

WAS WIR HEUTE ÜBER DAS EXTREMWETTER IN DEUTSCHLAND WISSEN

**STAND DER WISSENSCHAFT ZU EXTREMEN WETTERPHÄNOMENEN
IM KLIMAWANDEL IN DEUTSCHLAND**



herausgegeben von:
Deutscher Wetterdienst und Extremwetterkongress Hamburg



KERNINFOS ZUM EXTREMWETTER IN DEUTSCHLAND IN FÜNF SÄTZEN

1. DIE GLOBALE ERWÄRMUNG ERHÖHT GENERELL DIE WAHRSCHEINLICHKEIT FÜR DAS AUFTRETEN BESTIMMTER EXTREME.
2. DIE ZUNAHME VON HITZEWELLEN IST ZWEIFELSFREI EINE FOLGE DER GLOBALEN ERWÄRMUNG.
3. DIE HÄUFIGKEIT VON TROCKENPHASEN IST GESTIEGEN.
4. KEINE SIGNIFIKANTE VERÄNDERUNG DER WINDGESCHWINDIGKEIT AN DER NORDSEE.
5. NEUE DATENQUELLEN ERLAUBEN BESSERE BEWERTUNGEN VON SCHADENSRIKEN DURCH STARKREGENEREREIGNISSE.



INHALT

ZUSAMMENFASSUNG.....	4
1. LETZTES JAHRZEHNT BEREITS 2 GRAD CELSIUS WÄRMER – DEUTLICH MEHR ALS DER WELTWEITE DURCHSCHNITT.....	5
2. BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN.....	6
3. MARKANTE ZUNAHME VON HITZEEREIGNISSEN	7
4. DIE WALDBRANDGEFAHR NIMMT ZU	10
5. LÄNGERE TROCKENZEITEN.....	10
6. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG DER STARKNIEDERSCHLÄGE WICHTIG.....	12
7. DIE HOCHWASSEREREIGNISSE IM JULI 2021	14
8. HOHE SCHÄDEN DURCH GEWITTER	16
9. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG BEI WIND UND STURM.....	17
10. ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS	18
11. GEFAHR HÖHERER STURMFLUTEN STEIGT	19

Zusammenfassung

Die Autoren und Herausgeber sehen in Folge der globalen Erwärmung starke Veränderungen bei extremen Wetterereignissen. Dabei kommt es sowohl zu regionalen Verlagerungen, in deren Folge extreme Wetterereignisse in Gebieten auftreten, in denen diese bisher nicht aufgetreten sind. Ebenso kommt es innerhalb von Regionen - wie Deutschland - zu einer Zunahme von extremen Wetterereignissen wie Hitzewellen und eine Abnahme anderer extremer Wetterereignisse wie beispielweise strenge Fröste. Die Autoren und Herausgeber bewerten die Entwicklung im Bereich der Temperaturen übereinstimmend als eindeutig und wissenschaftlich abgesichert sowie in den Folgen als sehr gravierend. Im Bereich der Niederschläge und der Winde sind die Aussagen differenzierter und weniger eindeutig. In Folge der rasch fortschreitenden Erwärmung des Klimasystems gibt es inzwischen eine deutliche Zunahme extrem hoher Temperaturen, in einigen Gegenden Deutschlands sind langanhaltende Phasen mit Tageshöchsttemperaturen von 30 Grad Celsius und darüber ein neues Phänomen. Es ist davon auszugehen, dass sich die globale Erwärmung mit den hier beschriebenen Auswirkungen in den kommenden Dekaden fortsetzen und damit verschärfen wird. Dieses bewirkt eine zunehmende Neigung zu Tagen mit hohen Temperaturen bei gleichzeitiger Abnahme der Neigung zu Tagen mit niedrigen Temperaturen. Neue Temperaturrekorde werden wahrscheinlicher. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es im Rahmen der natürlichen Variabilität weiterhin auch kalte Winter, kühle Sommer und die Gefahr von Spätfrösten geben wird. Die Wahrscheinlichkeit für diese drei genannten Ereignisse nimmt jedoch in Folge der globalen Erwärmung ab.

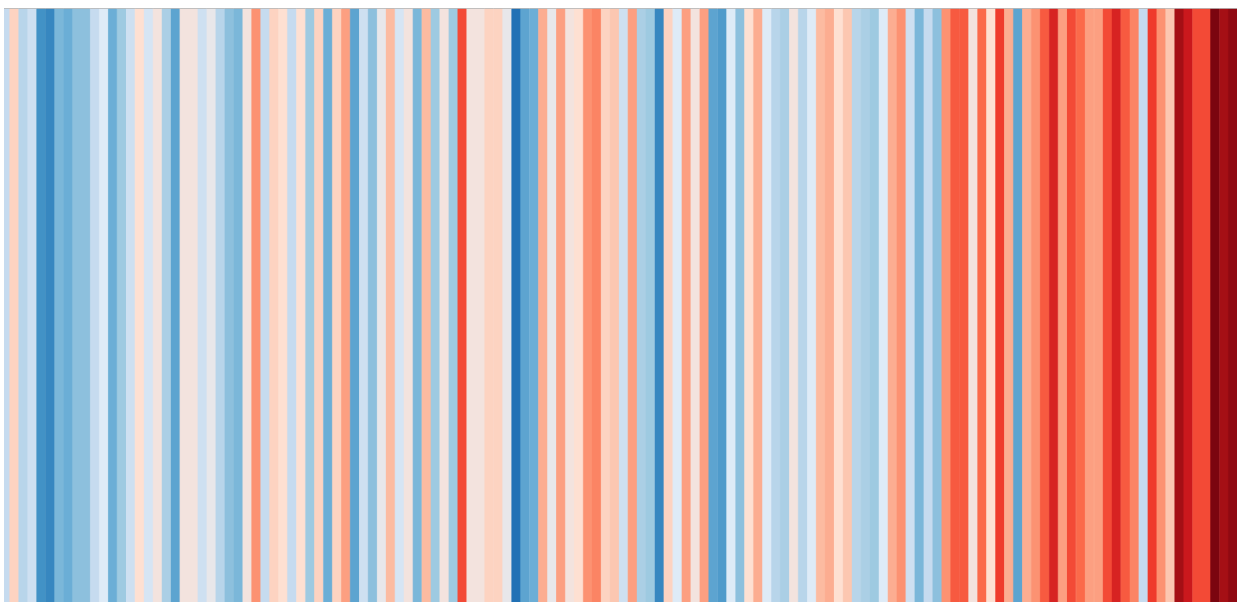


Abbildung 01: Erwärmung in Deutschland dargestellt als „Warming Stripes“ für den Zeitraum 1881 - 2020

(Quelle: DWD, basierend auf jährlichen Gebietsmittelwerten der Temperatur)

Darstellungsidee von Ed Hawkins <https://showyourstripes.info/>

1. LETZTES JAHRZEHNT BEREITS 2 GRAD CELSIUS WÄRMER – DEUTLICH MEHR ALS DER WELTWEITE DURCHSCHNITT

In Deutschland hat sich seit Beginn der systematischen, flächendeckenden Wetteraufzeichnungen 1881 die mittlere Temperatur bereits deutlich erhöht. Laut Auswertungen des Deutschen Wetterdienstes ist die Temperatur in Deutschland seitdem um 1,6 Grad Celsius gestiegen (linearer Trend des Gebietsmittelwerts). Die Temperaturen in Deutschland sind damit deutlich stärker gestiegen als im weltweiten Durchschnitt. Dies verwundert nicht, weil sich die Landregionen generell schneller erwärmen als die Meeresregionen. Das Tempo des Temperaturanstiegs hat in Deutschland (wie auch weltweit) in den vergangenen 50 Jahren deutlich zugenommen:

