

# Regionale Klimaänderungen

## Ausbreitung von Infektionskrankheiten

**Modul: Umwelt und Gesundheit**

**Mi. 26.4.2017 12:15 - 13:45**

**Kursraum 2 (2.00102) Forum 3**

Virchow Campus in Wedding



- 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 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?



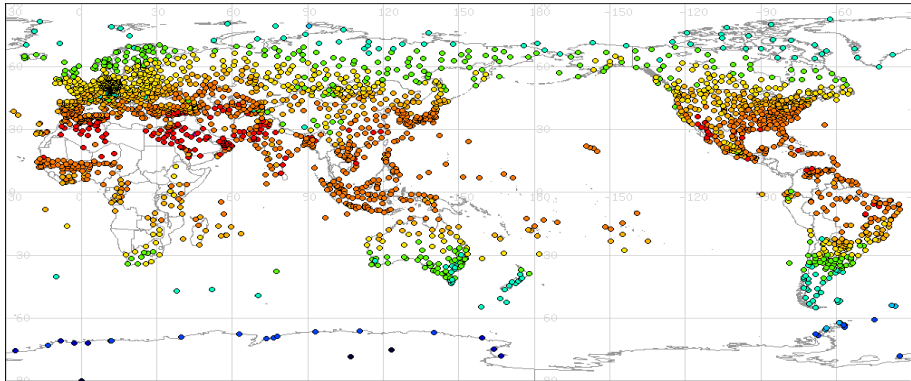
# Contents

<b>1</b>	<b>Wetterdatenerfassung</b>	<b>5</b>
1.1	Messnetz des DWD	6
1.2	Zustandsgrößen	7
1.3	Statistische Kennzahlen	10
1.4	Klimakennzahlen	11
1.5	Darstellungsformen	12
1.6	Klimatologien für Deutschland (1971-2000)	15
<b>2</b>	<b>Atmosphärische Zirkulation</b>	<b>18</b>
2.1	Struktur der Atmosphäre und Zusammensetzung	19
2.2	Strahlungshaushalt	20
2.3	Allgemeine Zirkulation & Corioliseffekt	21
2.4	Räumliche- und zeitliche Skalen	22
2.5	Großwetterlagen über Europa	24
<b>3</b>	<b>Klimatische Veränderungen</b>	<b>26</b>
3.1	Natürliche Schwankungen und Anthropogene Einflussfaktoren	27
3.2	Klimawandel vor Ort	32
3.3	Klimafolgen	35
<b>4</b>	<b>Wetter- Klima- und Erdsystemmodelle</b>	<b>40</b>
4.1	Wettersvorhersage	41
4.2	Klimamodelle	43
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>50</b>
5.1	Leitantworten zu Leitfragen:	50
5.2	Links zu interessanten Seiten	55
5.3	Literatur	56



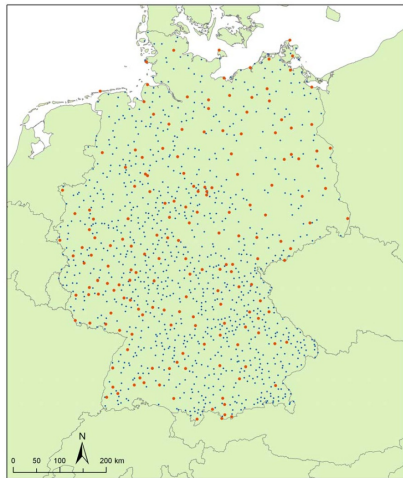


# 1. Wetterdatenerfassung





## 1.1. Messnetz des DWD



Synoptische Stationen / Niederschlagsstationen

Meteorologische Station: Potsdam



seit 1893



## 1.2. Zustandsgrößen

Boden	Einheit	Klima-/Wetterstationen
Temperatur (Max./Min.)	°C	Thermometer (Quecksilber, PT100)
Niederschlag	mm	Hellmann
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.

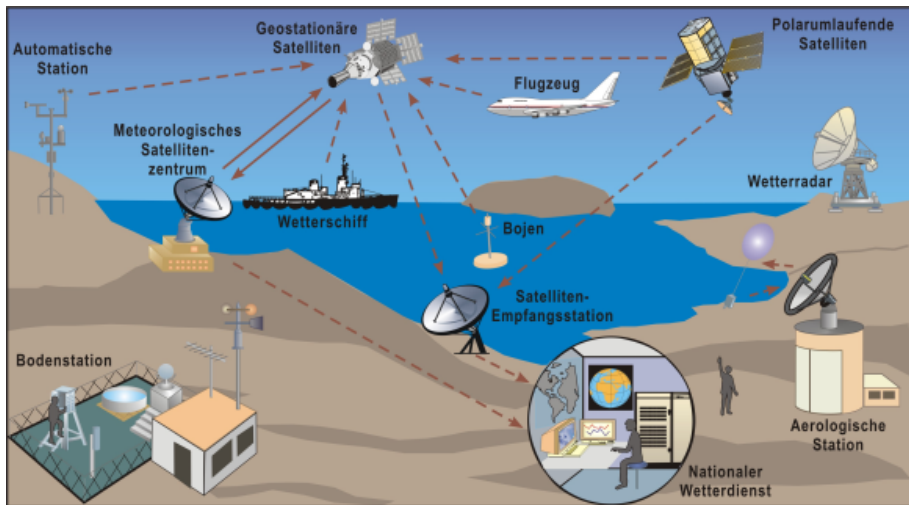
$\vec{u}(t, z, y, x); \vec{v}(t, z, y, x)$

Spezifische Luftfeuchte

$q(t, z, y, x)$

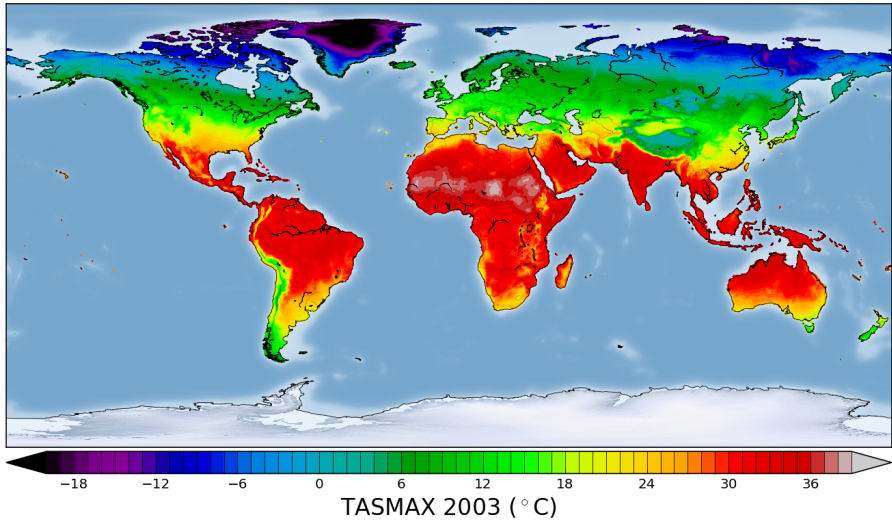


## Daten-Assimilation





## Rasterdaten/Interpolation





## 1.3. Statistische Kennzahlen

Kennzahlen	Formel	Erläuterung
Zeitreihen	$X(t) \rightarrow X(j, m, d, h)$	Tages- u. Jahresgang, Flukt., Trends
Mittelwert	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_i^i X_i$	auch Erwartungswert
Standardabweichung	$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^i (X_i - \bar{X})^2}$	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

