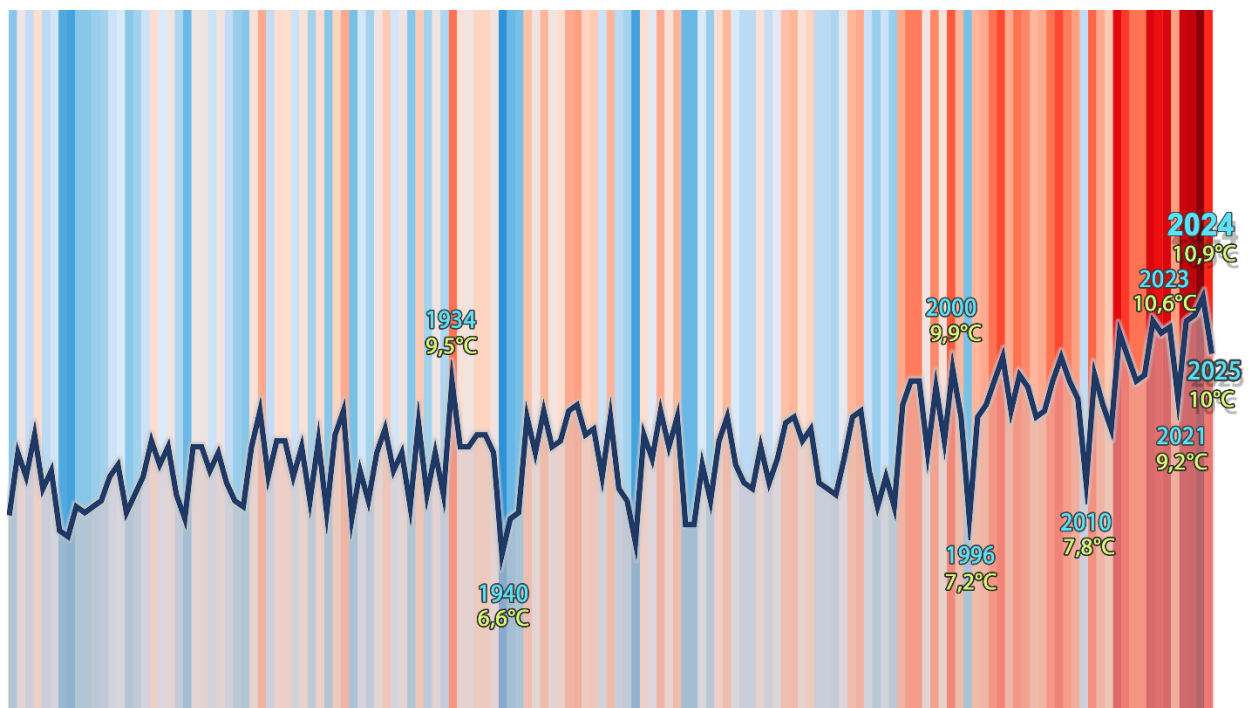


WAS WIR ÜBER DAS EXTREMWETTER IN DEUTSCHLAND WISSEN

STAND DER WISSENSCHAFT ZU EXTREMWETTEREREIGNISSEN
IM KLIMAWANDEL IN DEUTSCHLAND, AUSGABE 2026



herausgegeben von:

Deutscher Wetterdienst und Extremwetterkongress Hamburg



Dieser Bericht wurde viele Jahre von Dr. Florian Imbery (*5.4.1966 – † 22.12.2025) aufgebaut und aktualisiert. Er ist im Kreise der Autorinnen und Autoren unvergessen und bleibt für immer Teil des Teams.

Kerninfos zum Extremwetter in Deutschland in fünf Sätzen

1. DIE GLOBALE ERWÄRMUNG ERHÖHT GENERELL DIE WAHRSCHEINLICHKEIT FÜR DAS AUFTRETEN BESTIMMTER EXTREME UND IHRER FOLGEN.
2. DIE ZUNAHME VON HITZEWELLEN IST ZWEIFELSFREI EINE FOLGE DER GLOBALEN ERWÄRMUNG.
3. DIE HÄUFIGKEIT VON TROCKENPHASEN IST GESTIEGEN.
4. WASSERTEMPERATUREN DES RHEINS STEIGEN TROTZ REDUZierter WÄRMEEINLEITUNGEN UND SIND ZUNEHMEND AUSSERGEWÖHNLICH HOCH IM ZUSAMMENHANG MIT INTENSIVEN SOMMERLICHEN HITZEWELLEN.
5. IN DEN LETZTEN JAHREN HÄUFEN SICH AUSGEPRÄGTE NIEDRIG-WASSER-PHASEN AN DEN FLÜSSEN, DIE NUR MIT KLIMAWANDEL-BEDINGTEN ÄNDERUNGEN IM HYDROLOGISCHEN SYSTEM ERKLÄRT WERDEN KÖNNEN.
6. DIE AGRARISCHEN UND HYDROLOGISCHEN DÜRREN DER LETZTEN JAHRE ERZEUGEN ANPASSUNGSDRÜCKE FÜR WIRTSCHAFT UND HABITATE.
7. DIE ERNEUERBARE WASSERRESSOURCE DEUTSCHLANDS IST RÜCKLÄUFIG.
8. KEINE EINDEUTIGE VERÄNDERUNG DER WINDGESCHWINDIGKEIT.
9. MIT JEDEM WEITEREN JAHR VERBESSERT SICH DIE DATENGRUNDLAGE ZUR BEWERTUNG DER MIT STARKREGEN VERBUNDENEN SCHADENSRISEN.
10. DER MEERESSPIEGEL STEIGT ZUNEHMEND SCHNELLER - UND DAMIT AUCH DAS AUSGANGSNIVEAU BEI STURMFLUTEN.
11. DURCH ERWÄRMUNG UND HITZEWELLEN IN NORD- UND OSTSEE STEIGT DIE BELASTUNG FÜR DAS MARINE ÖKOSYSTEM.
12. TROTZ EISWINTER 2025/2026 - DER LANGFRISTIGE TREND ZU IMMER WENIGER EIS AUF OST- UND NORDSEE IST UNGEBROCHEN.