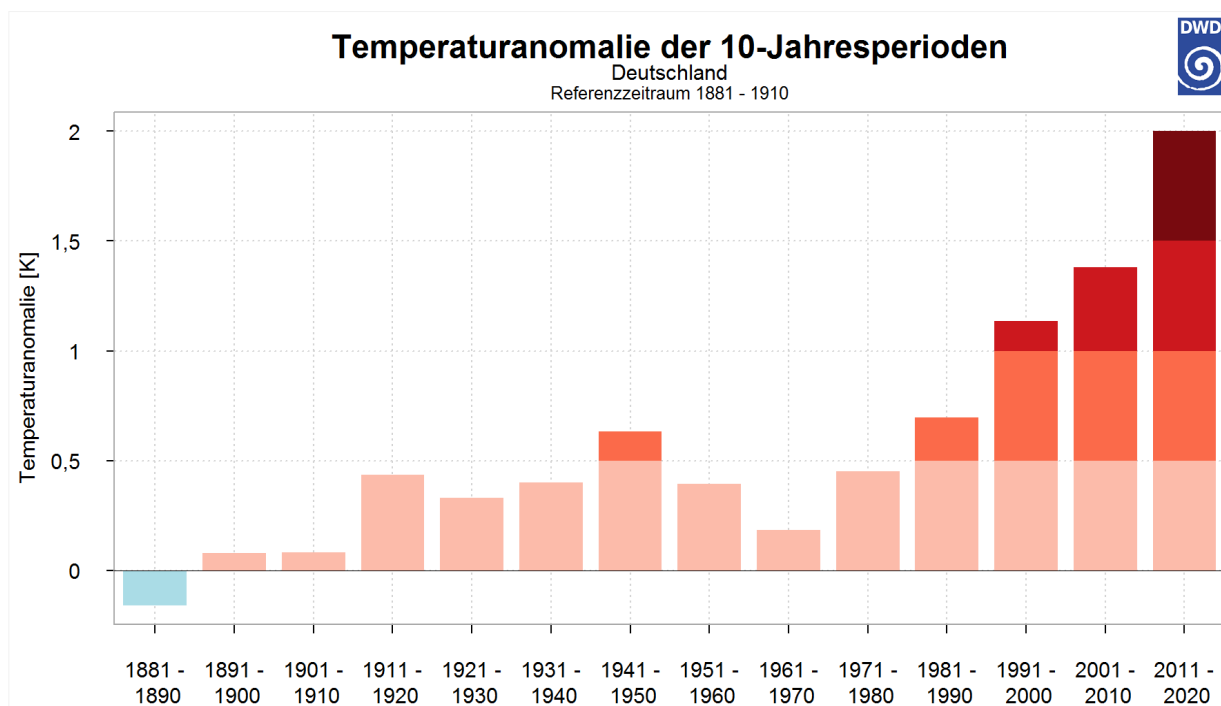


Abbildung 02: Die Dekade 2011-2020 ist zwei Grad wärmer als der Referenzzeitraum 1881-1910 / Quelle: DWD ¹

Im Gesamtzeitraum 1881-2020 wurde es jedes Jahrzehnt 0,12 Grad Celsius wärmer, für die letzten 50 Jahre (1971-2020) lag die Erwärmungsrate mit 0,38 Grad Celsius pro Dekade mehr als dreimal so hoch². Seit den 1960er Jahren war hierzulande jedes Jahrzehnt deutlich wärmer als das vorangehende und das vergangene Jahrzehnt (2011-2020) 2 Grad Celsius wärmer als die ersten Jahrzehnte (1881-1910) der Aufzeichnungen.

2. BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN

Neun der zehn wärmsten Jahre seit 1881 traten seit 2000 auf (Abbildung 03 und Link <https://www.dwd.de/zeitreihen>). In den letzten 20 Jahren waren bereits sieben Jahre um mehr als 2,0 Grad Celsius wärmer als die Werte zwischen 1881 und 1910. Vier Jahre lagen sogar über der 2,5 Grad Celsius Marke. Eine derart außergewöhnliche Häufung von Rekordjahren der Temperatur ist nur durch die menschengemachte globale Erwärmung erklärbar. Zufällige Schwankungen oder natürliche Einflüsse, wie Vulkane oder Schwankungen der Sonnenstrahlung, fallen als Erklärung für den weltweiten Temperaturanstieg aus. Aufgrund der weiter steigenden Treibhausgaskonzentration ist zu erwarten, dass die kommende Dekade ebenfalls wärmer ausfällt als die vorangegangene.

Die wärmsten Jahre in Deutschland
-seit Beginn der Aufzeichnungen-

Jahr	Abweichung (in Bezug auf 1881-1910)
2018	+2,7 °C
2020	+2,6 °C
2019	+2,5 °C
2014	+2,5 °C
2015	+2,1 °C
2007	+2,1 °C
2000	+2,1 °C
1994	+1,9 °C
2017	+1,8 °C
2011	+1,8 °C
2002	+1,8 °C

Quelle: DWD

Abbildung 03: Beispiellose Häufung an Wärmerekordjahren während des letzten Jahrzehnts

3. MARKANTE ZUNAHME VON HITZEEREIGNISSEN

Die Anzahl Heißer Tage (Tagesmaximum der Lufttemperatur mindestens 30 Grad Celsius), über ganz Deutschland gemittelt, hat sich seit den 1950er-Jahren von etwa drei Tagen pro Jahr auf derzeit durchschnittlich neun Tage pro Jahr verdreifacht. Im Sommer 2020 erreichten in Hamburg acht Tage in Folge Tageshöchstwerte über 30 Grad Celsius und waren damit die längste Folge ununterbrochener Heißer Tagen seit 1891. Die mittlere Anzahl der Eistage (Tagesmaximum der Lufttemperatur kleiner 0 Grad Celsius) hat im gleichen Zeitraum von 28 Tagen auf 19 Tage abgenommen. In Hamburg gab es beispielsweise im Winter 2019/2020 erstmals seit 1891 keinen Eistag. 14-tägige Hitzeperioden mit einem mittleren Tagesmaximum der Lufttemperatur von mindestens 30 Grad Celsius traten zum Beispiel in Hamburg vor 1994 nicht auf. Seitdem gab es dort solche Ereignisse allerdings schon sechs Mal. In vielen Regionen kommt es seit den 1990er Jahren zu einer massiven Häufung von Hitzewellen. Dieser Effekt ist eine Folge der globalen Erwärmung und des damit auch in Deutschland erfolgenden deutlichen Temperaturanstieges. Bei ungebremstem Treibhausgasausstoß wird für den Zeitraum 2031-2060 eine weitere Zunahme um fünf bis zehn heiße Tage im Jahr in Norddeutschland und zehn bis zwanzig heiße Tage in Süddeutschland erwartet.

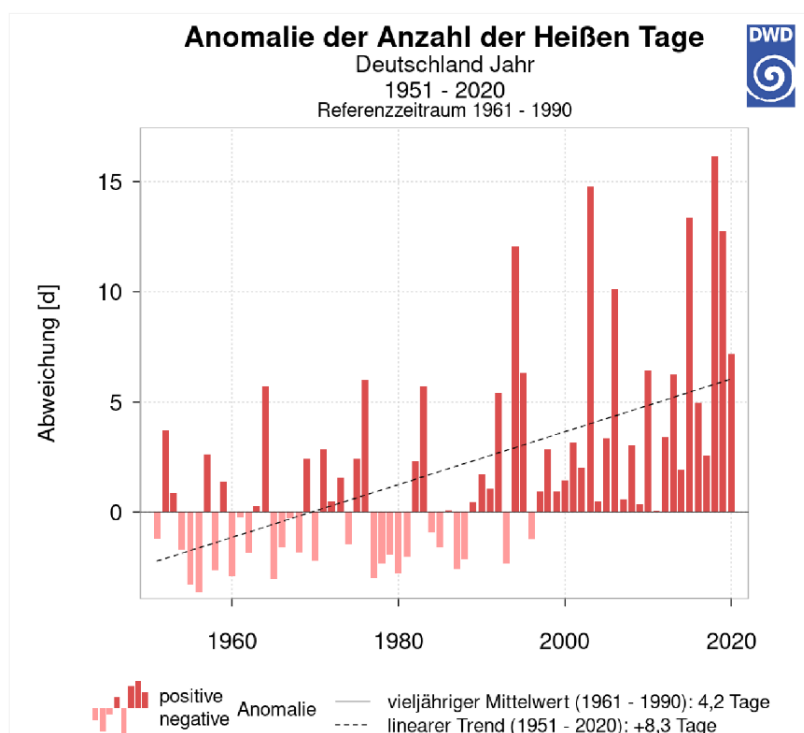


Abbildung 04: Entwicklung der Heißen Tage in Deutschland mit Tageshöchstwerten ≥ 30 °C
Quelle: DWD, Link: <https://www.dwd.de/zeitreihen>

