

Regionale Klimaänderungen

P. Hoffmann

Modul: Umwelt und Gesundheit

Mi. 08.05.2019 12:00 - 14:00

Kursraum 02 004

Virchowweg 24

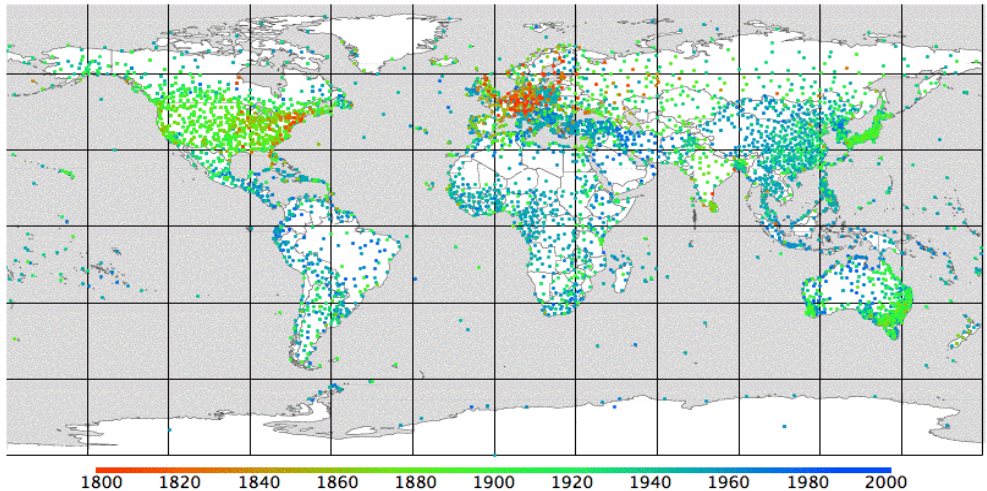
Potsdam: Telegrafenberg



Contents

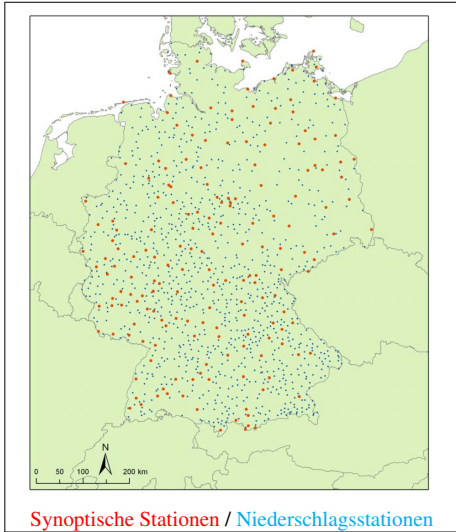
1	Wetterdatenerfassung	5
2	Atmosphärische Zirkulation	16
3	Klimatische Veränderungen	24
3.1	Grundlagen	24
3.2	Klimawandel vor Ort	33
4	Wetter- Klima- und Erdsystemmodelle	47
5	Regionales Klimamodell Ensemble für Deutschland	55
6	Klimawirkung	59
7	Zusammenfassung	66

1. Wetterdatenerfassung



Merke: mehr als 10000 Bodenwetterstationen weltweit, die längsten in Mitteleuropa

Messnetz des DWD



Meteorologische Station: Potsdam



seit 1893

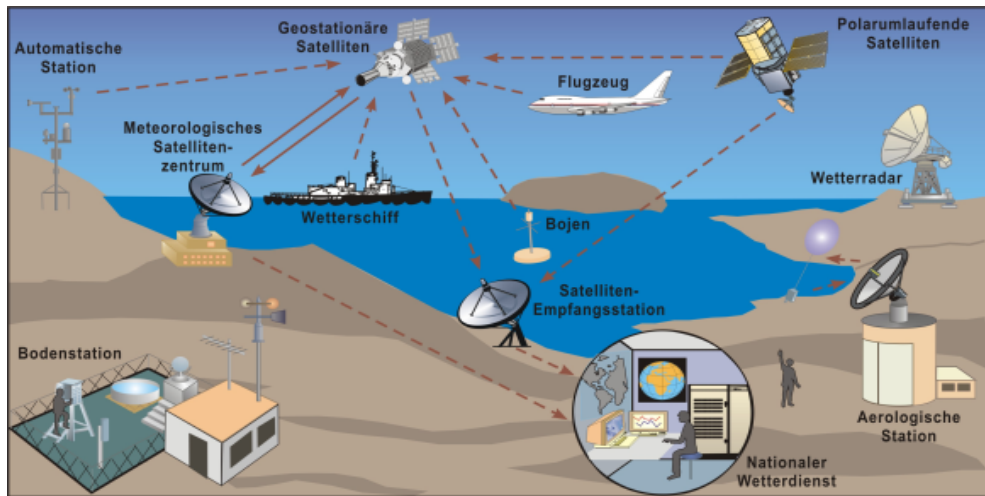
Merke:

Seit 1961 werden von ca. 220 synoptischen- und ca. 1000 Niederschlagsstationen tägliche Messdaten erfasst.

Zustandsgrößen

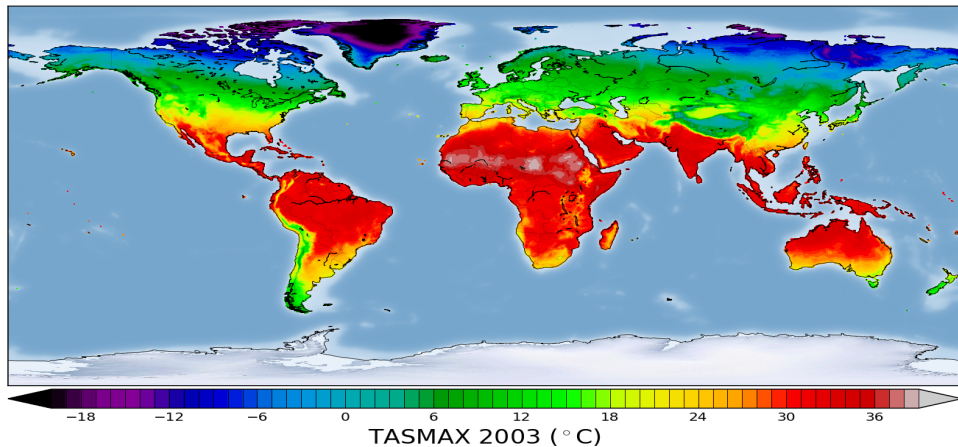
nahe Boden	Einheit	Klima-/Wetterstationen
Temperatur (Max./Min.)	°C	Thermometer (Quecksilber, PT100)
Niederschlag	mm	Hellmann (Ø 16 cm, max. 200 mm)
Luftdruck	hPa	Barometer
Relative Luftfeuchte	%	Psychrometer (Trocken- u. Feuchttemp.)
Spezifische Luftfeuchte	kg/kg	abgeleitet
Dampfdruck	hPa	abgeleitet
Taupunkt	°C	abgeleitet
Windgeschwindigkeit	m/s	Anemometer (mechanisch o. Ultraschall)
Windrichtung	°	
Globalstrahlung	J/cm ²	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	$q(t, z, y, x)$	

Daten-Assimilation



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

Rasterdaten/Interpolation



Merke:

Datenprodukte für die Klima- und Klimafolgenforschung auf Gitterpunkten ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$).

Statistische Kennzahlen

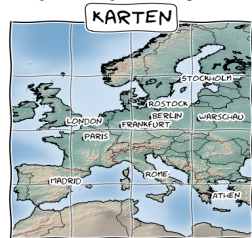
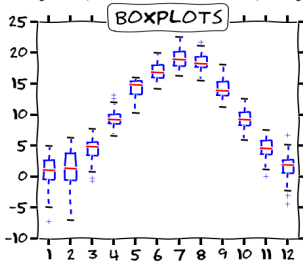
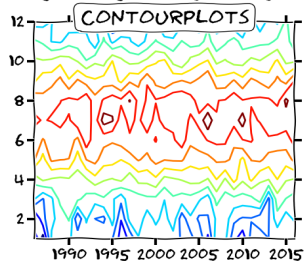
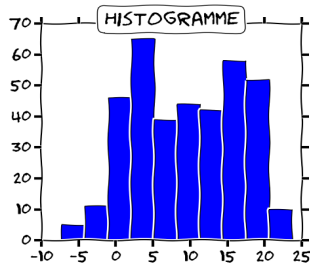
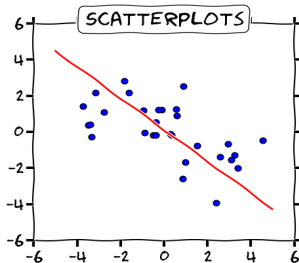
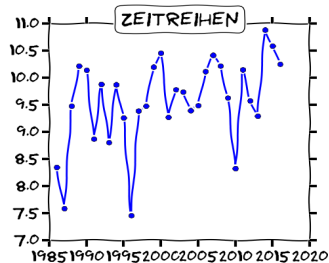
Kennzahlen	Formel	Erläuterung
Zeitreihen	$X(t) \rightarrow X(j, m, d, h)$	Tages- u. Jahresgang, Flukt., Trends
Mittelwert	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_n^i X_i$	auch Erwartungswert
Standardabweichung	$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_n^i (X_i - \bar{X})^2}$	Mittlere Streuung um Mittelwert
Trend	$X(t) = a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



Klimakennzahlen

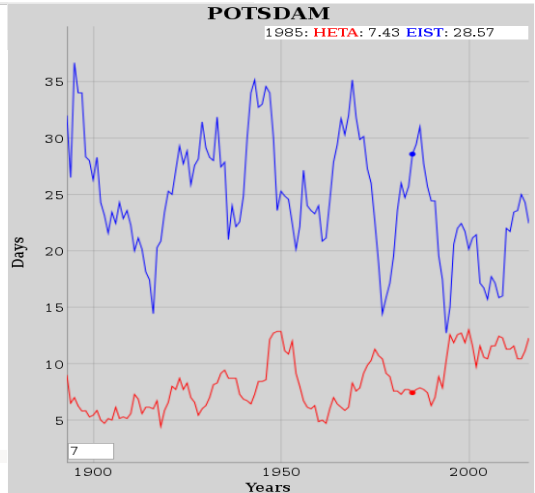
Kennzahlen	Parameter	Erläuterung
Jahres-, Jahreszeiten-, Monatsmittel	Temperatur	mittlerer Zustand
Jahres-, Jahreszeiten-, Monatssumme	Niederschlag	kummulierter Niederschlag
Sommertag	$T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$	Tage mit angenehmer Wärme
heißer Tage	$T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$	Tage mit starker 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

