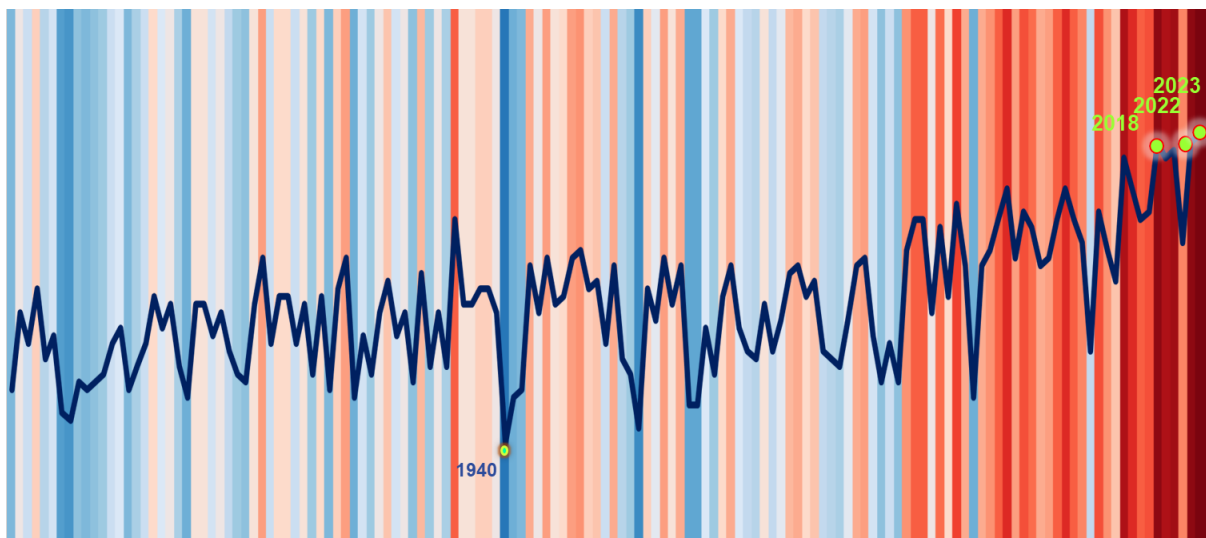


WAS WIR 2024 ÜBER DAS EXTREMWETTER IN DEUTSCHLAND WISSEN

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 AUSGEPRÄGTEN VERÄNDERUNGEN DER WINDGESCHWINDIGKEITEN.
5. NEUE DATENQUELLEN ERLAUBEN BESSERE BEWERTUNGEN VON SCHADENSRIKEN DURCH STARKREGENEREIGNISSE.

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG.....	4
1. LETZTES JAHRZEHNT BEREITS ÜBER 2 GRAD CELSIUS WÄRMER – DEUTLICH MEHR ALS DER WELTWEITE DURCHSCHNITT.....	5
2. BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN.....	5
3. MARKANTE ZUNAHME VON HITZEEREIGNISSEN.....	7
4. ZUSÄTZLICHE HITZEBELASTUNGEN IN STÄDTEN.....	10
5. WIEDERHOLTE DAUERREGENEREIGNISSE UND NIEDERSCHLAGSREICHSTE 12-MONATS-EPISEDE.....	11
6. 2024 ERNEUT EIN WARMER ABER NICHT ZU TROCKENER SOMMER.....	13
7. LÄNGERE TROCKENPERIODEN.....	14
8. DIE WALDBRANDGEFAHR NIMMT ZU.....	16
9. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG BEI WIND UND STURM.....	18
10. ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS.....	20
11. GEFAHR HÖHERER STURMFLUTEN STEIGT.....	22

Zusammenfassung

Mit den Jahren 2022 und 2023 waren zwei Jahre in Folge die jeweils wärmsten Jahre seit Beginn der systematischen Messungen in Deutschland. Auch waren seit den 1970er-Jahren alle Dekaden deutlich wärmer als die vorherigen, wobei die jüngste Dekade bis Ende 2023 bereits 2,3 Grad über dem vieljährigen Mittel 1881-1910 liegt. Entsprechend war auch global das Jahr 2023 das bisher wärmste Jahr, mit außergewöhnlich hohen Oberflächentemperaturen der Ozeane, ein Zustand, der sich auch in 2024 fortsetzt. Es spricht vieles für die Annahme, dass die außergewöhnlich hohen und langanhaltenden Niederschläge in Deutschland in diesem Zeitraum zu einem großen Teil auf diese globalen Verhältnisse zurückzuführen sind.

Dementsprechend sehen die Autoren und Herausgeber in Folge der globalen Erwärmung starke Veränderungen bei extremen Wetterereignissen. Dabei kommt es sowohl zu regionalen Veränderungen, 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 (Deutscher Wetterdienst, 2022). 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.

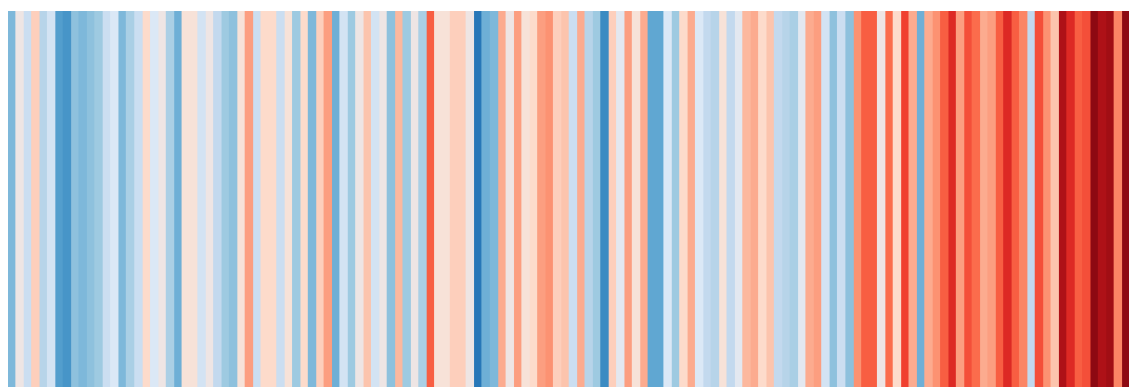


Abbildung 1: Erwärmung in Deutschland dargestellt als „Warming Stripes“ für den Zeitraum 1881 - 2023. (Quelle: DWD, basierend auf jährlichen Gebietsmittelwerten der Temperatur). Darstellungsidee von Ed Hawkins <https://showyourstripes.info/>

1. LETZTES JAHRZEHNT BEREITS ÜBER 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 1,8 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 sich in Deutschland (wie auch weltweit) in den vergangenen 50 Jahren deutlich beschleunigt:

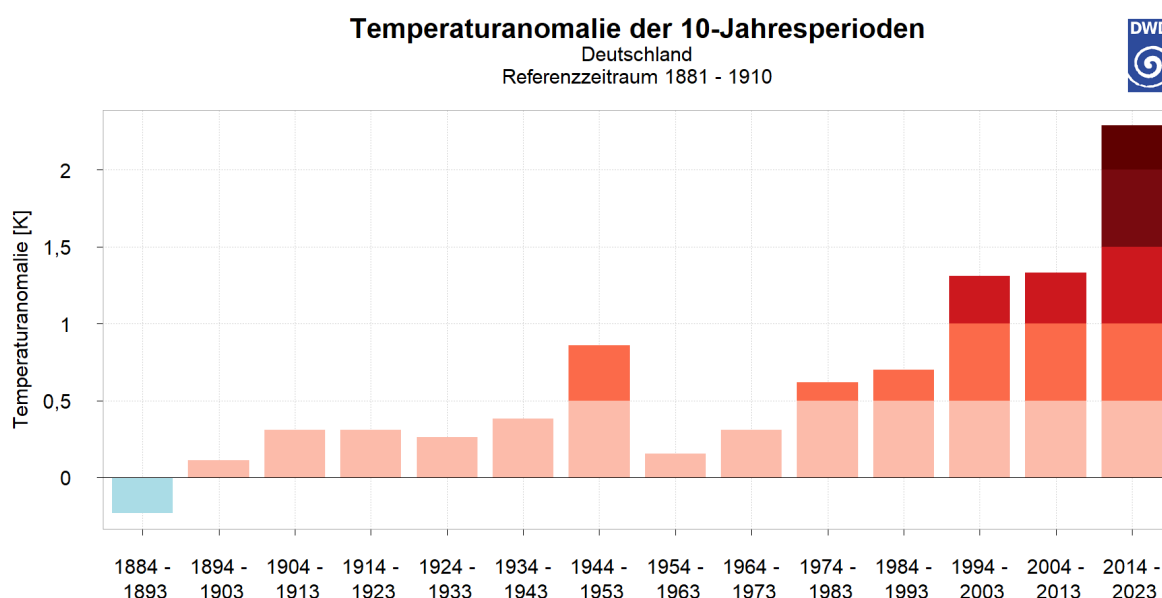


Abbildung 2: Die Dekade 2014-2023 ist über zwei Grad wärmer als der Referenzzeitraum 1881-1910. (Deutscher Wetterdienst 2024a)

Im Gesamtzeitraum 1881-2023 wurde es jedes Jahrzehnt 0,13 Grad Celsius wärmer, für die letzten 50 Jahre (1971-2023) lag die Erwärmungsrate mit 0,39 Grad Celsius pro Dekade dreimal so hoch (Kaspar et al., 2023). Seit den 1960er Jahren war hierzulande jedes Jahrzehnt wärmer als das vorangehende, siehe Abbildung 2, und das vergangene Jahrzehnt (2014-2023) bereits 2,3 Grad Celsius wärmer als die ersten Jahrzehnte (1881-1910) der Aufzeichnungen. Derselbe Temperaturanstieg ergibt sich auch aus der Differenz der nach der LOESS-Methode (Scherrer et al., 2024) ermittelten Temperatur für 2023 und dem Temperaturmittel der frühindustriellen Periode 1881-1910.

2. BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN

Neun der zehn wärmsten Jahre seit 1881 traten seit 2000 auf (Tabelle 1 und <https://www.dwd.de/zeitreihen>). In den letzten 20 Jahren waren bereits neun Jahre um mehr als

Was wir 2024 über das Extremwetter in Deutschland wissen

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.

Tabelle 1: Die wärmsten Jahre in Deutschland seit Beginn der Aufzeichnungen. Es zeigt sich eine beispiellose Häufung an Wärmerekordjahren während des letzten Jahrzehnts.

Jahr	Abweichung (in Bezug auf 1881-1910)
2023	+2,8 °C
2022	+2,7 °C
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
2016	+1,8 °C
2011	+1,8 °C
2002	+1,8 °C

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 elf Tage pro Jahr fast vervierfacht. Auch intensive Hitzewellen haben in den letzten Jahrzehnten zugenommen: 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 sieben 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.

