



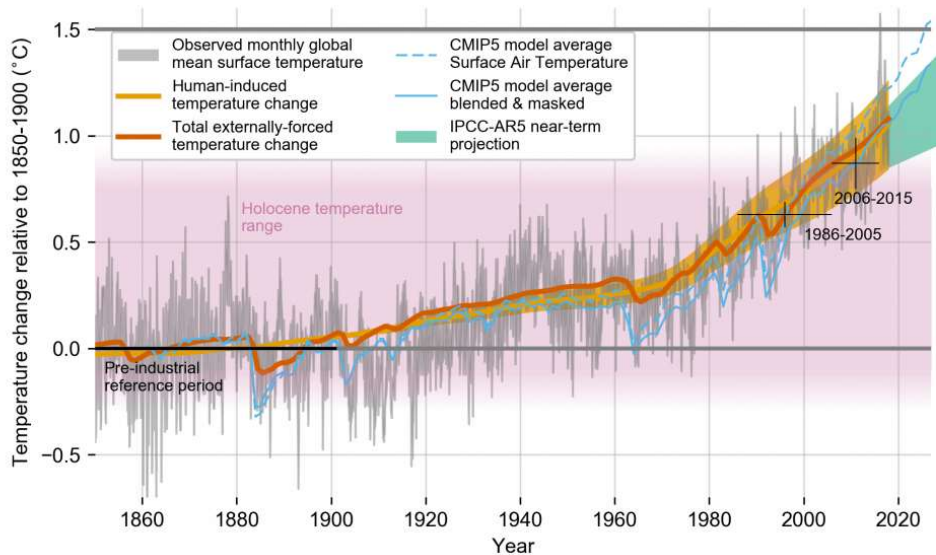
Klimawandel und Gesundheit

Knut Rauchfuss

LANUV-Fachbereich 33: Umweltmedizin, Toxikologie, Epidemiologie

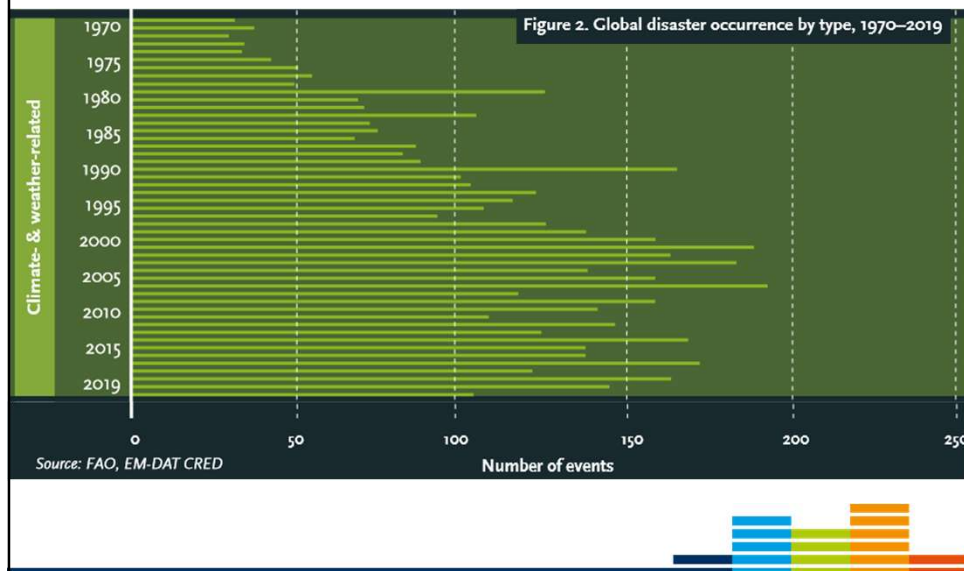
ÖGD-Tagung, 18.10.2022

Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur



Entwicklung der globalen mittleren Oberflächentemperatur © IPCC

Zunahme von Extremwetterereignissen



THE LANCET

October 2021

www.thelancet.com

The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change



"Leaders of the world have an unprecedented opportunity to deliver a future of improved health, reduced inequity, and economic and environmental sustainability. However, this will only be possible if the world acts together to ensure that no person is left behind."



A Review by The Lancet

The Lancet Countdown:

- Produkt internationaler Zusammenarbeit
- überwacht unabhängig die gesundheitlichen Folgen eines sich ändernden Klimas
- veröffentlicht jedes Jahr aktualisierte, neue und verbesserte Indikatoren
- repräsentiert den Konsens führender Forscher*innen aus 43 akademischen Institutionen und UN-Agenturen.

Klimafolgenmonitoring NRW



182 Handlungsfelder Mensch

184 9. Menschliche Gesundheit

188 9.1 Wärmebelastung

191 9.2 Tropennächte in Innenstädten

192 9.3 Hitzewarnungen

194 9.4 Hitzebetroffenheit der Bevölkerung

198 9.5 Hitzebedingte Todesfälle

200 9.6 Belastung mit bodennahem Ozon

202 9.7 Länge der Pollensaison

204 9.8 Befall mit Eichenprozessionsspinnern

206 10. Katastrophenschutz

210 10.1 Unwetterwarnungen

212 10.2 Einsatzzahlen Wasser- und Sturm Schäden

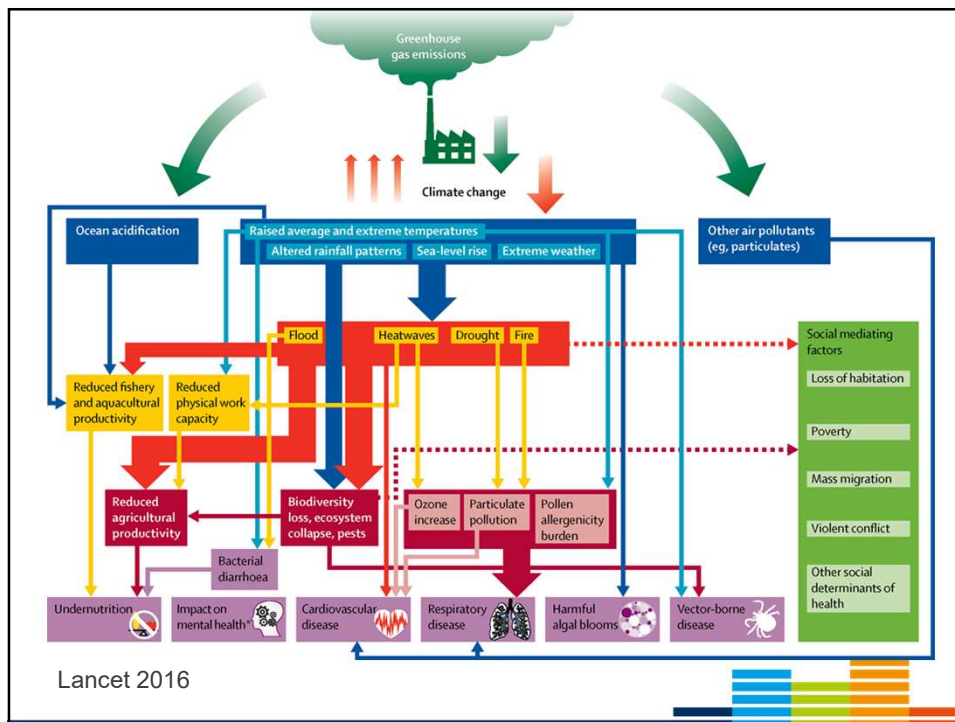
214 10.3 Gefahrenabwehr Vegetationsbrände