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
```

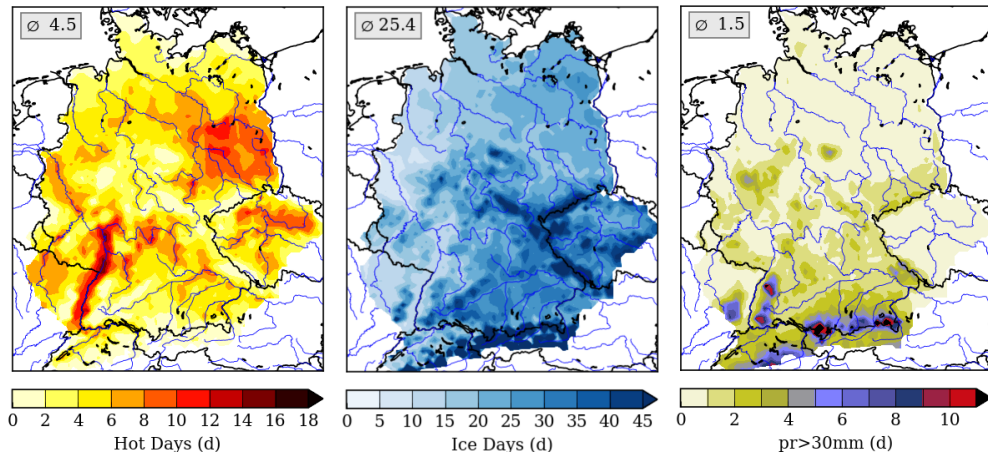


Bildschirmsitzung:

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

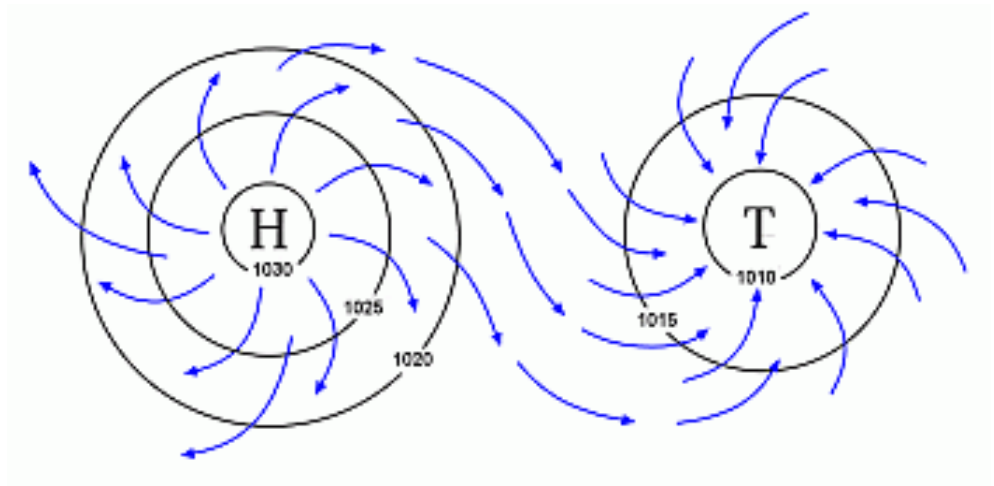
Klimatologien für Deutschland (1971-2000)

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



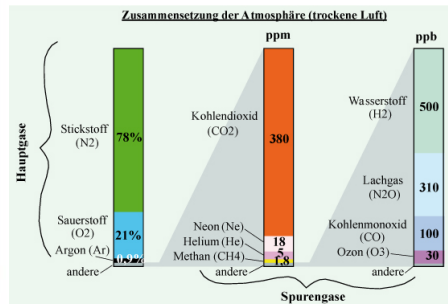
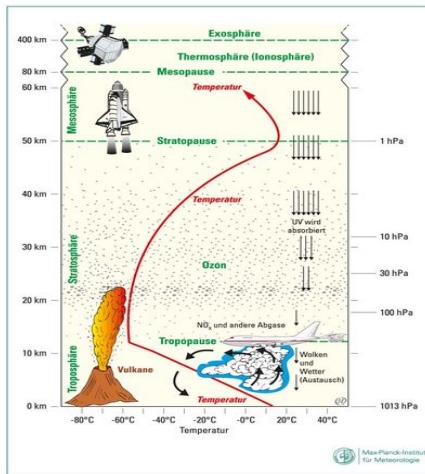
Merke: Deutschlandmittel: 4.5 Hitzetage, 25.4 Eistage und 1.5 Starkregentage

2. Atmosphärische Zirkulation



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

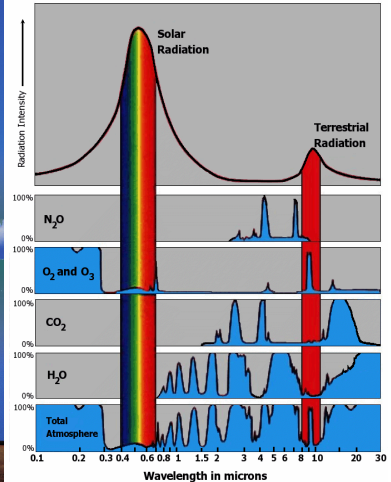
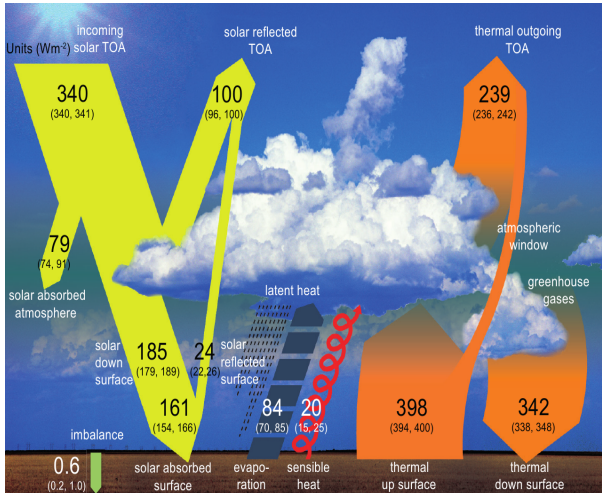
Struktur der Atmosphäre und Zusammensetzung



Merke:

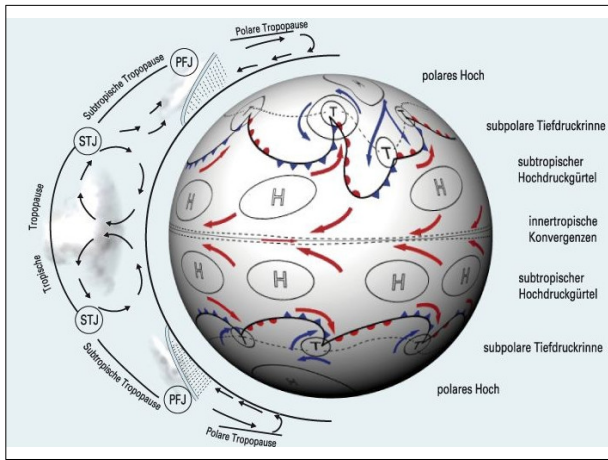
Abnahme der Temperatur in der Troposphäre bis zur Tropopause (ca. 10km). Der Anteil der Spurengase wie CO₂ liegt bei weniger als 1% (400 ppm).

Strahlungshaushalt



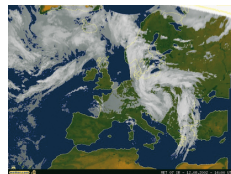
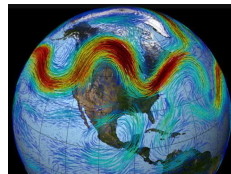
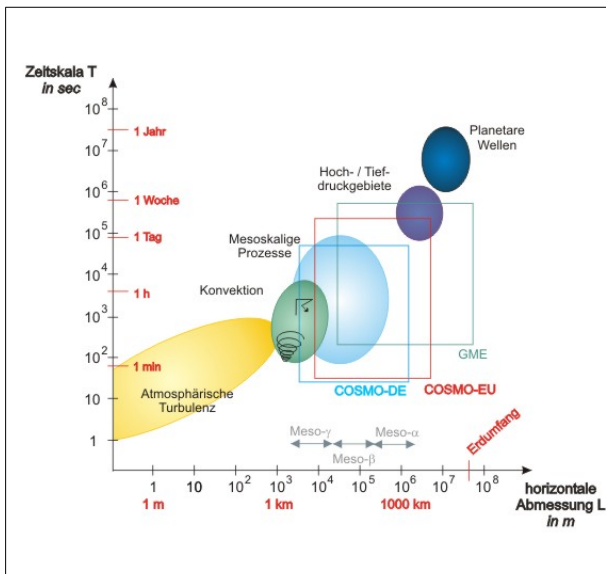
Merke: CO_2 , H_2O und N_2O besitzen hohe Strahlungswirkung im thermischen Spektralbereich: Treibhauseffekt durch atmosphärische Gegenstrahlung. Ohne diesen hätte die Erde eine Effektivtemperatur $T_E = -18^\circ\text{C}$.

Allgemeine Zirkulation & Corioliseffekt

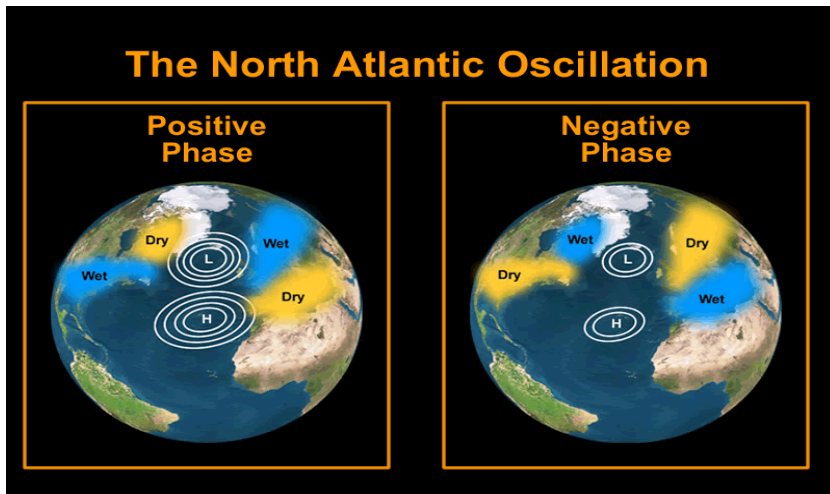


Merke: Differentielle Erwärmung der Atmosphäre führt zu Ausgleichsbewegungen: Aufsteigen in den Tropen und Absinken an den Polen. Die Wirkung der Erdrotation bewirkt die Bildung mehrerer Zellen, Starkwindbändern in der Höhe und dem Passatwind am Boden

Räumliche- und zeitliche Skalen

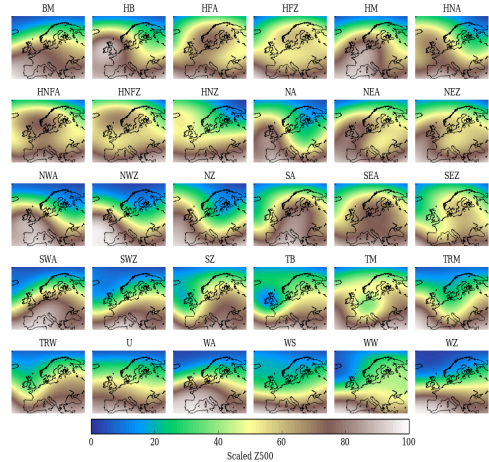
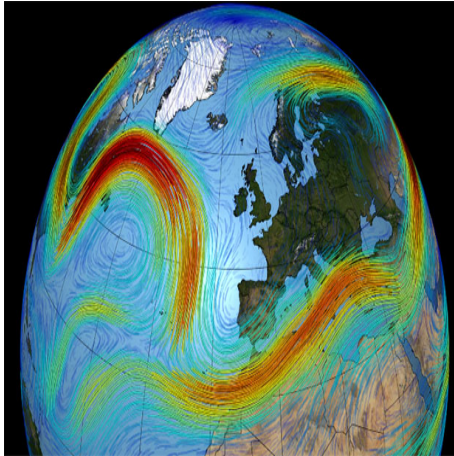


Nordatlantische Oszillation (Wetterbestimmend für Europa)



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

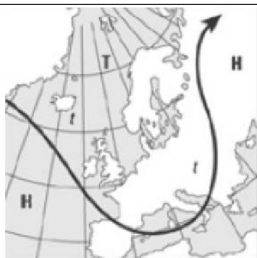
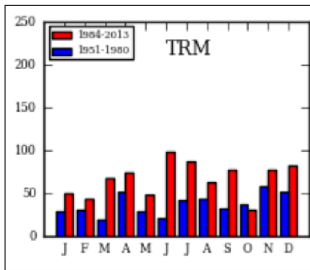
Großwetterlagen über Europa



Merke:

Sie beschreiben mögliche Formen der Zirkulation, Zugbahnen und Druckkonstellationen über Europa. Jede Großwetterlage hat für jeden Ort und zu jeder Jahreszeit eine charakteristische Witterungserscheinungen.

Zwei dominante Wetterlagen mit steigender Tendenz

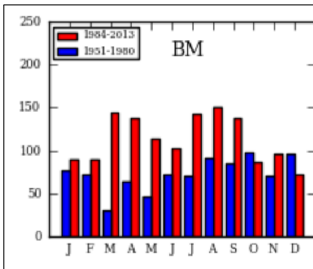


Trog über Mitteleuropa

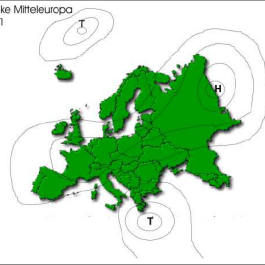
- Zugbahn von Tiefs ü. Mittelmeer
- Dauerregen mit Hochwassergefahr