Der höchste Temperaturanstieg wird allerdings im Winter beobachtet. Dieser beträgt nach dem linearen Trend 2,1 K und nach der LOESS-Methode 3 K. Der Februar 2024 war mit einer Durchschnittstemperatur von 6,6 Grad der wärmste Februar seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Das sind über 5 Grad mehr als die vieljährigen Februarmittel 1991-2020 und 0,9 Grad über dem bisher wärmsten Februar im Jahr 1990. Es gab in Deutschland bisher noch nie einen Monat mit einer so großen positiven Temperaturabweichung. Auch der März 2024 stellte einen neuen Temperaturrekord ein. Hier liegt die Abweichung zum vieljährigen Mittelwert bei 2,8 Grad und zum bisherigen Rekord aus dem Jahr 2017 bei 0,3 Grad. Mit dem August 2024 waren 23 (15) aufeinanderfolgende Monate wärmer als die jeweils vieljährigen Monatsmittel 1961-1990 (1991-2020).

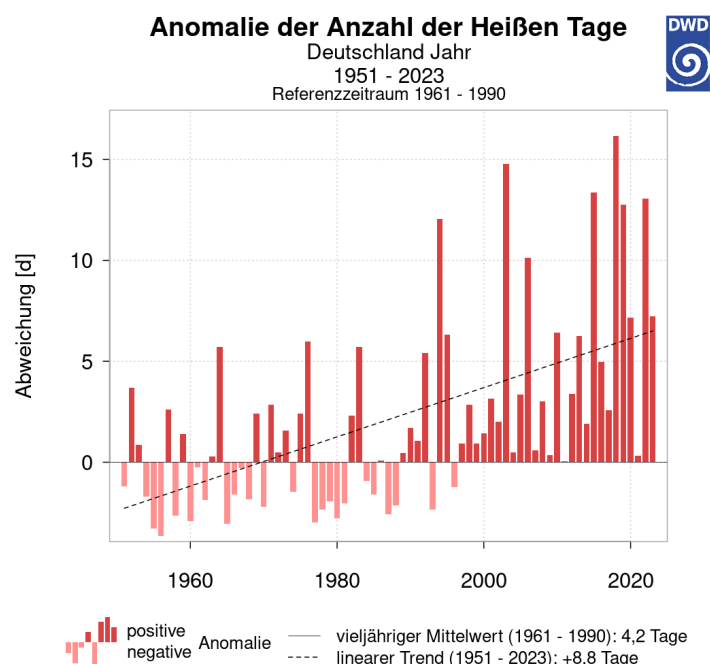


Abbildung 3: Entwicklung der Heißen Tage in Deutschland mit Tageshöchstwerten ≥ 30 °C. Quelle: [DWD](#)

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

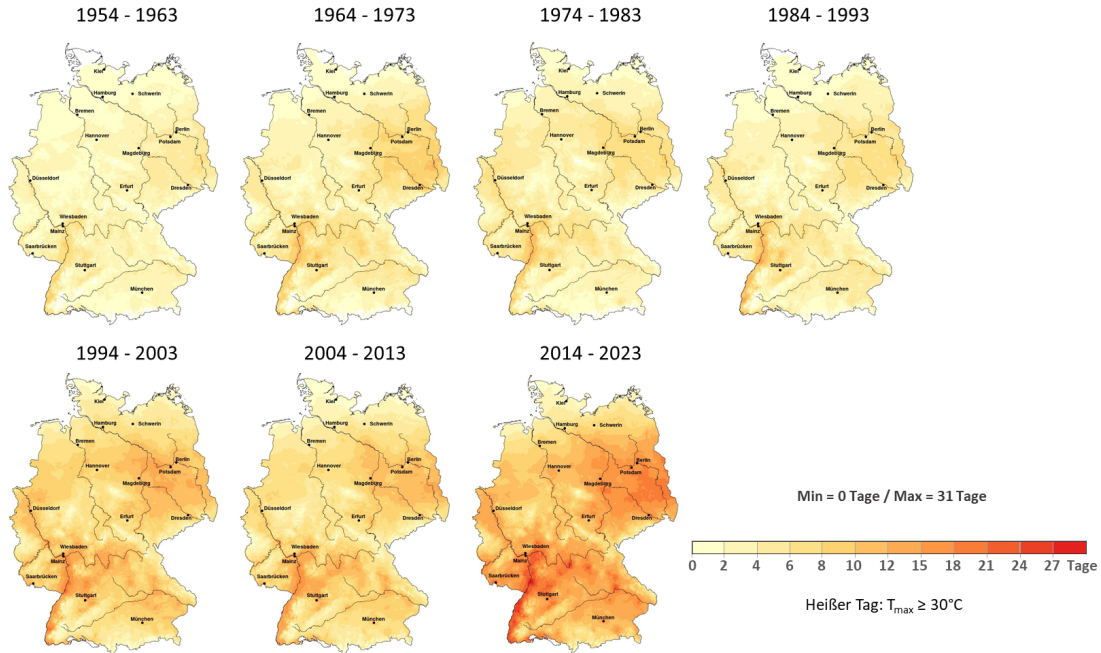


Abbildung 4: Mittlere jährliche Anzahl der Heißen Tage (d.h. Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 °C. Quelle: DWD

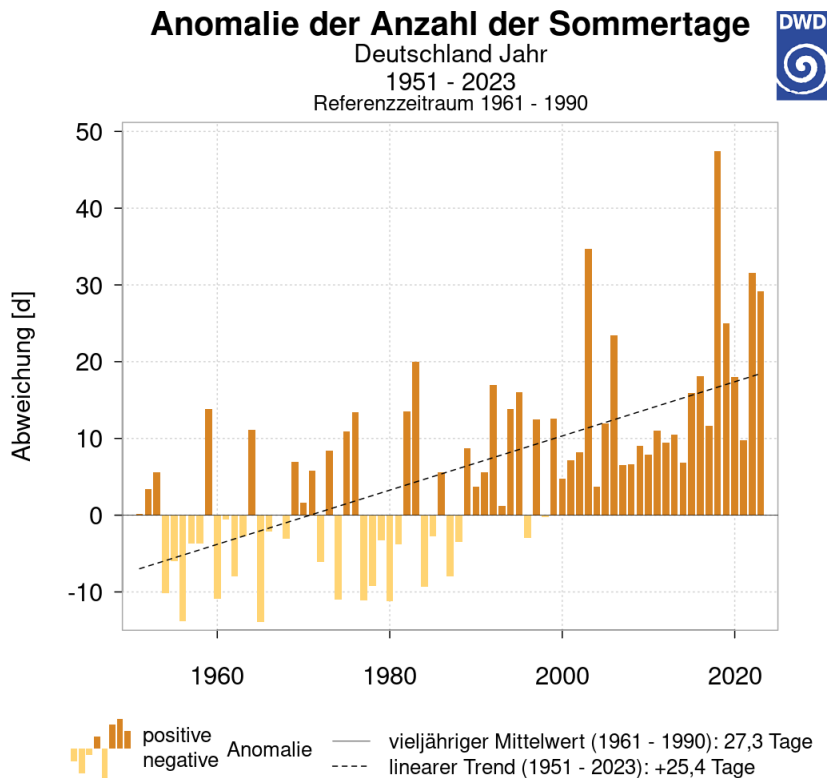


Abbildung 5: Entwicklung der Sommertage in Deutschland mit Tageshöchstwerten $\geq 25^\circ\text{C}$. Quelle: DWD

Markante Hitzewellen seit 1950

14-tägige Hitzeperioden mit einem mittleren Tagesmaximum der Lufttemperatur von mindestens 30,0 °C für ausgewählte deutsche Großstädte

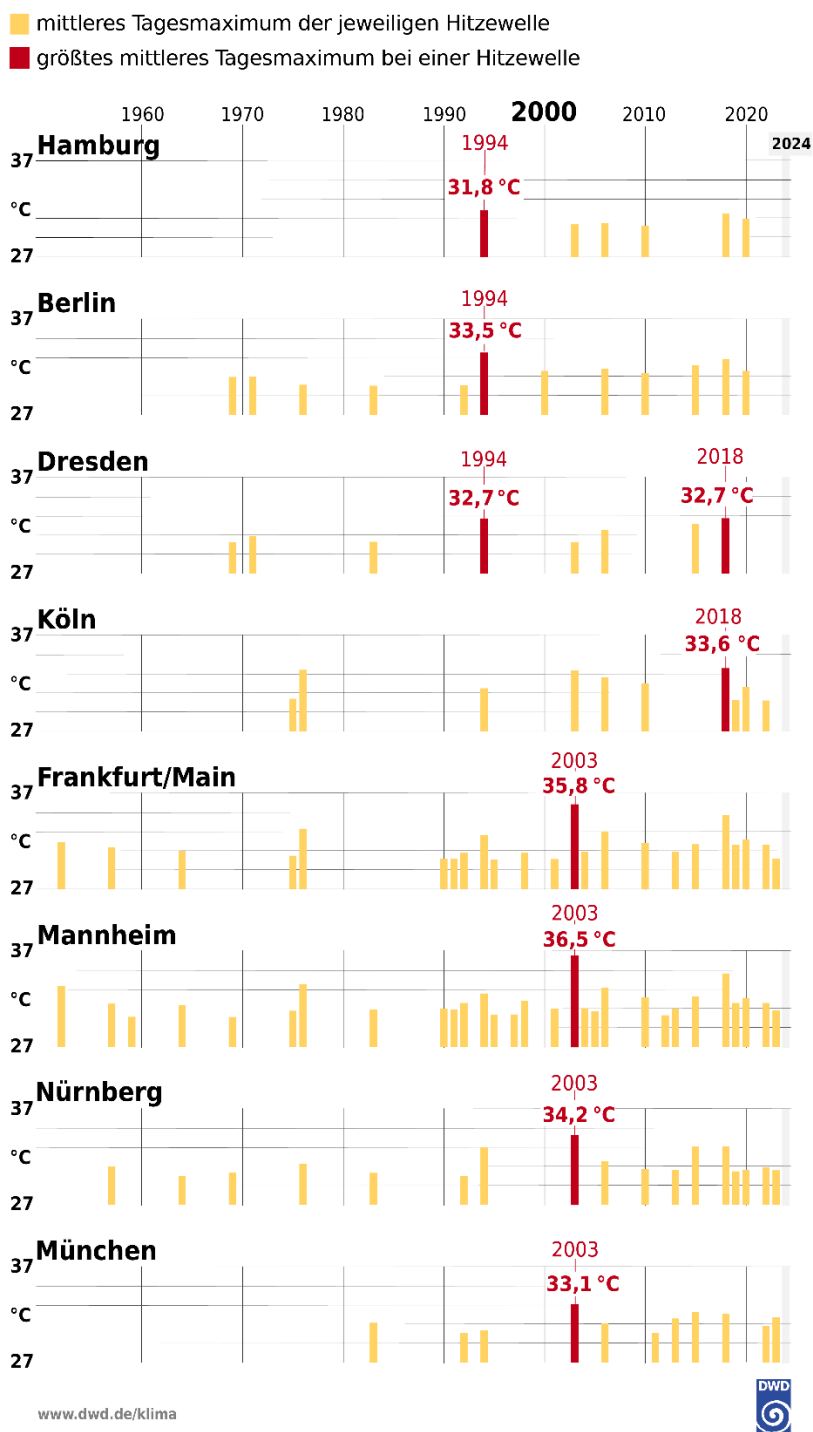


Abbildung 6: Markante Hitzewellen in Deutschland von 1950 bis 2024. Stand: 1. September 2024. (Quelle DWD)

4. ZUSÄTZLICHE HITZEBELASTUNGEN IN STÄDTEN

In der Stadt entwickeln sich eigene klimatische Bedingungen, die sich von den ländlich geprägten Gebieten ohne Bebauung unterscheiden. Faktoren wie die hohe Dichte von Gebäuden, Versiegelung von Flächen, Abwärme von Gebäuden und Verkehr, sowie die begrenzte Verfügbarkeit von Grün- und Wasserflächen beeinflussen das Klima einer Stadt. Dies zeigt sich besonders bei dem Phänomen der städtischen Wärmeinsel, bei dem städtische Gebiete im Vergleich zu den umliegenden ländlichen Gebieten eine signifikant höhere Temperatur aufweisen.

