



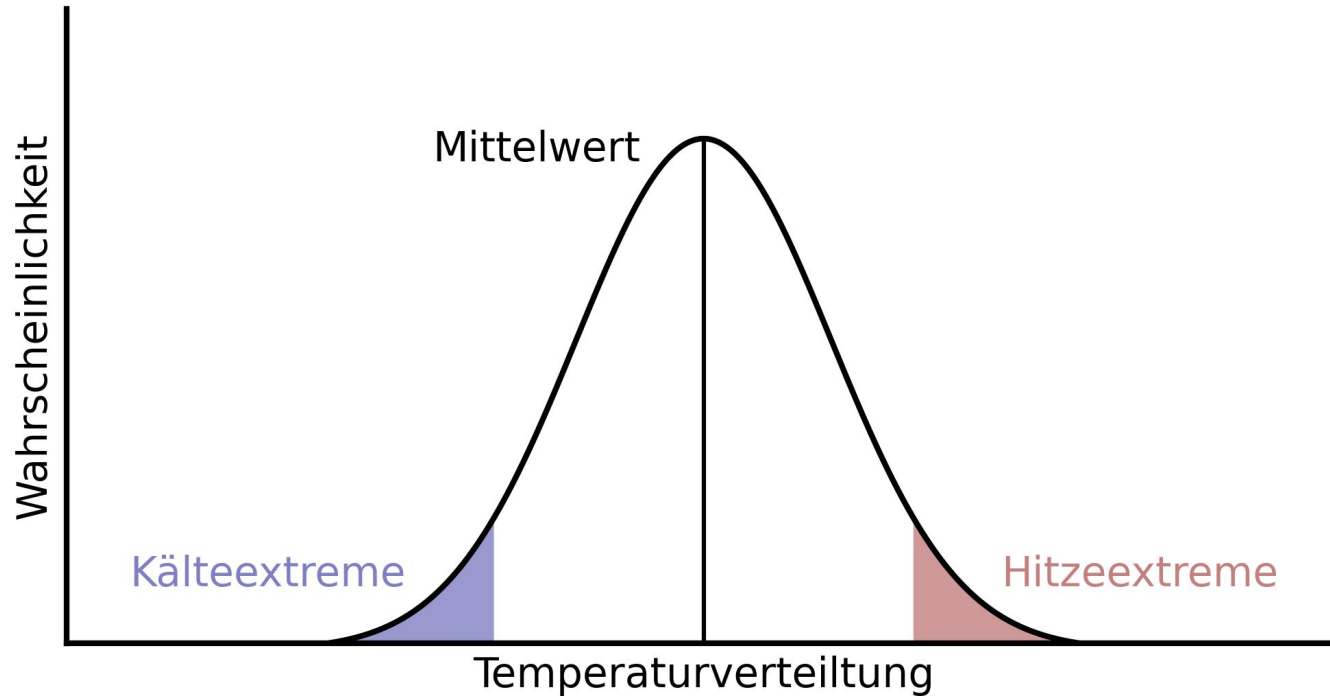
Mehr als ein Mittelwert: Wie ändern sich Temperaturextreme mit dem Klimawandel?

Dr. Lukas Brunner

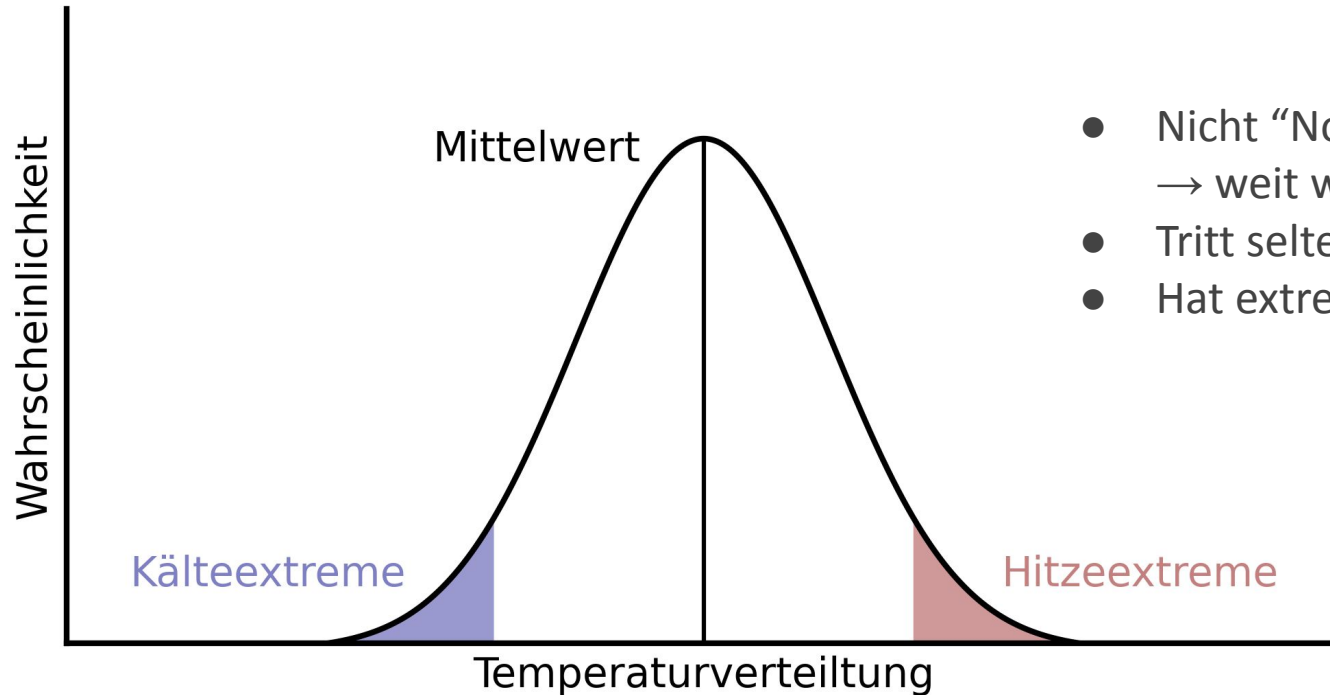
Wer hat schon einmal ein Temperaturextrem miterlebt?

Was macht ein Temperaturextrem aus?

Was macht ein Temperaturextrem aus?



Was macht ein Temperaturextrem aus?



- Nicht "Normal"
→ weit weg vom Mittelwert
- Tritt selten auf
- Hat extreme Auswirkungen

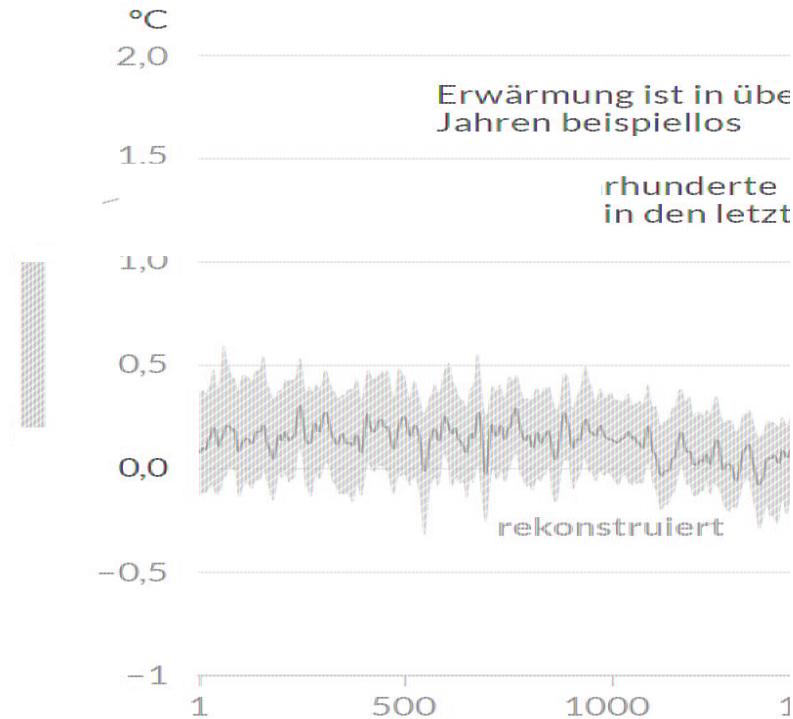
Wer hat schon einmal erlebt wie sich die globale Mitteltemperatur anfühlt?

Inhalt

Überblick über **lokale Temperaturextreme** und ihre Änderungen mit dem Klimawandel in einem globalen Kontext:

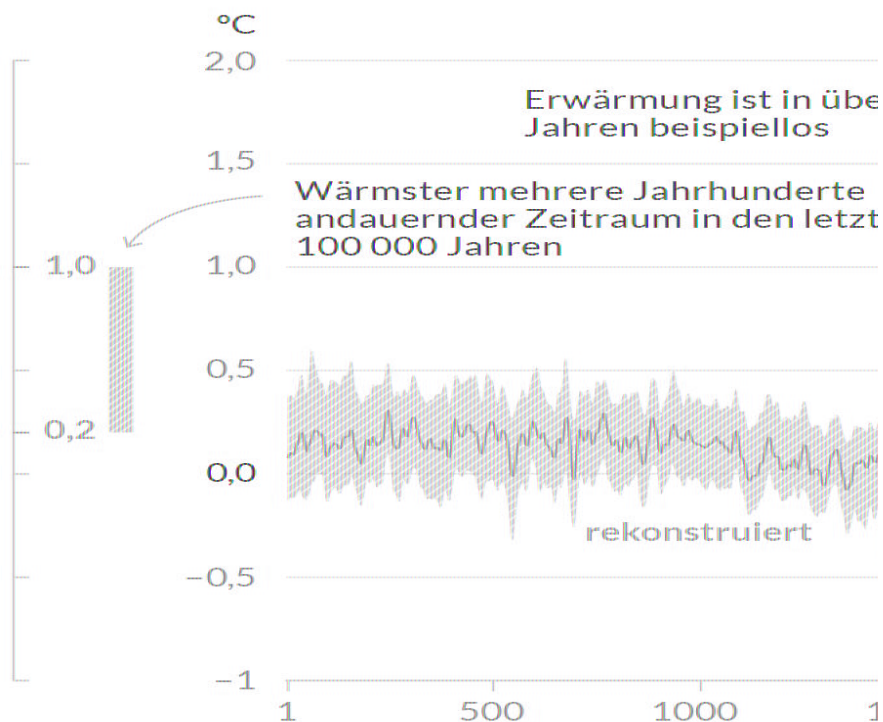
1. Änderungen der globalen Mitteltemperatur
2. Von globalem Klima zu lokalen Extremen
3. Temperaturextreme im Klimawandel

Unsere Emissionen führen zu einer Temperatur die heute höher ist als in den letzten 2000 Jahren



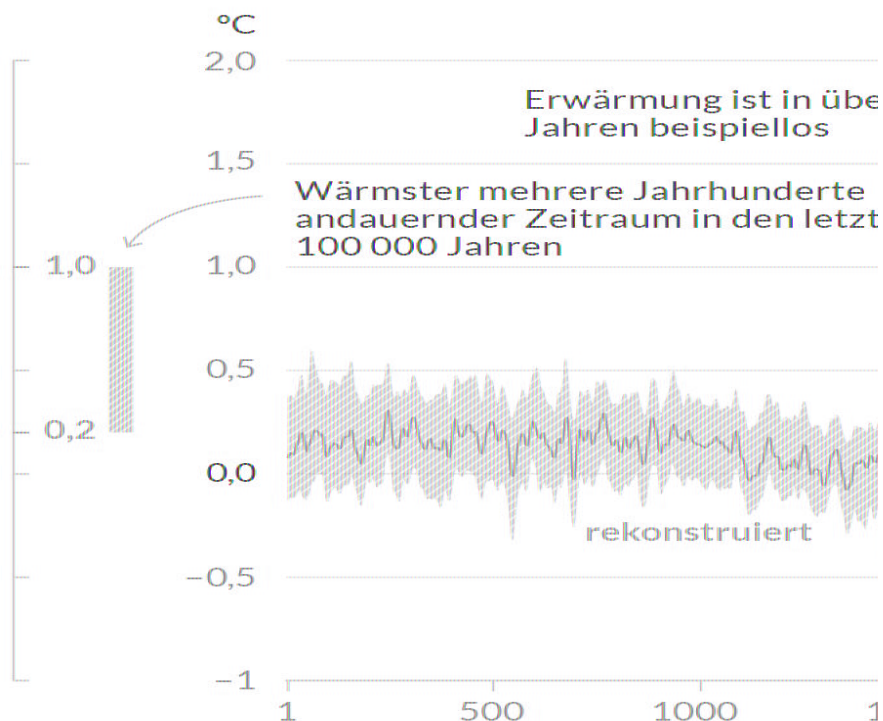
Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

Unsere Emissionen führen zu einer Temperatur die heute höher ist als in den letzten 2000 Jahren oder mehr...



Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

Unsere Emissionen führen zu einer Temperatur die heute höher ist als in den letzten 2000 Jahren oder mehr...



Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

DERSTANDARD

Wissen und Gesellschaft > Natur International Deutschland Österreich Web mehr...

KLIMAKRISE

Höchsttemperaturen wie 2023 gab es womöglich erstmals seit 100.000 Jahren

Ein neuer Klimareport warnt vor einem lebensbedrohlichen Zustand der Erde.

2024 - a second record-breaking year, following the exceptional 2023

2024 saw unprecedented global temperatures, following on from the remarkable warmth of 2023. It also became the first year with an average temperature clearly exceeding 1.5°C above the pre-industrial level – a threshold set by the Paris Agreement to significantly reduce the risks and impacts of climate change. Multiple global records were broken, for greenhouse gas levels, and for both air temperature and sea surface temperature, contributing to extreme events, including floods, heatwaves and wildfires. These data highlight the accelerating impacts of human-caused climate change.

