

A hand holding a lit lighter in front of the Earth from space. The Earth is shown in a curved perspective, with the Americas visible. The lighter is lit, and the flame is bright yellow and blue. The background is black space.

HEISSZEIT!
DAS STECKT HINTER DEM

WORT DES JAHRES 2018!

Prof. Dr. Harald Lesch

Bayrischer Klimarat

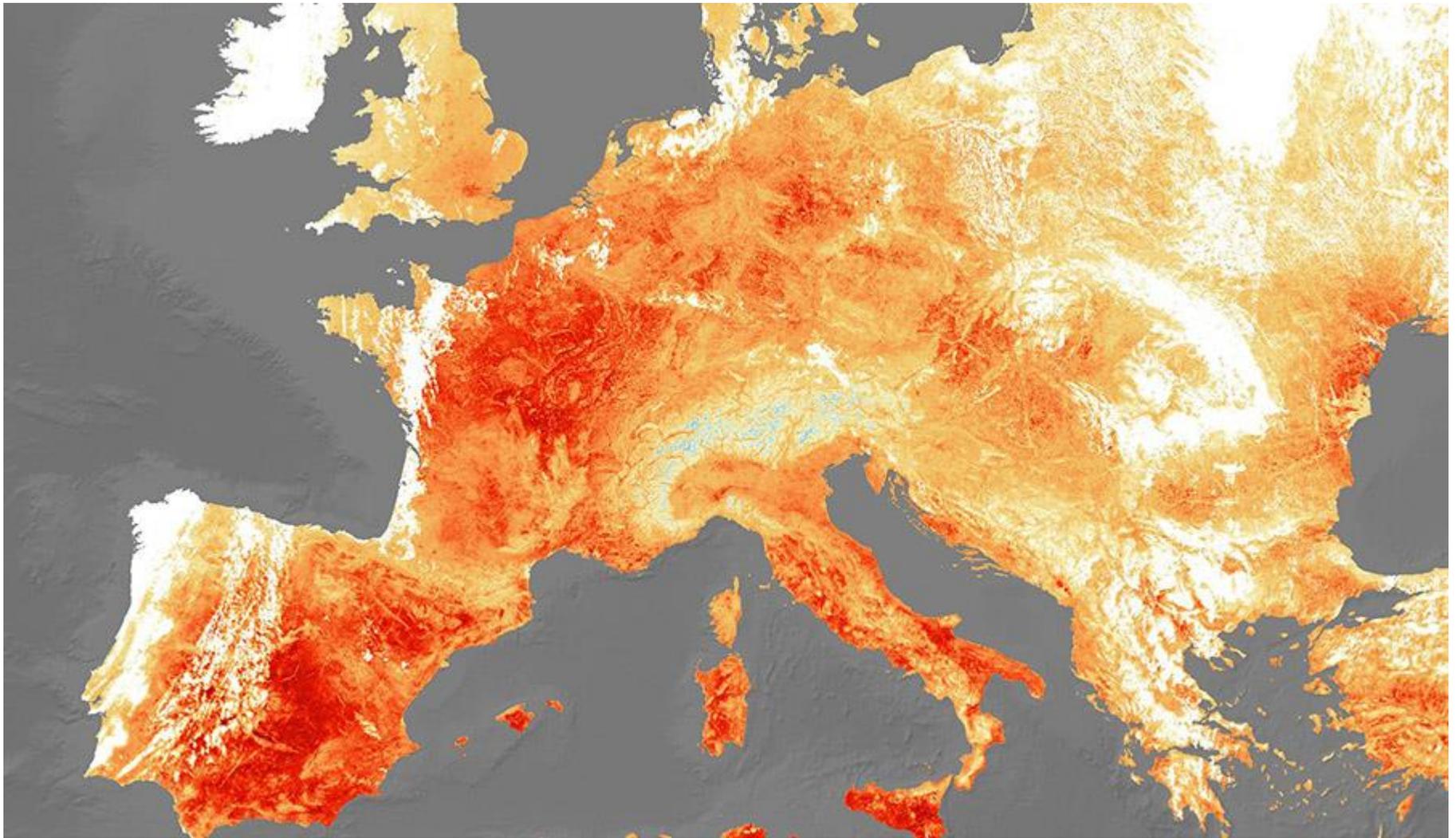
LMU



Planetare Hitzewelle bleibt: Das Jahr 2018 hat für Europa einen neuen Klimarekord gebracht: Es war das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen. Weltweit reiht sich das Jahr 2018 unter die vier wärmsten Jahre der Wettergeschichte ein, wie Auswertungen von NASA, NOAA und der World Meteorological Organization (WMO) ergaben. Zum vierten Mal in Folge erreichten die globalen Temperaturen 1 Grad über den präindustriellen Werten.



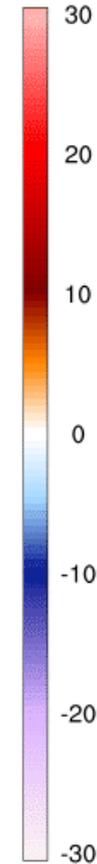
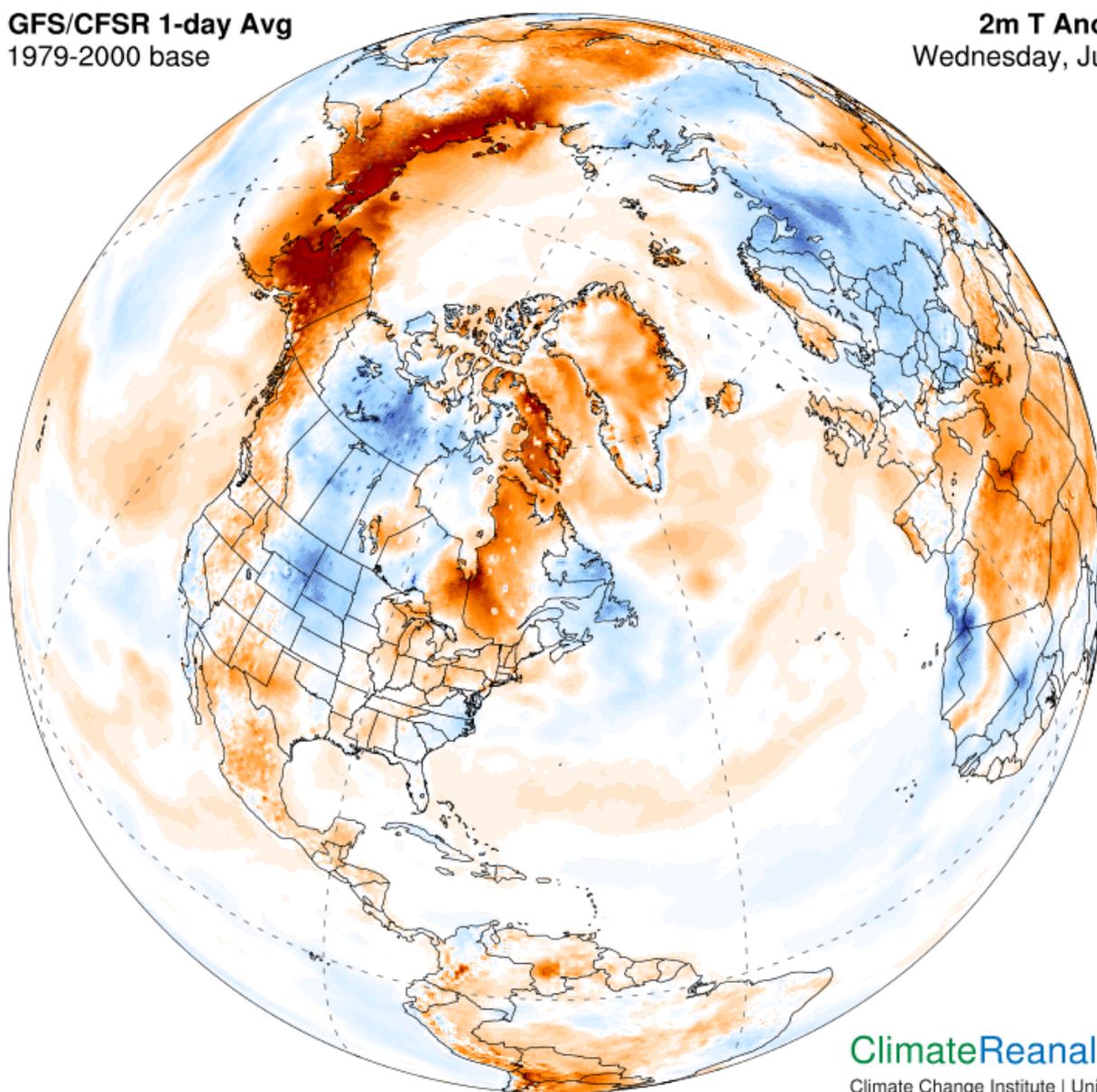
Abbildung 34 – Temperaturabweichung vom Durchschnittswert in Deutschland in den Jahren 1881 bis 2017 (Credits: BMU)



Europa während der Hitzewelle Ende Juli 2019. Tage mit extremer Hitze sind vor allem in Mitteleuropa häufiger und heißer geworden. © European Space Agency

GFS/CFSR 1-day Avg
1979-2000 base

2m T Anomaly (°C)
Wednesday, Jul 10, 2019



Hitzewelle
in
Alaska

ClimateReanalyzer.org
Climate Change Institute | University of Maine

World
+ 0.4 °C

Northern Hemisphere
+ 0.5 °C

Arctic
+ 1.6 °C

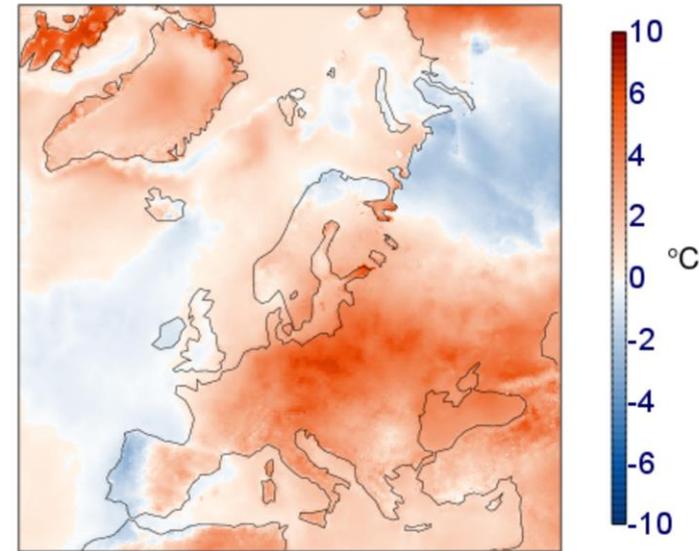
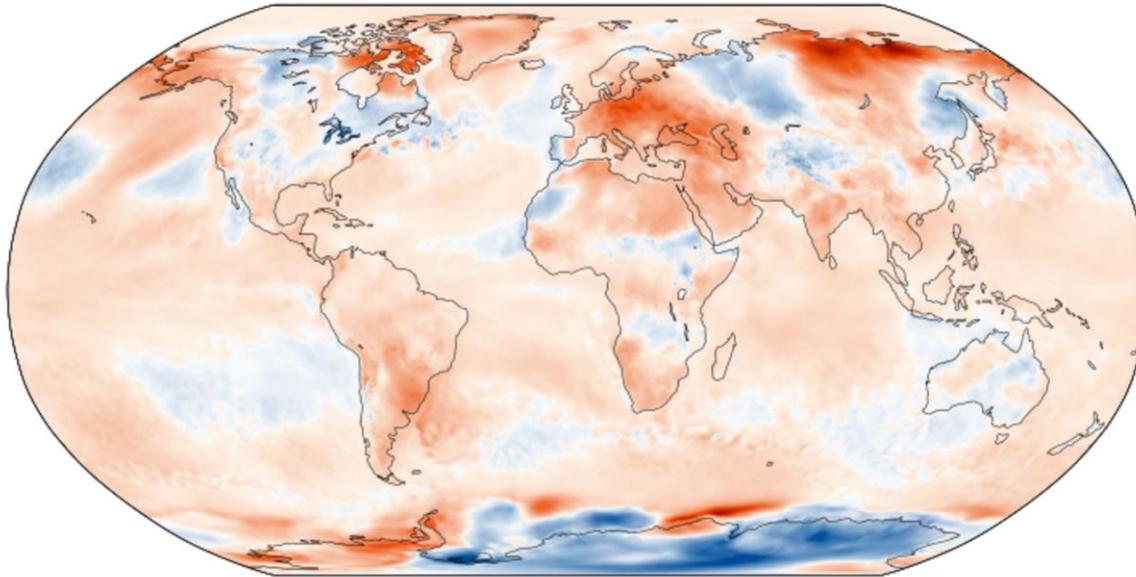
Tropics
+ 0.5 °C