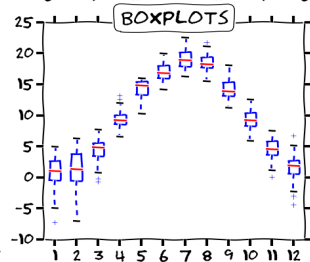
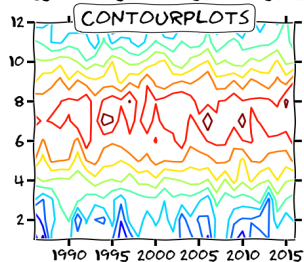
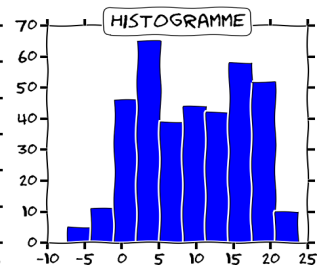
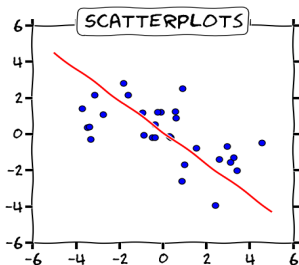
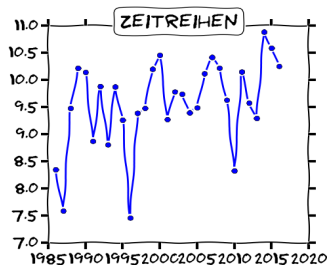


## 1.4. Klimakennzahlen

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/h (25.08.2006)
Trockentag	$pr < 1\text{mm/d}$	
Trockenperiode	$pr \leq 40\text{mm/mon}$	Deutschland
Großwetterlagen	Zirkulationstypen	subjektive Klassifikation



