LMU KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

INSTITUT UND POLIKLINIK FÜR ARBEITS-, SOZIAL- UND UMWELTMEDIZIN

DIR: PROF. DR. MED. DENNIS NOWAK

BILDUNGSMODULE FÜR KINDER- UND JUGENDÄRZTE/INNEN

GESUNDHEITLICHE FOLGEN DES KLIMAWANDELS

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

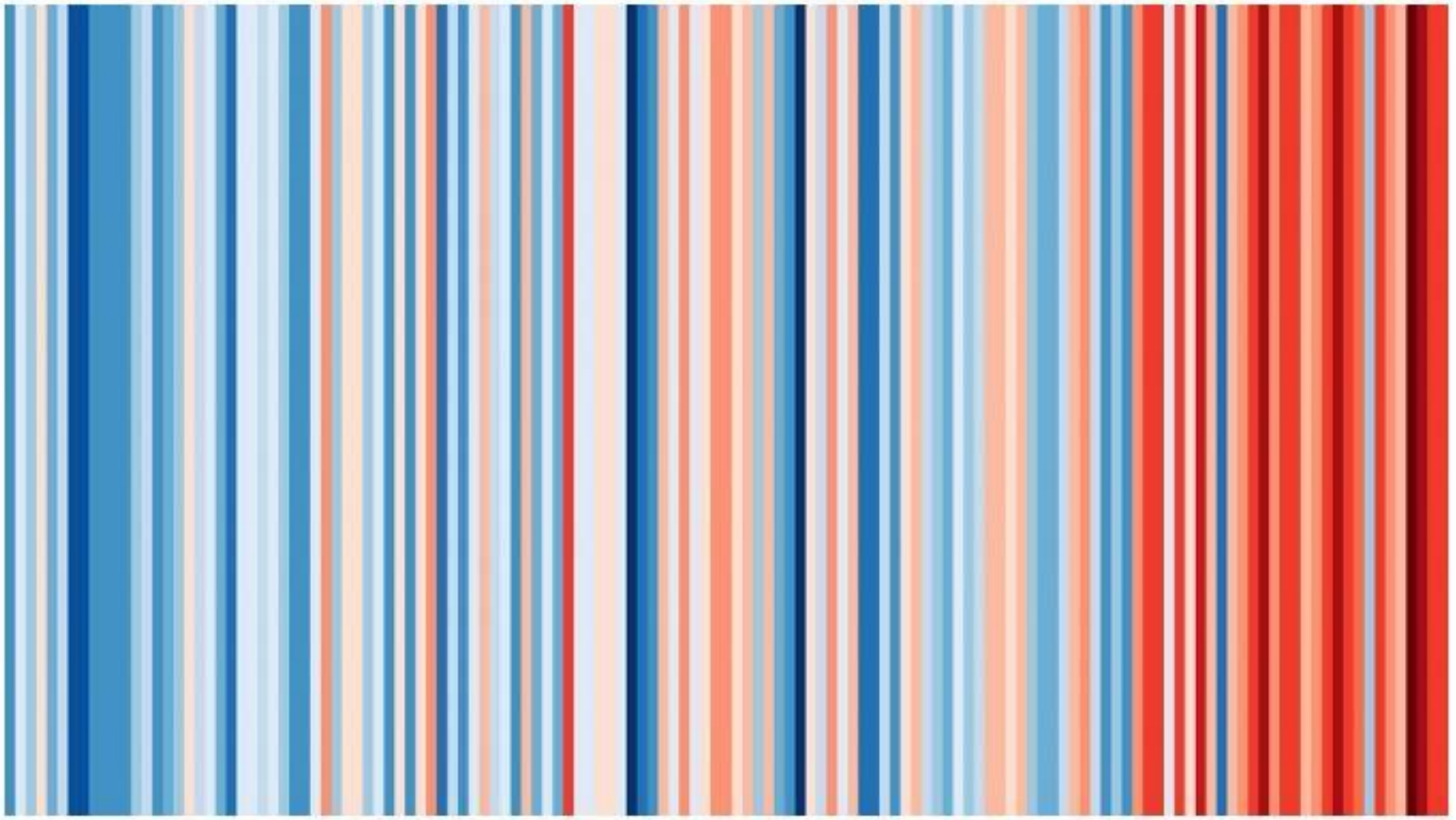
SOMMERHITZE – EINE BESONDERE BELASTUNG

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

DER KLIMAWANDEL ALS STRICHCODE



Die Grafik visualisiert die Durchschnittstemperatur für Deutschland zwischen 1881 und 2017; jeder Streifen steht für ein Jahr, Basis ist der
Datensatz des DWD; Grafik: Ed Hawkins/klimafakten.de

INHALT

- Was ist Klima?
  - Eine kleine Einführung
- Hitze: Physik und Physiologie
  - Wärmeregulation
  - Klimamaße
- Hitze und Kälte
  - Pathologie
- Hitze und Kälte
  - Epidemiologie
- Zusammenfassung

- Literatur

WAS IST „KLIMA“?

KLIMA ≠ WETTER

WAS IST KLIMAWANDEL?

TREIBER

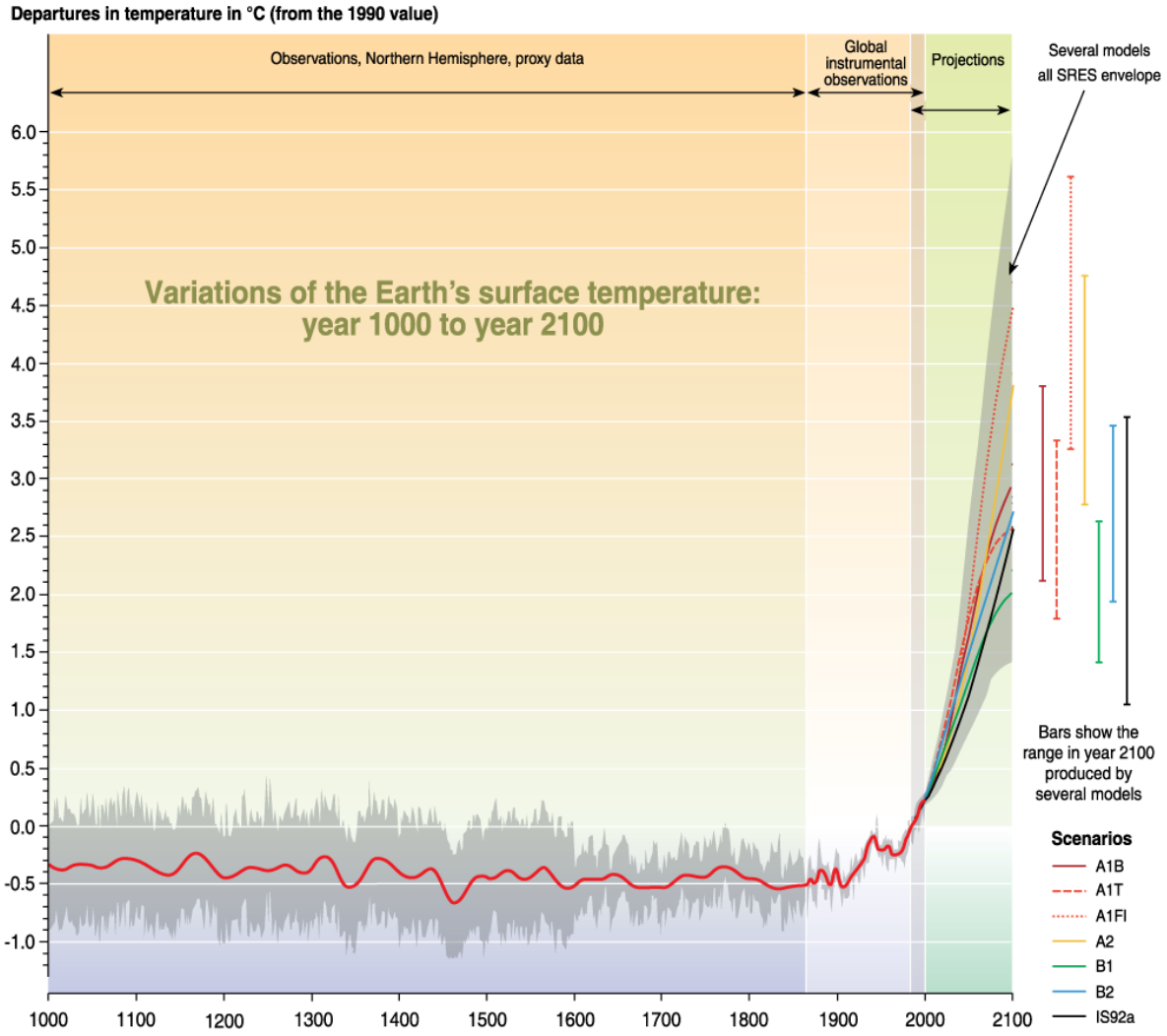
- Sonnenintensität: zyklische Schwankungen
- Astronomie
  - Erdachse, Erdbahn
- Geographie, Geologie
  - Kontinentaldrift, Meeresströmungen
- Vulkanaktivität
- Atmosphäre