Inhaltsverzeichnis

1.	DEUTSCHLAND ERWÄRMT SICH MIT INZWISCHEN 2.5 °C ETWA DOPPELT SO SCHNELL WIE DER WELTWEITE DURCHSCHNITT	4
2.	BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN	5
3.	MARKANTE ZUNAHME VON HITZEEREIGNISSEN	5
4.	ZUSÄTZLICHE HITZEBELASTUNGEN IN STÄDTEN	9
5.	WASSTERTEMPERATUREN DES RHEINS STEIGEN TROTZ REDUZIERTER WÄRMEEINLEITUNGEN	10
6.	HOHE VARIABILITÄT BEIM NIEDERSCHLAG	12
7.	2026 EIN HEISSER UND REGIONAL EXTREM TROCKENER SOMMER	15
8.	LÄNGERE TROCKENPERIODEN	16
9.	AUSGEPRÄGTE NIEDRIGWASSERSITUATIONEN, VERÄNDERTE ENTSTEHUNGSPROZESSE	18
10.	NIEDRIGWASSERBEDINGTE AUSWIRKUNGEN AUF DIE TRANSPORTMENGEN DER BINNENSCHIFFFAHRT	21
11.	WASSERRESSOURCEN DEUTSCHLANDS RÜCKLÄUFIG	23
12.	ABNEHMENDE SCHNEEBEDECKUNG MIT WEITERHIN MÖGLICHEN EXTREMEN	25
13.	DIE WALDBRANDGEFAHR NIMMT ZU	26
14.	DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG BEI WIND UND STURM	27
15.	ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS	29
16.	MEERESERWÄRMUNG UND MARINE HITZEWELLEN	31
17.	GEFAHR HÖHERER STURMFLUTEN STEIGT	35
18.	HÖHERE WASSERSTÄNDE BEI STURMFLUTEN AUCH IM INLAND	37
19.	DER EISWINTER 2025/26 AN DER DEUTSCHEN KÜSTE	38

Zusammenfassung

Das Klimasystem schließt zahlreiche Teilsphären ein. Neben der Atmosphäre spielt die Hydrosphäre eine entscheidende Rolle. Entsprechend soll mit dieser Ausgabe erstmals der Blick auf die Extreme in diesem Bereich ausgeweitet werden. Änderungen und Extreme im Bereich der Meere und Gewässer gehen häufig mit den bisher schon diskutierten hydroklimatologischen Änderungen und Extremen einher, zeigen jedoch eigene Dynamiken und Folgewirkungen. Der holistische Blick auf die Wetterextreme und ihre Folgen im Zuge des beobachteten Klimawandels wird durch etablierte Kooperationsstrukturen ermöglicht, die gemeinsame und allgemein zugängliche Informationsplattformen hervorbringen. Hierzu gehört zum Beispiel der DAS-Basisdienst, der seit 2020 wichtige Daten für Klimamonitoring- und Klimarisikoanalysen in Deutschland bereitstellt¹. In 2026 neu eingeführt wurde das Niedrigwasserinformationssystem NIWIS, das eine kurzfristige Einordnung und Analyse von Wasserständen von Grund- und Oberflächenwasserkörpern in Deutschland ermöglicht².

Die globale Erwärmung erhöht generell die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten bestimmter Extreme und ihrer Folgen. Nachdem die Jahre 2022–2024 dreimal in Folge die jeweils wärmsten Jahre seit Beginn der systematischen Messungen der Lufttemperatur in Deutschland waren, landete das Jahr 2025 nur auf Platz 8 dieser Rangliste (Tabelle 1). Auch waren seit den 1970er-Jahren alle Dekaden deutlich wärmer als die vorherigen, wobei die jüngste Dekade bis Ende 2025 bereits 2,4 Grad Celsius (°C) über dem vieljährigen Mittel 1881–1910 liegt. Entsprechend gehörte das Jahr 2025 global zu den bisher drei wärmsten Jahren seit Beginn moderner Wetteraufzeichnung (1850) mit außergewöhnlich hohen Oberflächentemperaturen der Ozeane, ein Zustand, der sich auch in 2026 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 maritimen Verhältnisse zurückzuführen waren. Das selbe gilt auch für die Trockenheit von Februar bis Juni 2025 und vom März bis Juli 2026, denn die Niederschlagsmuster mit nassen und trockenen Perioden werden grundsätzlich intensiver. Aufgrund der sogar noch stärkeren Ausprägung der maritimen Hitzewellen mit enormen positiven Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen in der Nordsee (s. a. Kapitel 16), im Ostatlantik mit Golf von Biscaya und insbesondere des westlichen Mittelmeers haben sich auch die Muster der Frühjahrstrockenheit und intensiver Niederschläge in den Wintermonaten mit einer leichten Verschiebung nach Westen im Jahr 2026 wiederholt. Die hohen maritimen Temperaturen waren gleichzeitig Wegbereiter der extremen ersten Hitzewelle des Jahres 2026 Ende Juni, die erstmals auch bei der bodennahen Flächenmitteltemperatur mit Frankreich und Spanien mithalten konnte.

