

Klimakrise und Gesundheit – Was kommt auf uns zu?



qx-Club Köln/Bonn/Düsseldorf

23.11.2021

Alexander Krauskopf
(Milliman GmbH)

Aktivitäten der DAV zu Sustainability

- **Koordinationsgruppe Sustainability**
 - allgemeine Themen zu ESG über alle Ausschüsse der DAV hinweg
 - internationale Aktivitäten AAE
 - Teilnehmer von BaFin und GDV

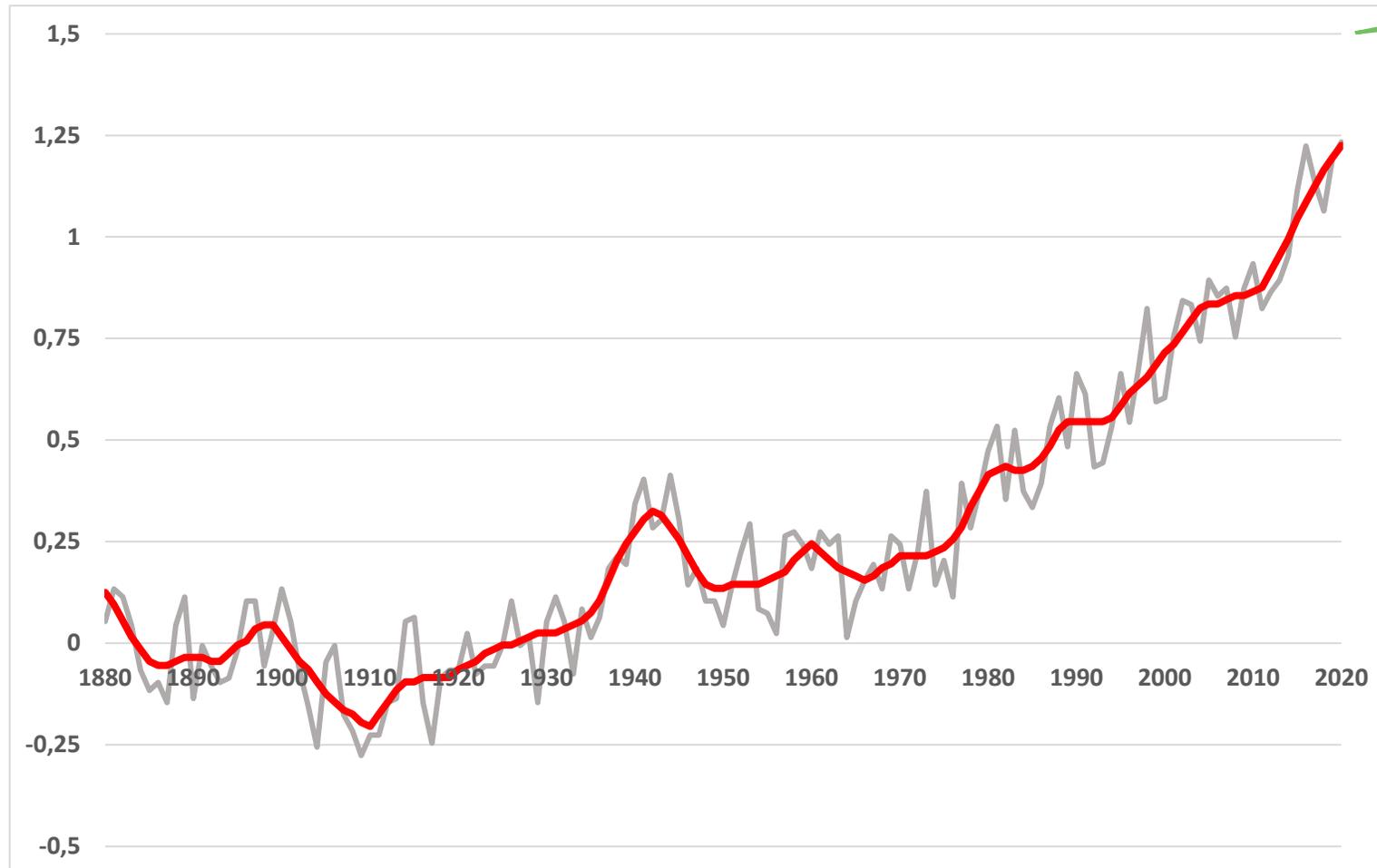
- AG „**Gesundheitstrends**“ unter dem Ausschuss Kranken
 - UAG „Klimawandel“

- weitere DAV-AG's in anderen Ausschüssen

6. IPCC Sachstandsbericht (AR6)

Jährliche Durchschnittstemperatur

+1,5°C-Ziel gemäß
Pariser Klimaabkommen



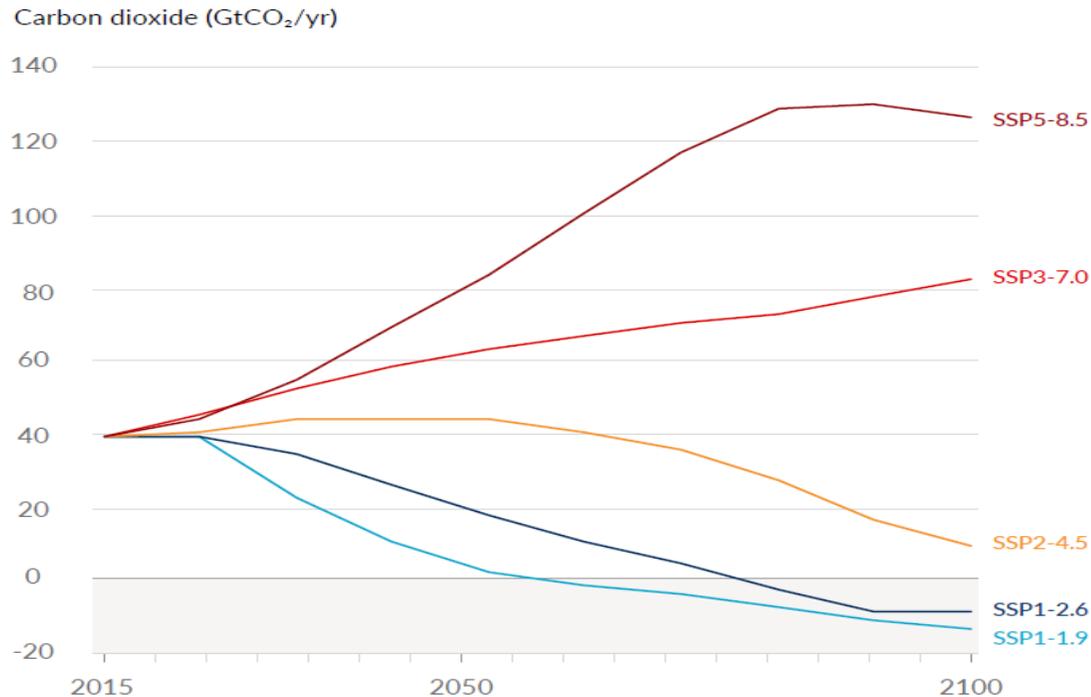
Anstieg aktuell +1,2°C
davon rd. 1,1°C durch
menschengemachte
Treibhausgas-Emissionen
(6. IPCC-Report)

Quelle: <https://climate.nasa.gov/>

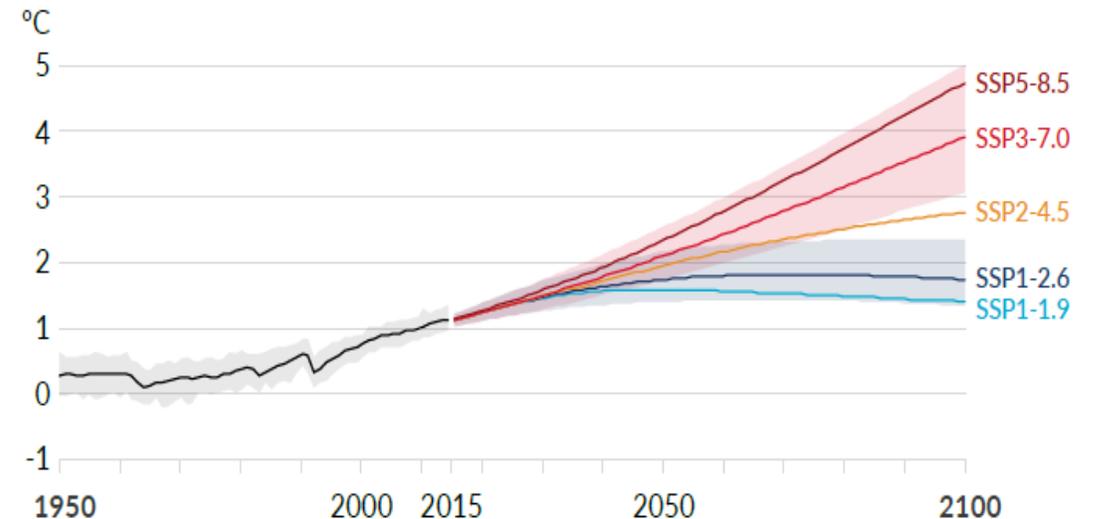
bezogen auf die vorindustrielle Zeit (Durchschnitt 1880-1900)

6. IPCC Sachstandsbericht (AR6)

Mögliche Zukunfts-Szenarien



a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



- globale Erwärmung kann nur durch eine komplette Reduktion der Treibhausgas-Emission gestoppt werden
- SSP: sozioökonomische Szenarien
- RCP: Treibhausgaskonzentrations-Szenarien
- SSPx-y.z (Kombination aus SSP und RCP-Szenario)

Quellen zum Thema Klimawandel & Gesundheit

- unzählige nationale und internationale Veröffentlichungen (Bücher, Studien, Artikel, ...)
- wichtig: strukturierter Überblick über die wesentlichen Themen
- Zusammenspiel zwischen medizinischen Aspekten und mathematisch-statistischen Modellen
- Magazin „**Lancet**“ ist eine der ältesten und renommiertesten medizinischen Fachzeitschriften der Welt
 - **Lancet Countdown** (6. Auflage) Zusammenarbeit von 43 akademischen Einrichtungen und stellt die gesundheitlichen Folgen des Klimawandel anhand von 44 Indikatoren dar
- Veröffentlichungen der **WHO**
- Klima-Stresstest der französischen Aufsichtsbehörde (ACPR)
- Klima-Szenarien des **NGFS**

Themenübersicht

- **Gesundheitliche Folgen extremer Hitze**
- **Zunahme von Infektionskrankheiten**
- **Pollen, Allergien und Luftverschmutzung**
- **weitere Aspekte**

Themenübersicht

- **Gesundheitliche Folgen extremer Hitze**
- Zunahme von Infektionskrankheiten
- Pollen, Allergien und Luftverschmutzung
- weitere Aspekte

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Kontinuierlicher Anstieg der globalen Sommertemperaturen

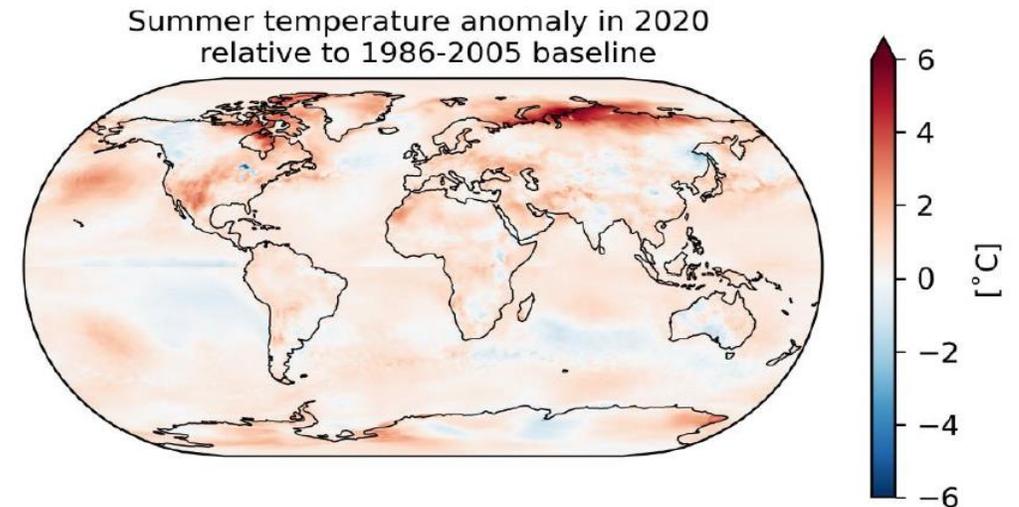
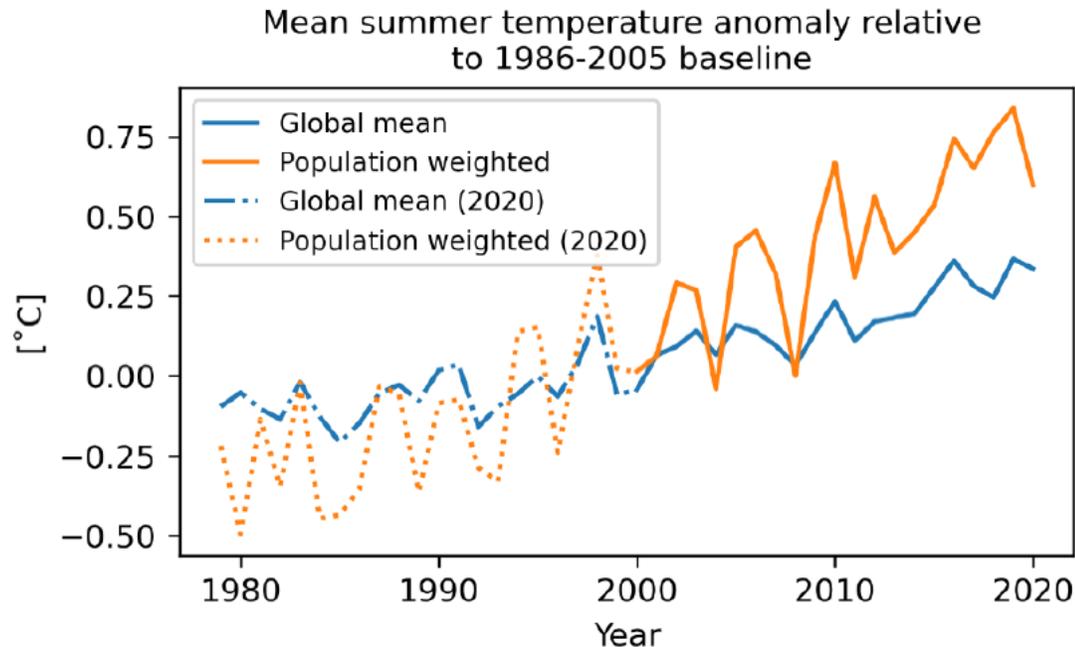


Figure 2. Map of summer temperature anomaly for 2020 relative to the 1986-2005 baseline.