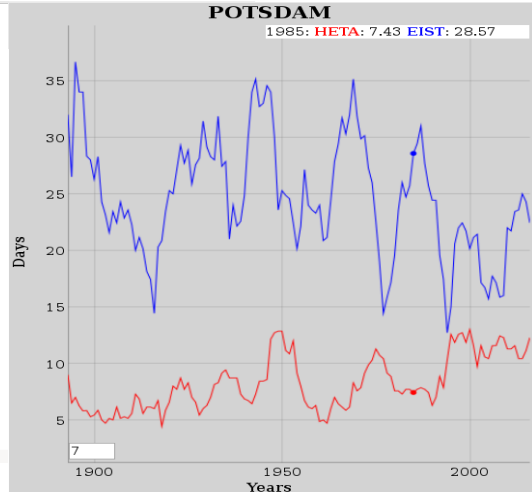
## 1.5. Darstellungsformen





# 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
21     print jo[j]
22
23     w=N.ma.masked_where(ja!=jo[j],tg)
24     w=w.compressed()
25
26     to[j]=N.mean(w)
27
28     tx[j]=len(w[w>30.])
29     tn[j]=len(w[w<0.])
30
31 ########
32
33 xo=N.vstack([N.arange(nj),N.ones(nj)]).T
34
35 m,c=N.linalg.lstsq(xo,to)[0]
36
37 print m,c
```





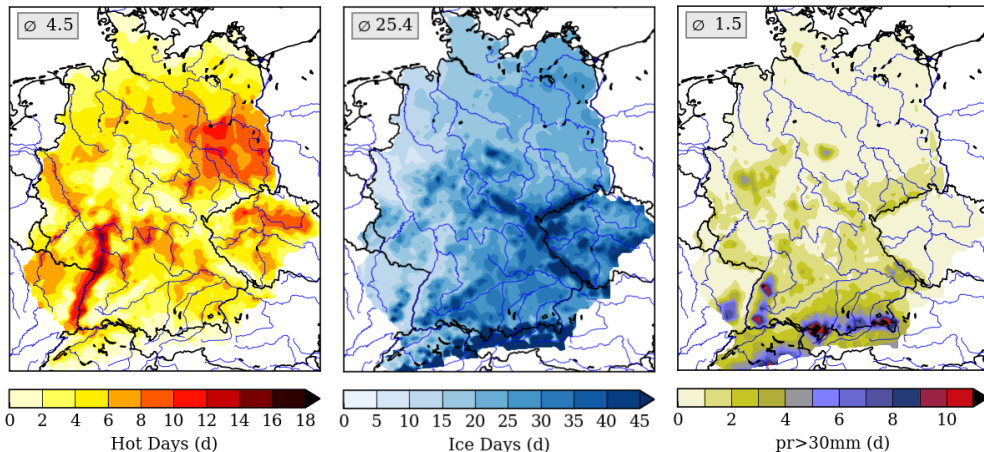
## Bildschirmsitzung:

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



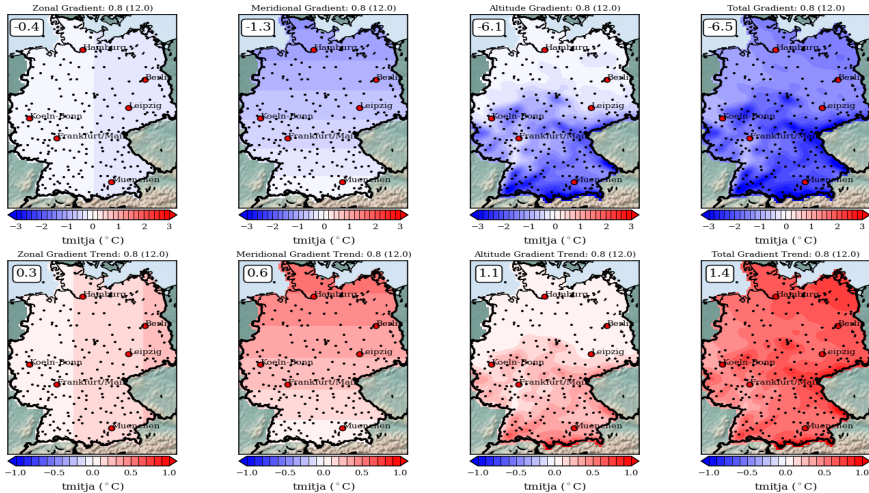
## 1.6. Klimatologien für Deutschland (1971-2000)

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



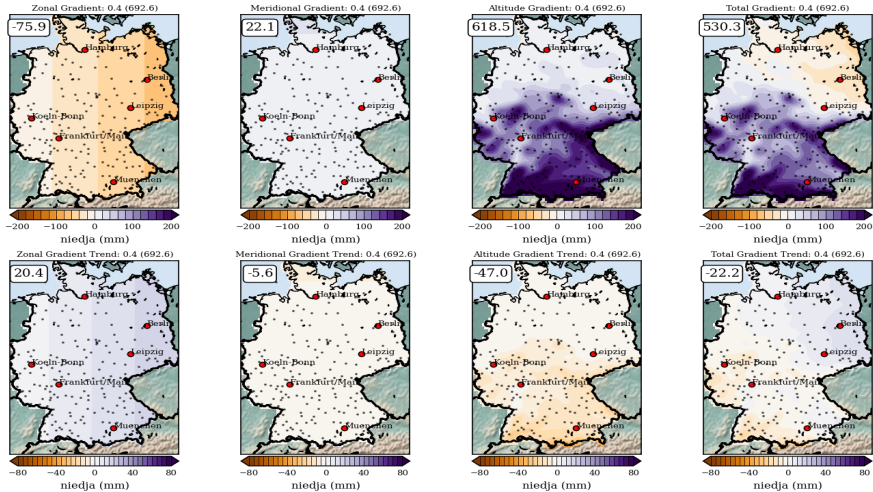


## Regionale Veränderungen: 1961-2014 (Temperatur)



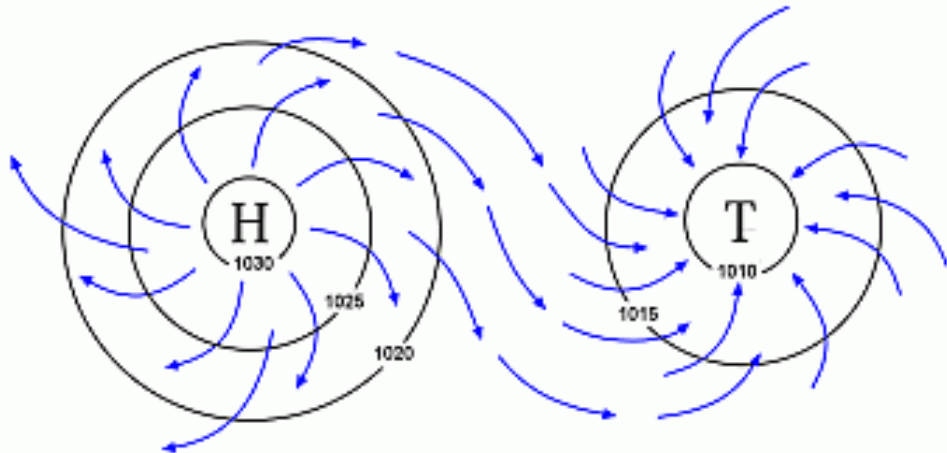


## Regionale Veränderungen: 1961-2014 (Niederschlag)





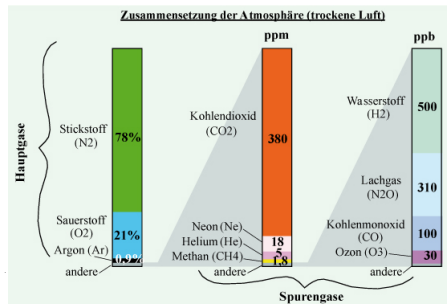
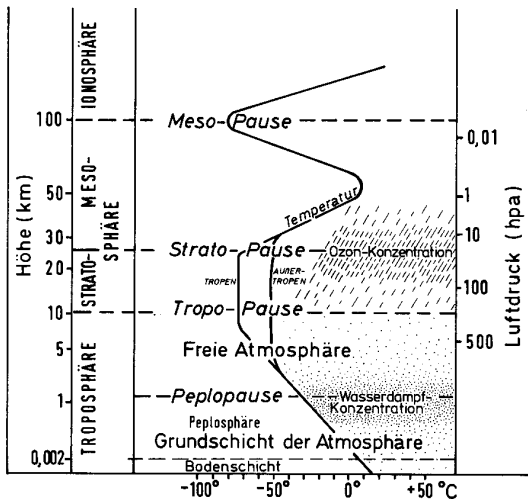
## 2. Atmosphärische Zirkulation



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

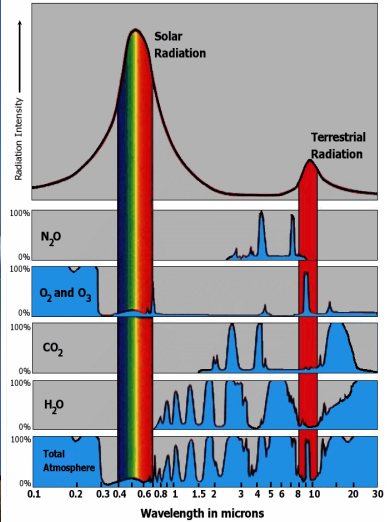
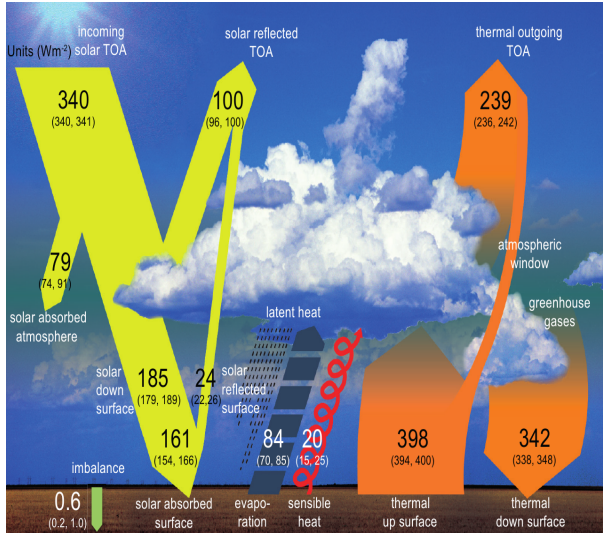


## 2.1. Struktur der Atmosphäre und Zusammensetzung



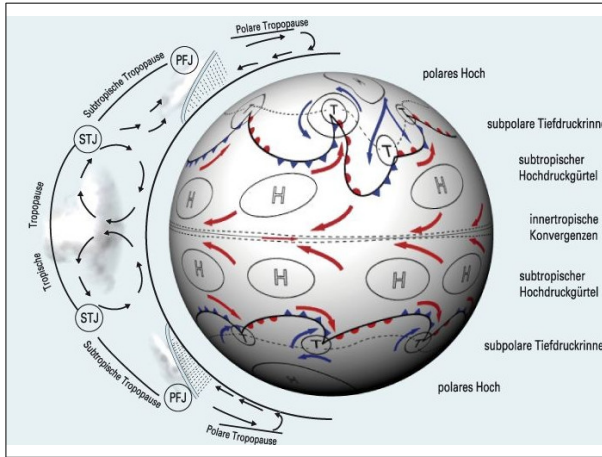


## 2.2. Strahlungshaushalt





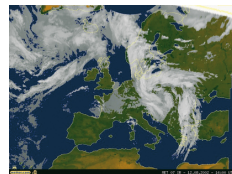
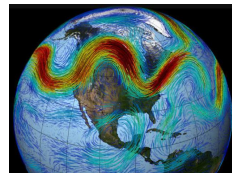
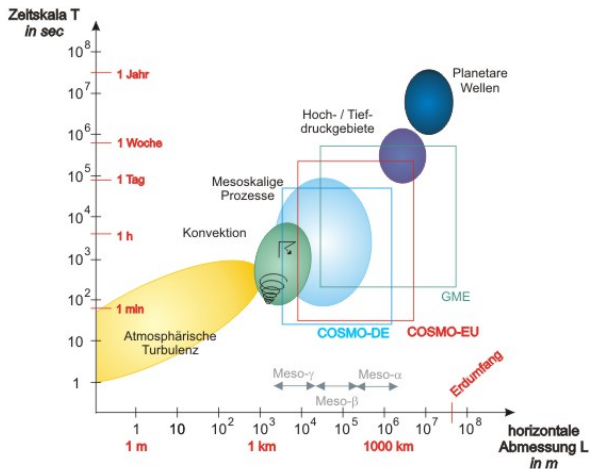
## 2.3. Allgemeine Zirkulation & Corioliseffekt



**Windsysteme +++ Jets +++ Hadleyzelle +++ Konvergenz +++ Polarfront**



## 2.4. Räumliche- und zeitliche Skalen

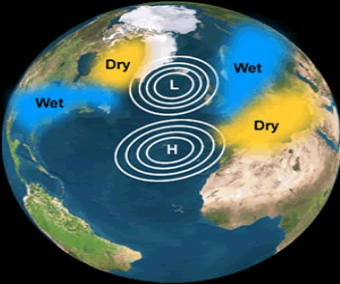