Southern Hemisphere
+ 0.3 °C

Antarctic
+ 2.0 °C

Mehr als 30 Grad Celsius
Alaska erlebt heißesten Sommer der
Geschichte

Surface air temperature anomaly for June 2019 relative to 1981-2010



<https://climate.copernicus.eu/>

Auffällig: In Sibirien brachen vor allem dort Brände aus, wo die Oberflächentemperaturen ungewöhnlich hoch waren, wie eine aktuelle Analyse des Erdbeobachtungsprogramms Copernicus zeigt. Laut Parrington lagen die Temperaturen dort bis zu zehn Grad Celsius über der Durchschnittstemperatur aus den Jahren 1981 bis 2010.

Der andere arktische Klima-Teufelskreis

Tausende Quadratkilometer Torflandschaft brennen. Die Feuer gefährden auch den Permafrost - und könnten dadurch einen sich selbst verstärkenden Prozess in Gang setzen.

Dunkles Blau in Schmelztümpeln und schwarze Ruß-Emissionen beschleunigen den Rückgang des Meereises rund um den Nordpol.





Lutz Schirrmeister/ Alfred-Wegener-Institut

Ein Kliff in der sibirischen Arktis mit Überresten von Mooregebieten: Im Boden liegen alte Pflanzenreste verborgen. Diese sind ein riesiger Kohlenstoffspeicher, so lange sie gefroren sind. Wenn sie auftauen, gibt es Mikroorganismen, die sich darüber hermachen - und so CO₂ freisetzen.



Lutz Schirrmeister/ Alfred-Wegener-Institut

Abrutschende Küsten in Sibirien: Wenn ehemalige Permafrostregionen an den arktischen Küsten erodieren und ins Meer fallen, dann fallen auch die ehemaligen Pflanzenreste mit dorthinein. Und so bekommen marine Mikroorganismen zusätzliche Nahrung.



Sibirische Insel Sobo-Sise im Lena-Delta: Meerwasser ist wärmer als der Permafrostboden. Dadurch taut das organische Material schneller auf.



Eigentlich sollten die Hunde direkt auf Eis laufen. Stattdessen müssen sie den Schlitten quasi über Wasser ziehen.(Quaanag Grönland, 17 Grad Celsius)

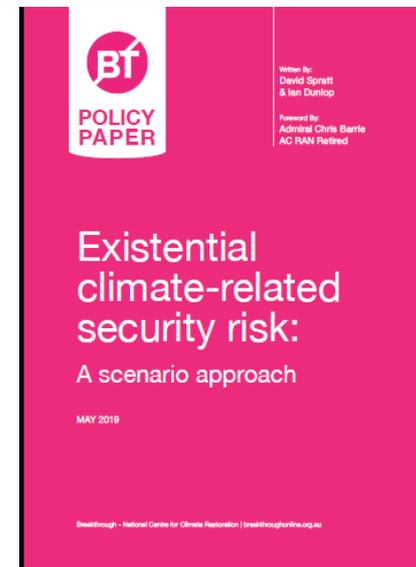
Foto: Steffen M. Olsen / dpa 19.6. 2019





Der Klimawandel wird das Leben auf der Erde massiv verändern, daran besteht kaum ein wissenschaftlicher Zweifel. Die Autoren eines neuen australischen Klima-Berichts aber glauben, das Ausmaß der Zerstörungen könnte aktuelle Vorhersagen übertreffen – und bereits in 30 Jahren

...



Folgen des Klimawandels für Deutschland ~2040 (I)

Quelle: Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Klimastatement 9.10.2007

Wetterelement	Erwartete Änderung	Auswirkungen	Verlässlichkeit
Temperatur	1,7 Grad wärmer als 1900, v.a. Winter und Nächte wärmer	früherer Pflanzenaustrieb, vermehrter Hitzestress, Rückgang des Permafrosts in den Alpen (mehr Felsstürze)	sehr gut
Hitzeperioden	häufiger, stärker	hohe Gesundheitsbelastung und Stress für die Biosphäre, mehr Waldbrände	sehr gut
Trocken-/Dürreperioden	häufiger	Land- und Energiewirtschaft sowie Binnenschifffahrt betroffen, erhöhtes Waldbrandrisiko	befriedigend
Alpengletscher	60% Flächen- und 80% Massenverlust gegenüber 1850	extreme Abflussschwankungen	sehr gut
Gewitter	intensiver	erhöhte Risiken durch Starkregen, Hagel, Sturmböen	befriedigend
Blitze	viel häufiger	erhöhte Schäden	gut
Tornados	häufiger	erhöhte Schäden	gering

Folgen des Klimawandels für Deutschland ~2040 (II)

Quelle: Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Klimastatement 9.10.2007

Wetterelement	Erwartete Änderung	Auswirkungen	Verlässlichkeit
Niederschlag	Sommer trockener, Herbst und Winter nasser mit mehr Regen statt Schnee, Ergiebigkeit von Einzelereignissen deutlich höher als bekannt	erhöhte Überschwemmungsgefahr (u.a. wegen unterdimensionierter Entwässerungssysteme)	gut
Meeresspiegelanstieg	ca. 10 cm gegenüber heute	Gefährdung der Nord- und Ostseeküste	sehr gut
Sturmfluten	bis zu 20 cm höher auflaufend	stärkere Gefährdung der Nordseeküste	gut
Ozonschicht	größte Ausdünnung um ca. 2010, nur langsame Erholung	langfristig erhöhte UV-Belastung, erhöhtes Risiko von Haut-erkrankungen	gut
Außertropische (Winter-) Stürme	Tendenz zu heftigeren Stürmen, evtl. weniger Stürmen bei veränderten Zugbahnen	erhebliches Schadenrisiko	unsicher
Luftrübung, Aerosole	unsicher		unsicher

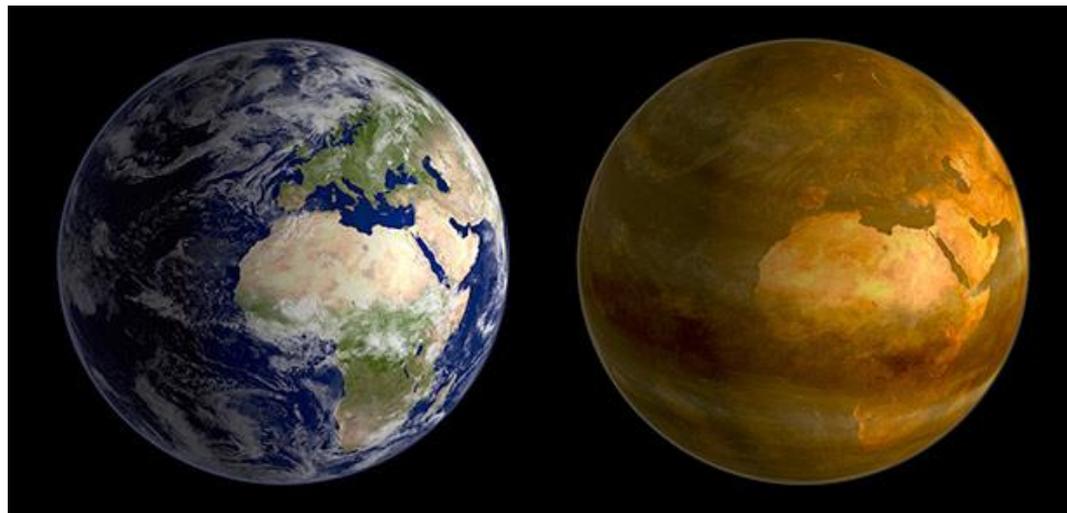
Klimawandel: Droht ein Domino-Effekt?

Positive Rückkopplungen könnten das Erdklima schon bei zwei Grad Erwärmung destabilisieren

Fatale Rückkopplung: Das Erdklima ist möglicherweise labiler als bisher gedacht.

Relativ geringe Erwärmung könnte eine Kaskade von positiven Rückkopplungen auslösen, die das Klima irreversibel destabilisiert.

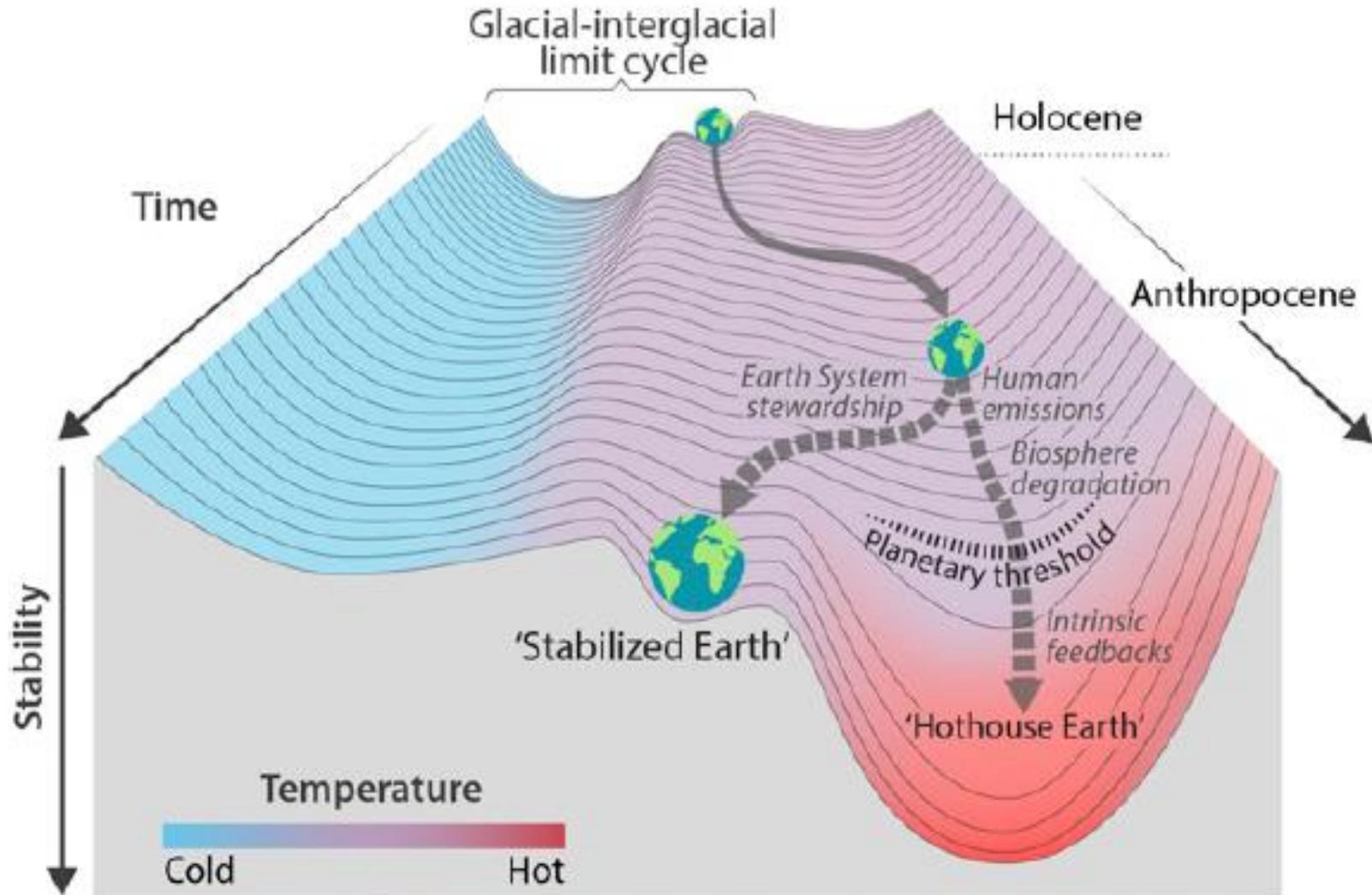
Die Folge: "Umkippen" des irdischen Klimasystems zu einer "Treibhaus-Erde" – einem Klimaregime, in dem die Erwärmung sich selbst verstärkt und kaum mehr aufzuhalten ist.



