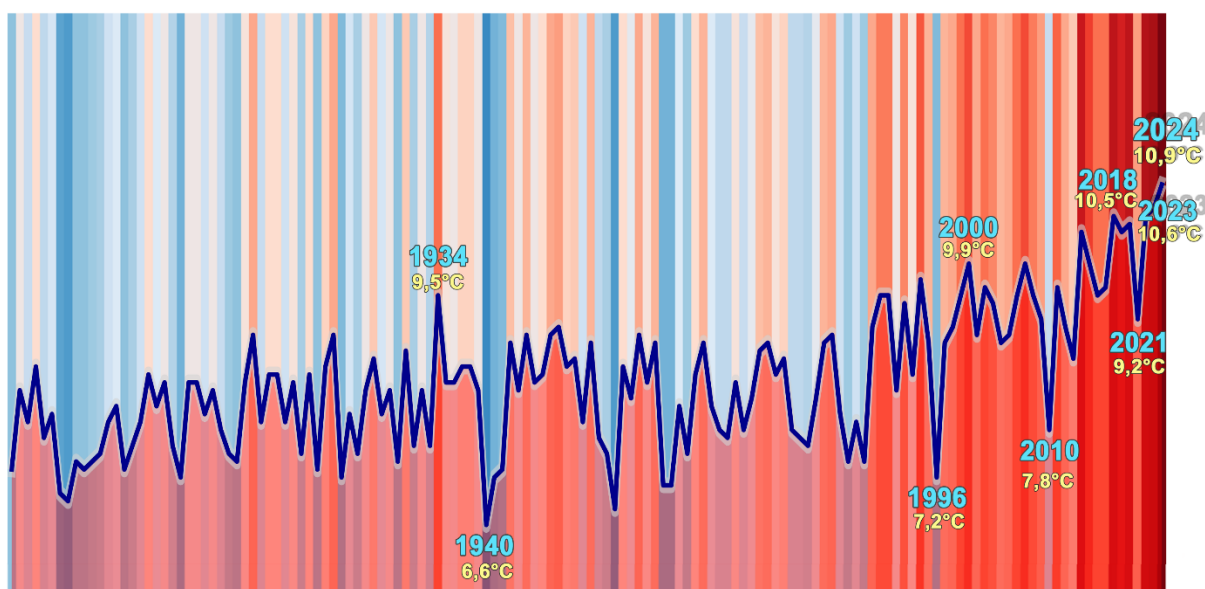


WAS WIR ÜBER DAS EXTREMWETTER IN DEUTSCHLAND WISSEN

STAND DER WISSENSCHAFT ZU EXTREMWETTEREREIGNISSEN
IM KLIMAWANDEL IN DEUTSCHLAND, AUSGABE 2025



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. MIT JEDEM WEITEREN JAHR VERBESSERT SICH DIE DATENGRUNDLAGE ZUR BEWERTUNG DER MIT STARKREGEN VERBUNDENEN SCHADENSRISEN.

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG.....	4
1. DEUTSCHLAND ERWÄRMT SICH MIT INZWISCHEN 2.5 °C ETWA DOPPELT SO SCHNELL WIE DER WELTWEITE DURCHSCHNITT	5
2. BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN.....	6
3. MARKANTE ZUNAHME VON HITZEEREIGNISSEN	7
4. ZUSÄTZLICHE HITZEBELASTUNGEN IN STÄDTEN.....	11
5. HOHE VARIABILITÄT BEIM NIEDERSCHLAG	12
6. 2025 ERNEUT EIN WARMER ABER NICHT EXTREM TROCKENER SOMMER	15
7. LÄNGERE TROCKENPERIODEN.....	16
8. DIE WALDBRANDGEFAHR NIMMT ZU	18
9. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG BEI WIND UND STURM.....	19
10. ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS	21
11. GEFAHR HÖHERER STURMFLUTEN STEIGT	23
12. MEERESERWÄRMUNG UND MARINE HITZEWELLEN	25

Zusammenfassung

Mit den Jahren 2022 bis 2024 waren drei 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 2024 bereits 2,3 Grad Celsius (°C) über dem vieljährigen Mittel 1881 - 1910 liegt. Entsprechend war auch global das Jahr 2024 erneut das bisher wärmste Jahr, mit außergewöhnlich hohen Oberflächentemperaturen der Ozeane, ein Zustand, der sich auch in 2025 fortsetzt. Es spricht vieles für die Annahme, dass die Perioden außergewöhnlich hoher und langanhaltender Niederschläge in Deutschland insbesondere im Jahr 2024 zu einem großen Teil auf diese globalen Verhältnisse zurückzuführen sind. Dasselbe gilt auch für die Trockenheit von Februar bis Juni 2025, denn die Niederschlagsmuster mit nassen und trockenen Perioden werden grundsätzlich intensiver.

Dementsprechend sehen die Autoren und Herausgeber 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 °C 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).

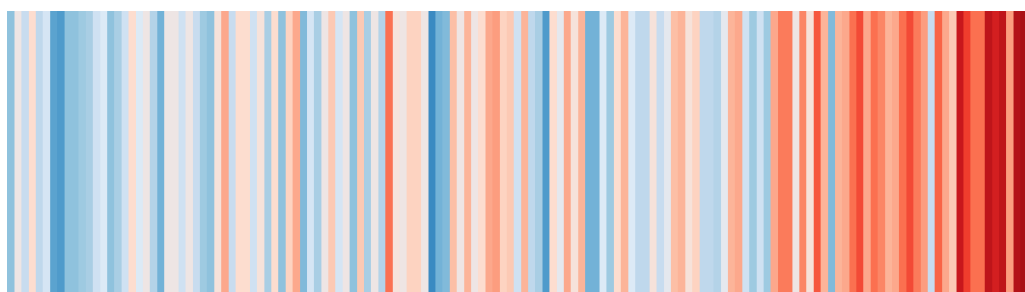


Abbildung 1: Erwärmung in Deutschland dargestellt als „Warming Stripes“ für den Zeitraum 1881 - 2024. (Quelle: DWD, basierend auf jährlichen Gebietsmittelwerten der Temperatur). Darstellungsidee von Ed Hawkins <https://showyourstripes.info/>

1. DEUTSCHLAND ERWÄRMT SICH MIT INZWISCHEN 2,5 °C ETWA DOPPELT SO SCHNELL WIE 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 2,5 °C gestiegen (LOESS Trend des Gebietsmittelwerts). Die Temperaturen in Deutschland sind damit doppelt so schnell gestiegen als im weltweiten Durchschnitt. Dies verwundert nicht, weil sich die Landregionen der Erde generell schneller erwärmen als die Meeresregionen, nämlich mit 2,1 °C nur 0,4 °C weniger als Deutschland, das zu Europa und damit den Kontinent mit der stärksten Erwärmung gehört. Das Tempo des Temperaturanstiegs hat sich in Deutschland (wie auch weltweit und in Europa) in den vergangenen 50 Jahren deutlich beschleunigt (Deutscher Wetterdienst, 2025a).

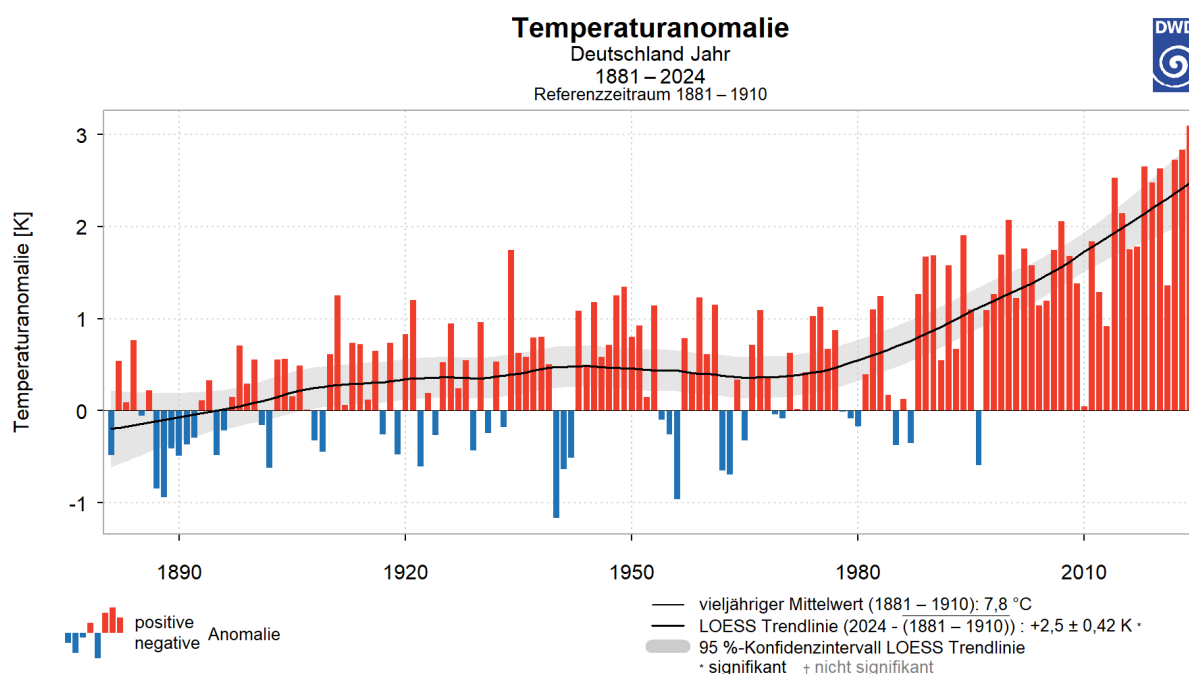


Abbildung 2: Abweichung der Jahresmitteltemperaturen Deutschlands vom frühindustriellem Referenzzeitraum 1881 - 1910. (Deutscher Wetterdienst <https://dwd.de/zeitreihen>)

Im Gesamtzeitraum 1881 - 2024 wurde es jedes Jahrzehnt 0,13 °C wärmer, für die jüngsten rund 50 Jahre (1971 - 2024) lag die Erwärmungsrate aufgrund der beschleunigten Erwärmung mit 0,41 °C pro Dekade bereits mehr als dreimal so hoch (Deutscher Wetterdienst, 2025b). Seit den 1960er Jahren war hierzulande jedes Jahrzehnt wärmer als das vorangehende, und das vergangene Jahrzehnt (2015 - 2024) bereits 2,3 °C wärmer als die ersten Jahrzehnte (1881 - 1910) der Aufzeichnungen. Der Temperaturanstieg seit dieser frühindustriellen Zeit ergibt sich auch aus der Differenz der nach der LOESS-Methode (Scherrer et al., 2024) ermittelten Temperatur für 2024 und dem Temperaturmittel dieser Periode und beträgt bereits 2,5 °C (K) (Abbildung 2). Im globalen Mittel beträgt der Anstieg je nach Methode 1,2 bis 1,3 °C (WMO, 2025). Das Jahresmittel für 2024 lag für Deutschland mit 10,9 °C bereits 3,1 °C über dem frühindustriellen Niveau (Tabelle 1).

2. BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN

Tabelle 1 zeigt, daß in den letzten 20 Jahren bereits zehn Jahre um mehr als 2,0 °C wärmer als die Werte zwischen 1881 und 1910 waren. Fünf davon lagen sogar über der 2,5 °C Marke. Eine derart außergewöhnliche Häufung von Rekordjahren der Temperatur ist nur durch die menschengemachte globale Erwärmung erklärbar. Zufällige Schwankungen oder natürliche Einflüsse, wie sehr starke Vulkanausbrüche oder Schwankungen der Sonnenstrahlung, fallen als Erklärung für den weltweiten Temperaturanstieg aus. Aufgrund der weiter steigenden Treibhausgaskonzentrationen ist zu erwarten, dass die kommende Dekade ebenfalls wärmer ausfällt als die vorangegangene.

Jahr	Abweichung (in Bezug auf 1881-1910)
2024	+3,1 °C
2023	+2,8 °C
2018	+2,7 °C
2022	+2,7 °C
2020	+2,6 °C
2014	+2,5 °C
2019	+2,5 °C
2000	+2,1 °C
2007	+2,1 °C
2015	+2,1 °C

Tabelle 1: Die bisher zehn wärmsten Jahre in Deutschland seit Beginn 1881 anhand der Erwärmung seit früh-industrieller Zeit (Deutschlandmittel 1881 - 1910 = 7,9 °C). Es zeigt sich eine beispiellose Häufung an Rekordjahren im letzten Jahrzehnt.