Rückkopplungen, z.B. Reflektierende Flächen

TREIBHAUSGASE

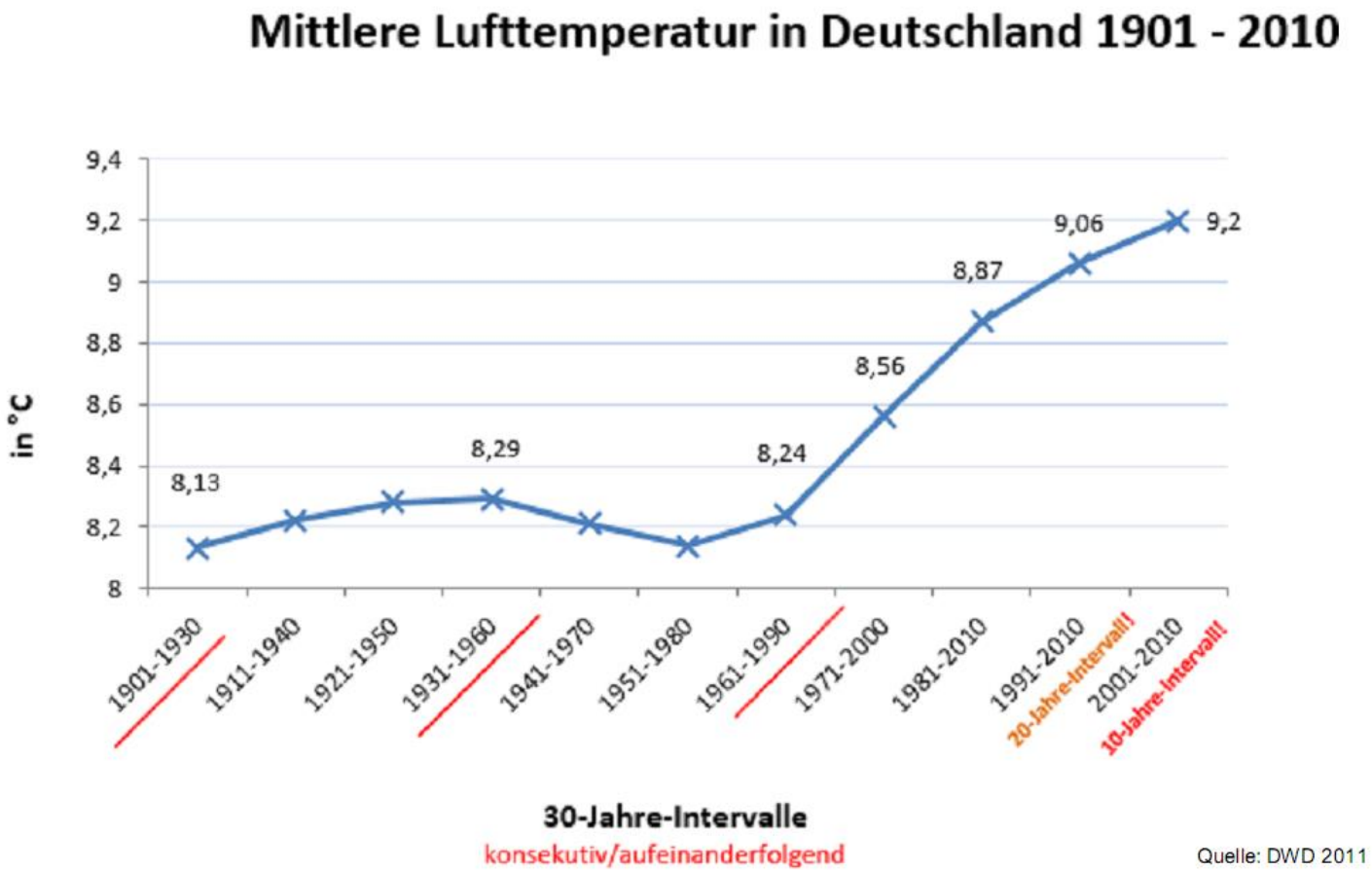
- **Wasserdampf!** **ca. 60%**
  - Oder wollt ihr lieber auf dem Mars wohnen?
  - Σ(alle natürliche THG): ca. +15°C
- **Kohlenstoffdioxid (CO_2)** **ca. 20%**
  - Vor allem Verbrennung (fossiler) Brennstoffe
  - Ist CO_2 giftig?
- Methan (CH_4) ca. 10%
- Lachgas (N_2O)
- Ozon (O_3) ca. 5%
- Viele andere Spurengase (z.B. FCKW)
- Ruß (kein Gas, sondern Aerosol, komplizierte Wirkung!)
- (Andere Aerosole: eher kühlend)

TRENDS



Falk (2017). Restoration ecology, resilience, and the axes of change. Annals oft he Missouri Botancial Garden 102, 201-216.