Gebäude und asphaltierte Straßen speichern tagsüber mehr Wärme als natürliche Oberflächen, die durch Verdunstung der Vegetation eine kühlende Wirkung haben. Die gespeicherte Wärme wird während der Nacht wieder abgegeben. Dadurch kühlen städtische Gebiete deutlich langsamer ab im Vergleich zu ländlichen Gebieten. Somit erreicht die städtische Wärmeinsel ihr Maximum während der Nacht. Tagsüber sind die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland geringer. Wolkenfreie und windschwache Wetterbedingungen, die insbesondere während sommerlicher Hitzeepisoden bei Hochdruckwetterlagen auftreten, begünstigen die Ausprägung der städtischen Wärmeinsel.

Die Stadtklimastationen des DWD Bodenmessnetzes dienen speziell der Erfassung des Stadtklimas und der städtischen Wärmeinsel. Die Messungen helfen die Klimaänderungen in der Stadt und ihrem Umland besser zu verstehen und langfristig im Sinne der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel zu überwachen. Aktuelle Werte der Lufttemperatur, der städtischen Wärmeinsel und der thermischen Belastung können für die Stadtklimastationen unter www.dwd.de/waermeinsel angeschaut werden.

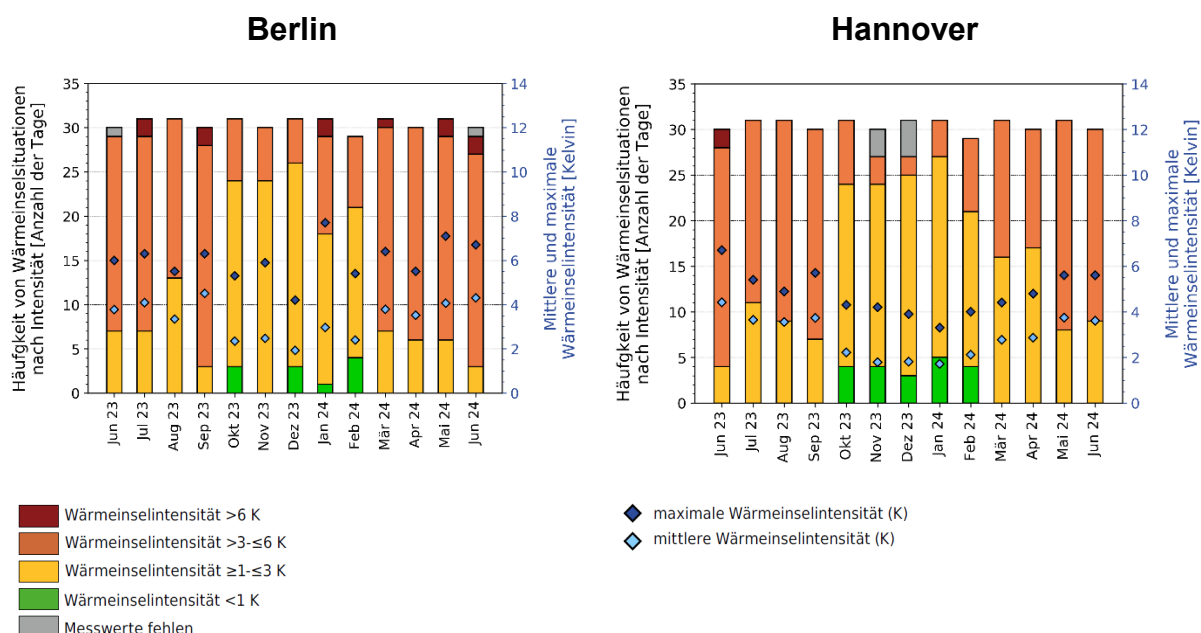


Abbildung 7: Wärmeintensität in Berlin und Hannover im Zeitraum Juni 2023 bis Juni 2024. Quelle: DWD https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.htm

5. WIEDERHOLTE DAUERREGENEREIGNISSE UND NIEDERSCHLAGSREICHSTE 12-MONATS-EPISODE

Insbesondere in der ersten Jahreshälfte 2024 traten mehrere großräumige Dauerregenereignisse auf, die zu großräumigen Hochwasserlagen in verschiedenen Teilen Deutschlands geführt haben. Beim Zeitraum Juli 2023 bis Juni 2024 handelte es sich um die niederschlagsreichste 12-Monatsepisode in Deutschland seit Auswertungsbeginn 1881 (Deutscher Wetterdienst, 2024b; Abbildung 8). Generell unterliegt das Auftreten von Dauer- und Starkregenereignissen einer hohen Variabilität. Der Zusammenhang zwischen Klimawandel und Starkniederschlägen ist komplex und daher Gegenstand intensiver Forschung. Für die Bewertung der Trends in Deutschland stehen Stationsmessreihen sowie seit dem Jahr 2001 flächendeckende Radarbeobachtungen zur Verfügung. Im aus Stationsdaten abgeleiteten Gebietsmittel für Deutschland hat sich im Zeitraum 1951 bis 2023 die Anzahl von Tagen mit Niederschlägen ≥ 20 mm nur unwesentlich verändert (Abbildung 9). Für die in Mitteleuropa vorwiegend im Sommerhalbjahr relevanten Starkniederschläge kurzer Dauerstufen (kürzer als 24 Stunden) gibt es ebenfalls noch verhältnismäßig wenige Erkenntnisse. Aktuelle Auswertungen zeigen eine Tendenz zur Intensivierung (Abbildung 10), allerdings in vielen Fällen derzeit nicht statistisch signifikant (Kaspar et al, 2024). Auch bzgl. der Zunahme der Intensität der sogenannten konvektiven Ereignisse mit steigender Temperatur besteht Forschungsbedarf. Für einige Regionen deuten die Radardaten 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 (Lengfeld et al., 2021). Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der beobachtete Anstieg auch durch kurz- und mittelfristige Schwankungen bedingt ist.

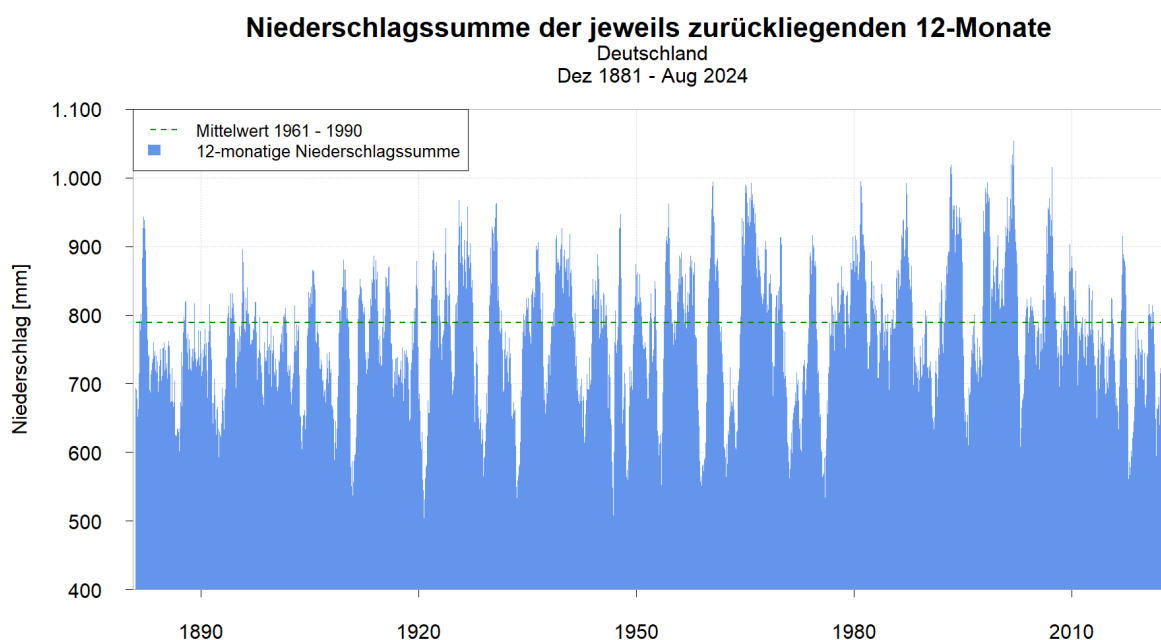


Abbildung 8: Niederschlagssumme in Deutschland aller 12-Monatszeiträume seit 1881

Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm

Deutschland Jahr
1951 - 2023

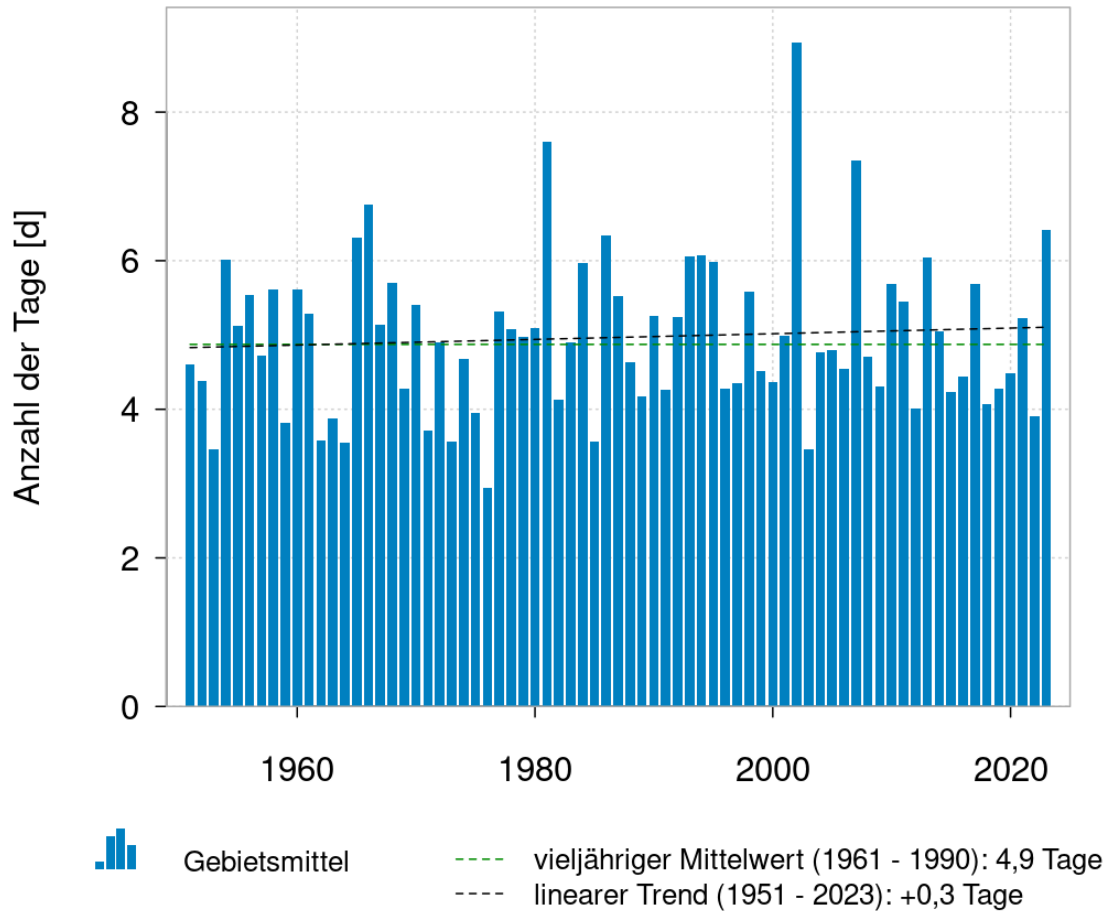
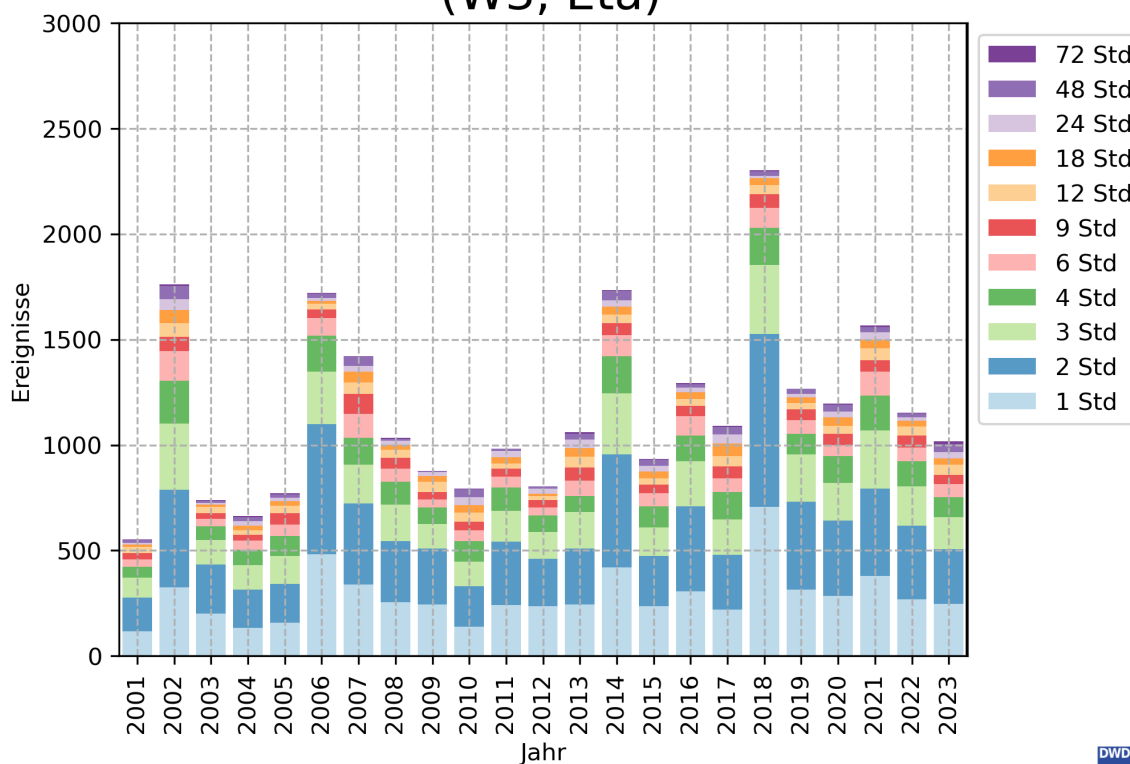


Abbildung 9: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 20 l/m² im Flächenmittel von Deutschland in den Jahren 1951 bis 2023. Quelle: [DWD](#)

Niederschlagsereignisse pro Jahr (W3, Eta)



* Daten (c) DWD, bis 31.12.2023
Niederschlagsmenge \geq DWD Warnschwelle 3



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 (Lengfeld et al., 2023).

6. 2024 ERNEUT EIN WARMER ABER NICHT ZU TROCKENER SOMMER

Nach dem „Jahrtausendsommer“ 2003 erlebten Deutschland und Mitteleuropa in den Jahren 2018, 2019, 2020 und 2022 eine Folge von sehr trockenen und warmen Sommern. Sowohl die Häufigkeit wie auch die Intensität dieser sehr trockenen und warmen Sommermonate lässt sich nur durch den menschengemachten Klimawandel erklären.

2024 verzeichnete Deutschland zusammen mit dem Vorjahr 2023 den fünftwärmsten Sommer in den Aufzeichnungen des DWD. Während Deutschland von neuen Hitzerekorden und auch länger andauernden Hitzewellen verschont geblieben ist, wurden global viele neue Temperaturrekorde registriert. In dem Thermopluviogramm in Abbildung 11 sind für den Zeitraum April bis August die Anomalien der Gebietsmittel der Temperatur und des Niederschlags für Deutschland für die Jahre 1881 bis 2024 dargestellt. Die Periode April bis August 2024 war zwar eine der wärmsten April-August-Perioden seit 1881, jedoch anders als die meisten anderen sehr warmen Perioden, auch ausgesprochen feucht. Dies hinterließ bei vielen den Eindruck eines sehr verregneten und auch kühlen Sommers.

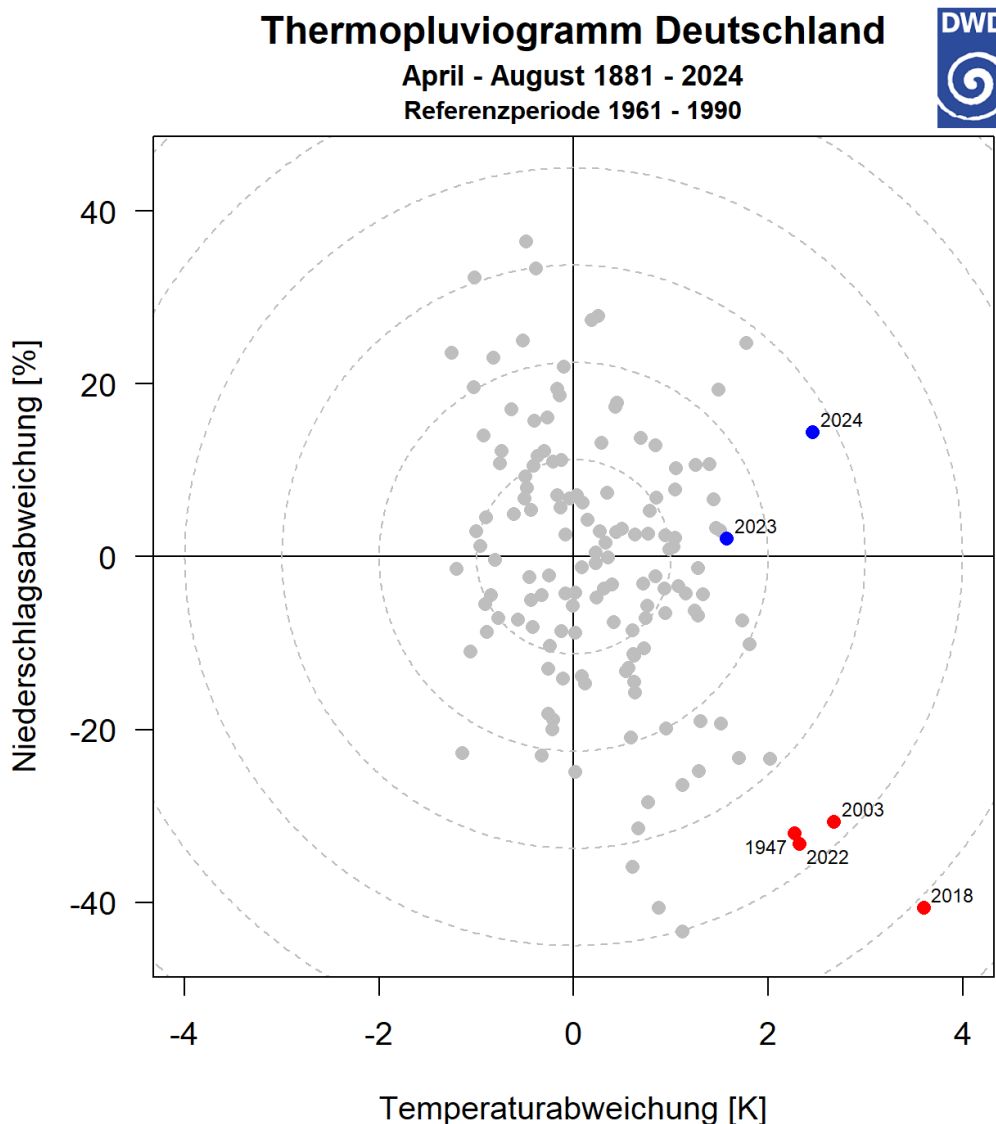


Abbildung 11: Thermopluviogramm der Temperatur- und Niederschlagsabweichung der Gebietsmittel für Deutschland für die Monate April bis August von den vieljährigen Mitteln 1991-2020.