Dementsprechend sieht das Autorenteam infolge der globalen Erwärmung starke Veränderungen bei extremen Wetterereignissen und ihren Folgen für Wasser-, Land- und Forstwirtschaft durch Niedrigwasser, Wassermangel, regionalen Ertragsausfällen und Waldbränden. Dabei kommt es sowohl zu regionalen Verlagerungen, in deren Folge extreme Wetterereignisse in

¹ Der DAS-Basisdienst ist ein zentraler Service im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel und bündelt meteorologische, hydrologische und ozeanographische Daten und Informationen zur Klimaanpassung. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr wird der Dienst durch die Behörden Deutscher Wetterdienst (DWD), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) bereitgestellt: <https://www.das-basisdienst.de/>.

² NIWIS wurde in Zusammenarbeit mit den Bundes- und Landesämtern in der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelt und wird bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) betrieben. NIWIS ist Teil der Nationalen Wasserstrategie des Bundesministeriums für Umwelt, Klima-schutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN). <https://niwis-online.de/>

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, beispielsweise strenge Fröste.

Auch hydrologische Prozesse und Phänomene ändern sich: Im Jahr 2026 wurden an vielen Fließgewässern die niedrigsten Pegelstände seit Beginn der Aufzeichnungen erreicht. Die Entstehungsprozesse von Niedrigwasser ändern sich gemäß den Erwartungen in einem wärmeren Klima: Schneerücklagen nehmen ab, Verdunstungsraten nehmen zu und Niederschlagsmuster verändern sich. Die Wasserressource, die Deutschland jährlich zur Verfügung steht, ist rückläufig. Im Vergleich der Perioden 1961–1990 (im Mittel 188 Mrd. m³) und 1991–2020 (im Mittel 176 Mrd. m³) reduzierte sie sich um 12 Mrd. m³. Elf der letzten 15 Jahre unterschritten den Mittelwert der Periode 1991–2020 teilweise deutlich, wobei das Jahr 2025 mit unter 100 Mrd. m³ besonders niedrig ist. Der Mittelwert der Periode 1996–2025 liegt bereits um ca. 5 Mrd. m³ niedriger als der der Periode 1991–2020.

Zudem steigen auch die Wassertemperaturen von Fließgewässern. Trotz eines Rückgangs der Wärmeeinleitungen (z. B. aus thermischen Kraftwerken) waren in den letzten beiden Dekaden bei weitem überwiegend positive Temperaturanomalien zu verzeichnen. An der Station Koblenz wurde im Sommer 2026 der bisher höchste Tagesmittelwert von 29,0 °C erreicht. Hohe Wassertemperaturen können negative Effekte auf die aquatischen Ökosysteme und Wassernutzungen haben.

Die Aufzeichnung von Schiffspassagen und die Modellierung der per Binnenschiff transportierten Gütermengen zeigen am für die Binnenschifffahrt bedeutenden Mittelrhein in den Niedrigwasserphasen der vergangenen Jahre eine Abnahme der Schiffspassagen von bis zu 35% und der Gütermengen von bis zu 75% im Vergleich zum ersten Quartal 2020. Dass die Schiffspassagen bei Niedrigwasser nicht im gleichen Maß abnehmen wie die Gütertransportmengen, zeigt den sehr niedrigen Auslastungsgrad der einzelnen Binnenschiffe und unterstreicht die erhebliche Wirkung von Niedrigwasserphasen auf die Wirtschaftlichkeit des Güterschiffsverkehrs in diesem Rheinabschnitt.

Das Autorenteam bewertet die beobachtete Entwicklung im Bereich der Temperaturen übereinstimmend als eindeutig und wissenschaftlich abgesichert sowie in den Folgen als sehr gravierend. Im Bereich der Niederschlagsmengen und der Winde sind die Aussagen differenzierter und weniger eindeutig. Gleiches gilt für gewässerbezogene Kennwerte aufgrund der Vielzahl überlagerter Prozesse. In Folge der rasch fortschreitenden Erwärmung des Klimasystems gibt es inzwischen eine deutliche Zunahme extrem hoher Lufttemperaturen in Deutschland. Diese Hitzewellen treten als langanhaltende Phasen mit Tageshöchsttemperaturen von 30 °C und seit diesem Sommer auch 35 °C und darüber als ein im Ausmaß neues Phänomen (Deutscher Wetterdienst, 2022, 2026c) auf. Auch im Bereich der Fließgewässer wurden 2026 neue Extreme beobachtet (niedrige Pegelstände, hohe Wassertemperaturen).

Es ist davon auszugehen, dass sich die globale Erwärmung mit den hier beschriebenen Auswirkungen in den kommenden Dekaden fortsetzen und verschärfen wird. Dieses bewirkt eine zunehmende Neigung zu Tagen mit hohen Lufttemperaturen bei gleichzeitiger Abnahme der Neigung zu Tagen mit niedrigen Lufttemperaturen. Neue Temperaturrekorde werden wahrscheinlicher und haben sich insbesondere in 2026 manifestiert wo an mehr als 95% aller DWD Stationen im Laufe der drei Sommermonate neue Tages- oder Monatsallzeithöchstwerte aufgetreten sind. 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).