Key temperature statistics for 2024

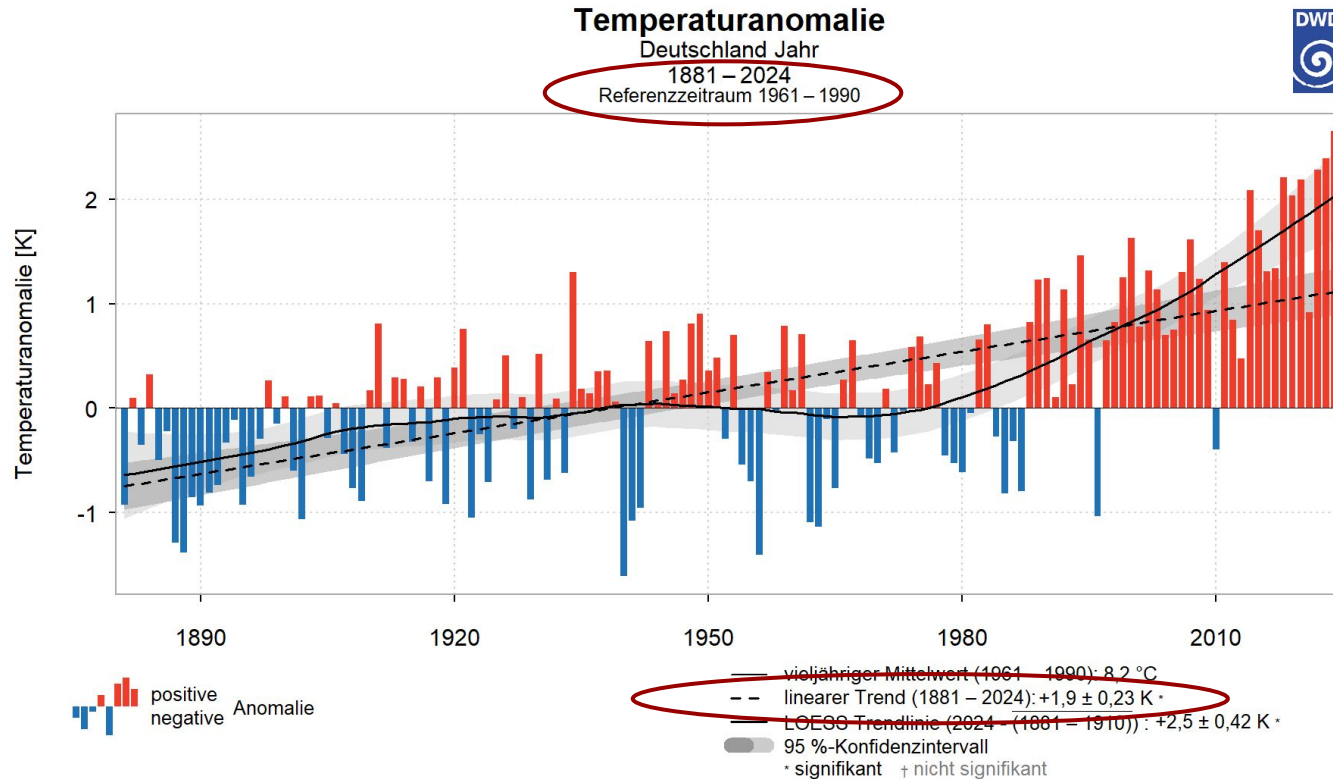
Region	Anomaly (vs 1991–2020)	Actual temperature	Rank (out of 85 years)
Globe	+0.72°C (+1.60°C vs pre-industrial)	15.10°C	1st highest 2nd: 2023
Europe	+1.47°C	10.69°C	1st highest 2nd: 2020
Arctic	+1.34°C	-11.37°C	4th highest 1st: 2016
Extra-polar ocean	+0.51°C	20.87°C	1st highest 2nd: 2023

Find more about data, definitions and methods in the [GCH2024 Data and methods page](#). The European region is defined as 25°W-40°E, 34°-72°N. The extra-polar ocean region is defined as 60°N-60°S.
Statistics for globe, Europe and the Arctic refer to surface air temperatures, statistics for extra-polar ocean refer to the sea surface temperature. Temperatures for Europe and the Arctic are over land only.

Data source: ERA5 • Credit: C3S/ECMWF

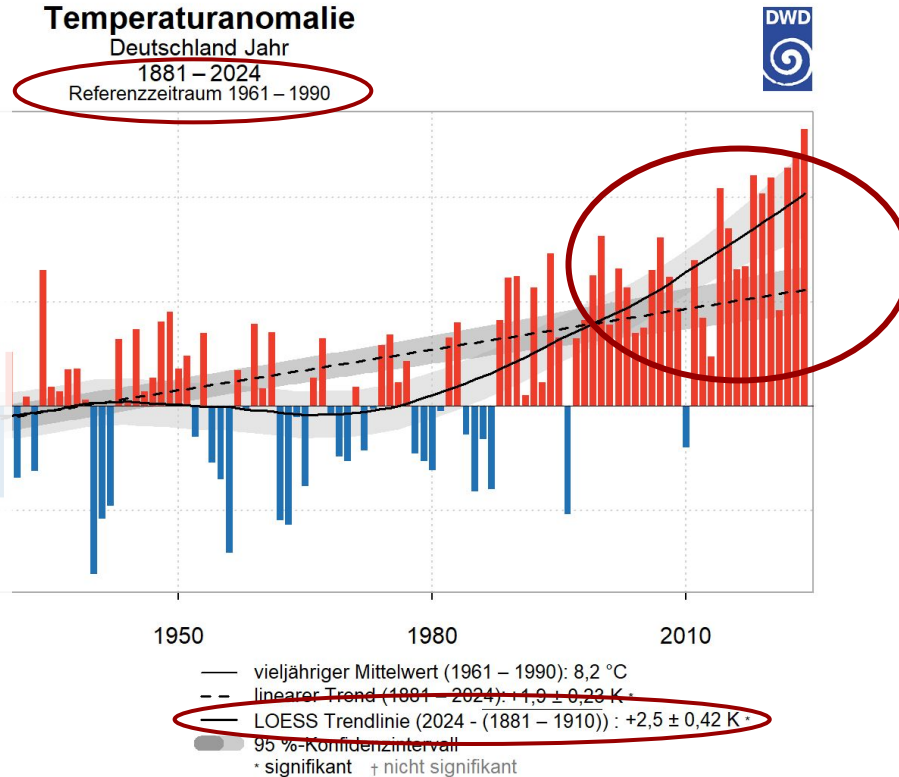
PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION Copernicus

Deutschland erwärmt sich stärker als das globale Mittel



Deutschland erwärmt sich stärker als das globale Mittel

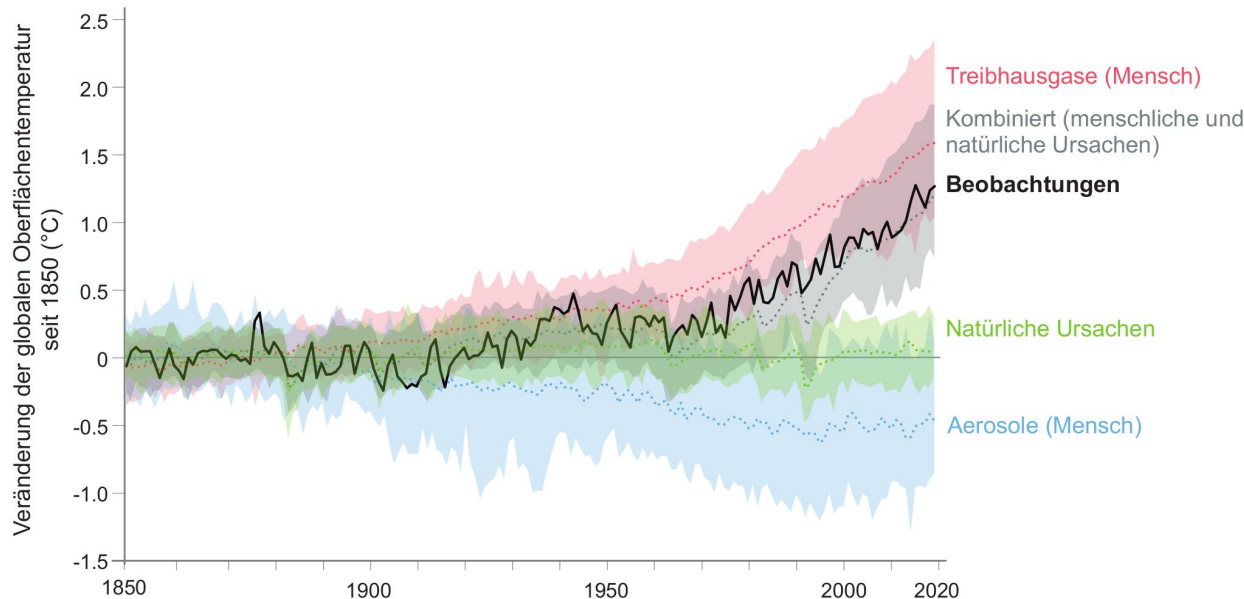
Mit der beschleunigten Erwärmung der Temperaturen in Deutschland und global seit Beginn der 1970er Jahre **bildet die bisherige lineare Trendanalyse zunehmend schlechter die Klimaentwicklung ab**, sodass der DWD im April 2025 ein neues Trendverfahren für das Klimamonitoring und weitere Produkte einführt.



Heute ist klar: die beobachtete globale Temperaturänderung kann ohne den menschlichen Einfluss nicht erklärt werden

Woher wissen wir, dass der Mensch den Klimawandel verursacht?

Die beobachtete Erwärmung (1850–2019) wird nur in Simulationen mit menschlichem Einfluss reproduziert.



“Menschliche Aktivitäten haben eindeutig die globale Erwärmung verursacht, vor allem durch die Emission von Treibhausgasen. Dadurch lag die globale Oberflächentemperatur im Zeitraum 2011–2020 um 1,1°C höher als der Wert von 1850–1900”

IPCC AR6 SYR SPM

Der Einfluss von CO₂ auf die Temperatur ist schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt

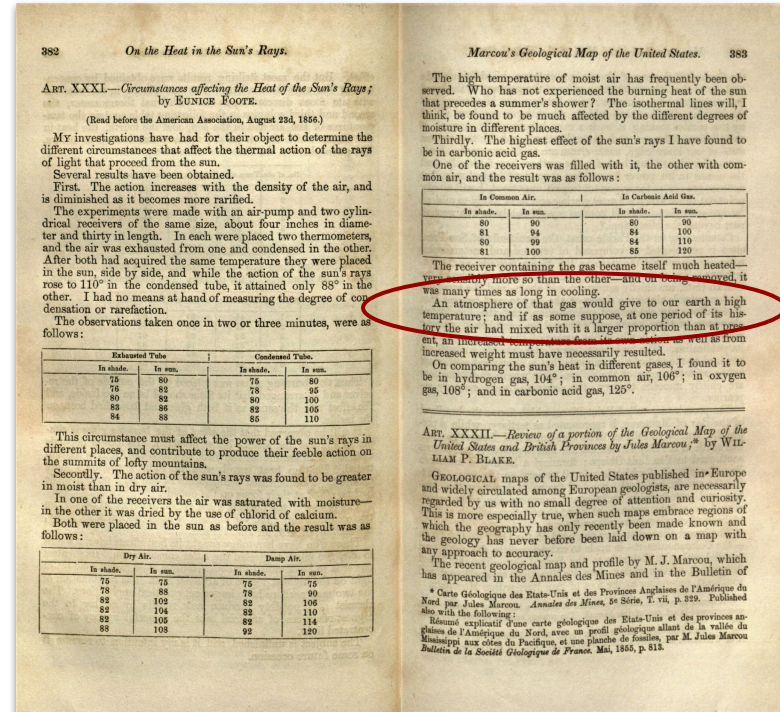
Bereits 1856 zeigen Experimente von Eunice Foote, dass es einen Einfluss von CO₂ auf die Temperatur gibt.

Sie bemerkt, dass sich ein CO₂ gefüllter Glaszylinder in der Sonne schneller erwärmt als ein mit Luft gefüllter.



“Eine Atmosphäre dieses Gases würde auf unserer Erde zu einer hohen Temperatur führen.”

Umstände, die die Hitze der Sonnenstrahlen beeinflussen



In den 1930ern gibt es erste Hinweise auf eine Verbindung von menschlichen Aktivitäten und einem Anstieg der globalen Temperatur

“Es wird geschätzt, dass der mittlere Anstieg der Temperatur durch die künstliche Produktion von Kohlendioxid 0.003°C pro Jahr beträgt.”

“Wenige wären bereit zuzugeben, dass die Aktivitäten der Menschheit Einfluss auf ein Phänomen so gigantischen Ausmaßes haben könnten.”

Guy Stewart Callendar



Die künstliche Produktion von CO₂ und ihr Einfluss auf die Temperatur

THE ARTIFICIAL PRODUCTION OF CARBON DIOXIDE 223

551.510.4:551.521.3:551.524.34

THE ARTIFICIAL PRODUCTION OF CARBON DIOXIDE
AND ITS INFLUENCE ON TEMPERATURE

By G. S. CALLENDAR

(Steam technologist to the British Electrical and Allied Industries
Research Association.)

(Communicated by Dr. G. M. B. DOBSON, F.R.S.)

[Manuscript received May 19, 1937—read February 16, 1938.]

SUMMARY

By fuel combustion man has added about 150,000 million tons carbon dioxide to the air during the past half century. The author estimates from the best available data that approximately three quarters of this has remained in the atmosphere.

The radiation absorption coefficients of carbon dioxide and water vapour are used to show the effect of carbon dioxide on "sky radiation." From this the increase in mean temperature, due to the artificial production of carbon dioxide, is estimated to be at the rate 0.003°C. per year at the present time.

The temperature observations at 200 meteorological stations are used to show that world temperatures have actually increased at an average rate of 0.005°C. per year during the past half century.

Von frühen Diskussionen zu wissenschaftlichen Konsens: menschgemachte Treibhausgase beeinflussen das Klimasystem

Ist es nur der Wasserdampf?

JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH

Vol. 68, No. 13

JULY 1, 1963

On the Influence of Changes in the CO_2 Concentration in Air on the Radiation Balance of the Earth's Surface and on the Climate

F. MÖLLER

Meteorologisches Institut der Universität München, Munich, Germany

Abstract. The numerical value of a temperature change under the influence of a CO_2 change as calculated by Plass is valid only for a dry atmosphere. Overlapping of the absorption bands of CO_2 and H_2O in the range around $15\ \mu$ essentially diminishes the temperature changes. New calculations give $\Delta T = +1.5^\circ$ when the CO_2 content increases from 300 to 600 ppm. Cloudiness diminishes the radiation effects but not the temperature changes because under cloudy skies larger temperature changes are needed in order to compensate for an equal change in the downward long-wave radiation. The increase in the water vapor content of the atmosphere with rising temperature causes a self-amplification effect which results in almost arbitrary temperature changes, e.g. for constant relative humidity $\Delta T = +10^\circ$ in the above-mentioned case. It is shown, however, that the changed radiation conditions are not necessarily compensated for by a temperature change. The effect of an increase in CO_2 from 300 to 330 ppm can be compensated for completely by a change in the water vapor content of 3 per cent or by a change in the cloudiness of 1 per cent of its value without the occurrence of temperature changes at all. Thus the theory that climatic variations are effected by variations in the CO_2 content becomes very questionable.

“Die Theorie, dass Klimavariationen von Variationen der CO_2 Konzentration beeinflusst sind, ist daher sehr fraglich.”



Nobelpreis für Physik 2021: “für die physikalische Modellierung des Klimasystems der Erde, ... und die robuste Vorhersage der globalen Erwärmung.”

Syukuro Manabe 1967

Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity

SYUKURO MANABE AND RICHARD T. WETHERALD

Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, ESSA, Washington, D. C.

(Manuscript received 2 November 1966)

ABSTRACT

Radiative convective equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity is computed as the asymptotic state of an initial value problem.

The results show that it takes almost twice as long to reach the state of radiative convective equilibrium for the atmosphere with a given distribution of relative humidity than for the atmosphere with a given distribution of absolute humidity.

Also, the surface equilibrium temperature of the former is almost twice as sensitive to change of various factors such as solar constant, CO_2 content, O_3 content, and cloudiness, than that of the latter, due to the adjustment of water vapor content to the temperature variation of the atmosphere.

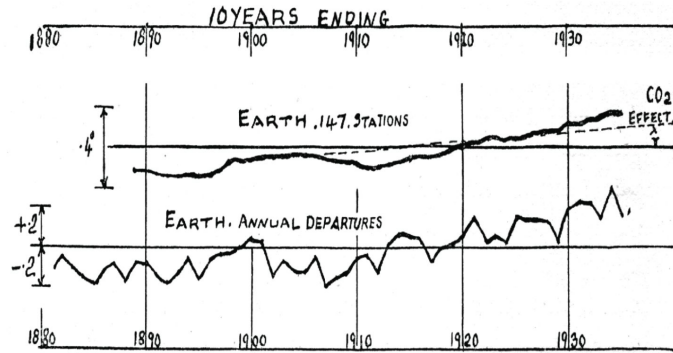
According to our estimate, a doubling of the CO_2 content in the atmosphere has the effect of raising the temperature of the atmosphere (whose relative humidity is fixed) by about 2°C . Our model does not have the extreme sensitivity of atmospheric temperature to changes of CO_2 content which was adduced by Möller.