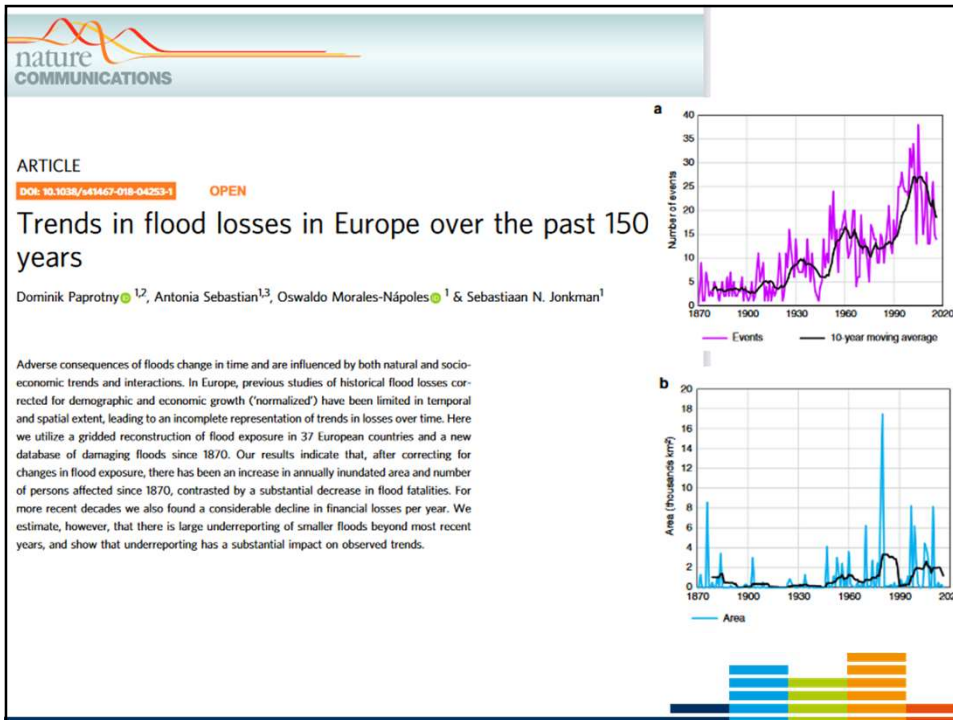
216 11. Information, Bildung, Netzwerke

218 11.1 Bildungsangebote zum Thema Klimaanpassung

220 11.2 Nutzung des Fachinformationssystems Klimaanpassung

www.klimafolgenmonitoring.nrw.de








**ÜBERSCHWEMMUNGEN:
BEHERRSCHUNG VON
GESUNDHEITSRISIKEN IN DEN
MITGLIEDSTAATEN DER EUROPÄISCHEN
REGION DER WHO**

WHO 2017

Mitgliedstaaten der Europäischen Region der WHO meldeten als häufigste Folgen:

- Mangel an sauberem Trinkwasser,
- schlechte Sanitärversorgung,
- Verletzungen
- Beeinträchtigung der Gesundheitsversorgung durch:
 - Überflutung von Gesundheitseinrichtungen mit Betriebsunterbrechungen
 - Verlust von oder Schäden an Infrastruktur
 - Erhöhtes Patient*innenaufkommen
 - Schwierigkeit der Bereitstellung routinemäßiger medizinischer und pflegerischer Versorgung für Patienten mit chronischen Krankheiten durch Überlastung

**ÜBERSCHWEMMUNGEN:
BEHERRSCHUNG VON
GESUNDHEITSRISIKEN IN DEN
MITGLIEDSTAATEN DER EUROPÄISCHEN
REGION DER WHO**

WHO 2017


Todesfälle:

- 2/3 durch Ertrinken
- 1/3 durch Traumata, Herzinfarkte, Stromschläge, CO-Vergiftungen und Brände

(Häufig werden nur die unmittelbaren verletzungsbedingten Todesfälle registriert)

Morbidität:

- Verletzungen,
- Infektionen,
- chemische Gefahren
- psychische Gesundheitsfolgen (sowohl akut als auch verzögert)





**ÜBERSCHWEMMUNGEN:
BEHERRSCHUNG VON
GESUNDHEITSRISIKEN IN DEN
MITGLIEDSTAATEN DER EUROPÄISCHEN
REGION DER WHO**



WHO 2017

längerfristige gesundheitliche Auswirkungen weniger leicht zu ermitteln ...