Der Klimawandel macht auch vor unseren Meeren nicht Halt und zeigt sich besonders deutlich im Zusammenhang mit den Wassertemperaturen, der Eisbedeckung und dem bereits beobachteten und zunehmend schneller fortschreitenden Meeresspiegelanstieg. Im Jahresdurchschnitt war 2025 ein extremes Jahr für die Meeresoberflächentemperaturen von Nord- und Ostsee. Für die Nordsee stellte es mit 11,6 °C einen neuen Temperaturrekord auf, für die Ostsee war es mit 9,7 °C das zweitwärmste Jahr seit Beginn der Datenerhebungen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Auch im marinen Bereich verstecken sich hinter derartigen statistischen Mitteltemperaturen signifikante Änderungen der Häufigkeit und Intensität von Extremen, z. B. den sog. marinen Hitzewellen. Bemerkenswerte Beispiele sind hier eine marine Hitzewelle mit einer Rekordlänge von 55 Tagen im Frühjahr 2025 an der Station Leuchtturm Kiel in der südwestlichen Ostsee oder auch die akkumuliert bereits jetzt beobachteten 66 Tage mariner Hitzewellen im Jahr 2026 an der Station Helgoland-RM in der deutschen Nordsee. Dies sind nur Beispiele für die systematischen Änderungen, die in unseren Meeren zu beobachten sind – die Nordsee hat sich im Jahresmittel seit 1969 um 1,4 °C erwärmt, die Ostsee im kürzeren Zeitraum seit 1990 bereits um 2 °C – und die enorme Belastung für die marinen Ökosysteme darstellen. Passend zu diesen Temperaturentwicklungen geht auch die Eisbedeckung im Winter für Nord- und Ostsee immer weiter zurück. Der Winter 2025/2026 war aufgrund einer sehr außergewöhnlichen Witterung mit wochenlangen Winden aus östlichen Richtungen über Norddeutschland zwar der stärkste Eiswinter seit 15 Jahren, was aber auch nur eine „mäßige“ Eisbedeckung von Nord- und Ostsee bedeutete. Als Resultat der Schmelze des landgebundenen Eises, insbesondere der großen Eisschilde in Grönland und der Antarktis, und direkt als Folge der thermischen Ausdehnung des immer wärmer werdenden Ozeanwassers steigt der Meeresspiegel global an. Dieser Anstieg ist auch an den Pegeln der deutschen Küste messbar. Relativ zur Landoberfläche liegt hier der Meeresspiegel von Nord- und Ostsee heute bereits mehr als 20 cm höher als noch im Jahr 1900. Und dieser Anstieg als Folge der menschlich verursachten Klimaerwärmung findet zunehmend schneller statt. Damit steigt auch das Ausgangsniveau für Sturmfluten, so dass diese Extremereignisse auch mit höheren maximalen Wasserständen verbunden sind und damit die Gefahr von Überflutungen und Schäden zunehmend wächst. Diese Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs werden nicht nur direkt an der Küste, sondern auch entlang der tidebeeinflussten Flussmündungsgebiete bis ins Inland spürbar sein. In der Elbe und der Weser erhöhen sich die extremen Wasserstände bei Sturmflut durch den Anstieg des Meeresspiegels bis nach Hamburg und Bremen.

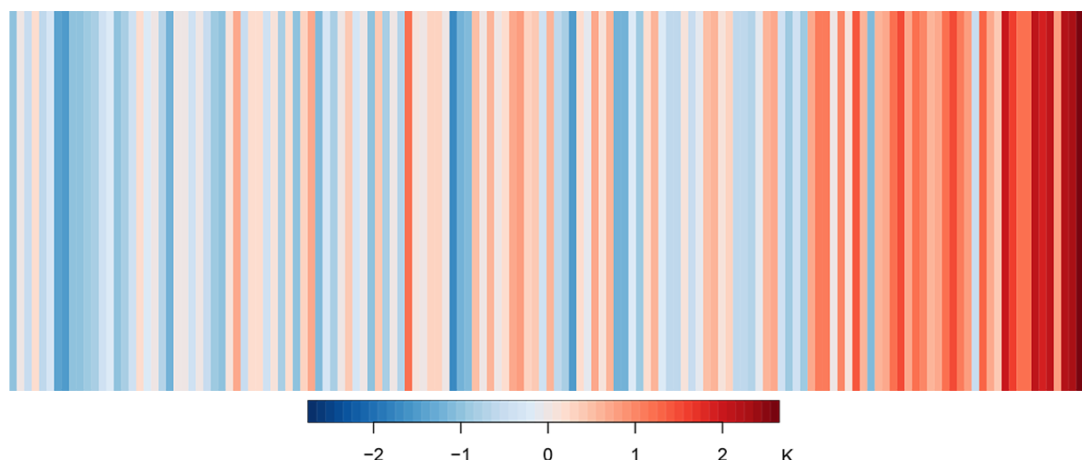


Abbildung 1: Erwärmung in Deutschland dargestellt als „Warming Stripes“ für den Zeitraum 1881 - 2025.
Quelle: Deutscher Wetterdienst (basierend auf jährlichen Gebietsmittelwerten der Temperatur).
Darstellungsidee von Ed Hawkins <https://showyourstripes.info/>

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 DWD ist die Temperatur in Deutschland seitdem um 2,5 °C gestiegen (LOESS-Trend des Gebietsmittels). Die Temperaturen in Deutschland sind damit doppelt so schnell gestiegen wie 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 dem 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).