TEMPERATURANSTIEG AUCH IN DE

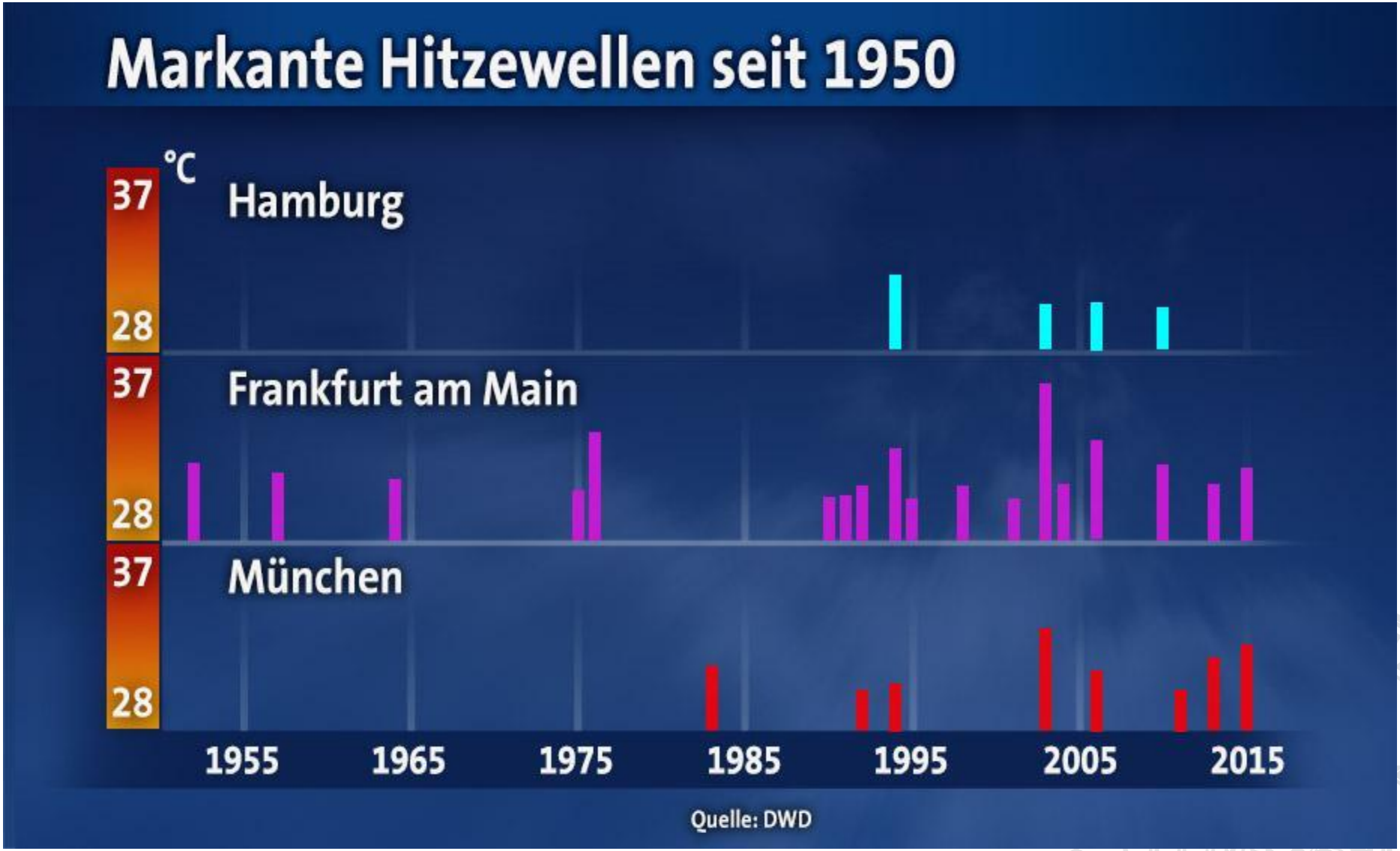


Quelle: DWD 2011

DEFINITIONEN

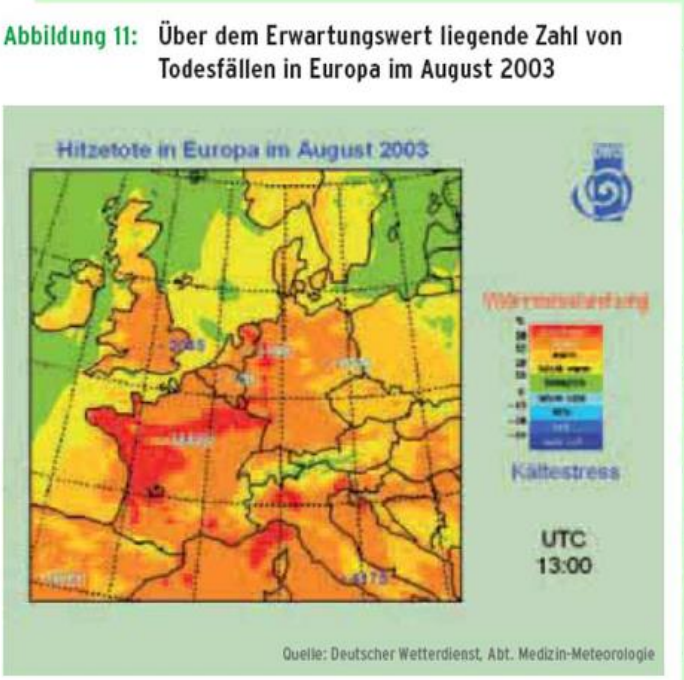
- Klimawandel: Veränderung des Klimas auf der Erde
- Sommertag: die Höchsttemperatur erreicht 25 °C
- Hitzetag: die Höchsttemperatur erreicht 30 °C
- Hitzewelle: verschiedene Definitionen, 3 aufeinanderfolgende heiße Tage
- Tropennacht: die Tiefsttemperatur fällt auch in der Nacht nicht unter 20 °C und somit wenig Regeneration für den Körper möglich

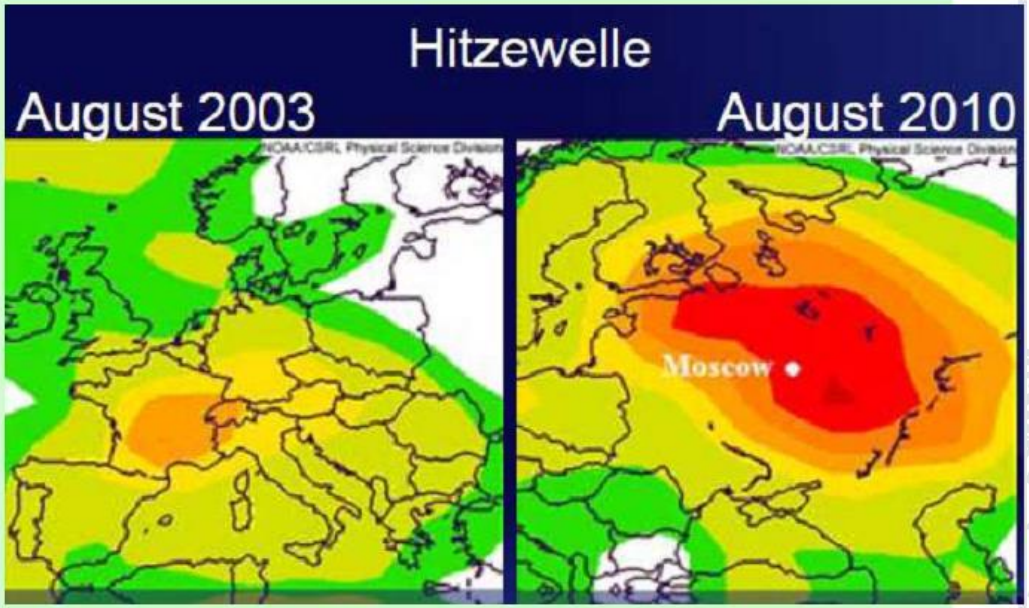
Quelle: Deutschländer et al, Temperatur inklusive Hitzewellen. Klimawandel in Deutschland. Springer, 2016


Markante Hitzewellen seit 1950
°C
37
28
Hamburg
37
28
Frankfurt am Main
37
28
München
1955
1965
1975
1985
1995
2005
2015
Quelle: DWD

HITZEWELLEN IN EUROPA I

- 2003: ca. 65.000 hitzebedingte Sterbefälle in Süd- und Westeuropa
- 2010: ca. 55.000 hitzebedingte Sterbefälle in Russland