Nein, der Einfluss von CO_2 bleibt auch im beisein von Wasserdampf.

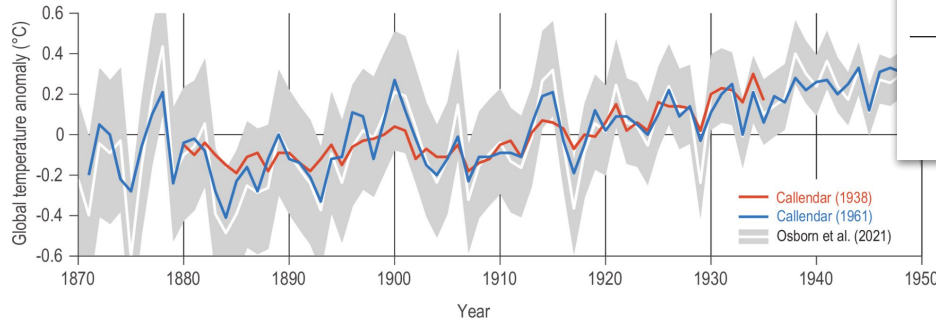
75 Jahre nach Callendar: die frühen Abschätzungen sind mit modernen Berechnungen vergleichbar

Changes in global land temperature (60°S–60°N) relative to a 1901–1930 baseline (°C)

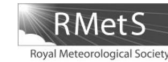
(a) Callendar (1938)



(b) Comparing Callendar (1938, 1961) with CRUTEM5 (Osborn et al. 2021)



Über steigende Globaltemperaturen: 75 Jahre nach Callendar



Notes and Correspondence On increasing global temperatures: 75 years after Callendar

Ed Hawkins^{a,*} and Phil. D. Jones^{b,c}

^aNCAS–Climate, Department of Meteorology, University of Reading, UK

^bClimatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK

^cCenter of Excellence for Climate Change Research, Department of Meteorology, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

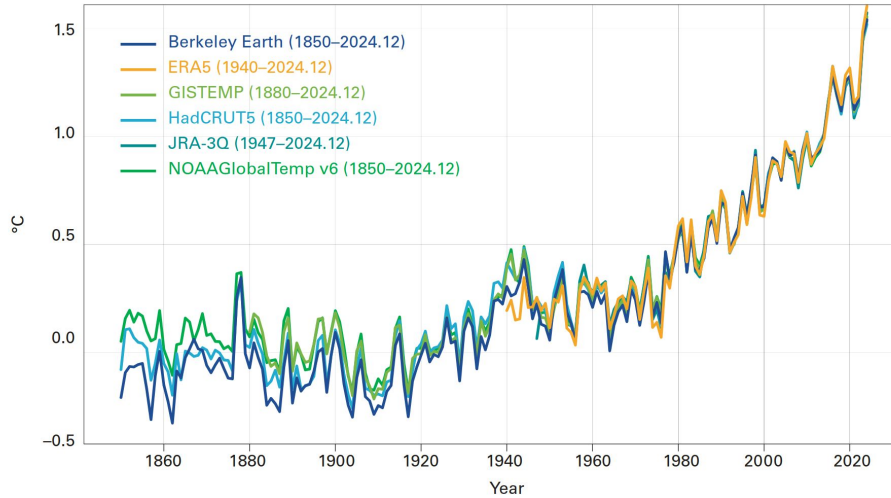
*Correspondence to: E. Hawkins, Department of Meteorology, University of Reading, Reading RG6 6BB, UK.

E-mail: e.hawkins@reading.ac.uk

In 1938, Guy Stewart Callendar was the first to demonstrate that the Earth's land surface was warming. Callendar also suggested that the production of carbon dioxide by the combustion of fossil fuels was responsible for much of this modern change in climate. This short note marks the 75th anniversary of Callendar's landmark study and demonstrates that his global land temperature estimates agree remarkably well with more recent analyses.

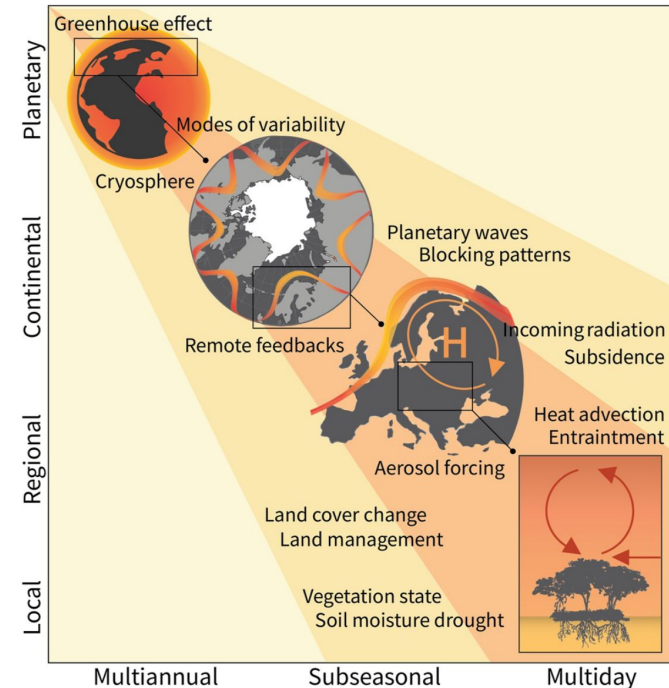
Von globalem Klima zu lokalen Extremen

Von globalem Klima zu lokalen Extremen



Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

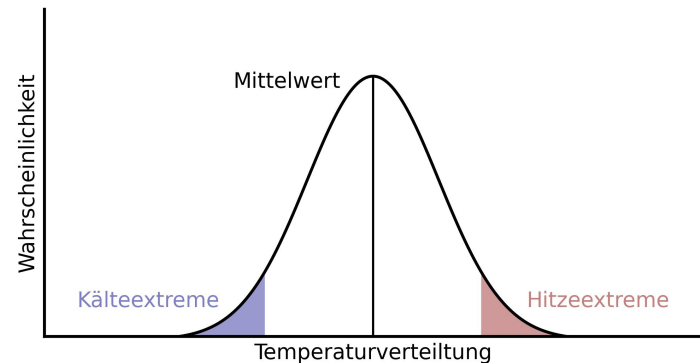
Treiber von Temperaturextremen



Formale Definition von Klima-/Wetterextremen

*Ein Extremwetterereignis/extremes Wetterereignis ist **ein Ereignis, das an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Jahreszeit selten, d.h. außergewöhnlich, ist. Die Definitionen für "selten" variieren, aber ein extremes Wetterereignis ist normalerweise so selten wie oder seltener als das 10. oder 90. Perzentil der beobachteten Wahrscheinlichkeitsverteilung. Per Definition kann die Charakteristik von sogenanntem "Extremwetter" absolut gesehen von Ort zu Ort unterschiedlich sein.***

Deutscher Wetterdienst



- Nicht "Normal"
→ weit weg vom Mittelwert
- Tritt selten auf
- Hat extreme Auswirkungen

Die relative Definition von Temperaturextremen klingt einfach, ist es aber nicht immer...

nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-024-46349-x>

Pitfalls in diagnosing temperature extremes

Received: 26 September 2023

Lukas Brunner¹✉ & Aiko Voigt¹

Accepted: 23 February 2024

Published online: 18 March 2024

Check for updates

Worsening temperature extremes are among the most severe impacts of human-induced climate change. These extremes are often defined as rare events that exceed a specific percentile threshold within the distribution of daily maximum temperature. The percentile-based approach is chosen to follow regional and seasonal temperature variations so that extremes can occur globally and in all seasons, and frequently uses a running seasonal window to increase the sample size for the threshold calculation. Here, we

many studies in recent years
d bias that can lead to a
the frequency. We
seasonal cycle into
that essentially eli
s reference to show
wave changes by

VOLUME 18

JOURNAL OF CLIMATE

1 JUNE 2005

Avoiding Inhomogeneity in Percentile-Based Indices of Temperature Extremes

XUEBIN ZHANG

Climate Research Branch, Meteorological Service of Canada, Downsview, Ontario, Canada

Nicholas School for the Environment

Canadian Centre for Climate

Nicholas School for the Environment

(Manuscript received

Using a Monte Carlo simulation, it is
for climate change detection and moni

IOF Publishing

Environ. Res. Lett. 17 (2022) 034026

<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac52c8>

ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS

LETTER

On the effect of reference periods on trends in percentile-based extreme temperature indices

Robert J H Dunn¹✉ and Colin P Morice²

Met Office Hadley Centre, Fitz Roy Road, Exeter, EX1 3PB, United Kingdom
d be addressed.

indices, percentile-based indices, warming trends

that the use of distinct reference periods when comparing indices
exceeding a particular temperature percentile threshold leads to
e show that these differences arise because of the interplay
res and the choice of reference period. The time series of the

Progress in Oceanography

journal homepage: www.elsevier.com/locate/pocean



Baseline matters: Challenges and implications of different marine heatwave baselines

Kathryn E. Smith^{a,*}, Alex Sen Gupta^{b,c}, Dillon Amaya^d, Jessica A. Benthuyssen^{e,f},
Michael T. Burrows^g, Antonietta Capotondi^{d,s}, Karen Filbee-Dexter^{h,i,j},
Thomas L. Frölicher^{j,k}, Alistair J. Hobday^l, Neil J. Holbrook^{b,m}, Neil Malan^e,
Pippa J. Mooreⁿ, Eric C.J. Oliver^o, Benjamin Richaud^{o,p}, Julio Salcedo-Castro^q,
Dan A. Smale^a, Mads Thomsen^{r,s}, Thomas Wernberg^{h,i}

^a Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth PL1 2PB, UK

^b ARC Centre of Excellence for Climate Extremes, Australia

^c Climate Change Research Centre and Centre for Marine Science and Innovation, University of New South Wales, Sydney, Australia

^d Physical Sciences Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, CO, USA

^e Australian Institute of Marine Science, Crawley, Western Australia 6009, Australia

^f Scottish Association for Marine Science, Oban PA37 1QA, UK

^g Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA

^h The University of Western Australia, School of Biological Sciences and Oceans Institute, Crawley, Western Australia 6009, Australia

Die Presse

ePaper Audio Video Newsletter Events

NACHRICHTEN MEINUNG MAGAZIN

Innereuropäisch Ausland Klimawandel Economist Finanzen Kultur Chronik Sport Lifestyle Wissenschaft Spezial

Klima

Irrtum der Experten: Es gibt mehr Hitzetage

Wissenschaftler haben die Berechnung von Hitzetagen
zu unkritisch übernommen. Das führt dazu, dass in
manchen Regionen die Zahl solcher Hitzetage
unterschätzt wurde, teilweise stark. Aber: Europa ist
davon so gut wie gar nicht betroffen.



Andere Definitionen?

Andere Definitionen? Beliebig viele...

Index shorthand	Characteristic measured & timescales	Index definition
TN10p	Frequency; monthly & annual	Occurrence of cold nights (daily minimum temperature) below
TN90p	Frequency; monthly & annual	Occurrence of warm nights above the 90th percentile
TX10p	Frequency; monthly & annual	Occurrence of cold days (daily maximum temperature) below t
TX90p	Frequency; monthly & annual	Occurrence of warm days above the 90th percentile.
TXx	Intensity; monthly & annual	Maximum daily maximum temperature
TNx	Intensity; monthly & annual	Maximum daily minimum temperature
TXn	Intensity; monthly & annual	Minimum daily maximum temperature
TNn	Intensity; monthly & annual	Minimum daily minimum temperature

IJR Atmospheres

RESEARCH ARTICLE

10.1029/2023JD038906

Key Points

- Extreme temperature events are detected with Gaussian Mixture Models to follow a multimodal rather than a unimodal distribution
- 10-year temperature extremes will occur 13.6 times more frequently under 3.0°C future warming
- Colder days are getting warmer faster

Detecting Extreme Temperature Events Using Gaussian Mixture Models

Aytaç Paçal^{1,2}, Birgit Hassler¹, Katja Weigel^{1,2}, M. Levent Kurnaz², Michael F. Wehner⁴, and Veronika Eyring^{1,2}

¹Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, Germany,

Extreme metrics from large ensembles: investigating the effects of ensemble size on their estimates

Claudia Tebaldi^{1,2}, Kalyn Dorheim¹, Michael Wehner², and Ruby Leung³

¹Joint Global Change Research Institute, Pacific Northwest National Laboratory, College Park, MD, USA

²Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA

Geophysical Research Letters

RESEARCH LETTER

10.1029/2023GL103540

Key Points

- The most intense heatwaves of 1950–2021 considerably change if considering intensity indices either based on cumulative or averaged values
- An appropriate measure of heatwave

Increasing Intensity of Extreme Heatwaves: The Crucial Role of Metrics

Emmanuele Russo¹ and Daniela I. V. Domelsen^{1,2}

¹Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zurich, Zürich, Switzerland, ²Université de Lausanne, Lausanne, Switzerland



Contents lists available at ScienceDirect

Atmospheric Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/atmos

Invited review article

A review on the scientific understanding of heatwaves—Their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale

Sarah E. Perkins *

VOLUME 34

JOURNAL OF CLIMATE

1 OCTOBER 2021

A New Framework for Identifying and Investigating Seasonal Climate Extremes

MATTHIAS RÖTHLISBERGER,^a MAURO HERMANN,^a CHRISTOPH FREI,^b FLAVIO LEHNER,^{c,a,d} ERICH M. FISCHER,^a RNLI^a

^aürich, Zürich, Switzerland
^bSwiss, Zürich, Switzerland
^cUniversity, Ithaca, New York
^doulder, Colorado

DEFINING SINGLE EXTREME WEATHER EVENTS IN A CLIMATE PERSPECTIVE

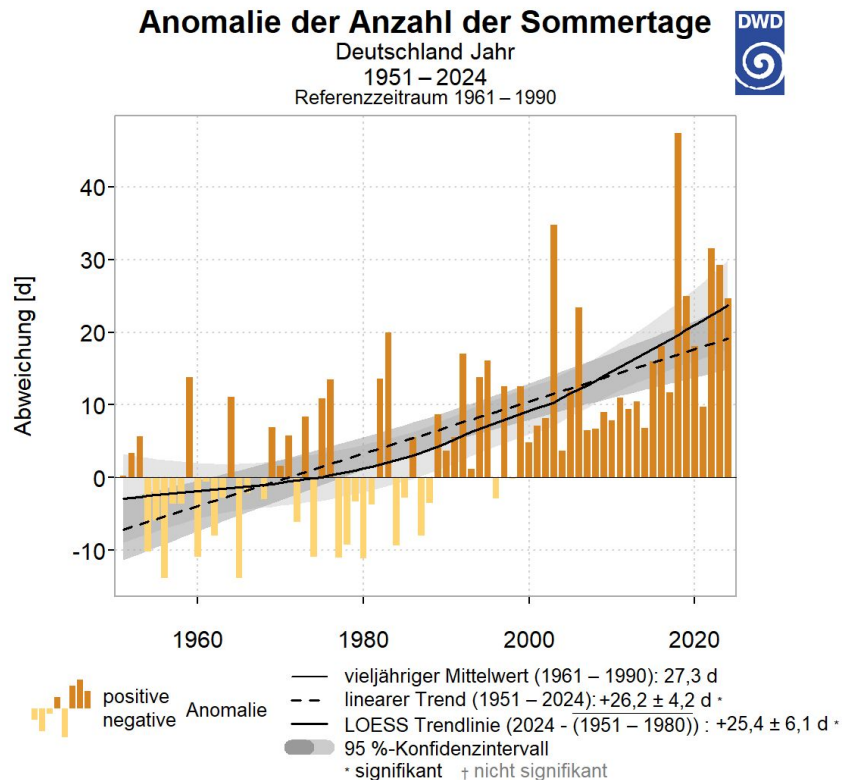
JULIEN CATTIAUX AND AURELIEN RIBES

The effect of a short observational record on the statistics of temperature extremes

