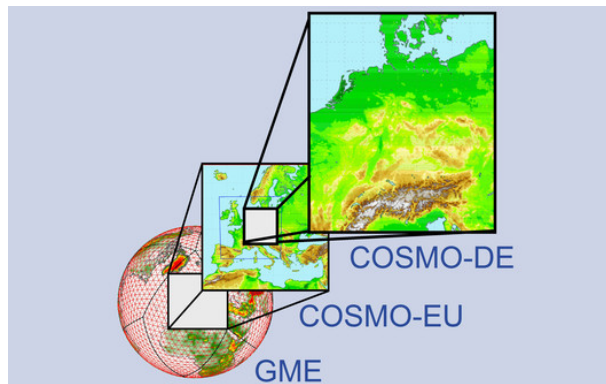


**Merke:** Jährlichkeiten von bislang 100-jährigen Flusshochwassern, drohen sich unter ungebremsten Klimawandel auf 30-jährige zu verkürzen.

## 4. Wetter- Klima- und Erdsystemmodelle

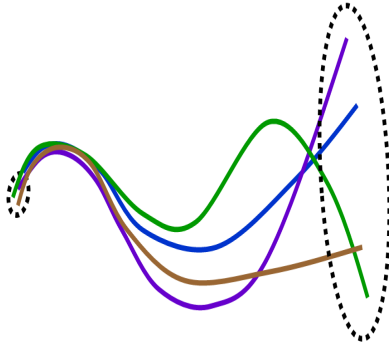


## 4.1. Modellketten

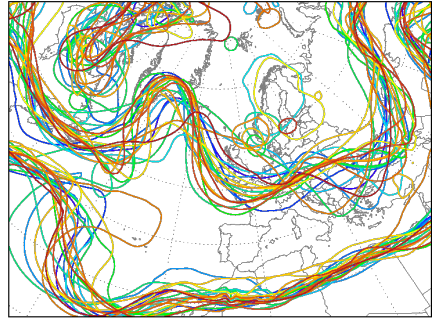


**Merke:** Modellketten für die regionalisierte Vorhersage von Wetter und zur Erstellung von Klimaprojektionen.

## 4.2. Ensemblevorhersagen



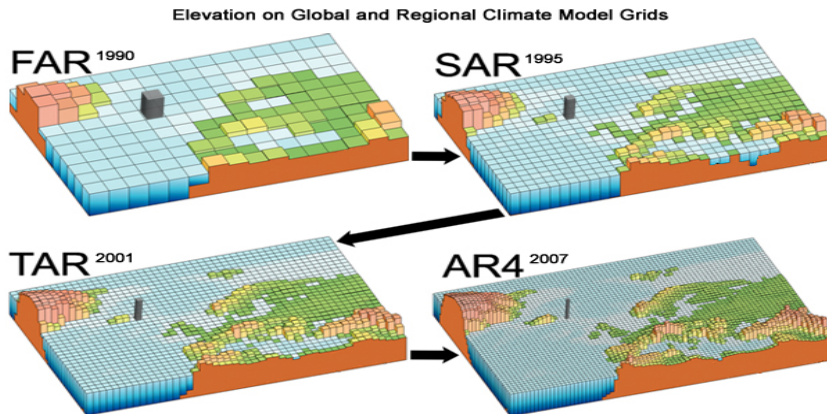
Ini: Tue,18APR2017 12Z Val: Tue,25APR2017 12Z  
500 hPa Geopotential (Isophypsen: 516 552 576 gpdam)



Daten: Ensembles des GFS von NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

**Merke:** Wichtig ist der Anfangszustand der Atmosphäre für die Vorhersage der kommenden Tage. Aus Ensemblesimulationen mit verschiedenen Anfangszuständen oder anderen Modellen ergeben sich Bandbreiten der Vorhersagen. (Wahrscheinlichkeiten)