Entwicklung der mittleren jährlichen Anzahl von Heißen Tagen mit Höchstwerten von mindestens 30 Grad Celsius

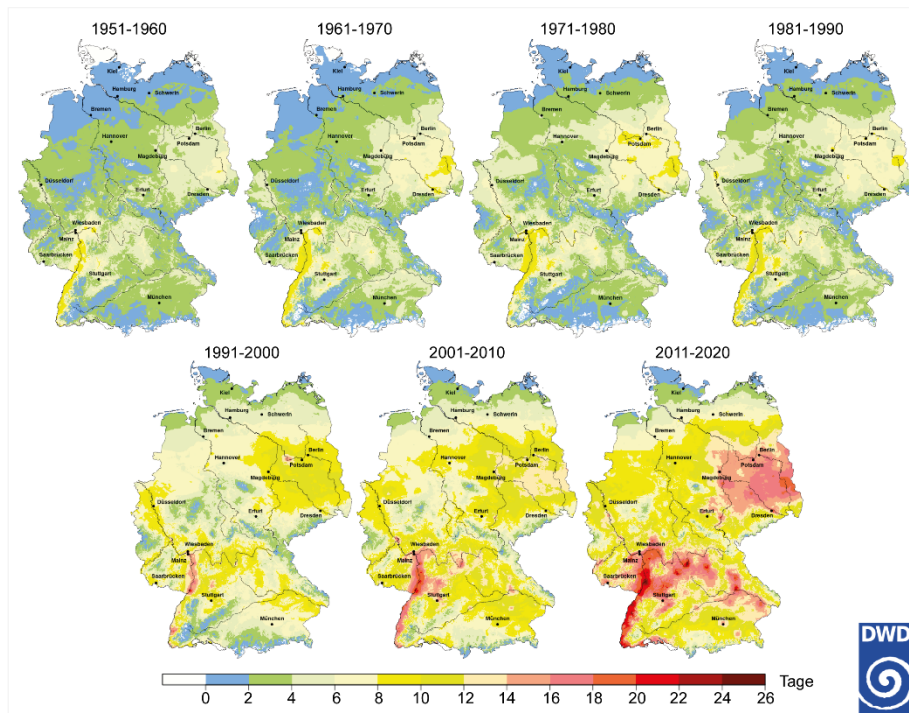


Abbildung 05: Mittlere jährliche Anzahl der Heißen Tage (d.h. Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 °C / Quelle: DWD

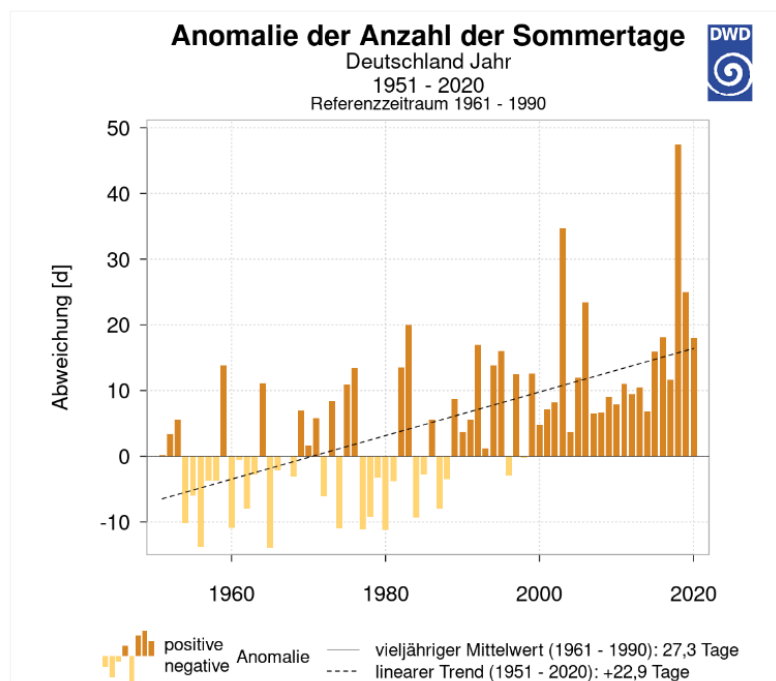


Abbildung 06: Entwicklung der Sommertage in Deutschland mit Tageshöchstwerten ≥ 25 °C
Quelle: DWD, Link: <https://www.dwd.de/zeitreihen>

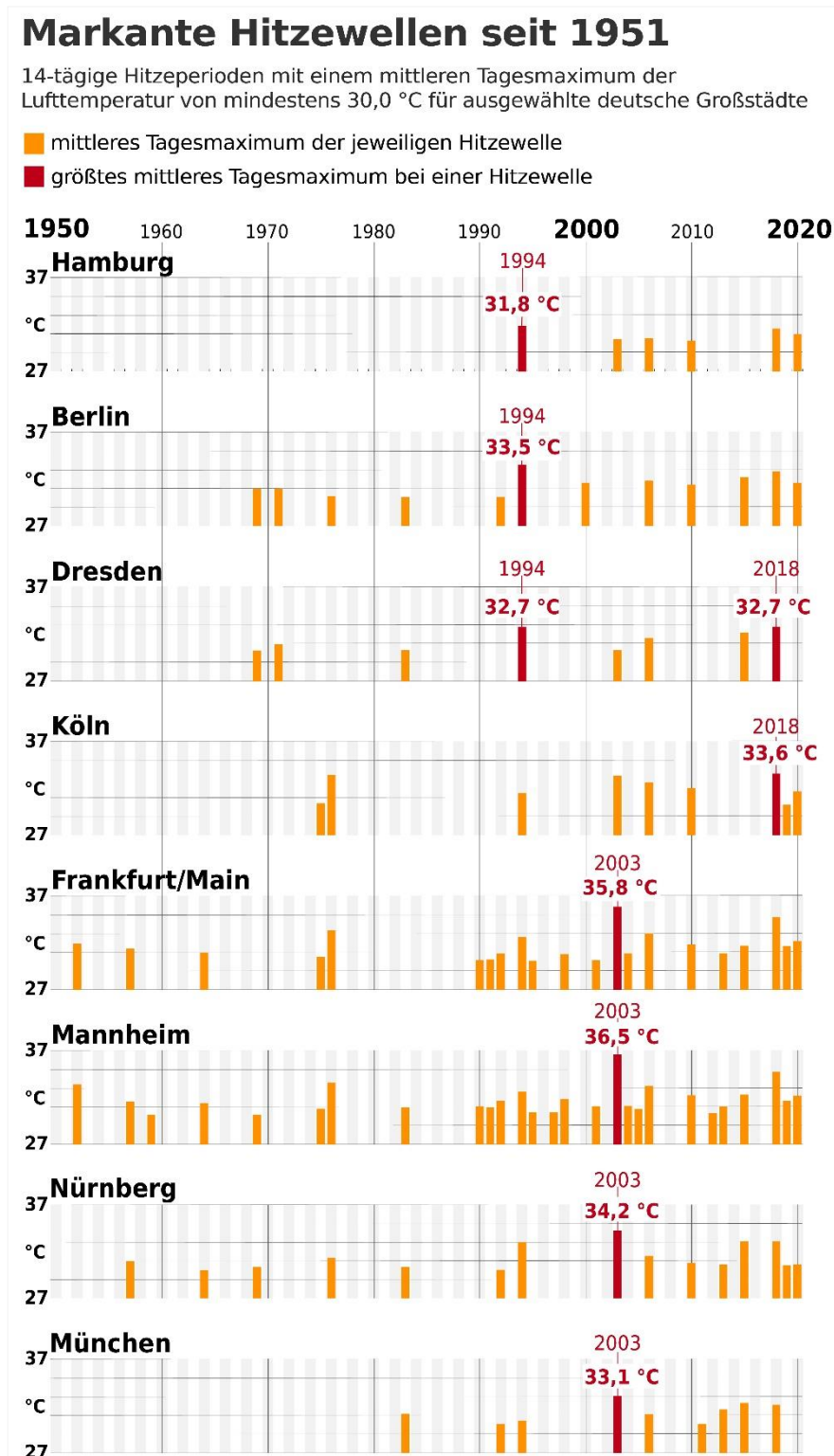


Abbildung 07: Markante Hitzewellen in Deutschland von 1951 bis einschließlich 2020
Quelle: DWD