Quelle: EM-DAT 2013

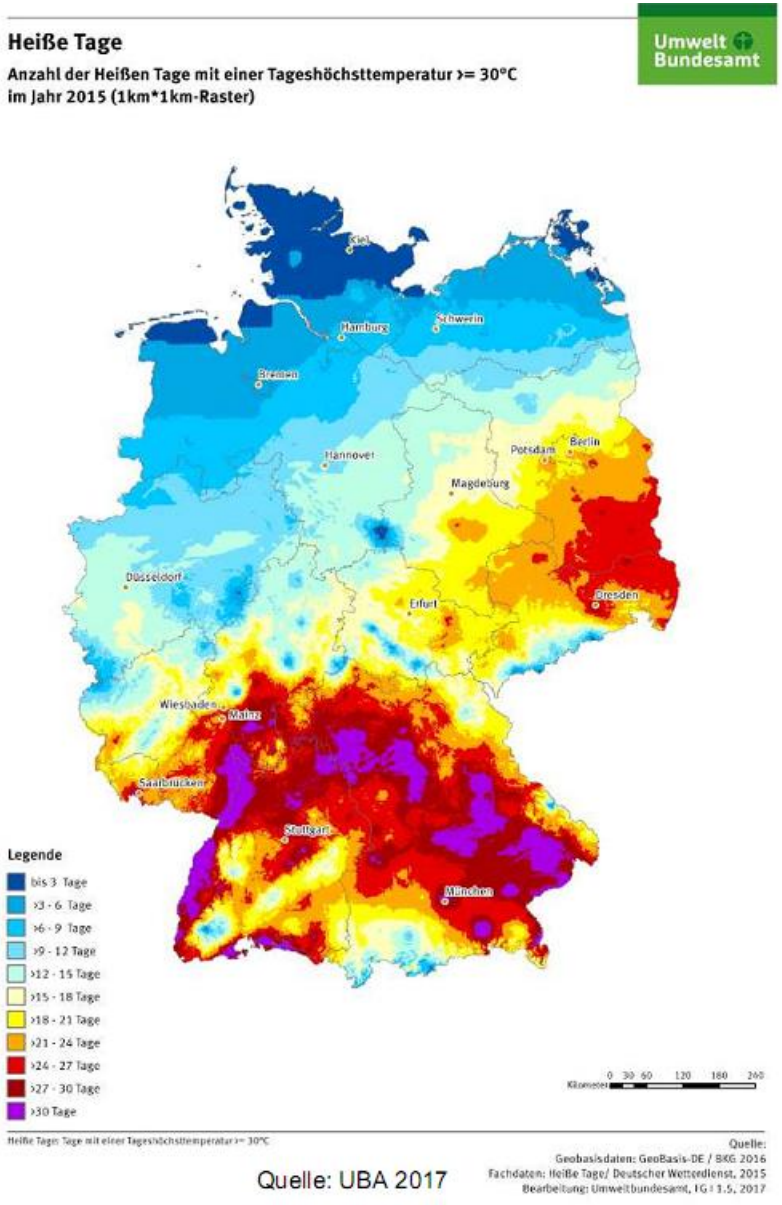
HITZEWELLEN IN EUROPA II

- Anzahl Todesfälle pro 1 Mio Menschen ausgelöst durch Extremwetterereignisse in Regionen

	Flood and wet mass movement (a)	Cold event	Heat wave	Storm	Wildfire
Eastern Europe	8.57	28.27	11.39	1.73	0.54
Northern Europe	0.99	1.67	11.17	2.48	0.01
Southern Europe	6.75	0.92	177.98	1.19	0.97
Western Europe	2.09	0.89	191.58	2.79	0.04
Total	4.64	5.31	128.98	1.99	0.46

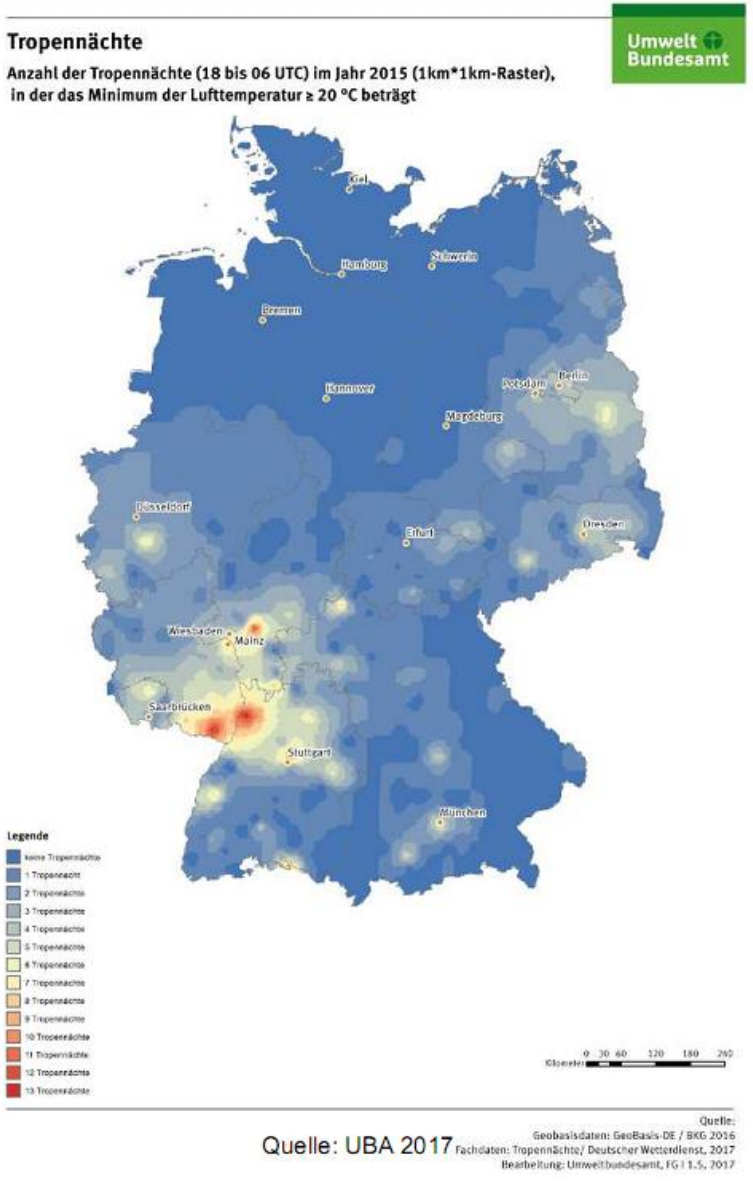
Quelle: EEA Report 1/2017

HITZEINDIKATOR: HEIßE TAGE (TMAX >= 30°C)