Trajectories of the Earth System in the Anthropocene

Will Steffen^{a,b,1}, Johan Rockström^a, Katherine Richardson^f, Timothy M. Lenton^d, Carl Folke^{a,g}, Diana Liverman^f, Colin P. Summerhayes^g, Anthony D. Bamosky^h, Sarah E. Cornell^f, Michel Crucifix^{i,j}, Jonathan F. Donges^{a,k}, Ingo Fetzer^a, Steven J. Lade^{a,b}, Marten Scheffer^l, Ricarda Winkelmann^{k,m}, and Hans Joachim Schellnhuber^{a,k,m,1}

Edited by William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, and approved July 6, 2018 (received for review June 19, 2018)



Abschmelzen des grönländischen Eisschildes aufgrund nichtlinearer Abschmelzprozesse und weitere Erwärmung durch Albedo-Effekt

Kollaps des arktischen Meereises und Verschärfung der Erwärmung durch Albedo-Effekt

Methanfreisetzung durch Auftauen des sibirischen Permafrostbodens und weitere Erwärmung

Verlangsamung des Nordatlantikstroms aufgrund von erhöhtem Schmelzwassereintrag

Kollaps des Amazonas-Regenwalds aufgrund von Landnutzung und Klimawandel und weitere Erwärmung durch Umkehr der Senkenfunktion

Heftigere El-Niño-Ereignisse

Abschmelzen des westantarktischen Eisschildes aufgrund nichtlinearer Abschmelzprozesse

Arktis

Permafrost

Grönland

Nordatlantikstrom

Nordische Wälder

Indischer Sommermonsun*

Sahel-Zone

Amazonas-Regenwald

El Niño

Meere

Westantarktis

Bistabilität der Sahel-Zone: zuerst Ergrünung, dann deutlich trockener

Kollaps der borealen Nadelwälder und weitere Erwärmung durch Freisetzung von CO₂

Bistabilität des Indischen Sommermonsuns: Abschwächung aufgrund von Luftverschmutzung oder Verstärkung durch globale Erwärmung

* Kipp-Punkt vor allem von Albedo abhängig, nicht von Temperatur

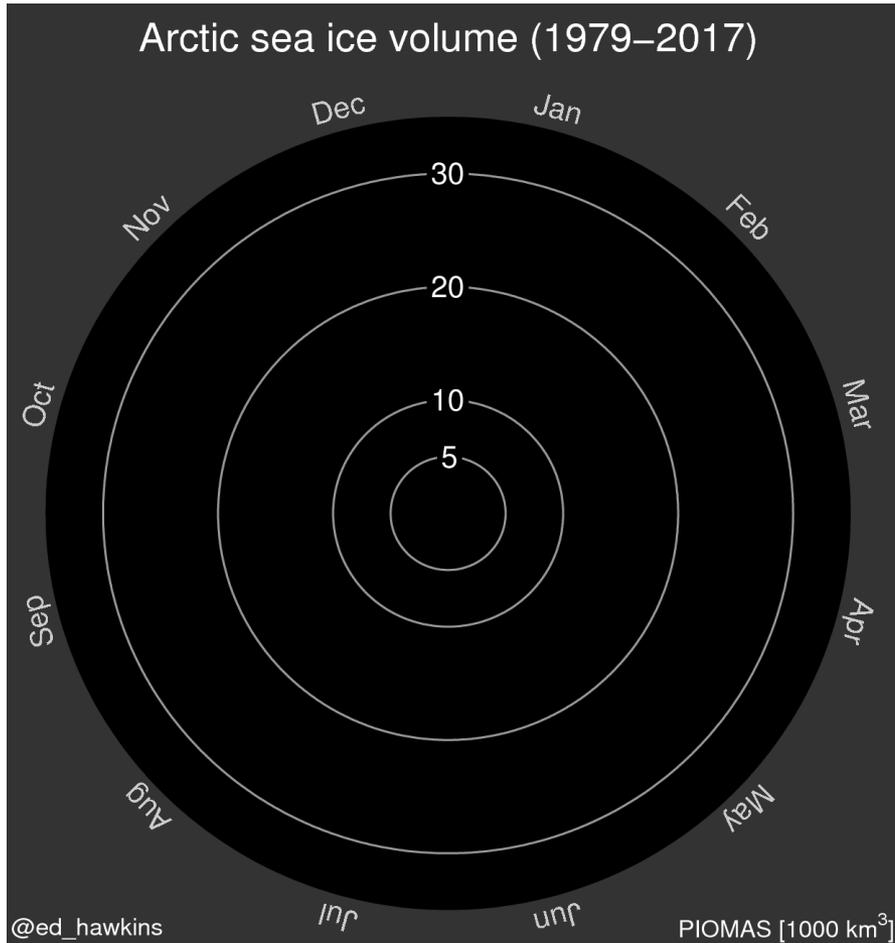
Unterbrechung der arktischen Nahrungskette und massives Korallensterben im Pazifik durch Versauerung und Erwärmung

0°C 1°C 2°C 3°C 4°C 5°C 6°C

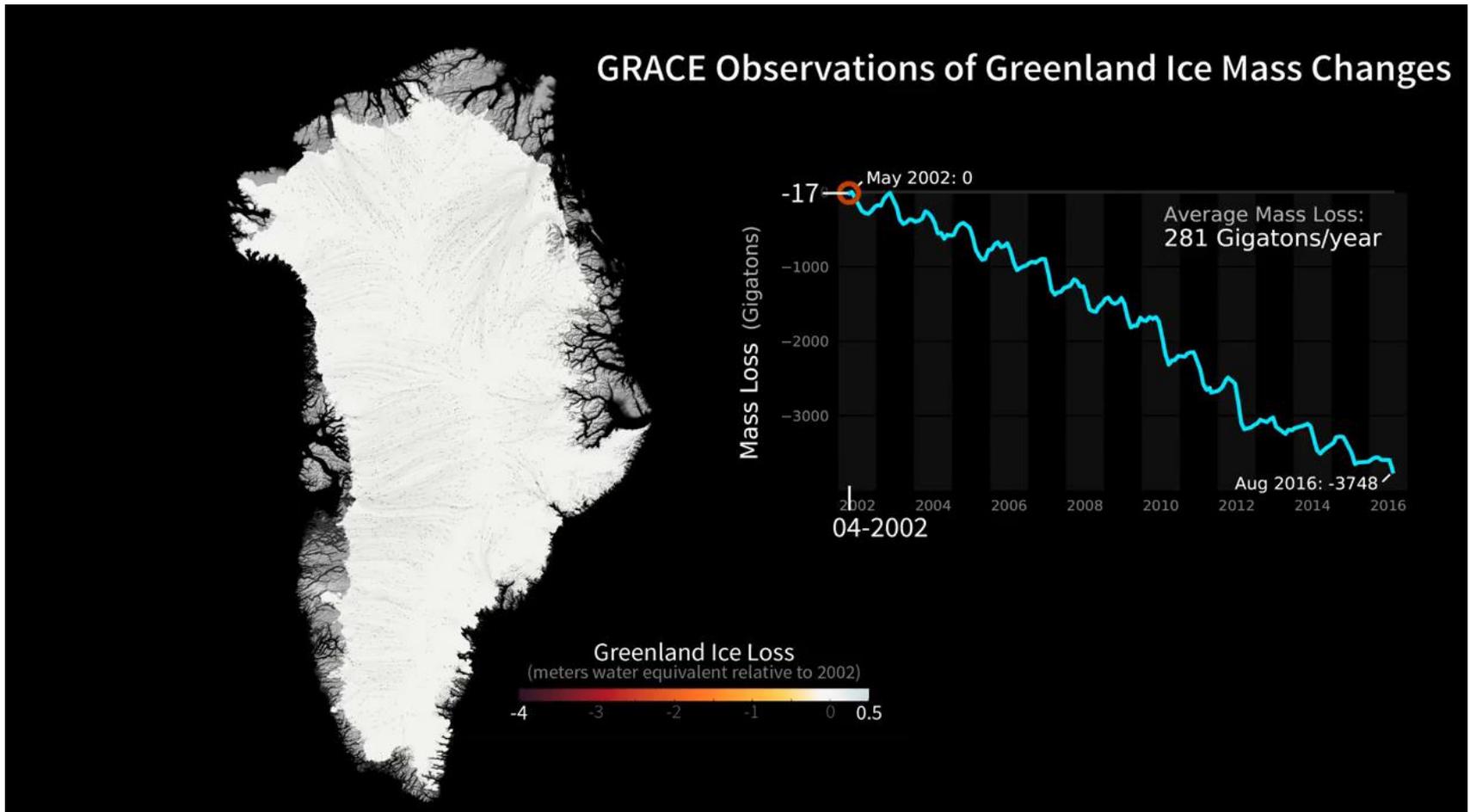
→ wir müssen bis 2050 weit unter 2 Grad bleiben!