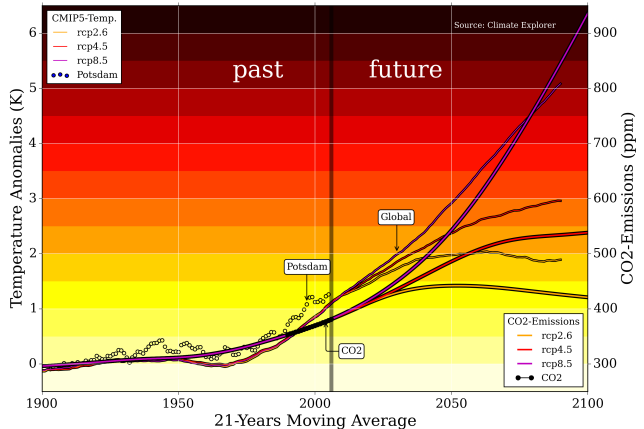
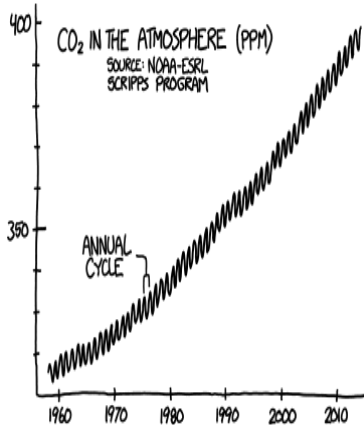
### 4.3. Modellauflösung



Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Figure 1.4. Cambridge University Press.

**Merke:** Seit den 90er Jahren hat sich die räumliche Auflösung der Modell deutlich verfeinert. Orographische Merkmale werden heute besser wiedergegeben.

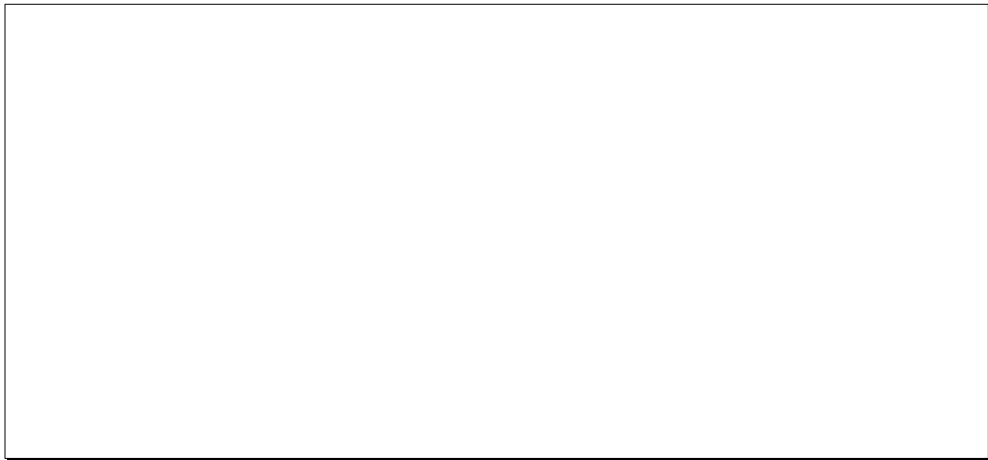
## 4.4. Randbedingungen: CO<sub>2</sub>-Emissionspfade



**Merke:** Gegenüber der Wettervorhersage handelt es sich bei den Klimasimulationen um ein Randwertproblem. Emissionen verändern den Strahlungshaushalt der Atmosphäre und verändern langfristig gewohnte Witterungsabläufe.