Hochdruckrücken über Mitteleuropa

- sehr stabil
- Hitze & Trockenheit im Sommer

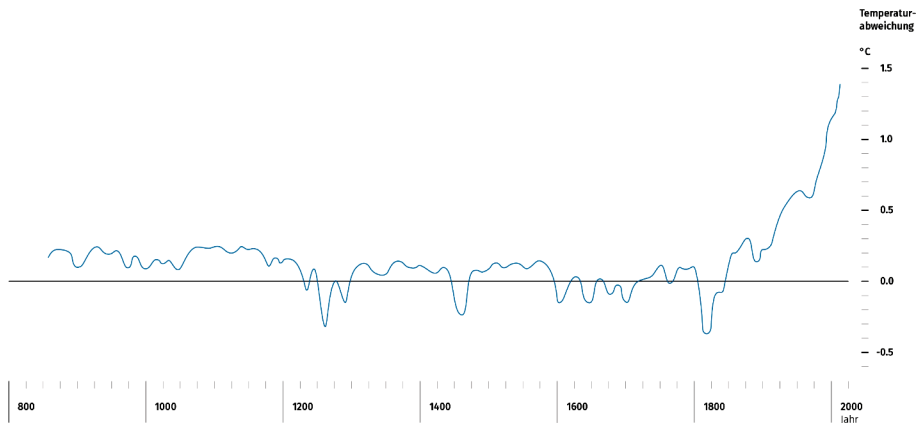


Hochdruckbrücke Mitteleuropa
23. Januar 1981



3. Klimatische Veränderungen

3.1. Grundlagen



Merke:

keine der Epochen in den letzten 1000 Jahren (Holozän) war wärmer als die Gegenwart:
CO₂ Anstieg von 270ppm auf 412ppm (+2 Watt mehr Energie im System)

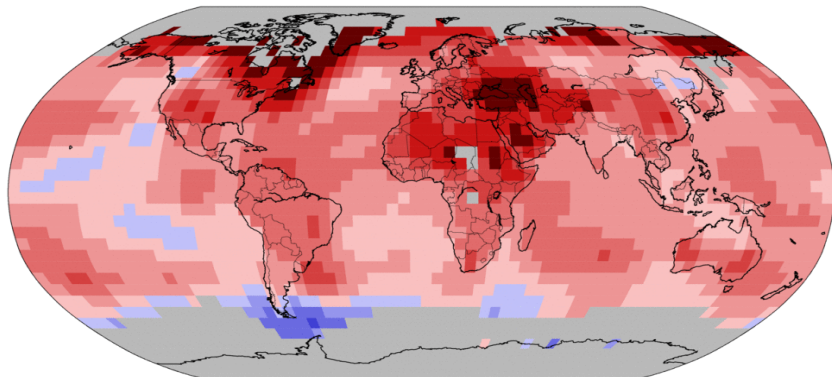


Natürliche Schwankungen und Anthropogene Einflussfaktoren

Jan–Dec Land & Ocean Temperature Trends

Period: 1988–2017

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

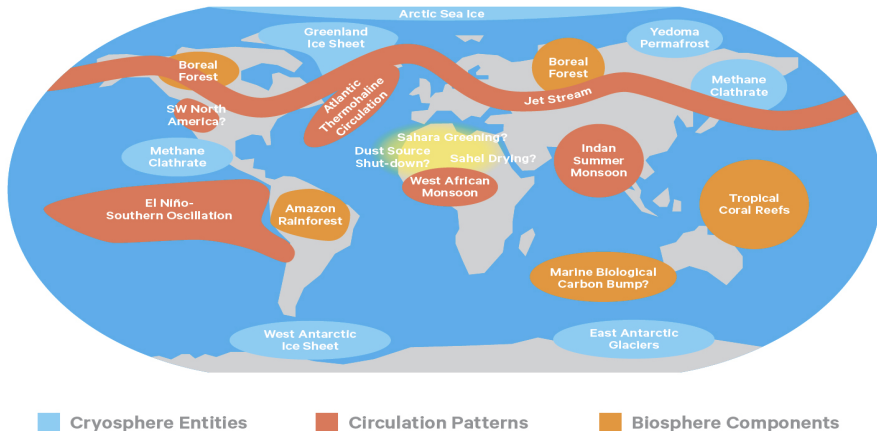


Degrees Celsius Per Decade

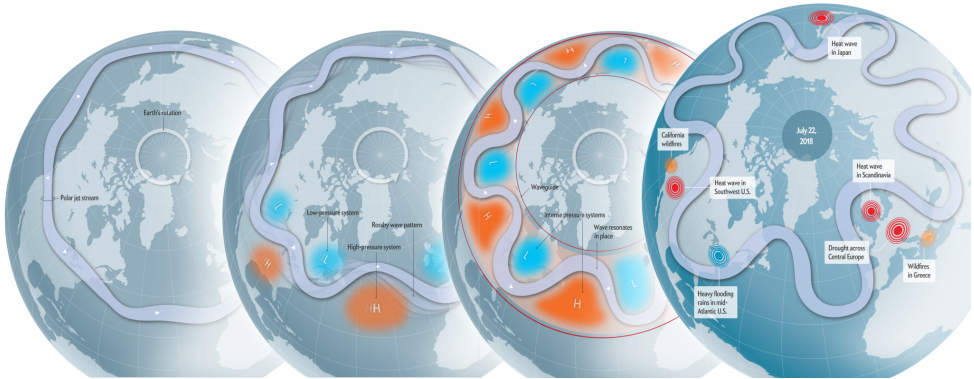
Please Note: Gray areas represent missing data
Map Projection: Robinson



Kippelemente im Klimasystem



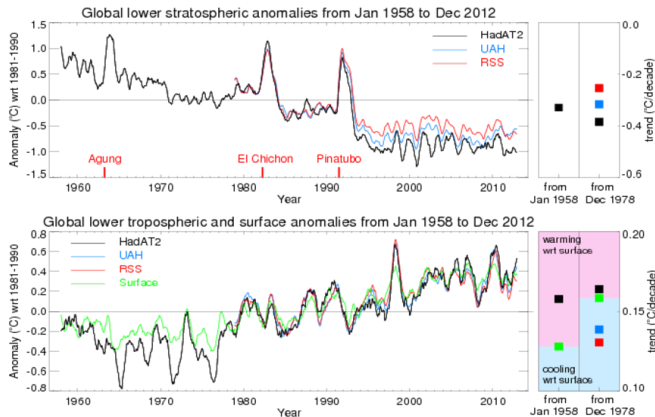
Merke: Kippelemente im Klimasystem sind gegenüber einer globalen Erwärmung um mehr als 2 Grad sehr anfällig. Verändern sich diese hat massive Folgen auf das Gesamtsystem und dessen Stabilität.



Quelle: Scientific American

Merke: Eine stärkere Erwärmung der Arktis, schwächt Westwinde ab. Es kommt zu einem stärkeren schlingern der Zirkulation. Im Sommerhalbjahr können derartige Wellenstrukturen an Ort und Stelle verharren. Folge: Aus ein paar sonnige Tagen entwickelt sich eine Hitzewelle und aus dem erhofften Regen Überschwemmungen.

Änderung von Temperatur mit der Höhe



HadAT2 radiosonde data and HadCRUT4 surface data are produced by the Hadley Centre and are available at www.hadobs.org
 UAH/MSU satellite data are produced by the University of Alabama in Huntsville and are available at 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 courtesy of Carl Mears

The Greenhouse Signature

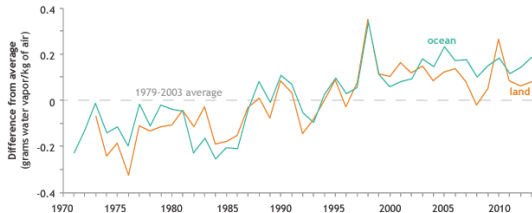


Merke: Eine Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts führt zur geringeren thermischen Ausstrahlung: Folge troposphärische Erwärmung (<10 km) und stratosphärische Abkühlung

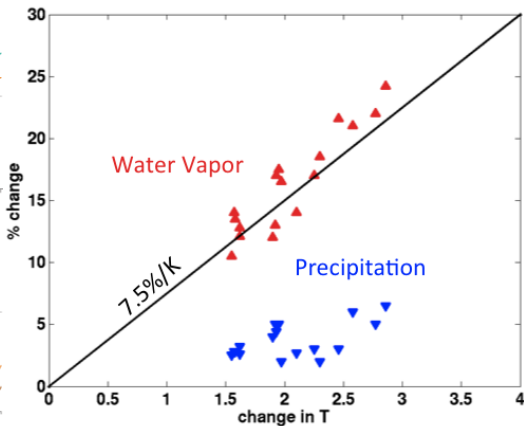
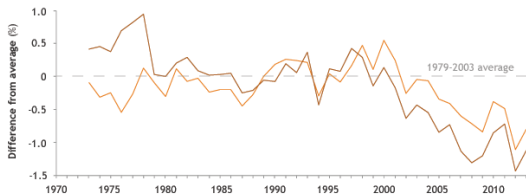


Änderung der Luftfeuchte

Specific humidity over land and ocean



Relative humidity over land



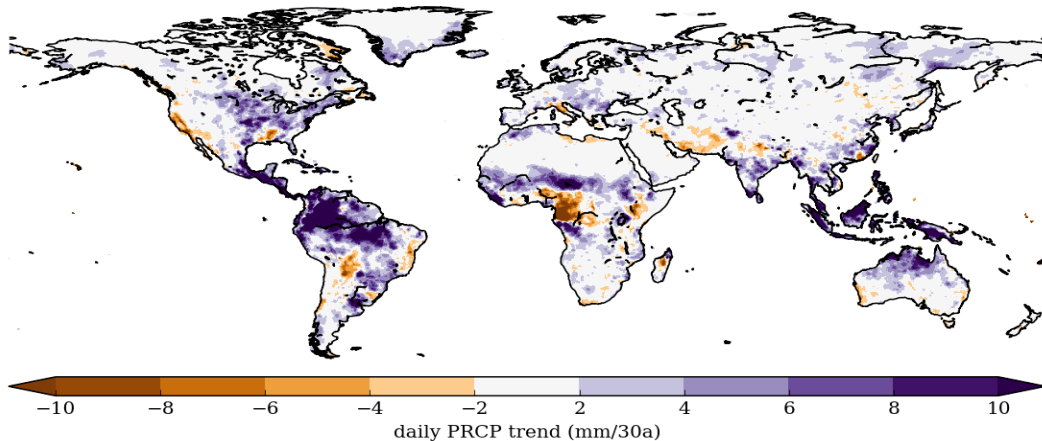
Merke:

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



Änderung von Starkregen

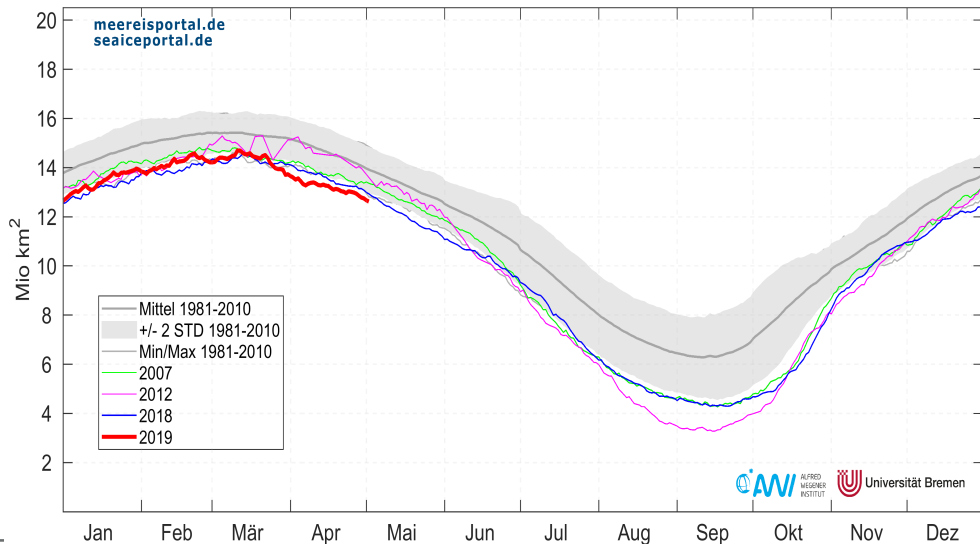
Rainf_daily_WFDEI_CRU: 1979-2015, TREND, 99th-Percentile