Joel Zeder¹, Sebastian Sippel¹, Olivier C. Pasche², Sebastian Engelke² and Erich M. Fischer¹

¹Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zurich, 8092 Zurich, Switzerland
²Research Center for Statistics, University of Geneva, 1205 Geneva, Switzerland

In einzelnen Ländern werden oft absolute Grenzwerte verwendet

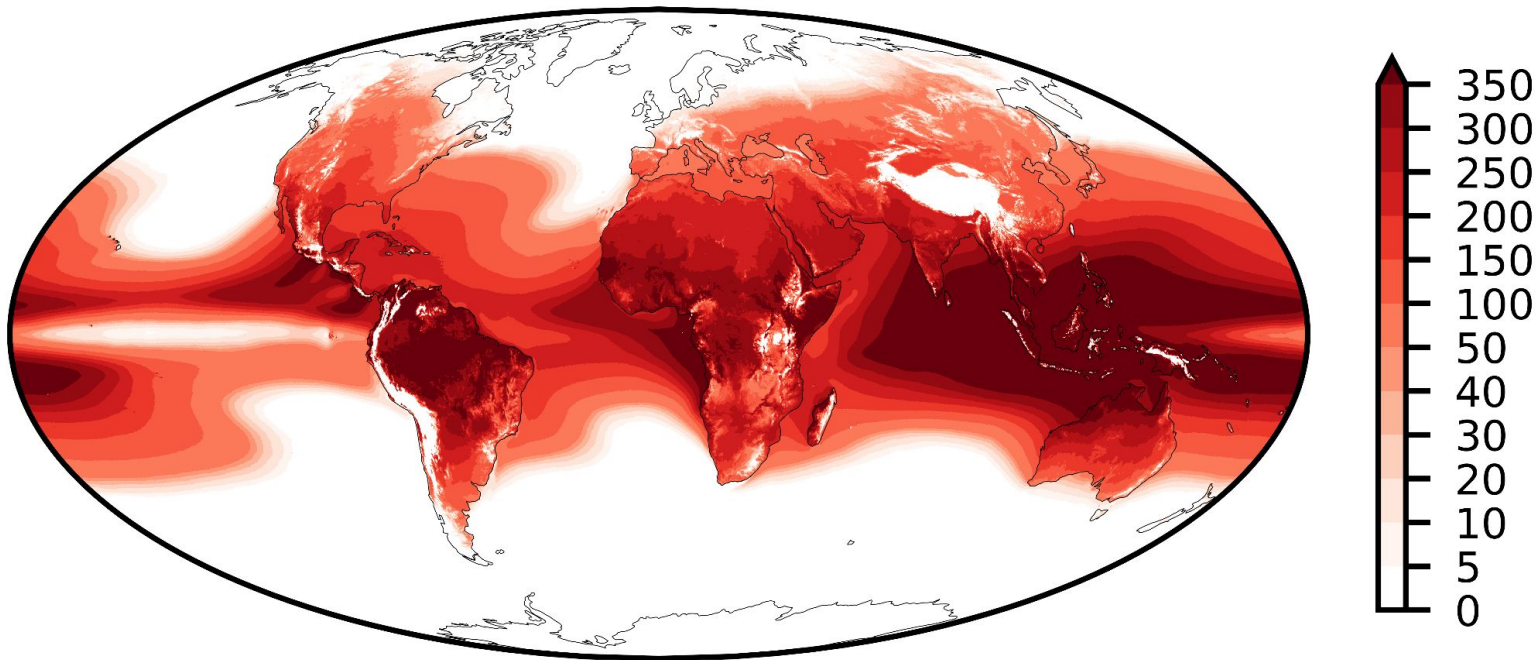


Ein **Sommertag** ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur $\geq 25^\circ\text{C}$ beträgt.

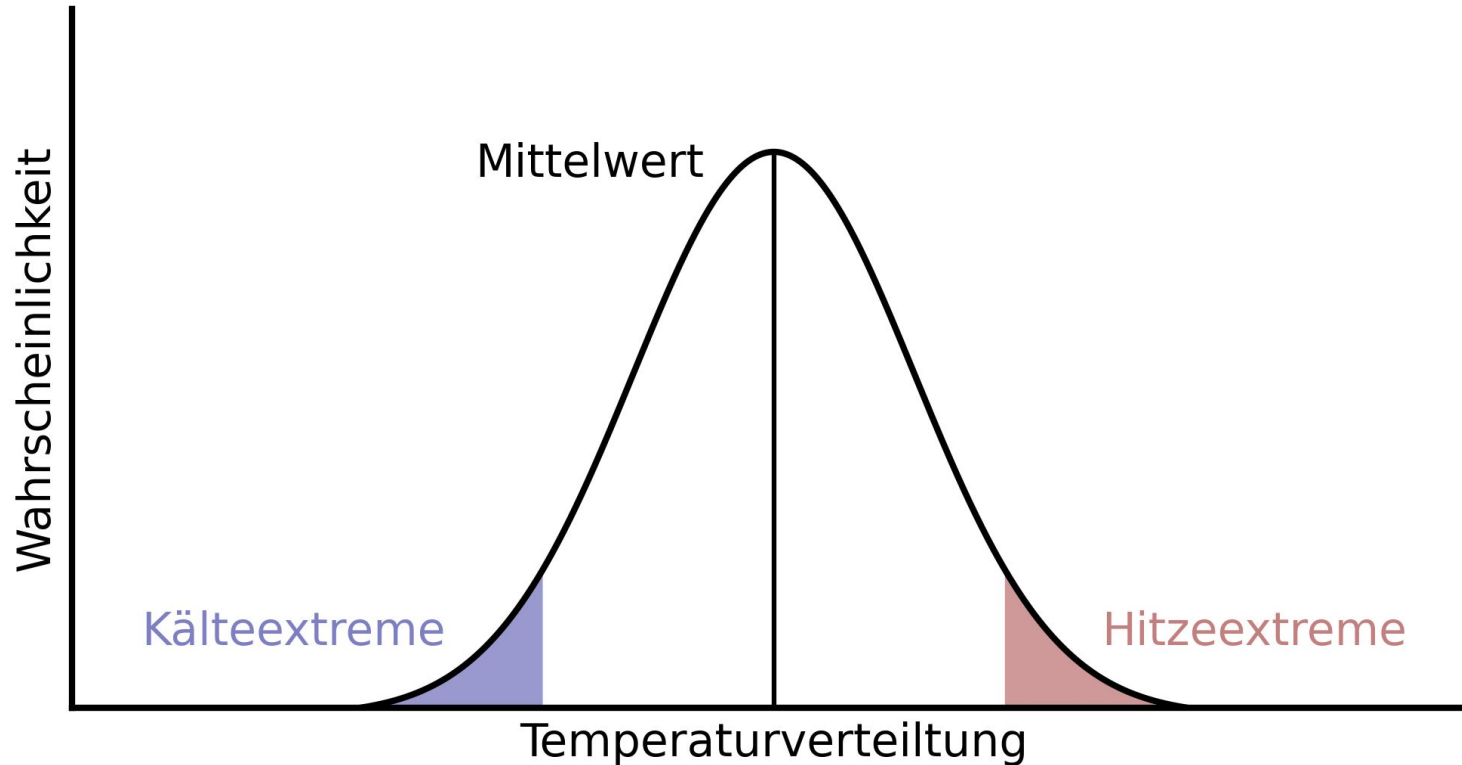
DWD

In einzelnen Ländern werden oft absolute Grenzwerte verwendet, für Vergleiche zwischen Regionen ist das aber oft nicht Sinnvoll

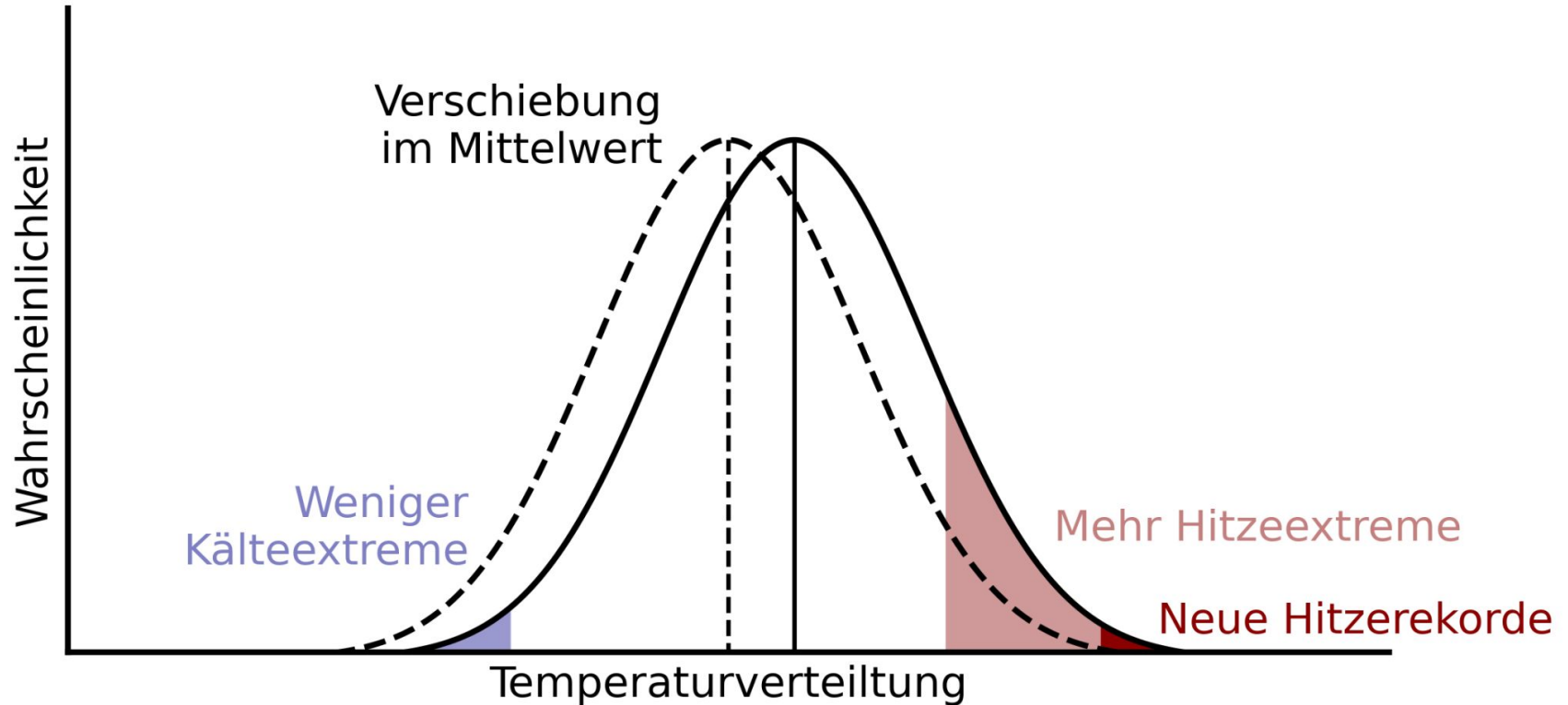
Anzahl der jährlichen Sommertage im ICON-Sapphire Klimamodell (2021-2049)



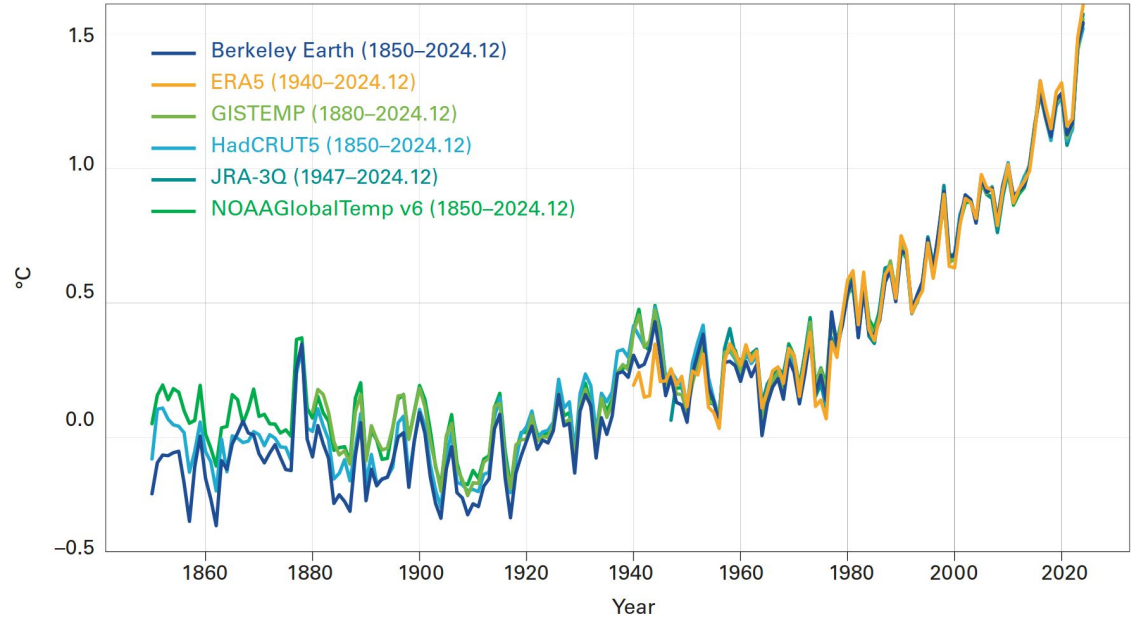
Eine relative Definition von Extremen ermöglicht den Vergleich von Extremen an verschiedenen Orten und Jahreszeiten



Der Beitrag des Klimawandels ist regional unterschiedlich führt aber typischerweise zu einer Zunahme von Hitzeextremen

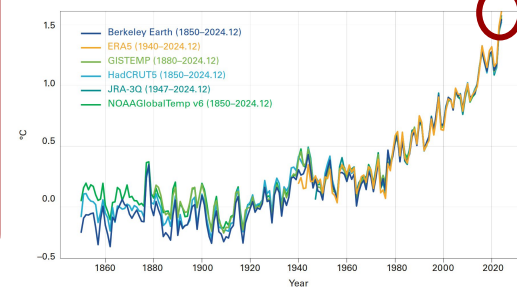
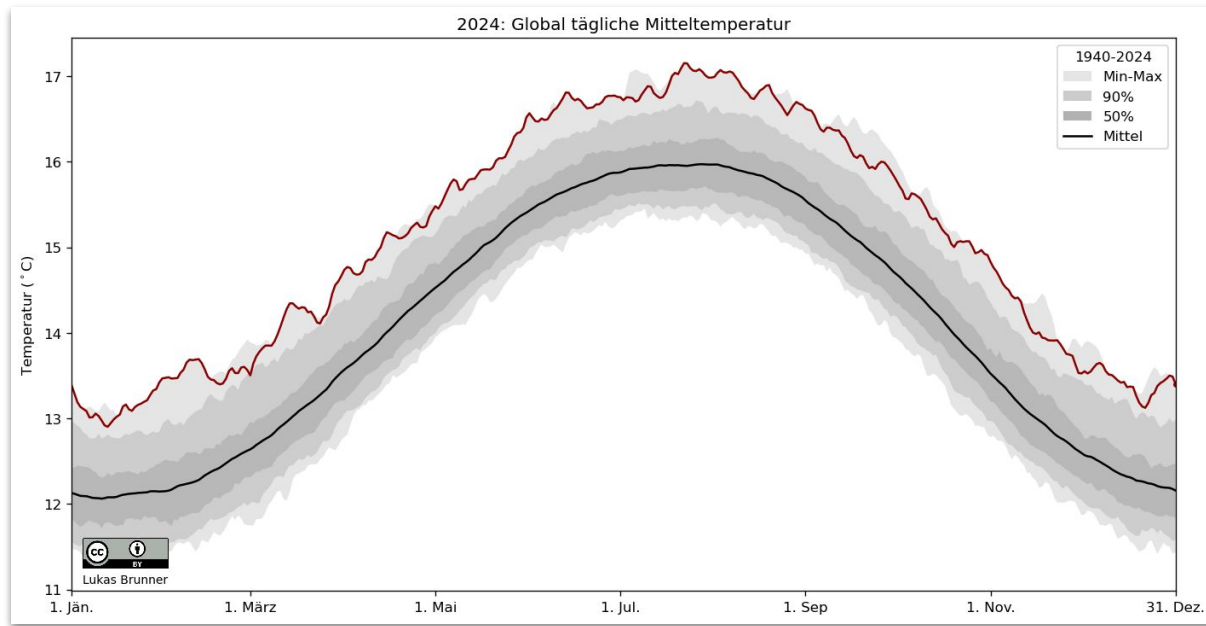