- kontinuierlicher Anstieg der globalen Sommertemperatur (Juni, Juli, August auf Nordhalbkugel, Dezember, Januar, Februar auf Südhalbkugel) gegenüber dem Durchschnitt der Jahre 1986-2005
- im Jahr 2020 um 0,34°C und Bevölkerungs-gewichtet um 0,6°C
- globale Verteilung des Temperaturanstiegs in 2020 (v. a. Südwesten der USA, nördliches Sibirien)

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Durch Hitzeextreme gefährdete Bevölkerungsgruppen

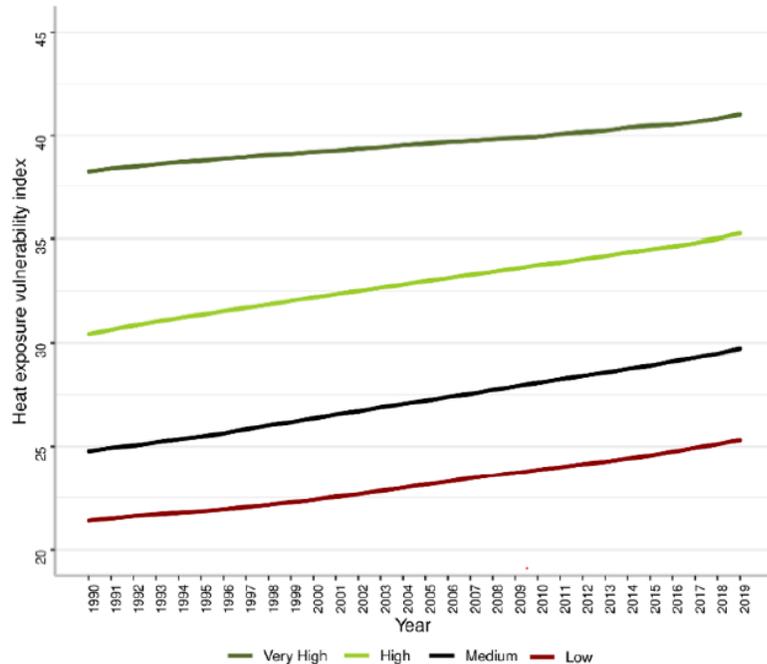


Figure 3. Change in the vulnerability to heat index grouped by 2019 country Human Development Index level for 1990-2019. This index includes the proportion of the population older than 65 years, the prevalence of relevant chronic diseases (respiratory disease, cardiovascular disease, and diabetes) in persons aged over 65 years, and the proportion of the total population living in urban areas

Quelle: Lancet, Lancet Countdown, Annex

- mit zunehmender Wärme- oder Kältebelastung steigen die Anforderungen an das Herz-Kreislaufsystem, den Bewegungsapparat und die Atmung
- Zunahme von Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen
- durch Hitzestress gefährdete Personen sind insb.
 - Säuglinge und Kleinkinder,
 - ältere Personen und
 - Menschen mit Vorerkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Atemwege oder Diabetes
- **Problem verstärkt sich zukünftig durch die demografische Entwicklung**
- verringerte Luftqualität bei erhöhten Konzentrationen von Stickoxiden, Ozon und Feinstaub erhöht gesundheitliche Risiken zusätzlich
→ insb. **städtische Bevölkerung** betroffen, da Städte ca. 10°C wärmer sind
- Unterschied Hitzeextreme und Hitzewellen

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Risiko durch Hitzewellen

Change in number of heatwave days in 2020 relative to 1986-2005 baseline

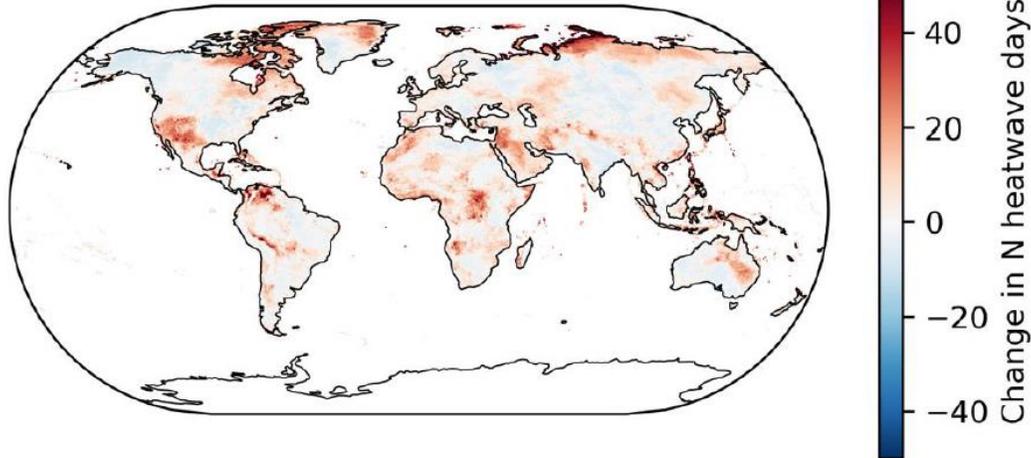


Figure 4. Map of the change in number of heatwave days over land in 2020 relative to the 1986-2005 baseline.

Exposures of vulnerable populations to change in heatwave occurrence

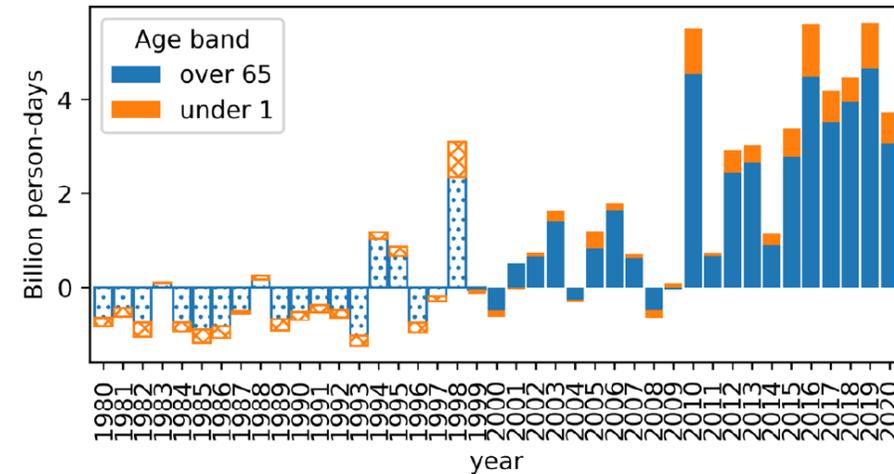
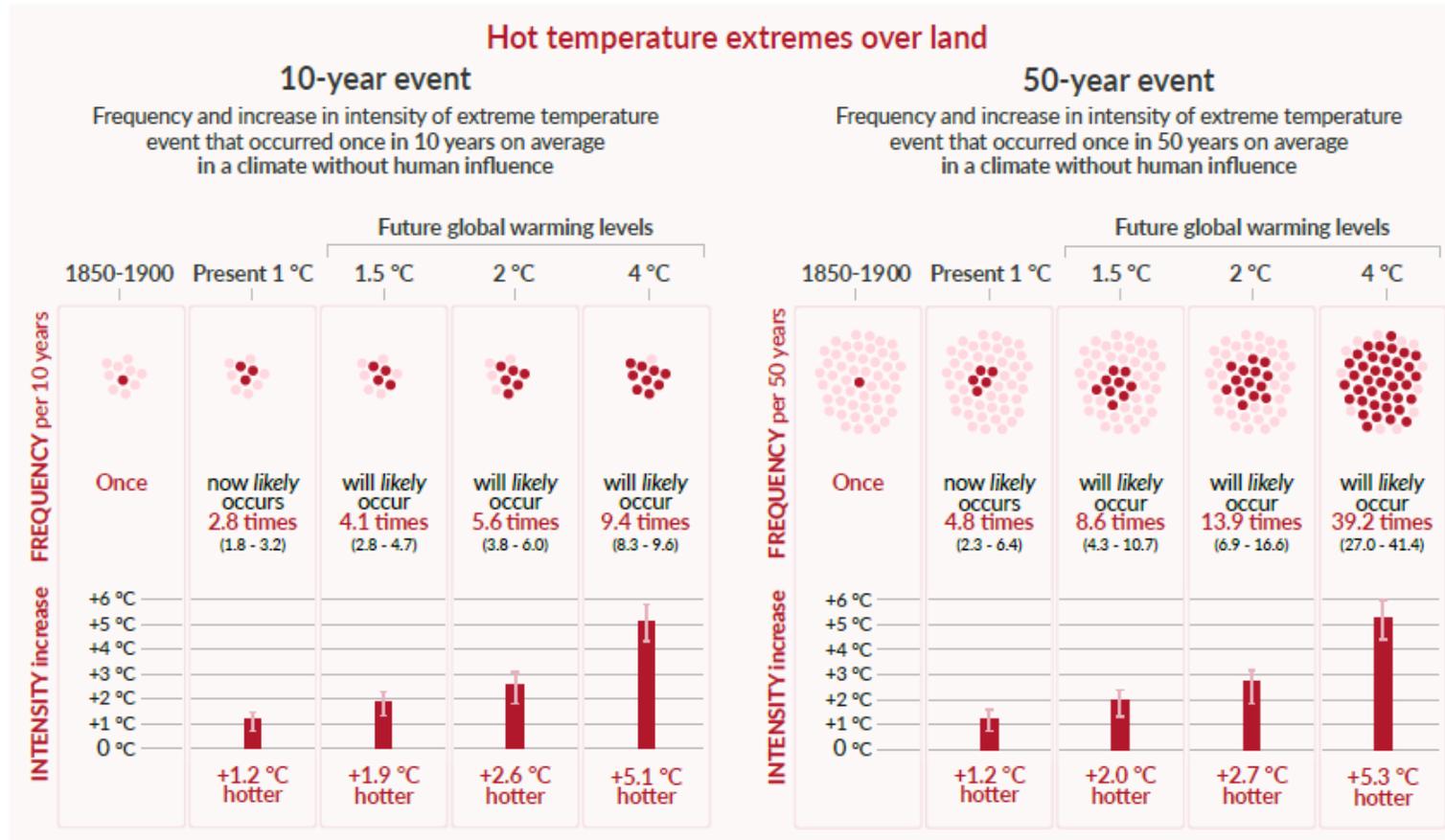


Figure 5. Exposure of people over 65 and infants under 1 year old to change in number of heatwave days relative to the 1986-2005 baseline mean number of days. Hatched bars indicate calculations using population data from ISIMIP for 1980-2000. Solid shaded bars indicate calculations using GPWv4 for 2000-2020.

- Definition **Hitzewelle** gemäß World Meteorological Organization (WMO): Zeitraum von mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen, in dem die tägliche Mindest- und Höchsttemperatur über dem 95%-Quantil der Temperaturverteilung der jeweiligen Region liegt
- gesundheitliche Folgen sowohl aufgrund von Hitzeextreme als auch durch fehlende Erholung durch Abkühlung (Hitzewellen)
- 3,1 Mrd. zusätzliche Personentage in Hitzewellen im Jahr 2020 ggü. dem Durchschnitt 1986-2005 für Erwachsene über 65 Jahre (entspricht 4,1 Tage pro Person über 65 Jahre)
- 626 Mio. zusätzliche Personentage in Hitzewellen im Jahr 2020 ggü. dem Durchschnitt 1986-2005 für Kinder unter 1 Jahr (entspricht 4,6 Tagen pro Person unter 1 Jahr)

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Klimawandel wird die Häufigkeit und Intensität extremer Hitze deutlich erhöhen



Quelle: IPCC AR6

- Häufigkeit und Intensität von Hitzeextremen und Hitzewellen werden in allen IPCC-Szenarien durch globale Erwärmung in nahezu allen Regionen weiter zunehmen
- Veränderung der Intensität von Hitzeextremen ist proportional zur Veränderung der globalen Erwärmung
- die Temperaturen an den heißesten Tagen werden überproportional zur globalen Erwärmung steigen

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Hitzebedingte Sterblichkeit

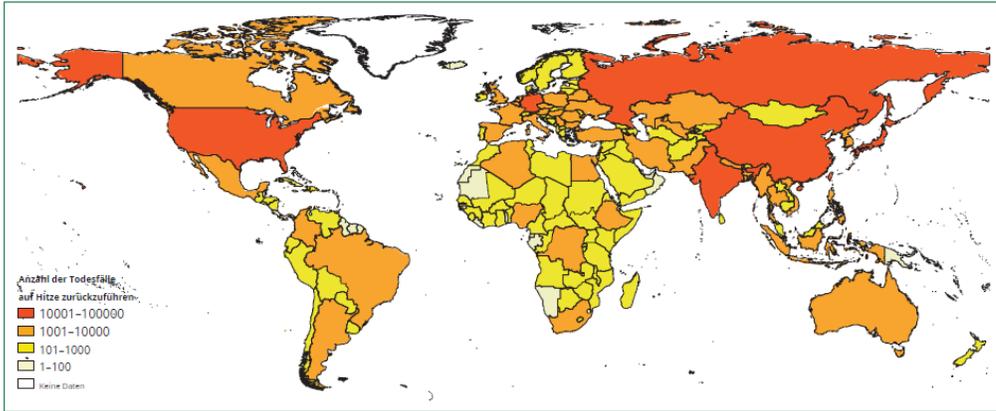
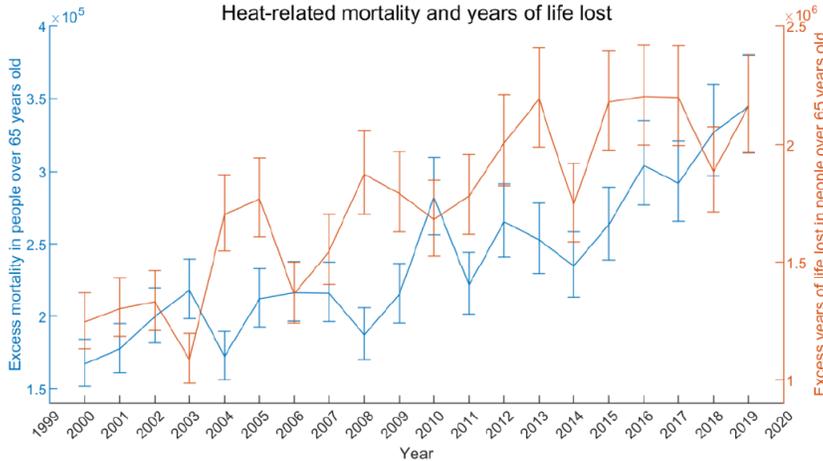


Abbildung 5: Hitzebedingte Todesfälle von Menschen über 65 Jahren in jedem Land im Jahr 2019



Quelle: Lancet, Lancet Countdown, Annex



- extreme Hitzeereignisse erhöht das Sterblichkeitsrisiko durch Herz-Kreislauf-, Atemwegs- und zerebrovaskuläre Erkrankungen
- hitzebedingte Sterblichkeit bei Menschen über 65 Jahre hat seit dem Jahr 2000 stetig zugenommen
- in 2019 weltweit 345.000 Todesfälle, 80,6% mehr als Ø 2000-2005**
- Rückgang in der EU in 2019, trotzdem mit 108.000 Hitzetoten weltweit am stärksten betroffen
- Modell zur Ermittlung der hitze-bedingten Übersterblichkeit an einem Tag E:

$$E = y_0 \cdot \text{Pop} \cdot \text{AF}$$

y_0 = nicht-verletzungsbedingte Sterberate

Pop = Bevölkerungszahl

AF = zuordenbarer Anteil für hitze-bedingte Tote

$$\text{AF} = \frac{RR - 1}{RR} = 1 - e^{-\beta \cdot (t - OT)} \quad \text{mit} \quad RR = e^{\beta \cdot (t - OT)}$$

RR = relatives Risiko, das den Anstieg des Sterblichkeitsrisikos durch Temperaturanstieg ggü. der optimalen Temperatur OT beschreibt