3. MARKANTE ZUNAHME VON HITZEEREIGNISSEN

Die Anzahl von Sommertagen (Tagesmaximum der Lufttemperatur mindestens 25 °C), über ganz Deutschland gemittelt, hat sich seit den 1950er-Jahren etwa verdoppelt (Abbildung 3), bei den selteneren Heißen Tagen (Temperaturmaximum mindestens 30 °C) von etwa drei Tagen pro Jahr auf derzeit durchschnittlich zwölf Tage pro Jahr sogar vervierfacht (Abbildung 4). Auch intensive Hitzewellen haben in den letzten Jahrzehnten zugenommen: 14-tägige Hitzeperioden mit einem mittleren Tagesmaximum der Lufttemperatur von mindestens 30 °C 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 solcher intensiven Hitzewellen (Abbildung 6). Dieser Effekt ist eine Folge der globalen Erwärmung und des damit auch in Deutschland erfolgenden deutlichen Temperaturanstieges mit einer auch regional geprägten Zunahme des Auftretens Heißer Tage (Abbildung 5). 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.

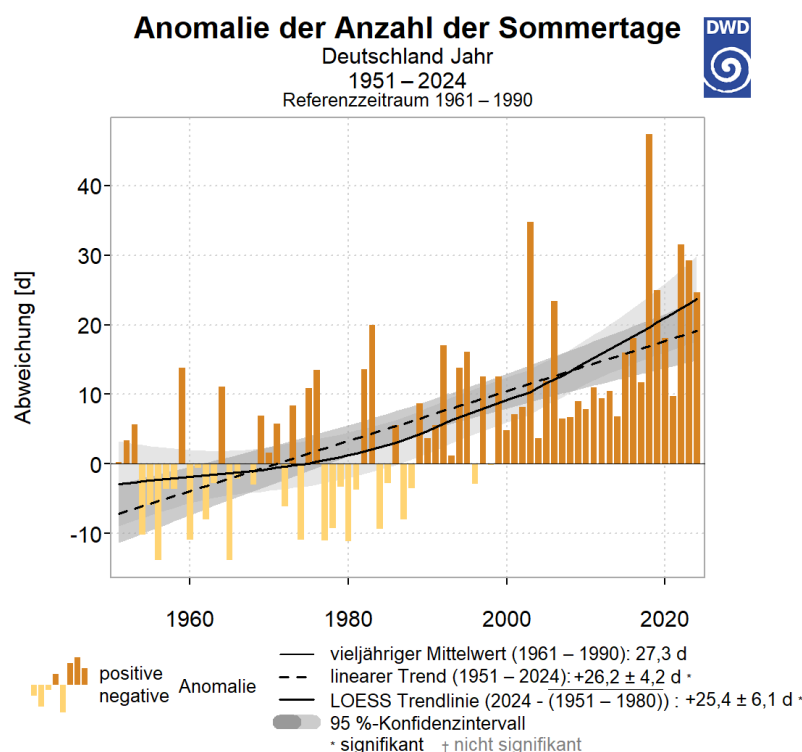


Abbildung 3: Entwicklung der Anomalie der Anzahl an Sommertagen in Deutschland mit Höchstwerten ≥ 25 °C seit 1955. (Deutscher Wetterdienst <https://dwd.de/zeitreihen>)

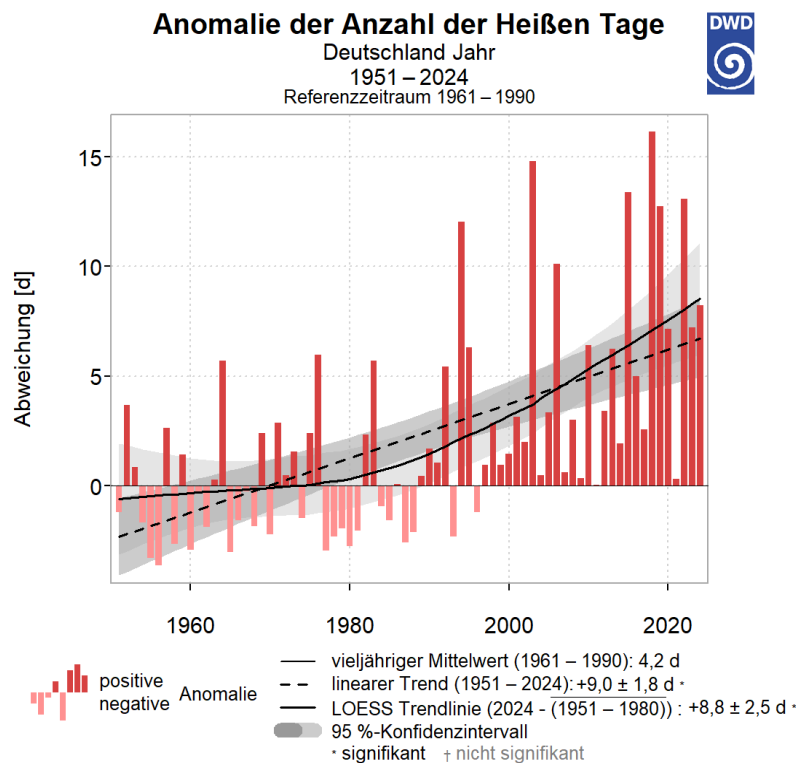


Abbildung 4: Entwicklung der Heißen Tage in Deutschland mit Tageshöchstwerten ≥ 30 °C. seit 1955. (Deutscher Wetterdienst <https://dwd.de/zeitreihen>)

Der höchste jahreszeitliche Temperaturanstieg wird allerdings im Winter beobachtet. Dieser beträgt nach der LOESS-Methode $3 \pm 1,18$ °C (K). Mit August 2025 waren 23 (15) aufeinanderfolgende Monate wärmer als die jeweils vieljährigen Monatsmittel 1961-1990 (1991-2020).

Im aktuellen Jahr 2025 begann die erste Hitzewelle schon Mitte Juni. Anfang Juli erreichte sie ihren Höhepunkt und führte zu Temperaturen knapp unter der 40 °C - Marke. Am 2. Juli wurde in Andernach vom DWD die landesweite Höchsttemperatur von 39,3 °C beobachtet, die Bundeswehr maß in Wunstorf sogar 39,6 °C. Darüber hinaus lag das Flächenmittel für Deutschland bei 35,4 °C, und war damit das dritthöchste überhaupt. Dabei wurden an 300 Stationen Temperaturen von 35 °C erreicht bzw. überschritten (sog. „Sehr Heißer Tag“). Am 25. Juli 2019 (bisheriger Temperaturrekord für Deutschland mit 41,2 °C in Tönisvorst und Duisburg-Baerl) waren es nur 284 Stationen, an denen ein Sehr Heißer Tag beobachtet wurde. Nach der sehr frühen Hitzewelle Mitte Juni - Anfang Juli normalisierten sich die Temperaturen in Deutschland in 2025 wieder. Mitte August trat die zweite Hitzewelle des Jahres 2025 auf, blieb aber in Andauer und Stärke unter der Ersten. Die gedämpften Tageshöchstwerte im regenreichen Juli und Anfang August vermittelten den Eindruck eines eher durchwachsenen Sommers 2025.

Unsere vieljährigen Beobachtungen zeigen aber auch, dass ein deutschlandweit Sehr Heißer Tag inzwischen alle 3 Jahre auftreten kann - also beinahe normal ist. Hitze ist somit für den deutschen Sommer schon im kollektiven Gedächtnis angekommen. Gesunde Menschen ohne Vorerkrankungen schaffen meist die erforderliche Anpassung noch. Menschen hohen Alters oder mit Vorerkrankungen sind jedoch durch diese Entwicklung zunehmend extremen gesundheitlichen Belastungen ausgesetzt. Aufgrund der mit ihr verbundenen Übersterblichkeit verursacht Hitze die höchsten Todeszahlen aller Extremereignisse.

Entwicklung der mittleren jährlichen Anzahl von Heißen Tagen mit Höchstwerten von mindestens 30 °C

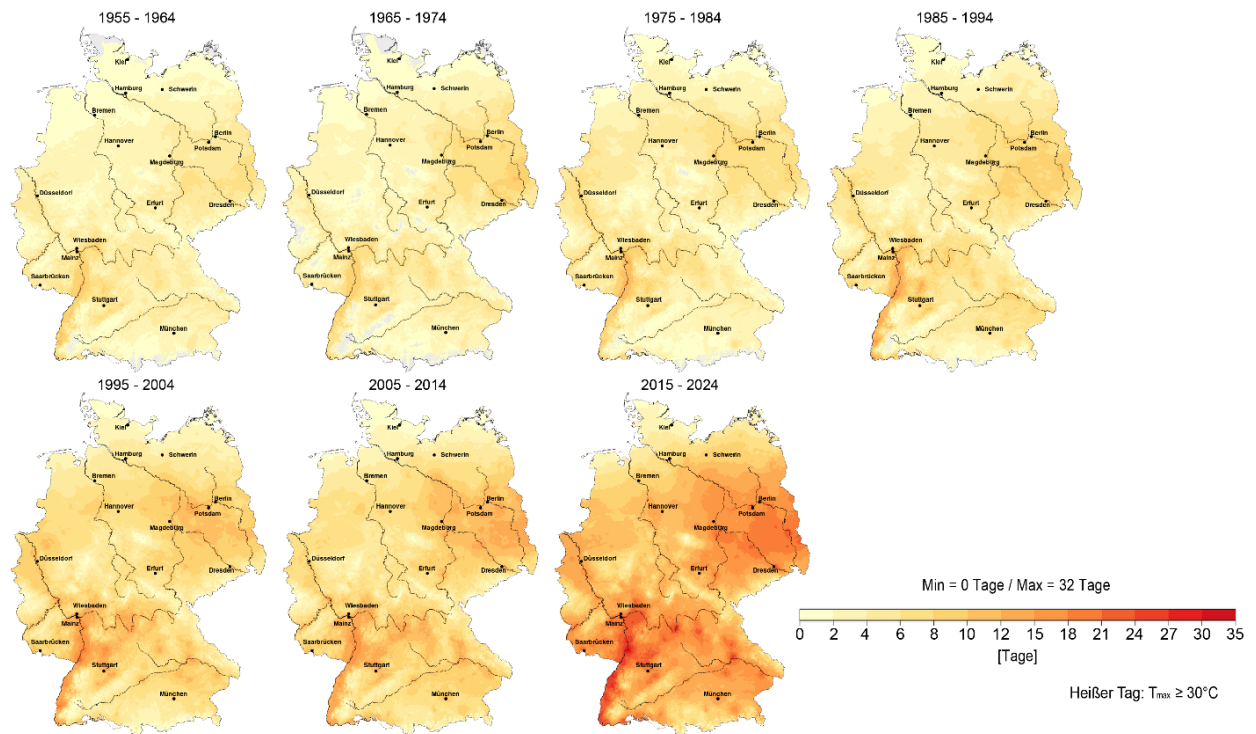


Abbildung 5: Entwicklung der Dekadenmittel der Anzahl der Heißen Tage (mit Höchstwerten $\geq 30^\circ\text{C}$) seit 1955. (Quelle: DWD)

Markante Hitzewellen seit 1950

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

- mittleres Tagesmaximum der jeweiligen Hitzewelle
- größtes mittleres Tagesmaximum bei einer Hitzewelle