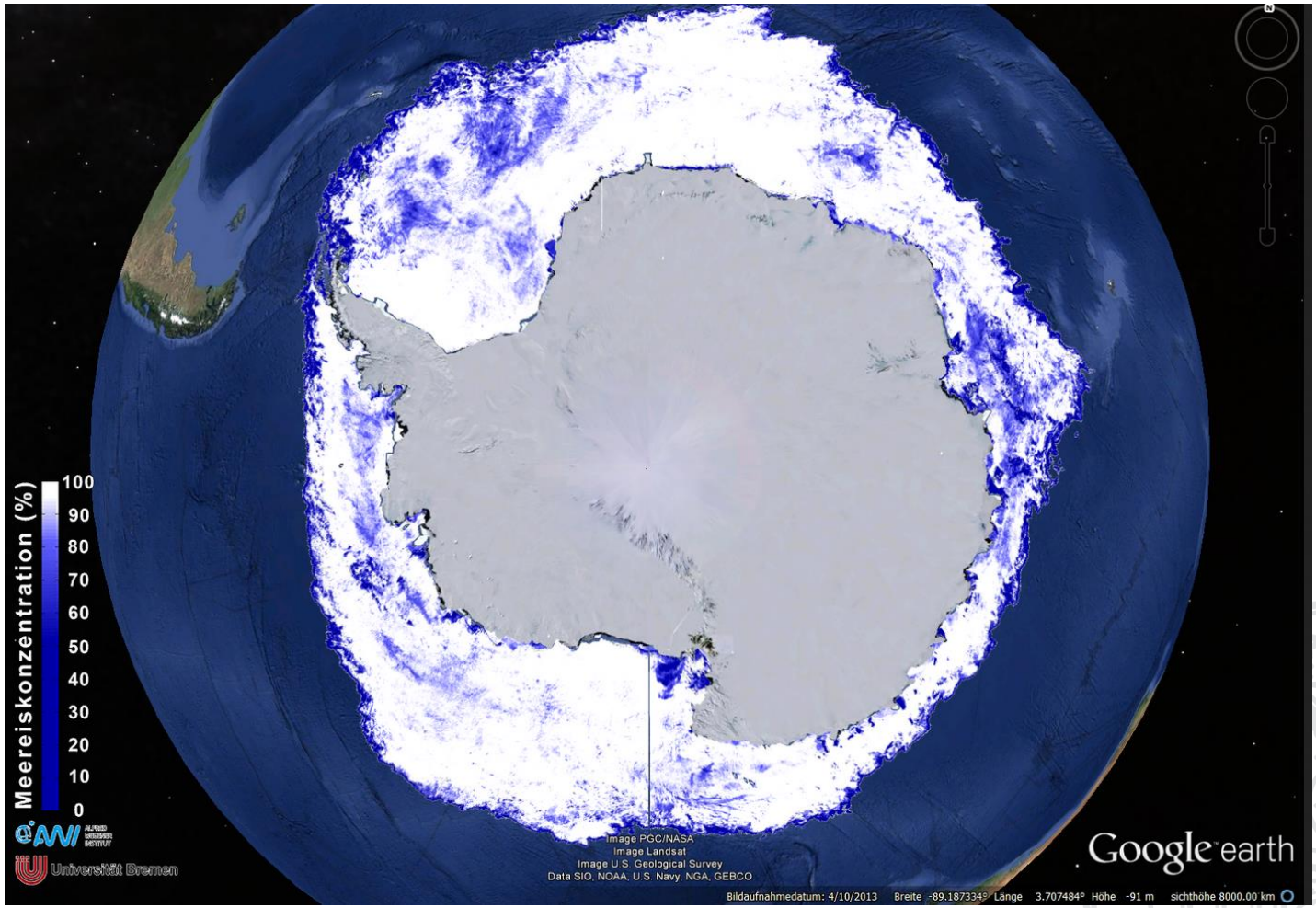
Quelle: UBA 2017

HITZEINDIKATOR: TROPENNÄCHTE (TMIN >= 20°C)



Quelle: UBA 2017

LANGE ZEITRÄUME



EINLEITUNG KLIMAWANDEL

FRAGEN?

PHYSIK UND PHYSIOLOGIE

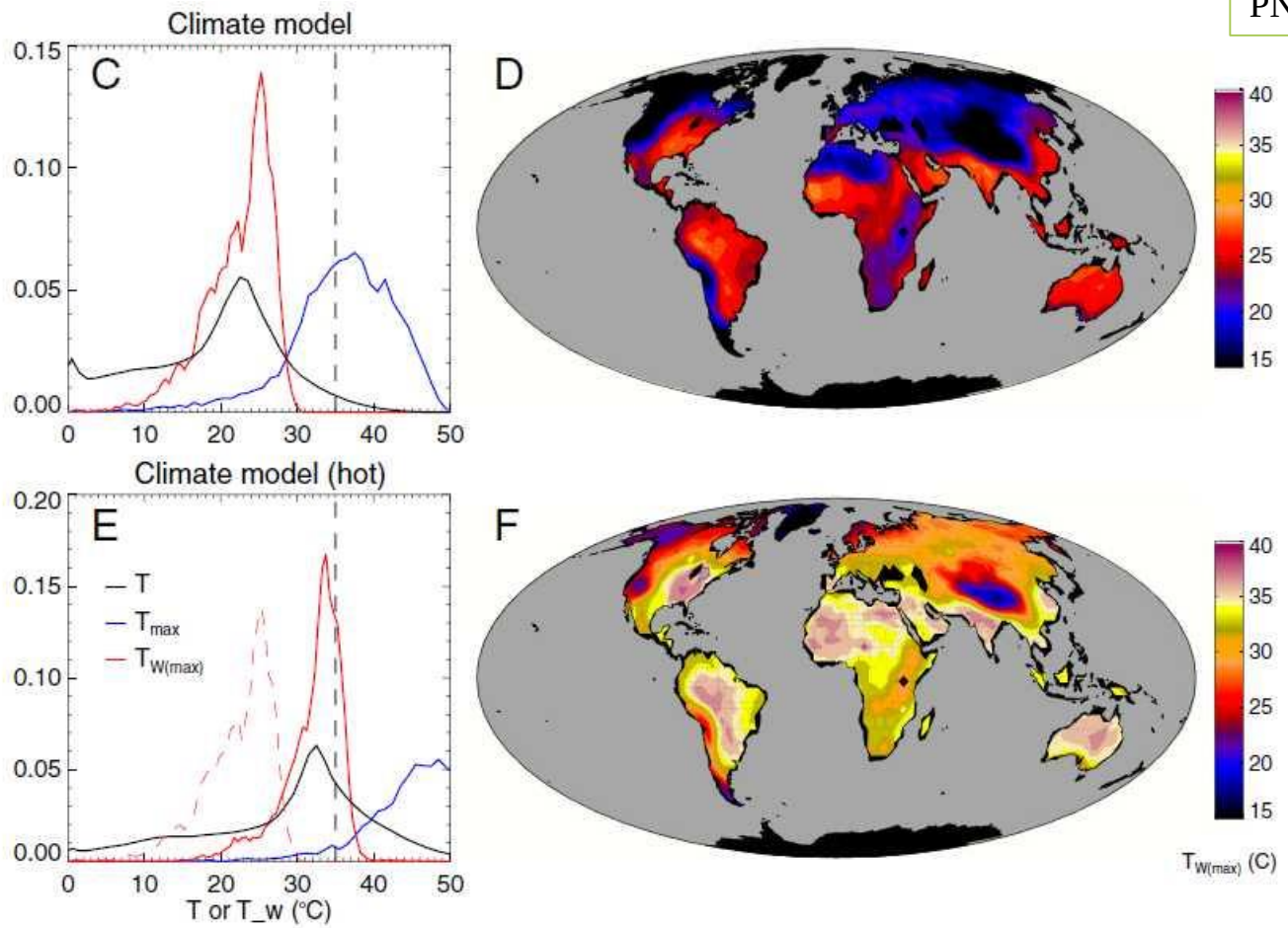
- Grundumsatz: ca. 80 W (abhängig von Gewicht, Geschlecht, …)
  - 26% Muskulatur, 26% Leber, 18% Gehirn, 9% Herz, 7% Nieren
- Plus zusätzliche Arbeitsleistung je nach Beanspruchung
  - Schon in Ruhe ca. 100 W (15 l CO_2/Stunde)
- Konstante Körperkerntemperatur 36-37°C
  - Niedrigere Hauttemperatur
  - Kühlung durch Umgebungstemperatur
  - Verdunstung von Schweiß
    - Luftfeuchte, Luftbewegung, Isolierung
    - Kühlgrenztemperatur, Feuchtkugeltemperatur

HEIß ODER KALT – WAS IST SCHLIMMER?

Extreme sind „immer“ schlecht!
Was ist „extrem“?

MAXIMALE KÜHLGRENZTEMPERATUR JETZT UND PROGNOSE

Sherwood und Huber 2010
PNAS 10: 9552–9555



T (Schwarz), Tmax (Blau), TWmax (Rot)

Karte von TWmax

PHYSIK UND KLIMAPARAMETER

- Temperatur
- Wärme
- Spezifische Wärme
- Strahlungswärme
- Relative / absolute Luftfeuchte

- Windgeschwindigkeit

- Verschiedene Summenmaße

PHYSIK UND PHYSIOLOGIE

FRAGEN?