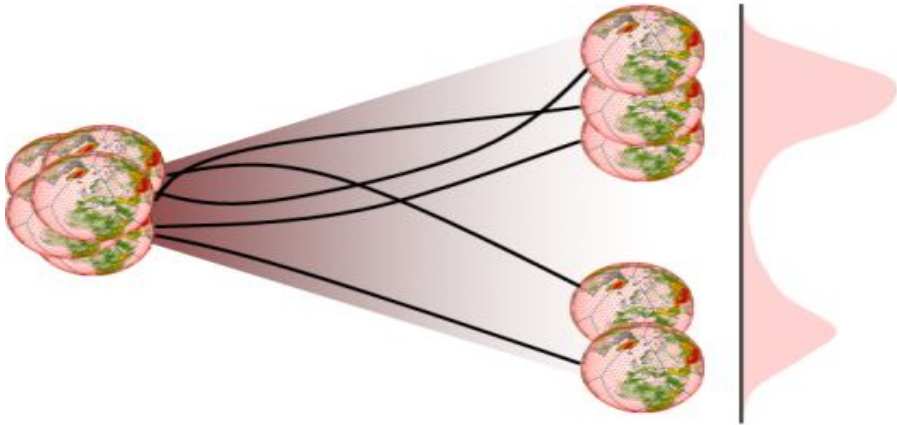


#### 4.4.1. Modellkette: Emissionspfade/Globalmodell/Regionalmodell/Ensemble



**Merke:** Regionalisierung globaler Klimamodellsimulationen (100x100km) durch regionale Klimamodelle für Europa (12x12km).

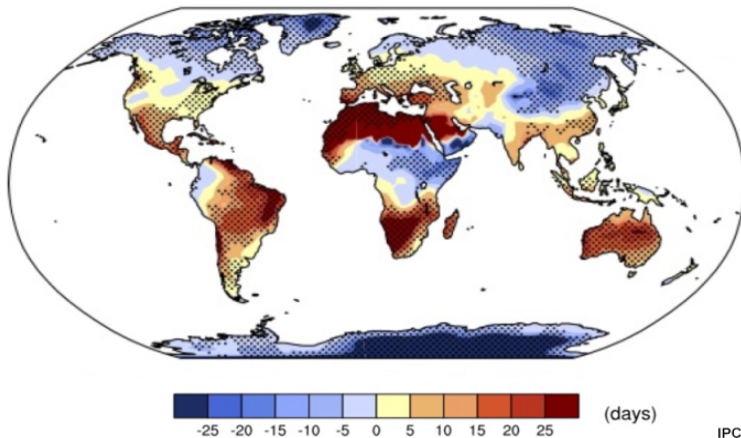
## 4.5. Bandbreiten der Zukünfte



**Merke:** Jeder einzelne Modelllauf simuliert eine mögliche Entwicklung des Klimas unter bestimmten Annahmen (Emissionspfad). Viele Modellsimulationen ergeben Spannbreiten und Ausprägungen für diesen Emissionspfad (z.B. RCP8.5).