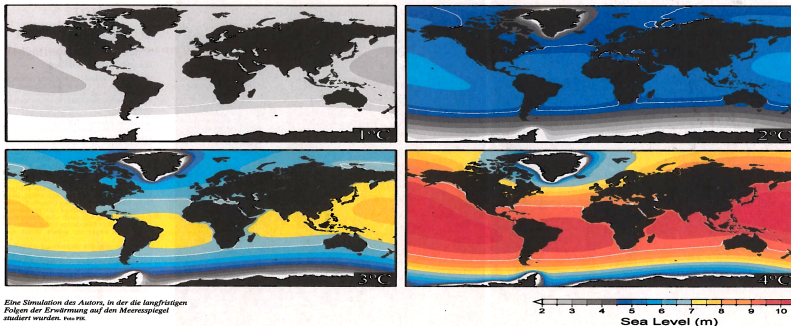


Merke: Zunahme von Starkregenereignissen bereits jetzt in vielen Regionen signifikant: z.B.

Arktisches Meereis

Meereis-Ausdehnung Arktis (Meereiskonzentration >15%) 02.05.2019: 12.62 Mio km²





Eine Simulation des Autors, in der die langfristigen Folgen der Erwärmung auf den Meeresspiegel studiert wurden. von rsc

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 beschlossenen 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?

Gehrt 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 brauchte, um riesenhoch Windkraftanlagen für die Antarktis zu bauen, so könnte man den für das Wegpumpen des Meeresspiegels nötigen Strom wahrscheinlich mit erneuerbaren Energien lokal bereitstellen.

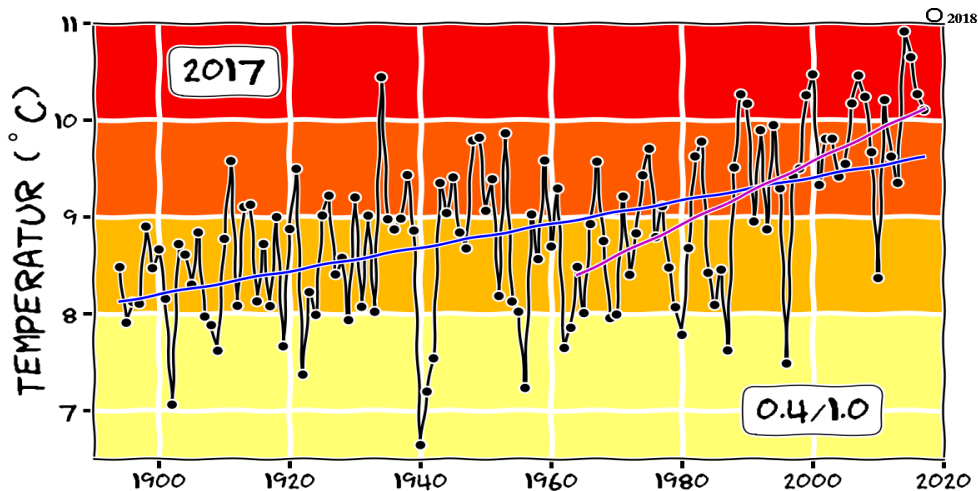
Ist das nicht alles viel zu teuer? Mit den wirtschaftlichen Kosten ist es immer so eine Sache. Jemandem berahmt das Geld, und irgendjemand anderer bekommt es. Ein Projekt dieses Größenordnungs müsste von den Industriestaaten bezahlt werden, die den Klimawandel verur-

Exopessimismus

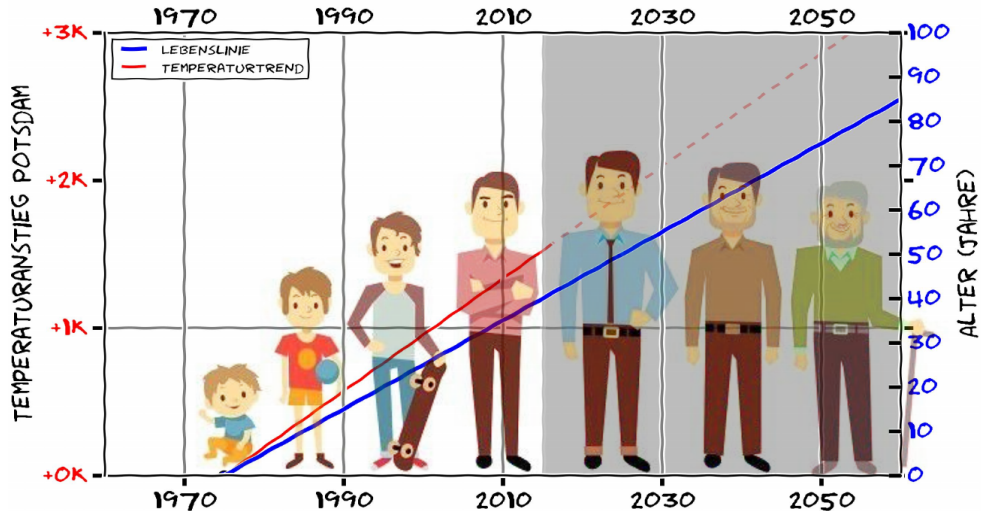
Es ist ein Wechselbad der Gefühle, den diejenigen momentan ausgesetzt sind, die von der baldigen Entdeckung außerirdischen Lebens träumen. Lebensretter. Das Jahr 2017 war eines der Superlative für die Suche nach erdähnlichen Lebensräumen. Eine vermeintliche Sensation jagte die nächste. Trappist-1: der Zwergstern mit den sieben Planeten, LHS 1140 b: der „vielleichtreichende“ Kandidat für Leben im AI, 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 Planetenjägers konfrontiert (doi: 10.1038/nature.2017.23023): „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 sagen wir mit unserer aktuellen Fixierung auf die Suche nach flüssigem Wasser im AI einer völlig falschen Idee hinterher. Vielleicht ist 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 notwendig oder ganz allgemein gesagt: die richtige Chemie. Die allerdings wird sich kaum erschöpfend anhand der Studien planetarer Atmosphären bestimmen lassen, wie sie von 2019 an mit dem James-Webb-Weltraumteleskop möglich sein werden. Und was man weiß, wir müssen uns wohl gedulden, wenn wir den Astrobiologen Glauben schenken. Die meisten Teilnehmer der jüngsten Exoplanetenkonferenz bezweifelten laut „Nature“, dass wir fremde Leben vor 2050 finden werden. Aber – so will man einwenden – vielleicht gibt es ja doch schon viel früher fremdes Leben in unserem eigenen Sonnensystem zu entdecken. Vielleicht auf dem Mars zum Beispiel: Da gibt es ja Gieroll zur Gerdie. Und über flüssiges Wasser wurde in den vergangen Jahren ausichts dunkel erscheinender Rillen und Linien im Marsand auch spekuliert. 