27 WAYS A HEAT WAVE CAN KILL YOU

Mora et al. (2017)

Organe	**Mechanismus**				
	Ischämie	Hitze Zytotoxizität	Entzündungs-reaktion	Disseminierte intravasale Koagulopathie*	Rhab-domo-lysis**
Gehirn	1	7	13	20	
Herz	2	8	14		
Verdauungs-system	3	9	15	21	
Niere	4	10	16	22	25
Leber	5	11	17	23	26
Lunge		12	18	24	27
Pankreas	6		19		

* Sekundäre Erkrankung, die von einer systemischen, exzessiven Aktivierung der Blutgerinnung ausgelöst wird

** Auflösung quergestreifter Muskelfasern

HITZE UND KÄLTE: PATHOLOGIE

- Direkte Gewebsschäden
  - Verbrennung
- Kreislaufregulation
  - Hitzekollaps
- Wasser- Elektrolythaushalt
  - Hitzekrampf, -erschöpfung
  - Nieren
- Hyperthermie
  - Lokal: Sonnenstich
  - Systemisch: Hitzschlag

- Direkte Gewebsschäden
  - Erfrierung, periphere Hypoxie
- Unterkühlung
- Haut-/ Schleimhautdurchblutung
- Entzündung, Fibrinogen
- Funktionsminderung
- Infektionsgefahr (Atemwege)
  - Auch UV-Mangel, Überleben von Keimen, u.v.m.
- Protrahierte Effekte

HITZE UND KÄLTE: ANPASSUNG

Unterschiedliche zeitliche Horizonte

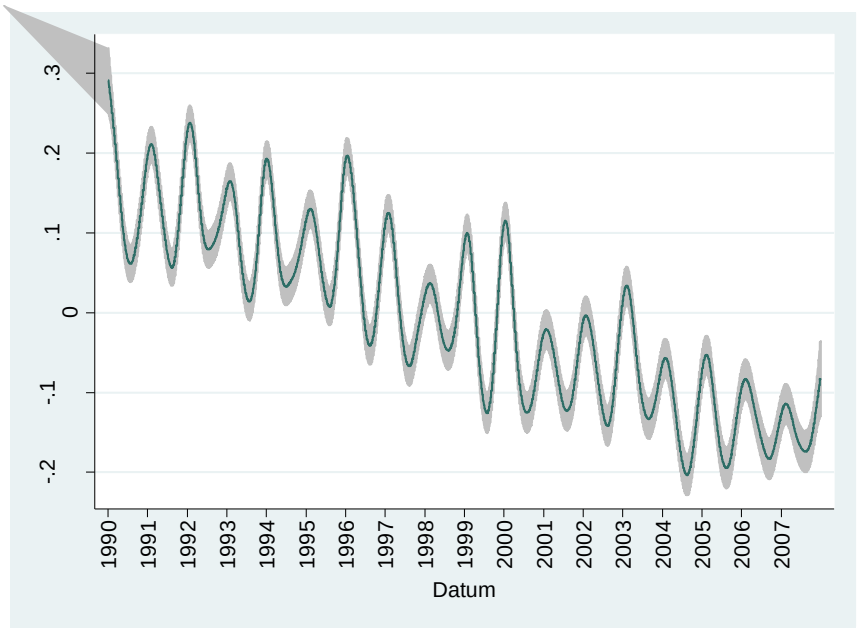
- Physiologie
  - Hautdurchblutung, Schweiß
- Verhalten individuell
  - Schatten, Ruhe, Kleidung
- Nahrung, Getränke
- Verhalten Gesellschaft
  - Tagesrhythmus (Siesta)
- Infrastruktur
  - Bauwerke, Stadtplanung
  - Klimatisierung

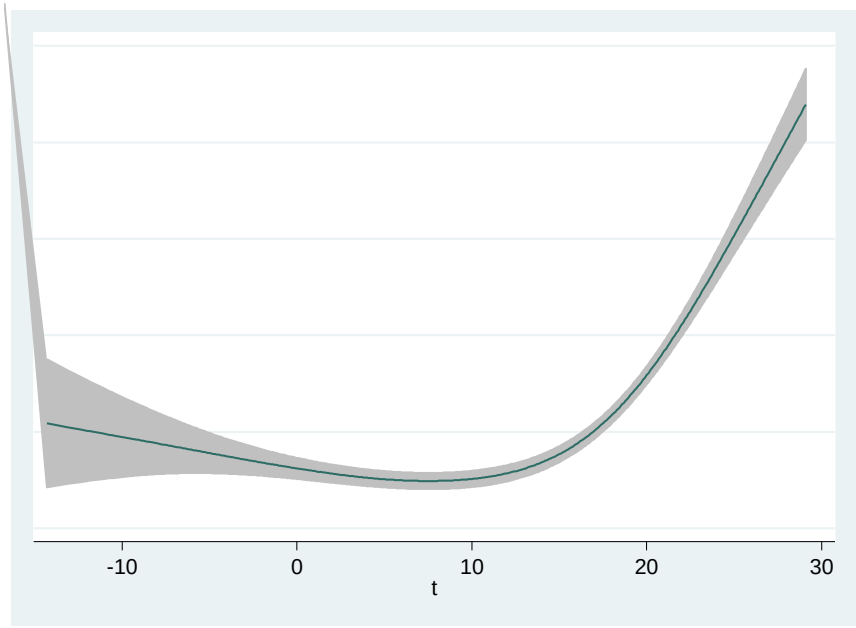
- Physiologie
  - Hautdurchblutung Akren
  - Kältezittern, „Gänsehaut"
- Verhalten individuell
  - Kleidung, Nahrung, Bewegung
- Verhalten Gesellschaft
  - Unterkünfte für Obdachlose
- Infrastruktur
  - Bauwerke, Heizsysteme
- Körpergröße, Fell, Fett

HITZE UND KÄLTE

FRAGEN?

HITZE UND KÄLTE: EPIDEMIOLOGIE





Beispiel: tägliche Sterbedaten aus Wien

- Akut: fast nur Effekt der Hitze
- Subakut (14 Tage, Jahreszeit): eher Kälte schlecht

Eigene Darstellung und Daten im Rahmen von StartClim (PD Dr. Hanns Moshammer)

SOMMERHITZE I

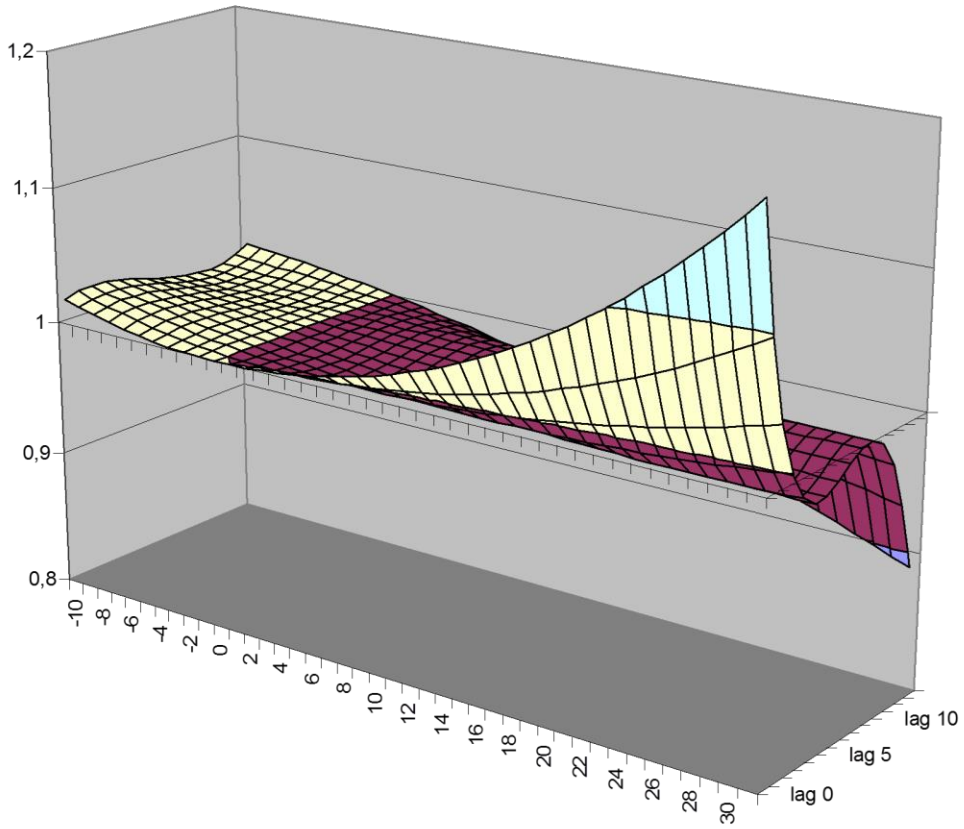
- Schon ab mäßigen Temperaturen Anstieg der Sterbefälle
  - Abhängig von Klimazone („Normalbereich“)
  - Mitteleuropa / Wien: ab 15-20 TMW, ab ca. 25°C Tmax
    - Nicht nur an „schrecklich heißen“ Tagen
- „Hitzewelle“: mehrere Tage „sehr heiß“
  - Eventuell zusätzliche Belastung
  - Mangelhafte nächtliche Abkühlung / keine Erholung
  - Effektstärke abhängig von statistischem Modell