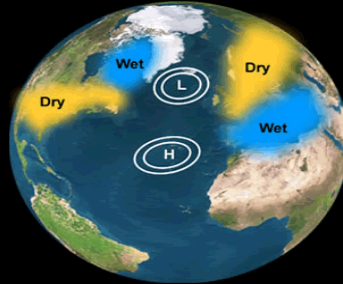
## Nordatlantische Oszillation (Wetterbestimmend für Europa)

### The North Atlantic Oscillation

#### Positive Phase

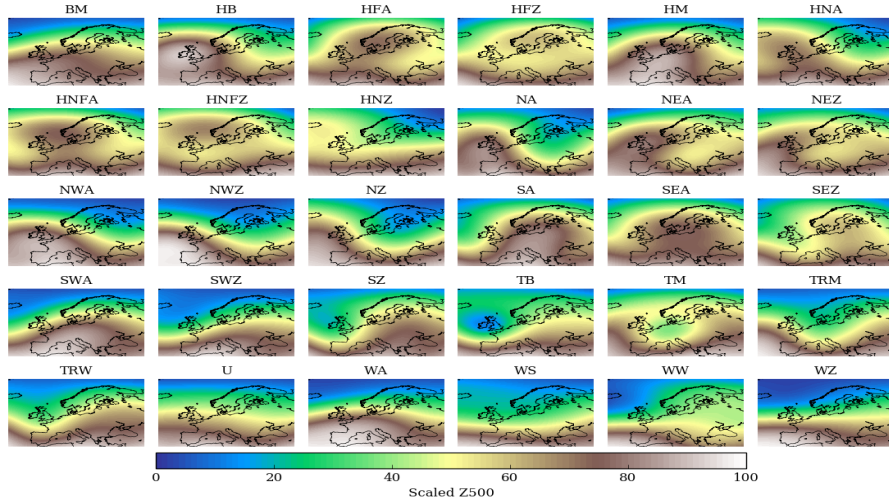


#### Negative Phase



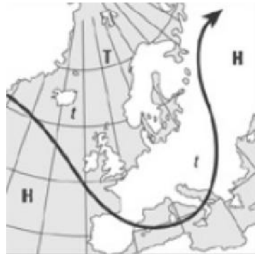
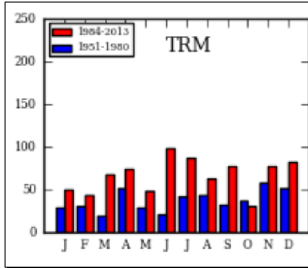


## 2.5. Großwetterlagen über Europa





## Zwei dominante Wetterlagen mit steigender Tendenz

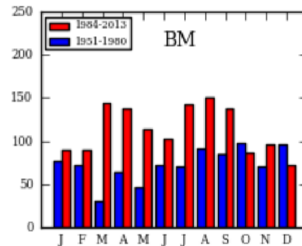


### Trog über Mitteleuropa

- Zugbahn von Tiefs ü. Mittelmeer
- Dauerregen mit Hochwassergefahr

### Hochdruckrücken über Mitteleuropa

- sehr stabil
- Hitze & Trockenheit im Sommer

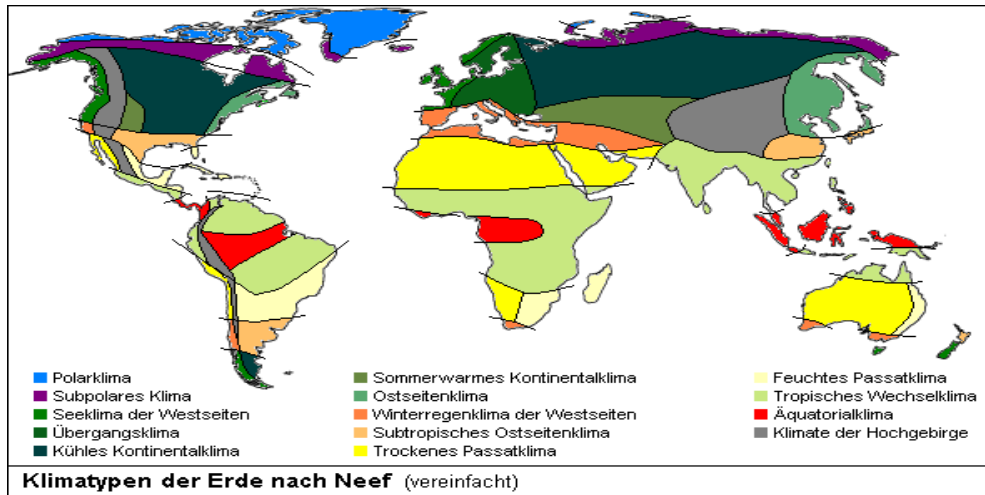


Hochdruckbrücke Mitteleuropa  
23. Januar 1981





### 3. Klimatische Veränderungen



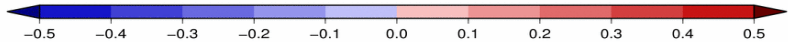
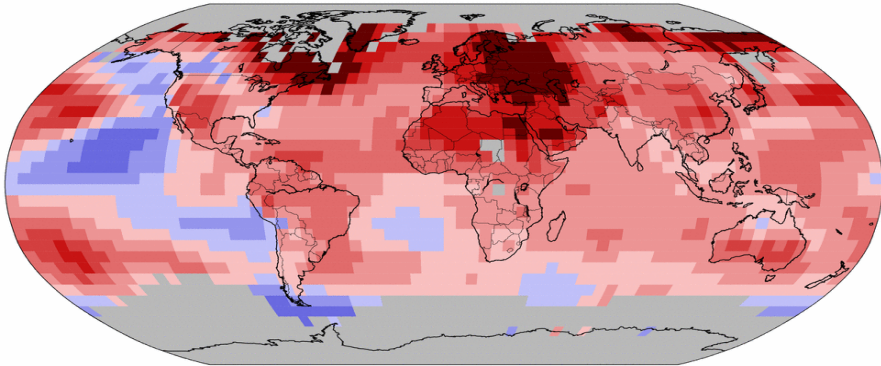


### 3.1. Natürliche Schwankungen und Anthropogene Einflussfaktoren

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

Period: 1985–2014

Data Source: GHCN–M version 3.2.2 & ERSST version 3b

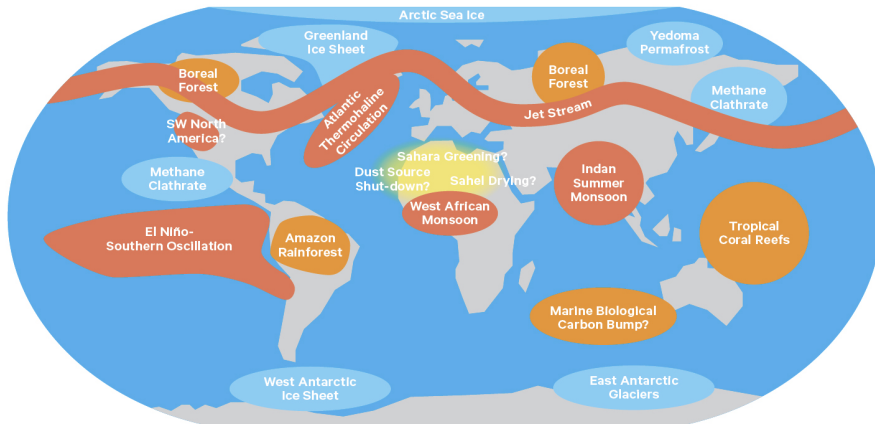


Degrees Celsius Per Decade

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



## Kippelemente im Klimasystem



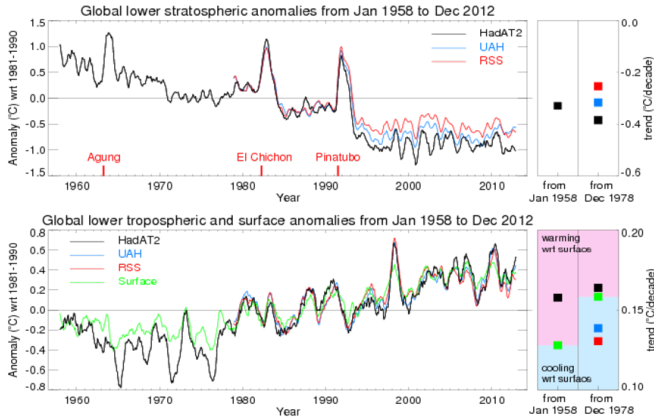
 Cryosphere Entities

 Circulation Patterns

 Biosphere Components



## Änderung von Temperatur mit der Höhe



## The Greenhouse Signature

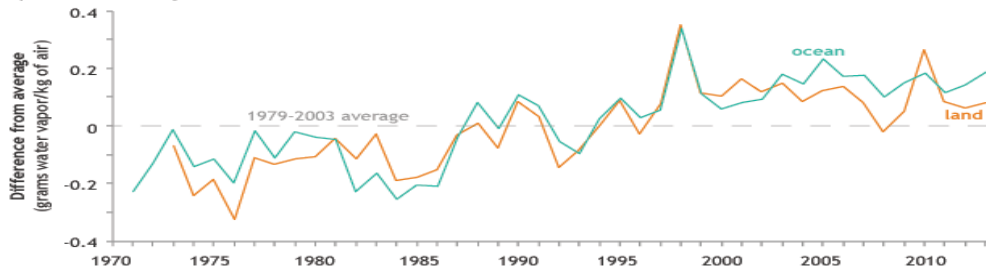


HadAT2 radiosonde data and HadCRUT4 surface data are produced by the Hadley Centre and are available at [www.hadobs.org](http://www.hadobs.org)  