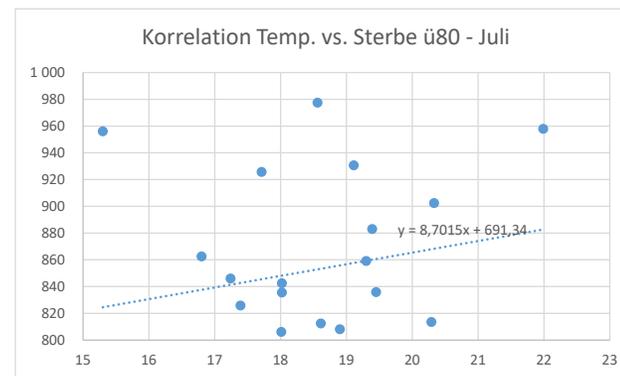
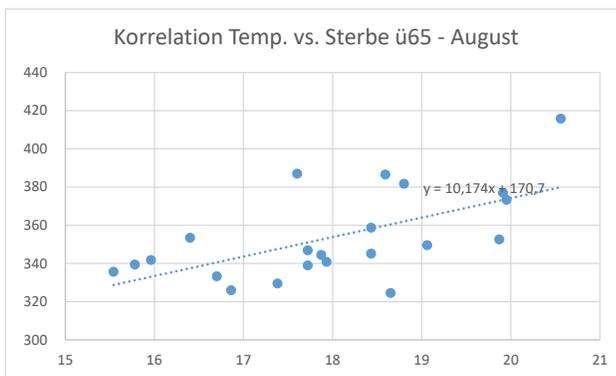
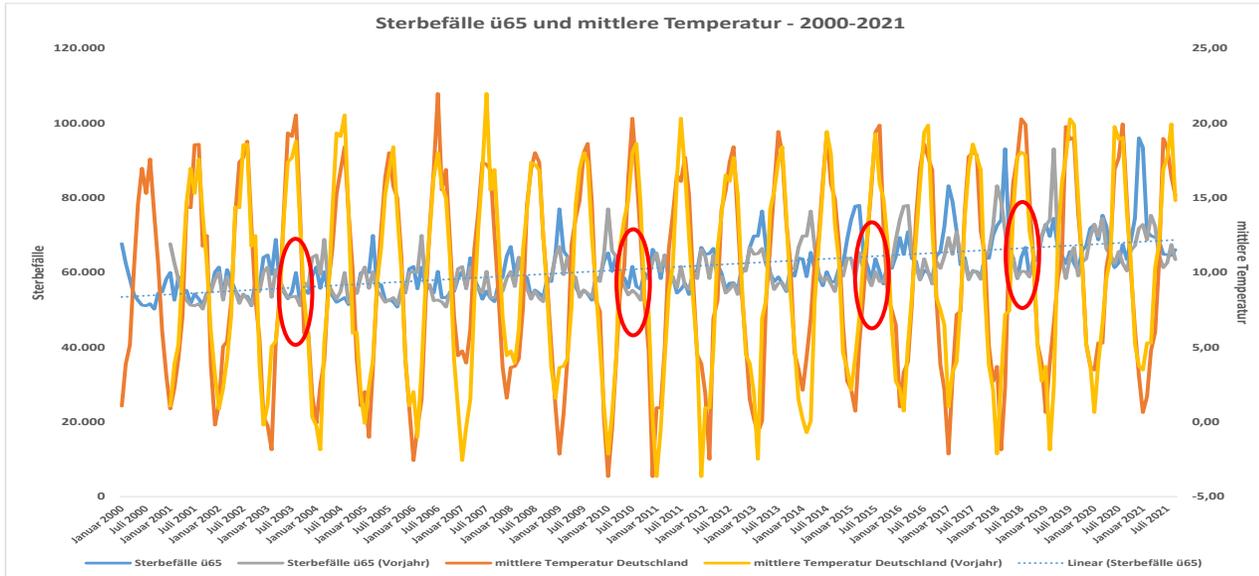
Verlorene Lebensjahre YLL (Years of life lost):

$$\text{YLL} = \sum_{m=65}^{100+} E_m \cdot LE_m$$

E_m = hitze-bedingte Übersterblichkeit im Alter m
 LE_m = normale Lebenserwartung im Alter m

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Sterblichkeit in Deutschland – Auswirkung von Hitzewellen



- in Deutschland traten elf der extremsten Hitzewellen seit 1950 nach dem Jahr 2000 auf
- einfache statistische Auswertungen zeigen bereits eine positive Korrelation zwischen monatlicher Durchschnittstemperatur und Anzahl der Sterbefälle
- Studie von RKI und Charité für die Jahre 2001-2015
- Hitzetote in Deutschland
 - 2003: 7.600
 - 2006: 6.200
 - 2015: 6.100
 - 2010: 3.700
- Zahl der Hitzetoten steigt ab einer Wochenmitteltemperatur von 23°C exponentiell an, besonders bei Personen über 75 Jahre
- hitzebedingte Todesursachen:
 - Herz-Kreislauferkrankungen
 - Nierenversagen
 - Atemwegserkrankungen
 - Schlaganfälle
- zukünftige Temperaturentwicklung bis 2100 über für unterschiedliche Klima-Szenarien auswertbar

Quelle: gbe-bund.de und DWD

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

EuroHEAT-Studie zur hitzebedingten Übersterblichkeit in Großstädten im Jahr 2003

Table 1: City characteristics, mean daily number of deaths by cause (count and % of total), Maximum Apparent Temperature, Minimum Temperature and number of annual heat wave days during summer (June-August) in the study period.

City	Study period	Population size (65+ years)	All natural deaths	Respiratory deaths	Cardiovascular deaths	Cerebrovascular deaths	Minimum temperature (°C) 90th percentile		Maximum apparent temperature (°C) 90th percentile		Heat wave days	
			n	n (%)	n (%)	n (%)	All years ^o	2003	all years ^o	2003	all years ^o	2003
Athens	1997 - 2004	505935	62	5 (8.1)	32 (51.6)	11 (17.7)	26.4	27.3	37.8	37.6	4 - 21	11
Barcelona	1991 - 2004	331665	30	3 (10.0)	12 (40.0)	4 (13.3)	23.2	27.0	33.1	36.8	5 - 10	43
Budapest	1992 - 2003	300940	46	2 (4.3)	28 (60.9)	7 (15.2)	21.6	22.6	31.6	32.8	3 - 18	16
London	1990 - 2004	937000	117	19 (16.2)	49 (41.9)	11 (9.4)	16.8	18.1	27.1	30.8	3 - 27	14
Milan	1990 - 2003	281024	21	2 (9.5)	9 (42.9)	3 (14.3)	22.2	25.0	36.2	42.2	3 - 14	45
Munich	1992 - 2004	193246	24	1 (4.2)	12 (50.0)	2 (8.3)	15.9	18.1	28.3	31.9	3 - 15	30
Paris	1990 - 2003	809061	82	6 (7.3*)	28* (34.1)	7 (8.5*)	19.1	22.4	30.9	35.0	3 - 15	18
Rome	1992 - 2004	306570	42	3 (7.1)	18 (42.9)	5 (11.9)	21.6	23.8	35.2	36.2	3 - 15	30
Valencia	1994 - 2003	128668	12	1 (8.3)	4 (33.3)	1 (8.3)	24.2	25.6	39.9	41.7	4 - 13	32

^o cause of deaths not available in 2003
^o except 2003

Table 2: City specific estimates of the effect of heat waves on daily mortality (% increase and 90% CI) by cause of death among people aged 65+ years.

City	All natural deaths		Respiratory deaths		Cardiovascular deaths		Cerebrovascular deaths	
	% increase	(90% CI)	% increase	(90% CI)	% increase	(90% CI)	% increase	(90% CI)
Athens	21.6	(18.5 - 24.8)	34.5	(24.6 - 45.2)	28.4	(24.0 - 33.0)	33.0	(25.9 - 40.4)
Barcelona	15.6	(11.0 - 20.4)	41.3	(26.4 - 57.9)	21.4	(14.0 - 29.4)	25.1	(12.4 - 39.3)
Budapest	21.1	(17.3 - 24.9)	20.6	(2.6 - 41.7)	24.1	(19.3 - 29.1)	24.6	(15.6 - 34.4)
London	10.4	(8.6 - 12.2)	18.0	(13.4 - 22.8)	9.3	(6.6 - 12.1)	10.6	(5.2 - 16.3)
Milan	33.6	(28.5 - 39.0)	92.5	(72.3 - 115.1)	39.2	(31.2 - 47.6)	49.8	(35.6 - 65.6)
Munich	7.6	(3.8 - 11.5)	3.9	(-0.8 - 30.8)	8.2	(2.8 - 13.9)	14.7	(2.4 - 28.6)
Paris	11.4	(10.0 - 12.9)	27.7	(19.4 - 36.6)	12.3	(8.5 - 16.2)	19.7	(12.1 - 27.8)
Rome	26.8	(23.4 - 30.4)	66.9	(51.9 - 83.3)	37.8	(32.5 - 43.3)	48.0	(38.0 - 58.8)
Valencia	8.5	(1.2 - 16.3)	32.4	(9.1 - 60.7)	20.1	(7.9 - 33.6)	1.4	(-17.4 - 24.4)

- in 2003 gab es in fast allen europäischen Großstädten Hitzewellen (aufeinanderfolgende Tage mit hohen Temperaturen)
- mit Ausnahme von Athen waren Mindest- und Höchsttemperatur überall höher, die Anzahl der Hitzewellentage war außer in Athen, Budapest und London höher
- allgemeine Verteilung der täglichen Todesfälle:
 - Atemwege 5-10% (Ausnahme: London)
 - Herzkreislaufsystem 40-50% (Ausnahmen: Paris, Budapest)
 - Zerebrovaskular 8-15% (Ausnahme: Athen)
- Anstieg der Todesfälle in allen Städten um durchschnittlich 17,4%, jedoch hohe Volatilität (7,6% in München, 33,6% in Mailand)
- Zunahme auch bei allen Todesursachen:
 - Atemwege 37,5% (3,9% München – 92,5% Mailand)
 - Herzkreislaufsystem 22% (8,2% München – 39,2% Mailand)
 - Zerebrovaskular 55% (1,4% Valencia – 49,8% Mailand)
- weitere Unterschiede zu beobachten zwischen
 - kontinentalen und mediterranen Regionen
 - Männer und Frauen
 - Altersgruppen (65-74, 75-84, 85+)

Quelle: The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project

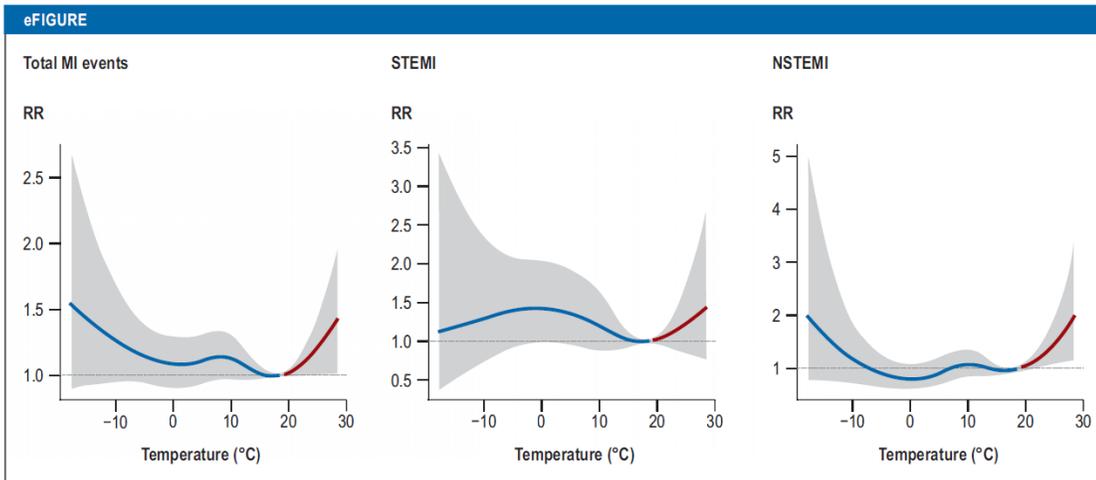
Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Szenario-Analyse zum Zusammenhang zwischen Temperatur und Herzinfarkttrisiko

ERF (exposure-result-function)

Studie für die Stadt Augsburg

- Betrachtung aller Herzinfarkt-Fälle in Augsburg und Umgebung in der Bevölkerung zwischen 25 und 74 Jahren (~400.000 Einwohner) im Zeitraum vom 01.01.2001 bis 31.12.2014
- Aufteilung in Untertypen STEMI (ST-Hebungsinfarkt) und NSTEMI (kein ST-Hebungsinfarkt), da Temperaturabhängigkeit gegeben
- Modellierung des Zusammenhangs zwischen der täglichen Durchschnittstemperatur und der täglichen Anzahl an Herzinfarkten (MI=myocardial infarction) mittels Zeitreihenanalyse (distributed lag non-linear model)
- U-förmiger Zusammenhang mit signifikant steigenden Risiko oberhalb der minimalen MI-Temperatur (18,4°C)
- Zusatzauswertungen haben gezeigt, dass sich der Hitzeeffekt in den Jahren 2001 – 2014 ggü. dem Zeitraum 1987 – 2000 z. T. deutlich erhöht hat



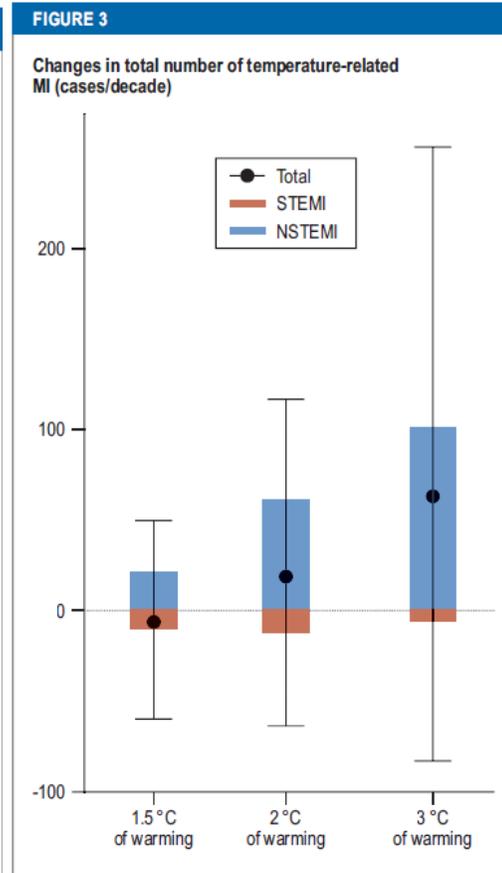
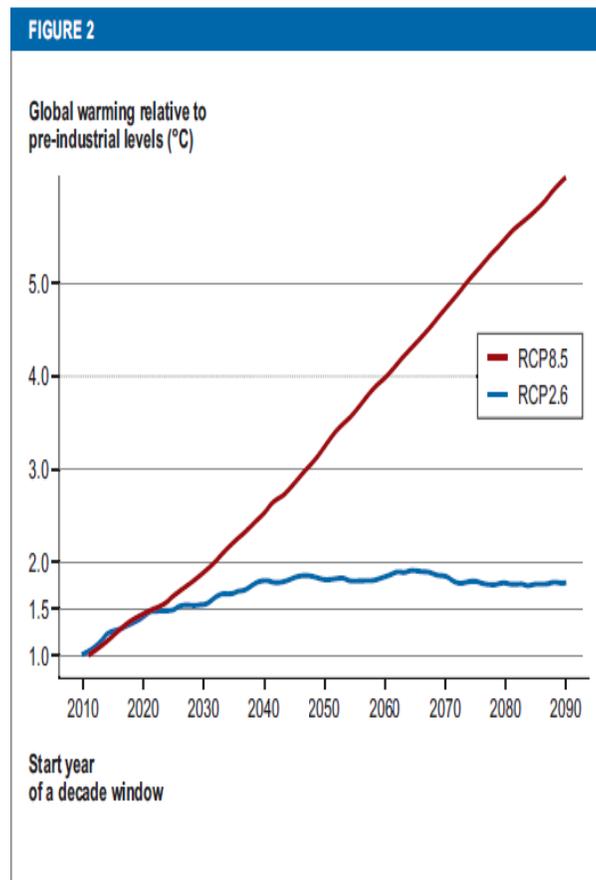
Cumulative exposure–response functions between air temperature and myocardial infarction (with 95% confidence intervals) in Augsburg, Germany in the period 2001 to 2014. The exposure–response functions were obtained from Chen et al. (2019) (15). The red lines represent the effect of heat (temperature above 18.4 °C), while the blue lines show the effect of cold (temperature below 18.4 °C).