Von jährlichen Mittelwerten zu täglichen Temperaturen

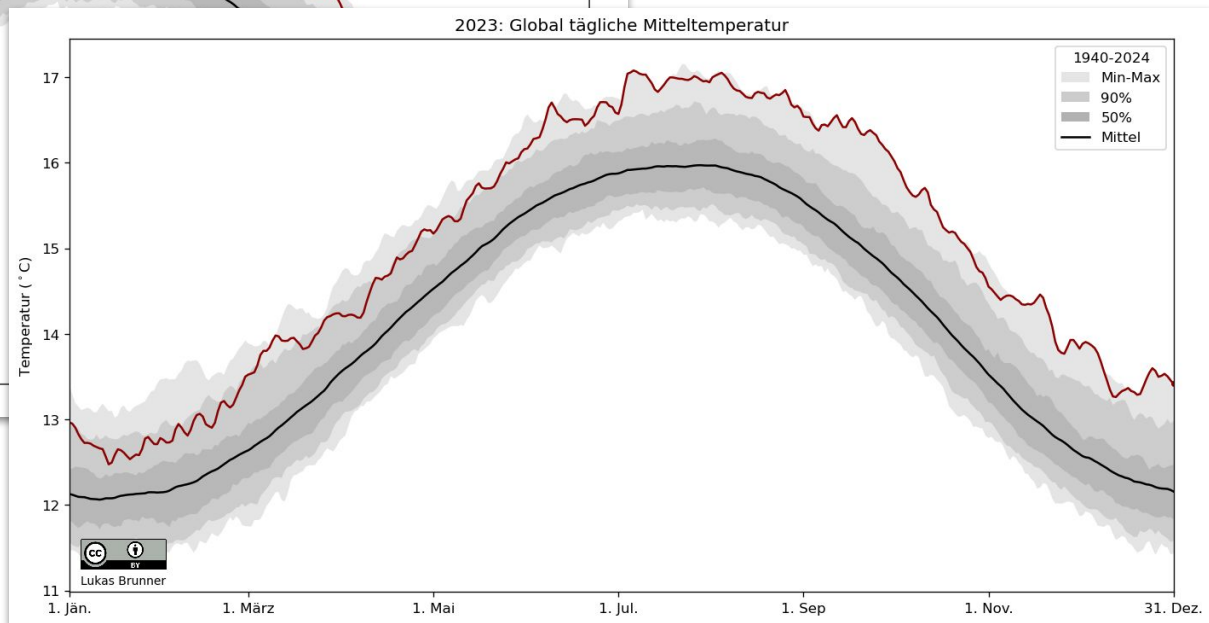
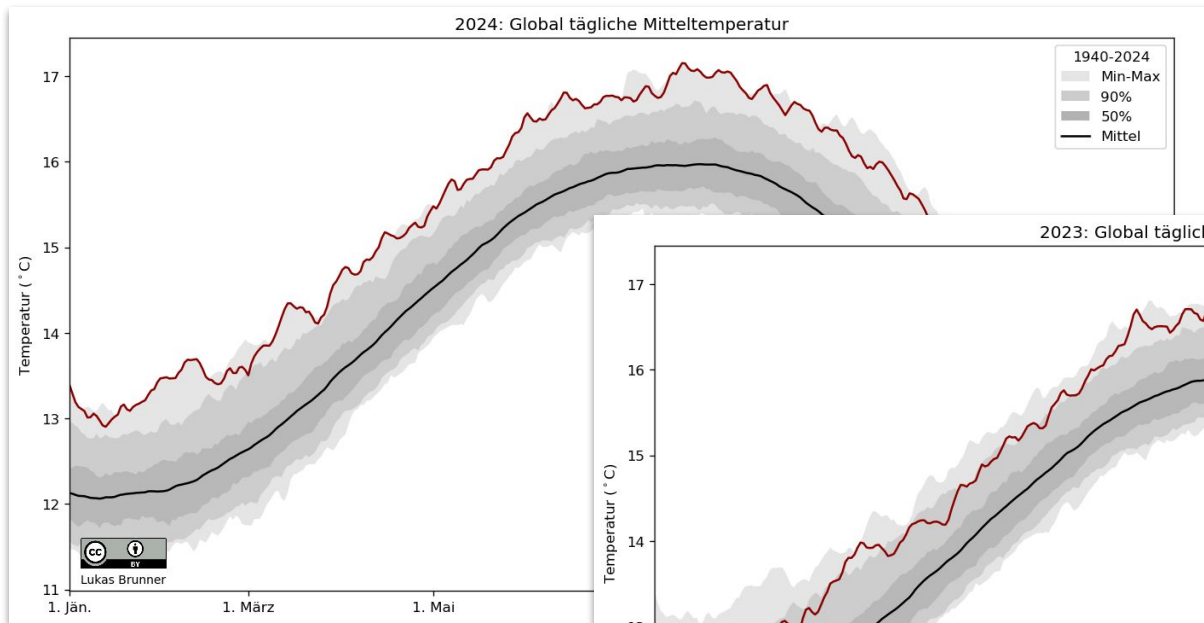


Von jährlichen Mittelwerten zu täglichen Temperaturen:

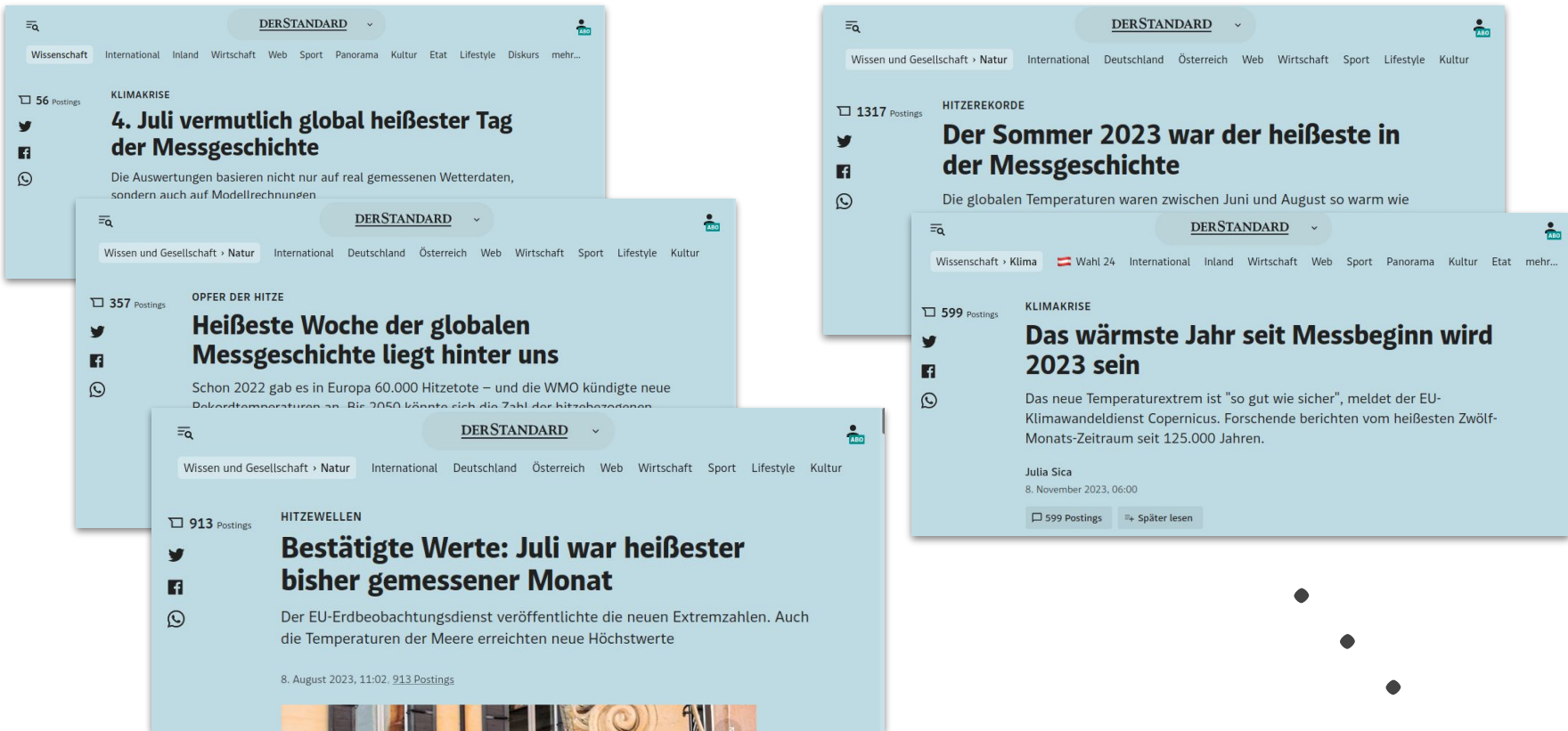
Die meisten Tage 2024 waren global gesehen die wärmsten seit 1940



Die meisten Tage 2024 waren global gesehen die wärmsten seit 1940, die meisten anderen wurden nur von 2023 geschlagen

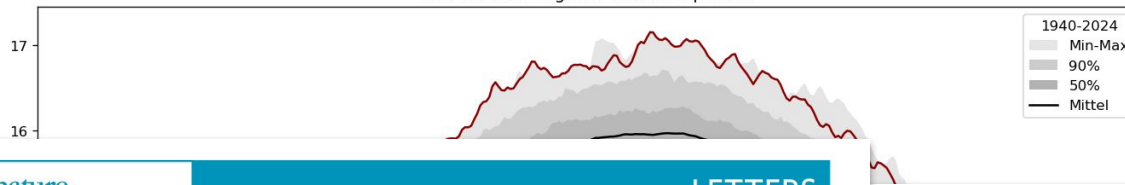


Global betrachtet ist der Einfluss des Klimawandels klar, sogar auf kurzen Zeitskalen



Mit statistischen Methoden lässt sich der Einfluss des Klimawandels auf die Temperatur seit 2012 an jedem einzelnen Tag finden

2024: Global tägliche Mitteltemperatur



nature
climate change

LETTERS

<https://doi.org/10.1038/s41558-019-0666-7>

Climate change now detectable from any single day of weather at global scale

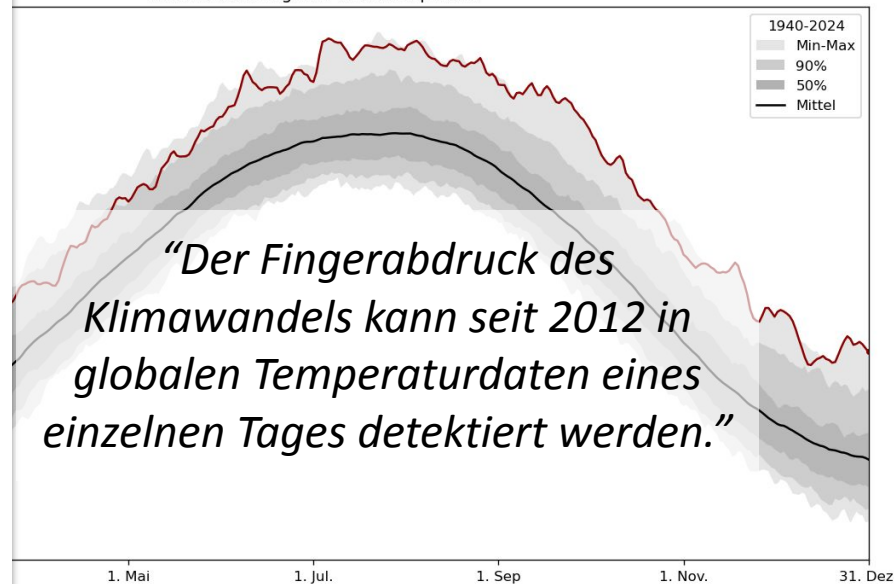
Sebastian Sippel^{1,2,3*}, Nicolai Meinshausen², Erich M. Fischer¹, Enikő Székely⁴ and Reto Knutti¹

For generations, climate scientists have educated the public that ‘weather is not climate’, and climate change has been framed as the change in the distribution of weather that slowly emerges from large variability over decades^{1,2}. However, weather when considered globally is now in uncharted territory. Here we show that on the basis of a single day of globally observed temperature and moisture, we detect the fingerprint of externally driven climate change, and conclude that Earth as a whole is warming. Our detection approach invokes statistical learning and climate model simulations to encapsulate the relationship between spatial patterns of daily temperature and humidity, and key climate change metrics such as annual global mean temperature or Earth’s energy imbalance. Observations are projected onto this relationship to detect climate change. **The fingerprint of climate change is detected from any single day in the observed global record since early 2012, and since 1999 on the basis of a year of data. Detection is robust even when ignoring the long-term global warming trend. This complements traditional climate change detection, but also**

We start with a simple example to illustrate the difference in warming experienced locally and globally (Fig. 1). The past decade (2009–2018) has been on average 0.7°C warmer than an earlier period (1951–1980). Locally, deseasonalized daily temperature anomalies fluctuate due to internal weather-related variability with a magnitude of up to 30°C (Fig. 1a,c), depending on region and season. This substantial variation implies that despite an overall warmer climate, cold anomalies or even cold records can still occur and are to be expected³. However, at the global scale, weather-related variations tend to cancel out, and variations in deseasonalized global daily temperature anomalies are substantially reduced (Fig. 1b,d). Consequently, mean warming of about 0.7°C corresponds to a change of about 2.0σ globally, but only to around 0.25σ locally. This difference is consistent with the occurrence of global heat records in recent years despite large variability regionally⁴. Overall, the example anticipates that ‘global weather’, even in the form of a naive average, carries important although not the optimal information about climate change.