 UAHMSR satellite data are produced by the University of Alabama in Huntsville and are available at [www.nsstc.uah.edu/public/msu](http://www.nsstc.uah.edu/public/msu) courtesy of John Christy and Roy Spencer  
 RSS MSU satellite data are produced by Remote Sensing Systems and are available at [www.remss.com](http://www.remss.com) courtesy of Carl Mears

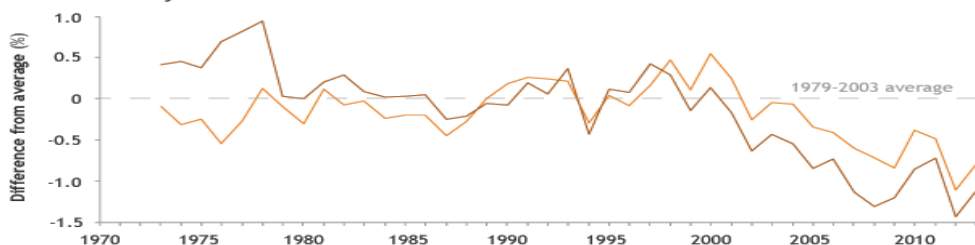


## Änderung der Luftfeuchte

Specific humidity over land and ocean



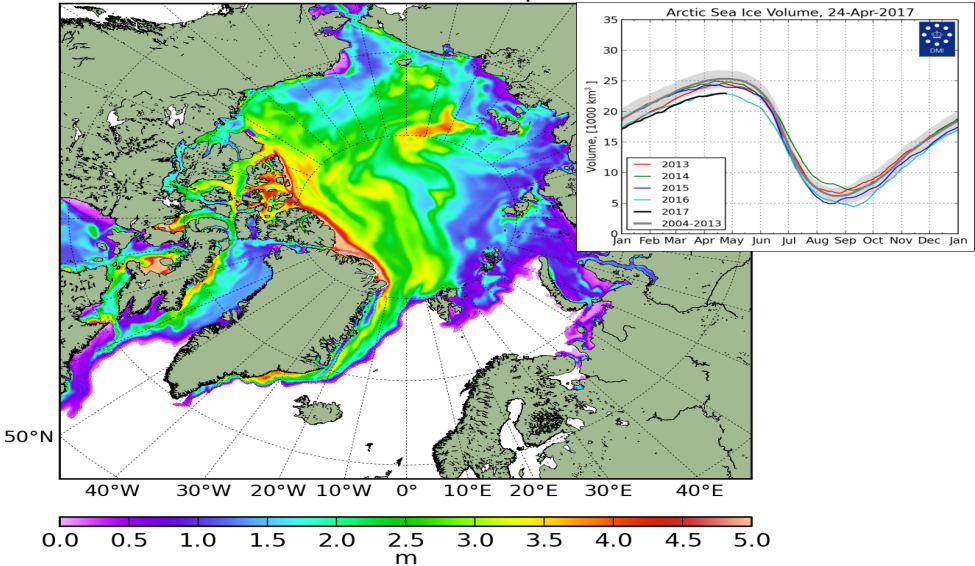
Relative humidity over land





Arktisches Meereis

Sea Ice Thickness, 24-Apr-2017





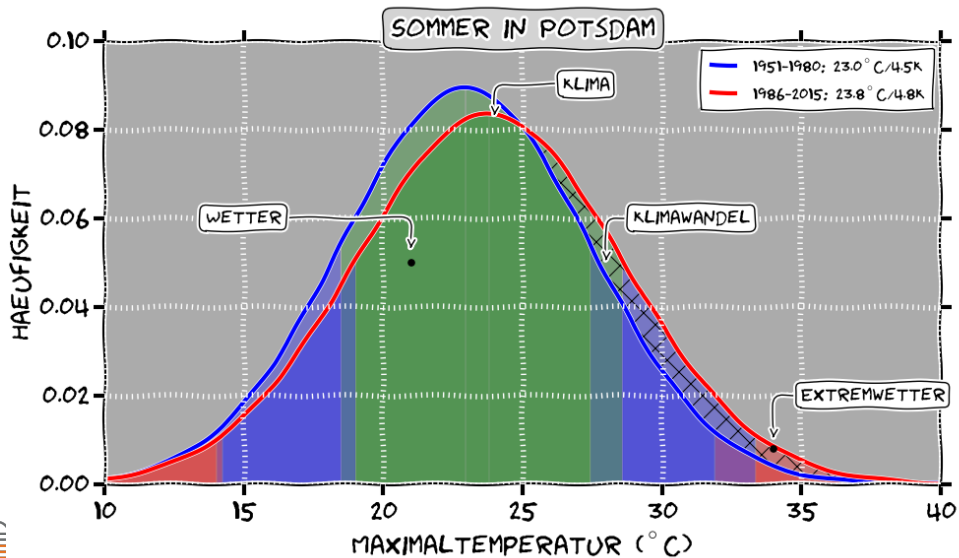
## 3.2. Klimawandel vor Ort

### Jahresmitteltemperatur: Potsdam



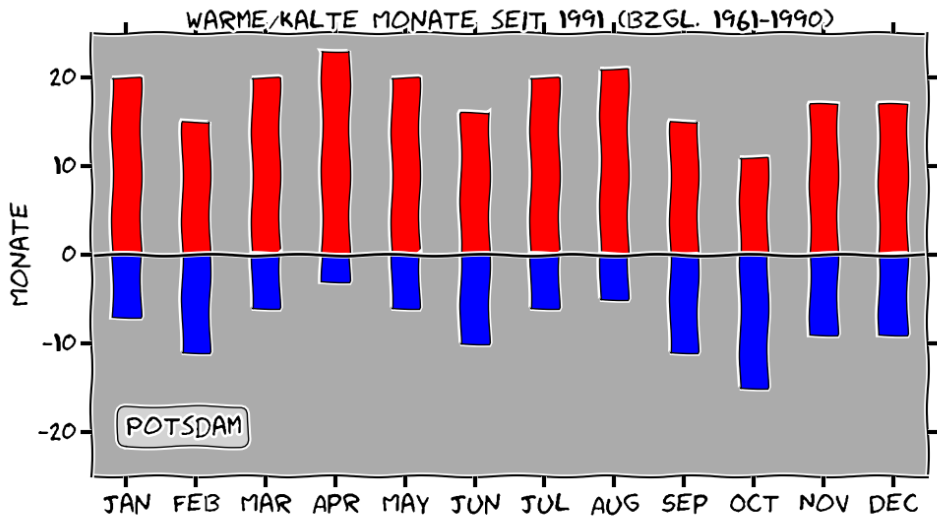


## Häufigkeitsverteilung: Potsdam



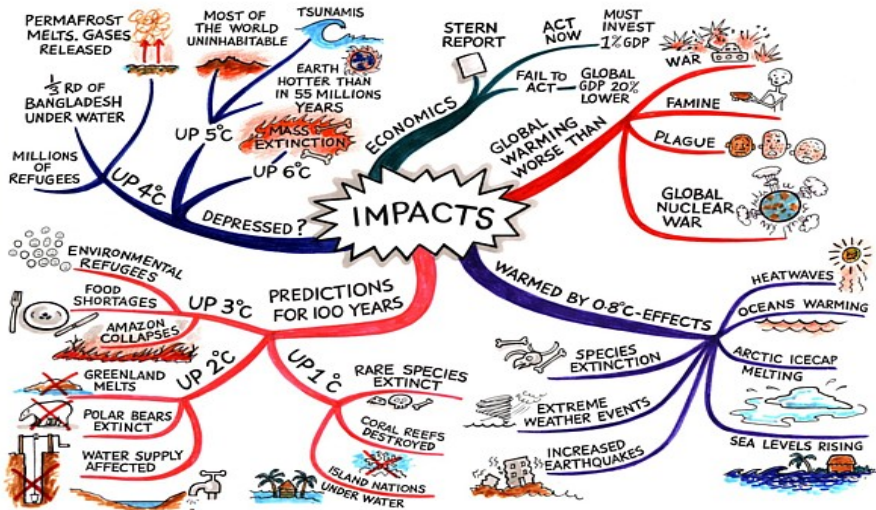


## Monatmittelanomalien: Potsdam



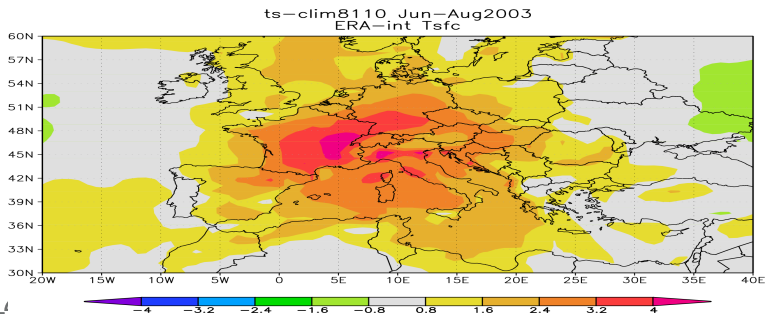
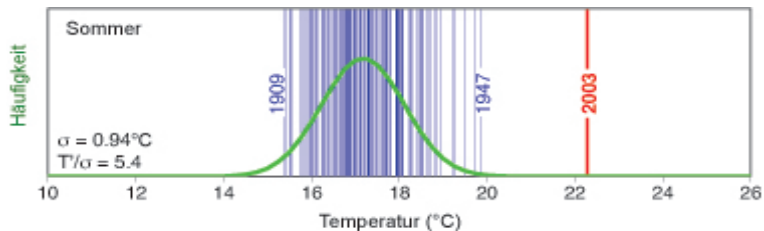


### 3.3. Klimafolgen





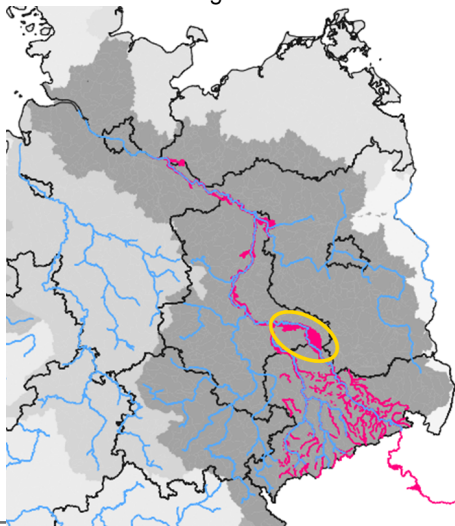
## Hitzesommer 2003



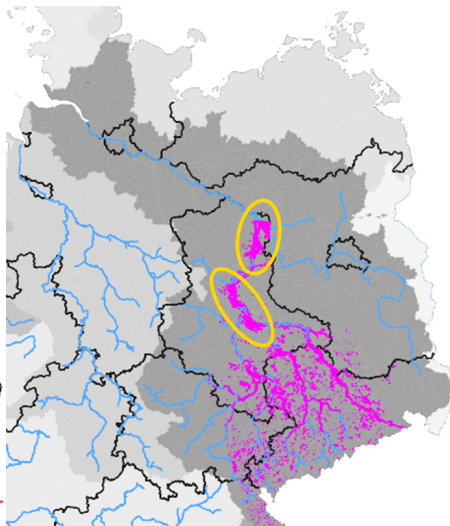


## Hochwässer: 2002 & 2013 (Vb-Zugbahnen)

Aug 2002



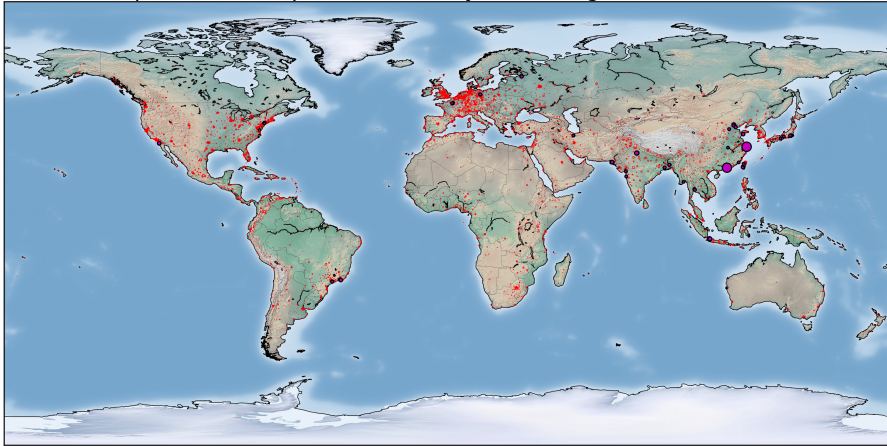
Jun 2013





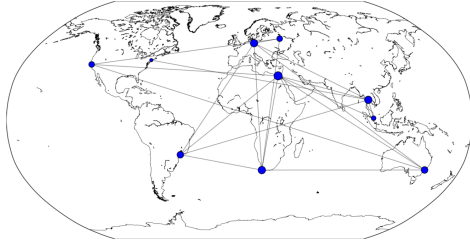
## Schnellste Ausbreitung von Infektion über den Luftverkehr (Influenza)

Airports +++ Population Density +++ magenta > 5 Millions

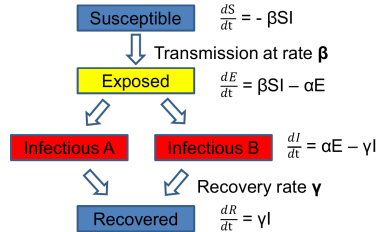




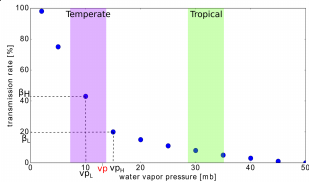
## Komplexe Netzwerke



## Übertragungsmodell



## Transmissionstrate

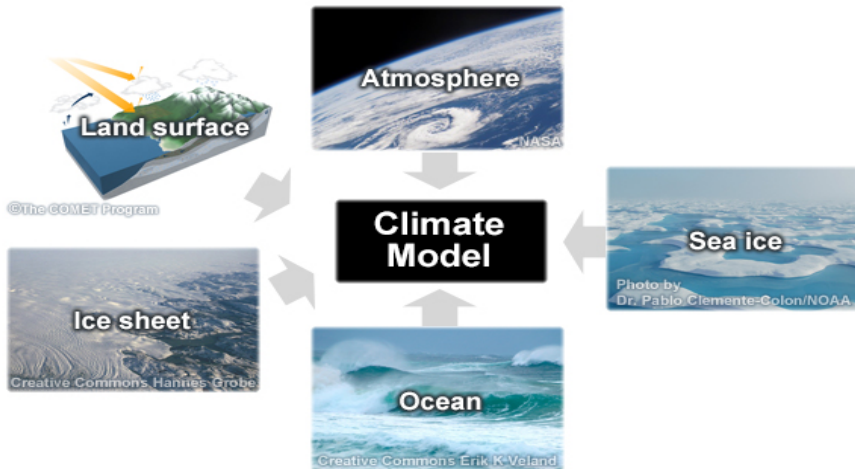


## Einflussfaktoren

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

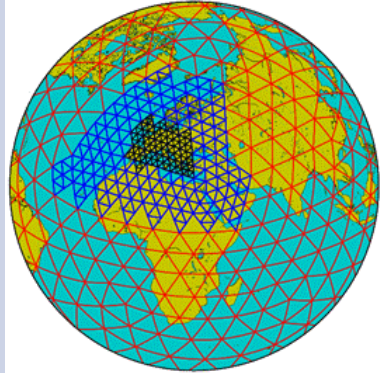