Quelle: Projection of Temperature-Related Myocardial Infarction in Augsburg, Germany

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Szenario-Analyse zum Zusammenhang zwischen Temperatur und Herzinfarkttrisiko

Simulation Temperatur und MI-Fälle



Quelle: Projection of Temperature-Related Myocardial Infarction in Augsburg, Germany

Studie für die Stadt Augsburg

- Temperatur-Projektion für zwei unterschiedliche Klima-Szenarien (RCP2.6 und RCP8.5)
- RCP2.6: globale Erwärmung unter 2°C (Einhaltung Pariser Klimaabkommen)
RCP8.5: im Jahr 2100 mehr als 3°C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit
- Baseline für MI-Fälle aus dem Beobachtungszeitraum 2001-2014 abgeleitet
- über ERF Schätzung der Veränderung der MI-Fälle in den nächsten Jahrzehnten auf Basis der unterschiedlichen Klima-Szenarien gegenüber der Baseline; Monte-Carlo-Simulation zur Verdeutlichung der Unsicherheit
- Annahme: keine Änderung der Bevölkerungsstruktur und des Anpassungsniveaus
- bei globaler Erwärmung von 1,5°C saldieren sich Anstieg der hitzebedingten MI-Fälle und Rückgang der kälte-abhängigen MI-Fälle
- bei Erwärmung von mehr als 2°C deutlicher Anstieg der saldierten MI-Fälle (Anstieg um rd. 0,7% bei 3°C-Erwärmung)
- Unterschiede bei STEMI und NSTEMI
- Effekt wird aufgrund der fehlenden demografischen Wirkung unterschätzt

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Zusammenhang von Hitzeextremen und Stimmungslage

Länder, in denen Twitter nicht allgemein zugänglich ist (z. B. China) unterrepräsentiert

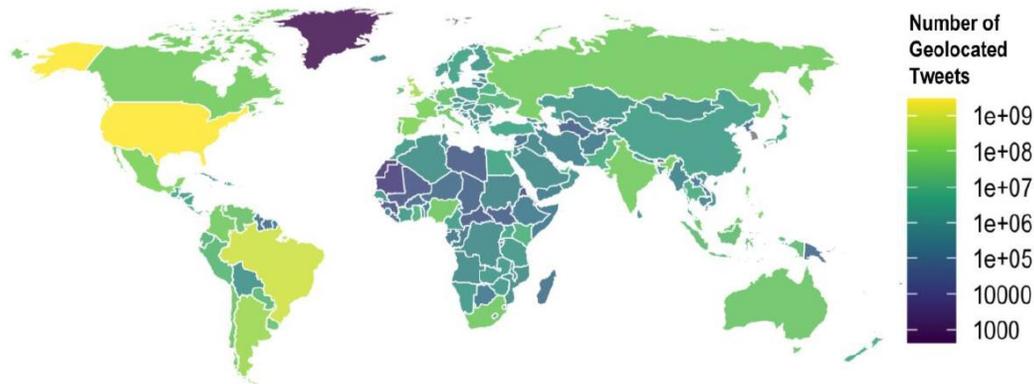
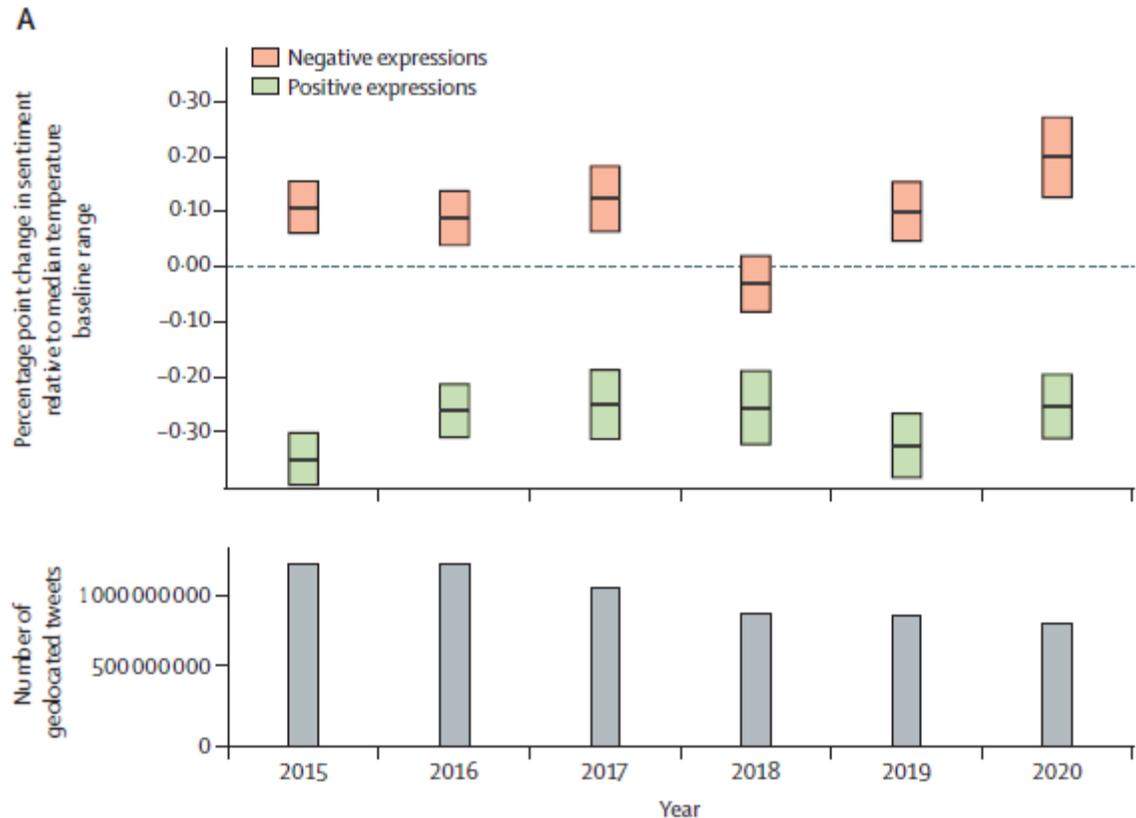


Figure 11. Country-level count of geolocated tweets, 2015-2020.

- Indikator für die psychischen Auswirkungen von Hitzewellen auf die Stimmungslage der Menschen anhand von Twitter-Tweets
- Datenbasis: 6,14 Mrd. geografisch zuordenbare Tweets zwischen 2015 und 2020 von durchschnittlich täglich 900.000 aktiven Twitter-Nutzern
- positive und negative Bewertung der Posts mittels Klassifizierungstools Linguistic Inquiry Word Count (LIWC) (für insgesamt elf Sprachen möglich)
- Codierung auf 0, falls keine Stimmungslage feststellbar
Codierung auf 1, falls positive oder negative Bewertung
- für jeden Tag durchschnittliche positive und negative Stimmung pro User ermittelbar und aggregierbar über Regionen
- Auswertung der täglichen Wetterdaten (Temperatur, Niederschläge, Bewölkung, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit) für 2015 – 2020

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Hitze und Stimmungslage



- Schätzung des Effekts der Hitzewelle auf positive und negative Stimmung mittels Regression (Kleinste-Quadrate-Schätzung):

$$Y_{jmt} = \beta \cdot HEAT_{jmt} + h(\mu) + \gamma_t + \nu_{jm} + \varepsilon_{jmt}$$

j = Region, m = Kalendermonat, t = Tag

Y_{jmt} = positive oder negative Stimmungsrate

$HEAT_{jmt}$ = Hitzewellen-Indikator (1 = Hitzewelle in j an t , 0 sonst)

β = Auswirkung Hitzewelle auf Stimmungsäußerung

übrige Variablen beschreiben weitere Wetter-abhängige, lokale oder Datums-abhängige Effekte; ε_{jmt} ist ein Fehlerterm

- **Ergebnis: das Auftreten von Hitzewellen reduziert die positiven Äußerungen und erhöht die negativen**
- aber weniger entwickelte Länder sind hier unterrepräsentiert, daher könnte Ergebnis verfälscht sein

Gesundheitliche Folgen extremer Hitze

Zusammenhang von Hitzeextremen und Arbeitsproduktivität

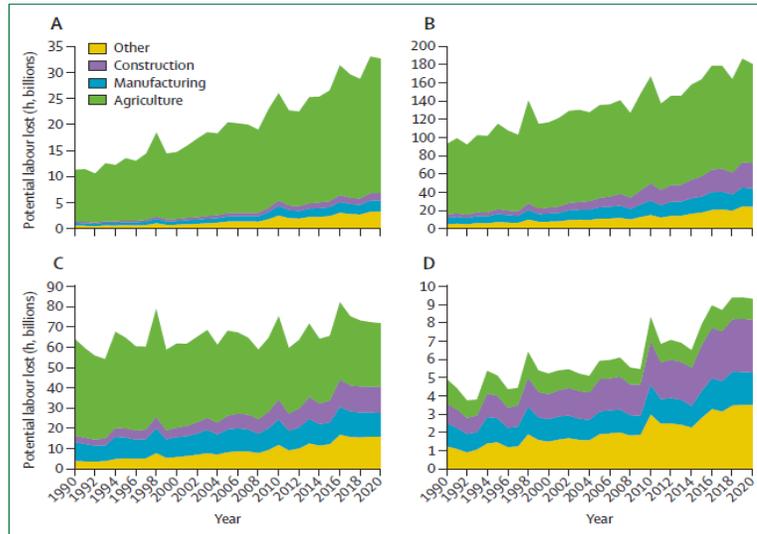
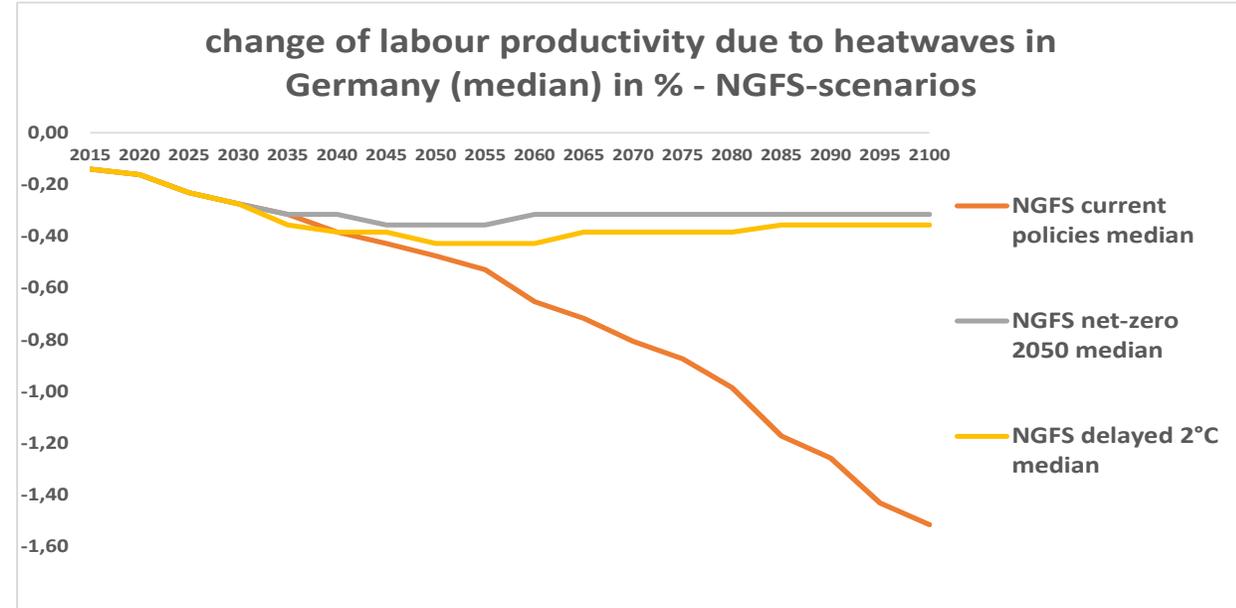


Figure 3: Potential labour lost due to heat-related factors in each sector (1990–2000) Low HDI (A), medium HDI (B), high HDI (C), and very high HDI (D) groups (2019 HDI country group). HDI=human development index.



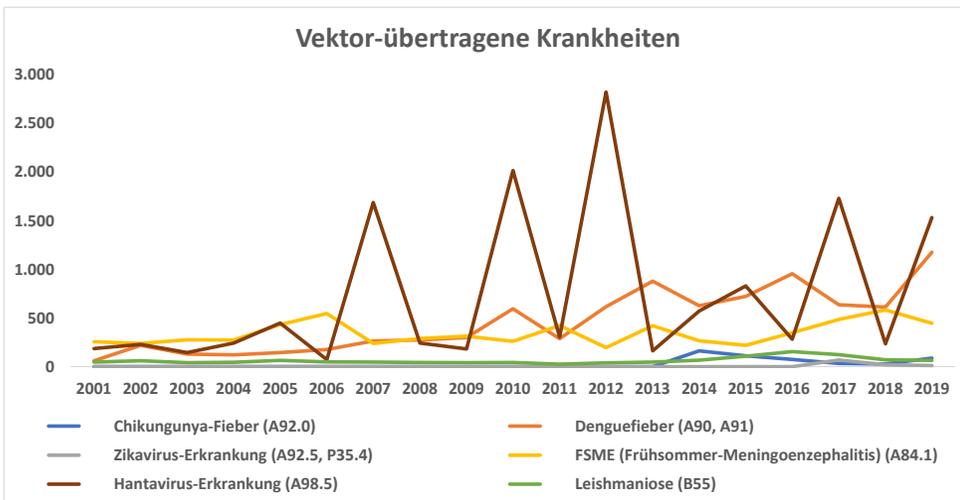
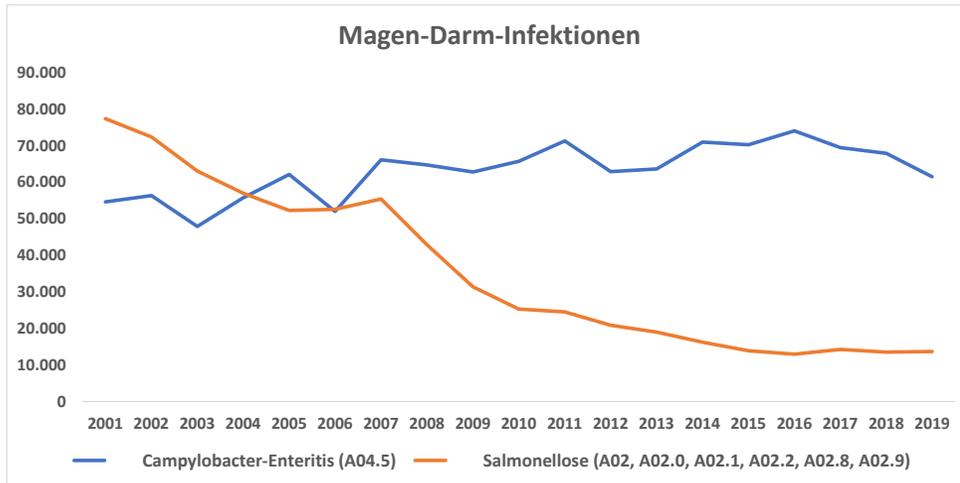
- hohe Temperaturen können Arbeitsfähigkeit der Menschen beeinträchtigen; verschiedene Wirtschaftszweige unterschiedlich stark betroffen
- in 2020 gingen weltweit **295 Mrd. potentielle Arbeitsstunden durch Hitzewirkung verloren**, entspricht 88 h Verlust pro Erwerbstätigem
- ungleiche Verteilung über die Länder und die Wirtschaftszweige:
 - größter Verlust in drei Ländern (Pakistan, Bangladesch und Indien, 216-261 h Verlust pro Erwerbstätigem)
 - hochentwickelte Länder sind am wenigsten betroffen
 - fast die Hälfte des potentiellen Arbeitsausfalls betrifft Landwirtschaft mit potentiellen Folgen für die Nahrungsmittelproduktion
- Abschätzungen der Arbeitsproduktivität für Deutschland in unterschiedlichen Klima-Szenarien

Themenübersicht

- Gesundheitliche Folgen extremer Hitze
- **Zunahme von Infektionskrankheiten**
- Pollen, Allergien und Luftverschmutzung
- weitere Aspekte

Zunahme Infektionskrankheiten

Infektionskrankheiten in Deutschland



durch Nahrungsmittel oder Wasser übertragene Infektionskrankheiten:

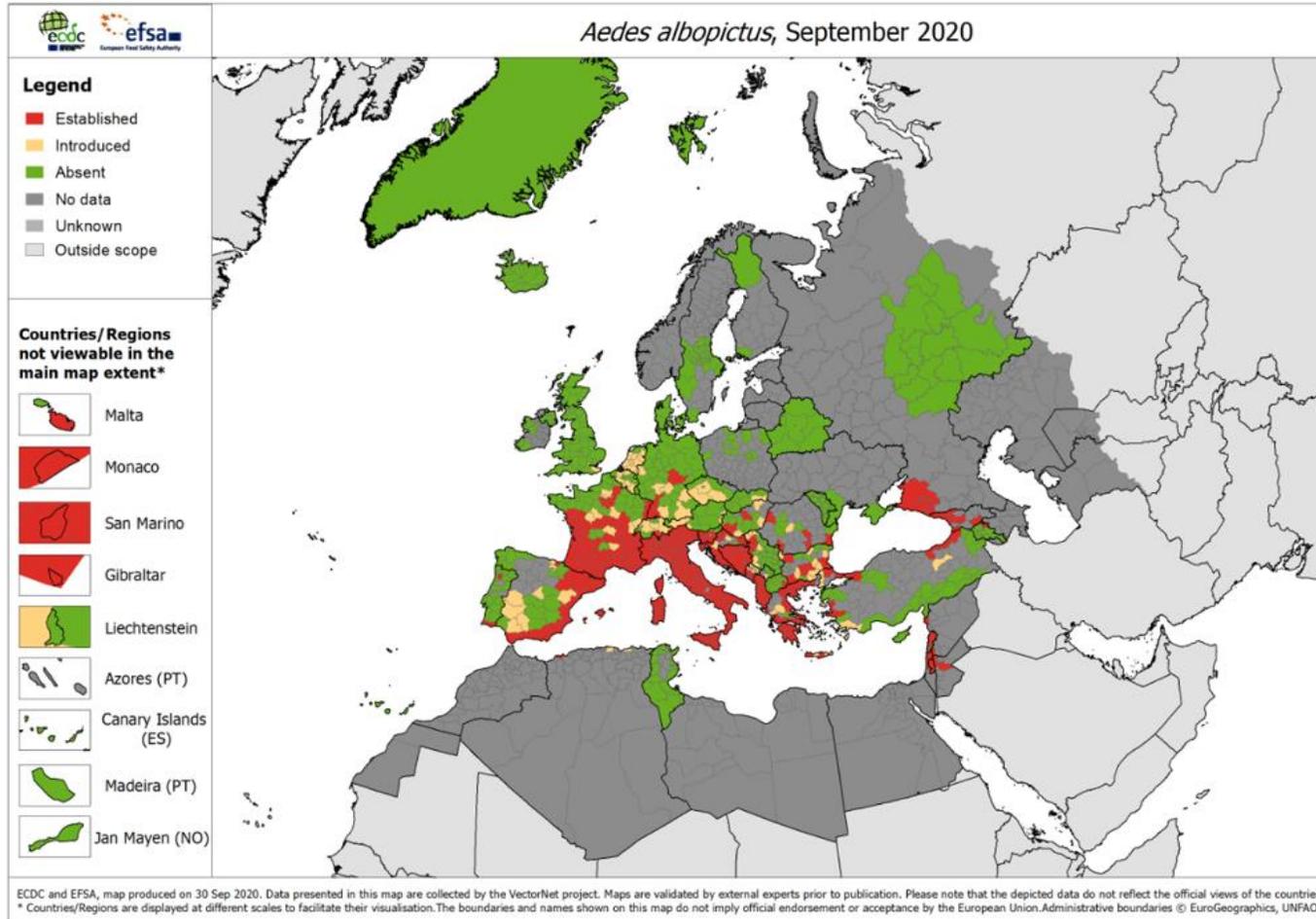
- Magen-Darm-Erkrankungen durch Campylobacter oder Salmonellen in Lebensmitteln
- höhere Temperaturen können den Anstieg der Krankheitsfälle befördern, aber insb. Erkrankungen durch Salmonellen stark rückläufig in den letzten Jahren
- bei Überschwemmungen können Krankheitserreger ins Trinkwasser gelangen → Anstieg der Überschwemmungsgefahr in den nächsten Jahren

durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten:

- Vektor = Überträger von Infektionskrankheiten
- FSME und Lyme-Borreliose → Überträger: Zecken
- Infektionsraten von FSME von verschiedenen Faktoren wie Impfrate, Landnutzung und Freizeitverhalten beeinflusst
- weitere Infektionskrankheiten in Deutschland:
 - Hantavirus → Überträger: Rötelmaus
 - Leishmaniose → Überträger: Sandfliege
 - Denguefieber, Zika-Virus, Chikungunya → Überträger: Aedes albopictus (asiatische Tigermücke)

Zunahme Infektionskrankheiten

Einfluss des Klimawandel auf Vektor-übertragene Infektionskrankheiten



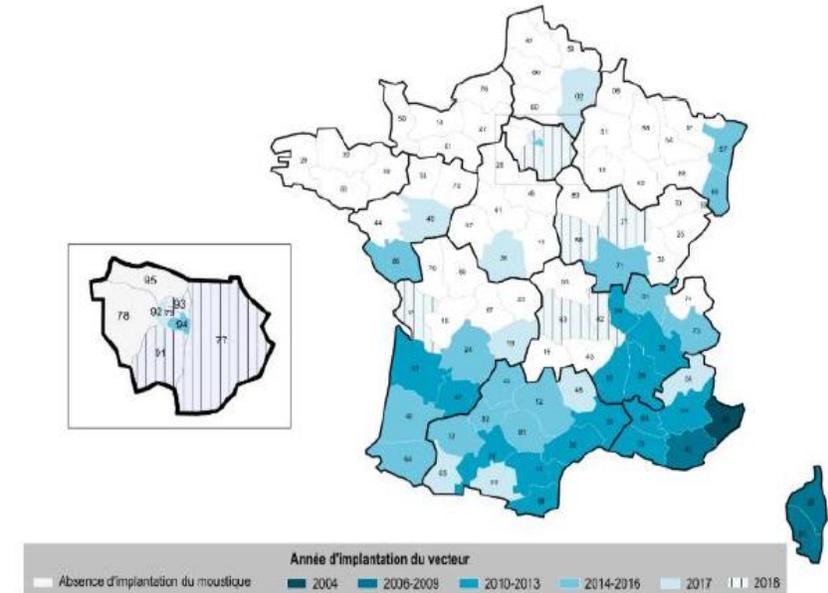
- **Mücken** spielen weltweit zentrale Rolle bei der **Übertragung von Infektionskrankheiten**:
 - Dengue: 96 Mio. Fälle p. a.
 - Zika: ~ 693.000 Fälle p.a.
 - Chikungunya: ~ 500.000 Fälle p.a.
- Klimawandel wird die Ausbreitung von durch Stechmücken übertragene Infektionskrankheiten begünstigen
- **höhere Temperaturen**
 - **verkürzen** die Entwicklungszeit von Krankheitserregern in der Mücke (**Inkubationszeit**)
→ Zeitraum, in dem die Krankheit übertragen werden kann, verlängert sich
 - beschleunigen die Brutzyklen, d. h. die **Zahl der Mücken und die Wahrscheinlichkeit der Übertragung von Krankheitserregern steigt**
- Saisonalität wichtig, da im Winter Vektoren i. d. R. beseitigt werden
→ wärmere Winter führen zum Überleben der Vektoren und einer Erhöhung des Übertragungszeitraums
- Tigermücke seit 2007 auch in Deutschland beobachtet, weitere Ausbreitung könnte durch Klimawandel begünstigt werden

Zunahme Infektionskrankheiten

Französische Aufsichtsstudie (ACPR) – Auswirkungen auf VT Risiken Gesundheit

- Französische Aufsichtsbehörde hat eine Studie zu den Auswirkungen des Klimawandels durchgeführt (Klima-Stresstest)
- Annahmen zur Entwicklung der Sterblichkeiten und Gesundheitskosten im Zusammenhang mit RCP8.5 in Zusammenarbeit mit AON entwickelt
- Anstiegs der Wahrscheinlichkeit für die Übertragung von vektorübertragenen Krankheitserregern (Viren, Bakterien, Parasiten...) (z. B. Entwicklung der geografischen Präsenz der Tigermücke (*Aedes albopictus*), die u. a. das Denguefieber überträgt) auf dem französischen Festland durch globale Erwärmung
- Änderung der Sterbetafeln
- Analogie zu Deutschland → Tigermücke kommt entlang den Verkehrsrouten im Süden vor

Graph 13: Geographical presence of the *Aedes albopictus* vector in metropolitan France since 2004



Source: <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/dengue>



Zunahme Infektionskrankheiten

Französische Aufsichtsstudie (ACPR) – Auswirkungen auf VT Risiken Gesundheit

- Folgen des Klimawandels durch die Ausbreitung von Krankheiten durch Vektoren (Insekten) von 2020 bis 2050 (Szenario entwickelt von AON)
- Auswirkungen aufgrund der Zunahme von Infektionskrankheiten auf
 - Leistungen im Todesfall
 - zusätzliche Gesundheitskosten
 - Leistungen bei Arbeitsunfähigkeit
- unterschiedliche Granularitäten:
 - französisches Festland
 - Granularität nach Regionen
- additiver und multiplikativer Faktor auf Basis-Sterblichkeit:

$$\begin{aligned}
 \text{Shock Mortality Rates}_{(A)} &= \text{Base Mortality Rate}_{(A)} \\
 &+ \text{Additive Factor}_{(A)} \times \prod_{i=1}^A (1 + \text{Multiplicative Factor}_{(i)})
 \end{aligned}$$



Quelle: Scenarios and main assumptions of the ACPR pilot climate exercise

Impacts on Mortality Rates

		2021-2024	2025-2029	2030-2039	2040-2049	2050
National Granularity	Additive Factor	0.002%	0.002%	0.002%	0.002%	0.002%
	Multiplicative Factor	6.3%	3.0%	5.5%	5.5%	
By region :						
Auvergne-Rhône-Alpes	Additive Factor	0.005%	0.005%	0.005%	0.005%	0.005%
	Multiplicative Factor	0.00%	0.3%	0.3%	0.3%	
Bourgogne-Franche-Comté	Additive Factor	0.0003%	0.0003%	0.0003%	0.0003%	0.0003%
	Multiplicative Factor	3.9%	4.2%	17.2%	17.2%	
Bretagne	Additive Factor	0.002%	0.002%	0.002%	0.002%	0.002%
	Multiplicative Factor	3.072%	3.033%	2.193%	2.193%	
Centre-Val de Loire	Additive Factor	0.003%	0.003%	0.003%	0.003%	0.003%
	Multiplicative Factor	0.6%	11.0%	2.2%	2.2%	
Corse	Additive Factor	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%
	Multiplicative Factor	0.9%	2.2%	2.5%	2.5%	
Grand Est	Additive Factor	0.0003%	0.0003%	0.0003%	0.0003%	0.0003%
	Multiplicative Factor	3.9%	3.2%	17.2%	17.2%	
Hauts-de-France	Additive Factor	0.001%	0.001%	0.001%	0.001%	0.001%
	Multiplicative Factor	0.0%	1%	3%	3%	
Île-de-France	Additive Factor	0.001%	0.001%	0.001%	0.001%	0.001%
	Multiplicative Factor	0.0%	1.3%	2.5%	2.5%	
Normandie	Additive Factor	0.005%	0.005%	0.005%	0.005%	0.005%
	Multiplicative Factor	1.5%	1.4%	3.0%	3.0%	
Nouvelle-Aquitaine	Additive Factor	0.003%	0.003%	0.003%	0.003%	0.003%
	Multiplicative Factor	0.1%	11.0%	2.2%	2.2%	
Occitanie	Additive Factor	0.006%	0.006%	0.006%	0.006%	0.006%
	Multiplicative Factor	0.6%	0.6%	2.5%	2.5%	
Pays de la Loire	Additive Factor	0.001%	0.001%	0.001%	0.001%	0.001%
	Multiplicative Factor	0.0%	4.2%	2.5%	2.5%	
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Additive Factor	0.005%	0.005%	0.005%	0.005%	0.005%
	Multiplicative Factor	1.4%	1.3%	6.0%	6.0%	

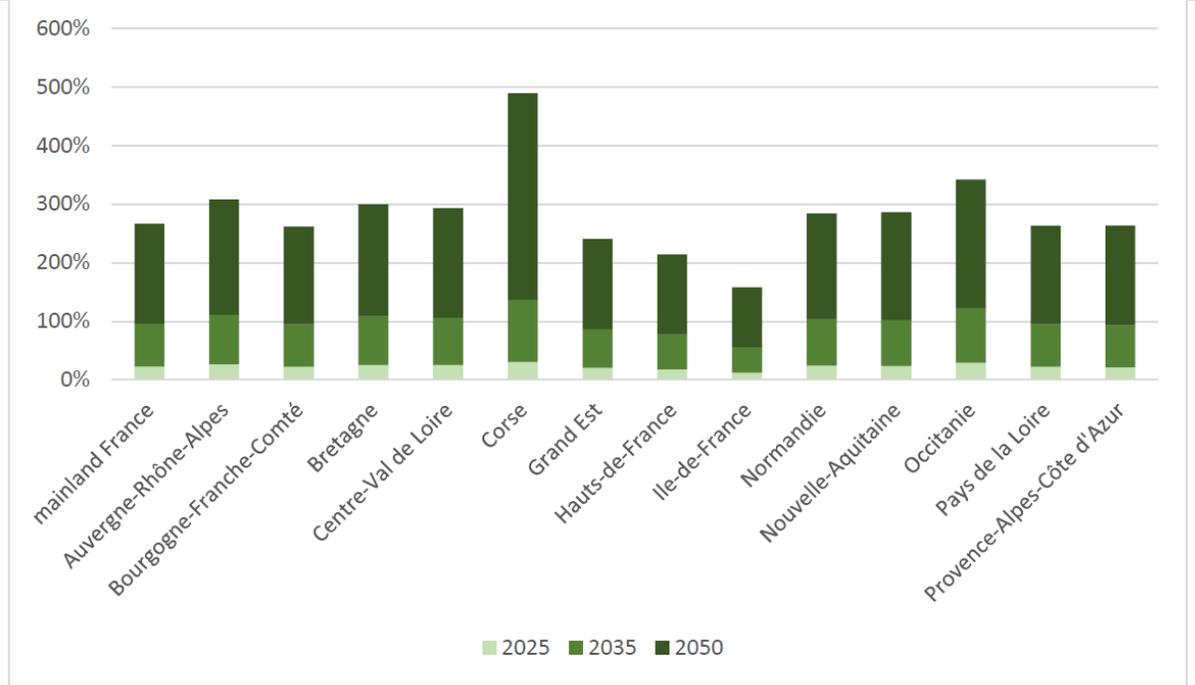
Impacts on healthcare costs and work stoppages

		2021-2024	2025-2029	2030-2039	2040-2049	2050
National Granularity	Visits / ER	0.7911%	1.0407%	1.2408%	1.5008%	1.9206%
	Work stoppage	0.0190%	0.0260%	0.0310%	0.0395%	0.0400%
By region :						
Auvergne-Rhône-Alpes	Visits / ER	2.1094%	2.1094%	2.1441%	2.1780%	2.2135%
	Work stoppage	0.0527%	0.0527%	0.0536%	0.0545%	0.0553%
Bourgogne-Franche-Comté	Visits / ER	0.1221%	0.1450%	0.1694%	0.3154%	0.4613%
	Work stoppage	0.0031%	0.0036%	0.0042%	0.0079%	0.0115%
Bretagne	Visits / ER	0.0611%	0.5905%	0.9272%	1.0208%	1.1305%
	Work stoppage	0.0015%	0.0150%	0.0232%	0.0257%	0.0203%
Centre-Val de Loire	Visits / ER	1.1600%	1.1970%	1.8543%	2.0577%	2.2611%
	Work stoppage	0.0290%	0.0299%	0.0464%	0.0514%	0.0565%
Corse	Visits / ER	8.6167%	9.0000%	10.0000%	11.2629%	12.5259%
	Work stoppage	0.2154%	0.2250%	0.2500%	0.2816%	0.3131%
Grand Est	Visits / ER	0.1221%	0.1450%	0.1694%	0.3154%	0.4613%
	Work stoppage	0.0031%	0.0036%	0.0042%	0.0079%	0.0115%
Hauts-de-France	Visits / ER	0.3221%	0.0320%	0.3904%	0.4400%	0.4096%
	Work stoppage	0.0081%	0.0008%	0.0080%	0.0110%	0.0122%
Île-de-France	Visits / ER	0.3221%	0.0134%	0.3904%	0.4400%	0.4096%
	Work stoppage	0.0081%	0.0003%	0.0090%	0.0110%	0.0122%
Normandie	Visits / ER	2.0800%	2.2400%	2.4000%	2.7600%	3.1200%
	Work stoppage	0.0520%	0.0560%	0.0600%	0.0690%	0.0700%
Nouvelle-Aquitaine	Visits / ER	1.1899%	1.1970%	1.8543%	2.0577%	2.2611%
	Work stoppage	0.0297%	0.0299%	0.0464%	0.0514%	0.0565%
Occitanie	Visits / ER	2.2780%	2.3484%	2.4188%	2.7250%	3.0313%
	Work stoppage	0.0570%	0.0507%	0.0605%	0.0681%	0.0758%
Pays de la Loire	Visits / ER	0.3221%	0.1450%	0.3904%	0.4400%	0.4096%
	Work stoppage	0.0081%	0.0036%	0.0090%	0.0110%	0.0122%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Visits / ER	2.0276%	2.1733%	2.3190%	3.1100%	3.9027%
	Work stoppage	0.0507%	0.0543%	0.0500%	0.0778%	0.0976%