4. DIE WALDBRANDGEFAHR NIMMT ZU

Wärmere Sommer und längere Trockenphasen verstärken das Risiko von Waldbränden, besonders stark in bereits durch Trockenschäden belasteten Wäldern. In den vergangenen Jahrzehnten ist die Zahl der Tage mit hohem bis sehr hohem Waldbrandrisiko bereits gestiegen: Deutschlandweit gemittelt gab es im Zeitraum 1961 bis 1990 rund 27 Tage im Jahr mit hohem oder sehr hohem Waldbrandrisiko. Im Zeitraum 1981 bis 2010 waren es schon rund 33 Tage, im Zeitraum 1991 bis 2020 sogar rund 38 Tage. (Informationen zur Entwicklung des *Waldbrandindex* findet sich auch im <https://www.deutscher-klimaatlas.de>)

5. LÄNGERE TROCKENZEITEN

Die Zahl aufeinanderfolgender Trockentage nimmt vor allem im Sommer zu. Dies hat zur Folge, dass sich die Häufigkeit von Trockenphasen erhöht – ein Trend, der auch für die Zukunft prognostiziert wird. Laut Daten des Deutschen Wetterdienstes hat die Zahl von Tagen mit niedriger Bodenfeuchte seit 1961 bereits deutlich zugenommen und es treten in den letzten Jahren vermehrt sogenannte „carry-over-Effekte“ auf.

So blieb nach dem sehr trockenen und heißen Sommer 2018 und dem darauffolgenden, nur durchschnittlich feuchten Winter im Frühjahr 2019 ein Wasserdefizit in den tieferen Bodenschichten bestehen. Dadurch trockneten die Böden im Sommer 2019 mancherorts noch stärker aus als im Jahr zuvor, obwohl es mehr regnete. Dieser Effekt zog sich sogar noch bis ins Jahr 2020 hinein und hatte nicht nur einen erhöhten Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft, sondern auch großflächige Trockenschäden in den Wäldern zur Folge.

Zahlreiche Wirtschaftssektoren bekommen die Auswirkungen von Dürren zu spüren, wie die Energiewirtschaft und Teile der Industrie. In Folge länger andauernder Trockenheit können beispielsweise die Wasserstände der Flüsse so stark absinken, dass Binnenschiffe nur eingeschränkt oder gar nicht fahren können. Diese Verkehrseinschränkungen können unter Umständen dazu führen, dass Raffinerien und Chemiewerke ihre Produktion einschränken müssen.

Geht der Klimawandel ungebremsst weiter, wird mit einer starken Zunahme von Trockenheit gerechnet. Denn obwohl die meisten Klimaprojektionen eine etwa gleichbleibende jährliche Niederschlagssumme voraussagen, geht man von einer sich ändernden jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge aus, mit einer Zunahme in Winter und einer Abnahme in den aufgrund der Erderwärmung immer verdunstungsintensiveren Sommermonaten. Land- und Forstwirtschaft werden sich hierzulande unter anderem durch effiziente Bewässerungsverfahren und durch Änderungen bei Fruchtfolgen beziehungsweise der Baumartenwahl an die geringere sommerliche Wasserverfügbarkeit anpassen müssen.

Was wir heute über das Extremwetter in Deutschland wissen

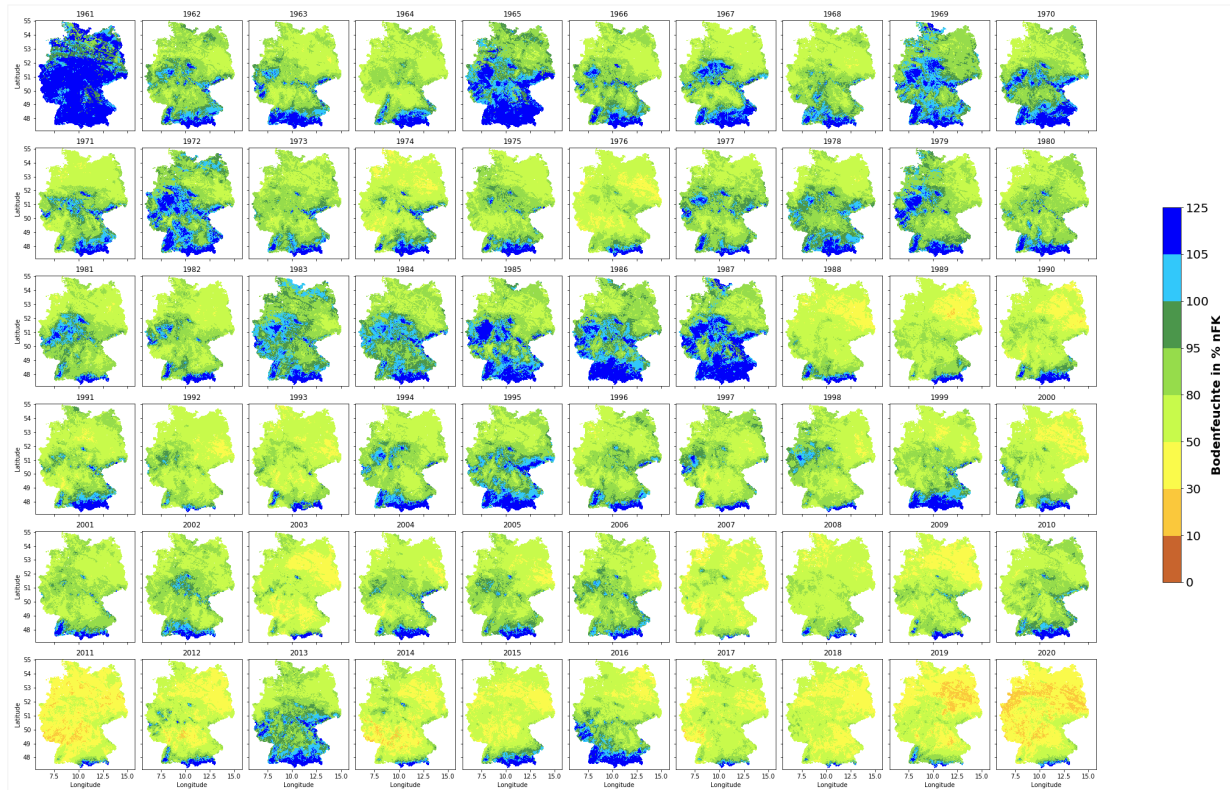


Abbildung 08: Berechnete Bodenfeuchte von 0 bis 60 cm Tiefe unter Wintergetreide für die Monate April bis Juni, die entscheidend für den Ertrag sind. Bei Werten < 50 % kommt es zu leichtem, bei < 30 %, zu starkem Trockenstress mit entsprechenden Ertragseinbußen. Diese Situationen traten in den letzten 10 Jahren deutlich häufiger auf, als in den Jahrzehnten zuvor.

Quelle: DWD, Link: <https://www.dwd.de/bodenfeuchteviewer>

6. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG DER STARKNIEDERSCHLÄGE WICHTIG

Bei der Verteilung und Häufigkeit von Starkregenereignissen zeigen sich große Unterschiede. Der Zusammenhang Klimawandel – Starkniederschlag ist komplex und Gegenstand intensiver Forschung. Im Gebietsmittel für Deutschland hat sich im Zeitraum 1951-2020 die Anzahl von Tagen mit Niederschlägen ≥ 20 mm nur unwesentlich verändert. Für die in Mitteleuropa vorwiegend im Sommerhalbjahr relevanten Starkniederschläge kurzer Dauerstufen (kürzer als 24 Stunden) gibt es ebenfalls noch verhältnismäßig wenige Erkenntnisse. Es existieren zwar einige Anhaltspunkte für eine Zunahme der Intensität sogenannter konvektiver Ereignisse mit steigender Temperatur. Hier besteht aber noch Forschungsbedarf. Neben den Stationsmessungen existieren für die vergangenen 20 Jahre zusätzlich auch flächendeckende Radardaten. Für einige Regionen deuten diese auf eine Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen hin, jedoch lassen sich daraus aufgrund der hohen Variabilität von Jahr zu Jahr sowie der kurzen Zeitreihe noch keine Rückschlüsse auf eine Zunahme von Extremereignissen im Zusammenhang mit dem Klimawandel ziehen. Der beobachtete leichte Anstieg könnte auch durch kurz- und mittelfristige Schwankungen bedingt sein.