Gesundheitsschäden infolge von:

- Vertreibung,
- Zerstörung von Wohnraum,
- verzögertem Wiederaufbau
- Defiziten bei Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (z. B. Vektorkrankheiten, Giftstoffe)
- Zerstörung kritischer Infrastruktur
- selten: Infektionskrankheiten




**ÜBERSCHWEMMUNGEN:
BEHERRSCHUNG VON
GESUNDHEITSRISIKEN IN DEN
MITGLIEDSTAATEN DER EUROPÄISCHEN
REGION DER WHO**

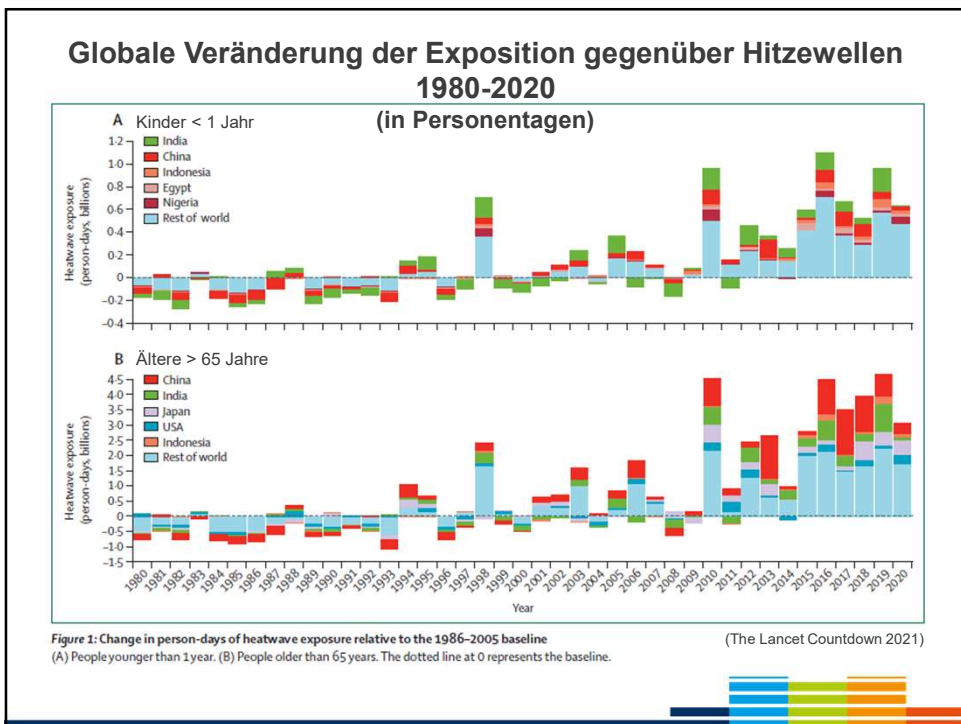
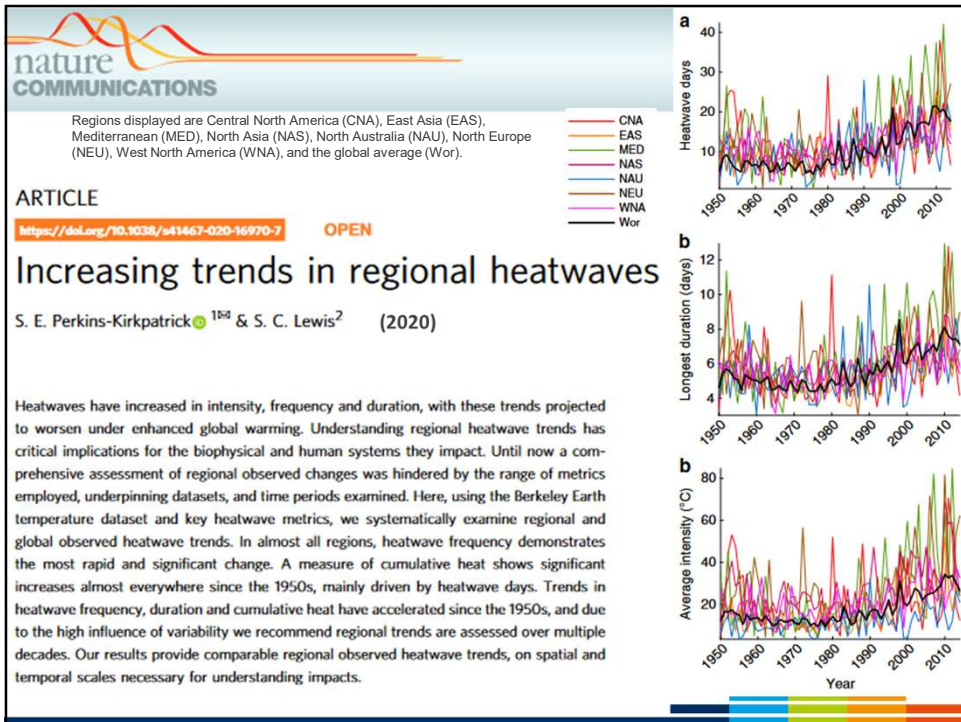


WHO 2017

Risikofaktoren für höhere Sterblichkeit und Morbidität:

- schnell fließendes Wasser;
- unsichtbare Gefahren;
- Wasser unbekannter Tiefe;
- Fahren und Gehen durch Hochwasser;
- Hochwasserverunreinigungen (durch Chemikalien, Abwasser und Restschlamm);
- Exposition gegenüber elektrischen Gefahren während Wiederaufbau und Reinigung;
- belastetes Trinkwasser;
- Lebensmittelknappheit und -verunreinigungen;
- schlechte Hygienebedingungen; Kohlenmonoxidvergiftung;
- fehlender Zugang zur Gesundheitsversorgung





Hitzebedingte Todesfälle 2019

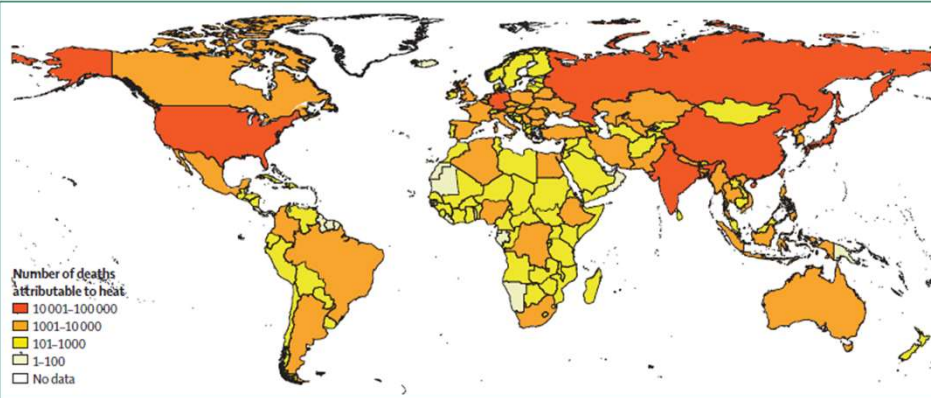


Figure 5: Heat-related deaths of people older than 65 years in each country in 2019

(The Lancet Countdown 2021)

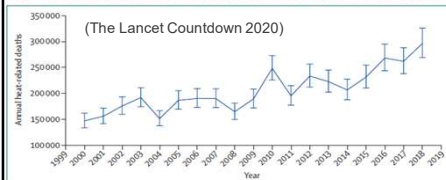


Figure 2: Global heat-related mortality for populations older than 65 years
The error bars were calculated on the basis of the uncertainty range of the exposure-response function, as described by Honda and colleagues.