Zunahme Infektionskrankheiten

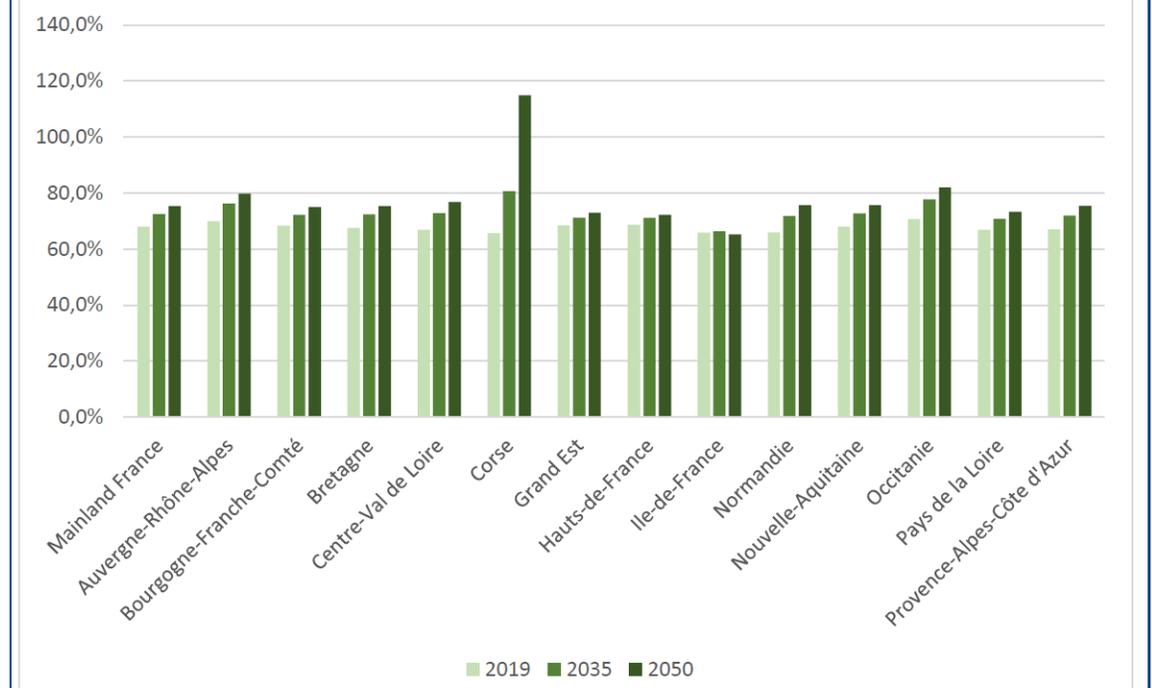
Französische Aufsichtsstudie (ACPR) – Auswirkungen auf VT Risiken Gesundheit

Chart 21 – Vector-borne diseases: claims (evolution compared with 2019)



Source: ACPR

Chart 22 – Vector-borne diseases: claims/premiums ratio up to 2050



Source: ACPR

- starke regionale Unterschiede beim Anstieg der Leistungen
- die SQ für vektor-basierte Krankheiten steigt, d. h. Prämienanpassung kompensiert nicht komplett

Zunahme Infektionskrankheiten

Anzahl der Fledermausarten positiv korreliert mit Anzahl der Coronaviren

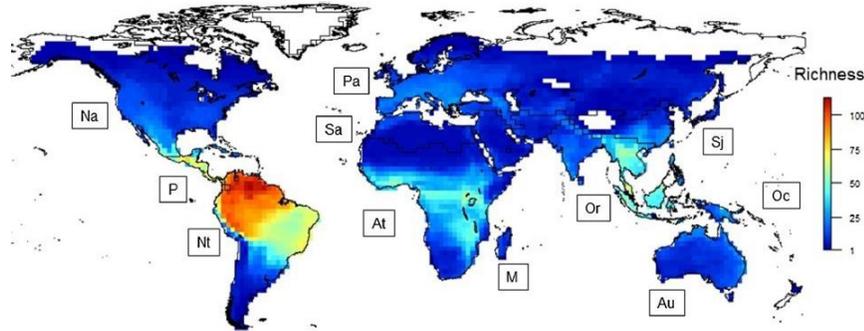
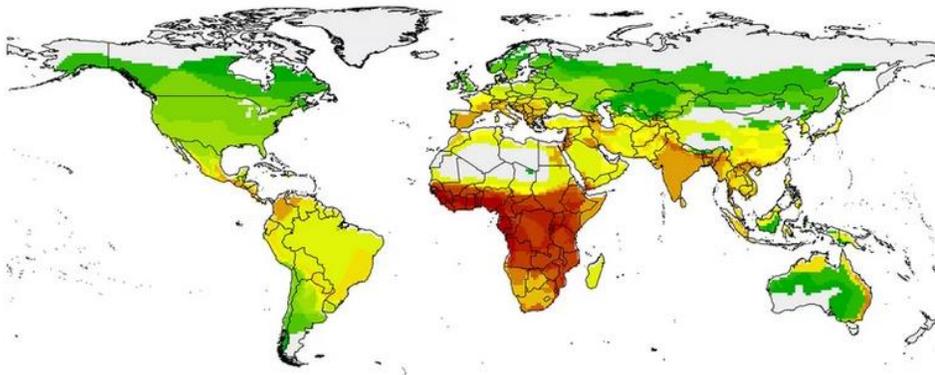


Fig. 1. Global pattern of bat species richness. Legend corresponds to the number of bat species per $2^\circ \times 2^\circ$ grid cell. Letters represent the zoo-geographic realms (Holt et al. 2013): Na = Nearctic, P = Panamanian, Nt = Neotropical, Pa = Palearctic, Sa = Saharo-Arabian, At = Afrotropical, M = Madagascan, Or = Oriental, Au = Australian, Sj = Sino-Japanese, Oc = Oceanian.



The map shows hot spots where the risk is highest for bats passing diseases to humans, based on degree of bat-human contact and number of diseases carried by regional bats. Red is superhot. Green is cool. Yellow is in the middle.

Courtesy The American Naturalist

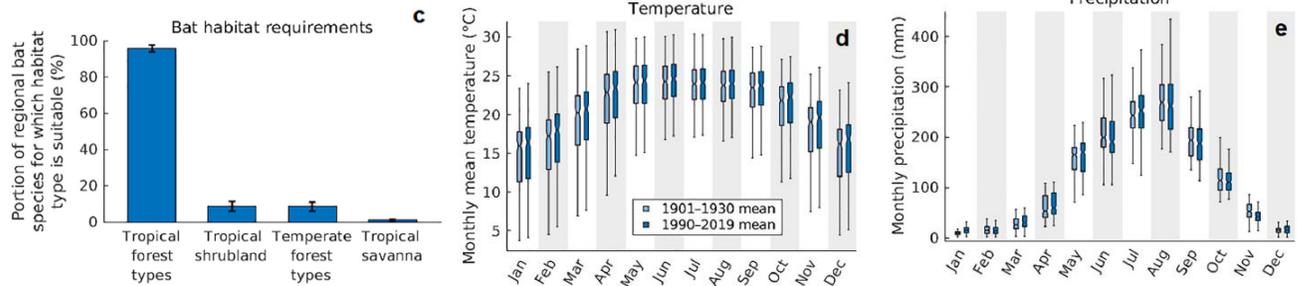
- 60% der weltweit auftretenden **Infektionskrankheiten** (Zoonosen) von **Fledermäusen** übertragen
- ~3.000 verschiedene **Coronavirusarten** von Fledermäusen übertragen (u. a. MERS, SARS-Cov-1 und SARS-Cov-2)
- Cov-Stämme ähnlich denen von SARS-Cov-1 und SARS-Cov-2 erstmals in südchinesischer Region Yunnan und in benachbarten Regionen Myanmar und Laos gefunden
→ Übertragung auf Menschen durch Zwischenwirte (Wildkatzen, Marderhunde) auf Wildtiermärkten (u. a. in Wuhan)
- Anzahl der in einer Region auftretenden Coronaviren stark positiv korreliert mit Anzahl der Fledermausarten

Annahme:

Zunahme der Fledermausarten in einer Region erhöht die Wahrscheinlichkeit für neuartige und für den Menschen schädliche Coronaviren

Zunahme Infektionskrankheiten

Klimawandel und Coronaviren



RM. Beyer, A. Manica and C. Mora

Science of the Total Environment 767 (2021) 145413

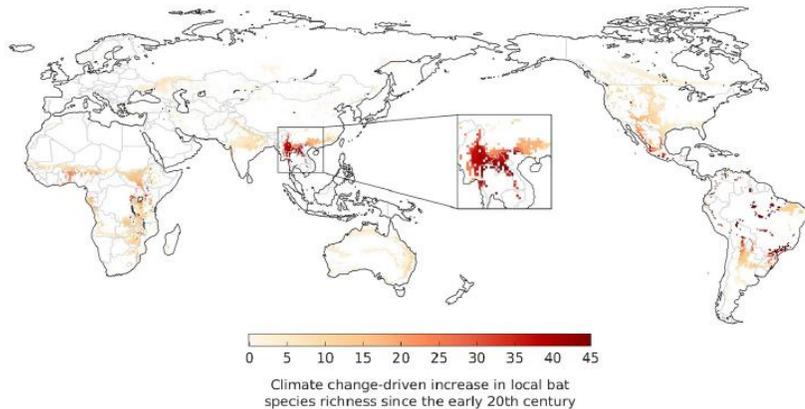


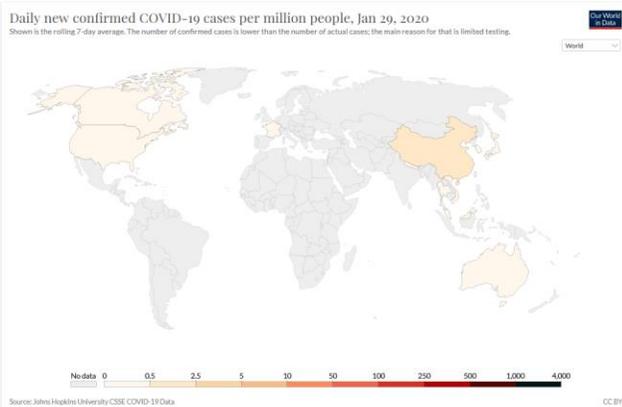
Fig. 1. Estimated increase in the local number of bat species due to shifts in their geographical ranges driven by climate change between the 1901-1930 and 1990-2019 period. The zoomed-in area represents the likely spatial origin of the bat-borne ancestors of SARS-CoV-1 and 2.

- Klimawandel mit Einfluss auf Artenreichtum und geografische Verteilung der Arten
- durch Veränderung der räumlichen Verteilung der Zoonosen und der Wirt-Pathogen-Interaktion entstehen neue Übertragungswege und / oder neue Krankheitsvarianten
- Simulation der globalen Verteilung der Fledermausarten seit Beginn des 20. Jahrhunderts:
 - 1.) räumliche Verteilung der Vegetationsarten aufgrund klimatischer Bedingungen (Temperatur, Niederschlag, CO₂-Konzentration) mittels Vegetationsmodell
 - 2.) Verbreitung von Fledermausarten abhängig von spezifischen Vegetationsanforderungen und Verbreitungsgebieten
- Zunahme von Fledermausarten aufgrund des Klimawandels
 - Zentralafrika
 - einzelne Gebiete in Mittel- und Südamerika
 - **südchinesische Provinz Yunnan und angrenzende Regionen**
- **Verschiebung von tropischen Buschlandschaften zu tropischen Savannen und Laubwäldern (verbesserte Lebensbedingungen)**
- Zunahme von 40 Fledermausarten und Anstieg Corona-Varianten von 100 (±50)
- Anstieg der Übertragung auf Menschen durch Zunahme der Kontakte mit Wildtieren (z. B. Landwirtschaft, Jagd, Handel, Ernährung)

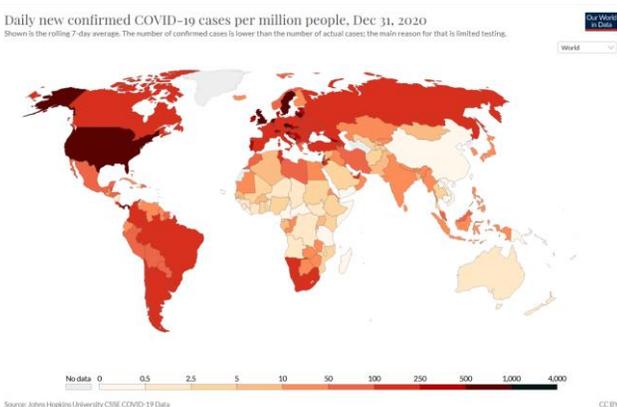
Zunahme Infektionskrankheiten

Globalisierung führt zur weltweiten Ausbreitung von Infektionskrankheiten

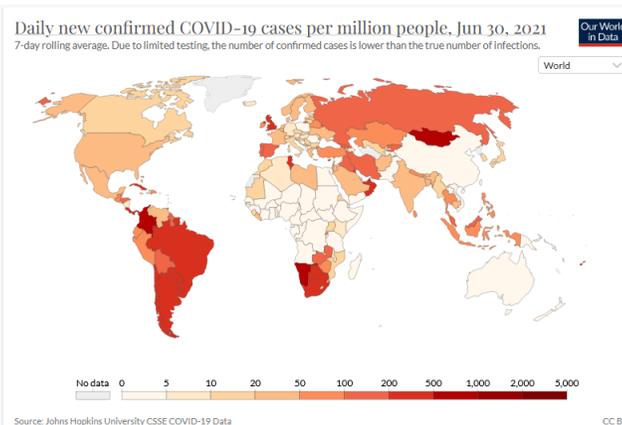
28. Januar 2020



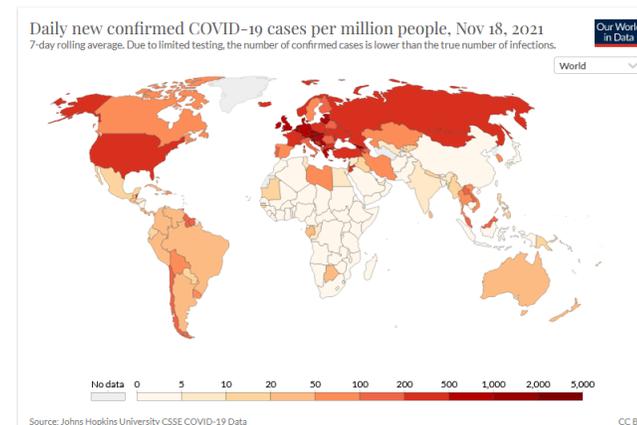
31. Dezember 2020



30. Juni 2021

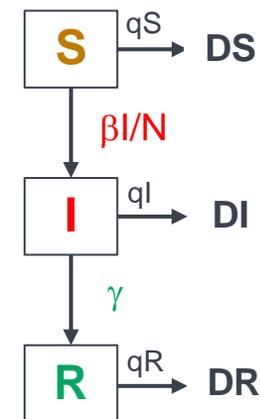


18. November 2021



- Infektionskrankheiten breiten sich zunächst regional und durch die Globalisierung weltweit aus (s. Covid-19)
- Epidemie-Modelle zur Abschätzung der Ausbreitung

SIR-Modell:



- **S = susceptible**
I = infected and infectious
R = removed
- Modell beschreibt die Dynamik einer Epidemie mittels System von Differentialgleichungen
- ermöglicht die Abschätzung der Anzahl der Infizierten, Toten, Genesenen