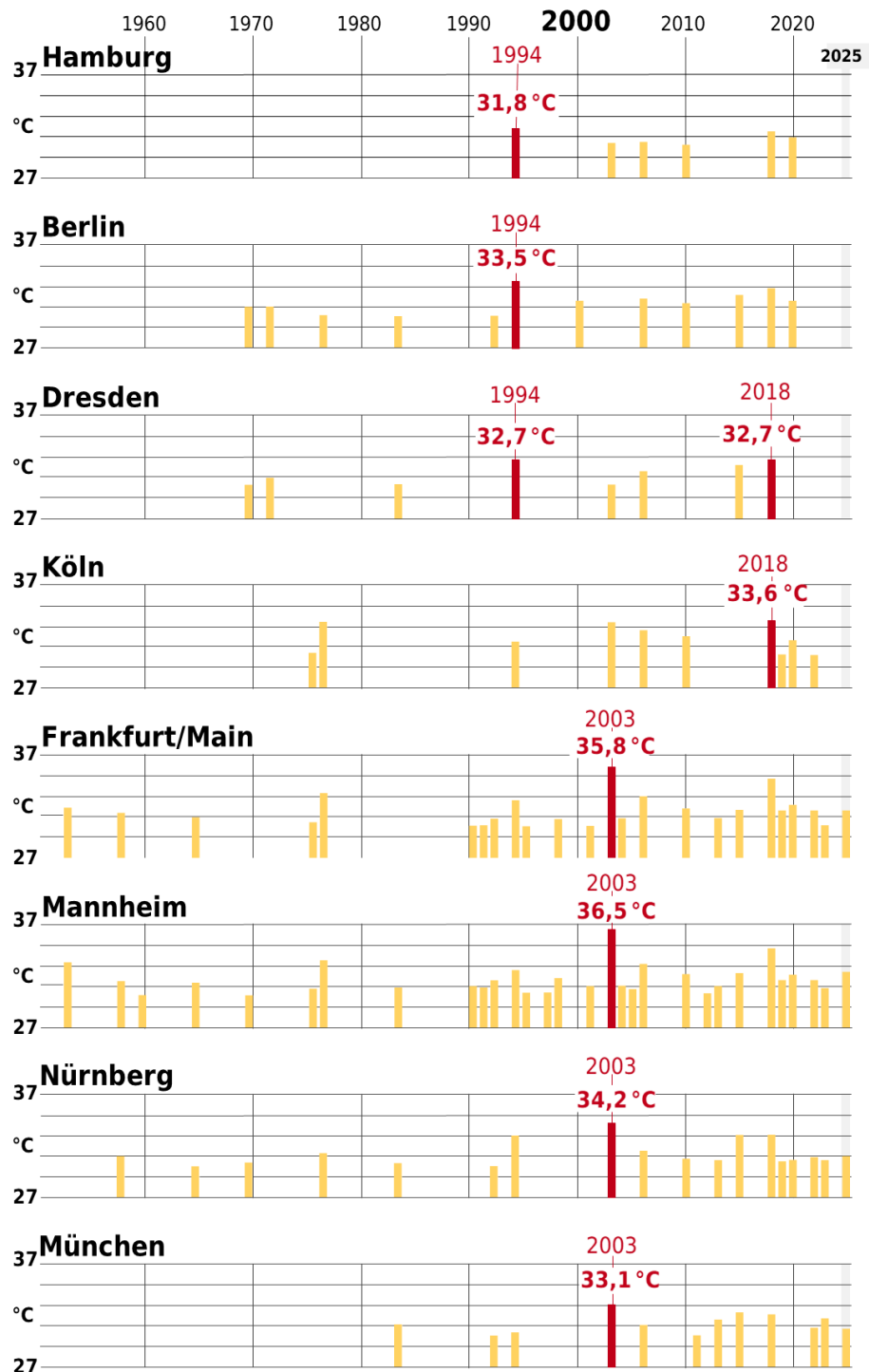


Abbildung 6: Markante Hitzewellen in Deutschland von 1950 bis 2025. Stand: 1. September 2025 (Quelle DWD)

4. ZUSÄTZLICHE HITZEBELASTUNGEN IN STÄDTEN

In Städten entwickeln sich eigene klimatische Bedingungen, die sich von denen in ländlich geprägten, unbebauten Gebieten unterscheiden. Faktoren wie dichte Bebauung, versiegelte Flächen, Abwärme durch Gebäude und Verkehr, sowie der Mangel an Grün- und Wasserflächen beeinflussen das Stadtklima. Dies zeigt sich besonders bei dem Phänomen der städtischen Wärmeinsel, bei dem städtische Gebiete im Vergleich zum ländlichen Umland deutlich höhere Temperaturen aufweisen.

Gebäude und asphaltierte Straßen speichern tagsüber mehr Wärme als natürliche Oberflächen. Letztere wirken durch die Verdunstung von Wasser über die Pflanzen kühlend. Die tagsüber in der Bausubstanz gespeicherte Wärme wird während der Nacht wieder abgegeben. Dadurch kühlen städtische Gebiete nachts wesentlich langsamer ab als ländliche. Die städtische Wärmeinsel erreicht daher meist in den Nachtstunden ihr Maximum. Tagsüber sind die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland geringer. Besonders stark ausgeprägt ist das Phänomen bei wolkenlosem Himmel und windschwachen Wetterlagen, wie sie während sommerlicher Hitzeperioden unter Hochdruckeinfluss auftreten.

Die Stadtklimastationen des DWD Bodennessnetzes sind speziell dafür eingerichtet, das Stadtklima und die städtische Wärmeinsel zu erfassen. Die gewonnenen Daten helfen die Klimaänderungen in Städten und ihrem Umland besser zu verstehen und langfristig im Sinne der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel zu beobachten (Abbildung 7). Aktuelle Messwerte der Lufttemperatur, der städtischen Wärmeinsel und der thermischen Belastung sind unter www.dwd.de/waermeinsel abrufbar.

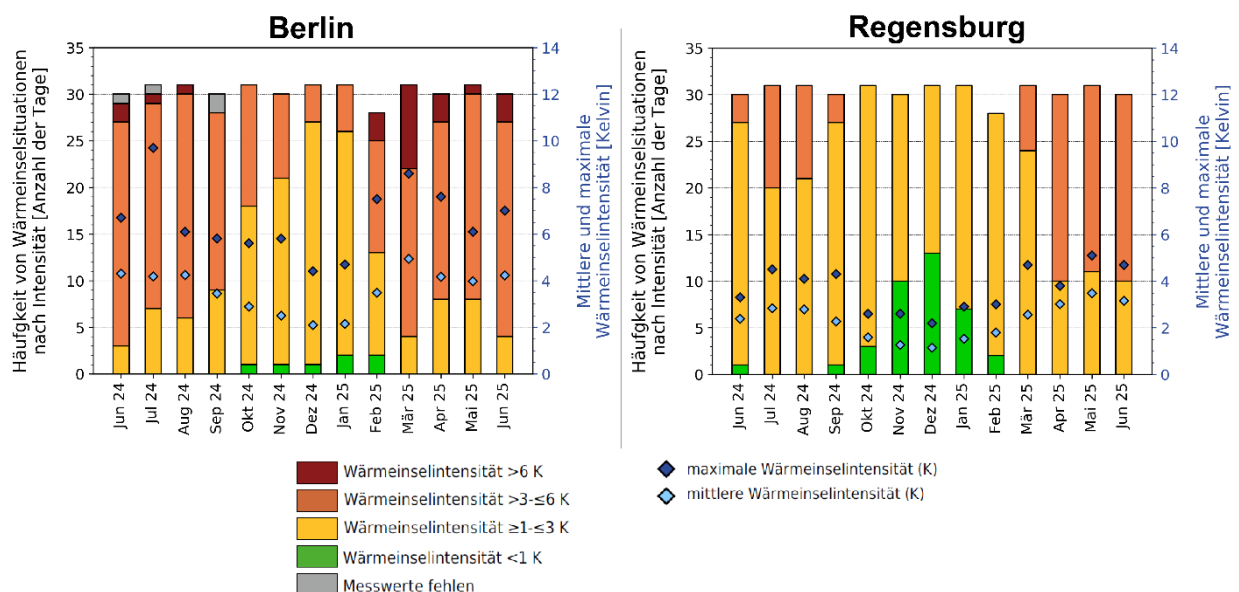


Abbildung 7: Wärmeintensität in Berlin und Regensburg im Zeitraum Juni 2024 bis Juni 2025.

Quelle: DWD <https://www.dwd.de/klimastatus>

5. HOHE VARIABILITÄT BEIM NIEDERSCHLAG

Nachdem der DWD im Vorjahr auf besonders niederschlagsreiche Episoden hingewiesen hat, zeichnete sich die erste Jahreshälfte 2025 durch andauernde niederschlagsarme Phasen aus. Für den Zeitraum Juli 2023 bis Juni 2024 vermeldete der DWD, dass es sich um die niederschlagsreichste 12-Monatsepisode in Deutschland seit Auswertungsbeginn 1881 (Deutscher Wetterdienst, 2024b) gehandelt hat. Im Kontrast dazu war im Jahr 2025 die Phase von Anfang Februar bis Ende Mai deutschlandweit so niederschlagsarm wie noch nie in diesem Zeitraum seit Beginn der in 1881 beginnenden systematischen Wettermessungen (Abbildung 8, Rauthe et al., 2025).

Generell unterliegt das Auftreten von Dauer- und Starkregenereignissen einer hohen Variabilität. Der Zusammenhang zwischen Klimawandel und Starkniederschlägen ist komplex und daher Gegenstand intensiver Forschung. Im aus Stationsdaten abgeleiteten Gebietsmittel für Deutschland hat sich im Zeitraum 1951 bis 2024 die Anzahl von Tagen mit Niederschlägen ≥ 20 mm nur unwesentlich verändert (Abbildung 9). Für die Bewertung der Trends von Starkregenereignissen kürzerer Andauer stehen in Deutschland vieljährige Stationsmessreihen sowie seit dem Jahr 2001 flächendeckende Radarbeobachtungen zur Verfügung. Auswertungen beider Datenquellen lassen vielerorts eine Tendenz zur Zunahme von Starkregen erkennen (beispielsweise: Abbildung 10). Im Fall der Stationsdaten ist diese Zunahme aber für viele Stationen derzeit nicht statistisch signifikant. Im Fall der Radardaten kann die Auswertung nur für einen vergleichsweise kurzen Zeitraum durchgeführt werden, der eine eindeutige Zuordnung zum Klimawandel nicht zulässt. Weitere Details zum aktuellen Stand der Auswertungen des DWD findet sich in Kaspar et al. (2025). Es besteht weiterhin Forschungsbedarf in Hinblick auf die in Mitteleuropa vorwiegend im Sommerhalbjahr relevanten Starkniederschläge kurzer Dauerstufen, sowie bzgl. der Zunahme der Intensität der sogenannten konvektiven Ereignisse mit steigender Temperatur. Insbesondere in Süddeutschland 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 gesicherten 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.

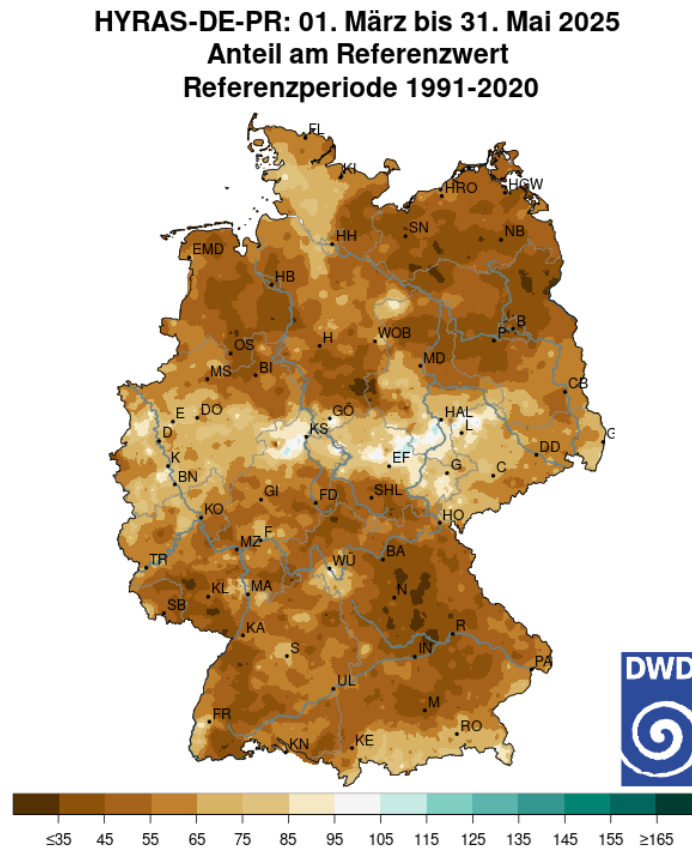


Abbildung 8: Relativer Anteil der Niederschlagssumme für das Frühjahr (März-Mai) 2025 am Mittelwert der Referenzperiode 1991 - 2020 in % auf Basis von HYRAS-DE-PR (v6-1), Quelle: Rauthe et al. (2025)