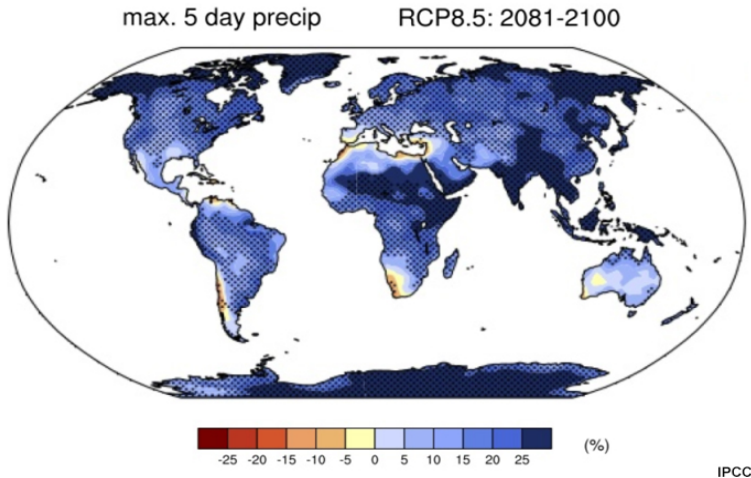
## 4.6. Trockenperioden

Consecutive Dry Days RCP8.5: 2081-2100



**Merke:** Robuste Klimaänderungssignale für zunehmende Trockenheit in der Mittelmeerregion.

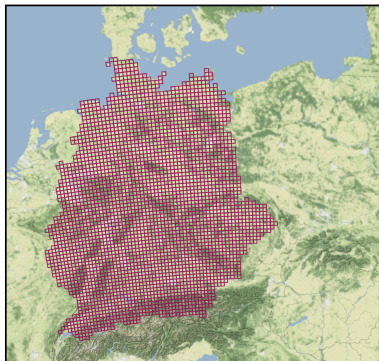
#### 4.6.1. Feuchtperioden



**Merke:** Robuste Klimaänderungssignale für Zunahme von Stark- und Dauerregen weltweit.

# 5. Regionales Klimamodell Ensemble für Deutschland

## 5.1. Modellgebiet & Simulationsmatrix

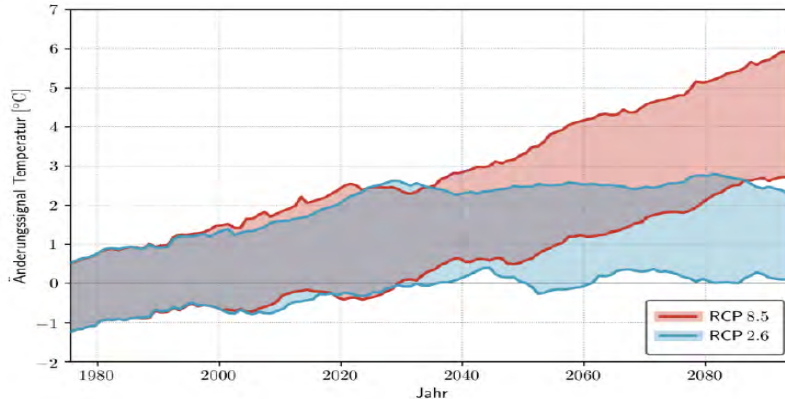


	EC-EARTH	CNRM-CM5	CanESM2	HadGEM2-ES	MPI-ESM-LR	IPSL-CM5A-MR	MIROC5
WRF	ReKliEs-De			ReKliEs-De	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	
CCLM	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	ReKliEs-De	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX		ReKliEs-De
HIRHAM5	EURO-CORDEX						
RACMO22E	EURO-CORDEX			EURO-CORDEX			
REMO	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	EURO-CORDEX		ReKliEs-De
WETTREG 2013	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De		ReKliEs-De
STARS3	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De		ReKliEs-De
RCA4	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX		EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	

→ Deutschland und die nach Deutschland entwässernden Flusseinzugsgebiete (links)

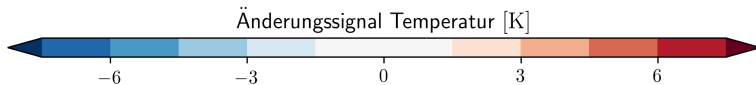
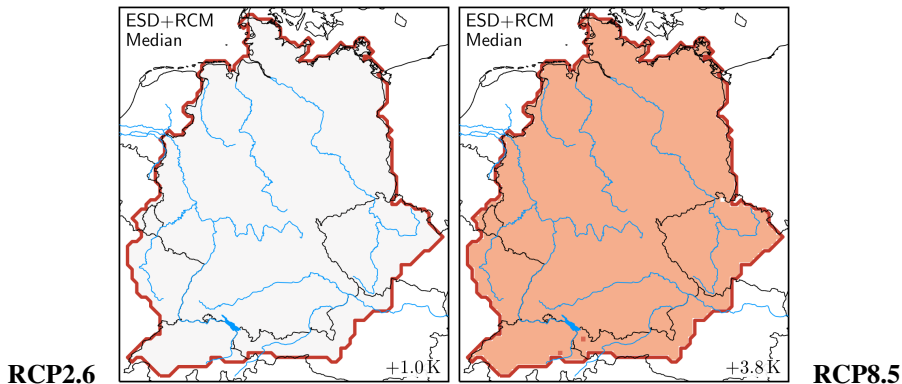
→ Kombination von Global- zu Regionalmodell (rechts)