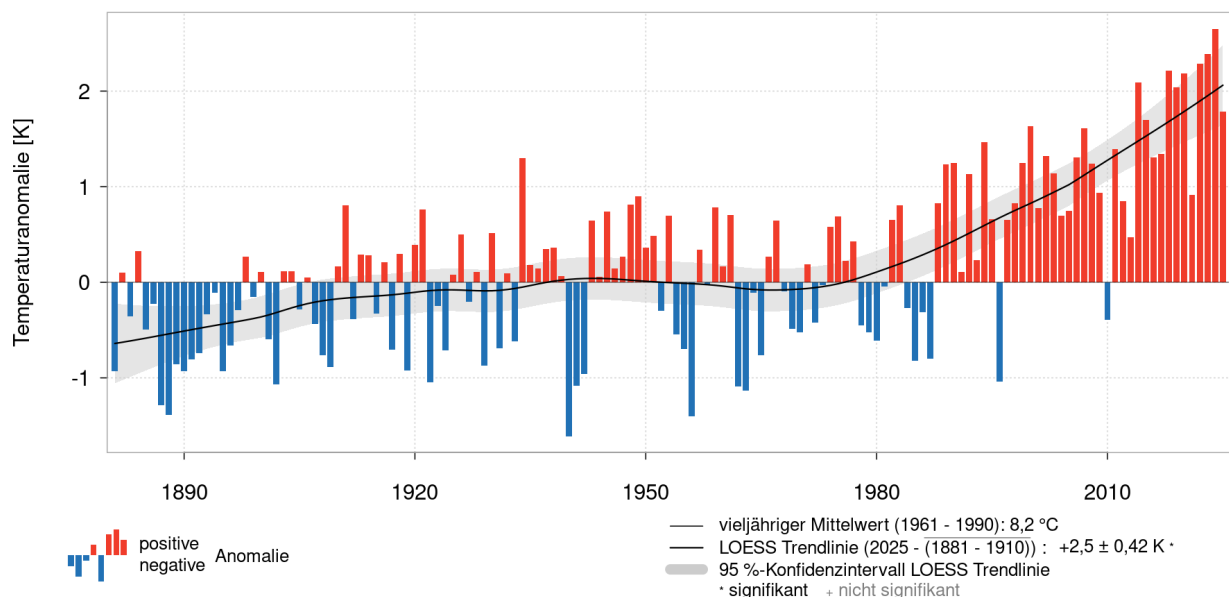


Abbildung 2: Abweichung der Jahresmitteltemperaturen Deutschlands vom frühindustriellen Referenzzeitraum 1881–1910
Quelle: Deutscher Wetterdienst <https://dwd.de/zeitreihen>

Im Gesamtzeitraum 1881–2025 wurde es jedes Jahrzehnt 0,13 °C wärmer, für die jüngsten rund 50 Jahre (1971–2025) 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 (2016–2025) bereits 2,4 °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 2025 und dem Temperaturmittel dieser Periode und beträgt bereits 2,5 °C (K) (Abbildung 2). Im globalen Mittel beträgt der Anstieg $1,43 \pm 0,13 \text{ °C}$ (WMO, 2026). Mit genau 10,0 °C lag 2025 das Jahresmittel für Deutschland 2,2 °C über dem frühindustriellen Niveau (Tabelle 1).

Bei weiter ansteigenden Treibhausgaskonzentrationen wird für den Zeitraum 2031–2060 im Deutschlandmittel eine weitere Erwärmung um 1,2–2,5 °C im Vergleich zu 1961–1990 erwartet, bis zum Ende des Jahrhunderts um 2,4–4,9 °C.

2. BEISPIELLOSE HÄUFUNG AN WÄRMEREKORDJAHREN

Tabelle 1 zeigt, dass in den letzten 20 Jahren bereits elf 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
2025	+2,2 °C
2000	+2,1 °C
2007	+2,1 °C
2015	+2,1 °C

Tabelle 1: Die bisher elf wärmsten Jahre in Deutschland mit mehr als 2,0 °C Erwärmung seit früh-industrieller Zeit (Deutschlandmittel 1881–1910 = 7,8 °C). Es zeigt sich eine beispiellose Häufung 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, links), bei den selteneren Heißen Tagen (Temperaturmaximum mindestens 30 °C) von etwa vier Tagen pro Jahr auf derzeit durchschnittlich zwölf Tage pro Jahr sogar verdreifacht (Abbildung 3, rechts). 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 5). 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 4). Bei weiter ansteigenden Treibhausgaskonzentrationen wird für den Zeitraum 2031–2060 im Deutschlandmittel eine Zunahme um zwei bis 15 Heiße Tage im Vergleich zu

1961–1990 erwartet. In den jetzt schon wärmeren Regionen wird der Anstieg stärker sein, zum Beispiel im Oberrheinischen Tiefland um fünf bis 24 Tage.