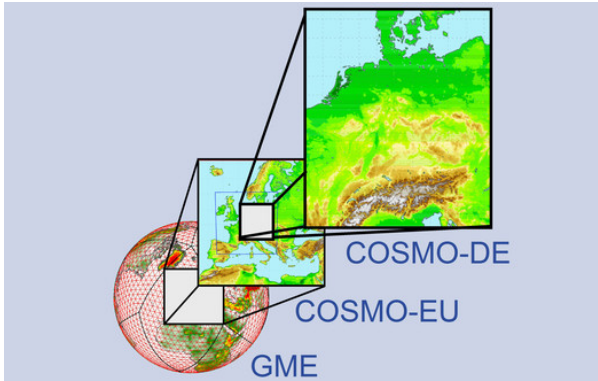


## 4. Wetter- Klima- und Erdsystemmodelle





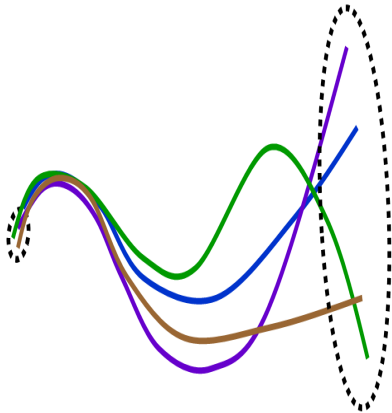
## 4.1. Wettervorhersage



**Anfangszustand: Vorhersage für die nächsten Tage**

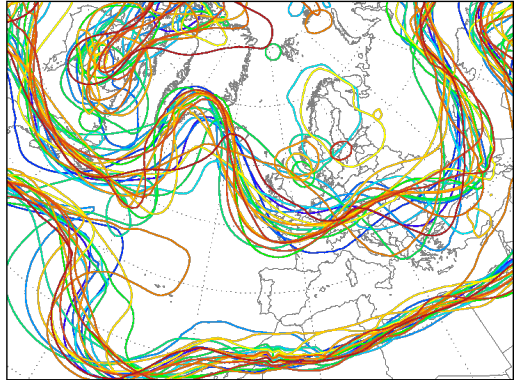


## Ensemblevorhersagen



Ini: Tue,18APR2017 12Z Val: Tue,25APR2017 12Z

500 hPa Geopotential (Isohypsen: 516 552 576 gpdam)



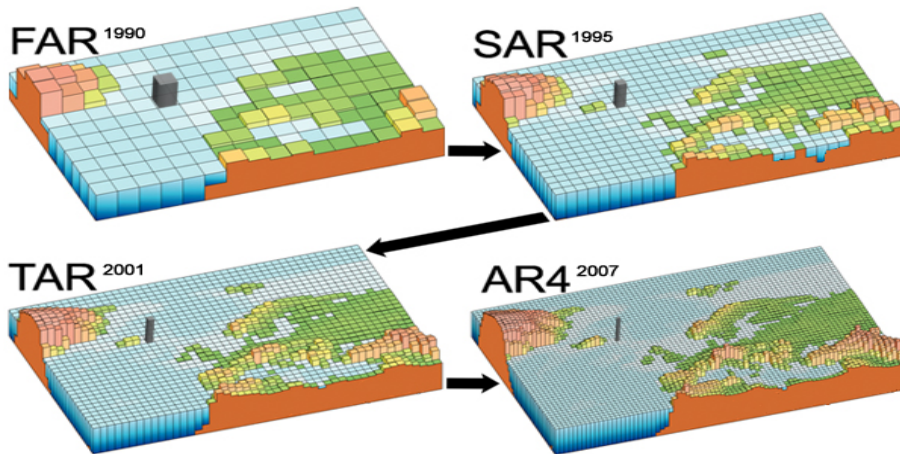
Daten: Ensembles des GFS von NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

**Unsicherheiten der Vorhersage ↪ Wahrscheinlichkeitsaussagen**



## 4.2. Klimamodelle

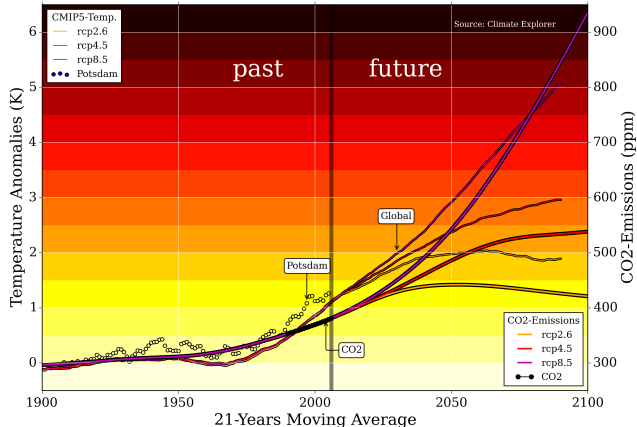
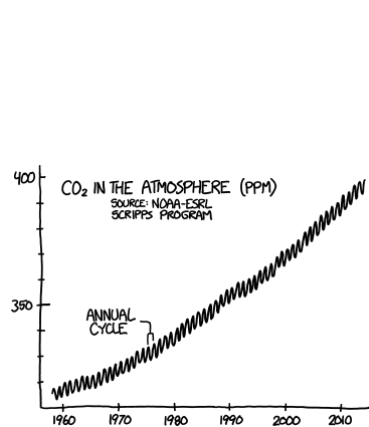
Elevation on Global and Regional Climate Model Grids



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.



# CO2-Emissionspfade



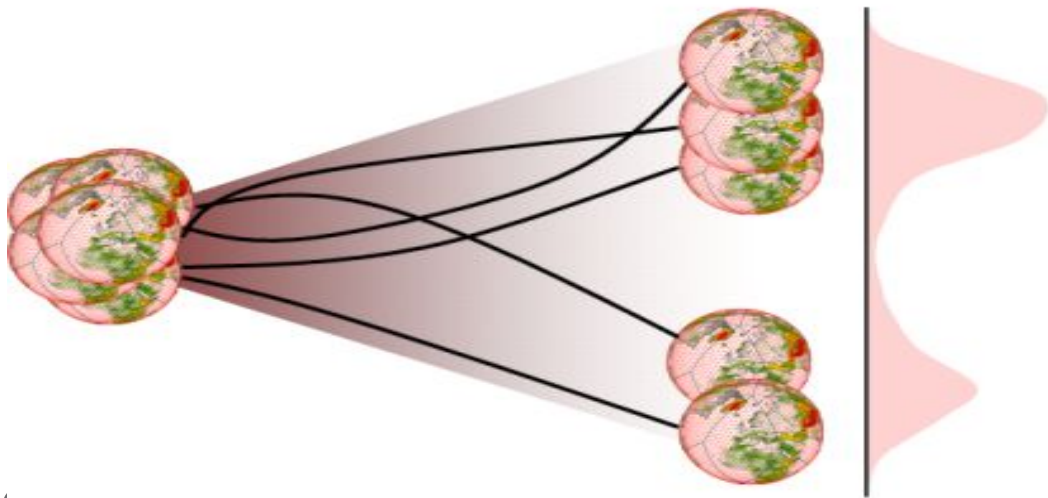


## Modellkette: Emissionspfade/Globalmodell/Regionalmodell/Ensemble





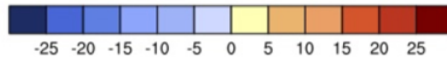
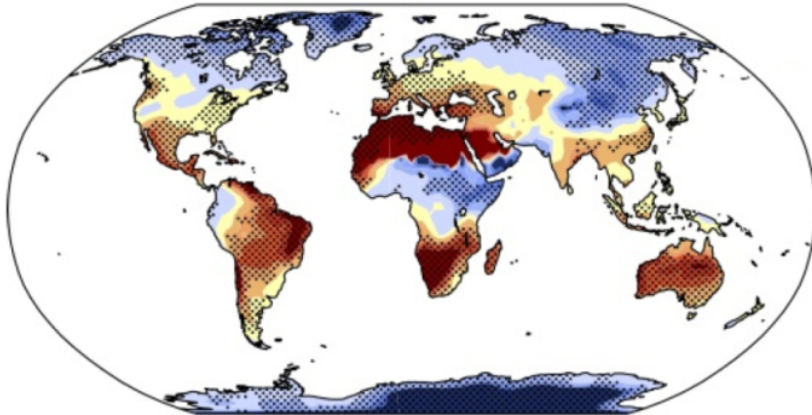
## Bandbreiten der Zukünfte





## RCP8.5: Trockenperioden (2081-2100) vs. (1981-2000)

Consecutive Dry Days RCP8.5: 2081-2100



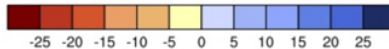
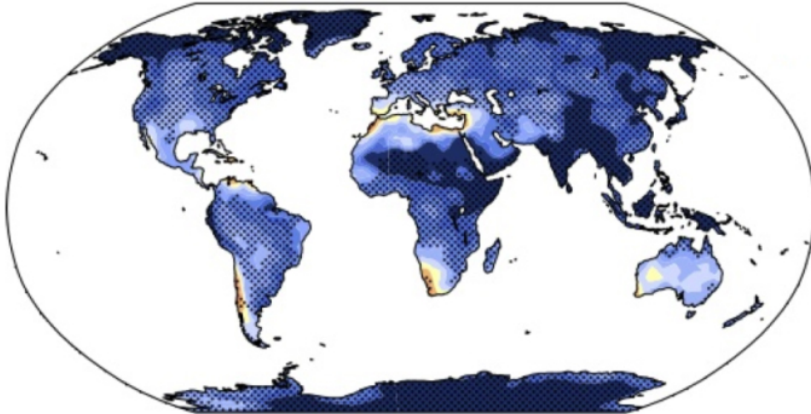
(days)



## RCP8.5: Feuchtperioden (2081-2100) vs. (1981-2000)

max. 5 day precip

RCP8.5: 2081-2100



(%)







## 5. Zusammenfassung

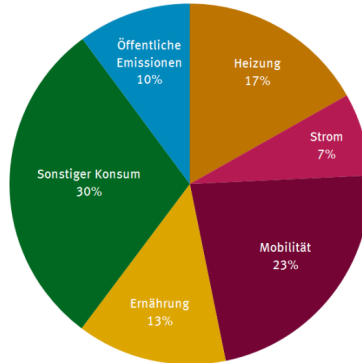
### 5.1. Leitantworten zu Leitfragen:

1. Wie werden meteorologische Daten erfasst und welche Aussagen zum Klimawandel lassen sich daraus gewinnen?