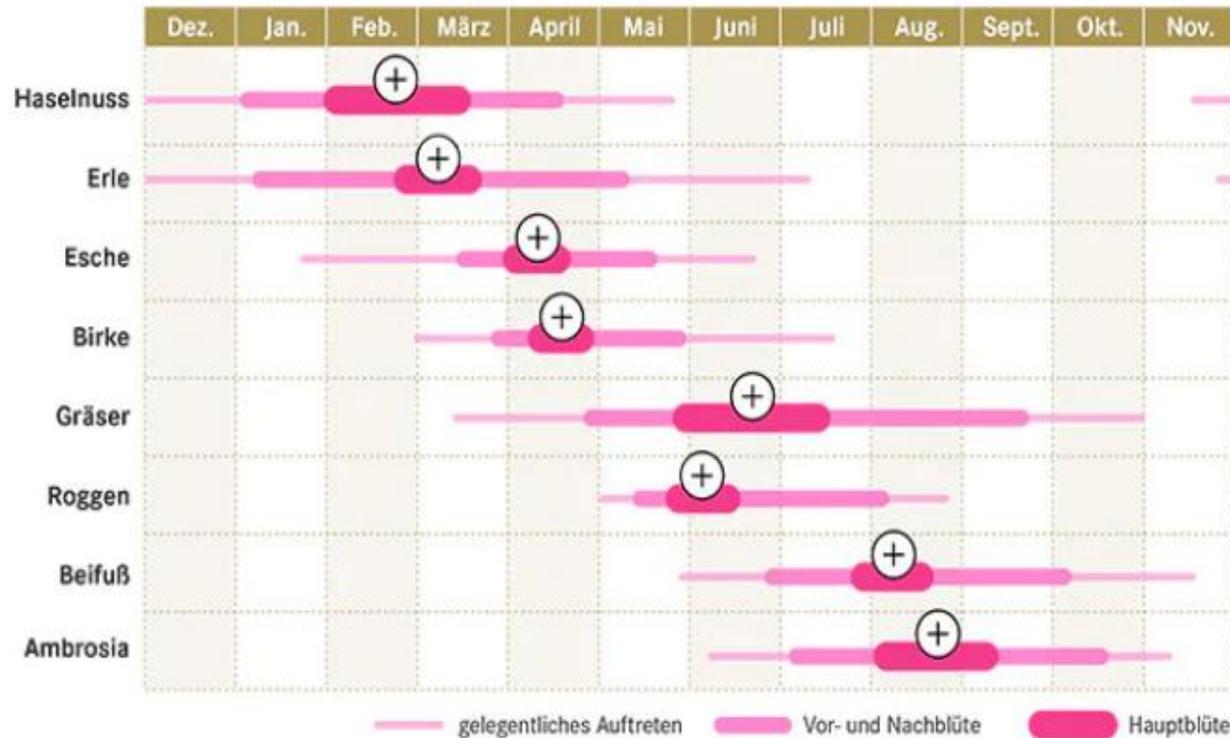
Themenübersicht

- Gesundheitliche Folgen extremer Hitze
- Zunahme von Infektionskrankheiten
- **Pollen, Allergien und Luftverschmutzung**
- weitere Aspekte

Pollen, Allergien und Luftverschmutzung

Klimawandel hat Einfluss auf Pollenflug und Allergien

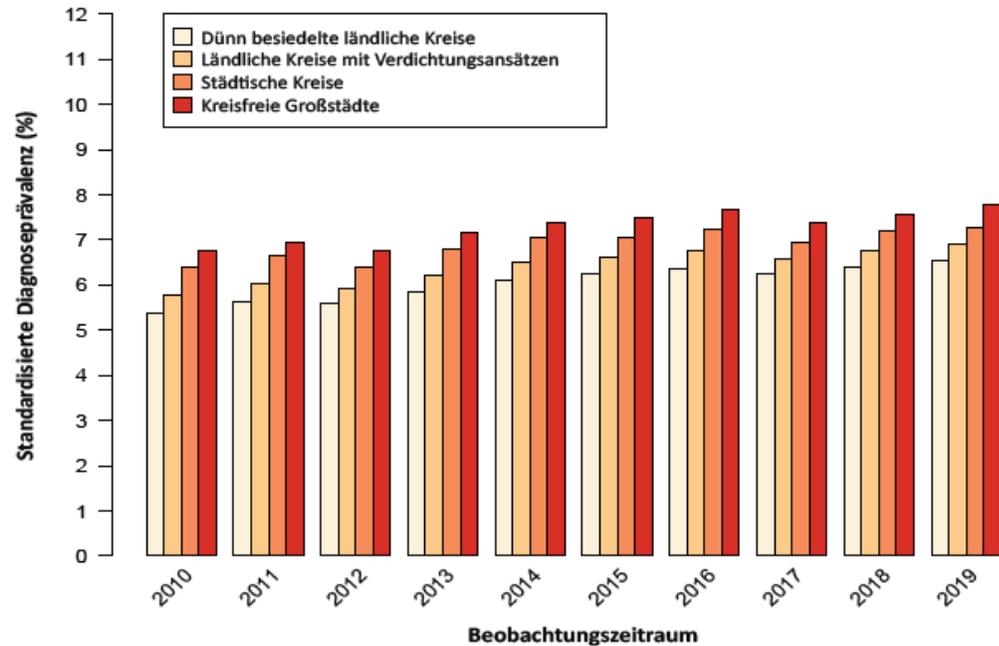
Pollenflugkalender



- WHO: 30-40% der Gesamtbevölkerung leiden unter Allergie
- RKI: ~30% in Deutschland leiden unter Allergien, 14,8% unter Heuschnupfen
- Klimawandel führt zu höheren Temperaturen und milderen Wintern → **früherer Beginn der Pollensaison**
- steigende Temperaturen, insb. in Städten, begünstigen die weitere Ausbreitung **invasiver Arten**, z. B. Ambrosia
- Ambrosia verlängert Pollensaison
- CO₂-Konzentration, Temperaturanstieg, hohe Ozonwerte und extreme Trockenperioden führen zu verstärkter Pollenproduktion
→ Anstieg der Pollenmenge in den vergangenen Jahrzehnten, v. a. in den Städten
- Menschen in Großstädten leiden stärker unter Allergien (s. Grafik nächste Folie) → Atemwege durch Kombination aus Luftschadstoffen und Pollen stärker angegriffen, aber auch durch andere sozioökonomische Faktoren (z. B. Lebensweise, Ernährungsgewohnheiten)
- **Zunahme von Atemwegserkrankungen wie Asthma bronchiale**

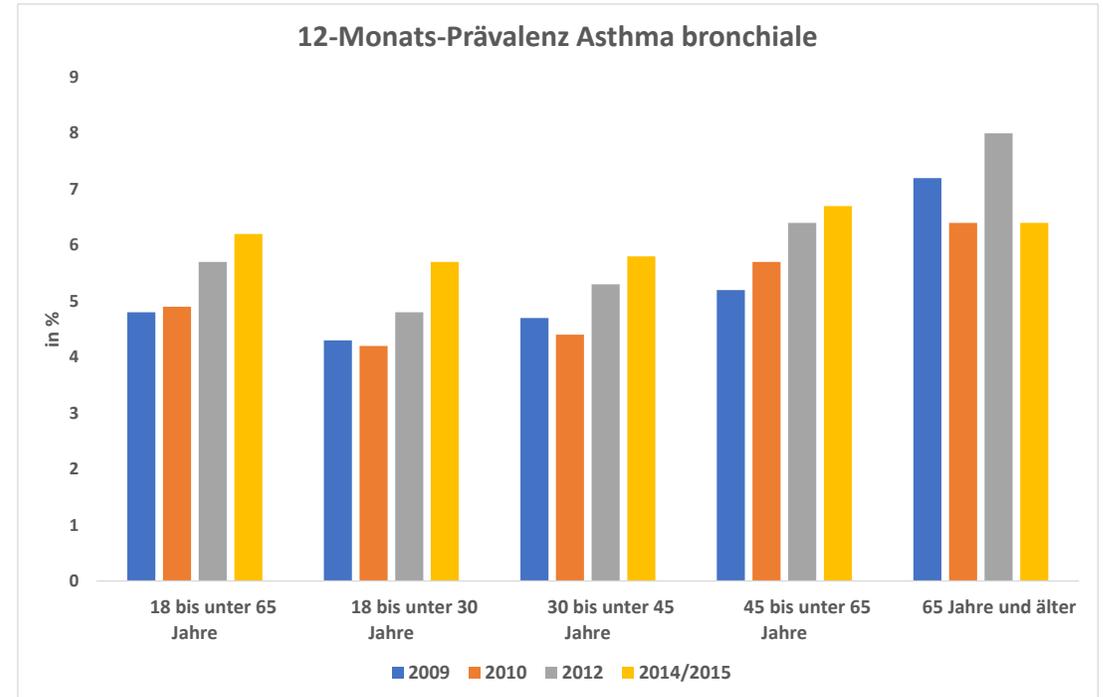
Pollen, Allergien und Luftverschmutzung

Klimawandel hat Einfluss auf Pollenflug und Allergien



Quelle: versorgungsatlas.de

- deutlich höherer Anteil an Heuschnupfen in Großstädten als im ländlichen Raum



Quelle: gbe-bund.de

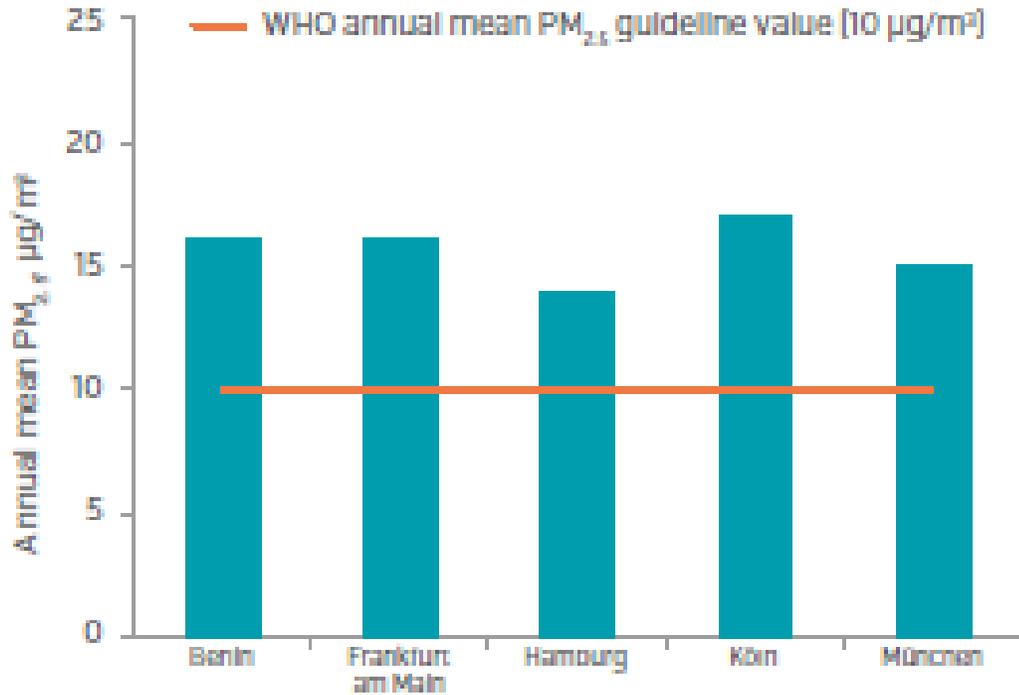
- stetiger Anstieg von Asthma bronchiale in fast allen Altersgruppen von 2009 bis 2015

Pollen, Allergien und Luftverschmutzung

Klimawandel und Luftverschmutzung

OUTDOOR AIR POLLUTION EXPOSURE

Outdoor air pollution in cities in Germany
annual mean $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2013



Quelle: WHO

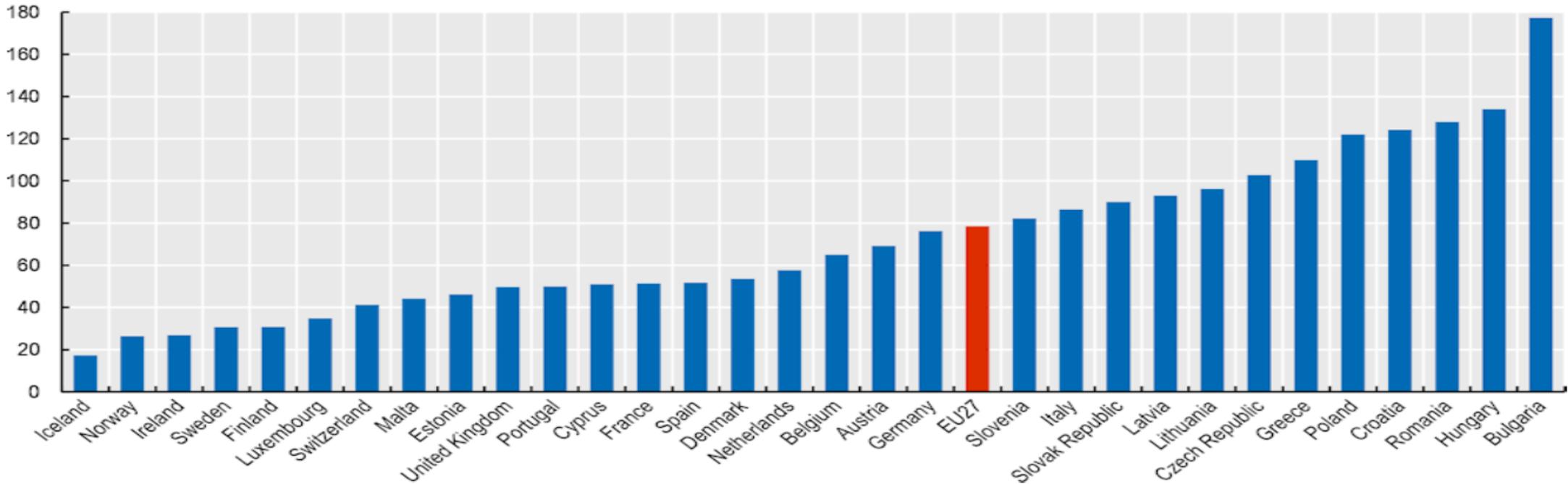
- Luftverschmutzung ist global das größte Gesundheitsrisiko mit **7 Mio. Todesfällen pro Jahr**
- Anstieg der Durchschnittstemperatur und trockenheiße Witterung kann die Bildung von Ozon und die Belastung durch Feinstaub (PM_{10} , $PM_{2.5}$) fördern
- Luftverunreinigung mit Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid (Auswertung für den Hitzesommer 2003)
- höhere Luftschadstoffbelastung führt zu Herz-Kreislaufkrankungen → Sterblichkeit durch Herzinfarkte
Atemwegserkrankungen → Asthma, COPD, Lungenentzündung
- Menschen sind in warmer Jahreszeit vermehrt im Freien und haben höhere Exposition ggü. Luftschadstoffen

Pollen, Allergien und Luftverschmutzung

Klimawandel und Luftverschmutzung

Figure 2.5. Premature death rates attributable to outdoor air pollution (PM_{2.5}) are generally the highest in Central and Eastern Europe, and lowest in Northern Europe

Crude death rate per 100 000 population, 2018



Note: The EU average is weighted.

Source: Based on European Environment Agency (2020[2]), *Air quality in Europe – 2020 report*.