Die Natur lässt nicht mit sich verhandeln

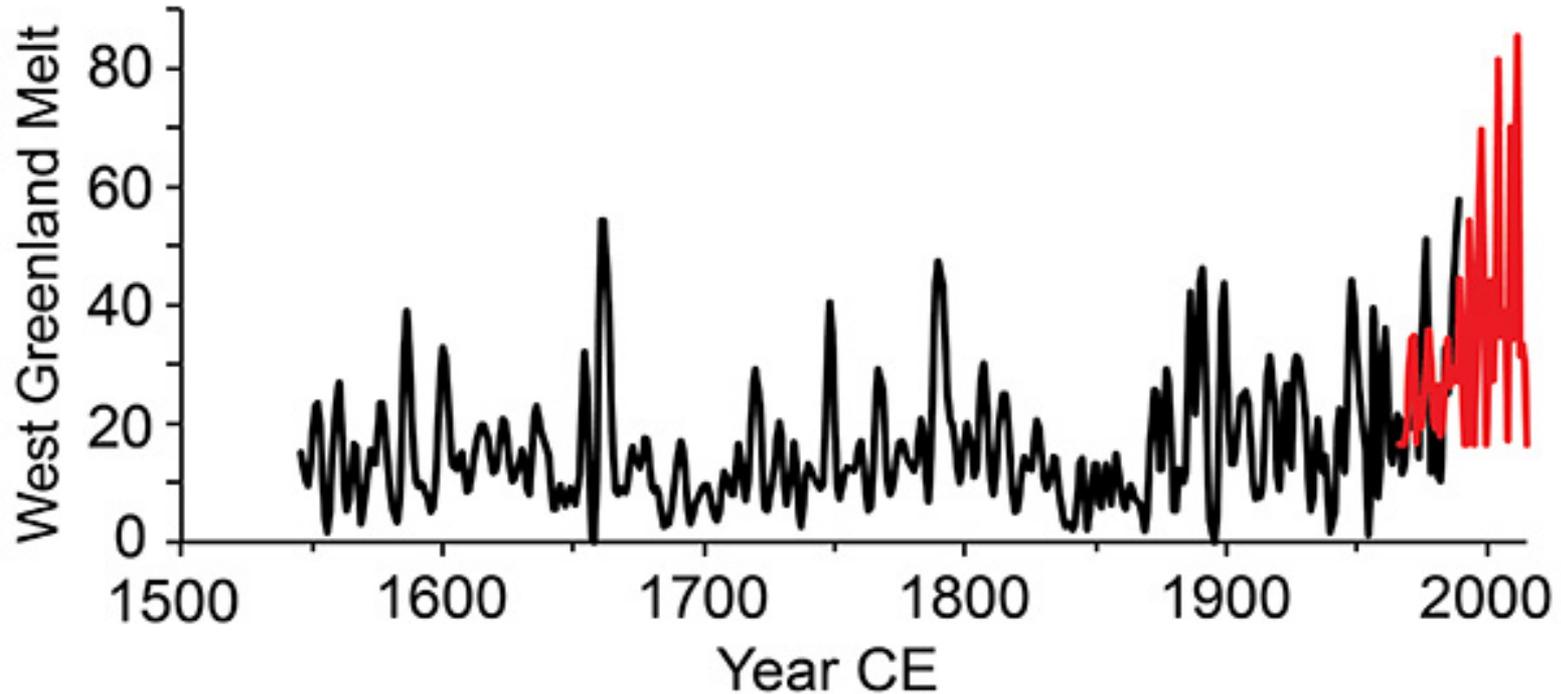
Das arktische Eis schmilzt



Gletscher auf Grönland verschwinden!

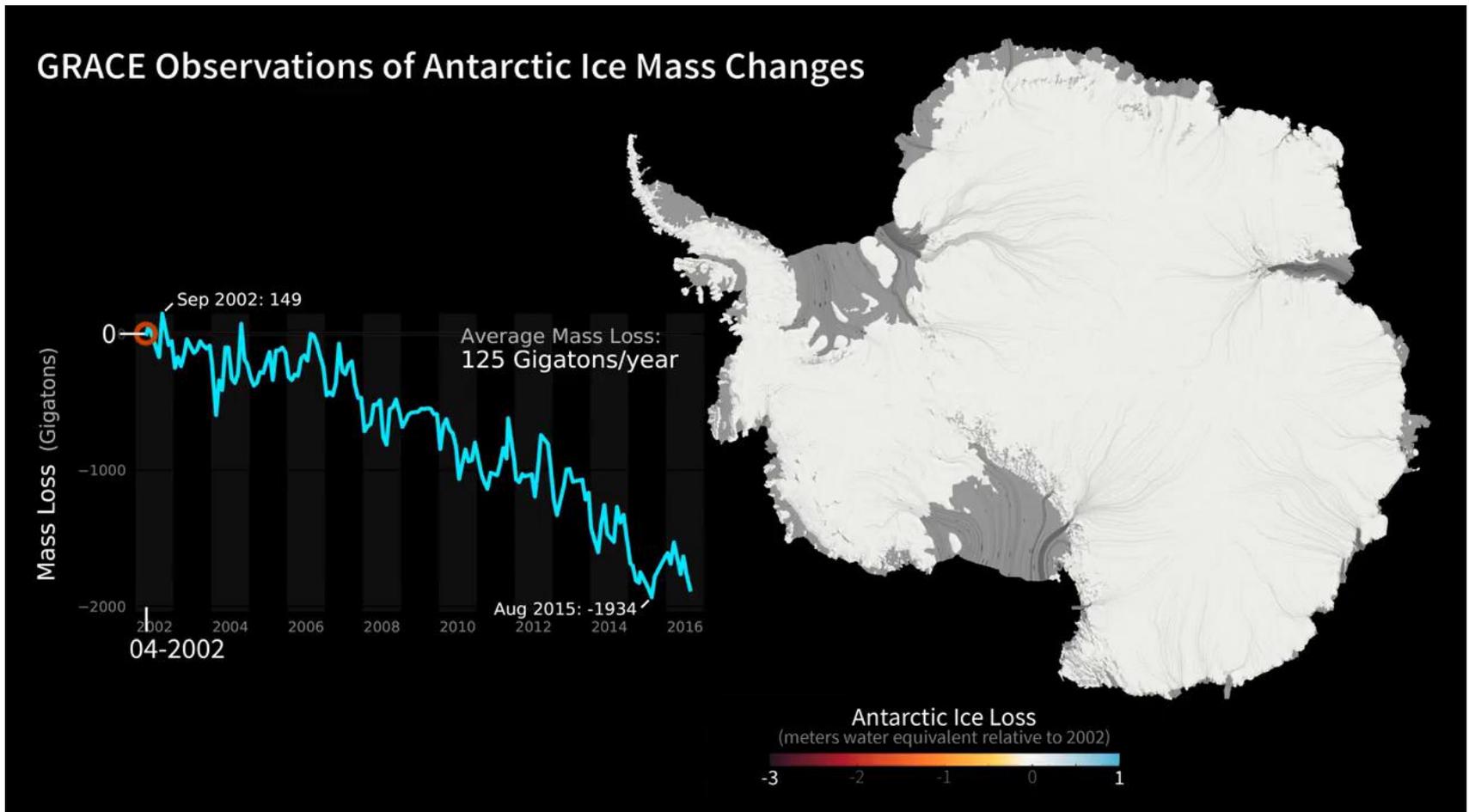


Höchste Schmelzrate seit 450 Jahren

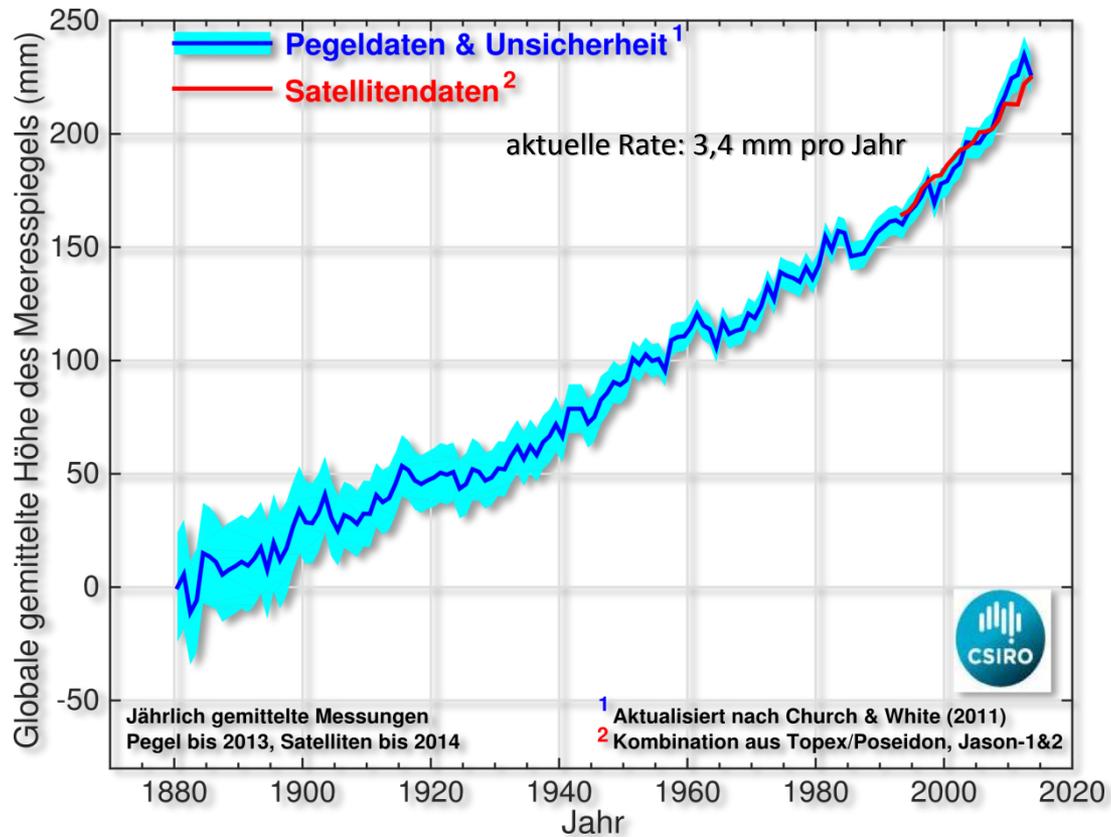


Ice Core Records of West Greenland Melt and Climate Forcing, *Geophys. Res. Lett.* March 2018, Graeter et al.

Auch am Südpol wird es weniger!



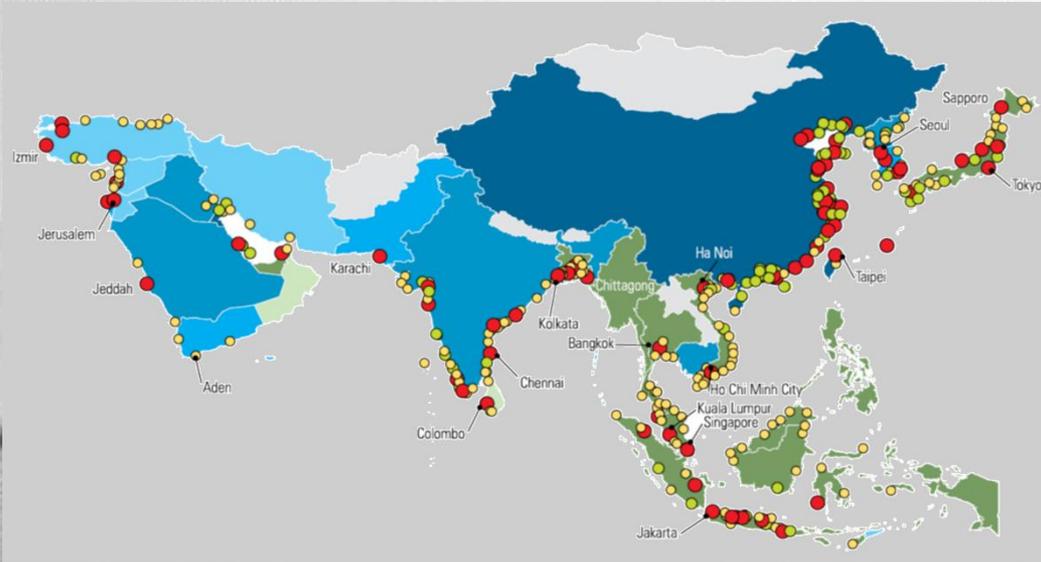
ANSTIEG MEERESSPIEGEL



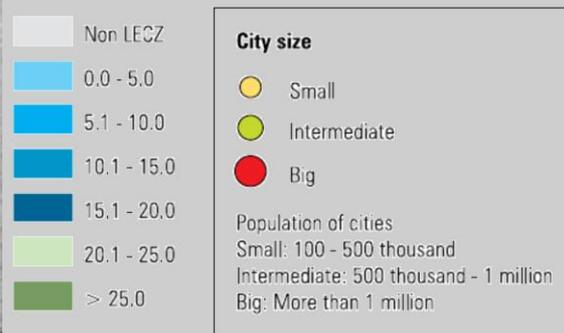
Europa 2100



Anstieg des Meeresspiegels könnte bis 2060 1.4 Milliarden Menschen betreffen



% of national urban population in urban LECZ



LECZ: Low Elevation Coastal Zones are land areas that are contiguous with the coast and ten meters or less in elevation.