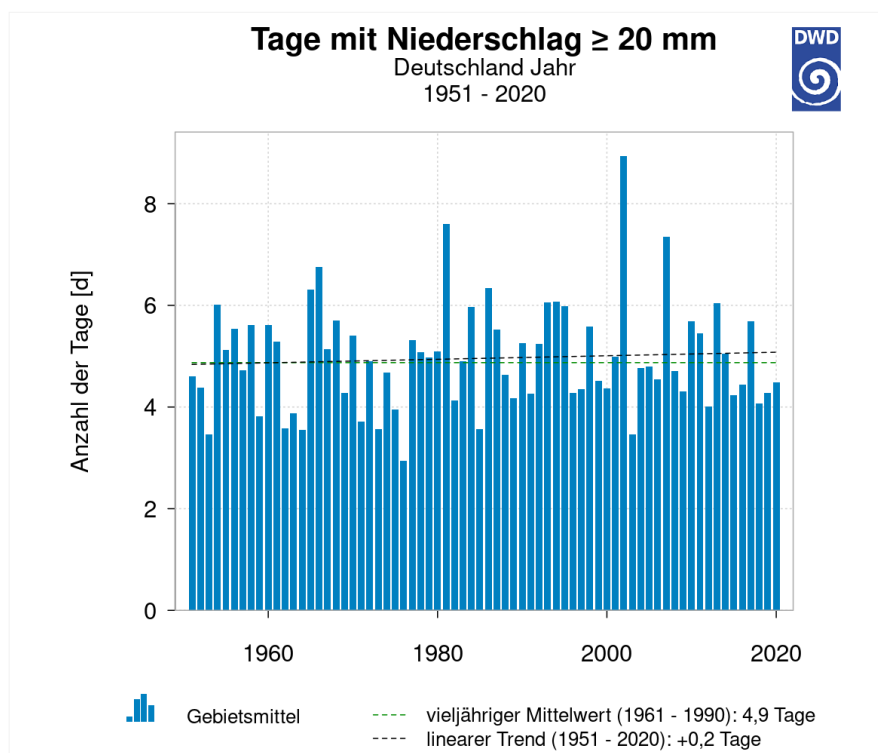


Abbildung 09: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 20 l/qm im Flächenmittel von Deutschland in den Jahren 1951 bis 2020

Quelle: DWD, Link: <https://www.dwd.de/zeitreihen>

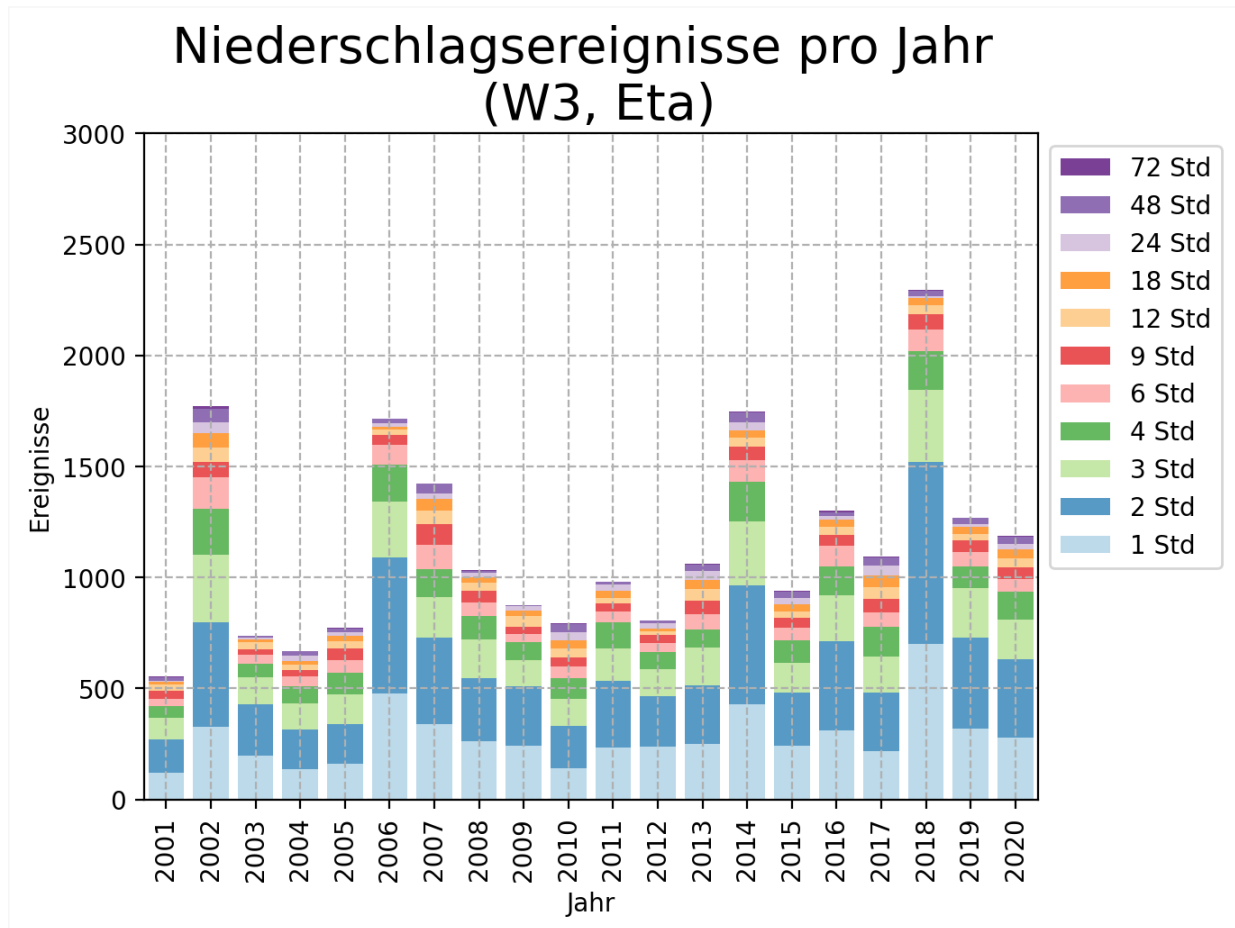


Abbildung 10: Anzahl mittels Radars erfasster Starkregenereignisse pro Jahr seit dem Jahr 2001 aus klimatologisch aufbereiteten Radardaten. Als Schwellenwert wurden die Warnkriterien Level 3 (Unwetter) für Stark- beziehungsweise Dauerregen des Deutschen Wetterdienstes genutzt. / Quelle: DWD ³

7. DIE HOCHWASSEREREIGNISSE IM JULI 2021

Im Jahr 2021 waren insbesondere Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz von schadensreichen Hochwasserereignissen betroffen. Vom 12. bis 15. Juli 2021 war es in verschiedenen Teilen Westeuropas zu extremen Regenfällen gekommen. So fielen zum Beispiel in der Region um die Flüsse Ahr und Erft in Deutschland an einem einzigen Tag mehr als 90 Liter Regen pro Quadratmeter. Durch Überschwemmungen als Folge des Starkregens kamen in Belgien und Deutschland mindestens 220 Menschen ums Leben.

Um den Einfluss des Klimawandels bei der Entwicklung der extremen Regenfälle und der durch sie hervorgerufenen Überschwemmungen zu bewerten, wurde im Nachgang eine Attributionsstudie durch ein internationales Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern durchgeführt, die im Rahmen des „World Weather Attribution Teams“ zusammenarbeiten. ⁴

Dabei wird berechnet, in welchem Ausmaß ein Extremwetterereignis eines natürlichen Ursprungs ist oder durch den anthropogenen Klimawandel verstärkt wurde. Gearbeitet wird dabei mit Messdaten und mit Modellläufen, die das Klima von heute und parallel in einer Welt vor der Industrialisierung simulieren. Aus diesen Daten werden die unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Ereignis abgeleitet. Die Hauptschwerpunkte der Studie lagen dabei auf den zwei besonders von den extremen Regenfällen betroffenen Gebieten in Deutschland, den Regionen um die Flüsse Ahr und Erft, sowie der Region um den Fluss Maas in Belgien.