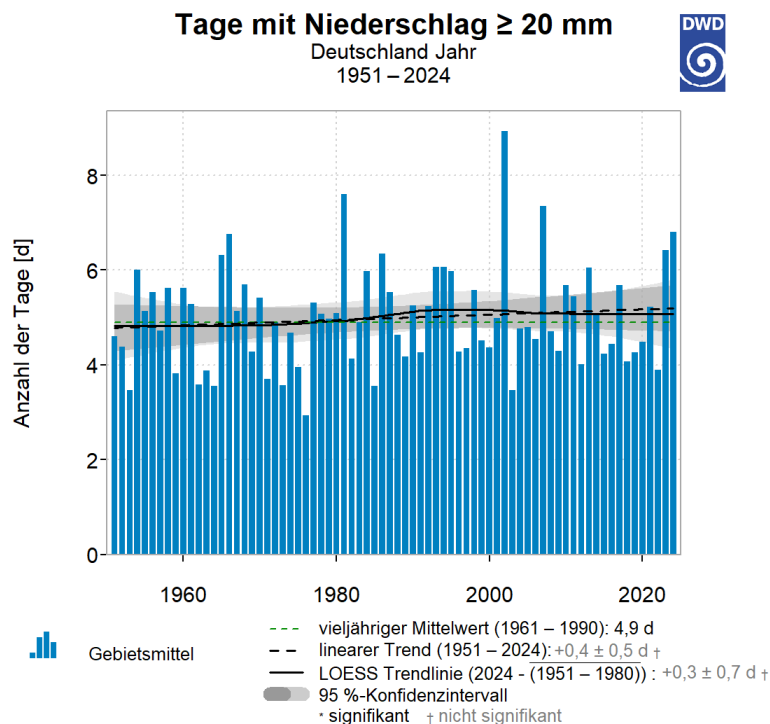


Abbildung 9: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 20 l/m² im Flächenmittel von Deutschland in den Jahren 1951 bis 2024. (Deutscher Wetterdienst <https://dwd.de/zeitreihen>)

Niederschlagsereignisse pro Jahr

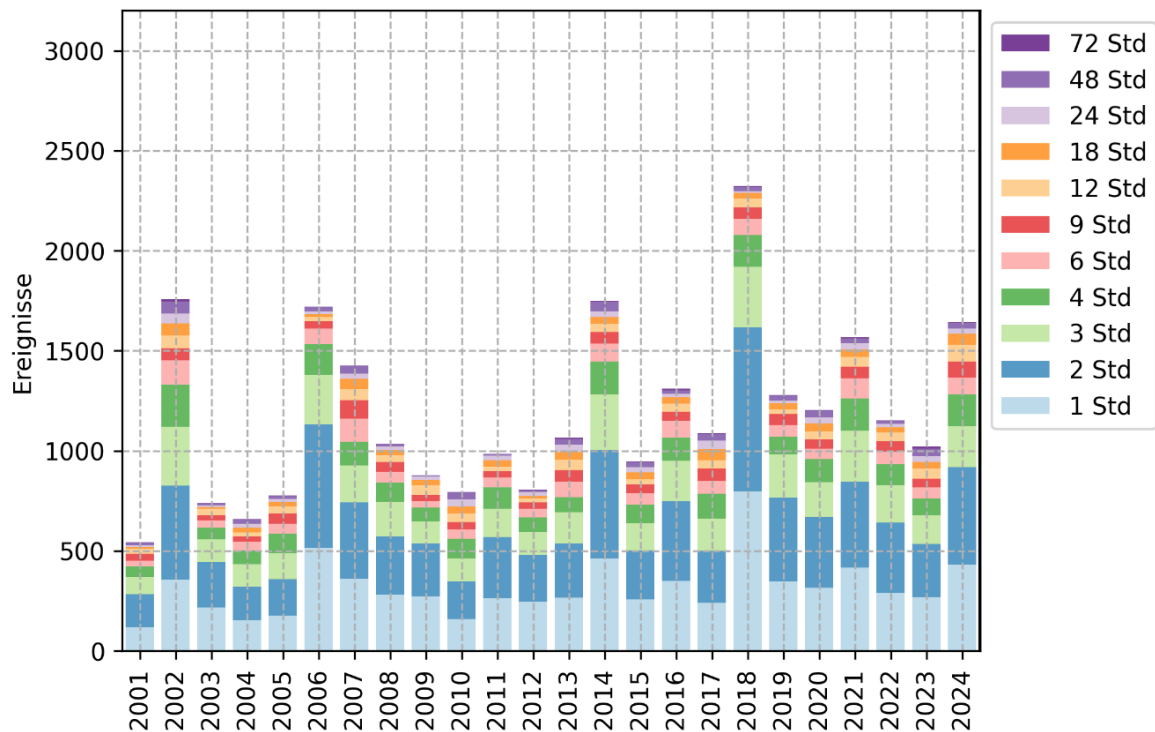


Abbildung 10: Anzahl mittels Radars erfasster Starkregenereignisse pro Jahr seit dem Jahr 2001 aus klimatologisch aufbereiteten Radardaten. Als Schwellenwert wurden die Warnkriterien Level 3 (Unwetter) für Stark- beziehungsweise Dauerregen des Deutschen Wetterdienstes genutzt (Lengfeld et al., 2024).

6. 2025 ERNEUT EIN WARMER ABER NICHT EXTREM 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.

Der Sommer 2025 war von zwei markanten Hitzewellen geprägt (s. S. 4), die durch eine wechselhafte, teils relativ kühle und ausgesprochen nasse Juli-Phase unterbrochen wurden. Dadurch konnte die von Februar-Mai ausgeprägte Trockenheit spürbar gemildert werden, während sich die Sonnenscheindauer deutlich über dem Klimamittel einordnete. Im 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 2025 dargestellt. Die Periode April bis August 2025 war zwar eine der wärmsten April-August-Perioden seit 1881, jedoch war es feuchter im Vergleich zu den extremen Jahren 2003, 2018, 2022.

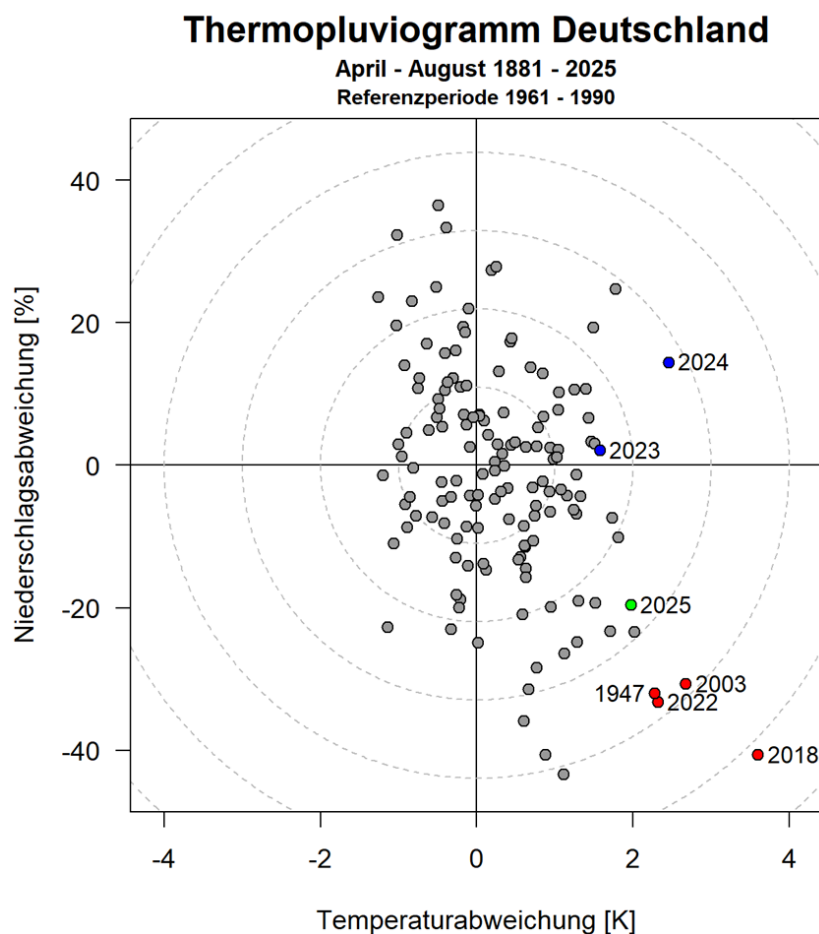


Abbildung 11: Thermopluviogramm der Temperatur- und Niederschlagsabweichung der Gebietsmittel für Deutschland für die Monate April bis August von den vieljährigen Mitteln 1961 - 1990.

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.

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

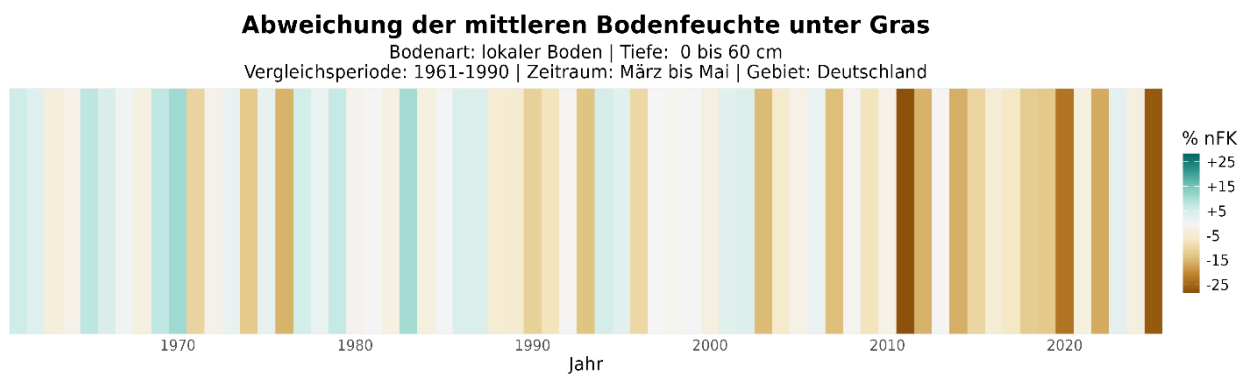


Abbildung 12: Abweichung der mittlere Bodenfeuchte unter Gras in Deutschland während der Frühjahre (März bis Mai) der Jahre 1961-2025 im Vergleich zu der Referenzperiode 1961 - 1990.

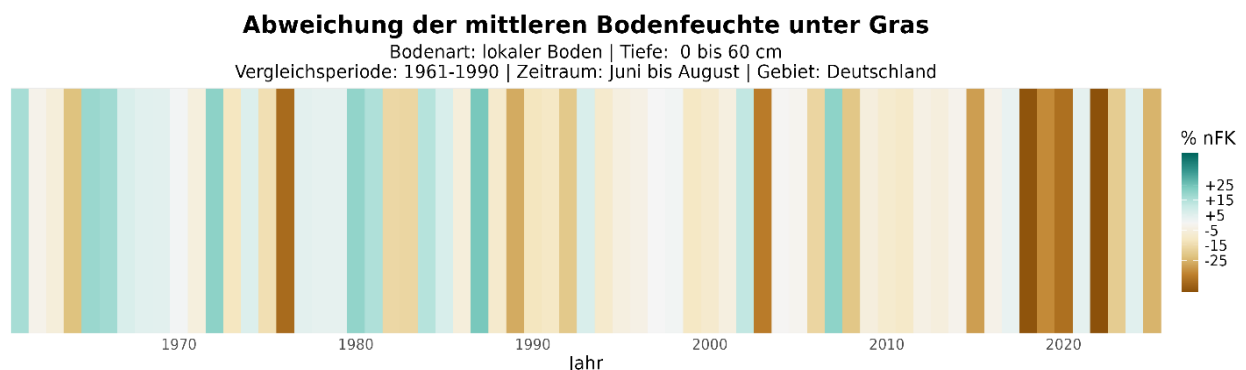


Abbildung 13: Abweichung der mittlere Bodenfeuchte unter Gras in Deutschland während der Sommermonate Juni bis August der Jahre 1961-2025 im Vergleich zu der Referenzperiode 1961 - 1990.

Die zunehmende Frühjahrstrockenheit ist bereits bekannt und besonders nach 2010 sehr ausgeprägt (Abbildung 12), 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

Was wir über das Extremwetter in Deutschland wissen

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 2025 war durch eine stark ausgeprägte Frühjahrstrockenheit gekennzeichnet. Diese Bodentrockenheit konnte durch größtenteils ausreichende Niederschlagsmengen in den Sommermonaten ausgeglichen werden und damit die Feldfrüchte vor größeren Schäden bewahren.