## 5.2. Jahresmitteltemperaturänderung



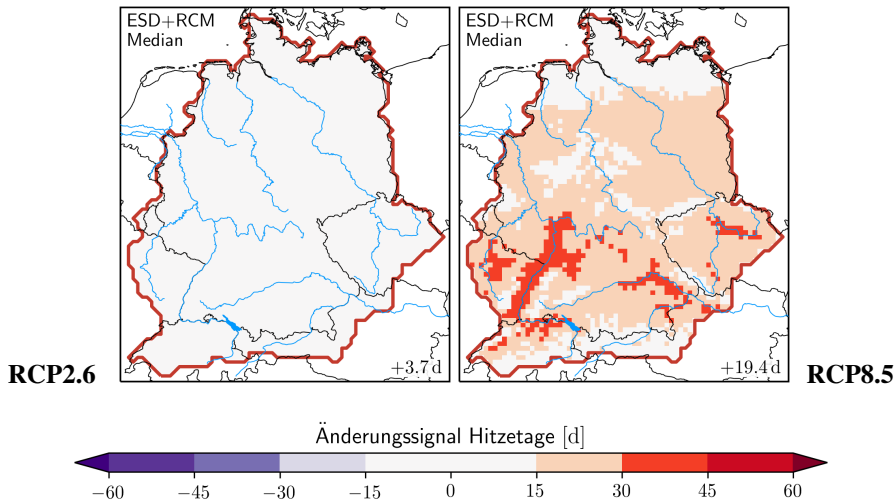
**Merke:** ca. 4 Grad mehr in Deutschland bis 2100 bzgl. 1971-2000 bei RCP8.5 (“weiter-wie-bisher”, rot); 2 Grad mehr bei RCP2.6 (“Klimaschutz”, blau)