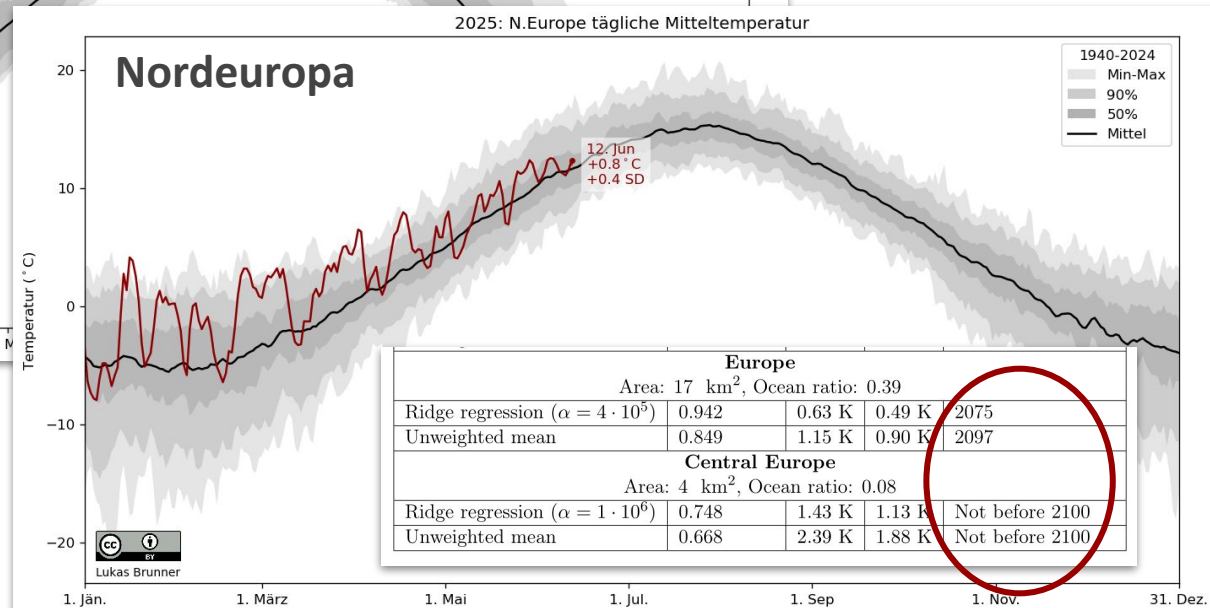
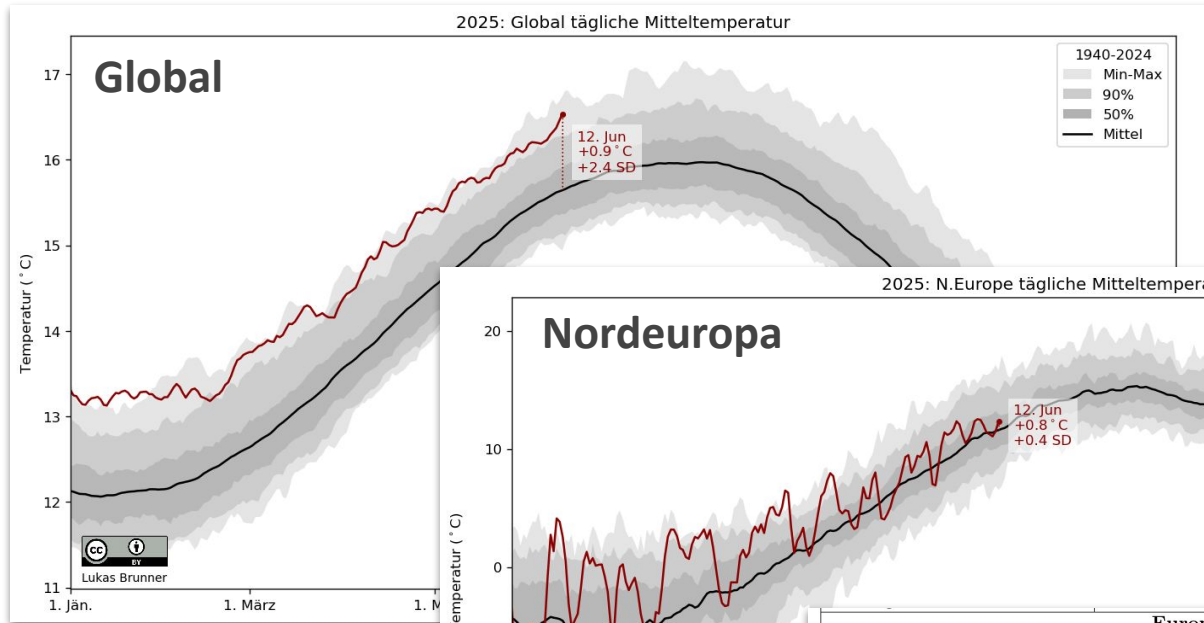
Formal D&A of externally forced signals in Earth’s observed

2023: Global tägliche Mitteltemperatur

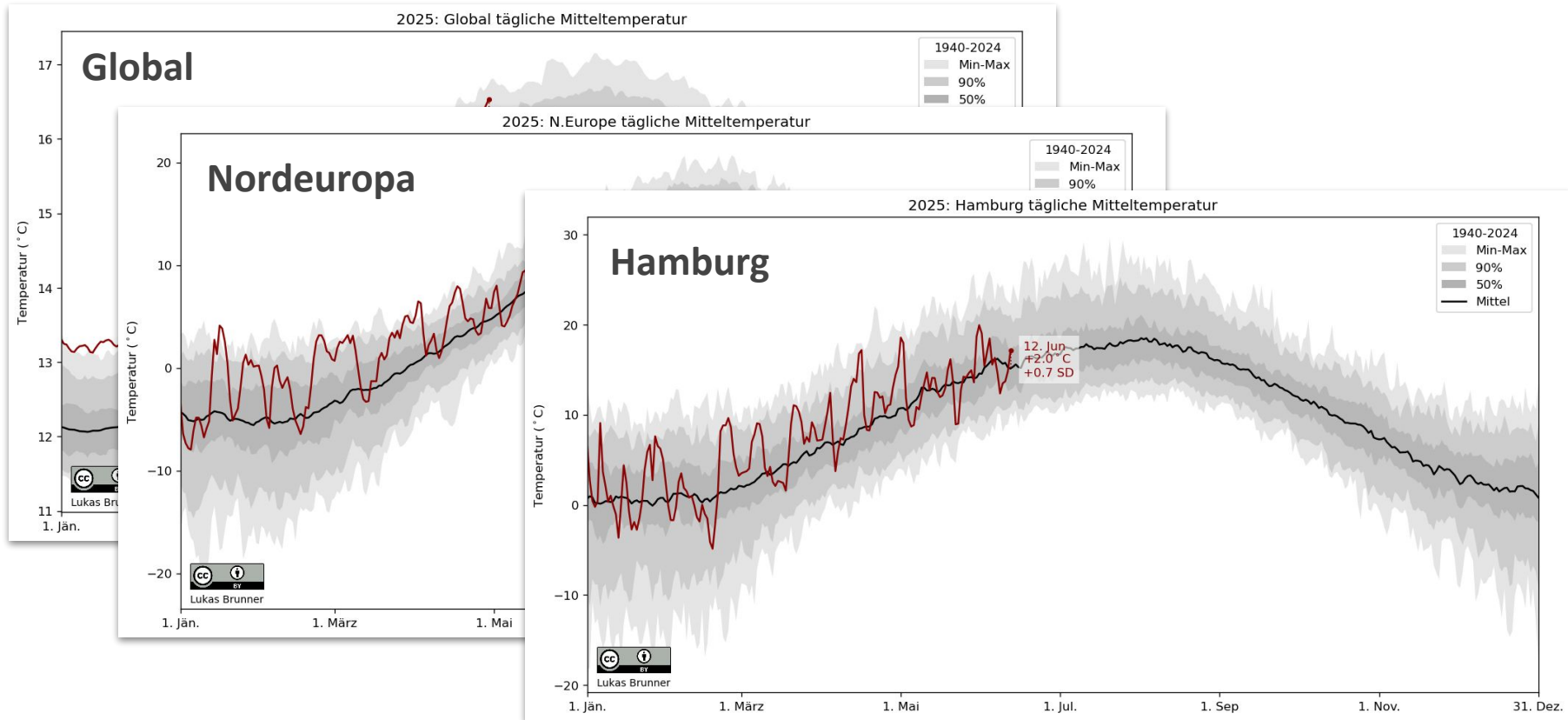


“Der Fingerabdruck des Klimawandels kann seit 2012 in globalen Temperaturdaten eines einzelnen Tages detektiert werden.”

In kleineren Regionen kann der Einfluss des Klimawandels (noch) durch die zufälligen Schwankungen des Wetters verdeckt werden

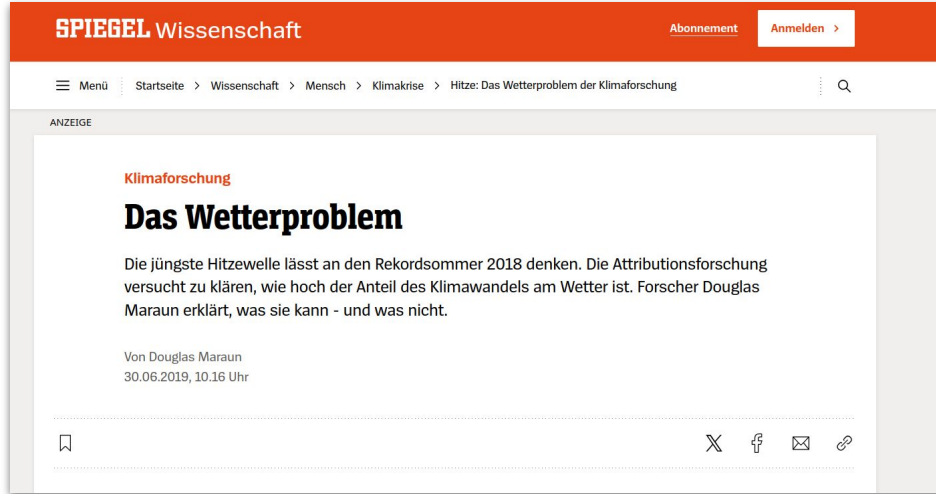


In kleineren Regionen kann der Einfluss des Klimawandels (noch) durch die zufälligen Schwankungen des Wetters verdeckt werden



Temperaturextreme im Klimawandel

Extreme sind seltene Ereignisse und passieren meist regional begrenzt, sie auf den Klimawandel zurückzuführen ist daher schwierig



Extreme sind seltene Ereignisse und passieren meist regional begrenzt, sie auf den Klimawandel zurückzuführen ist daher schwierig

SPIEGEL Wissenschaft Abonnement Anmelden >

Menü Startseite > Wissenschaft > Mensch > Klimakrise >

ANZEIGE

Klimaforschung

Das Wetterproblem

Die jüngste Hitzewelle lässt an den Rekordsommern denken. Versucht zu klären, wie hoch der Anteil des Klimawandels am Wetterproblem ist. Maraun erklärt, was sie kann - und was nicht.

Von Douglas Maraun
30.06.2019, 10:16 Uhr

Human contribution to the European heatwave of 2003

Peter A. Stott¹, D. A. Stone^{2,3} & M. R. Allen²

¹Met Office, Hadley Centre for Climate Prediction and Research (Reading Unit), Meteorology Building, University of Reading, Reading RG6 6BB, UK
²Department of Physics, University of Oxford, Oxford OX1 3PU, UK
³Department of Zoology, University of Oxford, Oxford OX1 3PS, UK

The summer of 2003 was probably the hottest in Europe since at latest AD 1500¹⁻⁴, and unusually large numbers of heat-related deaths were reported in France, Germany and Italy⁵. It is an ill-posed question whether the 2003 heatwave was caused, in a simple deterministic sense, by a modification of the external influences on climate—for example, increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere—because almost any such weather event might have occurred by chance in an unmodified climate. However, it is possible to estimate by how much human activities may have increased the risk of the occurrence of such a heatwave⁶⁻⁸. Here we use this conceptual framework to estimate the contribution of human-induced increases in atmospheric concentrations of greenhouse gases and other pollutants to the risk of the occurrence of unusually high mean summer temperatures throughout a large region of continental Europe. Using a threshold for mean summer temperature that was exceeded in 2003, but in no other year since the start of the instrumental record in 1851, we estimate it is very likely (confidence level >90%)⁹ that human influence has at least doubled the risk of a heatwave exceeding this threshold magnitude. Temperatures near the Earth's surface are rising globally¹⁰, and



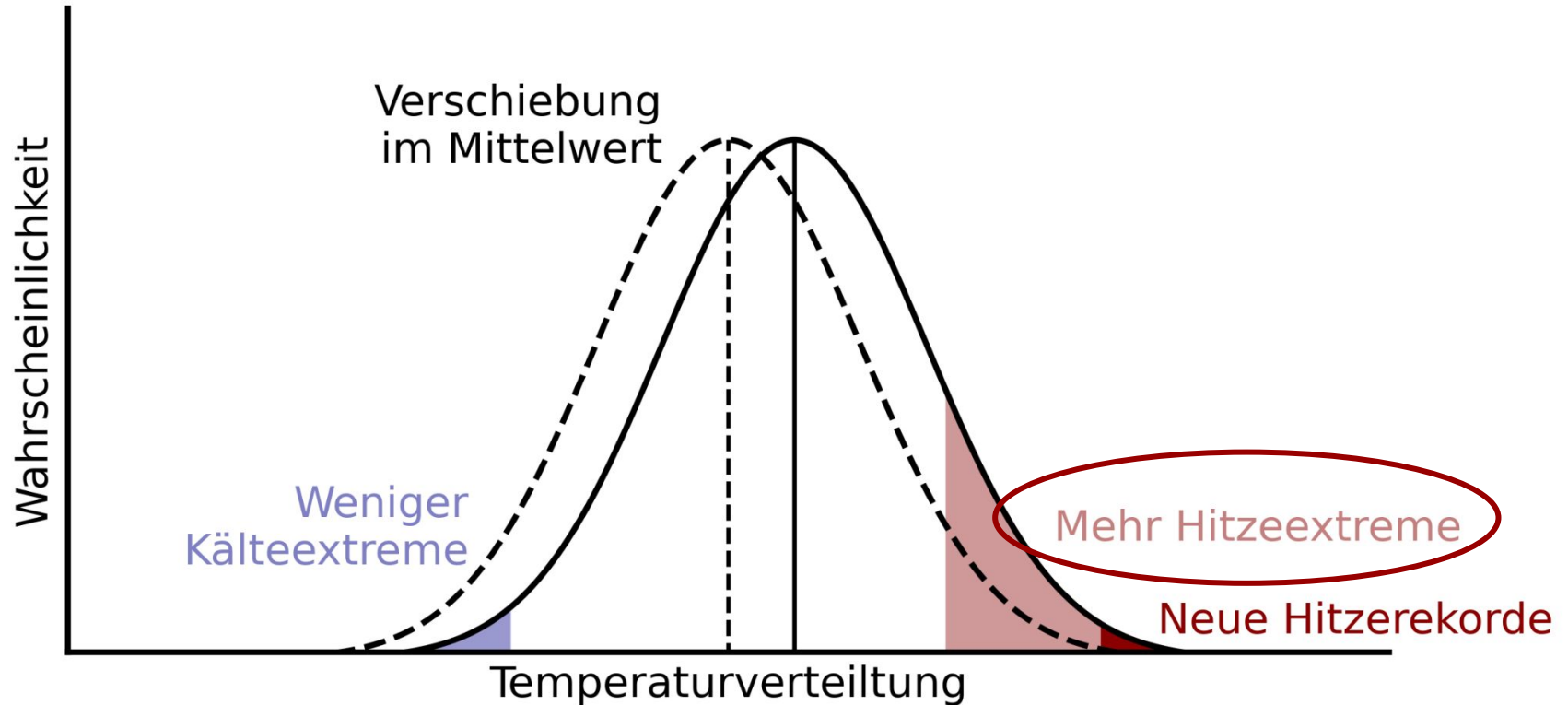
World
Weather
Attribution

...fast jedes Wetterereignis hätte auch in einem unveränderten Klima passieren können.

Es ist jedoch möglich zu berechnen um wieviel Wahrscheinlicher der menschliche Einfluss das auftreten einer Hitzewelle [wie 2003] gemacht hat.