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 Siegesgasse der Dünen, bei denen die Flussspuren en-

3.2. Klimawandel vor Ort

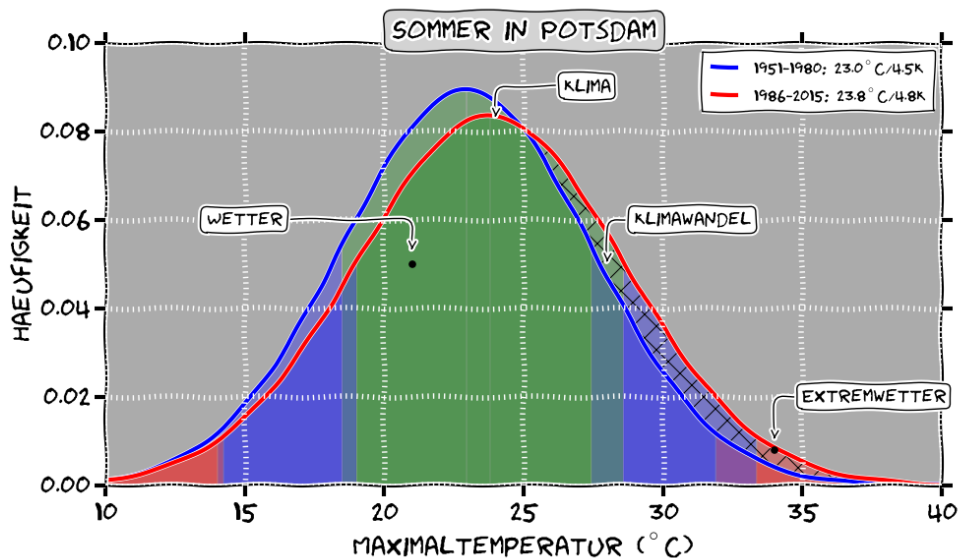
Jahresmitteltemperatur: Potsdam



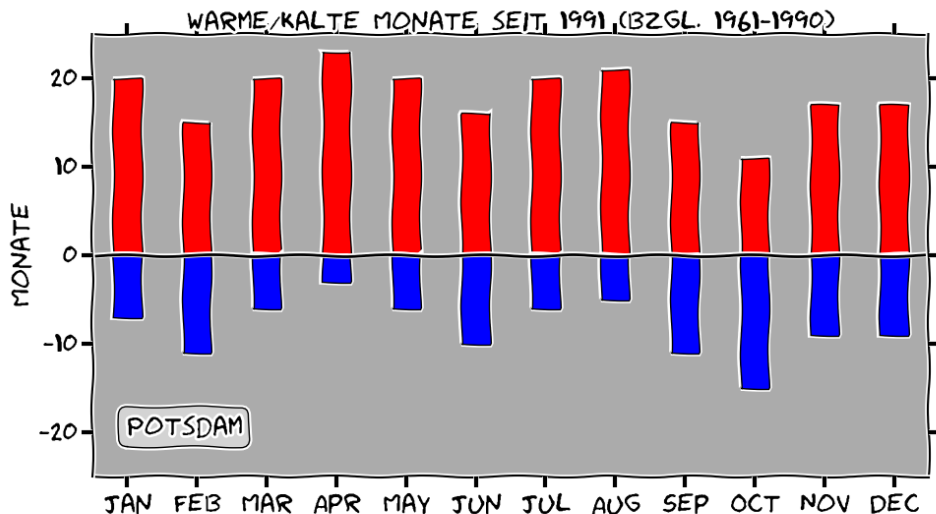
Lebenslinie



Häufigkeitsverteilung: Potsdam

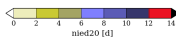
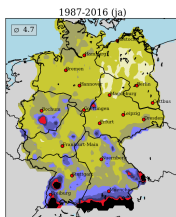
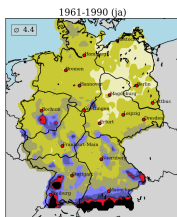
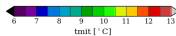
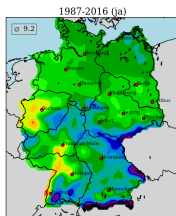
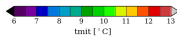
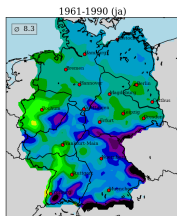


Monatmittelanomalien: Potsdam

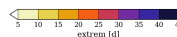
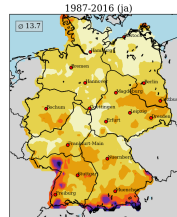
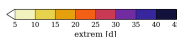
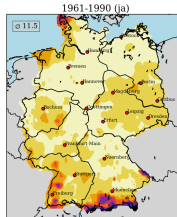
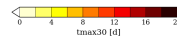
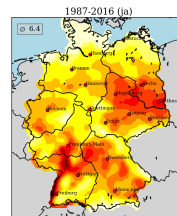
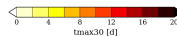
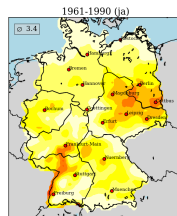


Deutschland: Klimakennzahlen

Jahresmitteltemperatur



Hitzetage



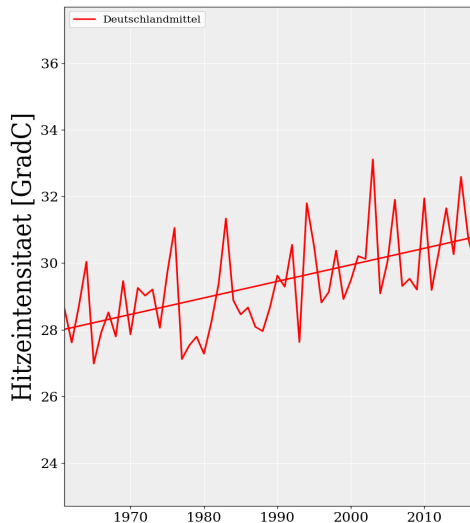
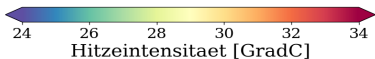
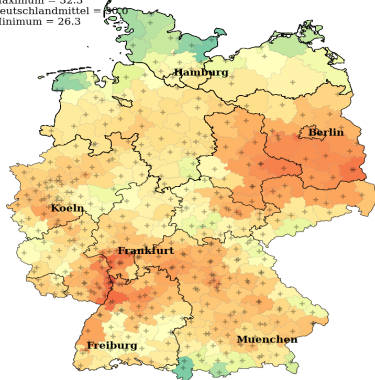
Starkregentage

Extremwettertage

Deutschland: Hitzeintensität

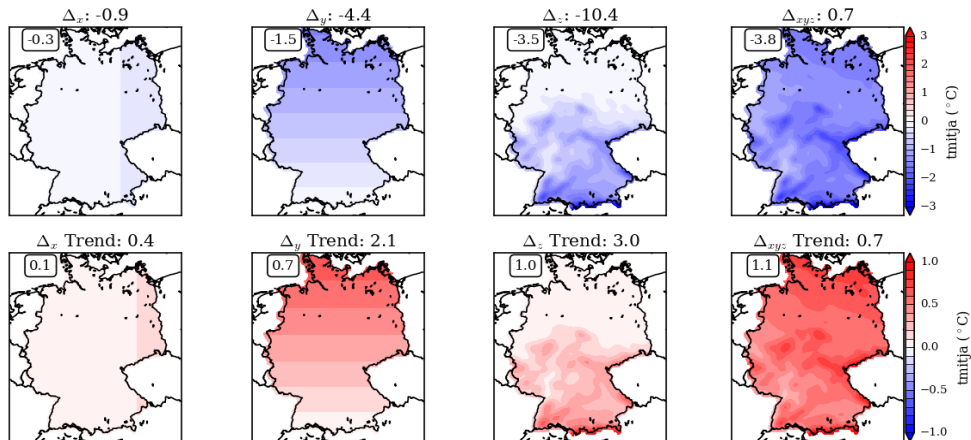
Beobachtung_Hitzeintensitaet_1961-2017_Zeitreihe

Maximum = 32.3
Deutschlandmittel = 30.0
Minimum = 26.3



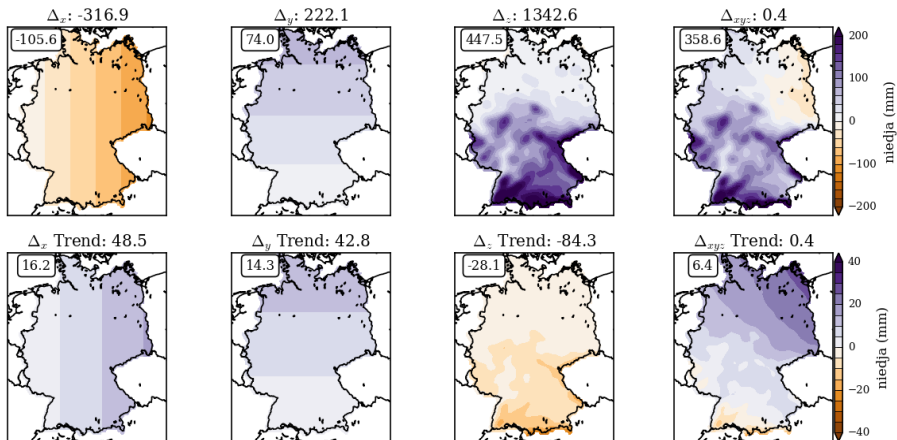
Merke: 3.-heißester Tag im Jahr: 1961: 28.0°C - 2017: 30.8°C (Trendlinie)

Regionale Veränderungen: 1961-2017 (Temperatur)



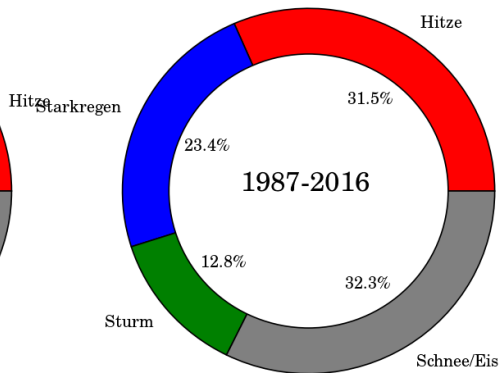
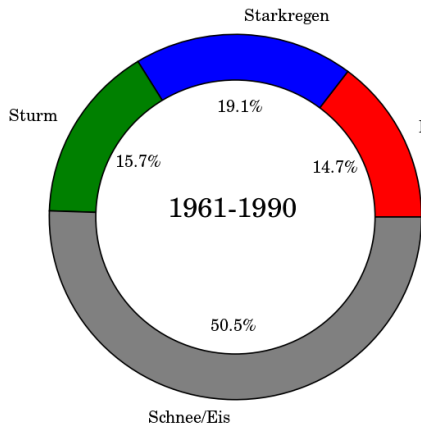
Merke: Der Osten ist kühler als der Westen und der Norden kühler als der Süden: Trends deuten auf einen Abbau der regionalen Unterschiede hin.

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.

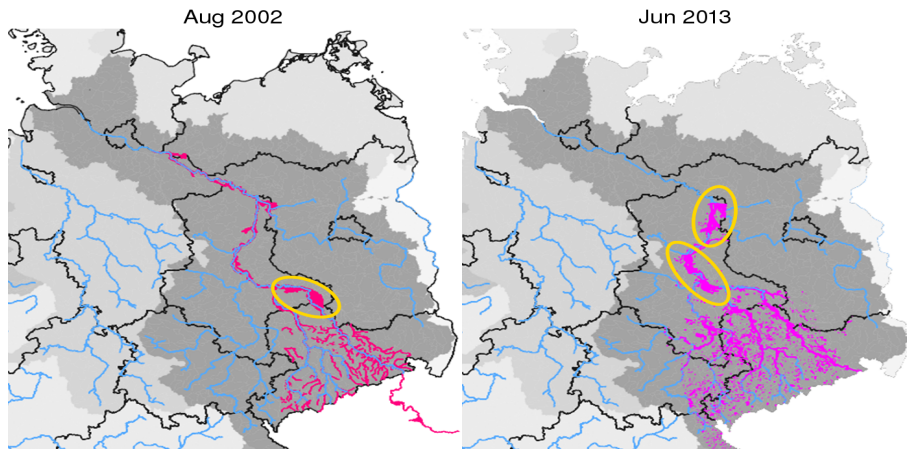
Deutschland: Extreme



Merke:

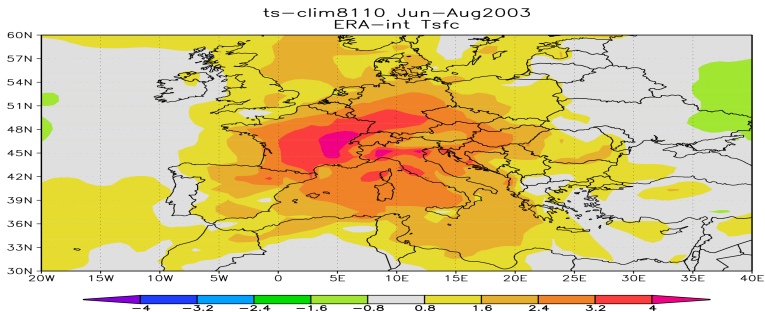
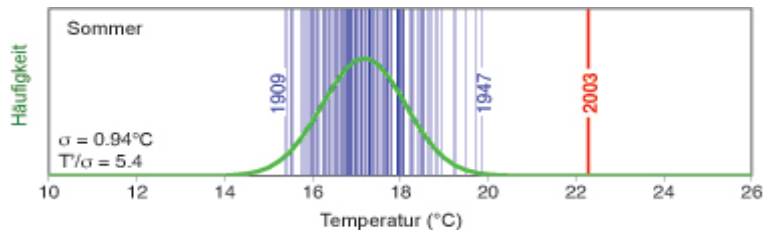
Hitze & Starkregen: 33.8% (1961-1990) 54.9% (1987-2016) ohne 2017 und 2018!

Hochwässer: 2002 & 2013 (Vb-Zugbahnen)

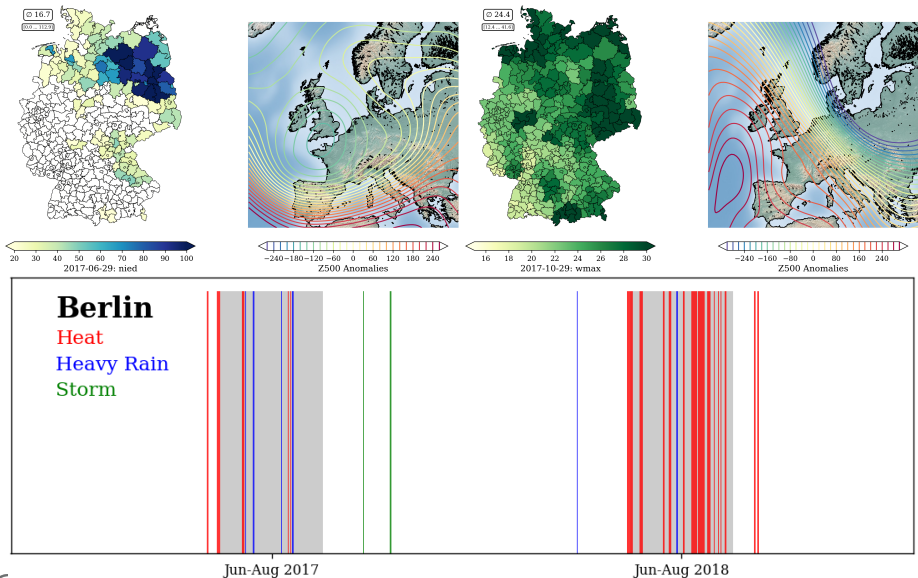