### 5.3. Jahresmitteltemperaturänderung (Karten)



2071-2100 minus 1971-2000

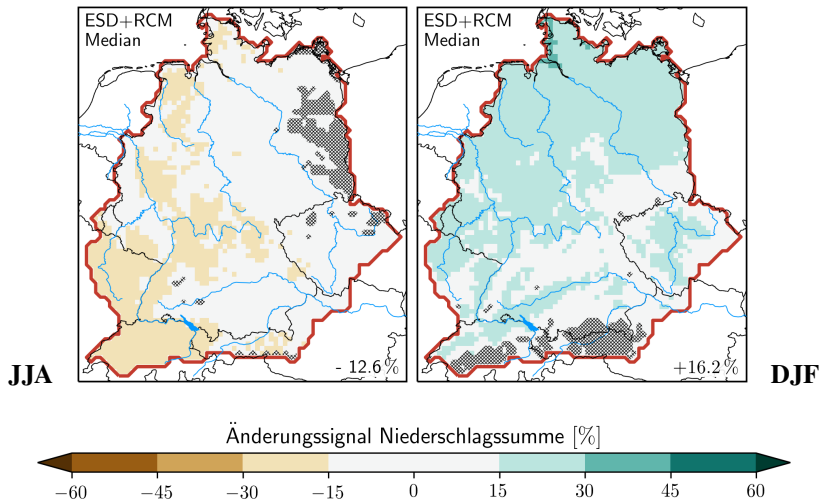
## 5.4. Hitzetageänderung



2071-2100 minus 1971-2000

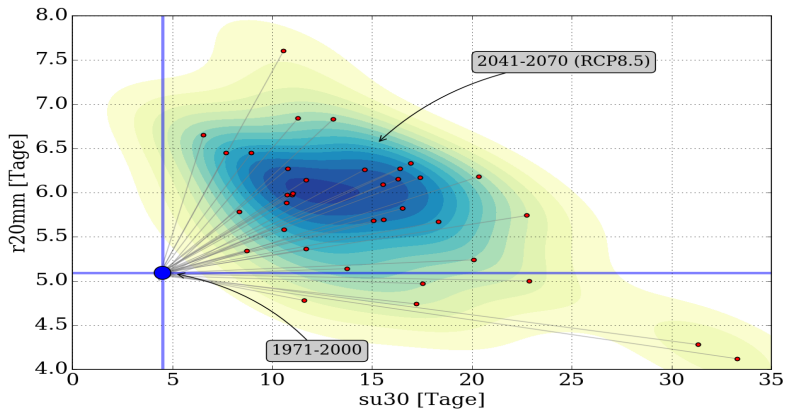


## 5.5. Jahreszeitliche Niederschlagsänderung



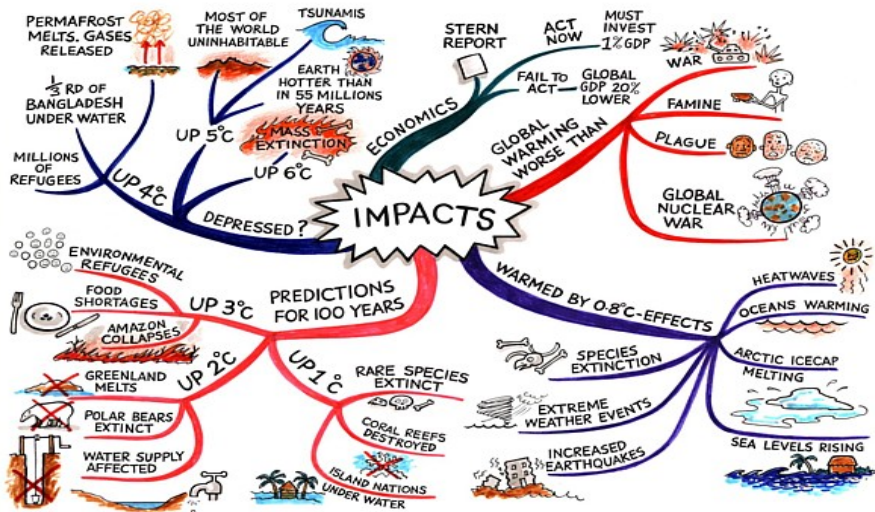
2071-2100 minus 1971-2000 (RCP8.5)

## 5.6. Extreme: Hitze & Starkregen



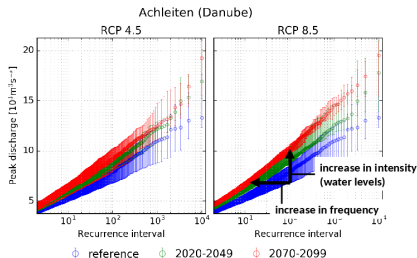
**Merke:** Extreme der Gegenwart könnten in der 2. Hälfte des 21. Jahrhunderts zur Normalität gehören: Bsp. Hitzesommer 2003 mit 20 Hitzentagen

## 6. Klimawirkung

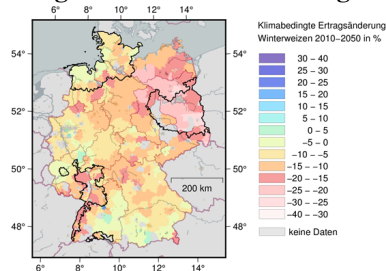


## 6.1. Sektoren

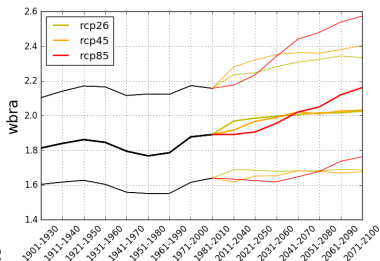
### Hydrologie: Hochwasser



### Agrar: Winterweizenerträge



### Forst: Waldbrand



### Gesundheit: Hitzestress

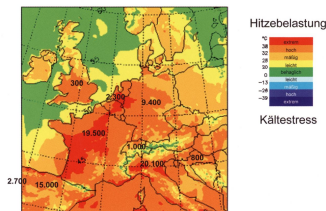


Abb. 6-1: Hitzetote und Gefühlte Temperatur am 8. August 2003, 13 UTC; Mortalitätsdaten: ROBINE et al. 2007; Gefühlte Temperatur: Deutscher Wetterdienst.

## 6.2. InfectControl2020



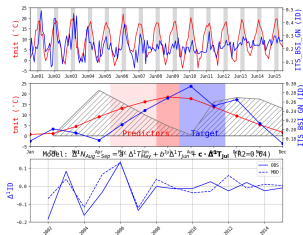
### Neue Antiinfektionsstrategien Wissenschaft · Gesellschaft · Wirtschaft



Transsektorale Themenfelder zur Diagnostik, Therapie und Prävention von Infektionen im 21. Jh.