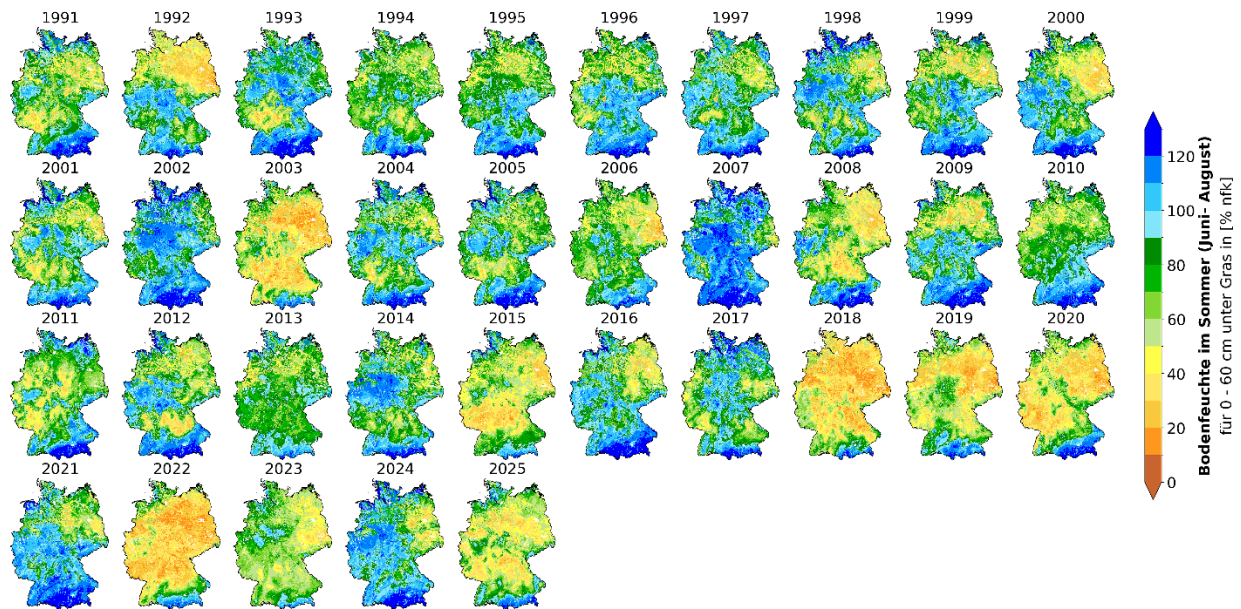


Abbildung 14: Karten der mittleren Bodenfeuchte unter Gras in der Bodentiefe 0- 60 cm in den Sommermonaten für die Jahre 1991 - 2025, in Prozent nutzbare Feldkapazität (% nFK).

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 2024 wurde im bundesweiten Stationsmittel an 8 Tagen mindestens die Warnstufe 4 für den Waldbrandgefahrenindex (WBI) akkumuliert. Dies ist eine negative Anomalie (-3 Tage) vom vieljährigen Mittelwert. Nur im Monat August gab es eine Phase mit vielen aufeinander folgenden Tagen mit hoher Waldbrandgefahr.

Im aktuellen Jahr 2025 ist die Waldbrandgefahr deutlich höher und erreicht bis Ende August mit einem bundesweiten Mittelwert von 16 Tagen einen vergleichsweise hohen Wert. Das trockene Frühjahr und der heiße Juni, sowie der trockene August führten zu einer Zunahme an Tagen mit hoher Waldbrandgefahr. Der Trend zu Sommern mit längeren Trockenphasen hat sich für das Jahr 2025 fortgesetzt. (Informationen zur Entwicklung der *Waldbrandgefahr* finden sich auch unter <https://www.deutscher-klimaatlas.de>).

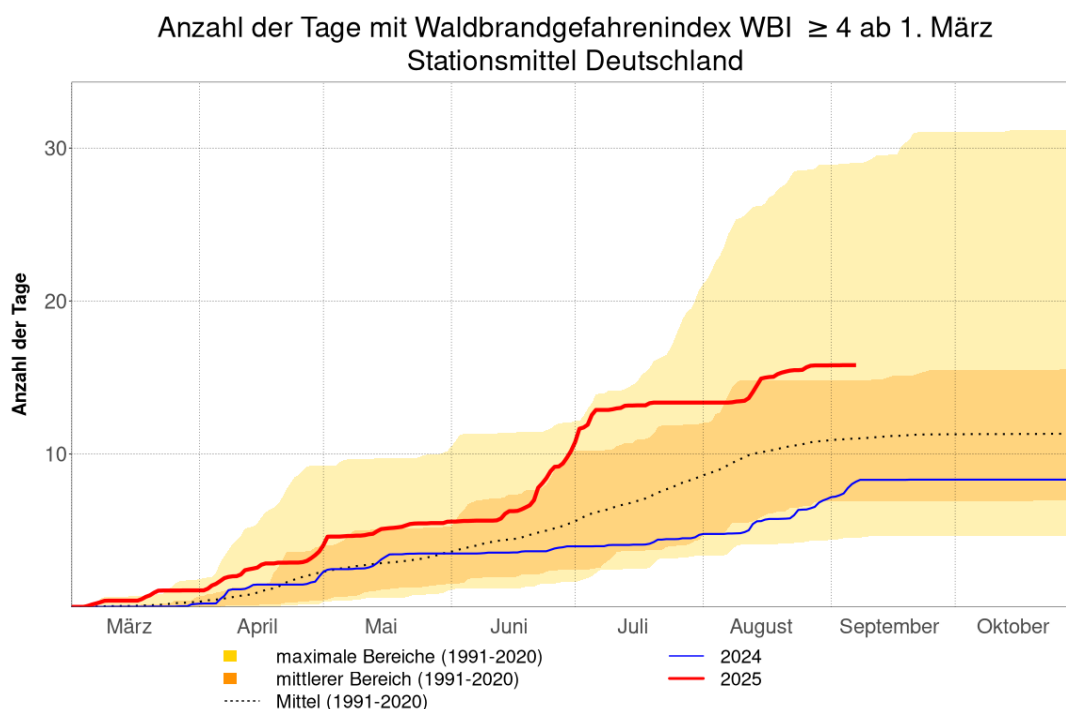


Abbildung 15: Die Kurven zeigen die kumulierten Tage mit einem Waldbrandgefahrenindex größer gleich 4 über die Saison März bis Oktober. Gezeigt werden der mittlere Verlauf 1991 bis 2020 (schwarze gepunkt. Linie), der Verlauf 2024 (blaue Linie) sowie der bisherige Verlauf 2025 (orangene Linie). Der als Fläche eingezeichnete hellgelbe Bereich gibt den bisher zwischen 1991 und 2020 aufgetretenen maximalen Bereich und die dunkelgelbe Fläche den Bereich zwischen dem 20. u. 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 aus Luftdruckdaten abgeleiteten 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 über Grund auf Basis von Reanalysen zeigen ebenfalls einen Rückgang während der letzten Jahrzehnte (Bär und Kaspar, 2025). 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 handelte es sich bei 2023 um ein überdurchschnittlich windreiches Jahr. Das jüngste Mittel von 5,7 m/s für das Jahr 2024 liegt daher im Rahmen der derzeit bekannten multidekadischen Schwankungen (siehe Abbildung 16). Die niederschlagsarme Phase in der ersten Jahreshälfte 2025 zeichnet sich gleich-zeitig durch unterdurchschnittliche Windverhältnisse in Deutschland aus.

Die Anzahl der Tage mit Spitzenböen der Stärke 11 und 12 Beaufort an 138 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). Im Kontext der Stromerzeugung mit erneuerbaren Energieträgern werden zunehmend auch Phasen mit zeitgleich auftretender geringer Wind- und Solarenergieerzeugung thematisiert (sog. „Dunkelflaute“), wie sie beispielsweise am Beginn des Novembers 2024 auftrat. Der DWD hat daher aus diesem Anlass auch den Zusammenhang zu Großwetterlagen und deren Trends untersucht (Kaspar et al., 2024b). Für die besonders relevante Großwetterlage „Hoch Mitteleuropa“ zeigt die langfristige Analyse für das Winterhalbjahr jedoch keine signifikante Änderung, sowohl für die Anzahl der Tage, wie auch für die maximale zusammenhängende Andauer.

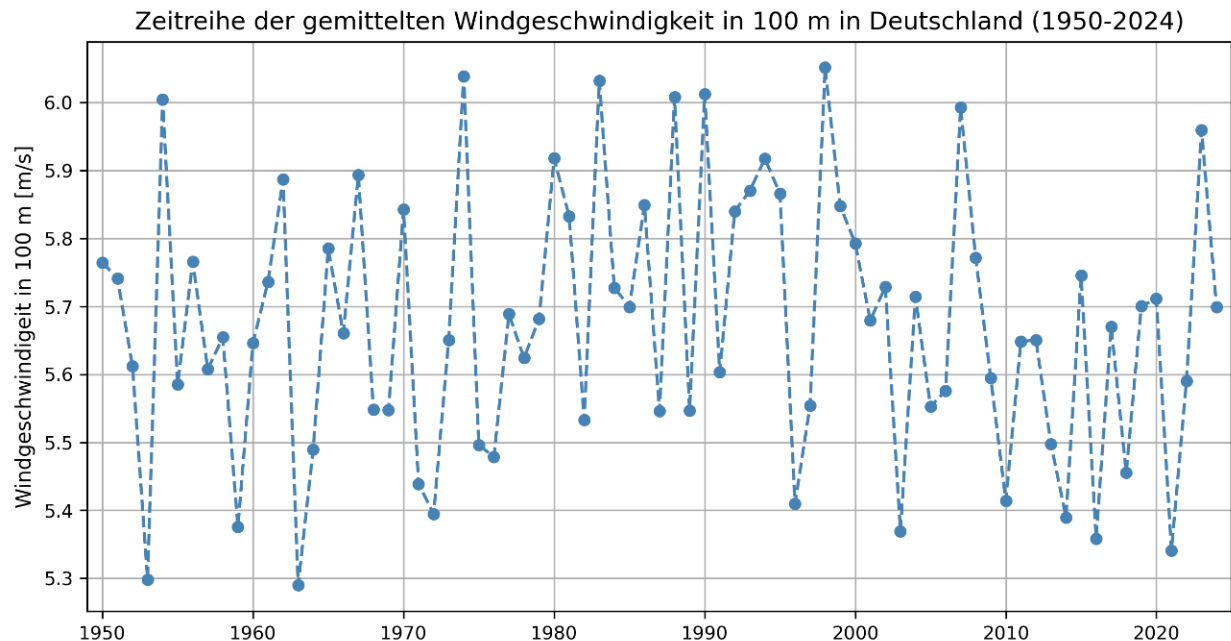


Abbildung 16: Zeitreihe der gemittelten Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe in Deutschland in m/s im Zeitraum von 1950 bis 2024. (Auswertung des DWD (Bär et al., 2025, auf Basis der globalen Reanalysen ERA5 des EU Copernicus Klimawandeldienstes (C3S))

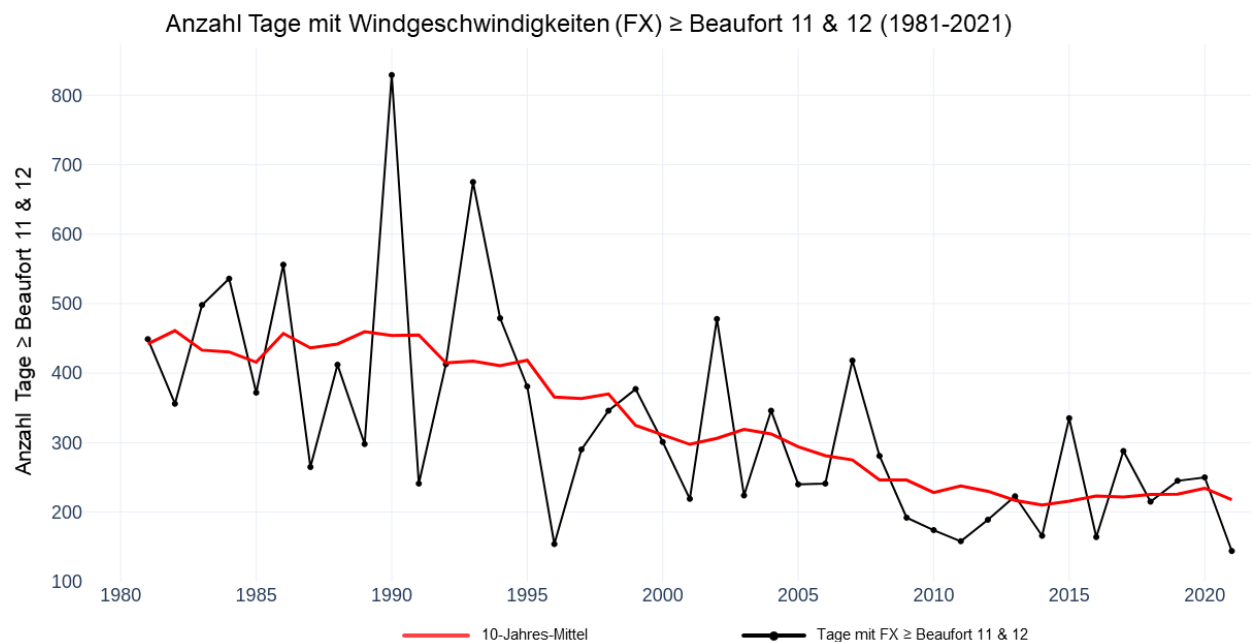


Abbildung 17: Häufigkeit von Spitzenböen der Stärke 11 und 12 Beaufort während der vier Dekaden seit 1981. Es sind die Tage pro Jahr (schwarz) und ein gleitendes 10-Jahresmittel (rot) dargestellt. Quelle: DWD

10. ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS

Gesammelt und ausgewertet (Groenemeijer und Kühne, 2014) werden Tornados in der Europäischen Unwetterdatenbank (ESWD - European Severe Weather Database, 2025), die vom ESSL (European Severe Storms Laboratory - Europäisches Unwetterlabor) betrieben wird. Der erste dokumentierte Tornadofall stammt demnach aus dem Jahr 689. Bis etwa zum Jahr 2000 bleibt die Anzahl der dokumentierten Tornadofälle in Deutschland jedoch unbefriedigend gering. Erst seit der Jahrtausendwende lassen technologische Entwicklungen wie die Digitalfotografie und das Internet eine deutlich bessere Dokumentation zu. Dadurch und mit Einführung der mobilen Endgeräte wurde der Austausch von Tornadofällen auch mit Bildern deutlich einfacher.

Tornado Stripes seit 2000

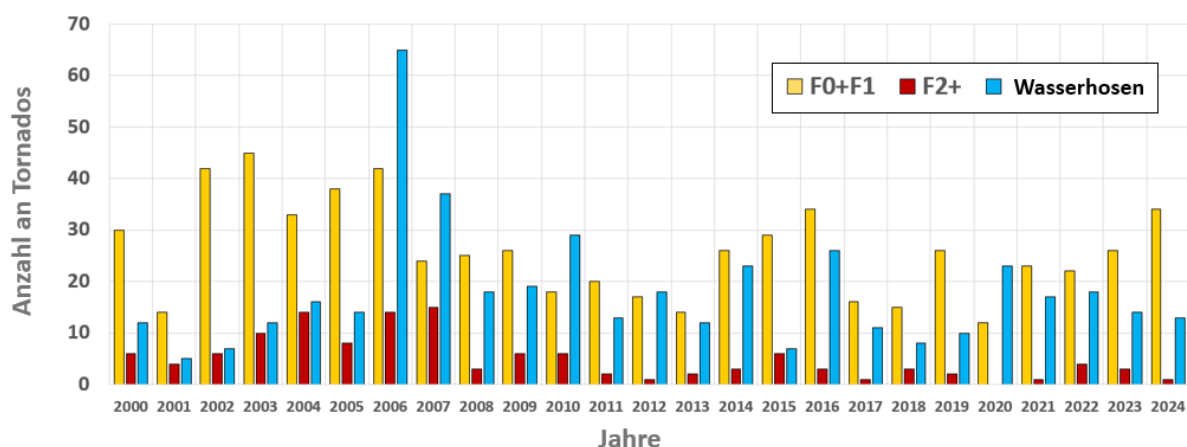
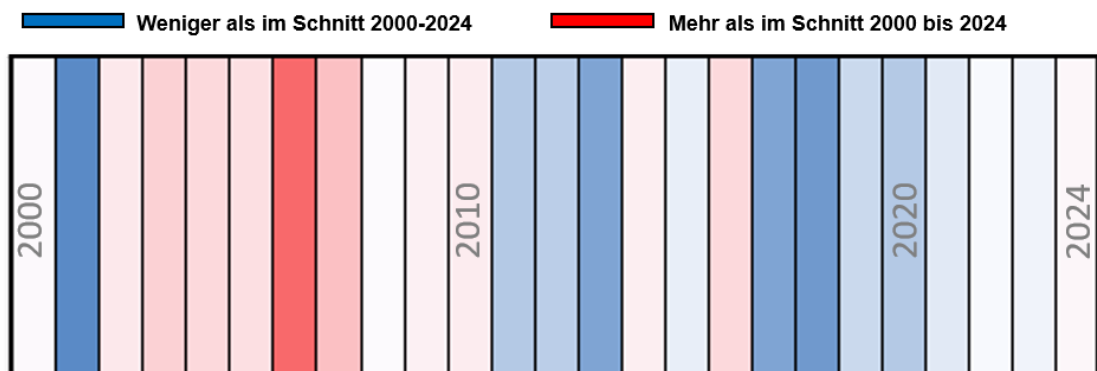


Abbildung 18: Häufigkeit Tornados in Deutschland seit 2000

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 2024 jährlich etwa 49 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 festgestellt werden, dass der Erwartungswert der Tornadozahl pro Jahr zwischen 29 und 69 Tornados liegt (Abbildung 18). Davon werden etwa 1 bis 9 Tornados im jährlichen Mittel als stark eingestuft, sie haben also eine Stärke von IF2 (etwa 220 km/h) oder stärker. Zur Stärkenklassifikation siehe: https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2024/4/11.html. Ein Tornado der Stärke F3 kommt etwa alle zwei Jahre vor (der letzte am 13.3.2019 in Roetgen (NRW)). Für einen Tornado der Stärke F4 müsste im Schnitt 21 Jahre gewartet werden. Allerdings sind diese Jährlichkeiten aufgrund der geringen Grundgesamtheit statistisch nicht sehr belastbar. Hinzu kommen im Schnitt elf IF1/IF1.5 (ab etwa 150 km/h) und knapp sieben IF0/IF0.5 (ab etwa 90 km/h) Tornados. Der größte Anteil dieser Fälle ist in der ESWD allerdings unvollständig dokumentiert, vor allem weil sie keine Bilder zur genauen Beurteilung aufweisen. 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 (blau) zeigt sich, dass überall in Deutschland Tornados verschiedener Intensität auftreten können.

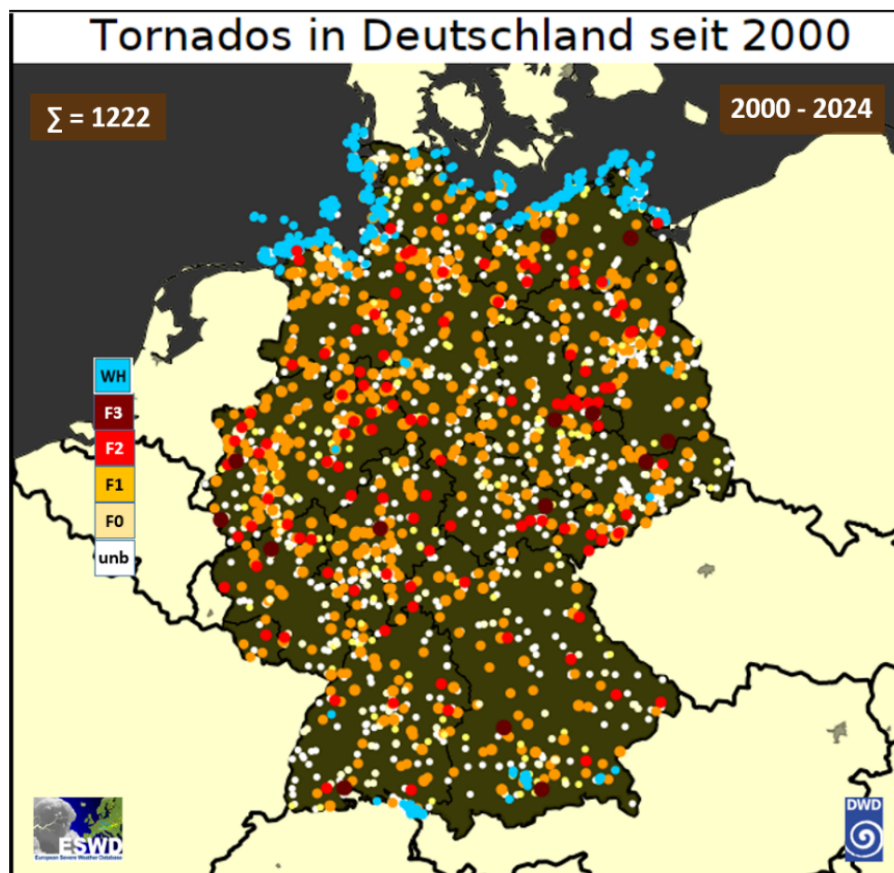


Abbildung 19: Aufgetretene Tornados in Deutschland im Zeitraum 2000-2024, basierend auf der ESWD Datenbank.

Gibt es eine Zunahme der Tornadofälle in Deutschland?

Abbildung 17 zeigt zusätzlich die hohe Variabilität im Tornado-Aufkomme mit 41 Tornados in 2021, 42 Tornados in 2022 und 43 Tornados in 2023 und 48 im jüngsten Auswertungsjahr 2024. Die aktuelle Datengrundlage liefert keine Hinweise auf eine mögliche Änderung oder sogar Zunahme von Tornados in Deutschland infolge des Klimawandels, 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. Beide Faktoren haben bis jetzt zum langfristigen Anstieg der globalen Meeresspiegel seit 1900 in etwa gleich viel beigetragen. Allerdings beschleunigte sich in den letzten 20 Jahren das Schmelzen von Gletschern und Eisschilden und führte so zu einem stärkeren Anstieg der Meeresspiegel. Diese Entwicklung ist weltweit zu beobachten, allerdings mit regionalen Unterschieden. Unterschiedlich starker Anstieg der Wassertemperaturen, aber auch Veränderungen des Salzgehalts sowie Landhebungen bzw. Senkungen können sich auf den regionalen und lokalen Meeresspiegel auswirken.

Exemplarisch für die Deutsche Bucht ist die langzeitliche Entwicklung in Abbildung 20 links oben für Cuxhaven seit dem Jahr 1900 gezeigt.

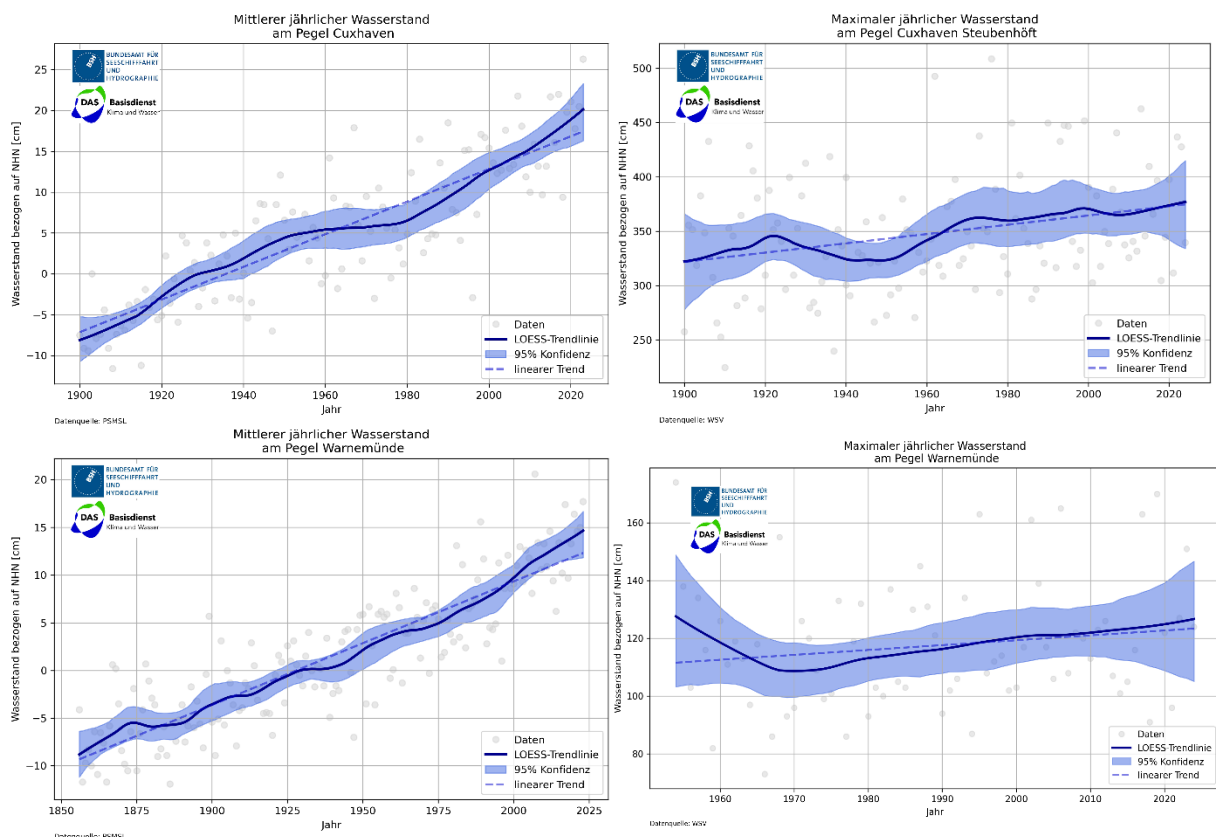


Abbildung 20: Zeitliche Entwicklung des Wasserstandes an der Station Cuxhaven (oben) sowie Warnemünde (unten). Dargestellt ist jeweils der mittlere jährliche Wasserstand (links) sowie der maximal jährliche Wasserstand (rechts). Quelle Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