SOMMERHITZE II

- Hitzewellen wie Südwest- / Mitteleuropa 2003
- Auch schon Hitzewellen vor 2000 (USA, Südeuropa)
- Europa 2006, 2015
- Osteuropa (Russland) 2010

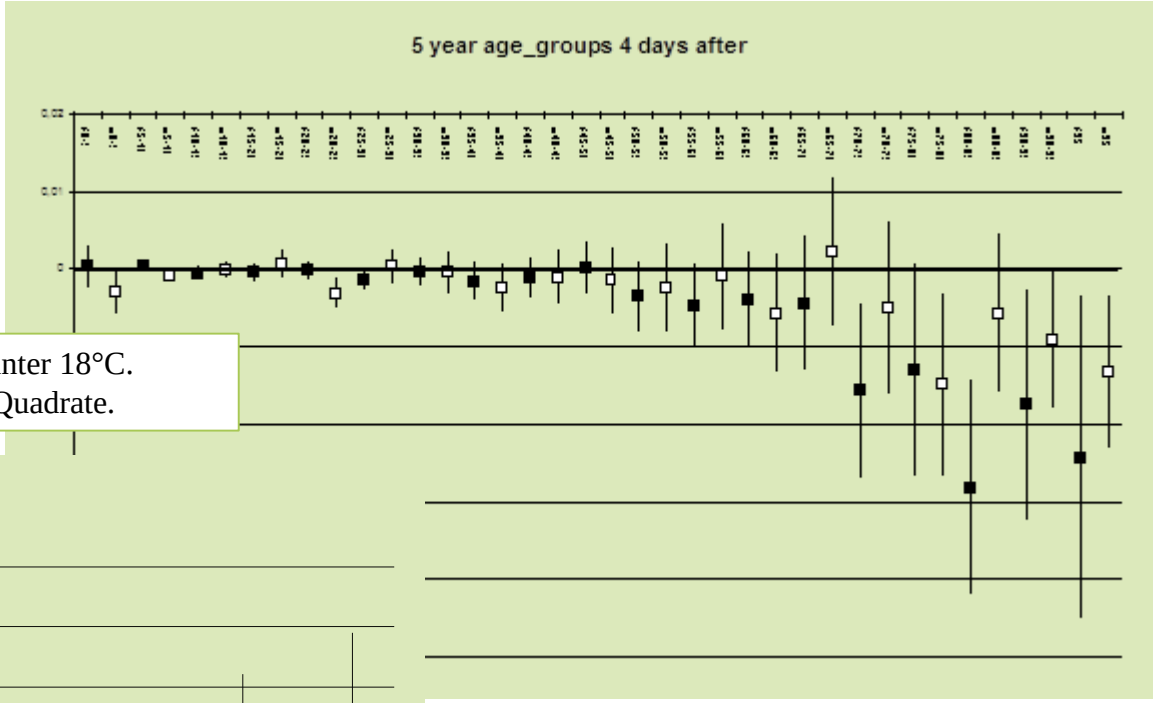
- Kombination Hitze und Luftschadstoffe (Ozon)
- Versagen institutioneller Betreuung
  - Urlaubszeit, „Hitzeferien“
- Zusätzlich Probleme mit Infrastruktur
  - Wasser, Leitungsnetze, Wege

WIE KANN MAN DAS DARSTELLEN?

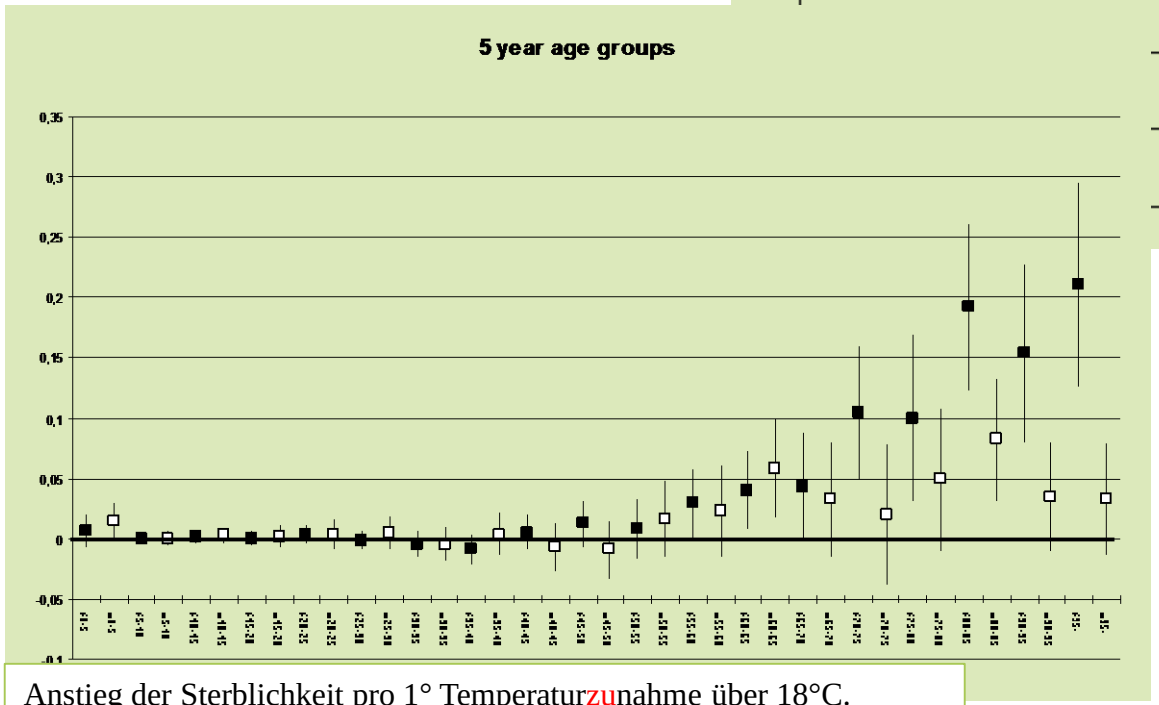


Eigene Darstellung und Daten im Rahmen von StartClim (PD Dr. Hanns Moshammer)

NACH ALTER UND GESCHLECHT



Anstieg der Sterblichkeit pro 1° Temperaturabnahme unter 18°C.
5-Jahres-Gruppen, Männer: offene, Frauen: schwarze Quadrate.



Anstieg der Sterblichkeit pro 1° Temperaturzunahme über 18°C.
5-Jahres-Gruppen, Männer: offene, Frauen: schwarze Quadrate.

Eigene Darstellung und Daten im Rahmen von StartClim (PD Dr. Hanns Moshammer)

SOMMERHITZE III

- Vulnerable Gruppen:
- Alte und kranke Menschen
  - Chronisch Kranke (Atemwege, Herz-Kreislauf, Stoffwechsel wie Diabetes, psychische Krankheiten)
- Alte Menschen: Frauen; Kinder: eventuell Knaben

- Coping-Verhalten?

- Praktisch alle Todesursachen betroffen…

WELCHES MAß FÜR DIE TEMPERATUR?