Hitzebedingte Erkrankungen

- Wirkung anhaltender Exposition gegenüber hohen Temperaturen:
 - Hitzekrämpfe
 - Hitzeohnmacht
 - Hitzeerschöpfung
 - Hitzschlag
- Am häufigsten ist die **Hitzeerschöpfung**:
 - Durstgefühl
 - starkes Schwitzen
 - Blässe
 - Unruhe-, Angst- und Erschöpfungszustände
 - Schwindel- und Ohnmachtsanfälle
 - Übelkeit, Erbrechen und Kopfschmerzen
 - Körpertemperatur: normal, leicht erniedrigt oder leicht erhöht sein
 - Hautoberfläche kühl und feucht
- Bei Progredienz: **Hitzschlag**
 - schwere Erkrankung;
 - stark erhöhte Körpertemperatur von $\geq 40,6$ °C
 - heiße, trockene Haut
 - zentralnervöse Störungen (Verwirrtheit, Benommenheit)
 - (Delirium, Konvulsionen oder Koma)
 - kann zum Tod führen

CLIMATOLOGY

The emergence of **heat and humidity** too severe for human toleranceColin Raymond^{1,2*}, Tom Matthews³, Radley M. Horton^{2,4}

Humans' ability to efficiently shed heat has enabled us to range over every continent, but a wet-bulb temperature (TW) of 35°C marks our upper physiological limit, and much lower values have serious health and productivity impacts. Climate models project the first 35°C TW occurrences by the mid-21st century. However, a comprehensive evaluation of weather station data shows that some coastal subtropical locations have already reported a TW of 35°C and that extreme humid heat overall has more than doubled in frequency since 1979. Recent exceedances of 35°C in global maximum sea surface temperature provide further support for the validity of these dangerously high TW values. We find the most extreme humid heat is highly localized in both space and time and is correspondingly substantially underestimated in reanalysis products. Our findings thus underscore the serious challenge posed by humid heat that is more intense than previously reported and increasingly severe.

Copyright © 2020
The Authors, some
rights reserved;
exclusive licensee
American Association
for the Advancement
of Science. No claim to
original U.S. Government
Works. Distributed
under a Creative
Commons Attribution
NonCommercial
License 4.0 (CC BY-NC).



JOURNAL OF
APPLIED PHYSIOLOGY

J Appl Physiol 132: 327–333, 2022.
First published December 16, 2021; doi:10.1152/jap.2021.132.12.327

RESEARCH ARTICLE

Critical environmental limits for young, healthy adults (PSU HEAT Project)

S. Tony Wolf,¹ Rachel M. Cottle,¹ Daniel J. Vecellio,² and W. Larry Kenney^{1,2,3}

¹Department of Kinesiology, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania; ²Center for Healthy Aging, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania; and ³The Graduate Program in Physiology, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania

Abstract

Critical environmental limits are those combinations of ambient temperature and humidity above which heat balance cannot be maintained for a given metabolic heat production, limiting exposure time, and placing individuals at increased risk of heat-related illness. The aim of this study was to establish those limits in young (18–34 yr) healthy adults during low-intensity activity approximating the metabolic demand of activities of daily living. Twenty-five (12 men/13 women) subjects were exposed to progressive heat stress in an environmental chamber at two rates of metabolic heat production chosen to represent minimal activity (MinAct) or light ambulation (LightAmb). Progressive heat stress was performed with either 1) constant dry-bulb temperature (T_{db}) and increasing ambient water vapor pressure (P_a) trials; 2) T_{db} , 36°C, or 40°C (or 2) constant P_a and increasing T_{db} trials; 3) T_{db} , 32, 36, or 40°C (or 2) constant P_a and increasing T_{db} trials; 4) T_{db} and P_a trials. Each subject was tested during MinAct and LightAmb in two to three experimental conditions in random order, for a total of four to six trials per participant. Higher metabolic heat production (P) < 0.005 during LightAmb compared with MinAct trials resulted in significantly lower critical environmental limits across all P_{crit} and T_{crit} conditions (all P < 0.005). These data, presented graphically herein on a psychrometric chart, are the first to define critical environmental limits for young adults during activity resembling those of light household tasks or other activities of daily living and can be used to develop guidelines, policy decisions, and evidence-based alert communications to minimize the deleterious impacts of extreme heat events.

- Trockene Hitze kann physiologisch kompensiert werden (kein festes Limit)
- **Temperaturen >35°C Feuchthitze (100% Luftfeuchtigkeit) führen zum Anstieg der Körperkerntemperatur**
- **Tod nach wenigen Stunden**
- Klimamodelle kündigen diese Entwicklungen an

Risikofaktoren für hitzebedingte Erkrankungen

Personenkreis, mit besonders hohem Risiko für gesundheitsschädliche Wirkungen bei hohen thermischen Belastungen (RKI 2010):

- **alte Menschen, die allein leben und keinen Zugang zu klimatisierten Räumen haben**
- Personen mit chronischen **mentalen Störungen**,
- Personen mit vorbestehenden **schweren gesundheitlichen Beeinträchtigungen** (z. B. kardiovaskuläre oder respiratorische Erkrankungen, Bettlägerigkeit, neurologische oder psychiatrische Erkrankungen)
- Personen, die eine **Medikationen mit Wirkung auf Elektrolythaushalt** (z. B. Diuretika, Anticholinergika oder Neuroleptika),
- Konsum **alkoholischer Getränke** oder Aufputschmittel
- anstrengende **körperliche Tätigkeiten**
- physische und soziale **Isolation**,
- niedriger sozioökonomischer Status (geringes Einkommen, **schlechte Wohnsituation**),
- Wohnen in Ballungsräumen (**Wärmeisoleffekt**)
- **fehlende oder unzureichende Klimatisierung** der Wohn- und Aufenthaltsräume
- **Obdachlosigkeit**

Treibhausgase und UV-Einstrahlung (UBA 2021)

- In den letzten Jahrzehnten haben sich die durch UV-Strahlung verursachten Hautkrebskrankungsfälle stetig erhöht.
- 280.000 bis 300.0000 Neuerkrankungen und rund 4000 Todesfälle p.a.