...wir schätzen [...], dass der menschliche Einfluss das Risiko für so eine Hitzewelle zumindest verdoppelt hat.

Der Beitrag des Klimawandels ist regional unterschiedlich führt aber typischerweise zu einer Zunahme von Hitzeextremen



Durch die andauernde Erwärmung im Zusammenspiel mit dem Wetter können Ereignisse auftreten, die früher Unmöglich gewesen sind

Home > Heatwave > Deadly Mediterranean heatwave would not have occurred without human induced climate change

Deadly Mediterranean heatwave would not have occurred without human induced climate change

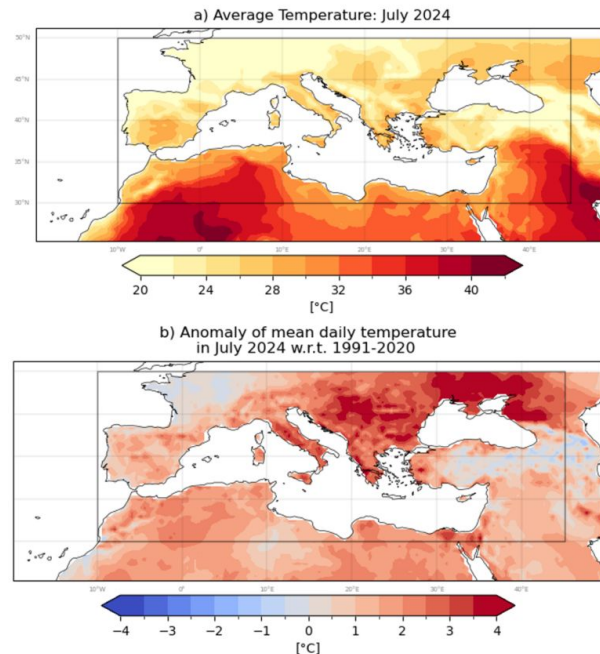
31 July, 2024

Heatwave

Africa, Europe,
Mediterranean

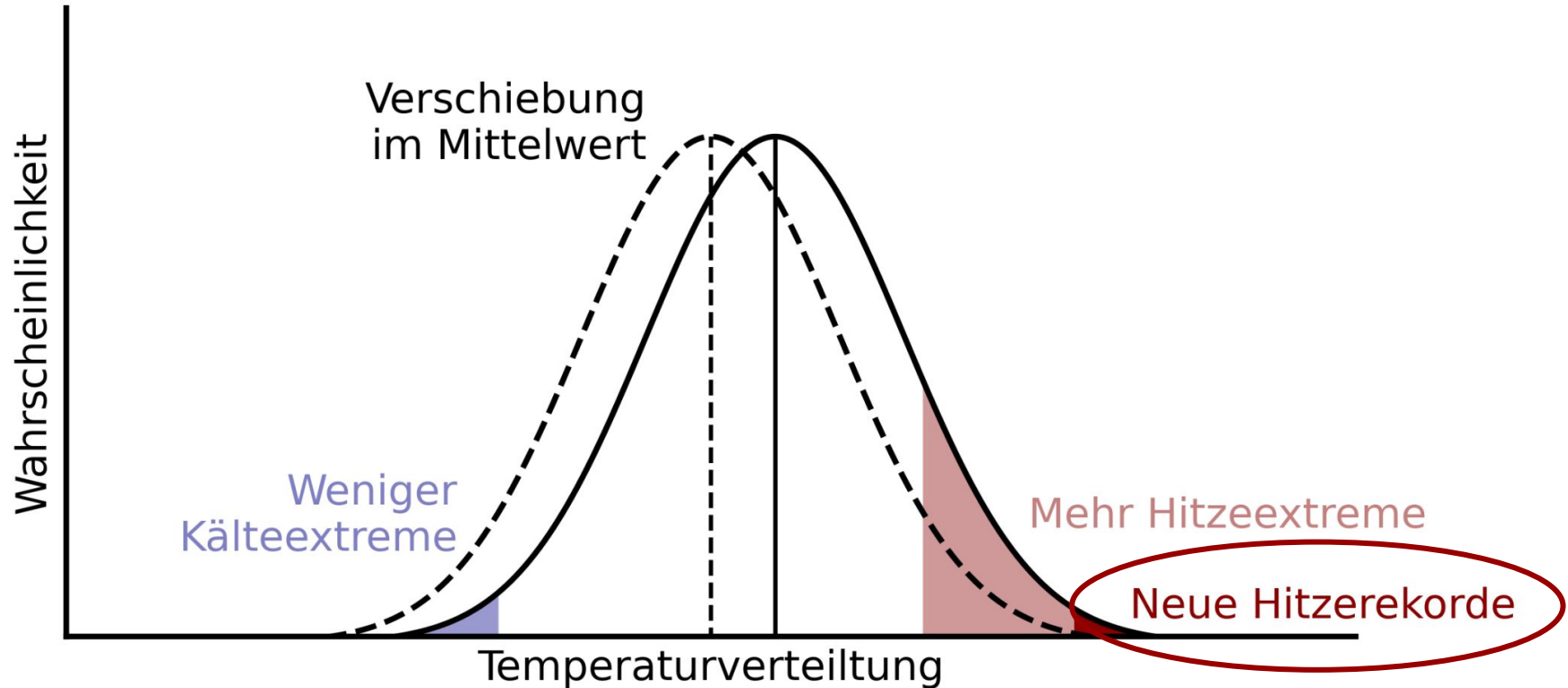
Greece, Italy, Spain, Portugal, France and Morocco experienced extreme heat in July 2024, causing at least 23 fatalities, widespread wildfires and bringing public life to a hold.

July 2024 saw extreme heat in many countries bordering the Mediterranean, following very high temperatures in Eastern Europe at the start of July. The heatwave occurred after 13 months of extreme heat globally, with each of the last 13 months being the hottest ever recorded. June 2024 was also the 12th month in a

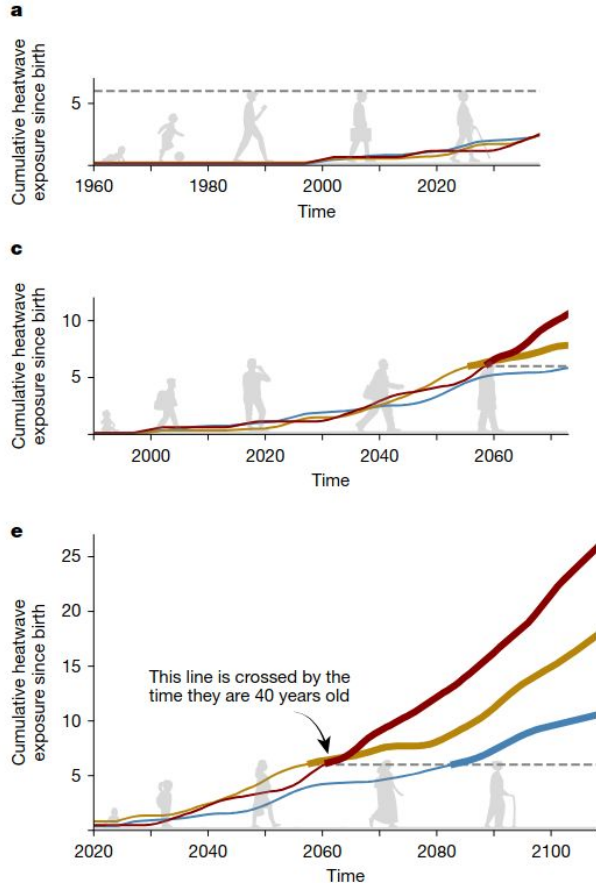


Basierend auf Daten des Europäischen Wetterdienstes, wären die extremen Temperaturen im Juli ohne die menschengemachte Erwärmung praktisch unmöglich gewesen.

Durch die andauernde Erwärmung im Zusammenspiel mit dem Wetter können Ereignisse auftreten, die früher Unmöglich gewesen sind



Die Wahrscheinlichkeit neue Hitzerekorde zu erleben steigt mit der globalen Erwärmung



Article

Global emergence of unprecedented lifetime exposure to climate extremes

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08907-1>

Received: 26 October 2023

Accepted: 17 March 2025

Published online: 7 May 2025

Open access

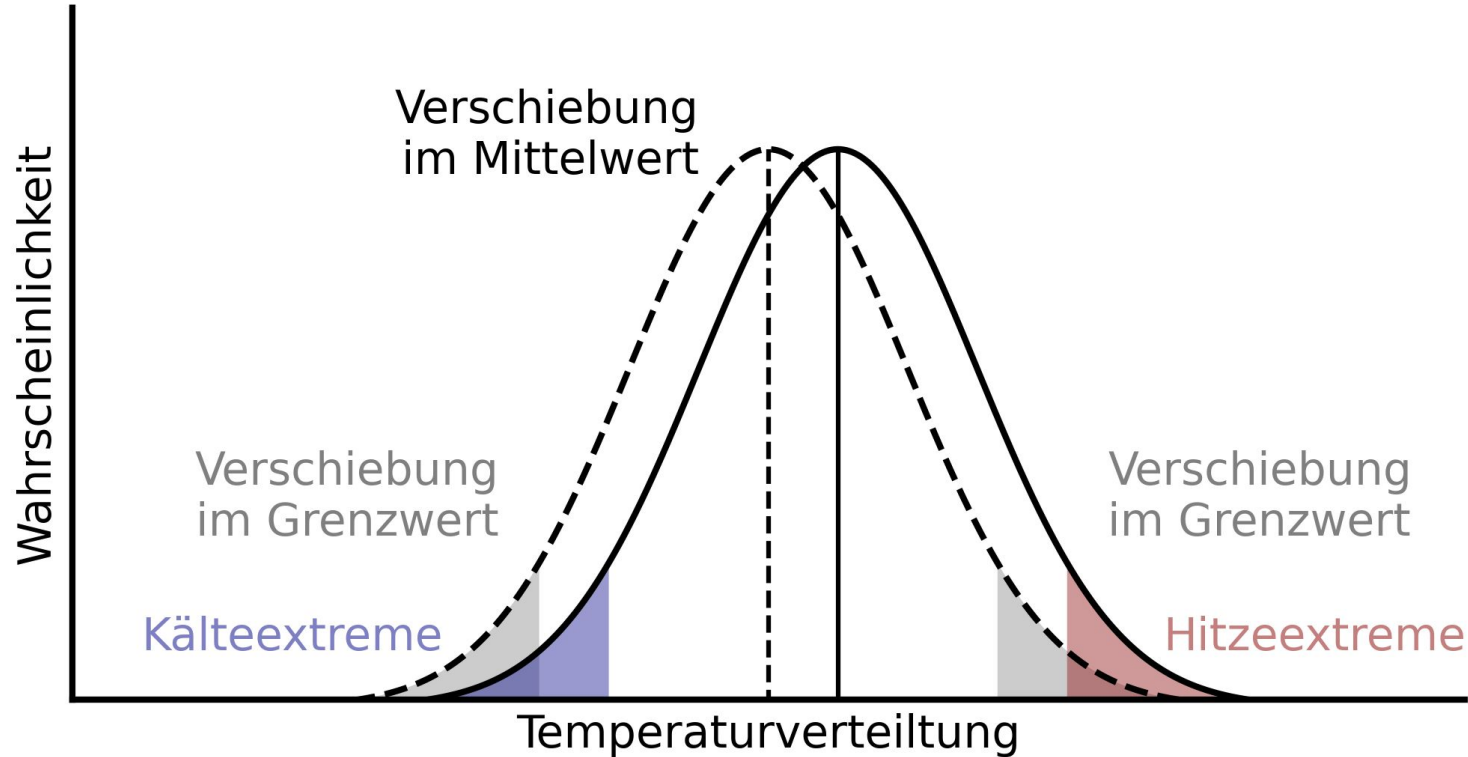
Check for updates

Luke Grant^{1,2,3,4}, Inne Vanderkelen^{1,3,4}, Lukas Gudmundsson⁵, Erich Fischer⁶,
Sonia I. Seneviratne⁶ & Wim Thiery¹

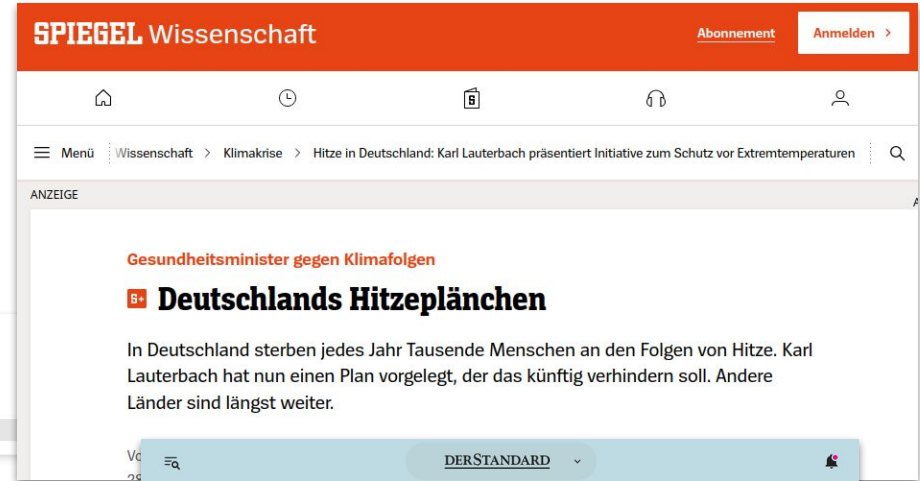
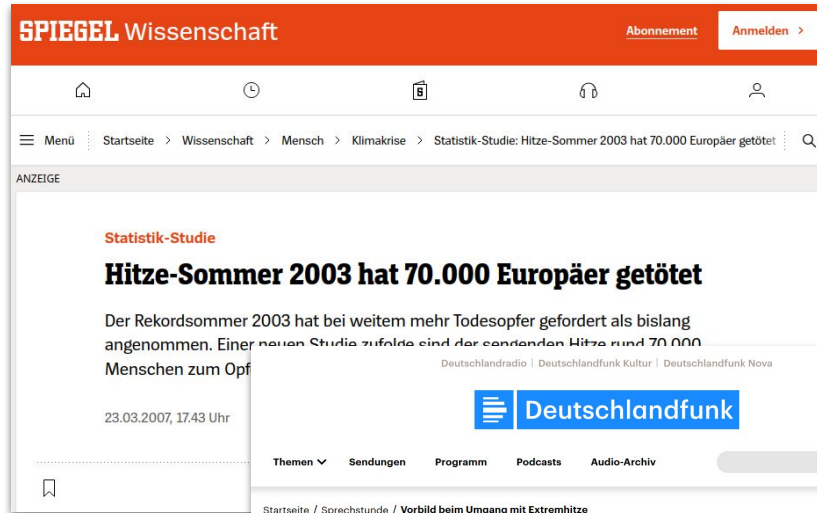
Climate extremes are escalating under anthropogenic climate change¹. Yet, how this translates into unprecedented cumulative extreme event exposure in a person's lifetime remains unclear. Here we use climate models, impact models and demographic data to project the number of people experiencing cumulative lifetime exposure to climate extremes above the 99.99th percentile of exposure expected in a pre-industrial climate. We project that the birth cohort fraction facing this unprecedented lifetime

In einem 1.5°C wärmeren Klima, werden 52% der Menschen, die im Jahr 2020 geboren sind nie dagewesene Hitzewellen erleben. Bei einer globalen Erwärmung von 3.5°C sogar 92%.