- Maximale Temperatur des Tages
  - Akute Belastung auch für gesunde Menschen.
  - Erschwert durch körperliche Belastung, Alter und Krankheit, Hilflosigkeit (z.B. Kleinkind im Auto)
- Durchschnittstemperatur
  - Besser zu prognostizieren, weniger von lokalen Faktoren abhängig
- Minimale Temperatur
  - (Fehlende) nächtliche Abkühlung
  - Erholungswirkung des Nachtschlafes
  - Langfristige Nebenwirkungen (Erholung, Stoffwechsel)

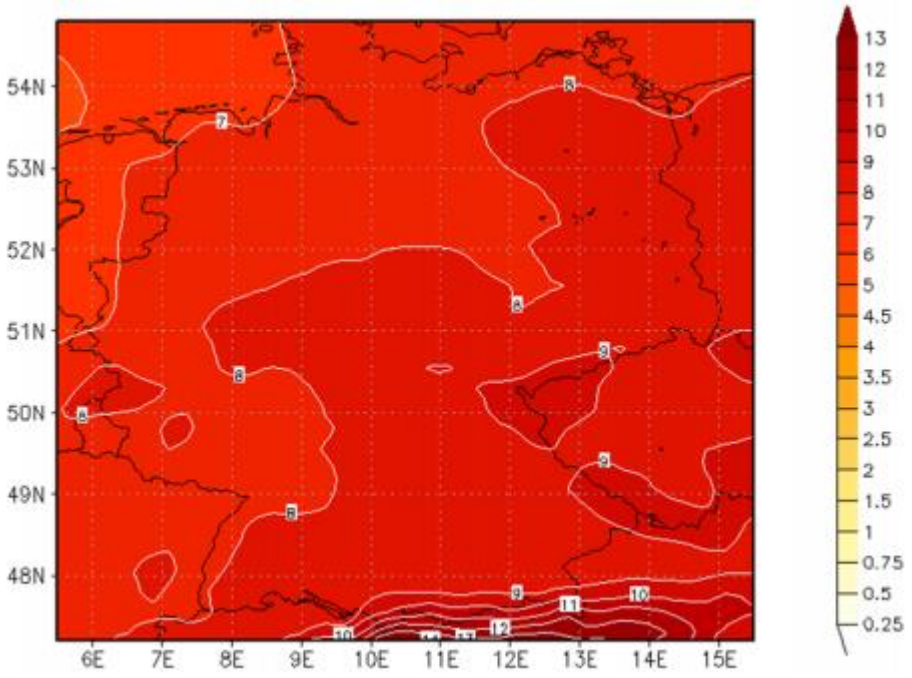
Eigene Darstellung und Daten im Rahmen von StartClim
(PD Dr. Hanns Moshammer)

HITZEWELLE 2003 IN WIEN

Untergruppe	Kysely-Episode		Grippe-Tage	
	RR	95% KI	RR	95% KI
Alle Todesfälle	1,078	1,049 - 1,108	1,095	1,078 - 1,112
Erste 3 Tage	1,027	1,008 - 1,047		
Rest der Kysely-Episode	1,021	1,010 - 1,032		
Herz-Kreislauf	1,061	1,022 - 1,101	1,105	1,083 - 1,128
Atemwege	1,243	1,093 - 1,414	1,333	1,242 - 1,432
Alle anderen Ursachen	1,064	1,022 - 1,108	1,05	1,029 - 1,072
Traumatische TU	1,102	0,988 - 1,230	1,037	0,981 - 1,096
Traumat. TU männlich	1,157	1,010 - 1,326	1,031	0,959 - 1,108
Traumat. TU weiblich	1,043	0,889 - 1,223	1,06	0,972 - 1,155
Mädchen bis 5 Jahre	0,731	0,485 - 1,101	1,077	0,870 - 1,335
Knaben bis 5 Jahre	1,175	0,816 - 1,692	1,044	0,855 - 1,273
Frauen ab 65 Jahre	1,081	1,057 - 1,105	1,083	1,069 - 1,096
Männer ab 65	1,013	0,984 - 1,0428	1,049	1,034 - 1,064
Alle Männer	1,099	1,076 - 1,123	1,081	1,067 - 1,095
Ln Ratio dicht/dünn besiedelt	1,029	0,986 - 1,074	1,021	0,997 - 1,046
Ln Ratio Extrembezirke	1,065	0,987 - 1,149	n.s.	-

TEMPERATUR UND STERBLICHKEIT IN DE

- Temperatur-assoziierte Mortalität TAM [%] auf Basis von Zusammenhängen aus nicht jahresgangbereinigten Mortalitätsraten: Gesamteffekt der Temperatur (gewichtetes Fünftagemittel). Dargestellt ist das gegenwärtige Klima 1971-2000.



https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/ug_06_2015_einfluss_des_klimawandels_auf_die_biotropie_des_wetters_0.pdf

NHS DIRECT SURVEILLANCE SYSTEM IN UK

- Daten aus allen 23 NHS-Distrikten in England und Wales
- Auswertung der eingehenden Anrufe – z. B. ungewöhnliche Anstiege bei Hitze/Sonnenstich
- Zwischen 1. Mai und 15. September 2006 insgesamt 1474 (0,08%) Anrufe wegen Hitze/Sonnenstich
- 164 (11%) Fälle betrafen **Kinder unter 5 Jahren**
- 1299 (89%) Fälle betrafen die Altersgruppe 5 bis 74 Jahre

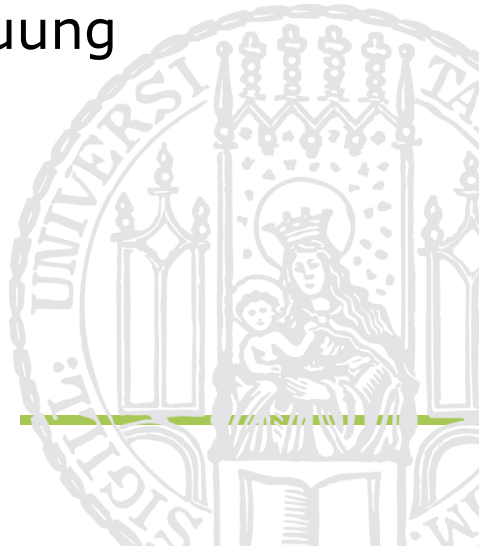
EPIDEMIOLOGIE

FRAGEN?

ZUSAMMENFASSUNG

- Extreme Temperaturen sind immer eine Belastung
- Hitze: akute Wirkung
- Schon bei mäßig erhöhten Temperaturen
- Verstärkt bei massiver und längerer Einwirkung

- Vulnerable Gruppen
  - Erfordern institutionelle und informelle Betreuung
  - Kranke, Alte, Alleinstehende (Frauen)
  - Kleinkinder



SOMMERHITZE

FRAGEN?

ZENTRUM FÜR PUBLIC HEALTH
MEDIZINISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Hanns Moshammer

hanns.moshammer@meduniwien.ac.at

https://zph.meduniwien.ac.at/umwelthygiene/

www.klimawandelundbildung.de

Förderkennzeichen 03DAS073

LITERATUR

- Sherwood SC, Huber M 2010: An adaptability limit to climate change due to heat stress. PNAS 107(21): 9552–9555
- APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten. ISBN 978-3-7001-7699-2
- Hutter H-P, Moshammer H, Wallner P, Leitner B, Kundi M (2007): Heatwaves in Vienna: effects on mortality. Wien Klin Wochenschr 119/7–8: 223–227

- Diverse eigene Erhebungen im Rahmen von StartClim (http://www.startclim.at/)
  - StartClim2005.A1a: Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien: Download Endbericht StartClim2005.A1a
  - StartClim2005.A1b: Untersuchung zur nächtlichen Abkühlung in einem sich ändernden Klima: Download Endbericht StartClim2005.A1b