Einflüsse Klimawandel :

- Niedrigozonereignisse, die für wenige Tage Ende März / Anfang April zu unerwartet hohen UV-Strahlungsbelastungen führen können (stabiler Polarwirbel nach langen und kalten arktischen Wintern)
- Halogenhaltige Treibhausgase
- Aufenthaltszeiten
- Modellrechnungen: globaler Anstieg der Umgebungstemperatur um 2 °C könnte bis 2050 Hautkrebsinzidenzen um 11% erhöhen



Klimafolgen & Luftqualität: bodennahes Ozon

Ozon-Spitzenkonzentrationen sollten aufgrund lokaler Emissionsminderungen abnehmen.

Dies wird allerdings durch wärmere Sommer und vor allem bei einer Zunahme von extremen Hitzeperioden zumindest teilweise kompensiert.



Klimafolgen & Luftqualität

Zunahme von ...	bewirkt ...	Auswirkung auf bodennahes Ozon	Auswirkung auf Feinstaub
Temperatur	Schnellere Fotochemie, weniger Kondensation	Anstieg bei hohen Stickoxidwerten oder Abnahme bei niedrigen Stickoxidwerten	Abnahme wegen reduzierter Partikelbildung
	Anstieg biogener Kohlenwasserstoffemissionen	Anstieg	Anstieg durch vermehrte Bildung sekundärer organischer Aerosole
Feuchte	Erhöhter Ozonverlust und vermehrte Produktion von Hydroxylradikalen	Anstieg bei hohen Stickoxidwerten oder Abnahme bei niedrigen Stickoxidwerten	Abnahme durch beschleunigte Koagulation, verstärkte Sedimentation und vermehrtes Auswaschen
Starkniederschlägen	Auswaschen von Ozonvorläufer-substanzen und Partikeln	Keine Änderung der Mittelwerte	Keine Änderung der Mittelwerte
Dürreperioden	Erhöhte Temperatur und reduzierte Feuchte	Anstieg	Anstieg
	Pflanzenstress und reduzierte Öffnung der Spaltöffnungen	Anstieg	Keine Angabe
	Zunahme von Waldbränden	Anstieg	Anstieg
	Zunahme von Staubemissionen	Keine Angabe	Anstieg
Blockierenden Wetterlagen	Weniger Auswaschen von Ozonvorläufer-substanzen und Partikeln aufgrund reduzierter Niederschlagshäufigkeit	Anstieg	Anstieg
	Häufigere stagnierende Bedingungen und längere Verweildauer von Schadstoffen in der Atmosphäre	Anstieg	Anstieg
	Häufigere Hitzewellen	Anstieg	Anstieg

(Brasseur et al. 2017)

Klimafolgen & Dürre

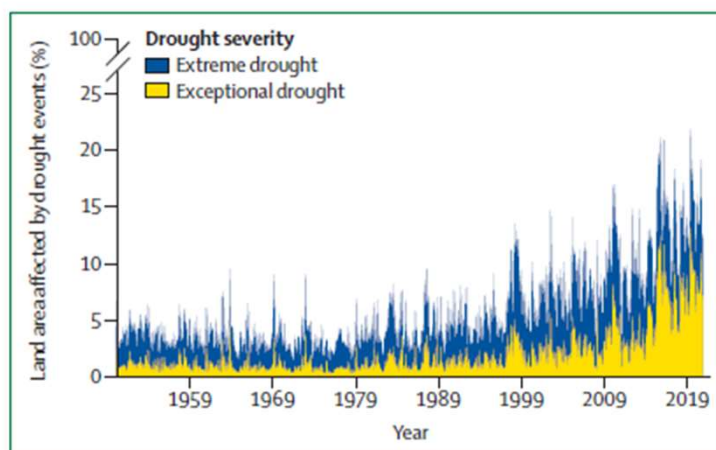


Figure 7: Global land area affected by drought events per month
 Extreme drought is defined by a SPEI of ≤ -1.6 and exceptional drought is defined by a SPEI of ≤ -2 . SPEI=standardised precipitation-evapotranspiration index.

(The Lancet Countdown 2021)

Dürremonitor Deutschland

Dürremonitor Gesamtboden

ca. 1.8 m

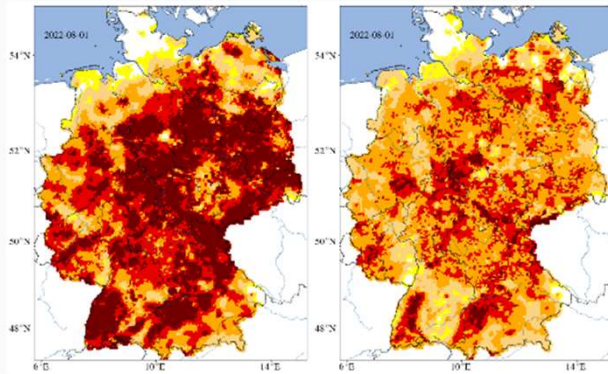
Dürremonitor Oberboden

bis 25 cm

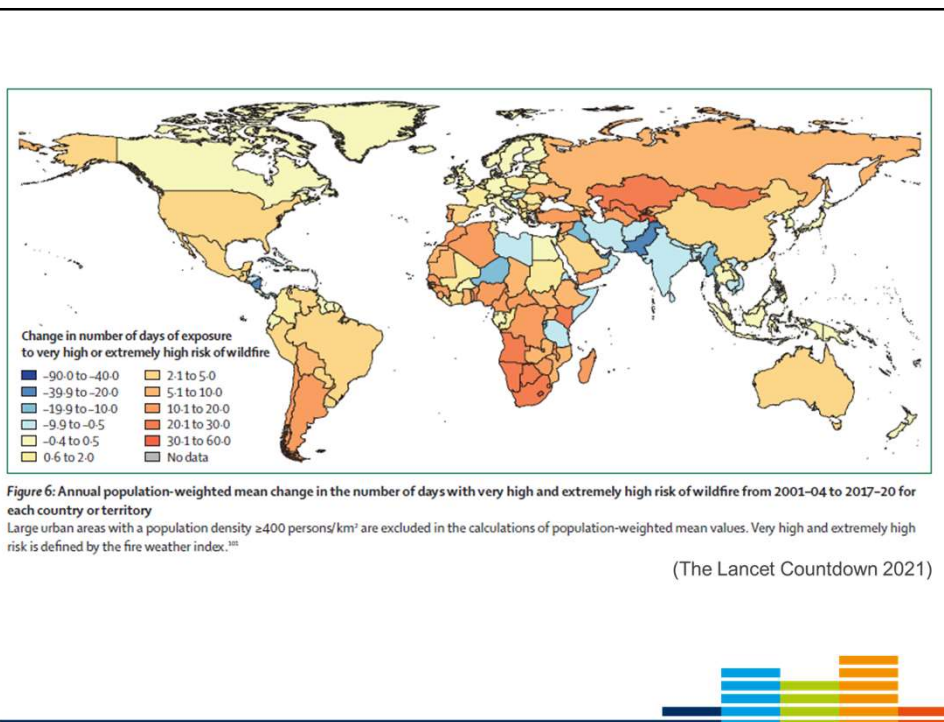
UFZ HELMHOLTZ
Zentrum für Umweltforschung