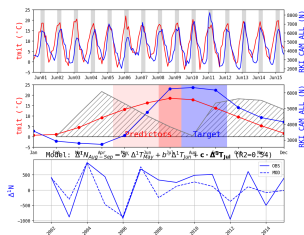
## 6.3. Klima und Pathogene

### Sepsis: GN-Bacteria



**CHARITÉ**  
UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN

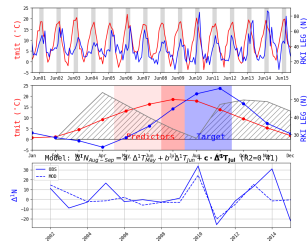
### Gastro-Enteritis: Campylobacter



ROBERT KOCH INSTITUT



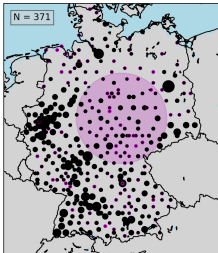
### Pneumonie: Legionellen



ROBERT KOCH INSTITUT



# 6.4. Witterung und Legionellen

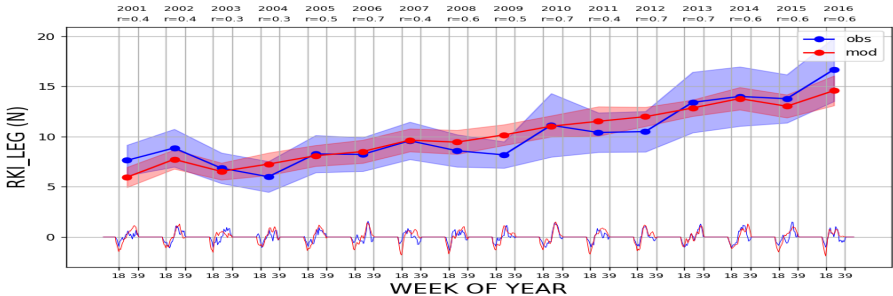
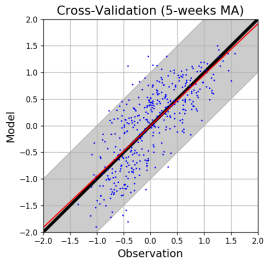


Mixed Linear Model Regression Results

Model:	MixedLM	Dependent Variable:	Legio
No. Observations:	130592	Method:	REML
No. Groups:	352	Scale:	0.0285
Min. group size:	352	Likelihood:	46576.7769
Max. group size:	4224	Converged:	Yes
Mean group size:	371.0		

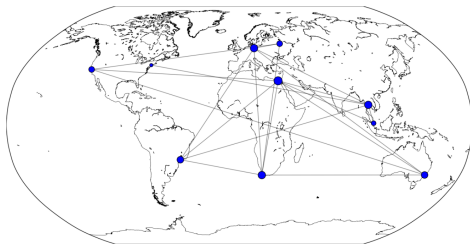
  

	Coef.	Std.Err.	z	P> z	[0.025 0.975]
Intercept	-2.915	0.207	-14.056	0.000	-3.322 -2.509
Jahr	0.001	0.000	14.275	0.000	0.001 0.002
T11	0.003	0.001	2.986	0.003	0.001 0.005
T21	0.000	0.000	-2.018	0.044	-0.000 -0.000
T12	0.001	0.001	0.709	0.478	-0.001 0.002
T22	0.000	0.000	0.087	0.931	-0.000 0.000
H11	-0.002	0.001	-2.098	0.036	-0.004 -0.000
H21	0.000	0.000	2.766	0.006	0.000 0.000
H12	0.001	0.001	1.222	0.222	-0.001 0.003
H22	-0.000	0.000	-1.318	0.188	-0.000 0.000
S11	-0.001	0.001	-0.897	0.370	-0.003 0.001
S21	0.000	0.000	0.774	0.439	-0.000 0.000
S12	-0.000	0.001	-0.422	0.673	-0.002 0.002
S22	-0.000	0.000	-0.778	0.436	-0.000 0.000
groups RE	0.000	0.000			