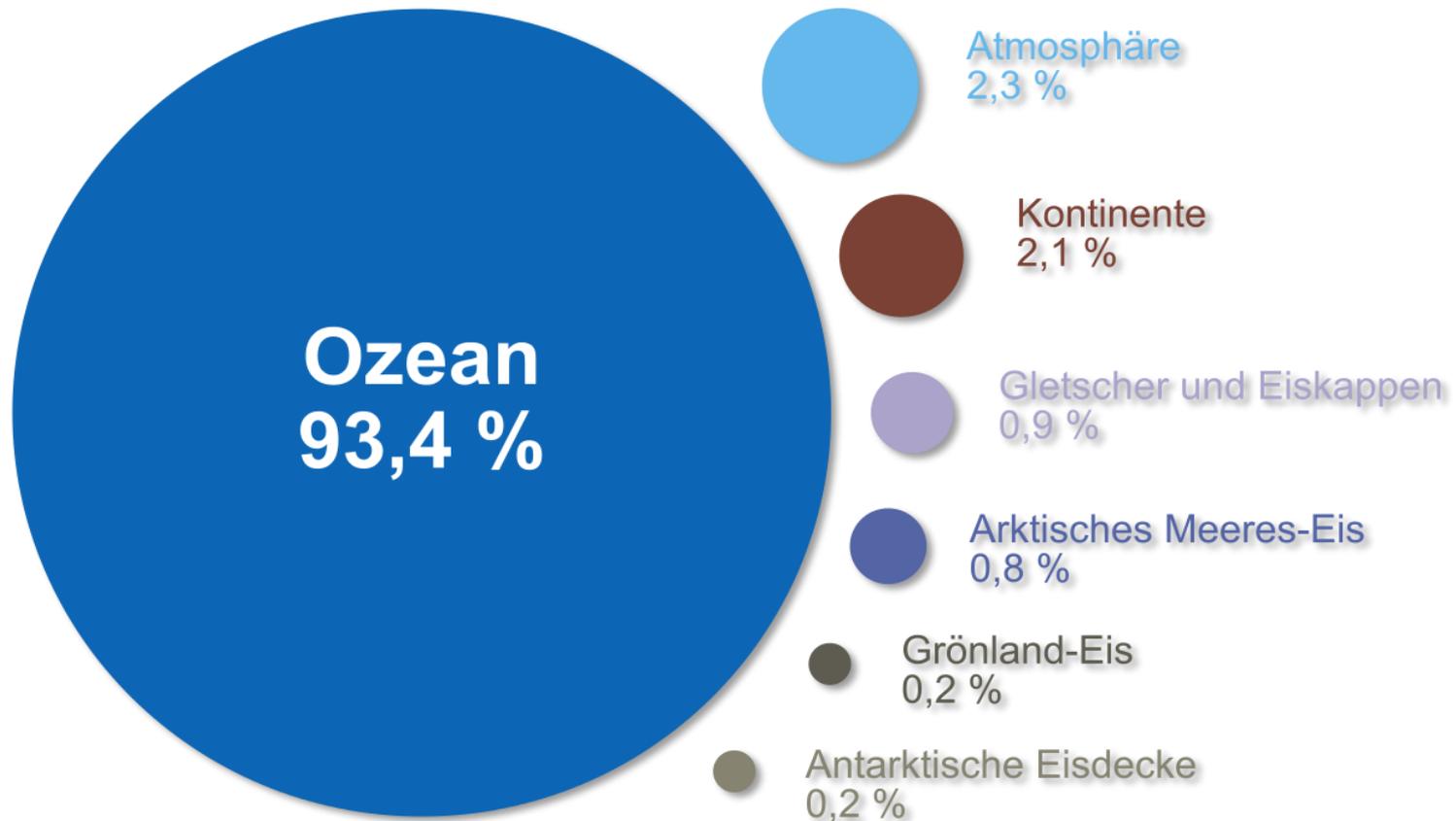


Source: Daesung Lee, On the shore of a vanishing island 13, 2011

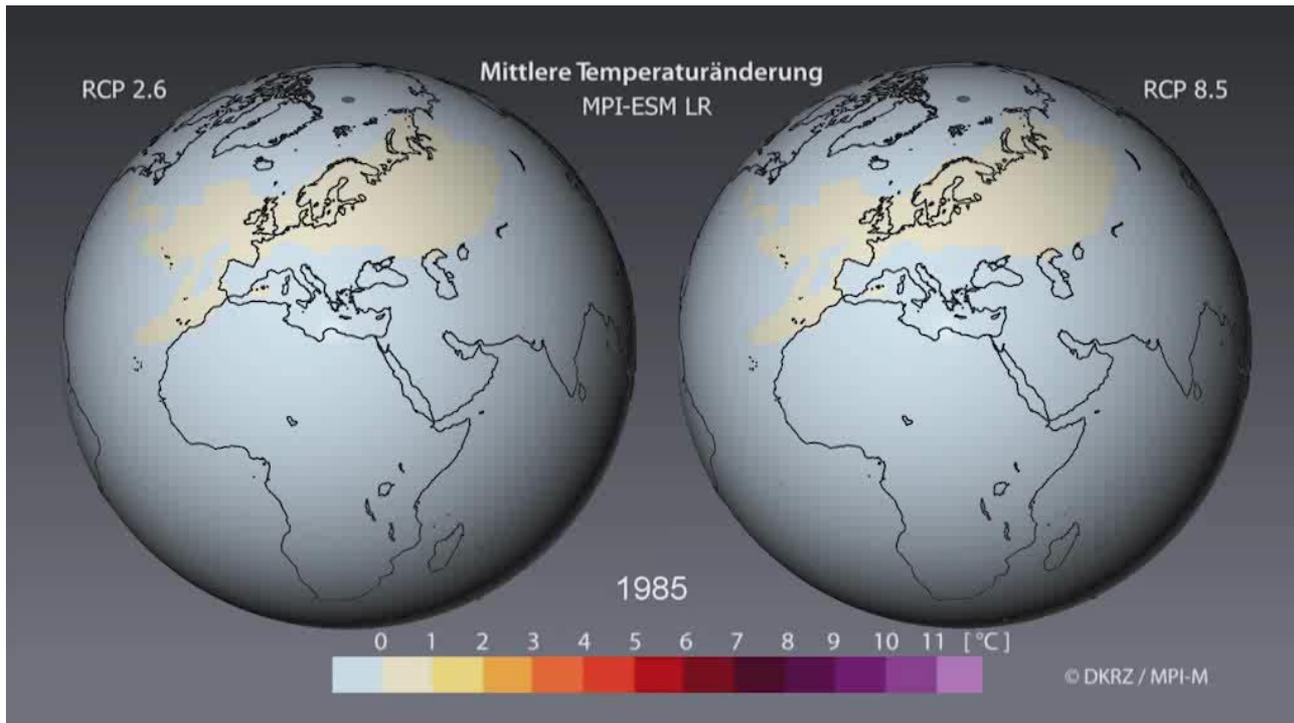
See also Geisler & Currens 2017, Land Use Policy

OZEANE ALS WÄRMESPEICHER

Wohin geht die Erderwärmung? **NOCH!**



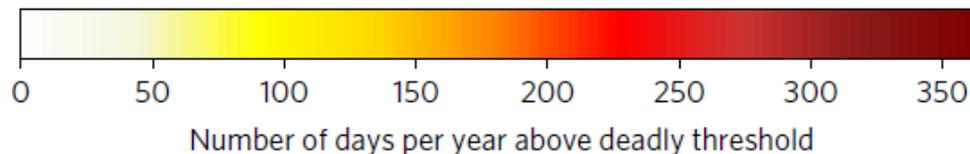
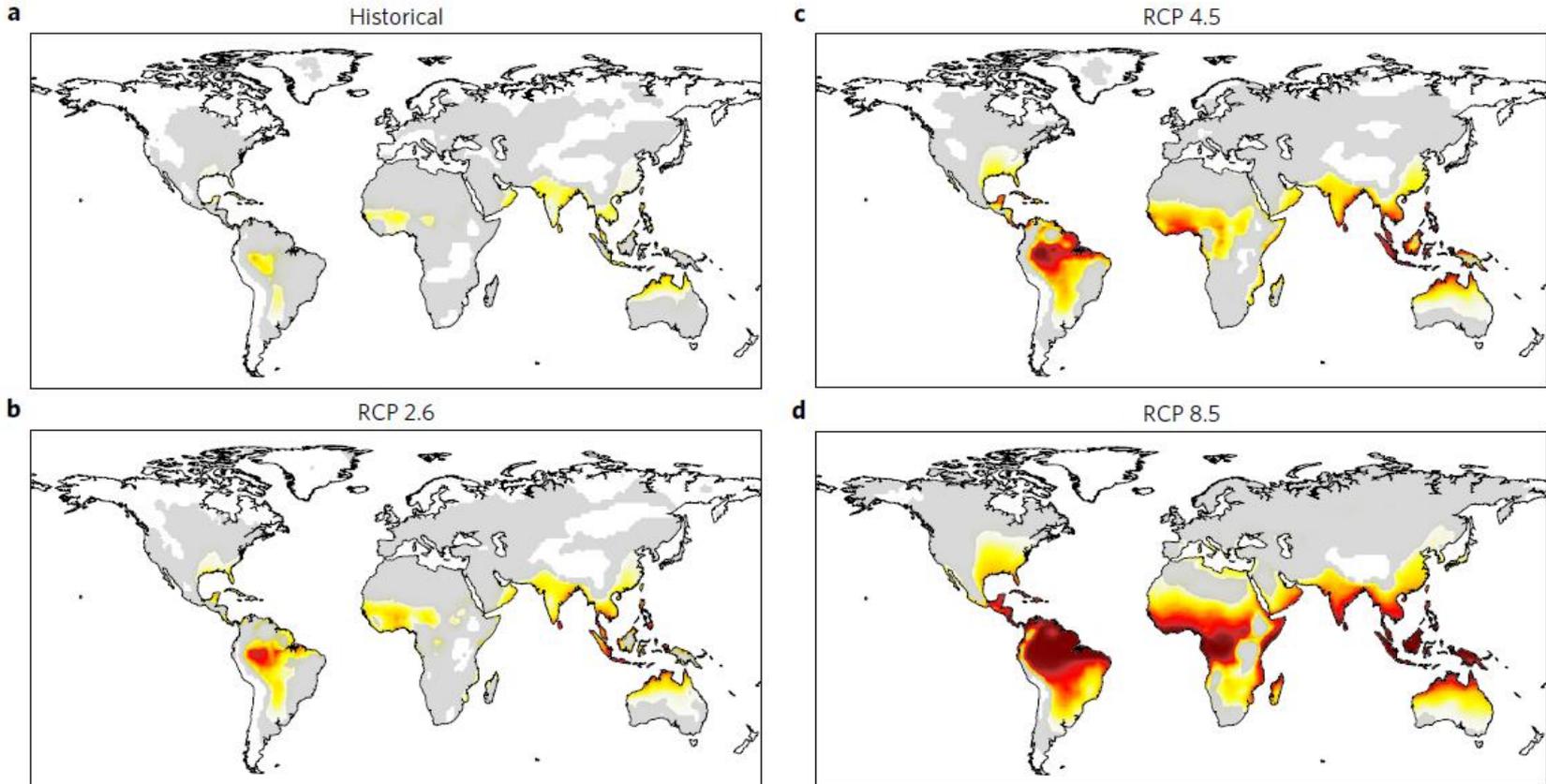
Temperaturprognose 1985 - 2100



Quelle: DKRZ/MPI-M; Prof. Dr. M. Latif, Februar 2015.