Merke: Jährlichkeiten von bislang 100-jährigen Flusshochwassern, drohen sich unter ungebremsten Klimawandel auf 30-jährige zu verkürzen.

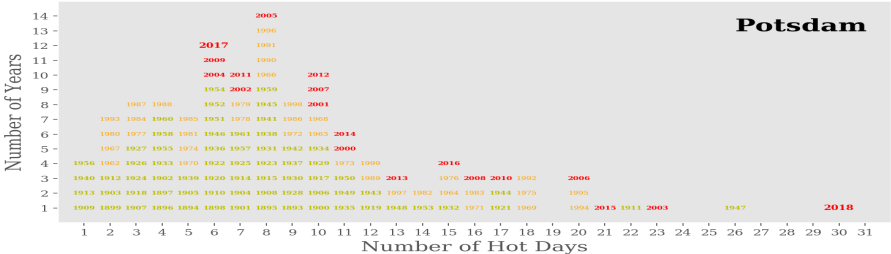
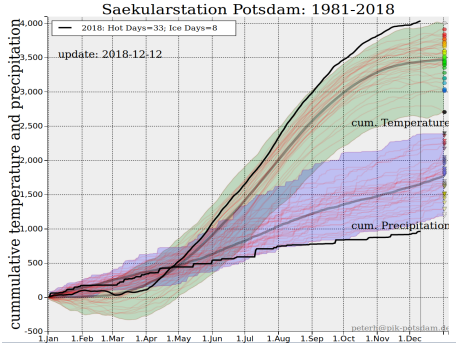
Hitzesommer 2003



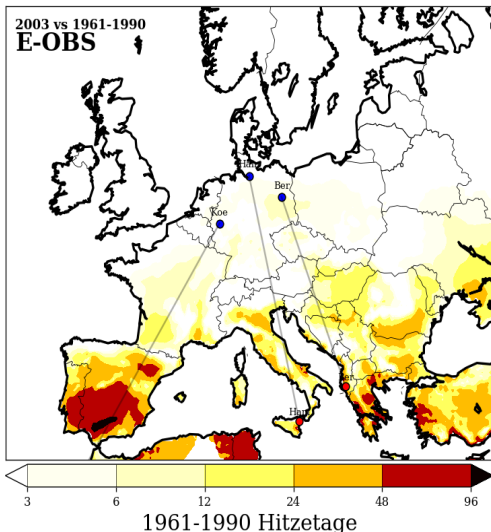
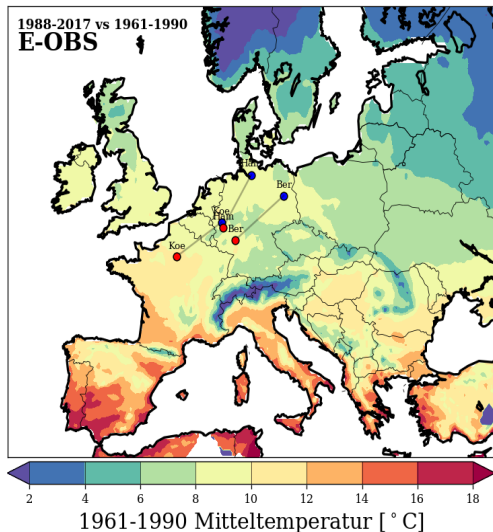
Starkregen und Sturm 2017



Trocken- und Hitzesommer 2018

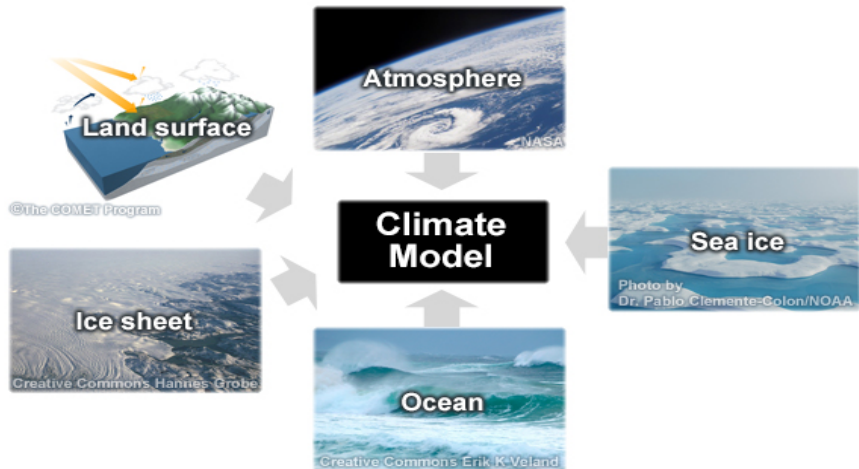


Deutschland - klimatische Verschiebungen

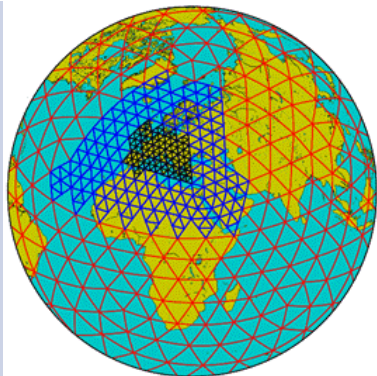
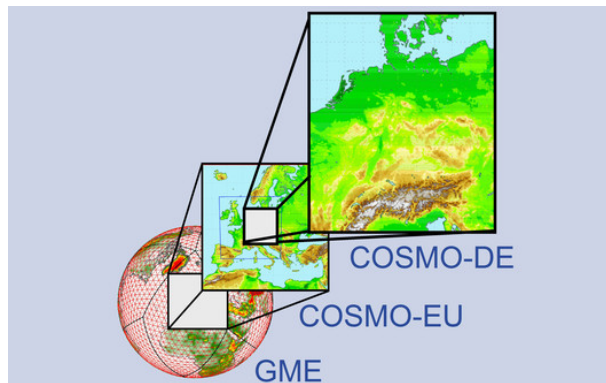


Merke: Extreme Jahre 2003 & 2018 zeigen wohin wir uns klimatisch bewegen.

4. Wetter- Klima- und Erdsystemmodelle

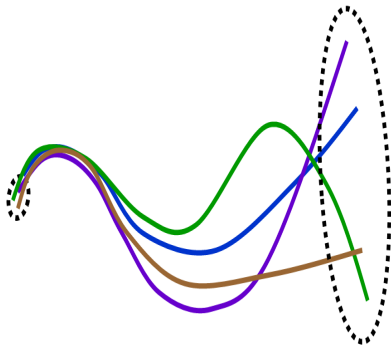


Modellketten

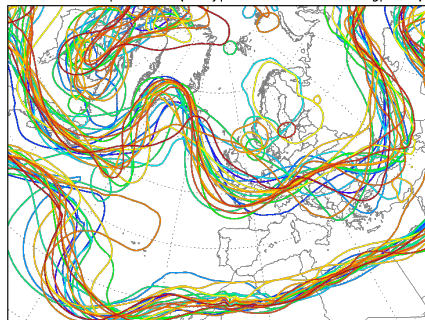


Merke: Modellketten für die regionalisierte Vorhersage von Wetter und zur Erstellung von Klima-projektionen. Sie beschreiben die physikalischen Zusammenhänge im Erdsystem.

Ensemblevorhersagen



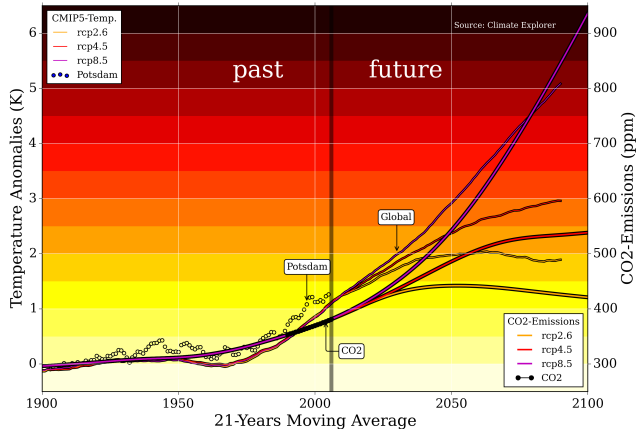
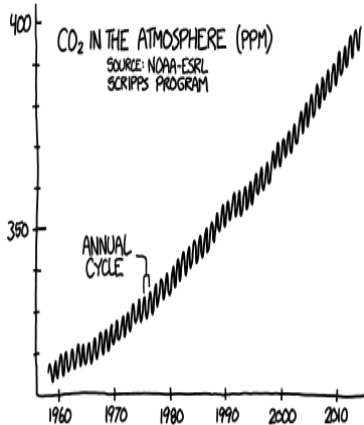
Ini: Tue,18APR2017 12Z Val: Tue,25APR2017 12Z
500 hPa Geopotential (Isohypsen: 516 552 576 gpdam)



Daten: Ensembles des GFS von NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

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)

Randbedingungen: CO₂-Emissionspfade



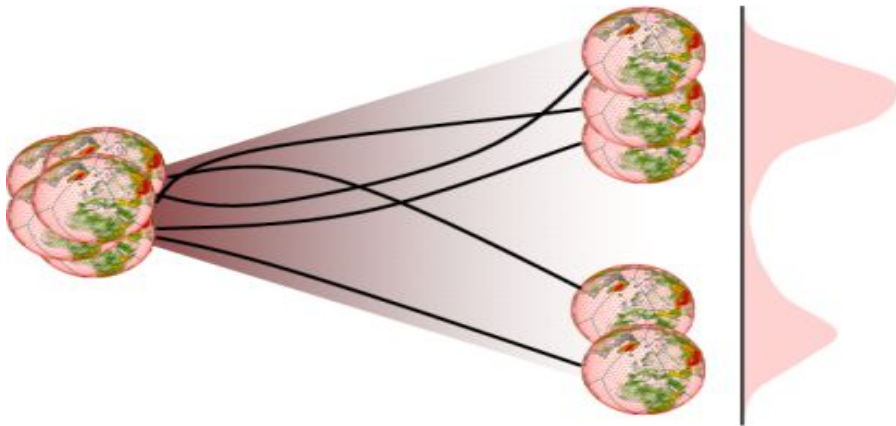
Merke: Gegenüber der Wettervorhersage handelt es sich bei den Klimasimulationen um ein Randwertproblem. Emissionen verändern den Strahlungshaushalt der Atmosphäre und verändern langfristig gewohnte Witterungsabläufe.

Modellkette: Emissionspfade/Globalmodell/Regionalmodell/Ensemble



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

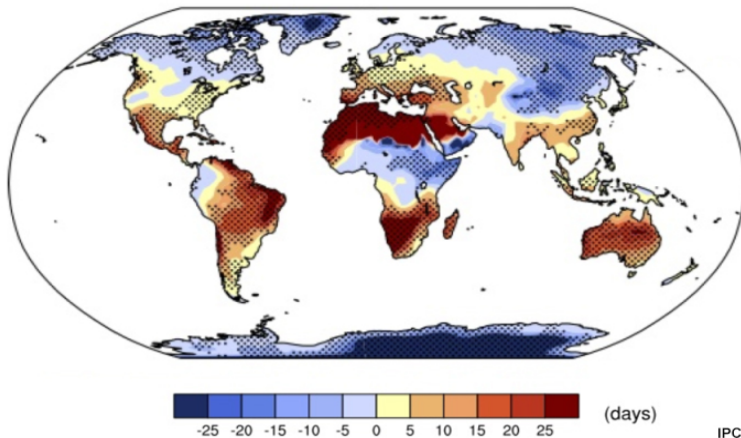
Bandbreiten der Zukünfte



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).

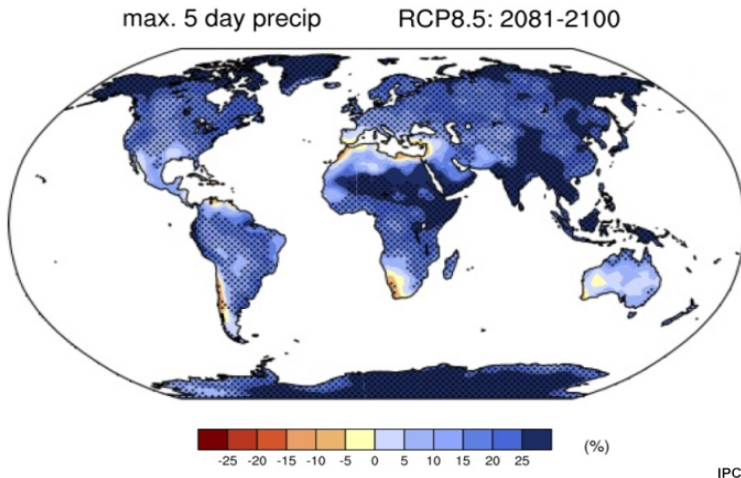
Trockenperioden

Consecutive Dry Days RCP8.5: 2081-2100



Merke: Robuste Klimaänderungssignale für zunehmende Trockenheit in der Mittelmeerregion.

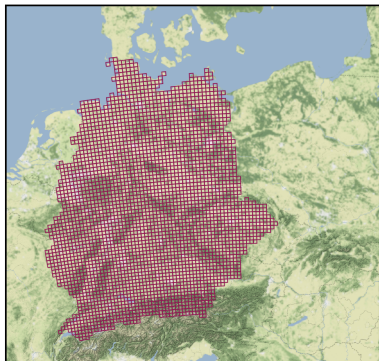
Feuchtperioden



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

5. Regionales Klimamodell Ensemble für Deutschland

Modellgebiet & Simulationsmatrix

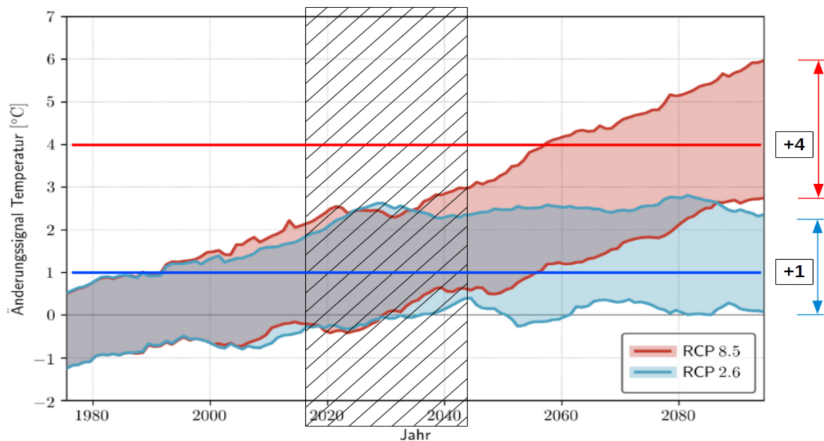


	EC-EARTH	CNRM-CM5	CanESM2	HadGEM2-ES	MPI-ESM-LR	IPSL-CM5A-MR	MIROC5
WRF	ReKliEs-De			ReKliEs-De	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	