www.ufz.de

August 2022



- ungewöhnlich trocken
- moderate Dürre
- schwere Dürre
- extreme Dürre
- außergewöhnliche Dürre



Indirekte gesundheitliche Folgen starker Trockenheit

- Gefährdung der Versorgung mit Nahrungsmitteln
- Gefährdung der Versorgung mit Trinkwasser
- Waldbrände: Feuergefahr, Partikelemissionen



ARTICLE

DOI: 10.1038/41447-098-02992-9 OPEN

Warm Arctic episodes linked with increased frequency of extreme winter weather in the United States

Judah Cohen^{1,2}, Karl Pfeiffer³ & Jennifer A. Francis³

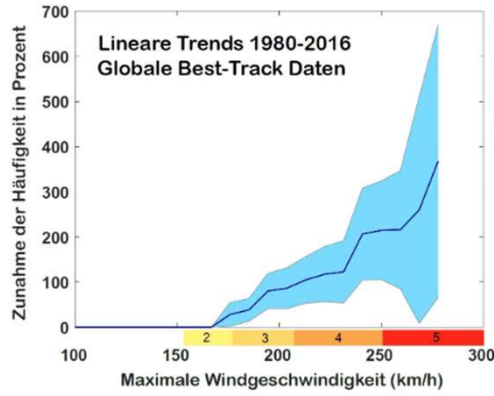
Recent boreal winters have exhibited a large-scale seesaw temperature pattern characterized by an unusually warm Arctic and cold continents. Whether there is any physical link between Arctic variability and Northern Hemisphere (NH) extreme weather is an active area of research. Using a recently developed index of severe winter weather, we show that the occurrence of severe winter weather in the United States is significantly related to anomalies in pan-Arctic geopotential heights and temperatures. As the Arctic transitions from a relatively cold state to a warmer one, the frequency of severe winter weather in mid-latitudes increases through the transition. However, this relationship is strongest in the eastern US and mixed to even opposite along the western US. We also show that during mid-winter to late-winter of recent decades, when the Arctic warming trend is greatest and extends into the upper troposphere and lower stratosphere, severe winter weather—including both cold spells and heavy snows—became more frequent in the eastern United States.

- werden seltener, aber extremer
- geographisch unterschiedlich relevant
- Niederschlagsextreme
- Schneestürme
- Spätfröste
- Schäden an kritischer Infrastruktur (z. B. Stromausfälle, Transportrouten, Trinkwasserversorgung)
- Erfrierungen
- Einschränkungen bei medizinischer Versorgung



Zunahme Tropenstürme weltweit

Best-Track-Daten



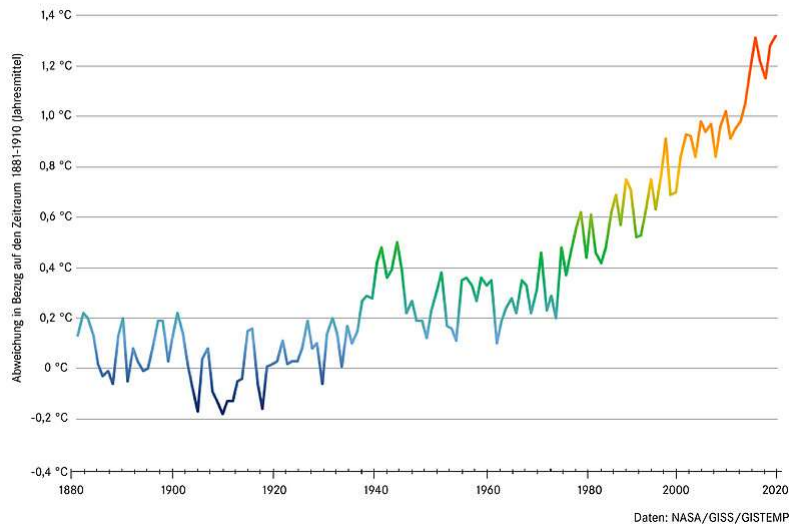
Prozentuale Zunahme 1980 bis 2016 (als linearer Trend) in der Anzahl von Tropenstürmen weltweit in Abhängigkeit ihrer Stärke. Nur 95 Prozent signifikante Trends sind gezeigt. Die stärksten Stürme nehmen auch am stärksten zu. Rote Farben zeigen die Hurrikan-Kategorie auf der Saffir-Simpson Skala.

Folgen von Stürmen und Sturmfluten:

- Zerstörungen an kritischer Infrastruktur
- Unfälle durch herabstürzende Teile
- Zunahme von Verkehrsunfällen
- Tod durch Ertrinken

Potsdam Institute for Climate Impact Research (2017)

Globale Mitteltemperatur 1880-2020



Veränderung von Flora und Fauna: Neophyten

Klimawandel begünstigt Ausbreitung gebietsfremder Pflanzenarten: z. B.