Die Studie kam zu der Schlussfolgerung, dass die Wahrscheinlichkeit, dass es zu extremen Regenfällen kommt wie denen, die zu Überschwemmungen in Deutschland, Belgien, den Niederlanden und Luxemburg geführt haben, sich durch den Klimawandel um das 1,2- bis 9-Fache erhöht hat. Weiterhin ergab die Analyse, dass sich die Intensität dieser extremen Niederschläge aufgrund der durch den Menschen verursachten globalen Erwärmung in der Region zwischen 3 und 19 Prozent erhöht hat.

Aufgrund derartiger Extremereignisse ist die Attributionsforschung (in Deutschland teilweise auch als „Zuordnungsforschung“ bezeichnet) ein Forschungsfeld, an dem aktuell starkes Interesse besteht und das sich daher sowohl international wie auch national weiterentwickelt. In Deutschland wird auch im Rahmen des BMBF-Forschungsverbunds ClimXtreme ⁵ an der Thematik geforscht und der DWD strebt eine Operationalisierung von Attributionsstudien an, um zeitnah Aussagen bei zukünftigen Ereignissen liefern zu können. ClimXtreme und der DWD waren an den aktuellen Auswertungen des World Weather Attribution Teams beteiligt.

Was wir heute über das Extremwetter in Deutschland wissen

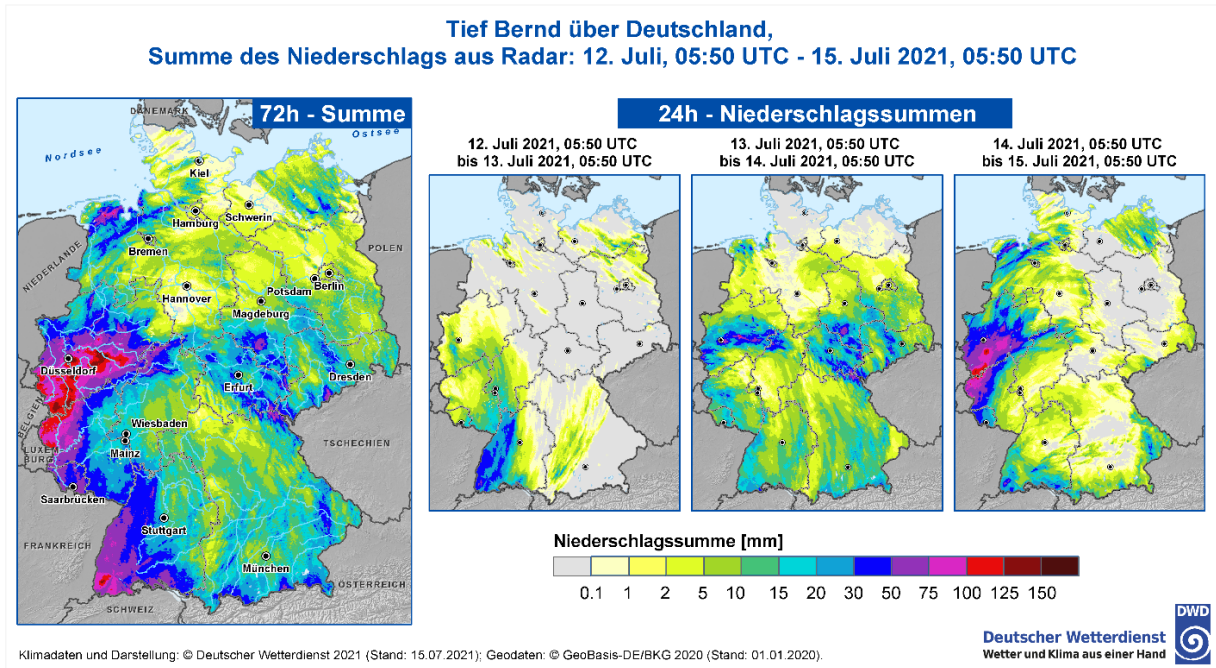


Abbildung 11: Niederschlagsanalyse auf Basis von RADOLAN für die Dauerstufe 24 Stunden beziehungsweise 72 Stunden bis zum 15.07.2021 05:50 UTC (07:50 Uhr MESZ) ⁶

8. HOHE SCHÄDEN DURCH GEWITTER

Schadenssummen von Versicherungen für Schäden durch schwere Gewitter zeigen für Deutschland und Europa seit ca. 1980 einen deutlichen Trend nach oben.

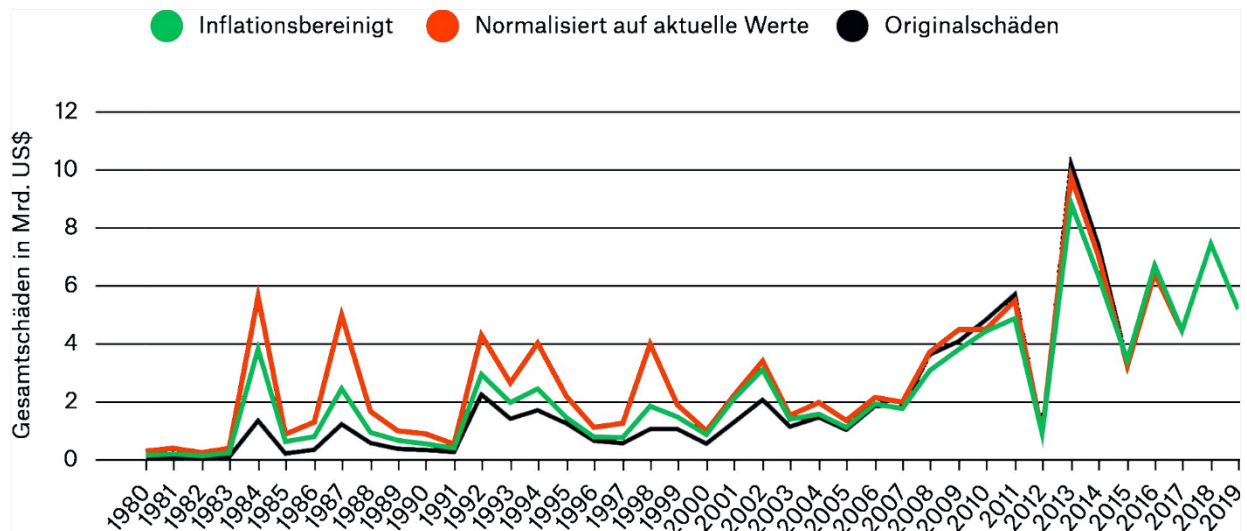


Abbildung 12: Die Entwicklung der Originalschadenhöhen im Vergleich zu den normalisierten und inflationsbereinigten Werten für Europa. / Quelle: © Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft Aktiengesellschaft in München ⁷

Im Zusammenhang mit Gewittern gehen auch von Blitzen Schadensrisiken aus. Für die letzten Jahrzehnte stehen Blitz-Beobachtungen aus Blitzortungssystemen zur Verfügung, die eine ortsgenaue Erfassung in einer Genauigkeit von besser als 100 Metern ermöglichen. Die Zeitreihen der Daten sind allerdings noch zu kurz, um daraus zuverlässige Aussagen über klimabedingte Trends abzuleiten.

9. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG BEI WIND UND STURM

In den letzten Jahrzehnten ist an der Nordsee in Folge der globalen Erwärmung keine Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit und der Spitzenböen festzustellen. Die Zeitreihen der Jahresmittel des geostrophischen Windes zeigt ab 1950 eine leichte Abnahme, die allerdings von deutlichen Unterschieden von Jahr zu Jahr gekennzeichnet ist. Deutlich erkennbar sind windreiche Zeiten Anfang der 1950er, und in den 1980er und 1990er Jahren. Es gibt Hinweise darauf, dass die Zahl der Sturmtage im Binnenland in den letzten 30 Jahren abgenommen haben könnte.