7. LÄNGERE TROCKENPERIODEN

Die höheren Temperaturen im Sommerhalbjahr bei gleichzeitig abnehmenden Niederschlägen führen dazu, dass die Pflanzen zum einen früher mit der Verdunstung beginnen und zum anderen auch mehr verdunsten können. Dieses hat in der Summe zur Konsequenz, dass die Böden im Frühjahr schneller und im Sommer stärker austrocknen. Dieses kann neben Engpässen bei der Trinkwasserversorgung zunehmend auch in der Landwirtschaft zu Problemen führen. Besonders bei den Sommerkulturen mit einer späteren Vegetationsperiode im Jahr wie Mais, Kartoffeln und Zuckerrüben muss verstärkt über Beregnung nachgedacht werden. Zunehmende Engpässe bei der Wasserversorgung sind unabwendbar, wenn nicht geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Was wir 2024 über das Extremwetter in Deutschland wissen

Betrachtet man die jährlichen Abweichungen der mittlere Bodenfeuchte des meteorologischen Frühjahrs (März - Mai) in Abbildung 12 und des Sommers (Juni - August) in Abbildung 13 seit 1961 zur Referenzperiode 1991 bis 2020, so ist die Zunahme der trockenen Jahre in beiden Jahreszeiten sehr markant.

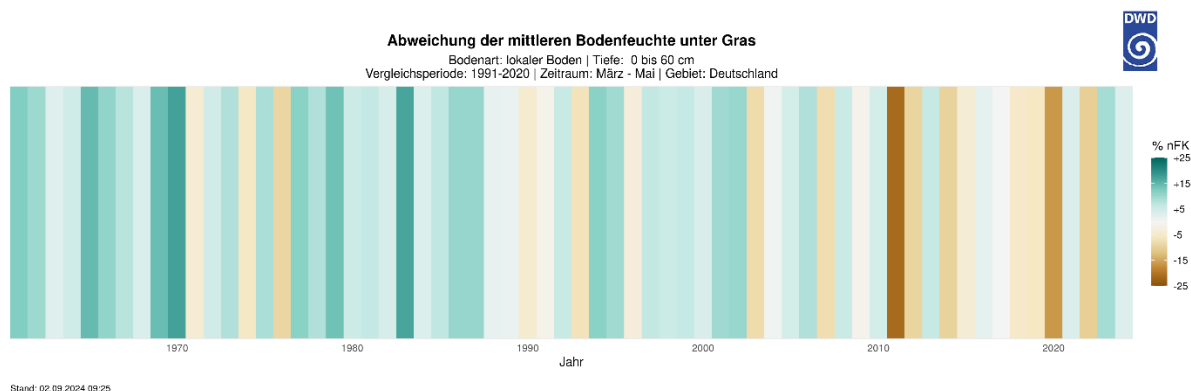


Abbildung 12: Abweichung der mittlere Bodenfeuchte unter Gras in Deutschland während des Frühjahrs (März bis Mai) im Vergleich zu der Referenzperiode 1961 - 2020.

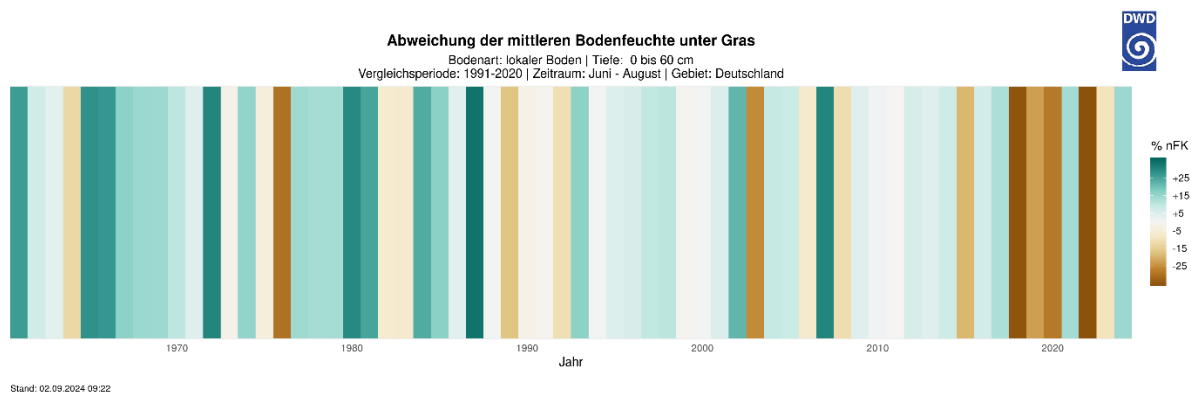


Abbildung 13: Abweichung der mittlere Bodenfeuchte unter Gras in Deutschland während der Sommermonate Juni bis August im Vergleich zu der Referenzperiode 1991 - 2020.

Die zunehmende Frühjahrstrockenheit ist bereits bekannt und besonders nach 2010 sehr ausgeprägt (Abbildung 14), denn nur noch in fünf der nachfolgenden Jahre war der Boden überdurchschnittlich feucht. Um das Wasserdefizit vom Frühjahr wieder ausgleichen zu können, bedarf es überdurchschnittlicher Niederschläge im Sommer, um die Bodenfeuchte wieder ansteigen zu lassen. Bleiben diese aus, so verschärft sich die Situation noch im Sommer, was besonders häufig in den letzten Jahren zu beobachten war.

Das Jahr 2024 bildet hingegen eine Ausnahme vom zunehmenden Trockenheitstrend der letzten Jahre. Die deutlich erhöhte Niederschlagsmenge im Winter und Frühjahr sorgte für hohe Bodenfeuchten und gute Ausgangsbedingungen für die Feldfrüchte.

Was wir 2024 über das Extremwetter in Deutschland wissen

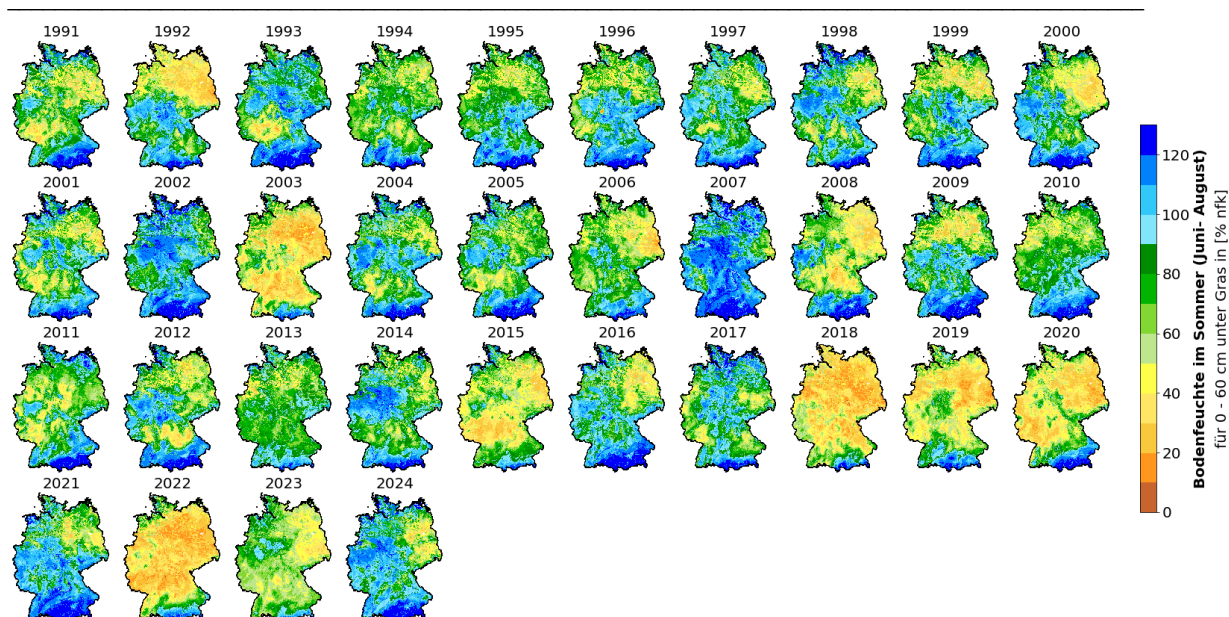


Abbildung 14: Karten der mittleren Bodenfeuchte unter Gras in der Bodentiefe 0- 60 cm in den Sommermonaten für die Jahre 1991-2024, in Prozent nutzbare Feldkapazität (nFK). Quelle: DWD: <https://www.dwd.de/bodenfeuchteviewer>

8. DIE WALDBRANDGEFAHR NIMMT ZU

Der Trend zu wärmeren Sommern mit längeren Trockenphasen der letzten Jahre verstärkte das Risiko von Waldbränden zunehmend. Zudem wird das Waldbrandrisiko dadurch verschärft, dass die durch Trockenschäden bereits geschwächten Bäume mehr Streu auf dem Waldboden bilden, welches durch die lichtereren Kronen leichter austrocknen und sich somit auch entflammen kann. Ohne Berücksichtigung dieser Nebeneffekte gab es deutschlandweit gemittelt im Zeitraum 1961 bis 1990 rund 5 Tage im Jahr mit hohen Gefährdungsklassen des Waldbrandgefahrenindex. Im Zeitraum 1991 bis 2020 waren es schon rund 10 Tage. Vier der letzten fünf Jahre waren von erhöhtem Waldbrandrisiko betroffen. Abbildung 15 zeigt exemplarisch den zeitlichen Verlauf der Tage mit erhöhtem Waldbrandrisiko in Deutschland für das vorangegangene Jahr (blau Linie). Von März bis Ende August 2023 wurde im bundesweiten Stationsmittel an 16 Tagen mindestens die Warnstufe 4 für den Waldbrandgefahrenindex (WBI) berechnet. Dies ist eine deutlich positive Anomalie (+6 Tage) vom vieljährigen Mittelwert. Besonders in den Monaten Juni und Juli gab es eine weit überdurchschnittliche Zahl an Tagen mit Waldbrandgefahr. Im aktuellen Jahr 2024 ist die Waldbrandgefahr deutlich geringer und erreicht bis Ende August mit einem bundesweiten Mittelwert von 8 Tagen einen vergleichsweise sehr niedrigen Wert. Der nasse Winter und das regenreiche Frühjahr, sowie der wechselhafte Sommer führten zu einer geringen Anzahl an Tagen mit hoher Waldbrandgefahr. Der Trend zu Sommern mit längeren Trockenphasen hat sich zumindest für das Jahr 2024 vorerst nicht fortgesetzt. (Informationen zur Entwicklung des *Waldbrandgefahrenindex* finden sich auch unter <https://www.deutscher-klimaatlas.de>).