(Ambrosia artemisiifolia)

Beifuß Ambrosie:

- allergieauslösende Pollen
- wenige Pollenkörner in der Atemluft können die Entwicklung einer Ambrosia-Allergie bewirken
- Heuschnupfen und häufig auch schweres Asthma
- späte Blüte verlängert die Leidenszeit von Pollen-Allergikern bis in den Herbst

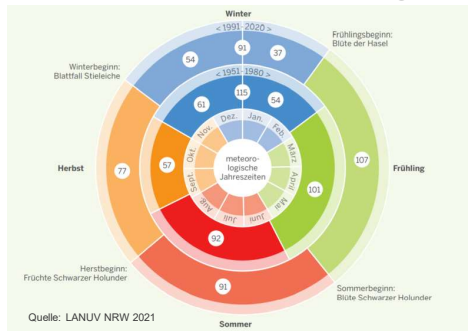
(Riesenbärenklau mit nur geringem Klimaeinfluss)



Veränderung von Flora und Fauna: Pollenflug

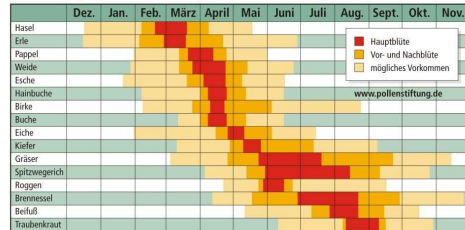
Verlängerung der Pollenflugzeiten:

- Heuschnupfen
- Allergisches Asthma



Gesamtdeutscher Pollenflugkalender (nach Pollenflugdaten von 2007 bis 2011)

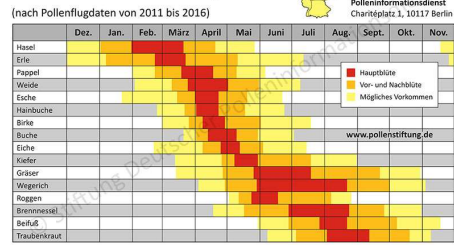
© Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst
Charitéplatz 1, 10117 Berlin
www.pollenstiftung.de



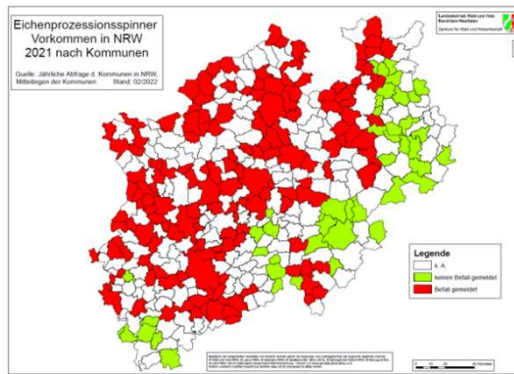
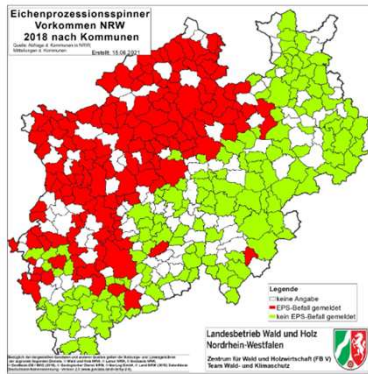
Mit freundlicher Unterstützung von NOVARTIS

Gesamtdeutscher Pollenflugkalender (nach Pollenflugdaten von 2011 bis 2016)

© Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst
Charitéplatz 1, 10117 Berlin
www.pollenstiftung.de



Veränderung von Flora und Fauna: Eichenprozessionsspinner



Allergische Reaktionen auf Brennhaare des Eichenprozessionsspinners:

- Juckreiz
- Hautrötungen
- Quaddeln
- Bindehautentzündungen
- Bronchitis
- Asthma
- Schwindel



Veränderung von Flora und Fauna: Neozoen



z. B. Nosferatu Spinne:

- Giftspinne
- Schmerzhafte Hautrötung, Schwellung
- Allerg. Reaktion möglich
- vgl. andere Insektenstiche

- lebt eigentlich im Mittelmeerraum
- Verbreitet sich seit 2020 auch verstärkt in Deutschland

Vgl. auch:

- Asiatische Riesenhornisse,
- Wespenspinne
- Ammen-Dornfinger-Spinne



Neozoen und einheimische Arten: Klima & Vektorerkrankungen

Einheimische Zecken (*Ixodes ricinus*):

- Erhöhte Populationsdichte
- Ausbreitung nach Norden und in größere Höhen
- Verlängerte Zeckensaison
- begünstigt die Ausbreitung von **Lyme-Borreliose** und Frühsommer-Meningoenzephalitis (**FSME**)



Neozoen:

- Braune Hundezecke (sehr seltener Übergang auf Hundebesitzer*innen)
- Asiatische Tigermücke (bis 2013 Einzelexemplare in D, nun Populationen):
Übertragungspotenzial: mehr als 20 Viren (u.a. West-Nil-, Dengue-, Chikungunya- und Zika-Viren)
- ähnlich: Asiatische Buschmücke (Süddeutschland)