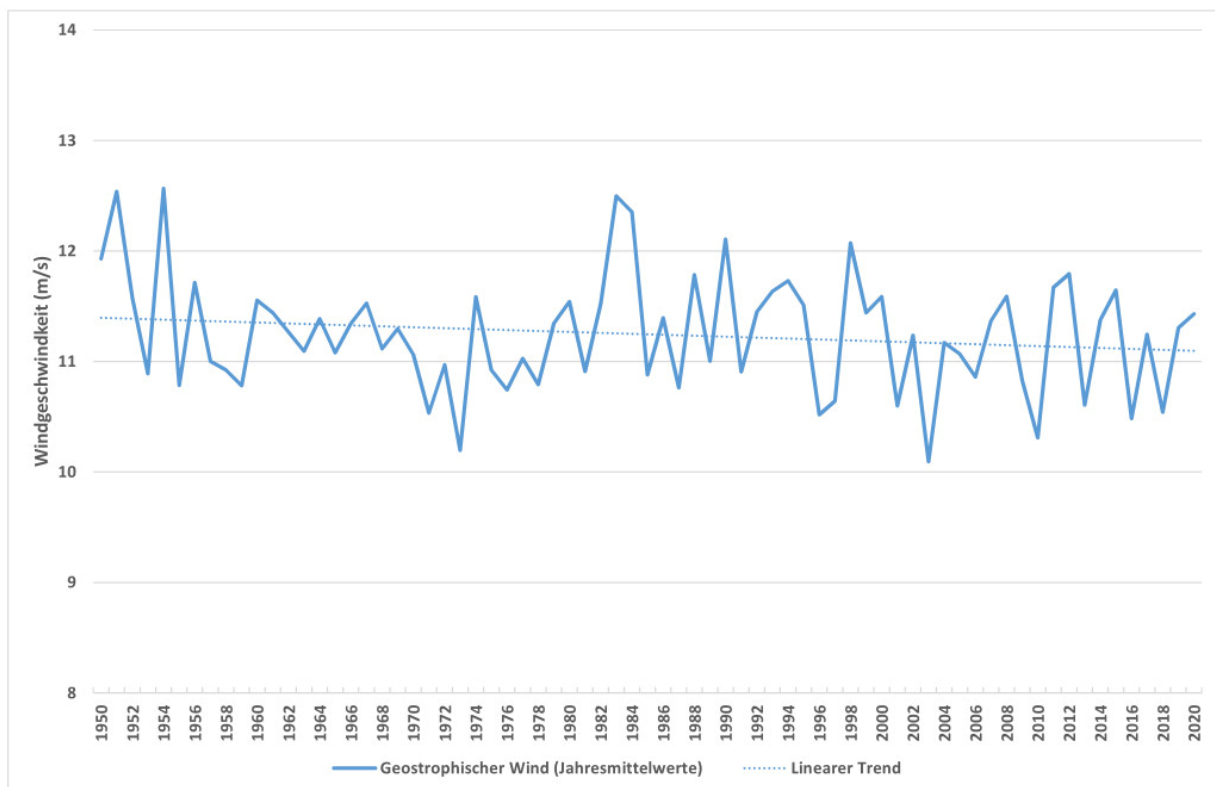


Abbildung 13: Jahresmittel des geostrophischen Windes, berechnet aus den bodennahen Luftdruckdaten der Stationen Hamburg, Emden und List. Dargestellt ist der Zeitraum 1950 bis 2020. Die gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend / Quelle: DWD ⁸

10. ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS

Die Zahl der beobachteten und verifizierten Tornados lag in Deutschland zwischen 1986 und 1995 im Mittel bei neun pro Jahr und stieg in den Jahren 1996 bis 2005 auf ein Mittel von rund 40 Tornadobeobachtungen pro Jahr an. In den zehn Jahren von 2006 bis 2020 wurden in Deutschland im Mittel rund 50 Tornados pro Jahr nachgewiesen. Die Ursache liegt zu einem großen Teil in der Zunahme und heutigen Verbreitung mobiler Endgeräte mit Foto- und Videofunktion und damit in der Abnahme der Dunkelziffer. Die Zahl der Mobilfunkteilnehmer lag bis 1995 unter 5 Millionen, von 1996 bis 2005 im Mittel bei 43 Millionen und 2006 bis 2015 im Mittel bei 96 Millionen. Die Beobachtungsdaten lassen daher noch keinen Schluss auf eine Veränderung der Zahl der Tornados in Folge des Klimawandels zu.

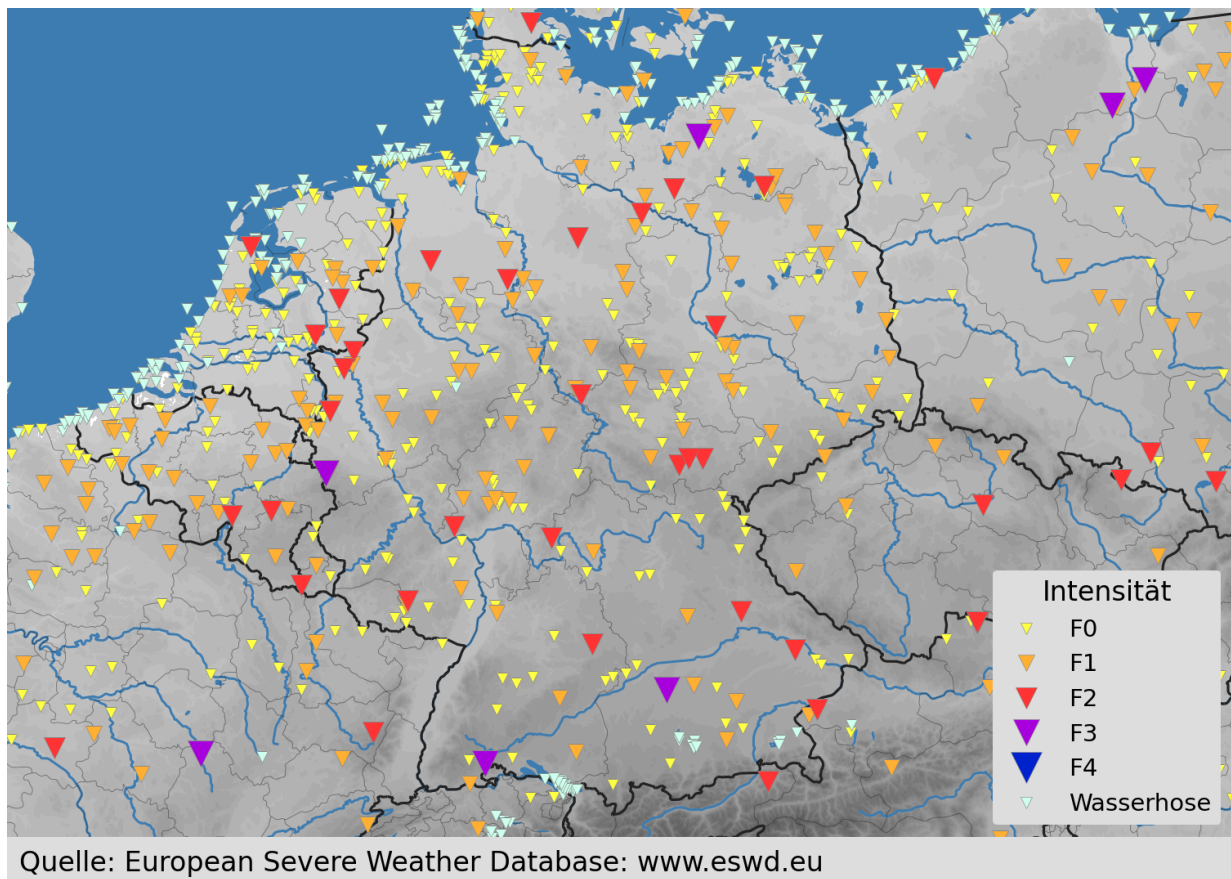


Abbildung 14: Tornados im Zeitraum 1.1.2011 bis 31.12.2020 gemäß European Severe Weather Database (ESWD, Link: www.eswd.eu). Enthalten sind alle Tornados mit Qualitätsstufe „QC0+“ oder besser (das heißt plausible oder bestätigte Fälle)

11. GEFAHR HÖHERER STURMFLUTEN STEIGT

Eine Folge des anthropogenen Klimawandels sind auch steigende Meeresspiegel. Ursache ist neben dem weltweiten Abschmelzen der Gletscher und Eisschilde die thermische Ausdehnung der sich erwärmenden Meere und Ozeane. Diese Entwicklung ist weltweit zu beobachten, allerdings mit regionalen Unterschieden. Unterschiedlich starker Anstieg der Wassertemperaturen und des Salzgehalts sowie Landhebungs- beziehungsweise Senkungsprozesse können sich auf die regionalen und lokalen Meeresspiegeländerungen auswirken. Die langfristige Entwicklung des Meeresspiegels unterliegt zudem einer erheblichen dekadischen Variabilität stärkeren und schwächeren Anstiegs.