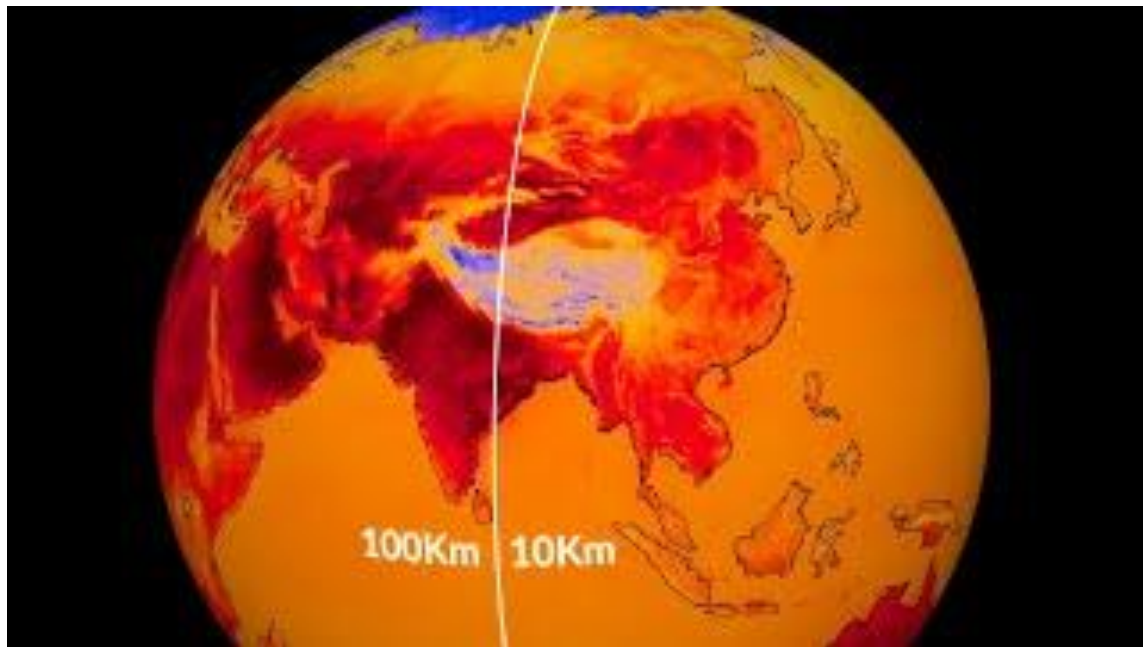
Verschiebung der Extrem-Grenzwerte: Anpassung an ein neues Klima



Die Vermeidung von Klimawandel sollte unsere höchste Priorität sein, aber zu einem gewissen Grad ist Anpassung möglich



Neue Klimamodelle für ein besseres Bild lokaler Extreme



ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS

PURPOSE-LED PUBLISHING™

ACCEPTED MANUSCRIPT • OPEN ACCESS

A global perspective on the spatial representation of climate extremes from km-scale models

Lukas Brunner, Benjamin Poschiod, Emanuel Dutra, Erich M Fischer, Olivia Martius and Jana Sillmann

Accepted Manuscript online 6 June 2025 • © 2025 The Author(s). Published by IOP Publishing Ltd

[What is an Accepted Manuscript?](#)

DOI 10.1088/1748-9326/ade1ef

[Accepted Manuscript PDF](#)

Authors ▾

Article information ▾

Abstract

Weather and climate extremes are rare manifestations of climate variability that can severely impact

Article metrics

39 Total downloads

Submit

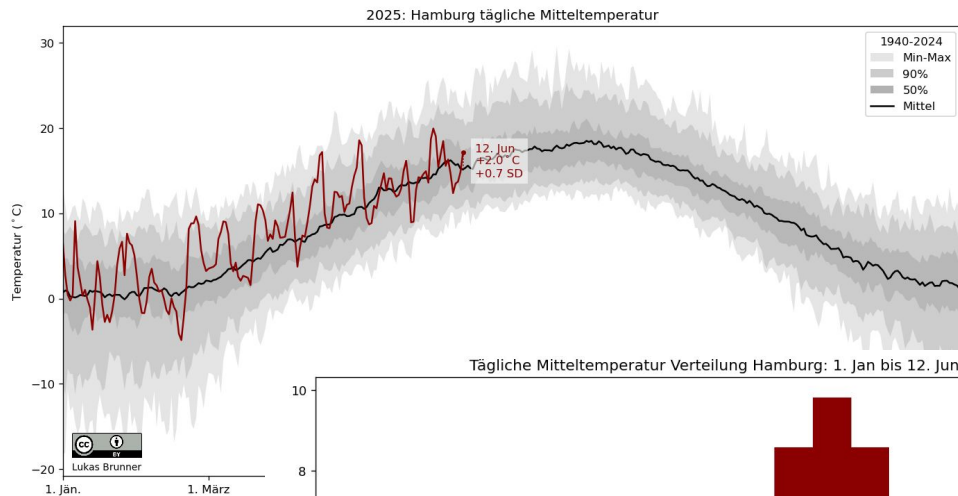
[Submit to this Journal](#)

Share this article

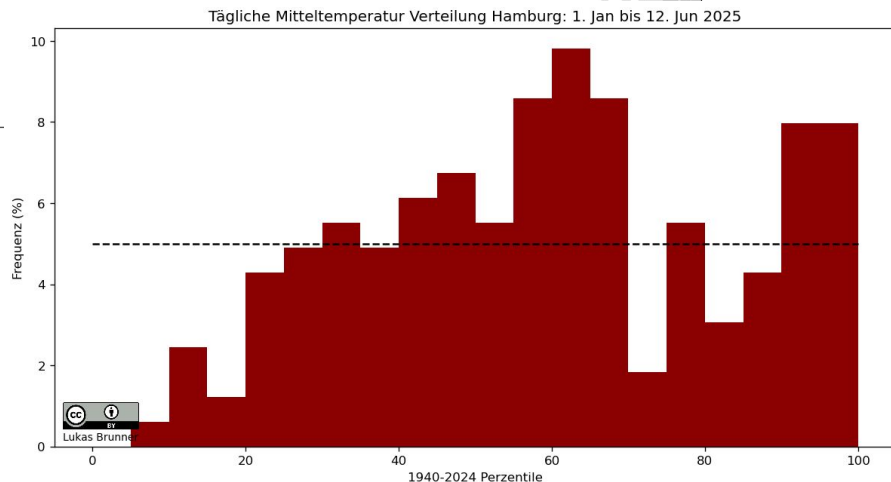
[f](#) [x](#) [w](#)



Ein einzelner Tag kann Zufall sein aber über die Zeit ergibt sich ein klarer Einfluss des Klimawandels sogar Lokal



Tage mit neuem Hitzerekord: 0.0%
Tage wärmer als das 90 Perzentil: 16.0%
Tage wärmer als der Mittelwert: 63.2%
Tage kälter als das 10 Perzentil: 0.6%
Tage mit neuem Kälterekord: 0.0%

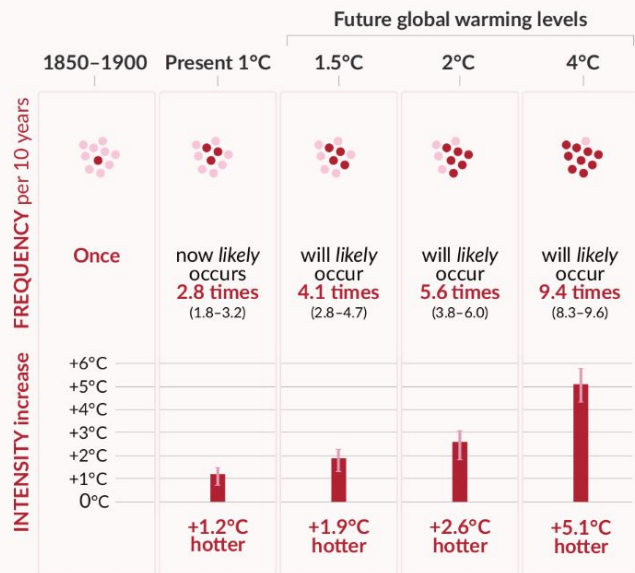


Änderung von Hitzeextremen über Land

Hot temperature extremes over land

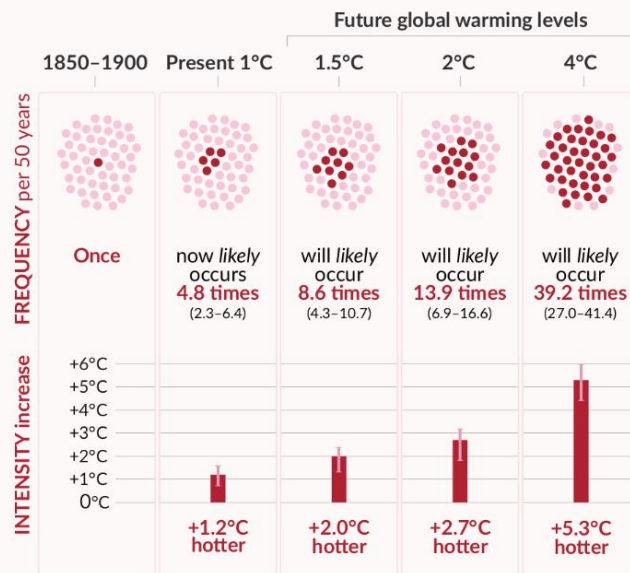
10-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred **once in 10 years** on average in a climate without human influence



50-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred **once in 50 years** on average in a climate without human influence



Im langjährigen Mittel ist Einfluss des Klimawandels (und meist auch des Menschen) auf Temperaturextreme klar

Der Klimawandel wirkt sich bereits auf alle bewohnten Regionen der Erde aus, wobei der Einfluss des Menschen zu vielen beobachteten Änderungen bei Wetter- und Klimaextremen beiträgt

(a) Synthese der Bewertung der beobachteten Änderung bei **Hitzeextremen** und Vertrauen in den Beitrag des Menschen zu den beobachteten Änderungen in den Weltregionen

Art der beobachteten Änderung bei Hitzeextremen

■ Zunahme (41)

■ Abnahme (0)

◻ Geringe Übereinstimmung hinsichtlich Art der Änderung (2)

◻ Begrenzte Daten und/oder Literatur (2)

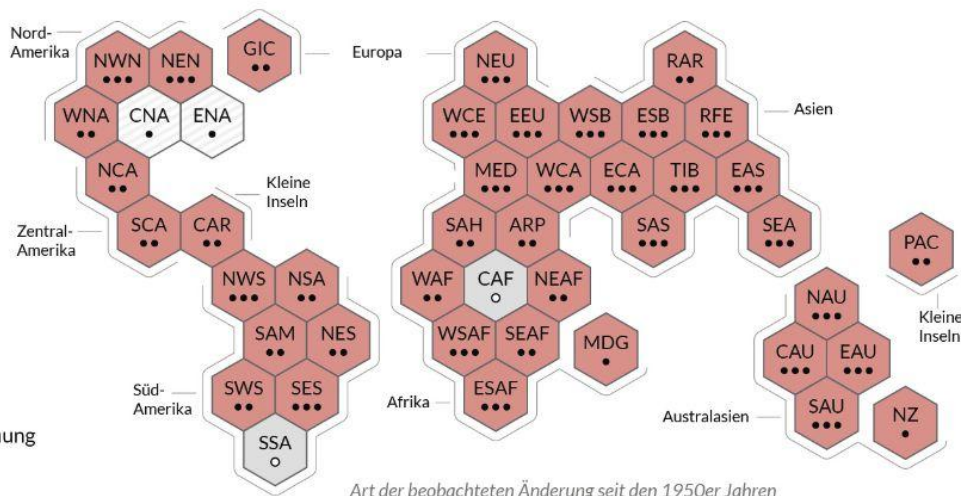
Vertrauen in den Beitrag des Menschen zur beobachteten Änderung

●●● Hoch

●● Mittel

● Gering aufgrund begrenzter Übereinstimmung

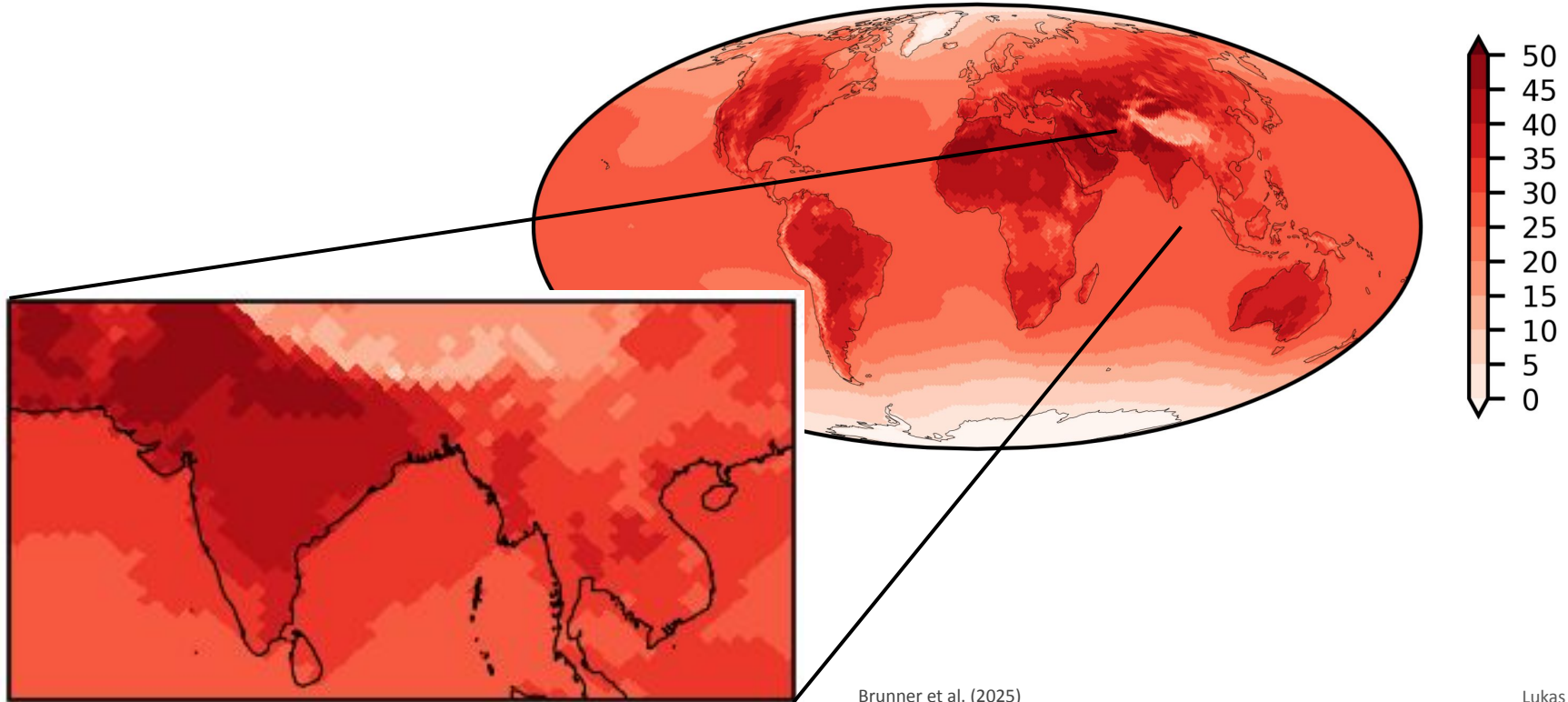
○ Gering aufgrund begrenzter Belege



Art der beobachteten Änderung seit den 1950er Jahren

Die höhere Modellauflösung führt zu einer genaueren und besseren Darstellung von Extremen

Heißester Tag im Jahr 100km (°C)



Die höhere Modellauflösung führt zu einer genaueren und besseren Darstellung von Extremen

Heißester Tag im Jahr 13km (°C)