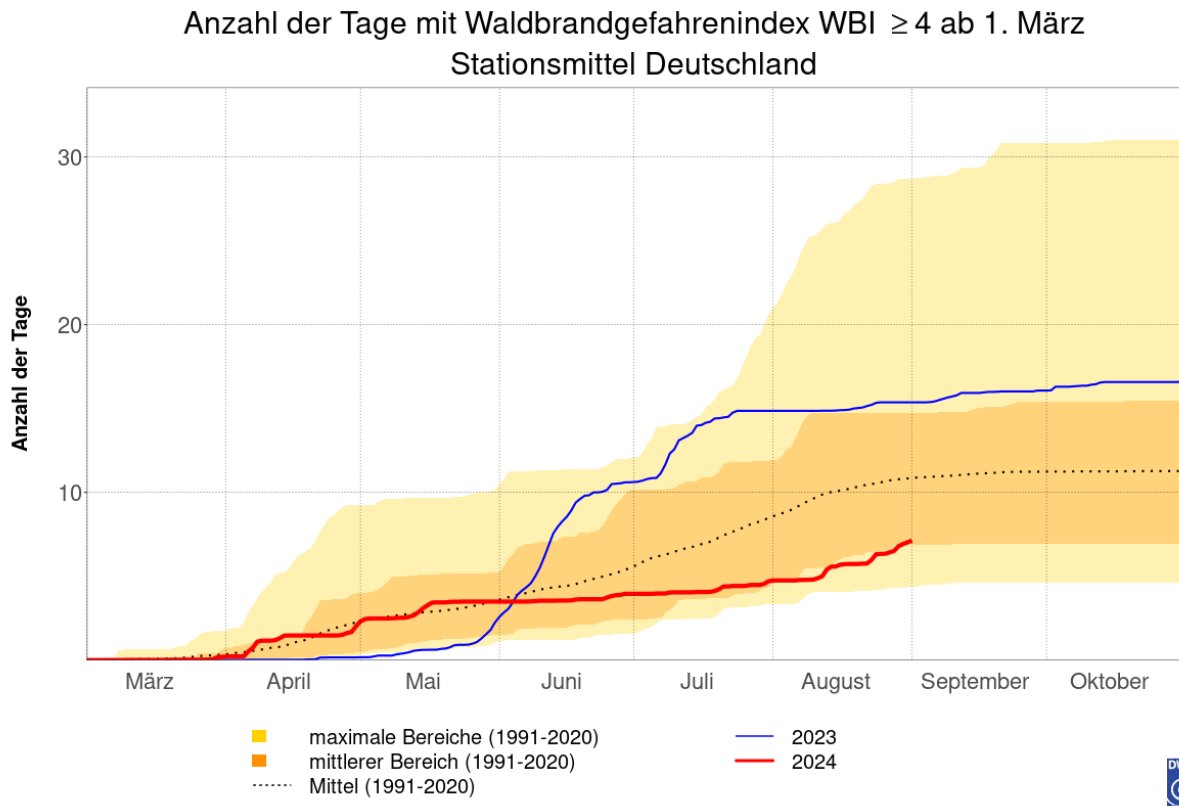


Abbildung 15: Die Kurven zeigen die kumulierten Tage mit einem Waldbrandgefahrenindex größer gleich 4 über die Saison März bis Oktober. Gezeigt werden der mittlere Verlauf 1991 bis 2020 (schwarze gepunktete Linie), der Verlauf 2023 (blaue Linie) sowie der bisherige Verlauf 2024 (orangene Linie). Der als Fläche eingezeichnete hellgelbe Bereich gibt den bisher zwischen 1991 und 2020 aufgetretenen maximalen Bereich und die dunkelgelbe Fläche den Bereich zwischen dem 20 und 80 % Perzentil an.

9. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG BEI WIND UND STURM

Verschiedene Datenquellen weisen für die zurückliegenden Jahrzehnte auf einen leichten Rückgang in den mittleren Windgeschwindigkeiten für Deutschland, sowie die Nordsee, hin. So zeigt beispielsweise die Zeitreihe der Jahresmittel des geostrophischen Windes für die Nordsee ab 1950 eine leichte Abnahme, die allerdings von deutlichen Unterschieden von Jahr zu Jahr gekennzeichnet ist. Auswertungen der Windgeschwindigkeit in der für Windenergie relevanten Höhe von 100 m auf Basis von Reanalysen zeigen ebenfalls einen Rückgang während der letzten Jahrzehnte (Bär und Kaspar, 2024). Dabei war 2021 das windärmste Jahr während der letzten 5 Jahrzehnte; windärmere Jahre traten aber auch im Zeitraum vor 1970 bereits auf. Im Kontrast zu den Vorjahren handelt es sich bei 2023 um ein überdurchschnittlich windreiches Jahr. Die aktuellen Veränderungen liegen daher im Rahmen der derzeit bekannten multidekadischen Schwankungen (siehe Abbildung 16).

Die Anzahl der Tage mit Spitzenböen der Stärke 11 und 12 Beaufort an Messstationen des DWD ist während der vier zurückliegenden Dekaden zurückgegangen (siehe Abbildung 17).

Auch in einer europaweiten Analyse von Windmessungen zeigen sich für den Großraum um Deutschland schwächere Windverhältnisse während der zwei letzten Jahrzehnte im Vergleich zu den beiden Jahrzehnten vor dem Jahr 2000 (Rojas et al., 2022).

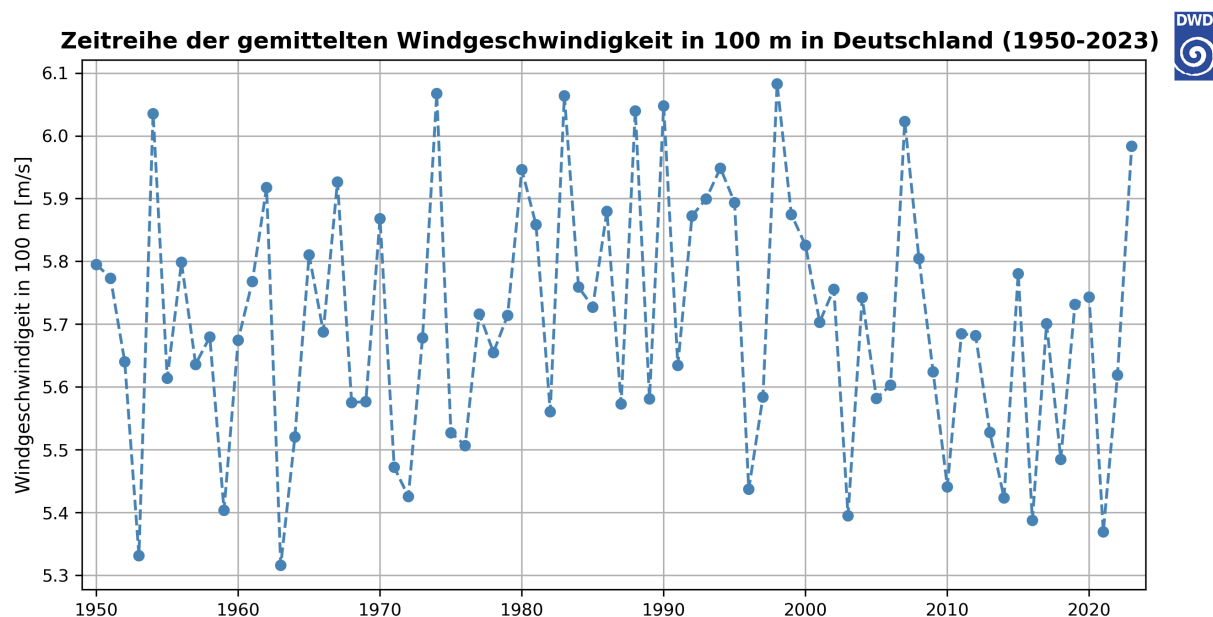


Abbildung 16: Zeitreihe der gemittelten Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe in Deutschland in m/s im Zeitraum von 1950 bis 2023. (Auswertung des Deutschen Wetterdienstes (Bär et al., 2024) auf Basis der globalen Reanalysen ERA5 und ERA5-BE des Copernicus Klimawandeldienstes (C3S)).

Was wir 2024 über das Extremwetter in Deutschland wissen

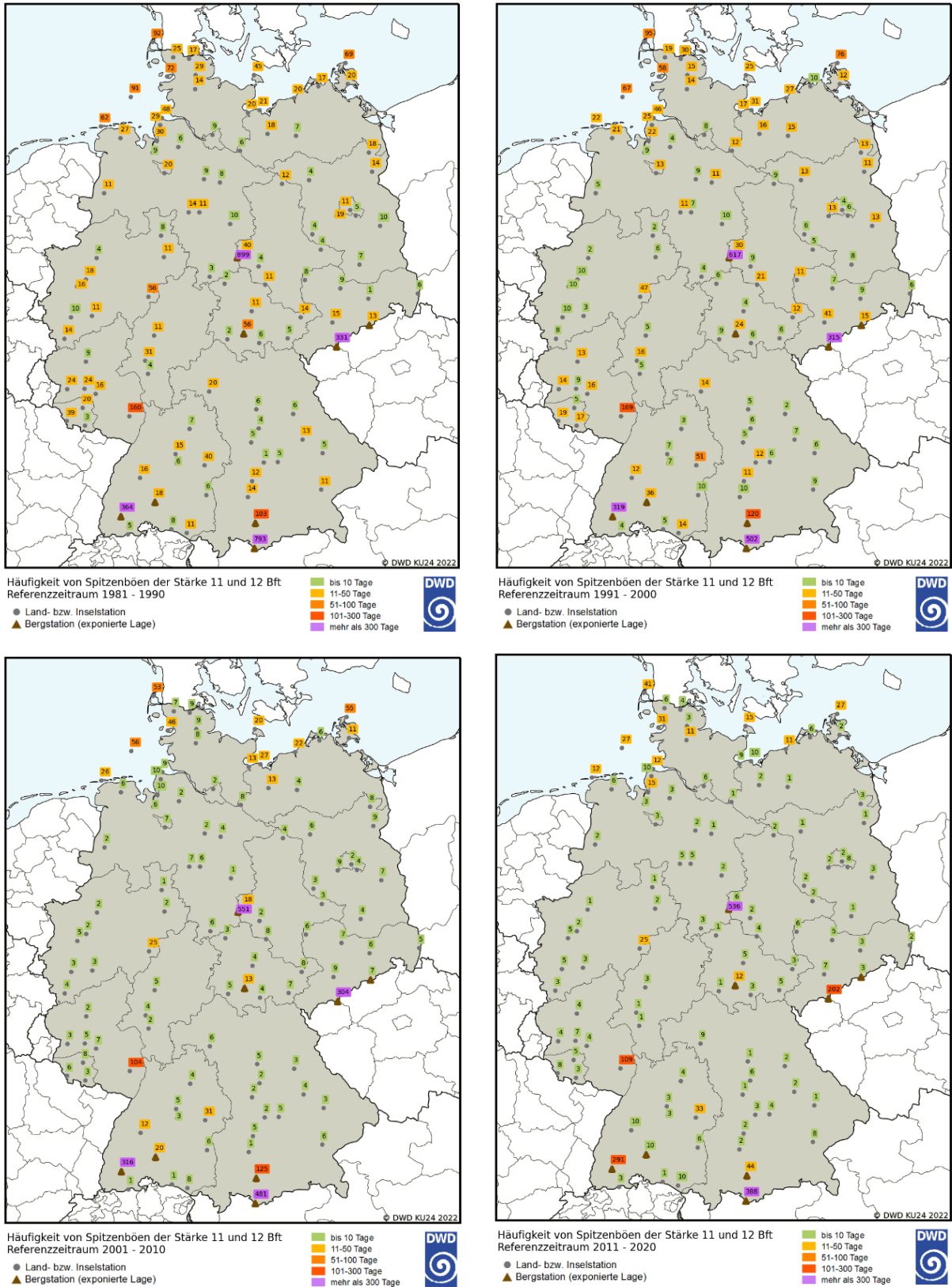


Abbildung 17: Häufigkeit von Spitzenböen der Stärke 11 und 12 Beaufort während der vier Dekaden seit 1981. Quelle: DWD

10. ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS

Gesammelt werden Tornados in der Europäischen Unwetterdatenbank (ESWD - European Severe Weather Database), die vom ESSL (European Severe Storms Laboratory - Europäisches Unwetterlabor) betrieben wird. Der erste dokumentierte Tornadofall stammt aus dem Jahr 689. Bis etwa zum Jahr 2000 bleibt die Anzahl der dokumentierten Tornadofälle jedoch noch recht übersichtlich. Etwa zur Jahrtausendwende kamen dann mehrere Ereignisse zusammen, die eine deutlich bessere Dokumentation zuließen. Da war zum einen das Aufkommen der Digitalfotografie und zum anderen das Internet, wodurch der Austausch von Tornadofällen auch mit Bildern deutlich einfacher wurde.

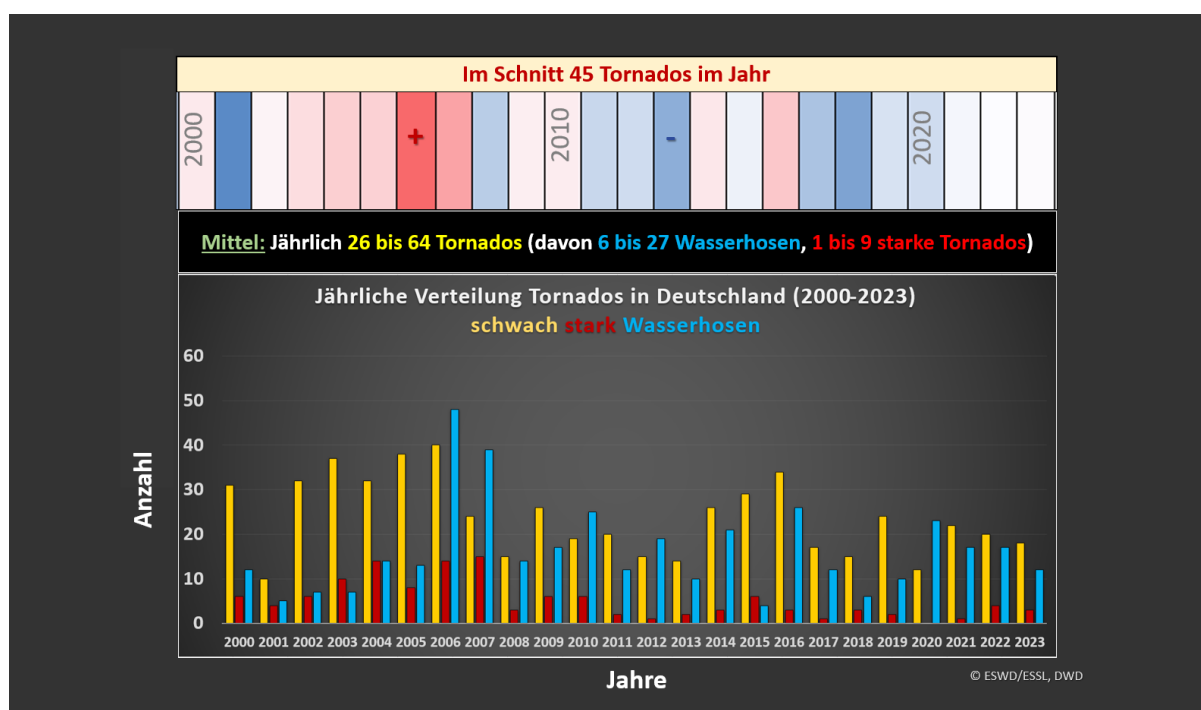


Abbildung 18: Häufigkeit Tornados in Deutschland seit 2000, siehe auch https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2024/7/18.html

Wie viele Tornados gibt es durchschnittlich in Deutschland?

Statistiken rund um Tornados in Deutschland sind aus den oben genannten Gründen etwa ab dem Jahr 2000 mit einer belastbaren Datengrundlage erstellbar. Im Mittel gibt es zwischen 2000 und 2023 jährlich etwa 45 Tornados in Deutschland. Dabei gibt es eine große Schwankungsbreite von Jahr zu Jahr, immer abhängig von den Wetterlagen im Sommer. Berücksichtigt man diese über die Standardabweichung, so kann man auch schreiben, dass der Erwartungswert der Tornadozahl pro Jahr zwischen 26 und 64 Tornados liegt. Davon werden etwa 1-9 Tornados im jährlichen Mittel als stark eingestuft, sie haben also eine Stärke von F2 (ab 220 km/h) oder stärker. Hinzu kommen im Schnitt elf F1 (ab 150 km/h) und knapp sieben F0 (ab 90 km/h) Tornados. Der größte Anteil der Fälle wird allerdings "unbekannt" geführt. Das kann daran liegen, dass der Fall nicht näher untersucht wurde oder es keine Bilder zur genauen Beurteilung gab. Das räumliche Auftreten von Tornados unterschiedlicher Stärke ist in Abbildung 19 dargestellt. Außer dem gehäuften Auftreten von Wasserhosen an Nord und Ostsee sowie dem Bodensee

Was wir 2024 über das Extremwetter in Deutschland wissen

(blau) zeigt sich, dass überall in Deutschland Tornados verschiedener Intensität auftreten können.

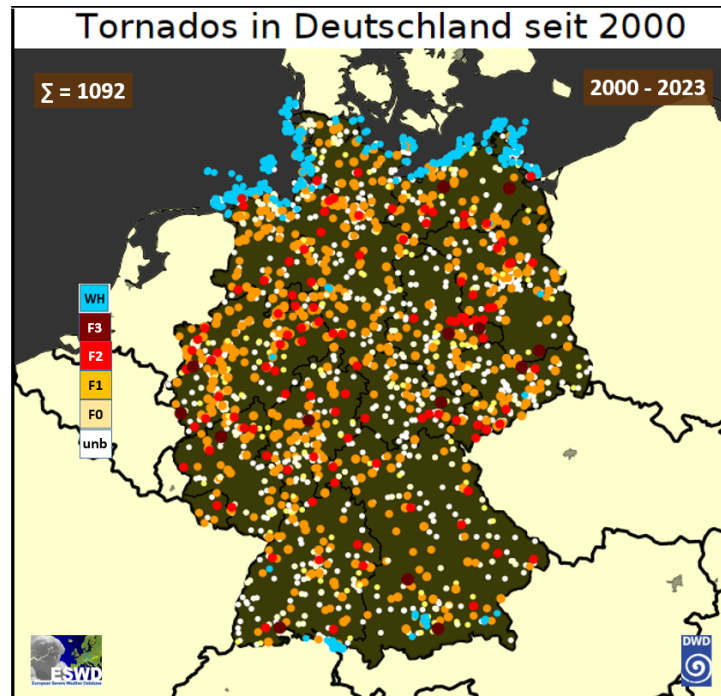


Abbildung 19: Aufgetretene Tornados in Deutschland im Zeitraum 2000-2023, basierend auf der ESWD Datenbank.

Gibt es eine Zunahme der Tornadofälle in Deutschland?

Abbildung 18 zeigt auch noch, dass es mal schwächere und mal stärkere Phasen gibt. In den vergangenen Jahren war das Aufkommen der Tornados mit 41 Tornados in 2021, 42 Tornados in 2022 und 43 Tornados in 2023 durchschnittlich. Damit lässt sich auch festhalten, dass die aktuelle Datengrundlage keine Hinweise auf eine mögliche Änderung oder sogar Zunahme von Tornados in Deutschland infolge des Klimawandels gibt, weder bei der Stärke, noch bei der Anzahl.

11. GEFAHR HÖHERER STURMFLUTEN STEIGT

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

Diese Variabilität ist exemplarisch für die Deutsche Bucht in Abbildung 20 links oben für Cuxhaven gezeigt, die die Jahresmittel des Wasserstandes vom Jahr 1843 an (graue Datenpunkte) zeigt. Erkennbar ist nicht nur der kontinuierliche Meeresspiegelanstieg von über 2mm/Jahr (orangene Linie), sondern auch die dekadische Variabilität, hier mithilfe der blauen LOESS-Trendlinie (de Valk, 2020) deutlich gemacht.

Deutlich wird, dass es in Cuxhaven Phasen stärkeren wie schwächeren Meeresspiegelanstiegs gibt und der relative Meeresspiegel seit Mitte des 19. Jahrhunderts bereits um etwa 40 Zentimeter gestiegen ist (wovon etwa 0,1 cm pro Jahr durch ein lokales Absinken der deutschen Nordseeküste als Nachwirkung der letzten Eiszeit bewirkt wird (Jensen et al., 2011)). Abbildung 20 rechts oben zeigt demgegenüber die jeweiligen Jahresmaxima des Wasserstandes am Pegel Cuxhaven ab dem Jahr 1900. Es fällt zum einen die sehr viel höhere Variabilität der Jahresmaxima im Vergleich zu den Jahresmittelwerten des Wasserstands auf. Das liegt daran, dass hier neben dem Anstieg des mittleren Meeresspiegels vor allem ins Gewicht fällt, inwiefern es im jeweiligen Jahr eine schwere Sturmflut gegeben hat. Des Weiteren ist aber auch ersichtlich, dass der Anstieg mit durchschnittlich 4,4 mm/a höher ist als derjenige der Jahresmittel (der im gleichen Zeitraum etwa 2,8 mm/a beträgt, siehe Abbildung 20 links oben). Dies ist konsistent mit Ergebnissen aus Studien wie beispielsweise dem vom Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) geförderten-Projekt AMSeL (Jensen et al. 2011). Auch schon bei den Gezeiten lassen sich höhere Trends für die Tidehoch- als für die Tideniedrigwasser feststellen, Ursachen könnten neben lokalen Auswirkungen verschiedener Küstenschutzmaßnahmen auch eine durch den Meeresspiegelanstieg bedingte Verschiebung der amphidromischen Punkte in der Nordsee sein, um welche die Gezeitenwelle quasi zirkuliert, dort kein Tidenhub stattfindet. Der Abstand zum amphidromischen Punkt ist dabei relevant für die Amplitude der Gezeitenwelle. Dieser unterschiedliche Anstieg der Hoch- und Niedrigwasserscheitel ist sowohl für Küstenschutzmaßnahmen als auch für die Entwässerung des Hinterlandes relevant.