Deutlich wird, dass es zwar eine ausgeprägte Variabilität von Jahr zu Jahr gibt, die langzeitliche Entwicklung aber klar vom Meeresspiegelanstieg dominiert wird, so dass der relative Meeresspiegel in Cuxhaven seit Anfang des 20. Jahrhunderts bereits um mehr als 25 Zentimeter gestiegen ist. Davon wird etwa 0,1 cm pro Jahr durch ein lokales Absinken der deutschen Nordseeküste als Nachwirkung der letzten Eiszeit bewirkt (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 mehr als 50 cm seit 1900 deutlich höher ausfällt als derjenige der mittleren Wasserstände. Ursachen könnten neben lokalen Auswirkungen verschiedener Küstenschutzmaßnahmen auch eine durch den Meeresspiegelanstieg bedingte Verschiebung der amphidromischen Punkte in der Nordsee sein. Das sind jene geographischen Punkte, um welche die Gezeitenwelle quasi zirkuliert, dort ergo kein Tidenhub stattfindet. Der Abstand zum amphidromischen Punkt ist dabei relevant für die Amplitude der Gezeitenwelle.

Zum Vergleich zeigt die Abbildung 20 links unten die Verhältnisse am Pegel Warnemünde in der südwestlichen Ostsee. Hier stieg der relative mittlere Meeresspiegel seit 1855 nur um gut 20 bis 25 cm an. Dieser im Vergleich zur Nordseestation Cuxhaven sehr viel geringere Anstieg lässt sich zum großen Teil mit der in diesem Bereich fehlenden Landsenkung begründen (Jensen et al., 2022). Abbildung 20 rechts unten zeigt analog die Jahresmaxima des Wasserstandes am Pegel Warnemünde, allerdings liegen die Daten für die Extrema erst ab 1954 vor. Auch hier zeigt sich wie in Cuxhaven, sowohl eine höhere Variabilität im Vergleich zu den mittleren Wasserständen als auch ein schnellerer Anstieg von ca. 12 cm in knapp 70 Jahren. In diesem konkreten Fall zeigt sich am Anfang der Zeitreihe vermeintlich ein sinkender maximaler Wasserstand bei Betrachtung der LOESS-Trendlinie für die langzeitliche Entwicklung. Hierbei handelt es sich aber um einen Artefakt aus der Berechnungsmethode: Die LOESS-Trendlinie der maximalen jährlichen Wasserstände wird am Anfang des betrachteten Zeitraums insbesondere durch das starke Sturmflutereignis im Jahre 1954 nach oben gezogen. Gerade am Anfang und Ende der betrachteten Zeitreihe ist die durch die LOESS-Trendlinie gekennzeichnete langzeitliche Entwicklung aber mit größerer Unsicherheit belegt (siehe breiter aufgefächerter schattierter Bereich).

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.

Zukünftig wird sich der globale Meeresspiegelanstieg und damit auch derjenige in Nord- und Ostsee weiter beschleunigen. Unter Annahme eines Hochemissionsszenarios 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).

12. MEERESERWÄRMUNG UND MARINE HITZEWELLEN

Die globale Erwärmung führt auch zu einer fortschreitenden Erwärmung der globalen Ozeane. (Meer-)Wasser hat eine hohe Wärmespeicherkapazität und der Großteil der Erderwärmung wird von den Weltmeeren aufgenommen (von Schuckmann et al., 2023). Diese Entwicklung lässt sich inzwischen auch deutlich in unseren heimischen Meeren, der Nordsee und der Ostsee, beobachten.

Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) analysiert wöchentlich die Oberflächentemperaturen der Nordsee und Ostsee, indem es Satellitendaten mit Messungen von Stationen und Schiffen kombiniert. Für die Nordsee geschieht dies seit 1969, für die Ostsee seit 1990. Die jährlich gemittelten Oberflächentemperaturen von Nord- und Ostsee und deren Entwicklung über die Zeit sind in Abbildung 21 dargestellt.

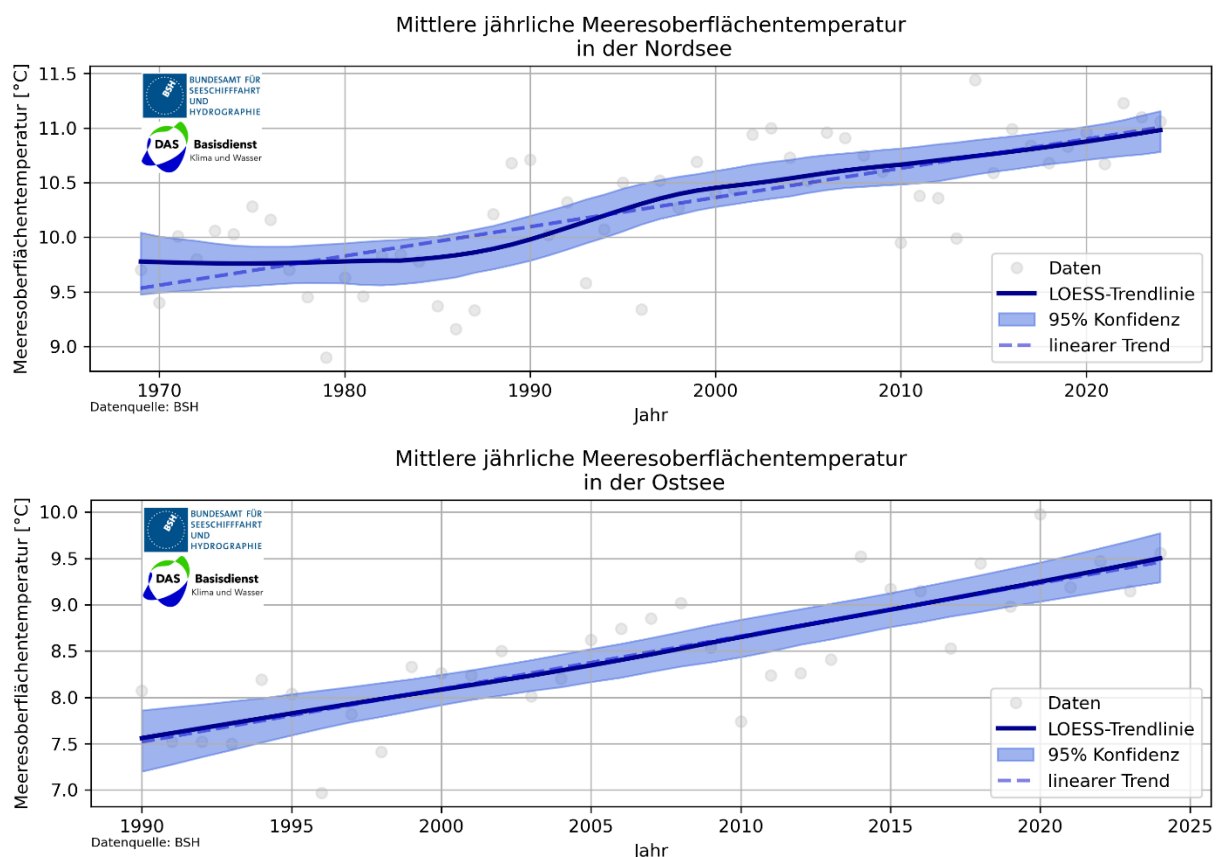


Abbildung 21: Mittlere jährliche Meeresoberflächentemperaturen von Nordsee (oben, seit 1969) und Ostsee (unten, seit 1990) basierend auf der wöchentlichen BSH SST Analyse.

Die vom BSH beobachtete Erwärmung beträgt für die Nordsee bereits 1,2°C seit 1969, für die Ostsee sind es gar 1,9°C seit 1990. Dass sich die Ostsee stärker erwärmt, liegt daran, dass sie Binnenmeer-Charakter hat und kaum Wasseraustausch mit der Nordsee bzw. dem Atlantik stattfinden kann. Die vertikale Salzgehaltsverteilung der Ostsee führt zu einer stabilen Schichtung des Wassers, insbesondere im Sommer, wodurch sich das oberflächennahe Wasser stärker und schneller erwärmen kann. Zusätzlich erwärmen sich Landmassen im Klimawandel schneller als die Ozeane, was wiederum einen Einfluss auf verhältnismäßig kleine Meere hat, die nahezu komplett von Land umgeben sind.

In beiden Meeren sind immer neue Rekordwerte zu verzeichnen: der Sommer 2025 war für die Nordsee insgesamt mit einer durchschnittlichen Oberflächentemperatur von 15,8 °C der wärmste seit Beginn der BSH-Auswertungen in 1969. Für große Bereiche der Nordsee wurden Meeresoberflächentemperaturen beobachtet, die 2 °C und mehr über dem Langzeitmittel von 1997 - 2021 lagen. Doch nicht nur die mittlere Temperatur steigt, auch extreme Ereignisse wie marine Hitzewellen nehmen zu. Als marine Hitzewellen bezeichnen wir Zeiträume von mindestens fünf Tagen, in denen die Temperaturen für die Jahreszeit ungewöhnlich hoch sind - höher als 90% der bisher beobachteten Messwerte an dem Ort in der jeweiligen Jahreszeit. Seit März 2024 lag die gemessene Temperatur an der BSH-Messstation „Leuchtturm Kiel“ in der südwestlichen Ostsee fast durchgängig über dem vieljährigen Mittelwert. Insgesamt acht marine Hitzewellen traten in diesem Zeitraum auf und im Frühjahr 2025 wurde dort mit 55 Tagen die bisher längste marine Hitzewelle seit Beginn der Datenreihe 1989 beobachtet (Abbildung 22a).