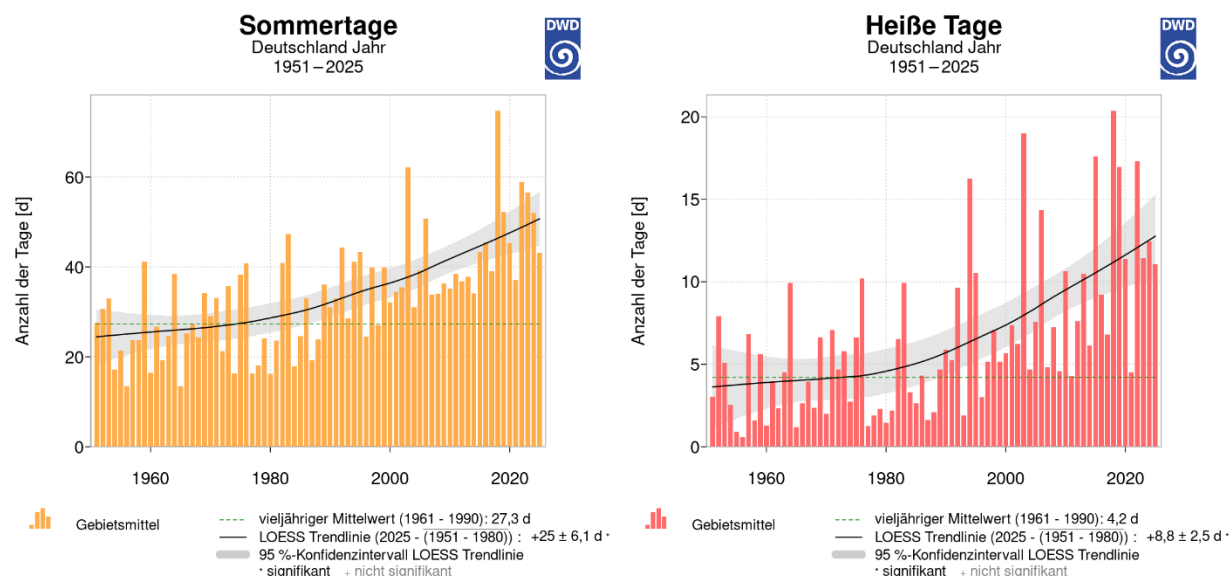


Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl von Sommertagen (links) in Deutschland mit Höchstwerten $\geq 25\text{ °C}$ und Heißen Tagen (rechts) mit Tageshöchstwerten $\geq 30\text{ °C}$ seit 1951
Quelle: Deutscher Wetterdienst Tabelle 1

Der höchste jahreszeitliche Temperaturanstieg wird allerdings im Winter beobachtet. Dieser beträgt nach der LOESS-Methode $3 \pm 1,18\text{ °C (K)}$. Zu Beginn des Jahres 2026 endete eine seit Oktober 2022 über 39 Monate andauernde Folge von Monaten, die wärmer als die jeweils vieljährigen Monatsmittel 1961–1990 waren.

Im aktuellen Jahr 2026 begann die erste Hitzewelle erneut schon Mitte Juni. Ende Juni erreichte sie ihren Höhepunkt und führte zu Temperaturen von bis zu $41,8\text{ °C}$ in Möckern-Drewitz am Samstag den 27.06. und damit zu einem neuen Allzeithöchstwert für Deutschland. An diesem Tag wurden Temperaturmaxima $\geq 40\text{ °C}$, also ein Extrem Heißer Tag, sowohl im Rhein-Main-Gebiet als auch und in den östlichen Bundesländern verbreitet beobachtet. Über das Wochenende geschah dies an 54 Stationen und insgesamt wurde 75-mal der Schwellenwert ($T_{\max} \geq 40\text{ °C}$) erreicht bzw. überschritten (Deutscher Wetterdienst, 2026). Das ist weitaus mehr als im gesamten Zeitraum von 1983–2020 wo dies nur 40-mal geschah und davon alleine 26-mal bei der Hitzewelle 2019 als der vorherige Allzeithöchstwert aufgestellt wurde. Diese historische Hitzewelle zeichnete sich schließlich auch durch sehr hohe Mitteltemperaturen mit einem Flächenmittel von knapp 29 °C aus, das erstmals an das Niveau von Mittelmeerländern wie Spanien und Frankreich heranreichte.

Nach der sehr frühen fulminanten Hitzewelle ab Mitte Juni folgten besonders im Südwesten noch weitere im Juli und August, sodass der Sommer mit im Flächenmittel 22 Heißen Tagen in puncto Hitze seit 1881, dem Beginn der miteinander vergleichbaren Auswertungen, beispiellos war. An den Stationen Rheinfelden und Müllheim wurden durchgängig vom 13.06.–20.08. Sommertage registriert (69 Sommertage in Folge). Damit wurde der bisherige Rekord aus dem Sommer 2003 von 55 Sommertagen in Folge deutlich überboten (Kehl-Odelshofen, 06.07.–29.08.2003). Auch bei den Heißen Tagen wurden an den Stationen Rheinfelden, Wutöschingen-Offingen und Ohlsbach mit 20 Heißen Tagen in Folge neue Maximalwerte erreicht (28.07.–16.08.). Bei den Andauern von Tropennächten haben die Rekorde aus den Jahren 2006 und 2003 allerdings weiterhin Bestand.

Was wir über das Extremwetter in Deutschland wissen

Hitze ist somit für den deutschen Sommer schon im kollektiven Gedächtnis angekommen. Wie Abbildung 4 zeigt, ist die Verteilung der mittleren jährlichen Anzahl der Heißen Tage räumlich ausgeprägt mit besonderen Belastungen in den Naturräumen³ des Oberrheinischen Tieflandes und der Ostdeutschen Becken und Hügel wo auch im Sommer 2026 die meisten Extrem Heißen Tage festgestellt wurden.