Zum Vergleich zeigt die Abbildung 20 links unten die Verhältnisse am Pegel Warnemünde in der südwestlichen Ostsee. Hier stieg der relative mittlere Meeresspiegel seit 1850 nur um gut 20 Zentimeter an. Dieser im Vergleich zur Nordseestation Cuxhaven sehr viel geringere Anstieg lässt sich zum großen Teil mit der in diesem Bereich fehlenden Landsenkung begründen (Kelln et al, 2022). Abbildung 20 rechts unten zeigt analog zur Abbildung 20 rechts oben die Jahresmaxima des Wasserstandes am Pegel Warnemünde, auch hier zeigt sich wie in Cuxhaven eine sehr viel höhere Variabilität der Jahresmaxima im Vergleich zu den mittleren Wasserständen, ein stärkerer Anstieg der Maxima lässt sich in Warnemünde allerdings nicht erkennen.

Was wir 2024 über das Extremwetter in Deutschland wissen

Insgesamt ist zu erwarten, dass der Meeresspiegelanstieg in der Ostsee parallel zu demjenigen in der Nordsee verläuft, Unterschiede können sich auf kürzeren Zeitskalen aufgrund von Wassermassenumverteilungen durch Einträge von außen und veränderte Salzzufuhr ergeben, auf längeren (inter-annualen bis dekadischen) Zeitskalen hauptsächlich durch veränderte Hauptwindrichtungen.

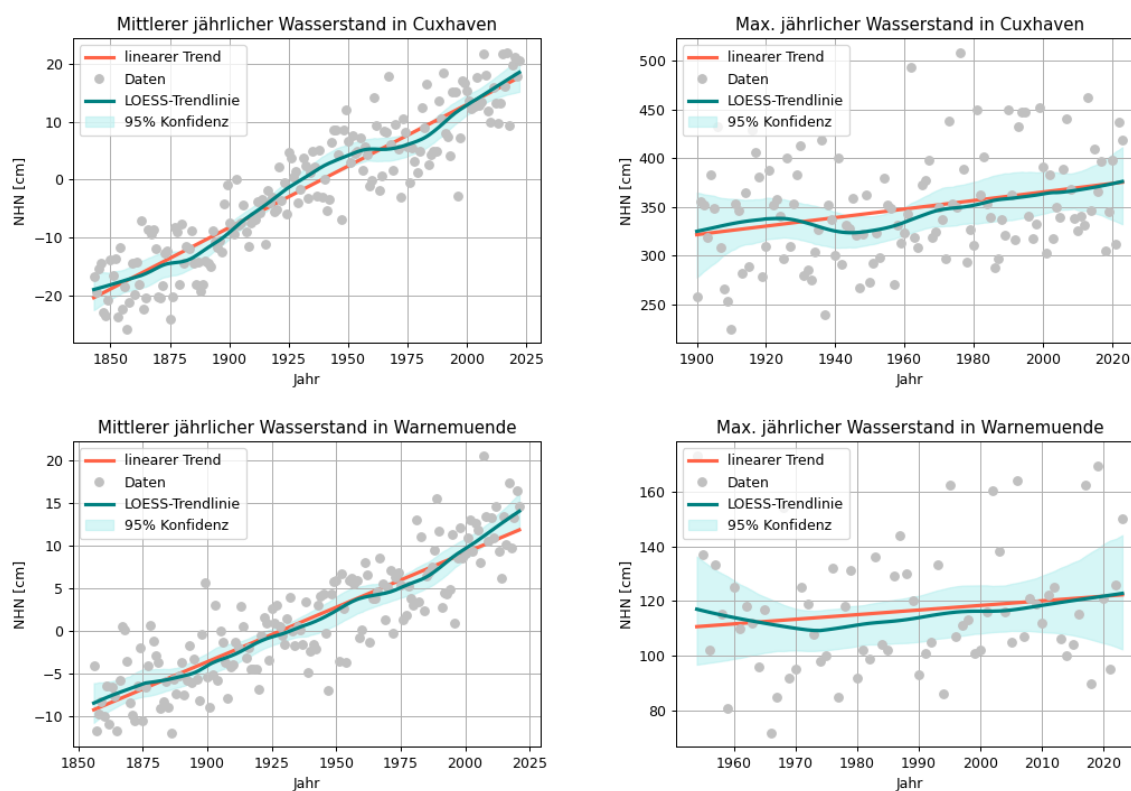


Abbildung 20: Zeitliche Entwicklung des Wasserstandes an der Station Cuxhaven (oben) sowie Warnemünde (unten). Dargestellt ist jeweils der mittlere jährliche Wasserstand (links) sowie der maximal jährliche Wasserstand (rechts). Quelle Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

Zukünftig wird sich der globale Meeresspiegelanstieg und damit auch derjenige in Nord- und Ostsee weiter beschleunigen, in einem Klimaänderungsszenario mit praktisch ungebremstem weiteren Anstieg der Treibhausgasemissionen (SSP5-8.5) ist als *wahrscheinliche Bandbreite* (17.-83. Perzentil) des global gemittelten Meeresspiegels ein Anstieg von 63 – 101 cm bis zum Jahr 2100 (relativ zur Referenzperiode 1995-2014) zu erwarten, bis zum Jahr 2150 schon 98 – 188 cm (IPCC, Fox-Kemper et al., 2021). Als Teil des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ betreibt das BSH einen Webviewer¹, welcher für verschiedene Klimaänderungsszenarien den zu erwartenden Meeresspiegelanstieg sowie weitere Klimavariablen wie Temperatur oder Salzgehalt visualisiert.

¹ Webviewer: <https://das.bsh.de/>

IMPRESSUM

Autoren

F. Imbery (DWD), K. Friedrich (DWD), D. Niermann (DWD), F. Kaspar (DWD), F. Böttcher (EWK), Marcus Beyer (DWD), R. Posada (DWD), T. Leppelt (DWD), K. Lengfeld (DWD), F. Bär (DWD), T. Möller (DWD), S. Buchholz (DWD), J. Möller (BSH)

Redaktion

F. Imbery (DWD), K. Friedrich (DWD), A. Becker (DWD), F. Kaspar (DWD), F. Böttcher (EWK)

Gestaltung und Satz

U. Klasen (DWD), J. Breyer (DWD)

Abbildungsnachweis

DWD (wenn nicht anders gekennzeichnet);

Abbildung 2020: © Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Kontakt

Email: klimaanalyse@dwd.de

Zitiervorschlag

Deutscher Wetterdienst / Extremwetterkongress (2024): *Was wir 2024 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.

LITERATUR

Bär, F., Kaspar, F. (2024): Meteorologischer Jahresrückblick energierelevanter Wetterelemente für das Jahr 2023. Deutscher Wetterdienst / BMDV-Expertennetzwerk.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/energiewetter_rueckblick/publikationen/bericht_jahres-rueckblick-2023.html

Deutscher Wetterdienst (2022): Nationaler Klimareport; 6. überarbeitete Auflage, Deutscher Wetterdienst, Deutschland, 53 Seiten.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/nationalerklimateport/download_report.pdf

Deutscher Wetterdienst (2024a): Klimatologischer Rückblick auf 2023: Das bisher wärmste Jahre in Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, 25 Seiten,

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201_klimarueckblick-2023.pdf

Deutscher Wetterdienst (2024b): Pressemitteilung vom 3.07.2024 „Aktuelle Auswertung des Deutschen Wetterdienstes - Deutschland erlebte den nassesten zwölfmonatigen Zeitraum seit Messbeginn 1881“,

https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2024/20240703_die-zwoelf-nassesten-monaten-seit-messbeginn.pdf

Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi:[10.1017/9781009157896.011](https://doi.org/10.1017/9781009157896.011).

Imbery, F., Friedrich, K., Hänsel, S., Lengfeld, K., Deutschländer, T., Rauthe, M., Spengler, R., Krauthan, E., Leps, N. (2023): Die Klimaentwicklung in Deutschland seit dem Ende des 19. Jahrhunderts. In: van Rühth, P., Schönthaler, K., von Andrian-Werburg, S., Wolf, M. und Gabriel, M., Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2023>

Jensen, J., Frank, T., Wahl, T., & Dangendorf, S. (2011). Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste (AMSeL). *Die Küste*, 78(78), 59-163.

- Kaspar, F., Friedrich, K., Imbery, F. (2023): Observed temperature trends in Germany: Current status and communication tools. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 32, No. 4, <https://dx.doi.org/10.1127/metz/2023/1150>
- Kaspar, F., T. Deutschländer, T. Junghänel, K. Lengfeld, A. Palarz, M. Rauthe, E. Walawender, T. Winterrath & M. Ziese (2024): Entwicklung der Starkniederschläge. In: J. L. Lozán, H. Graßl, D. Kasang, M. Quante & J. Sillmann (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Herausforderung Wetterextreme – Ursachen, Auswirkungen & Handlungsoptionen*. Kapitel 2.6. S. 91-97
- Kelln, Jessica; Dangendorf, Sönke; Gräwe, Ulf; Steffen, Holger; Jensen, Jürgen (2022): Entwicklung des mittleren Meeresspiegels entlang der südwestlichen Ostseeküste. In: *Die Küste*, 91 (Online First). <https://doi.org/10.18171/1.091107>.
- Lengfeld, Katharina; Walawender, Ewelina; Winterrath, Tanja; Weigl, Elmar; Becker, Andreas, "Starkregenereignisse Version 2023.01 mit Überschreitung der DWD-Warnstufe 3 für Unwetter basierend auf RADKLIM-RW Version 2017.002 Parameter und Polygone der Starkregenereignisse in Deutschland version v2023.01." Deutscher Wetterdienst, 2023, doi:10.5676/DWD/CatRaRE_W3_Eta_v2023.01.
- 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>
- Rojas-Labanda, C., González-Rouco, F., García-Bustamante, E., Navarro, J., Lucio-Eceiza, E. E., Van der Schrier, G., Kaspar, F. (2022): Surface wind over Europe: data and variability. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.7739>
- Scherrer, S. C., de Valk, C., Begert, M., Gubler, S., Kotlarski, S., & Croci-Maspoli, M. (2024). Estimating trends and the current climate mean in a changing climate. *Climate Services*, 33, 100428.
- de Valk, C.F. 2020: Standard method for determining a climatological trend, KNMI Technical Report, TR-389, <https://www.knmi.nl/research/publications/standard-method-for-determining-a-climatological-trend>