Klimawandel und Hitzerisiko: Die Grenzen menschlicher Wärmeregulierung

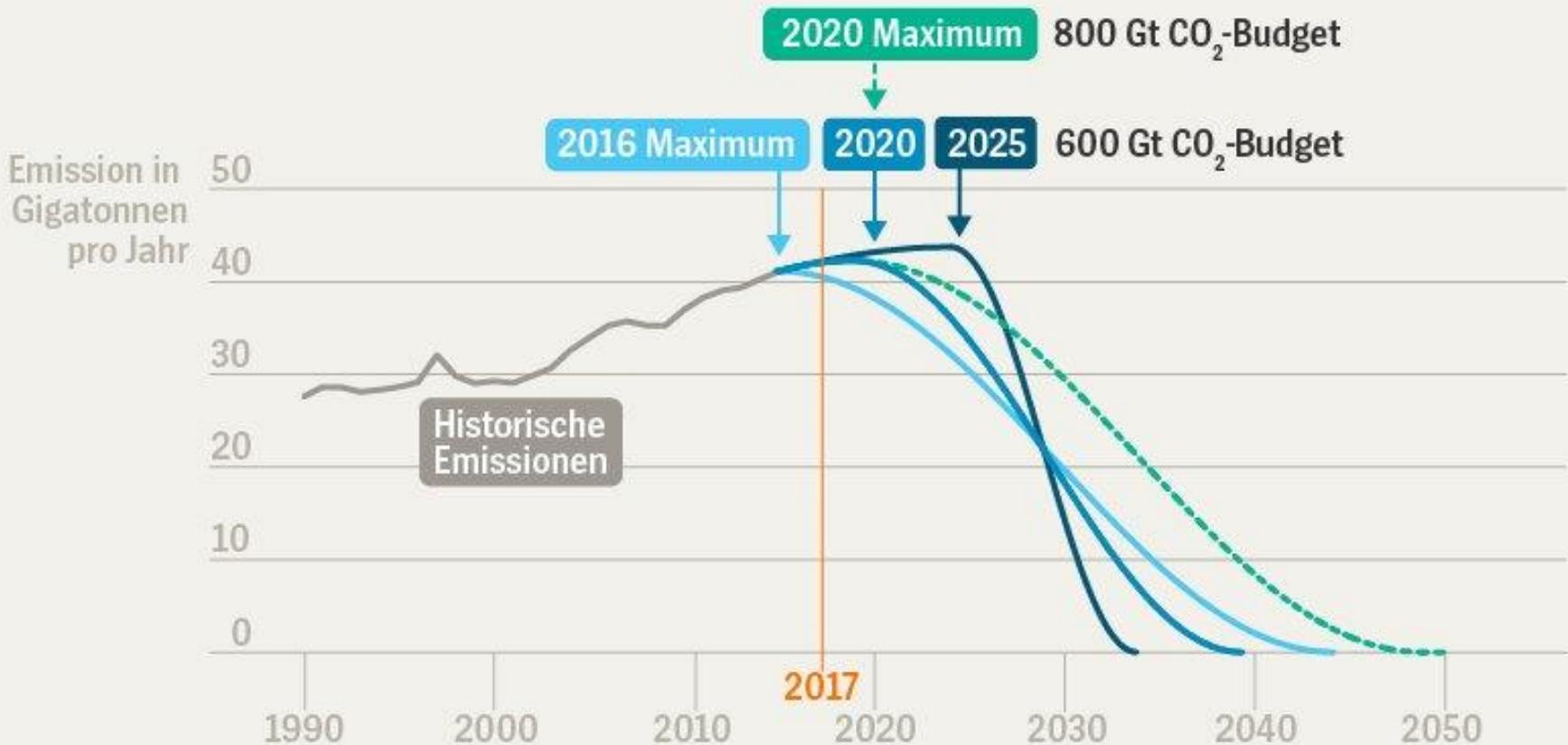
Geographische Verteilung tödlicher Klimazustände unter verschiedenen Emissionsszenarien



Die Integralfalle

Vollbremsung fürs Klima

Emissionsszenarien passend zu Pariser Klimazielen (Erwärmung 1,5 bis 2,0 Grad)