  - Die Datenerfassung durch Klimastationen werden seit Ende der 70 Jahre durch Fernerkundungsverfahren ergänzt und tragen somit zu einem besseren Verständnis atmosphärischer Prozesse bei.
  - Eine umfassende Beschreibung der Zustandsgrößen sind die Grundlage für Vorhersagen.
  - Zeitliche Veränderungen der Zustandsgrößen auf klimatologischen Zeitskalen zeigen starke Erwärmungstrends in den letzten Jahrzehnten über den Kontinenten der Nordhemisphäre.



## 2. Wodurch verändert der Mensch das Klimasystem?

**Treibhausgas-Ausstoß (CO<sub>2</sub>-Äquivalente\*) pro Kopf in Deutschland nach Konsumbereichen (2014)**



Quelle: UBA-CO<sub>2</sub>-Rechner ([http://uba.klimaktiv-co2-rechner.de/de\\_DE/popup/](http://uba.klimaktiv-co2-rechner.de/de_DE/popup/))

\* Emissionen anderer Treibhausgase als Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) werden zur besseren Vergleichbarkeit entsprechend ihrem globalen Erwärmungspotenzial in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet (CO<sub>2</sub> = 1).



### 3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Wetter und Klima?

- Sich ändernde klimatische Rahmenbedingungen verändern die Häufigkeitsverteilung von Wetter und Extremwetter.
  - Verteilungsfunktion verschiebt sich zu höheren Werten (mehr Extremwetter)
  - Häufiger zu warme Monate als zu kalte Monate
  - Neue Temperatur- und Niederschlagsrekorde
  - Langfristige Verringerung des Temperaturunterschieds zwischen Hohen- und Niedrigen Breiten  $\Rightarrow$  Abschwächung der Westwinde  $\Rightarrow$  Drucksysteme verweilen länger Ortsfest.



## 5. Wie lassen sich zukünftige Entwicklungen im Klimasystem abschätzen?

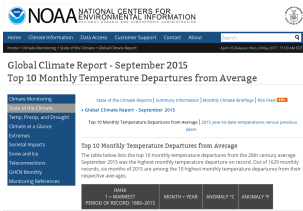