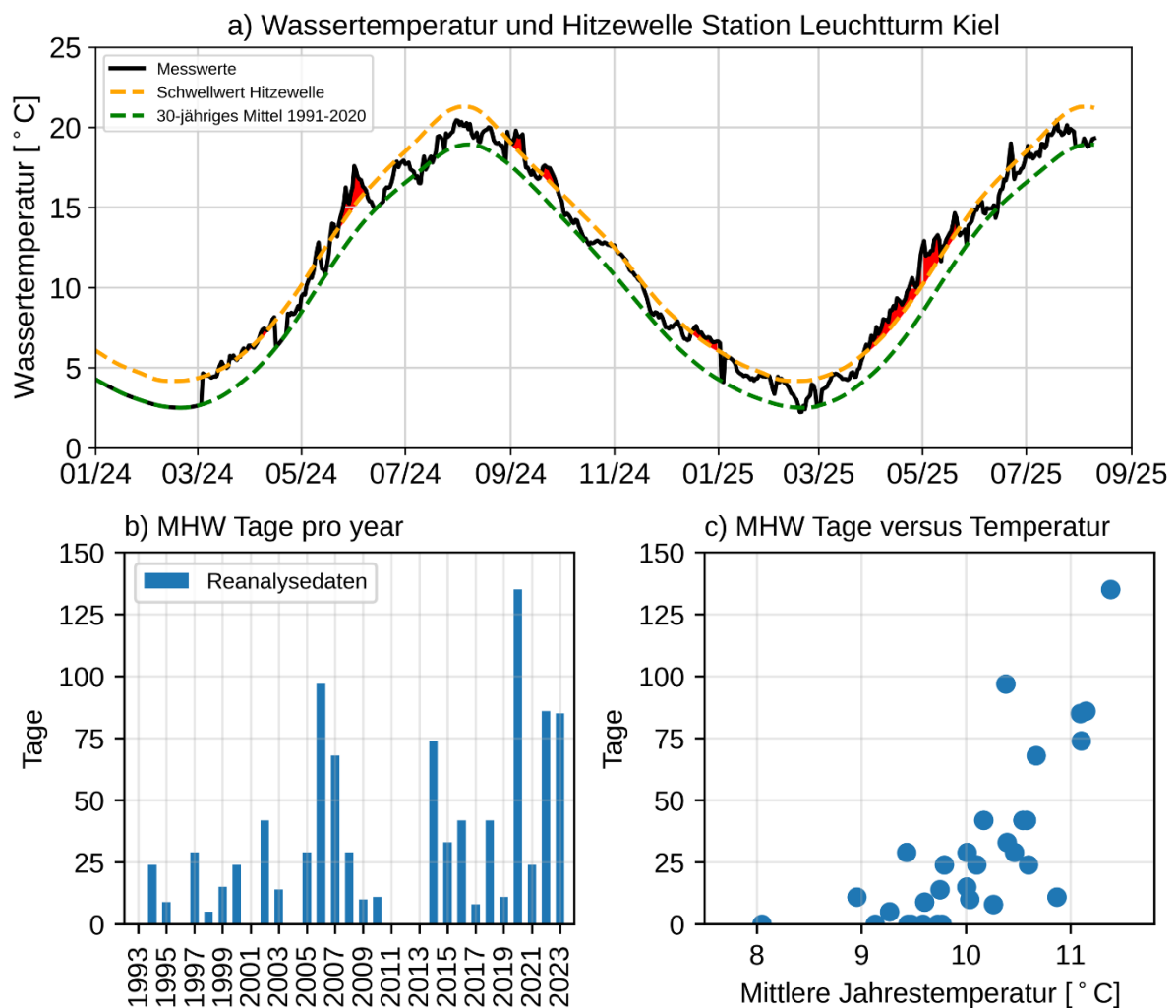


Abbildung 22: a) Gemessene Wassertemperatur auf 0,5 m Tiefe an der Station Leuchtturm Kiel (schwarze Linie), 30-jähriger Mittelwert (grün gestrichelt) und Schwellwert 90. Perzentil (orange gestrichelt) für marine Hitzewelle (rot schattiert);
b) marine Hitzewelle Tage an dieser Station pro Jahr im Zeitraum 1993 bis 2023 berechnet aus dem Copernicus Reanalyse Produkt „Baltic Sea Physics Reanalysis“;
c) mittlere Jahrestemperatur gegen Hitzewelle auftragen, ebenfalls aus der Reanalyse berechnet.

Diese Art von Extremereignissen sind für vielerlei Meereslebewesen eine enorme Belastung. Marine Hitzewellen können sowohl an der Meeresoberfläche als auch in tieferen Schichten auftreten. In unseren Breitengraden werden solche marinen Hitzewellen zumeist von bestimmten Wettersystemen verursacht, im Sommer oft durch besonders stabile Hochdruckgebiete mit hoher Sonneneinstrahlung und wenig Wind, im Winter eher durch langanhaltende Winde aus westlichen Richtungen, die warme atlantische Luft herantransportieren. Basierend auf vieljährigen Daten an der Station „Leuchtturm Kiel“ können wir feststellen, dass marine Hitzewellen zunehmend häufiger auftreten und auch länger andauern. Sowohl die Anzahl der Hitzewellen-Ereignisse als auch der Hitzewellen-Tage pro Jahr weisen einen signifikanten positiven Trend auf (Abbildung 22b). Die Hitzewelle-Tage pro Jahr sind positiv korreliert mit der mittleren Jahrestemperatur (Abbildung 22c).

Für die zukünftige Entwicklung der Meerestemperatur von Nord- und Ostsee ist bisher keine Trendumkehr in Sicht. Das BSH hat in Kooperation mit dem Dänischen Meteorologischen Institut (DMI) fünf verschiedene Ozean-Klimasimulationen erstellt, die dem Klimaszenario RCP8.5, einem „Hochemissionsszenario“, folgen. Projiziert wird eine weitere signifikante Erwärmung unserer Meere. Für die nahe Zukunft, 2031 bis 2060, erwarten wir entsprechend dieser Klimasimulationen eine Änderung der Oberflächentemperatur der gesamten Nordsee von im Mittel $+1,5^{\circ}\text{C}$ im Vergleich zum Zeitraum 1971 bis 2000; für die Ostsee sind es $+1,7^{\circ}\text{C}$. Für die ferne Zukunft, 2071 bis 2100, sind $+2,8^{\circ}\text{C}$ für die Nordsee und $+3,0^{\circ}\text{C}$ für die Ostsee zu erwarten.

Als Teil des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ betreibt das BSH die Applikation *DAS-Klimadaten Küste* (<https://das.bsh.de>), welche interaktive Darstellungen für verschiedene ozeanographische Variablen im fortschreitenden Klimawandel enthält, darunter auch den in Nord- und Ostsee zukünftig zu erwartenden Meeresspiegelanstieg für verschiedene Klimaänderungsszenarien. Außerdem werden dort Links zum Download der zugrundeliegenden Daten bereitgestellt.

IMPRESSUM

Autoren

F. Imbery (DWD), K. Friedrich (DWD), D. Niermann (DWD), A. Becker (DWD), F. Kaspar (DWD), F. Böttcher (EWK), M. Beyer (DWD), T. Leppelt (DWD), R. Posada (DWD), K. Lengfeld (DWD), F. Bär (DWD), T. Möller (DWD), S. Buchholz (DWD), J. Möller (BSH), T. Kruschke (BSH), C. Hinrichs (BSH), F. Janssen (BSH).

Redaktion

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

Gestaltung und Satz

U. Klasen (DWD)

Abbildungsnachweis

DWD (wenn nicht anders gekennzeichnet);

Abbildungen 20-22: © Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Kontakt

Email: klimaanalyse@dwd.de

Zitiervorschlag

Deutscher Wetterdienst / Extremwetterkongress (2025): *Was wir über das Extremwetter in Deutschland wissen*. Offenbach am Main, Deutschland

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter der [Creative Commons-Lizenz CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)::



Sie dürfen das Werk bzw. 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. Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

LITERATUR

- Bär, F., Kaspar, F. (2025): Meteorologischer Jahresrückblick energierelevanter Wetterelemente für das Jahr 2024. Deutscher Wetterdienst / BMDV-Expertennetzwerk.
https://www.dwd.de/DE/leistungen/energiewetter_rueckblick/publikationen/bericht_jahresrueckblick-2024.html
- Deutscher Wetterdienst (2022): Nationaler Klimareport; 6. überarbeitete Auflage, Deutscher Wetterdienst, Deutschland, 53 Seiten.
https://www.dwd.de/DE/leistungen/nationalerklimareport/download_report.pdf
- Deutscher Wetterdienst (2025a): Klimatologischer Rückblick auf 2024: Das bisher wärmste Jahre in Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, 222 Seiten,
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20250116_klimarueckblick-2024.pdf
- Deutscher Wetterdienst (2025b): Faktenpapier zur Klima Pressekonferenz „Intensivierung der Folgen des Klimawandels in Deutschland erfordert erweiterte Kommunikation“ auf
https://www.dwd.de/DE/leistungen/faktenpapier_extremwetter/faktenpapiere.html
- Deutscher Wetterdienst (2025c): Klimatologische Einordnung der Trockenphase 1. Februar 2025 – 31. Mai 2025 in Deutschland.
- Deutscher Wetterdienst (2024): 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-messbegin.pdf
- ESWD, 2025: Suchbefehl ausgeführt am 8. September 2025:
<https://eswd.eu/en?filter=%7B%22startCoordinates%22%3A%7B%7D%2C%22endCoordinates%22%3A%7B%7D%2C%22time%22%3A%7B%22startDateTime%22%3A%220689-01-01T07%3A49%3A00Z%22%2C%22endDateTime%22%3A%220689-12-31T07%3A49%3A00Z%22%7D%2C%22qualityLevels%22%3A%5B%5D%2C%22eventTypes%22%3A%5B%22TORNADO%22%5D%2C%22countries%22%3A%5B%5D%2C%22advancedFilters%22%3A%5B%5D%2C%22includeDeleted%22%3Afalse%7D>
- 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, <https://doi.org/10.1017/9781009157896.011>.
- Groenemeijer, P., and T. Kühne, 2014: A climatology of tornadoes in Europe: Results from the European Severe Weather Database. Mon. Wea. Rev., 142, 4775–4790,
<https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00107.1>
- 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 Rütth, 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.
https://www.researchgate.net/publication/261411299_Analyse_von_hochaufgelosten_Tidewasserstanden_und_Ermittlung_des_MSL_an_der_deutschen_Nordseekueste_AMSeL

- Jensen, J., Fröhle, P., Dangendorf, S., Kelln, J., Patzke, J. (2022): AMSeL_Ostsee: Analyse von hochauflösenden Wasserstandsverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste. In: Die Küste 91. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 175-179. <https://doi.org/10.18171/1.091106>
- 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 (2024a): 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. <http://doi.org/10.25592/uhhfdm.16346>
- Kaspar, F., Bär, F., Drücke, J., James, P., Ostermüller, J., Zepperitz, M. (2024b): Klimatologische Einordnung der „Dunkelflaute“ im November 2024. Deutscher Wetterdienst
- Kaspar, F., Deutschländer, T., Junghänel, T., Lengfeld, K., Ostermüller, J., Palarz, A., Rauthe, M., Rustemeier, E., Walawender, E., Winterrath, T., Ziese, M. (2025): Niederschlagstrends und Entwicklung der Starkniederschläge in Deutschland (Stand 2025). Bericht des Deutschen Wetterdienstes
- Lengfeld, K., Walawender, E., Winterrath, T., Weigl, E., Becker, A. (2024): "Starkregenereignisse Version 2024.01 mit Überschreitung der DWD-Warnstufe 3 für Unwetter basierend auf RADKLIM-RW Version 2017.002 Parameter und Polygone der Starkregenereignisse in Deutschland, Version v2024.01." Deutscher Wetterdienst, 2024, https://doi.org/10.5676/DWD/CatRaRE_W3_Eta_v2024.01
- 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>
- Rauthe, M., Brömser, A., Ziese, M., Knerr, I., Friedrich, K., Deutschländer, T., Kaspar, F. (2025): Klimatologische Einordnung der Trockenphase 1. Februar 2025 – 31. Mai 2025 in Deutschland. Deutscher Wetterdienst
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100428>
- von Schuckmann, K., Minière, A., Gues, F., Cuesta-Valero, F. J., Kirchengast, G., Adusumilli, S., Straneo, F., Ablain, M., Allan, R. P., Barker, P. M., Beltrami, H., Blazquez, A., Boyer, T., Cheng, L., Church, J., Desbruyeres, D., Dolman, H., Domingues, C. M., García-García, A., Giglio, D., Gilson, J. E., Gorfer, M., Haimberger, L., Hakuba, M. Z., Hendricks, S., Hosoda, S., Johnson, G. C., Killick, R., King, B., Kolodziejczyk, N., Korosov, A., Krinner, G., Kuusela, M., Landerer, F. W., Langer, M., Lavergne, T., Lawrence, I., Li, Y., Lyman, J., Marti, F., Marzeion, B., Mayer, M., MacDougall, A. H., McDougall, T., Monselesan, D. P., Nitzbon, J., Otosaka, I., Peng, J., Purkey, S., Roemmich, D., Sato, K., Sato, K., Savita, A., Schweiger, A., Shepherd, A., Seneviratne, S. I., Simons, L., Slater, D. A., Slater, T., Steiner, A. K., Suga, T., Szekely, T., Thiery, W., Timmermans, M.-L., Vanderkelen, I., Wjffels, S. E., Wu, T., and Zemp, M., 2023: Heat stored in the Earth system 1960–2020: Where does the energy go?, *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 1675–1709, <https://doi.org/10.5194/essd-15-1675-2023>
- 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>