CCLM	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	ReKliEs-De	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX		ReKliEs-De
HIRHAM5	EURO-CORDEX						
RACMO22E	EURO-CORDEX			EURO-CORDEX			
REMO	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De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

Jahresmitteltemperaturänderung

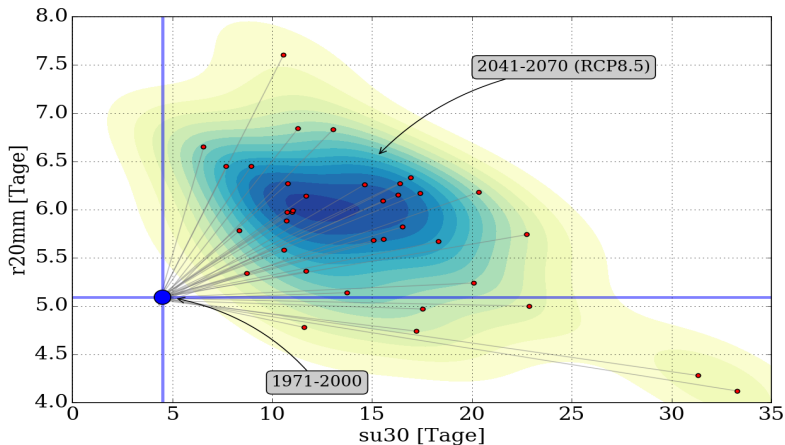


Merke: ca. 4 Grad mehr in Deutschland bis 2100 bzgl. 1971-2000 bei RCP8.5 (“weiter-wie-bisher”, rot); 1 Grad mehr bei RCP2.6 (“Klimaschutz”, blau)

Deutschland in Zahlen: 2071-2100 vs 1971-2000

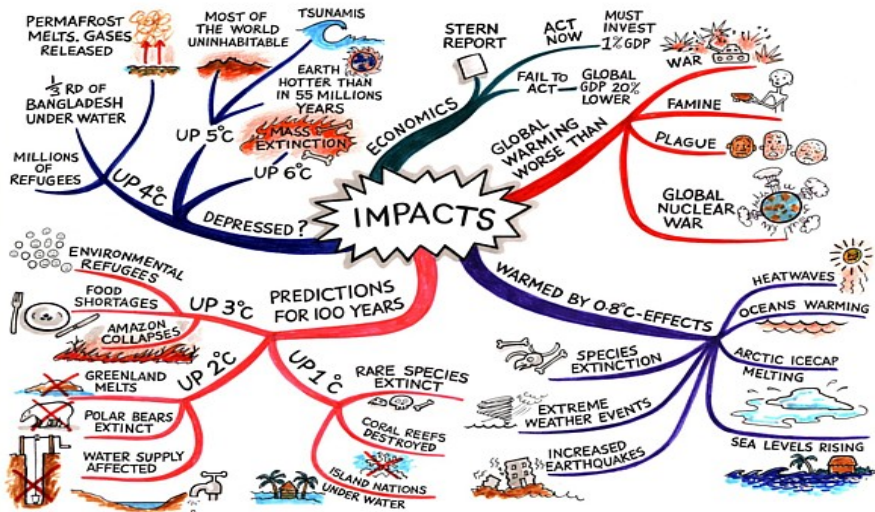
Klimaparameter	“Ist”	“Klimaschutz”	“Weiter-wie-bisher”
Jahresmitteltemperatur	8.0°C	+1.0°C	+3.8°C
Hitzetage	4.3 Tage	+3.7 Tage	+19.4 Tage
Eistage	24.8 Tage	-7.2 Tage	-18.9 Tage
Starkregentage	4.9 Tage	+0.3 Tage	+1.1 Tage
Länge d. Wachstumsperiode	247 Tage	+21 Tage	+67 Tage
Trockentage	236 Tage	+1.7 Tage	+9.1 Tage
Sommerniederschlag	2.9 mm/d	-3.8 %	-12.6 %
Extremniederschlag	55.5 mm/d	+ 5.4 mm/d	+33.6 mm/d

Extreme: Hitze & Starkregen

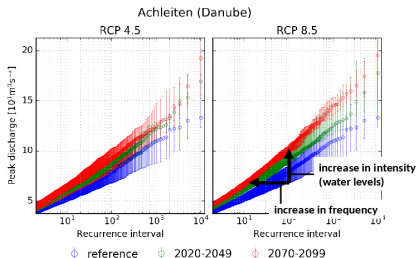


Merke: Extreme der Gegenwart könnten in der 2. Hälfte des 21. Jahrhunderts zur Normalität gehören: Bsp. Hitzesommer 2003, 2018 mit 20 Hitzetagen ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$)

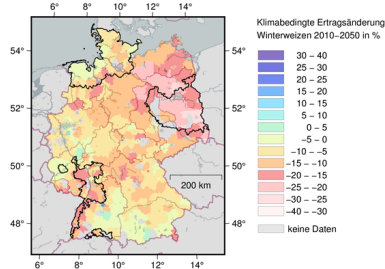
6. Klimawirkung



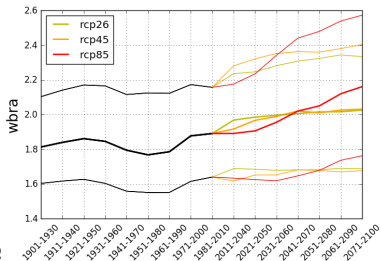
Hydrologie: Hochwasser



Agrar: Winterweizenerträge



Forst: Waldbrand



Gesundheit: Hitzestress

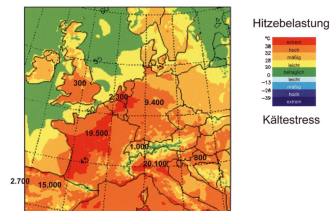
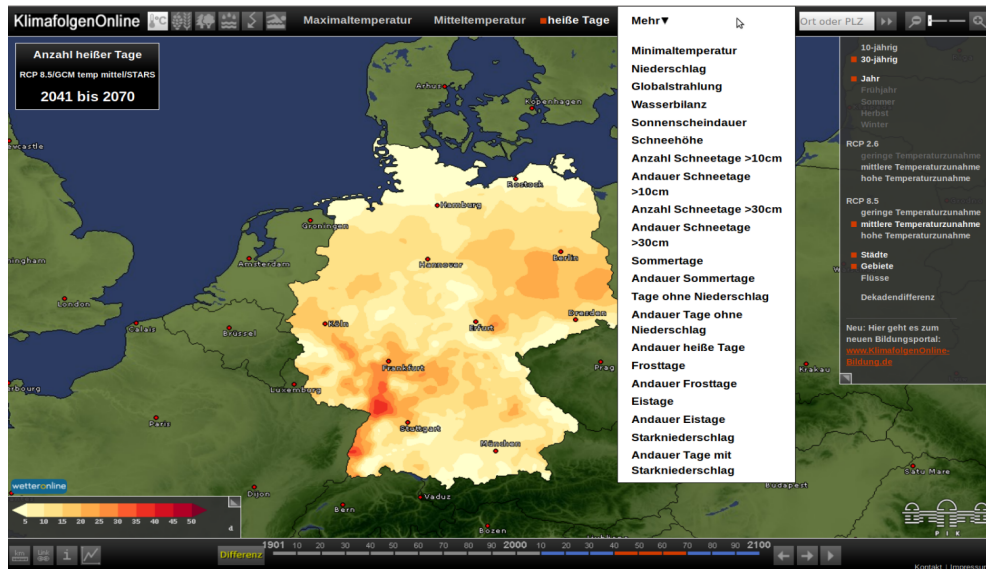


Abb. 6-1: Hitzetote und Gefühlte Temperatur am 8. August 2003, 13 UTC; Mortalitätsdaten: ROBINE et al. 2007; Gefühlte Temperatur: Deutscher Wetterdienst.





Neue Antiinfektionsstrategien

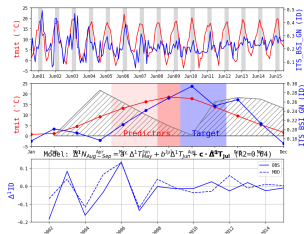
Wissenschaft · Gesellschaft · Wirtschaft



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

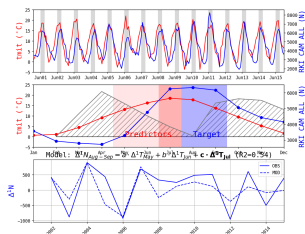
Klima und Pathogene

Sepsis: GN-Bacteria



CHARITÉ
UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN

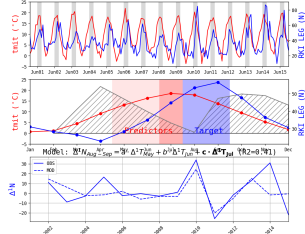
Gastro-Enteritis: Campylobacter



ROBERT KOCH INSTITUT



Pneumonie: Legionellen



ROBERT KOCH INSTITUT



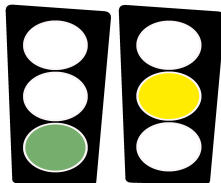
Campylobacter: Industrielle Tierhaltung

Apr-May
warme Witterung



Tierhaltung

Jun-Jul
heiße Witterung