- Für langfristige Entwicklungen bedarf es globale Klimamodelle. Diese simulieren die Veränderung des Wetters unter Einfluss der Randbedingungen. Der Simulationszeitraum beträgt ca. 150 Jahre (1951-2100). Die Simulationen sind freilaufend und werden nicht durch Beobachtungsdaten angetrieben. Sie werden lediglich für den historischen Zeitraum mit Beobachtungsdaten evaluiert.
- Hinter Klimaszenarien verbergen sich sozio-ökonoische Annahmen über gesellschaftliche Entwicklungen und die damit verbundenen Emissionen.
- Multi-Model-Ensembles erlauben Aussagen über Unsicherheiten und Robustheit.
- Für die nahe Zukunft lassen sich grobe Abschätzungen durch Fortschreibung der beobachteten Entwicklung treffen.



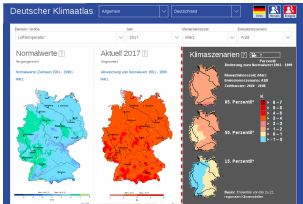
## 6. Welche klimarelevante Faktoren bestimmen unser Leben und wie lassen sich diese beschreiben?

- Ernährung: Forst- und Landwirtschaft, Ernteerträge
- Freizeit: Urlaub und Aktivitäten, Open-Air
- Verkehr: Extremwetter (Starkregen, Hagel, Hitze, Orkanböen)
- Gesundheit: Hitzestress, Infektionen, Unwetter
- Produktivität: Produktionsausfälle durch Extremwetter, Hitzestress
- Natur: Phänologie und neue Arten
- Infrastruktur: DIN-Normen, Gebäudeschäden
- Energieversorgung: Kühlung von Kraftwerken

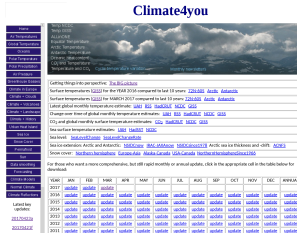




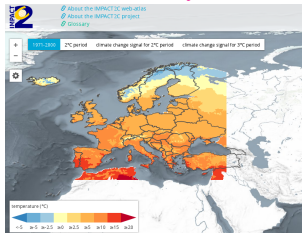
# Global Climate Report



# Deutscher Klimaatlas



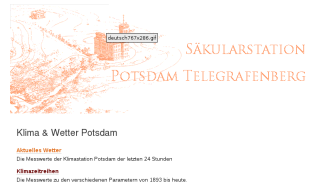
## Climate4you



# Atlas Impact2C



# Climate Explorer



## Säkularstation Potsdam



## 5.3. Literatur

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