Quelle: The Global Carbon Project / Nature / Rahmstorf

Nachhaltige Industriegesellschaft

Notwendiger Strukturwandel

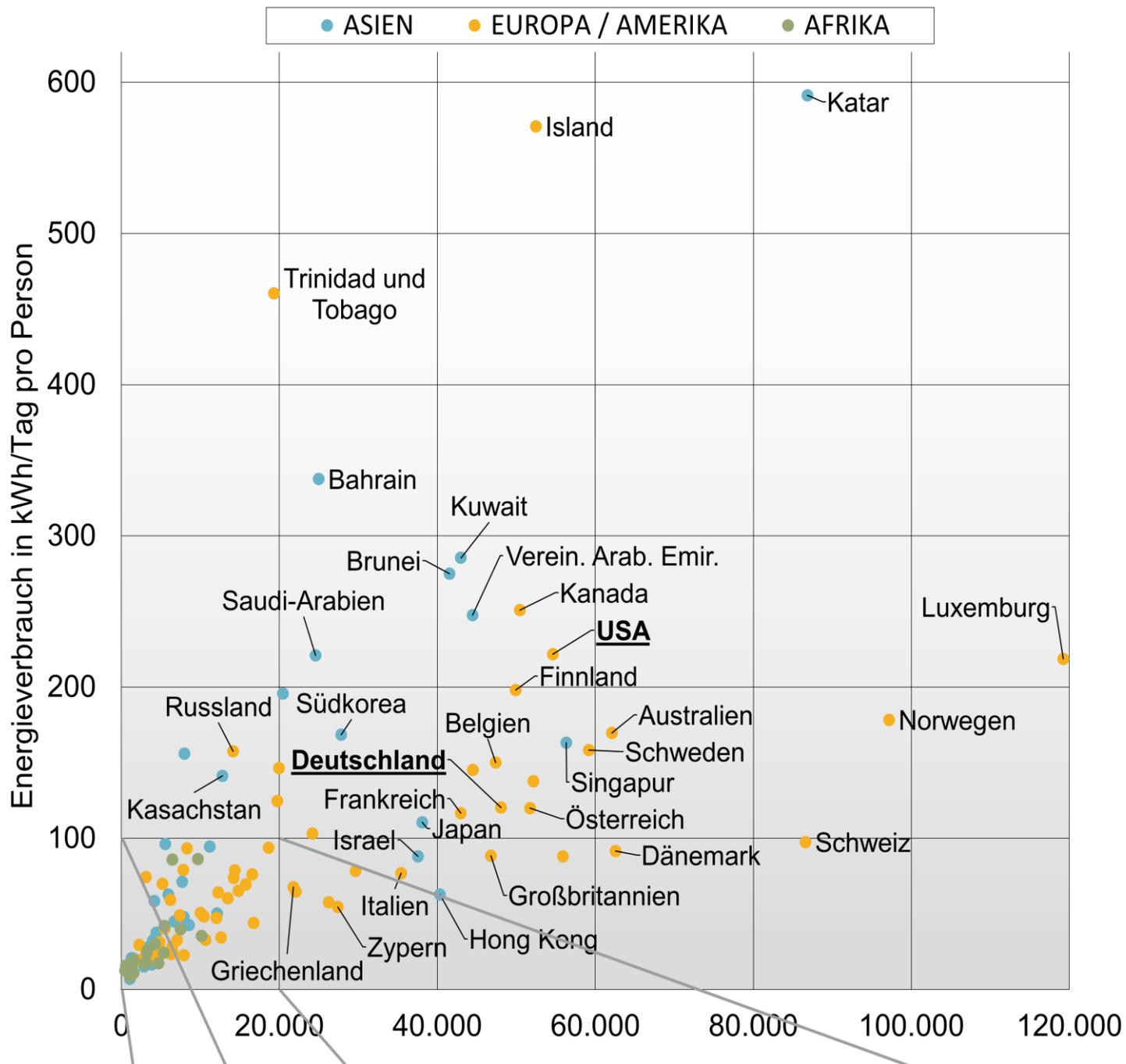


ERNEUERBARE ENERGIEN

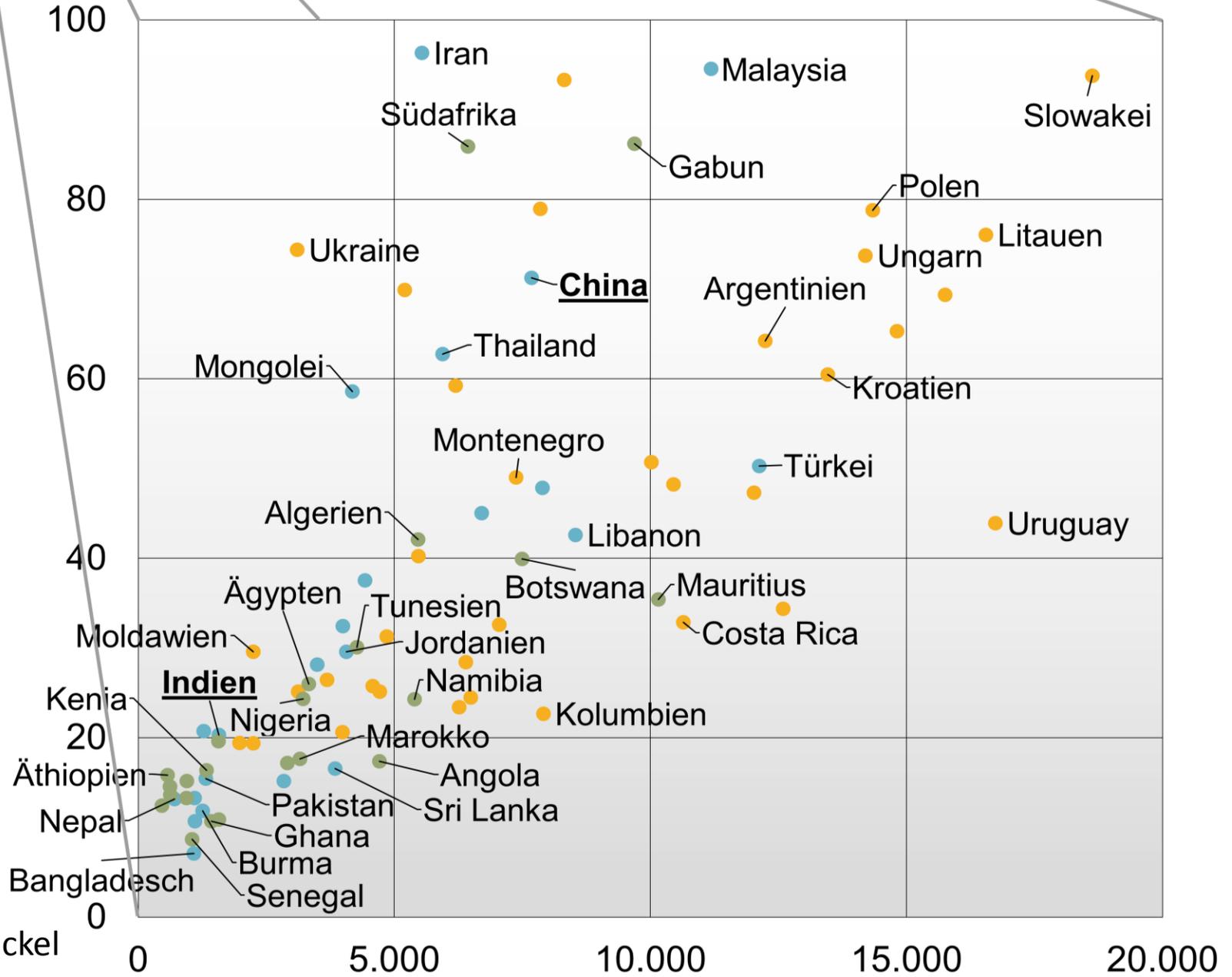
OHNE HEISSE LUFT

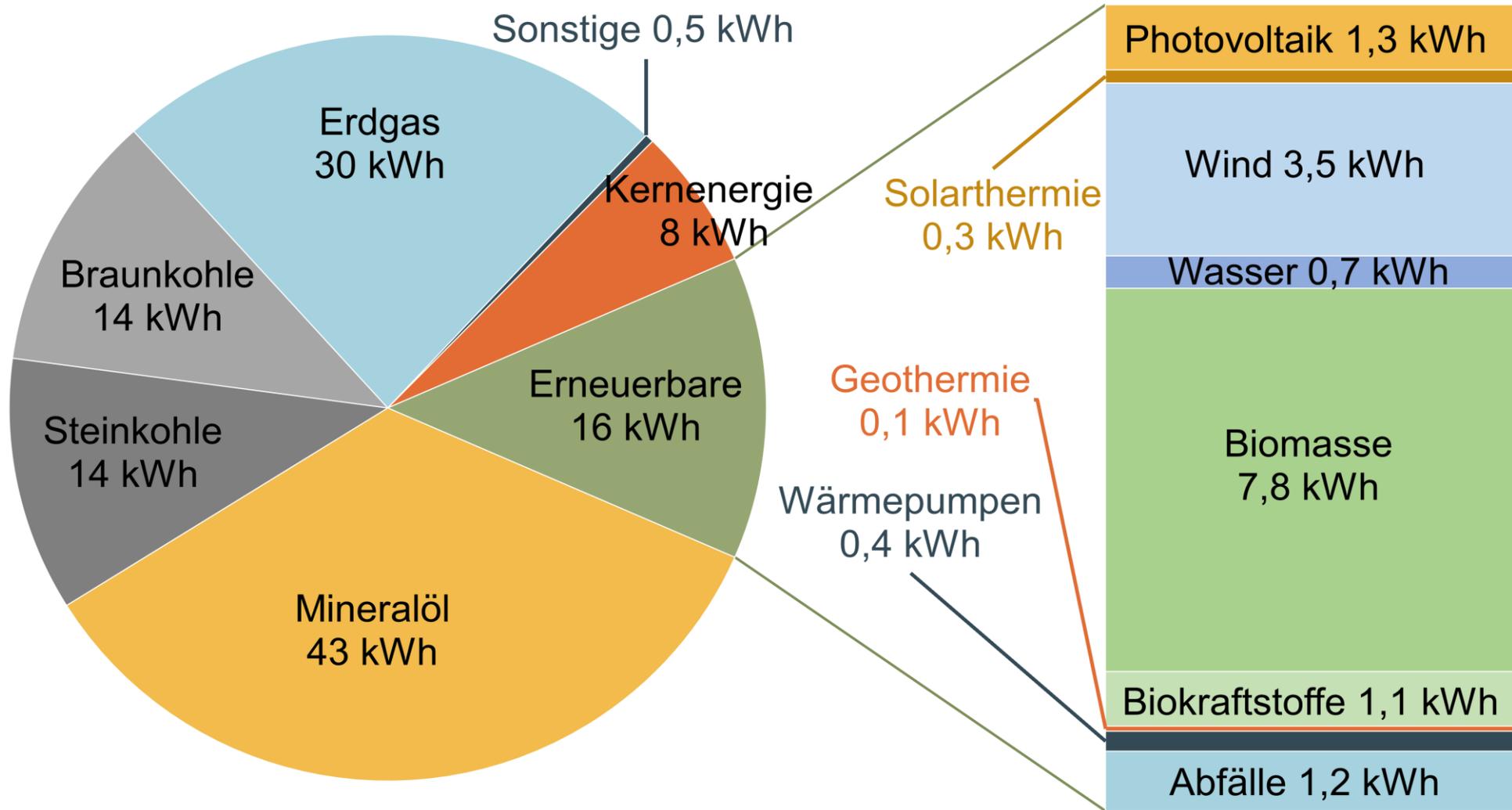


**Christian Holler
Joachim Gaukel**

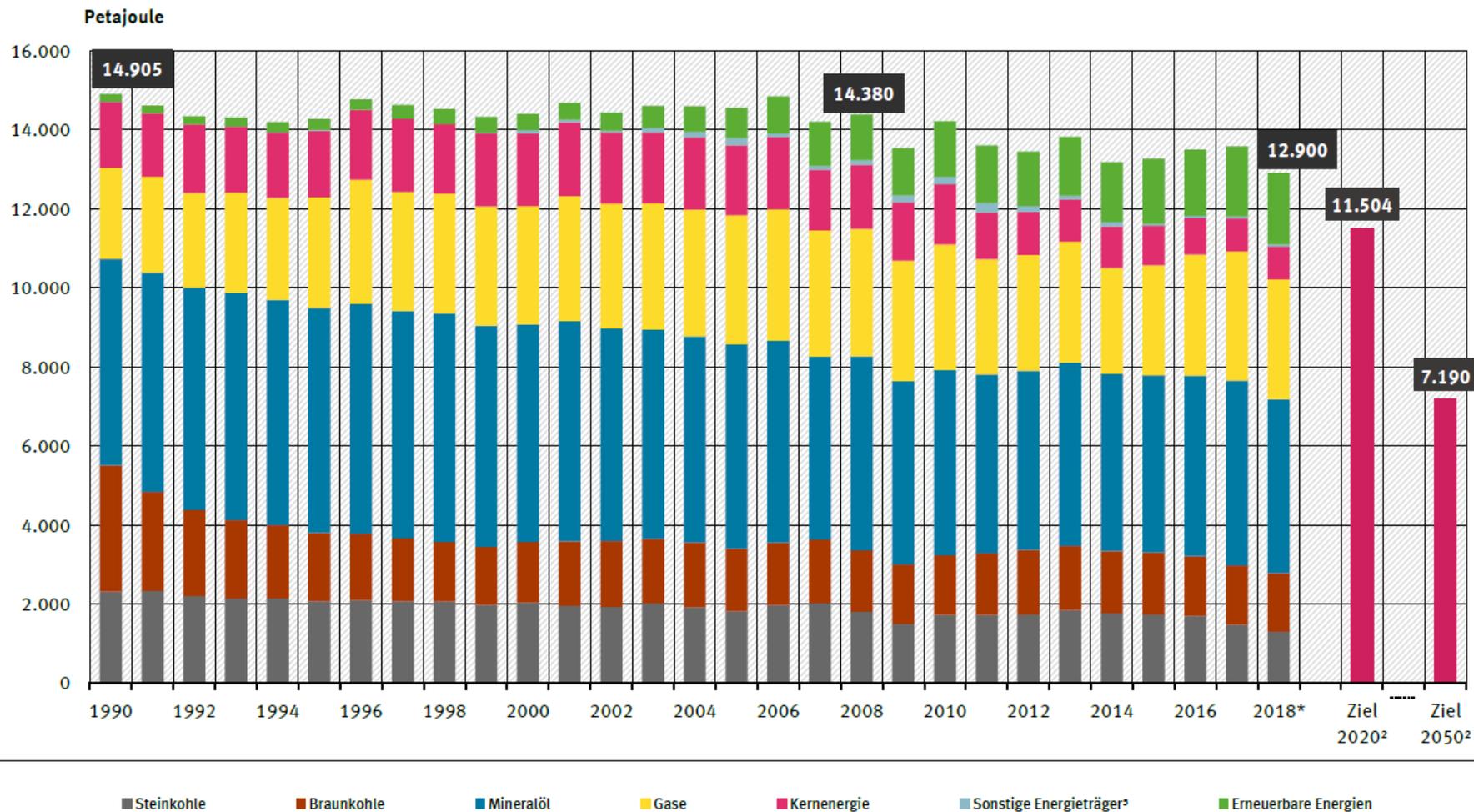


Bruttosozialprodukt in Dollar pro Person pro Jahr





Entwicklung des Primärenergieverbrauchs¹ in Deutschland nach Energieträgern mit politischen Zielen



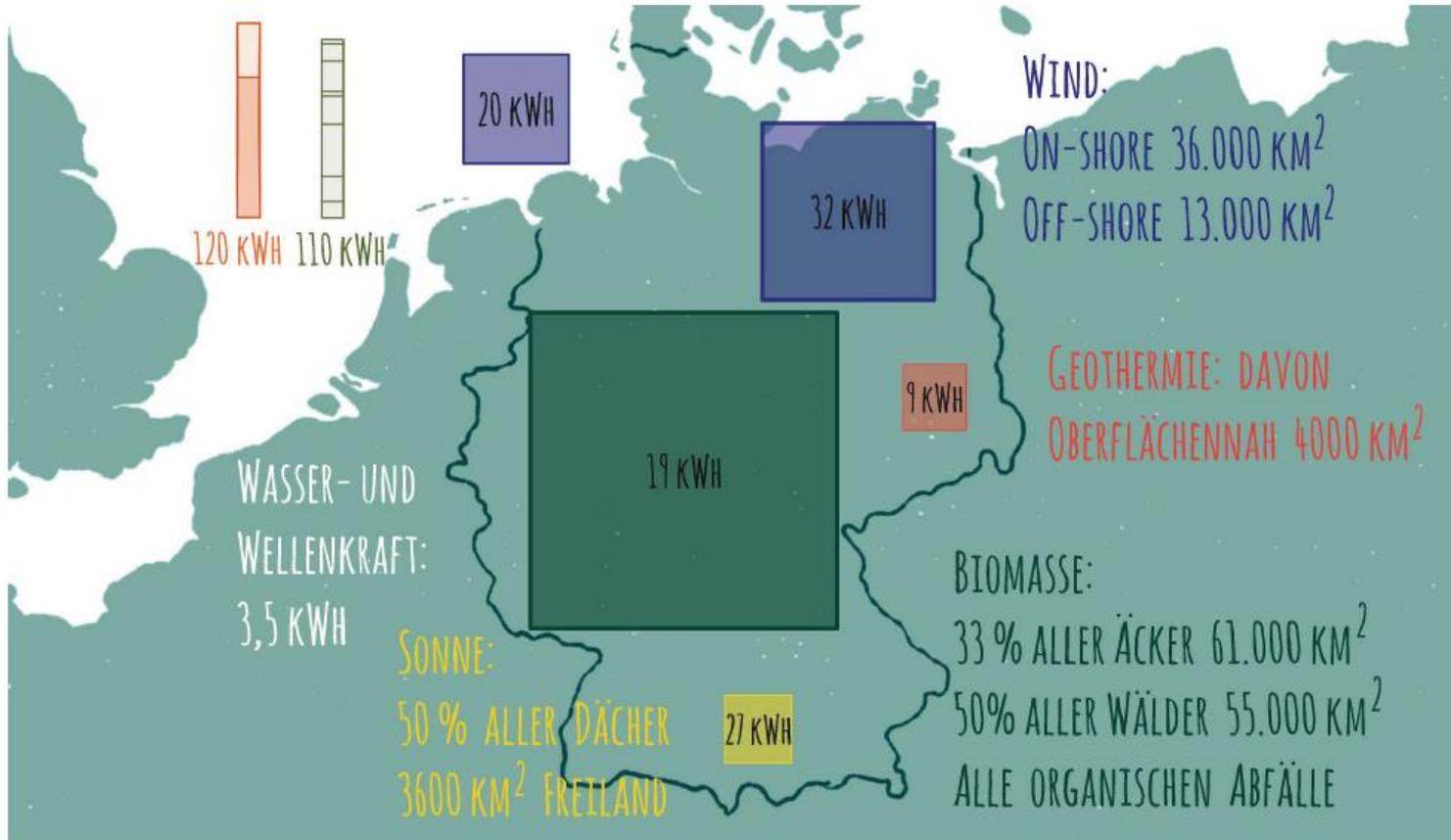
¹ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes

² Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung: Senkung des Primärenergieverbrauchs bis 2020 um 20% und bis 2050 um 50% (Basisjahr 2008)

³ sonstige Energieträger: Grubengas, nicht-erneuerbare Abfälle und Abwärme sowie der Stromaustauschsaldo

* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2017, Stand 07/2018; für 2017/2018-Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Primärenergieverbrauch, Stand 12/2018



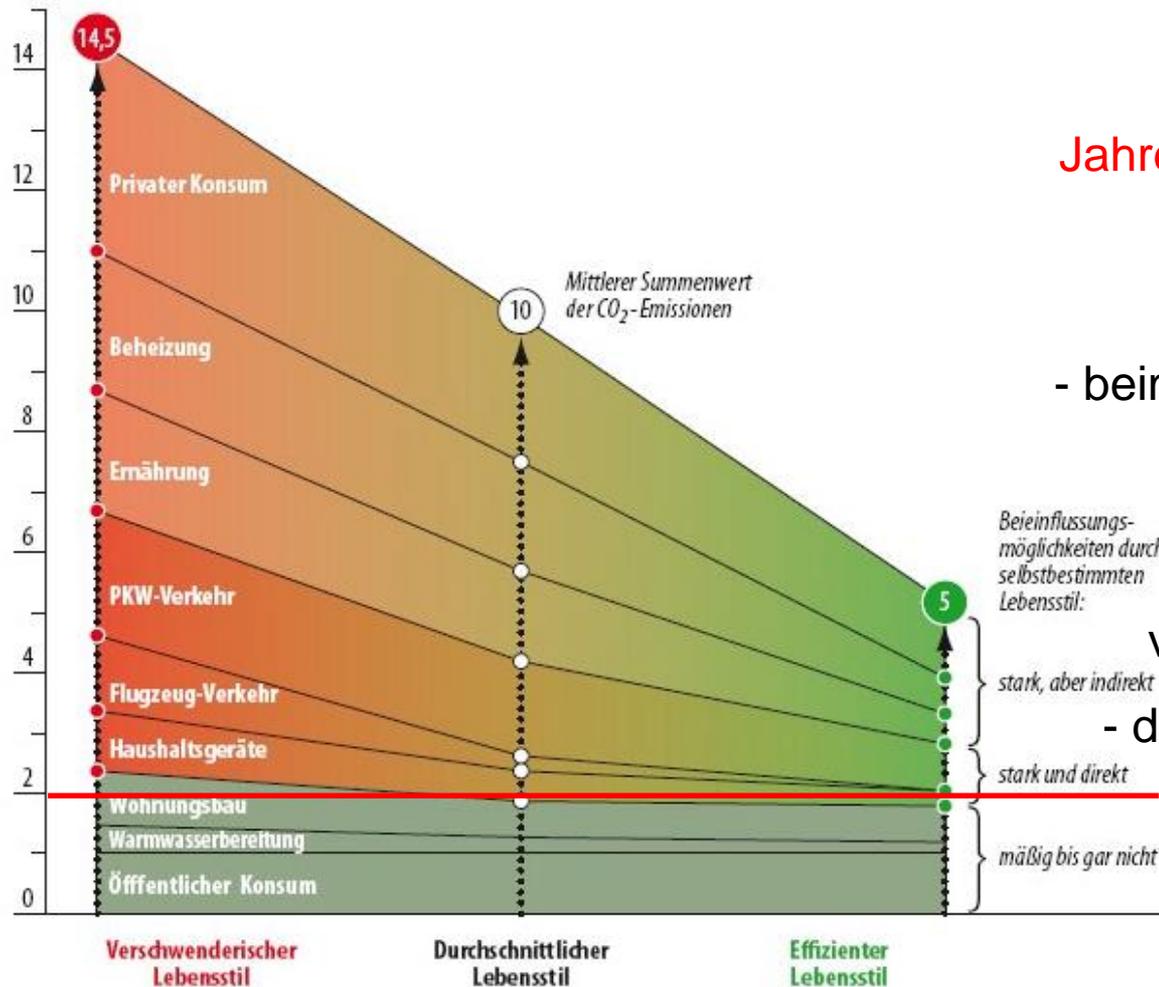
WAS KÖNNEN WIR TUN?



- VIEL WENIGER ENERGIE VERBRAUCHEN
- ERNEUERBARE RADIKAL AUSBAUEN
- INTERNATIONAL ZUSAMMENARBEITEN

Handlungsmöglichkeiten

CO₂-Emissionen in Tonnen pro Kopf und Jahr



Rolle des Einzelnen:

Deutschland heute: ca. 10 t CO₂ pro Person und Jahr

Langfristig klimagerechtes Jahresbudget eines Erdenbürgers: 2 t CO₂ pro Jahr

- grünen Strom beziehen
- beim Neukauf von Elektrogeräten besonders effiziente Modelle kaufen
- Flugreisen weitestgehend vermeiden oder kompensieren
- durch nachhaltige Geldanlagen Mikrokreditsysteme und Klimaschutztechnologien unterstützen

Beinflussungsmöglichkeiten durch selbstbestimmten Lebensstil:

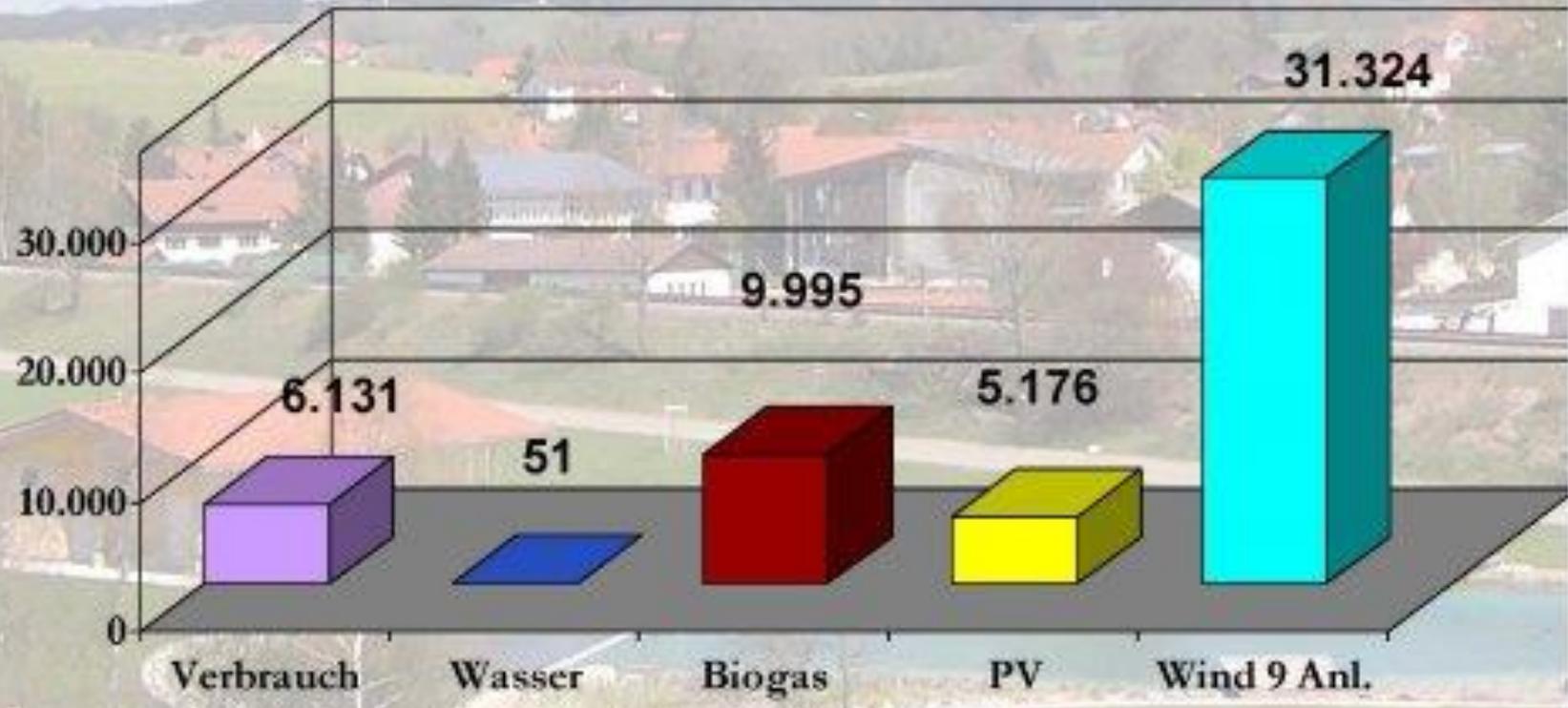
stark, aber indirekt

stark und direkt

mäßig bis gar nicht

Energie

Verbrauch 6.131 MWh (Netzbezug)
Erzeugung 46.546 MWh



Verbrauch und Erzeugung Erneuerbarer Energien in Wildpoldsried (2018/MWh – 759 %)



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz



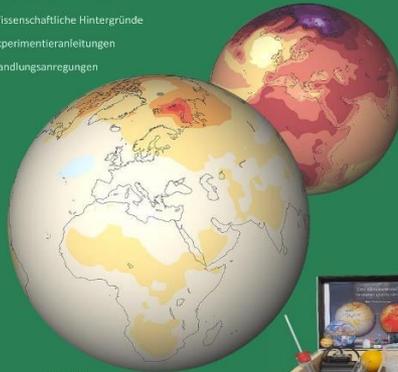
Der Klimawandel: Verstehen und Handeln

Ein MINT-Projekt für die Schule
Mit Experimenten und Aktivitäten

Version September

Handbuch

Wissenschaftliche Hintergründe
Experimentieranleitungen
Handlungsanregungen



Quelle: DKRZ

Dr. Cecilia Scorza LMU Fakultät Physik München
Prof. Dr. Harald Lesch LMU Fakultät Physik München
Moritz Strähle Assingymnasium München
Dr. Dominika Boneberg GFZ Deutsches Geo- und Kosmosforschungszentrum, Potsdam
David Dornin LMU Physik München
Dr. Markus Nießböck Haus der Astronomie Heidelberg

Mit Beiträgen von Dr. Olaf Fischer und Friederike Strähle



Physics For Future Erneuerbare Energie für die Schule

Aus der Reihe „Forschung in die Schule“ FIS!

Version August 2019

Handbuch

Wissenschaftliche Hintergründe
Experimentieranleitungen
Anwendungen in der aktuellen Forschung



Dr. Cecilia Scorza LMU Fakultät Physik München
Stefan Krübler LMU Physik München
Florian Lesch Ing.-büro Feck/Lesch München
Prof. Harald Lesch LMU Physik Fakultät München

Lehrernetzwerk Website



Projekt Materialien Klimakoffer Veranstaltungen Kontakt

Klimawandel verstehen und handeln

Unterrichtsmaterialien und
Ideen für die Schule

>> **Das Projekt**

>> **Materialien**

kontakt@lehrernetzwerk-klimawandel.de

<https://klimawandel-schule.de/>

**»Jede Reise beginnt mit dem
ersten Schritt«**

(Lao Tse)

**Man muss sich Sisyphos als einen
glücklichen Menschen vorstellen!**

(A. Camus)

Jan Zalasiewicz

The Earth After Us

What legacy
will humans
leave in
the rocks?