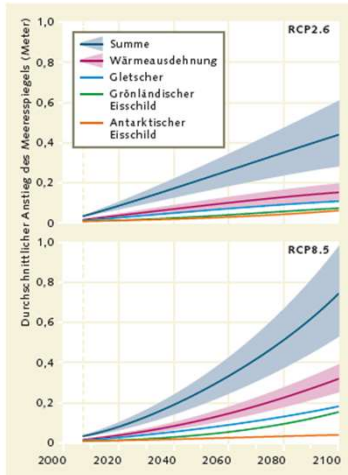
Infektionskrankheiten

Krankheit	Erreger	Übertragung (ggf. Vektor)	Derzeitige Gefährdung	Bis 2050	Bis 2100 +2°C-Welt	Bis 2100 +4°C-Welt
Magen-Darm-Erkrankungen (ggf. Wundinfektionen und Blutvergiftung bei Vibriosen)	Salmonellen, <i>Campylobacter</i> und andere	Nahrung	++	++	++	++
	<i>Giardia lamblia</i>	Süßwasser	+	+	+	++
	<i>Cryptosporidium</i>		+	+	+	++
	<i>E. coli</i> , <i>Campylobacter</i>		+	++	++	+++
	Vibriosen (z.B. <i>V. cholerae</i>)	Süß- und Meerwasser	+	+	+	++
Hautreizungen, Magen-Darm-Beschwerden, Leberschäden, neuronale Schäden	Toxin produzierende Cyanobakterien („Blaualgen“), Toxin-Beispiele: Microcystine, Anatoxin	Meerwasser, Verzehr von Meeresfrüchten, selten Trinkwasser	0	+	+	++
Lyme-Borreliose	<i>Borrelia burgdorferi</i>	Zecken (<i>Ixodes ricinus</i>)	+	++	++	+++
FSME*	FSME-Virus		+	+	++	+++
Leptospirose (Feldfieber)	Spirochäten	Nager (ggf. im Zuge von Überschwemmung**)	+	+	+	++
HFRS***	Hantavirus (Art: Puumalavirus)	Nager	+	+	++	++
Tularämie (Hasenpest)	<i>Francisella tularensis</i>	Nager, Zecken, Mücken	+	+	+	++
Malaria tropica	<i>Plasmodium falciparum</i>	Anopheles-Mücken	0	0	+	++
Malaria tertiana	<i>Plasmodium vivax</i> , <i>Plasmodium ovale</i>	Anopheles-Mücken	0	0	+	++
Leishmaniose der Haut	<i>Leishmania infantum</i>	Sandmücken	0	+	+	+++
Denguefieber	Denguevirus	<i>Aedes</i> -Mücken	0	+	+	+++
Gelbfieber	Gelbfiebertivirus	<i>Aedes</i> -Mücken	0	+	+	++
Chikungunafieber	Chikungunyavirus	<i>Aedes</i> -Mücken	0	+	+	++
West-Nil-Fieber (WNF)	WNF-Virus	<i>Culex</i> -Mücken	0	+	+	++

(Brasseur et al. 2017)

*FSME = Frühsommer-Meningoenzephalitis, **Süßwasserüberschwemmungen, ***HFRS: hämorrhagisches Fieber mit renalem Syndrom
0 = praktisch keine Gefährdung, + = Krankheit kommt vereinzelt vor, ++ = Krankheit häufiger, gut beherrschbar, +++ = Krankheit häufiger, Herausforderung für Anpassung

Anstieg der Meeresspiegel



3.17 > Derzeit steigt der Meeresspiegel jährlich im Mittel um etwa 3 Millimeter. Je nachdem, wie sich der Treibhauseffekt künftig verstärkt, wird der weitere Anstieg schwächer oder stärker ausfallen.

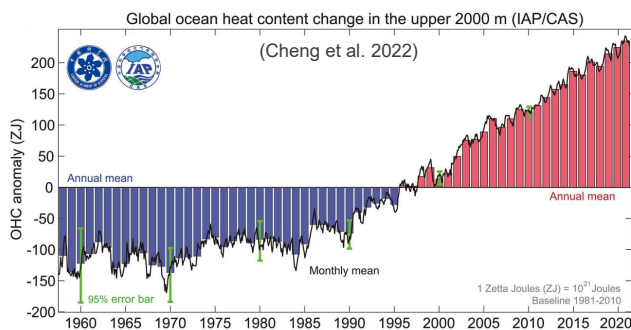
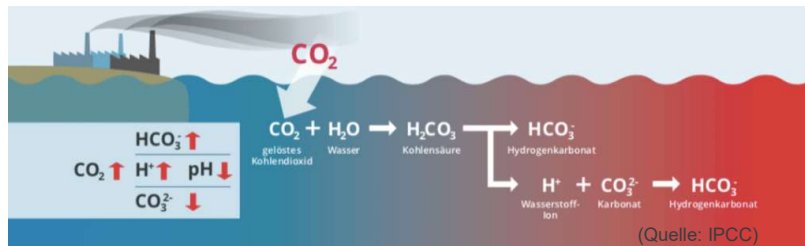
(World Ocean Review No.5: 2017)

- seit 1990 mittlerer Anstieg um ca. 3 mm pa Zunahme dürfte sich bei anhaltendem CO₂-Ausstoß verstärken
- Erwartung für 2100: Anstieg um bis zu 1 m erreicht

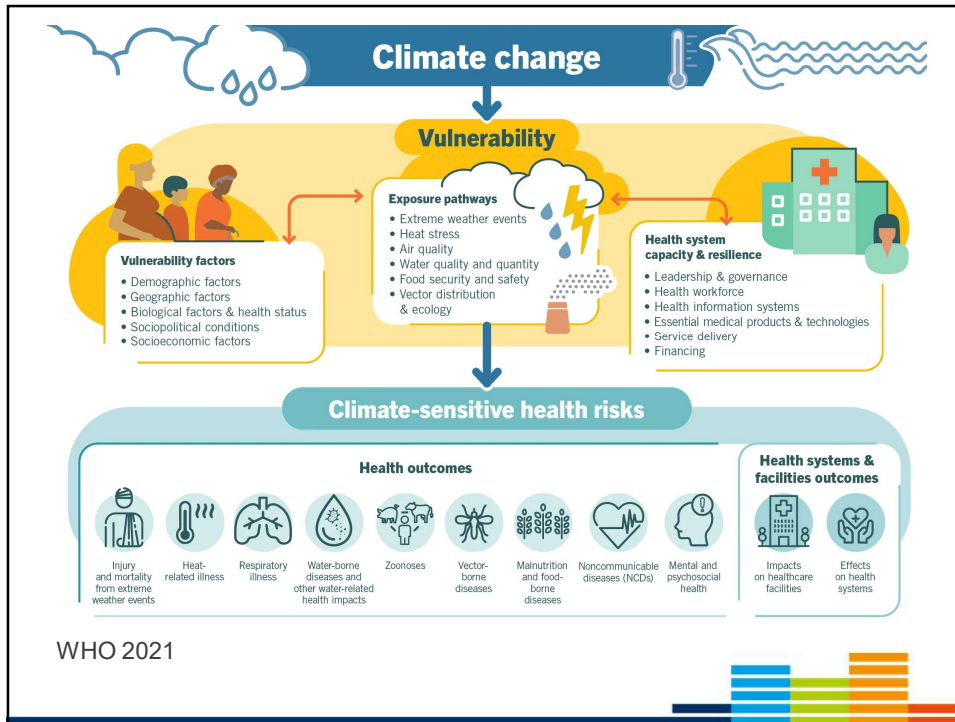
Folgen:

- Verlust von Wohngebieten, Industrie- und Wirtschaftszentren und Ackerland
- Sturmfluten laufen höher auf

Meereserwärmung und Versauerung



- Komplexe Veränderungen für Habitate
- Folgen von Versauerung und Erwärmung auf Nahrungsbasis der Ozeane noch Forschungsgegenstand



WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION | World Health Organization
JOINT OFFICE FOR CLIMATE AND HEALTH

Klimaschutz ist Gesundheitsschutz

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!