Gesunde Menschen ohne Vorerkrankungen schaffen meist die hierzu erforderliche Anpassung noch, aber mit der Hitzewelle im Juni 2026 mit Schattentemperaturen von knapp 42 Grad, also am oberen Ende des Fieberthermometers, waren erstmals alle Menschen in ihrer Gesundheit gefährdet, wenn sie sich draußen oder in nicht gedämmten Dachwohnungen aufhalten mussten. Menschen hohen Alters oder mit Vorerkrankungen sind jedoch grundsätzlich durch diese Entwicklung zunehmend extremen gesundheitlichen Belastungen ausgesetzt. Aufgrund der mit ihr verbundenen Übersterblichkeit, verursacht Hitze die höchsten Todeszahlen aller Extremereignisse. Für den Sommer 2026 wird die Übersterblichkeit vom RKI mit mehr als 16.000 angegeben⁴, davon alleine 9600 während der ersten Hitzewelle in der 26. Kalenderwoche zwischen dem 22. und 28. Juni.

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

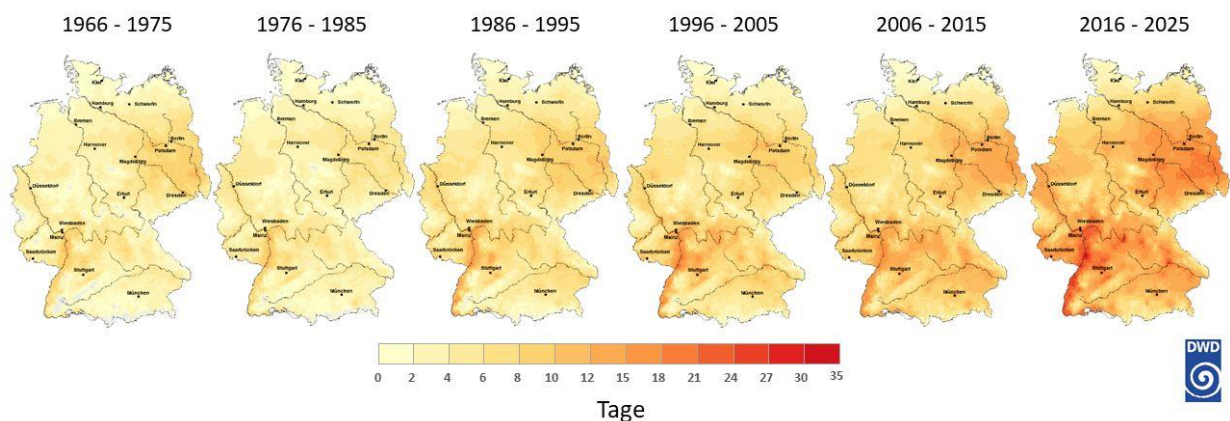


Abbildung 4: Entwicklung der Dekadenmittel der mittleren jährlichen Anzahl der Heißen Tage (mit Höchstwerten ≥ 30 °C) seit 1966
Quelle: Deutscher Wetterdienst

³ https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimaprojektionsdaten/bilder/naturraeume_gross.png

⁴ https://www.rki.de/DE/Themen/Gesundheit-und-Gesellschaft/Gesundheitliche-Einflussfaktoren-A-Z/H/Hitze/Bericht_Hitzemortalitaet.html ausgewertet am 03.09.2026