In Cuxhaven zum Beispiel ist der relative Meeresspiegel seit Mitte des 19. Jahrhunderts bereits um gut 40 Zentimeter gestiegen⁹ (bei einem lokalen Absinken der deutschen Nordseeküste um etwa 0,1 cm pro Jahr als Nachwirkung der letzten Eiszeit), am Pegel Travemünde um rund 25 Zentimeter¹⁰. Folgen sind unter anderem höher auflaufende Sturmfluten.

Über den Beobachtungszeitraum 1843-2019 stieg in Cuxhaven sowohl das Tiedehochwasser (Flut), als auch das Tideniedrigwasser (Ebbe) im Jahresmittel an. Aufgrund des stärker ansteigenden Tiedehochwassers nahm der Tidehub in 177 Jahren um rund 15 cm zu. In dem Zeitraum seit 1993, für den Satellitenaltimetriedaten zur Verfügung stehen, zeigen diese Daten eine Beschleunigung des weltweiten Meeresspiegelanstiegs.¹¹

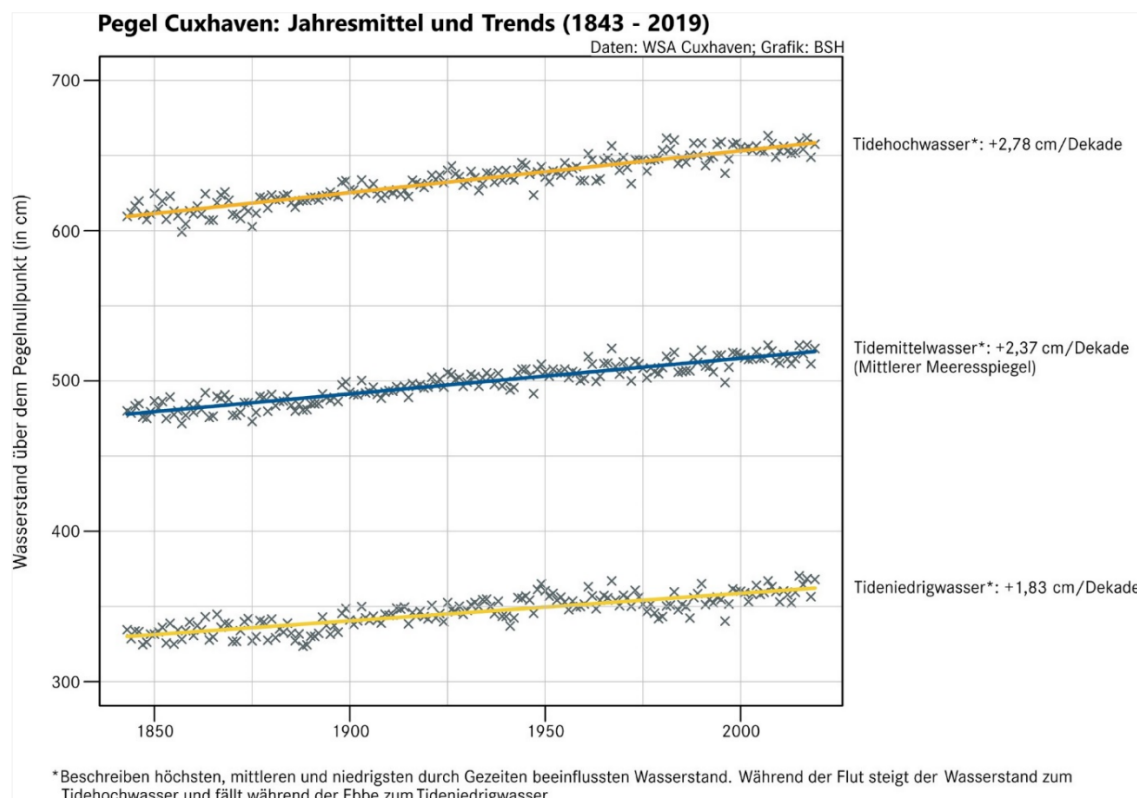


Abbildung 15: Veränderung des Meeresspiegels in Cuxhaven. Quelle: BSH

Literatur und weiterführende Informationen

- ¹ Imbery F., Kaspar F., Friedrich K., Plückhahn B. (2021): *Klimatologischer Rückblick auf 2020: Eines der wärmsten Jahre in Deutschland und Ende des bisher wärmsten Jahrzehnts*.
Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20210106_rueckblick_jahr_2020.pdf
- ² Kaspar F., Friedrich K., Imbery F. (2020): *2019 global zweitwärmstes Jahr: Temperaturentwicklung in Deutschland im globalen Kontext*.
Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20200128_vergleich_de_global.pdf
- ³ Lengfeld K., Walawender E., Winterrath T., Becker, A.: *CatRaRE: A Catalogue of Radar-based Heavy Rainfall Events in Germany Derived from 20 Years of Data*.
Meteorologische Zeitschrift. 2021,
<https://doi.org/10.1127/metz/2021/1088>
- ⁴ Kreienkamp F. und 38 Ko-Autoren (2021): *Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021*.
World Weather Attribution (WWA) initiative.
<https://www.worldweatherattribution.org/heavy-rainfall-which-led-to-severe-flooding-in-western-europe-made-more-likely-by-climate-change/>
- ⁵ <https://www.climxtreme.net>
- ⁶ Junghänel T., Bissolli P., Daßler J., Fleckenstein R., Imbery F., Janssen W., Kaspar F., Lengfeld K., Leppelt T., Rauthe M., Rauthe-Schöch A., Rocek M., Walawender E., Weigl E. (2021):
Hydroklimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021.
Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721_bericht_starkniederschlaege_tief_bernd.html
- ⁷ <https://www.munichre.com/de/risiken/naturkatastrophen-schaeden-nehmen-tendenziell-zu-gewitter-hagel-tornados-lokal-begrenzt-hohe-schaeden.html>
- ⁸ Deutscher Wetterdienst (2021): *Klimareport Hamburg*; Offenbach am Main, 56 Seiten
- ⁹ <https://meeresspiegel-monitor.de/cuxhaven/sla/index.php.de>
- ¹⁰ <https://meeresspiegel-monitor.de/travemuende/sla/index.php.de>
- ¹¹ Nerem R. S., Beckley B. D., Fasullo J. T., Hamlington B. D., Masters D., Mitchum G. T. (2018). *Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era*. Proceedings of the national academy of sciences, 115(9), 2022-2025.

IMPRESSUM

Autoren

F. Kaspar (DWD), F. Imbery (DWD), K. Friedrich (DWD), F. Böttcher (EWK), M. Herbst (DWD),
T. Deutschländer (DWD), A. Friedrich (DWD), B. Tinz (DWD)

Redaktion

F. Kaspar (DWD), F. Imbery (DWD), F. Böttcher (EWK)

Gestaltung und Satz

U. Klasen (DWD)

Abbildungsnachweis

DWD (wenn nicht anders gekennzeichnet);

Titelseite: © Pixabay: Tobias Hämmer;

Abbildung 12: © Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft Aktiengesellschaft in München,

Link: <https://www.munichre.com/de/allgemein/rechtliche-hinweise.html>

Abbildung 14: © Pieter Groenemeijer / European Severe Storms Laboratory (ESSL)

Kontakt

Email: klimaanalyse@dwd.de

Zitiervorschlag

Deutscher Wetterdienst / Extremwetterkongress (2021): *Was wir heute über das Extremwetter in Deutschland wissen*. Offenbach am Main, Deutschland

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz:



Sie dürfen das Werk beziehungsweise den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk beziehungsweise dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden. Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.