StatLink <https://stat.link/yqfurb>

Pollen, Allergien und Luftverschmutzung

Französische Aufsichtsstudie (ACPR) – Auswirkungen auf VT Risiken Gesundheit

- Entwicklung von Krankheiten im Zusammenhang mit der Verschlechterung der Luftqualität (Feinstaubbelastung) in städtischen Gebieten oder der Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen
→ gefährdete Bevölkerungsgruppen sind ältere Menschen und Kleinkinder (Segmentierung der VN-Bestände)
- Verschlechterung der Luftqualität in städtischen Regionen (Anstieg von Ozon, Stickstoffdioxid und Feinstaub in Verbindung mit höheren Temperaturen)
- Folge sind von schweren (chronischen) Atemwegserkrankungen (Asthma, verringerter Lungenfunktion) bis hin zu Todesfällen durch akute Atemnot, Herz-Kreislauferkrankungen oder Lungenkrebs
- Ansätze pro Metropol-Region sowie für Frankreich insgesamt auf die Sterblichkeit, Gesundheitskosten und Arbeitsunfähigkeit

Impacts of pollution

		2021 - 2030	2031-2040	2041-2050
Granularité : Globale	Deaths	0,02%	0,02%	0,03%
	Healthcare costs	0,84%	1,25%	1,65%
	Work stoppages	0,07%	0,10%	0,13%
Granularité : Fine				
Bordeaux	Deaths	0,01%	0,02%	0,02%
	Healthcare costs	0,68%	1,02%	1,37%
	Work stoppages	0,06%	0,09%	0,13%
Ile de France	Deaths	0,02%	0,03%	0,04%
	Healthcare costs	1,09%	1,60%	2,10%
	Work stoppages	0,08%	0,12%	0,17%
Lille	Deaths	0,02%	0,03%	0,03%
	Healthcare costs	1,00%	1,47%	1,94%
	Work stoppages	0,08%	0,12%	0,16%
Lyon	Deaths	0,02%	0,03%	0,04%
	Healthcare costs	1,09%	1,60%	2,10%
	Work stoppages	0,08%	0,12%	0,17%
Marseille	Deaths	0,02%	0,03%	0,04%
	Healthcare costs	1,09%	1,60%	2,10%
	Work stoppages	0,08%	0,12%	0,17%
Montpellier	Deaths	0,02%	0,03%	0,03%
	Healthcare costs	0,72%	1,09%	1,47%
	Work stoppages	0,05%	0,08%	0,12%
Nantes	Deaths	0,01%	0,02%	0,02%
	Healthcare costs	0,68%	1,01%	1,37%
	Work stoppages	0,05%	0,08%	0,11%
Nice	Deaths	0,01%	0,02%	0,02%
	Healthcare costs	0,68%	1,02%	1,37%
	Work stoppages	0,05%	0,08%	0,11%
Strasbourg	Deaths	0,01%	0,02%	0,02%
	Healthcare costs	0,68%	1,02%	1,37%
	Work stoppages	0,05%	0,08%	0,11%
Toulouse	Deaths	0,01%	0,02%	0,02%
	Healthcare costs	0,68%	1,02%	1,37%
	Work stoppages	0,06%	0,09%	0,13%

Pollen, Allergien und Luftverschmutzung

Französische Aufsichtsstudie (ACPR) – Auswirkungen auf VT Risiken Gesundheit

Chart 24 - Air pollution: claims (evolution compared with 2019)

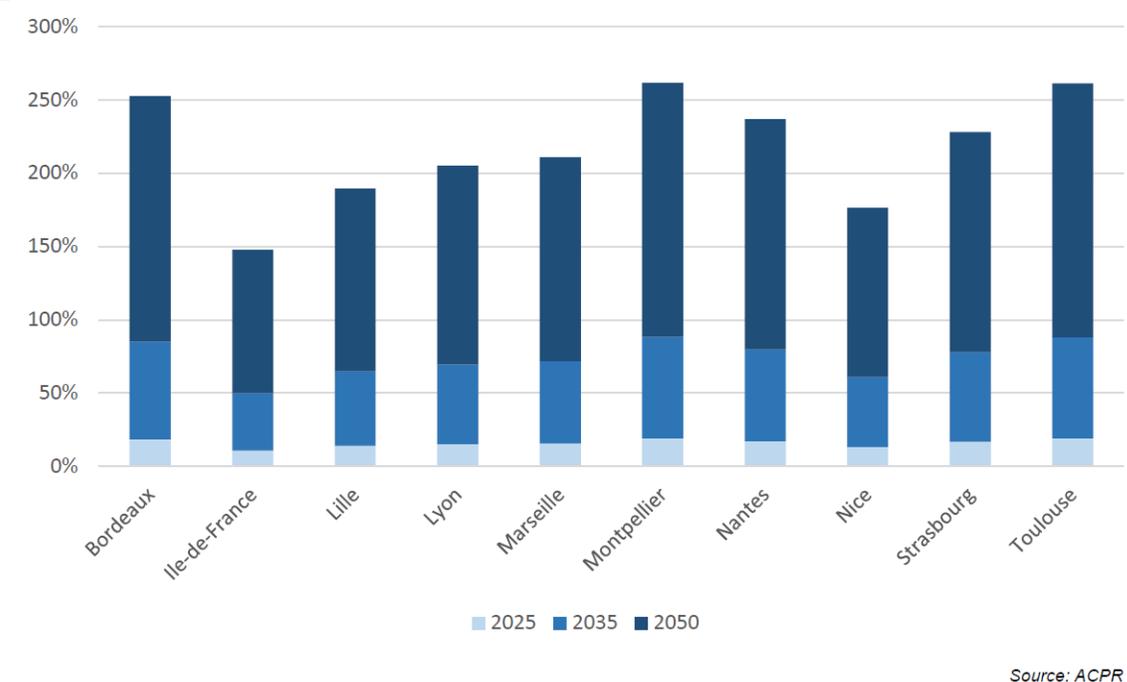
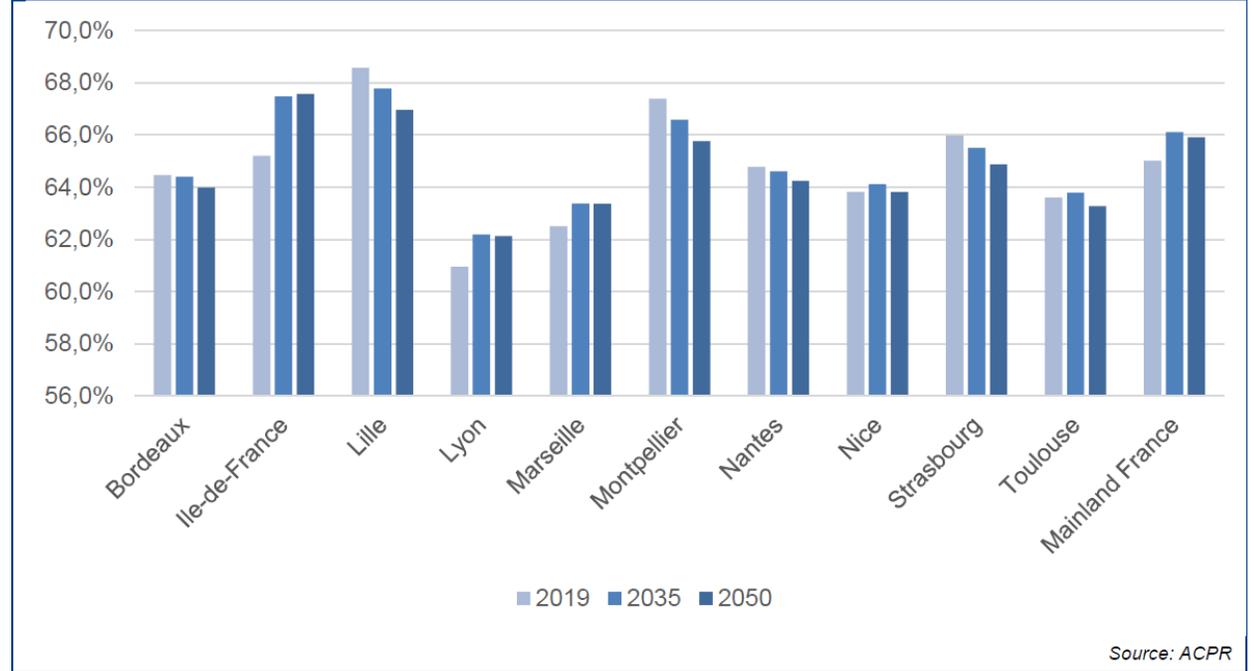


Chart 25 - Air pollution: evolution of the claims/premiums ratio by 2050



- Auswirkungen der Luftverschmutzung in Ballungsräumen besonders groß (Bevölkerungswanderung zu beachten)
- Anstieg der Leistungen zumeist über dem Durchschnitt für das gesamte Land (110%)
- Prämien steigen meist etwas stärker als die Leistungen

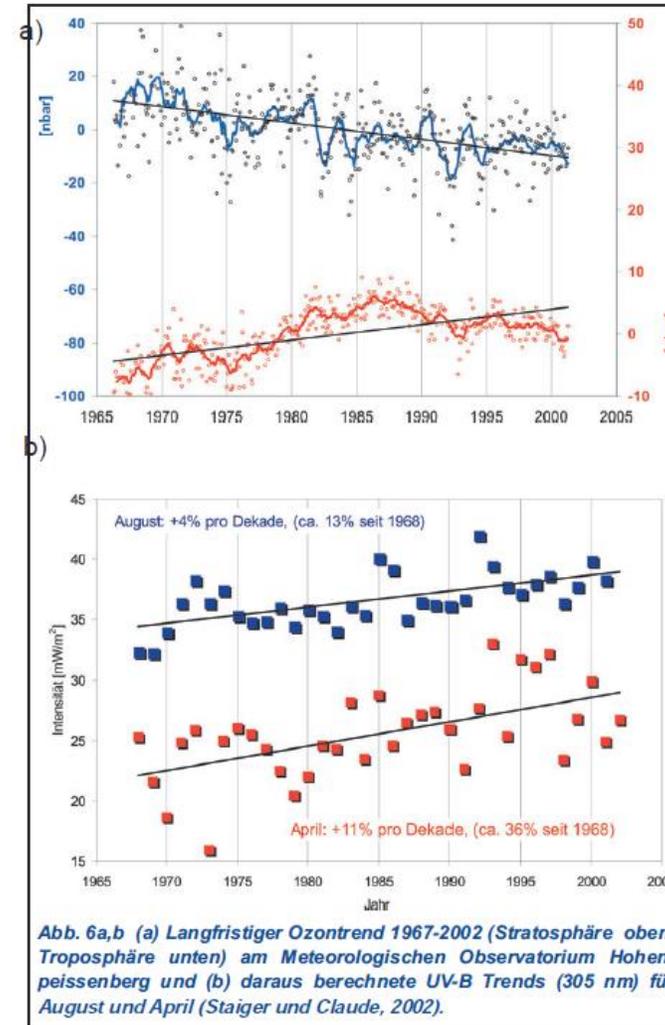
Themenübersicht

- Gesundheitliche Folgen extremer Hitze
- Zunahme von Infektionskrankheiten
- Pollen, Allergien und Luftverschmutzung
- **weitere Aspekte**

weitere Aspekte

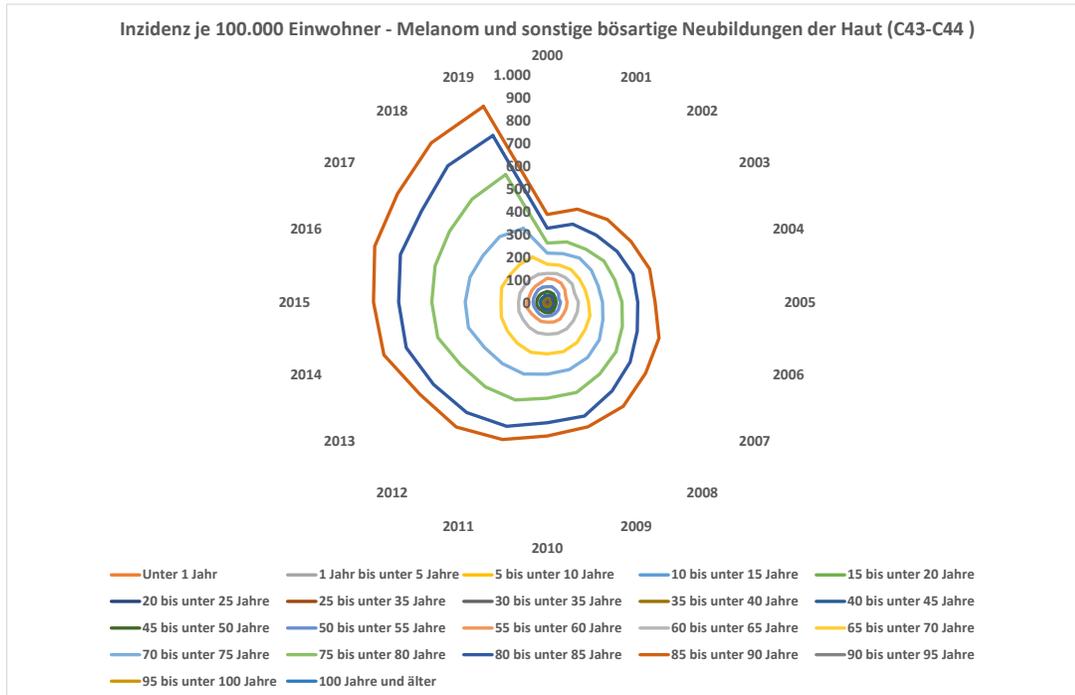
Auswirkung der UV-Strahlung

- UV-Strahlung wird durch stratosphärische Ozonschicht und Bewölkung abgeschwächt
- Flurchlorkohlenwasserstoffe haben Ozonschicht geschädigt und zu einer Abnahme der Ozonschicht und einer Zunahme der UV-Strahlung geführt (in mittleren Breiten ca. 3% pro Dekade, im Frühjahr stärker)
- zukünftig höhere Temperaturen werden das Risiko, sich der UV-Strahlung auszusetzen, noch erhöhen
- trotz Regeneration der Ozonschicht wird sich durch den erwarteten Rückgang der Bewölkung die UV-Strahlung nicht reduzieren



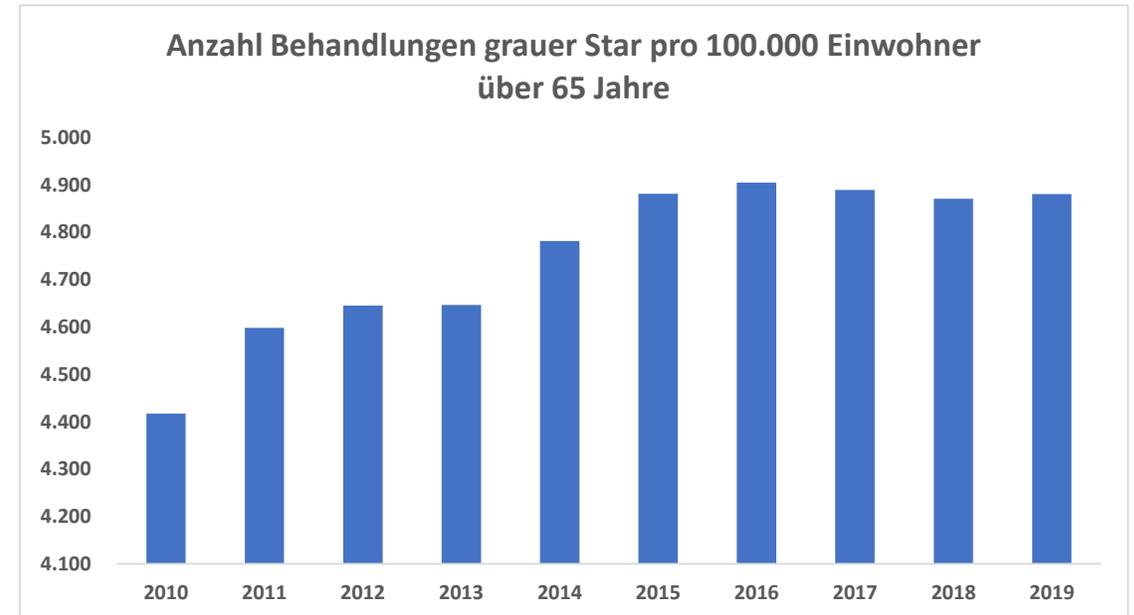
weitere Aspekte

Zunahme von Hautkrebs und Katarakt



Quelle: gbe-bund.de

- Zunahme von Hautkrebs- und Katarakt-Erkrankungen (grauer Star) (neben Verhaltensaspekten aufgrund Zunahme UV-Strahlung)
- Hautkrebs häufigste Krebserkrankung in Deutschland (>200.000 Neuerkrankungen p.a.)
- Simulationen zeigen in den nächsten Jahrzehnten einen weiteren durch den Klimawandel verursachten Anstieg der Hautkrebs- und Katarktfälle



Quelle: OECD, eigene Ermittlungen



Thank you

Alexander Krauskopf

alexander.krauskopf@milliman.com