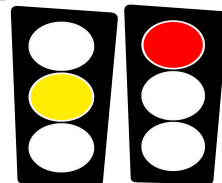


Fleischverzehr

Aug-Sep
warm-heiße Witterung

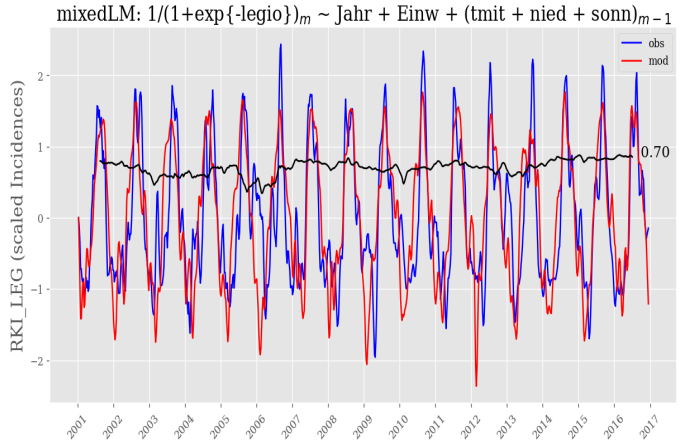
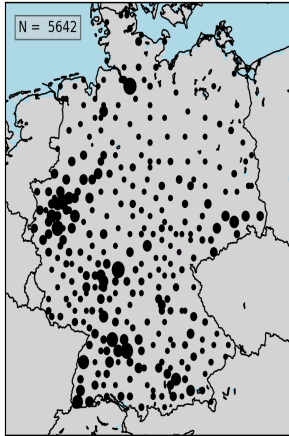


Tierhaltung



Fleischverzehr

Legionellen (Lungenentzündungen)



Interpretation: Witterungsbedingungen (Temperatur, Regen, Sonne) im Vormonat erklären einen Teil der Variabilität an Legionellen Infektionen in Deutschland.

7. Zusammenfassung

Daten: Messdaten sind eine wichtige Grundlage zur Erdbeobachtung und Vorhersage

Hypothesen: Daten belegen physikalische Zusammenhänge und eröffnen neue Fragestellungen

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

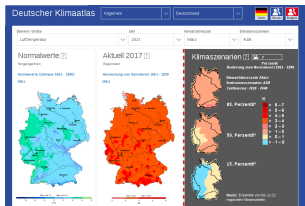
Projektionen: Langzeitsimulationen von Wetterabfolgen bei sich ändernden Randbedingungen

Wirkung: Viele Bereiche unseres Lebens werden durch Witterungsabläufe bestimmt

Links zu interessanten Seiten

The screenshot shows the NOAA National Centers for Environmental Information website. The main heading is 'Global Climate Report - September 2015'. Below this is the sub-heading 'Top 10 Monthly Temperature Departures from Average'. A table lists the top 10 months, with the first row being '1' for 'JANUARY PERIOD OF RECORD 1880-2015', showing a 'MONTH + YEAR' of 'JANUARY 2015', an 'ANOMALY' of '0.1', and an 'ANOMALY%' of '0.1%'. The table is partially visible, showing the first few rows.

Global Climate Report




Deutscher Klimaatlas

Climate4you

[Home](#) | [About Us](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms of Use](#) | [Contact Us](#) | [Feedback](#)

[Weather](#) | [Climate](#) | [Air Quality](#) | [Water Quality](#) | [Soil Quality](#) | [Noise](#) | [Light](#) | [Vibration](#)

[Forecast](#) | [History](#) | [Alerts](#) | [Settings](#) | [Help](#) | [FAQ](#) | [Sitemap](#)



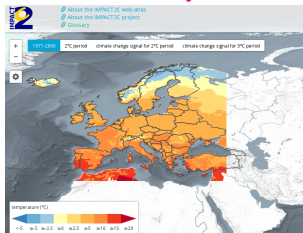
Getting things done in one go with us: [Join Us](#) | [Feedback](#)

[Weather](#) | [Climate](#) | [Air Quality](#) | [Water Quality](#) | [Soil Quality](#) | [Noise](#) | [Light](#) | [Vibration](#)

[Forecast](#) | [History](#) | [Alerts](#) | [Settings](#) | [Help](#) | [FAQ](#) | [Sitemap](#)

[Home](#) | [About Us](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms of Use](#) | [Contact Us](#) | [Feedback](#)

Climate4you



Atlas Impact2C

[illegible]

Climate Explorer



Säkularstation Potsdam

Literatur

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