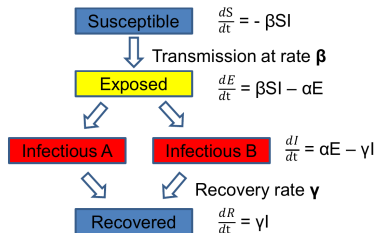


## 6.5. Schnellste Ausbreitung von Infektion über den Luftverkehr

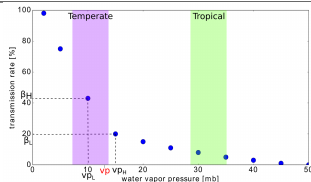
### Komplexe Netzwerke



### Übertragungsmodell



### Transmissionstrate



### Einflussfaktoren

outbreak in	climate	VP	SH	TR	deg	bc	$I_{max}$	$R_{max}$	$t_p$
San Francisco	mediterranean	10.9	0.007	0.41	3	0.032	8.67	69.5	65
Sao Paolo	subtropical	19.7	0.013	0.17	4	0.025	6.99	53.4	108
Kapstadt	mediterranean	12.9	0.008	0.32	5	0.063	8.64	69.9	75
Kairo	desert	14.3	0.009	0.31	6	0.264	10.94	69.5	90
Berlin	temperate	9.8	0.006	0.49	5	0.144	9.16	69.8	68
Moscow	continental	8.8	0.005	0.55	3	0.023	8.62	69.7	64
Singapur	tropical	32.2	0.020	0.07	2	0.0	0.25	1.73	6
Sydney	subtropical	15.1	0.009	0.29	4	0.030	8.43	68.8	99
Bangkok	tropical	30.7	0.019	0.08	5	0.280	0.0	0.0	4
New York	oceanic	12.2	0.008	0.43	1	0.0	9.08	68.3	116

Brenner et al. 2016



## 7. Zusammenfassung

**Daten:** Messdaten sind eine wichtige Grundlage zur Erdbeobachtung, Vorhersage und Veränderung

**Hypothesen:** Daten belegen Zusammenhänge und eröffnen neue Fragestellungen  
(z.B. Klimawandel)

**Methoden:** Computergestützte Auswertungen großer Datenmengen in Echtzeit (Monitoring)

**Gesetzmäßigkeiten:** Nachweis physikalischer Beziehungen mittels Daten oft skalenabhängig

**Modelle:** Sie beschreiben das Versuchslabor Erdsystem mit seinen Wechselwirkungen

**Vorhersagen:** Wettervorhersage durch numerisches Fortschreiben der Anfangsbedingungen

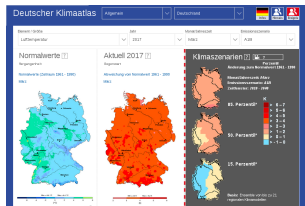
**Projektionen:** Langzeitsimulationen von Wetterabfolgen bei sich ändernden Randbedingungen  
(Emissionspfade: Klimaschutz, ungebremst)

**Wirkung:** Viele Bereiche unseres Lebens werden durch Witterungsabläufe bestimmt  
(z.B. Landwirtschaft, Hydrologie, Gesundheit, Tourismus)

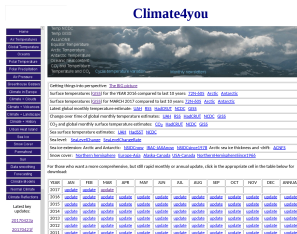
## 7.1. Links zu interessanten Seiten



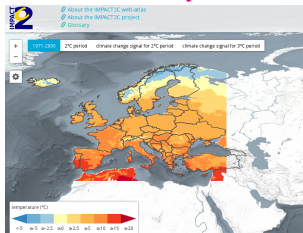
# Global Climate Report



Deutscher Klimaatlas



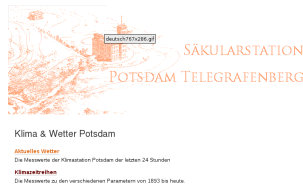
Climate4you



## Atlas Impact2C



## Climate Explorer



## Säkularstation Potsdam

## 7.2. Literatur

G. Brasseur, D. Jacob, S. Schuck-Zöller (Hrsg.), Klimawandel in Deutschland, DOI 10.1007/978-3-662-50397-3\_4