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

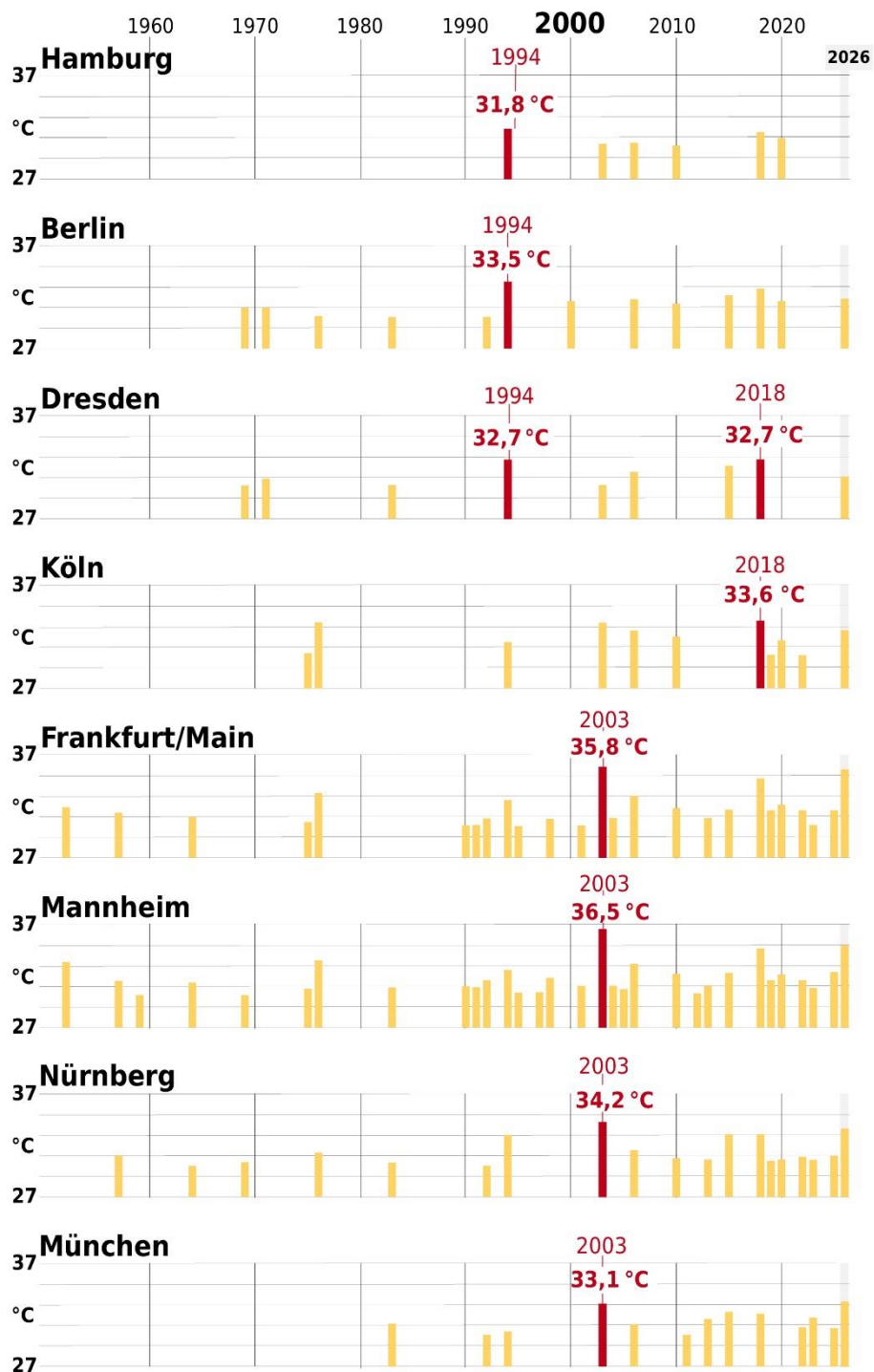


Abbildung 5: Markante Hitzewellen in Deutschland von 1950 bis 2026. Stand: 1. September 2026
Quelle: Deutscher Wetterdienst

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 Wärmeinselintensität erreicht daher meist in den Nachtstunden ihr Maximum. Tagsüber sind die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland geringer. Besonders stark ausgeprägt ist das Phänomen bei wolkenlosen und windschwachen Wetterlagen, wie sie während sommerlicher Hitzeperioden unter Hochdruckeinfluss auftreten.

Die Stadtklimastationen des DWD Bodenmessnetzes 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 6). Aktuelle Messwerte der Lufttemperatur, der städtischen Wärmeinsel und der thermischen Belastung sind unter www.dwd.de/waermeinsel abrufbar.

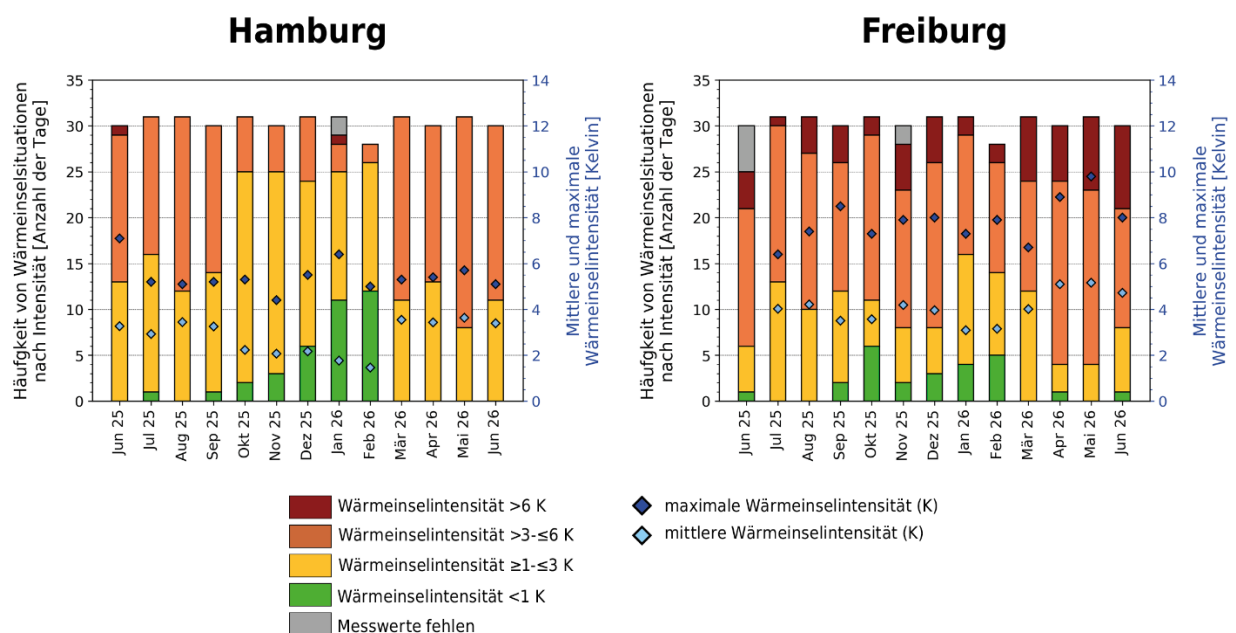


Abbildung 6: Wärmeintensität in Hamburg und Freiburg im Zeitraum Juni 2025 bis Juni 2026.
Quelle: Deutscher Wetterdienst <https://www.dwd.de/klimastatus>

5. WASSERTEMPERATUREN DES RHEINS STEIGEN TROTZ REDUZierter WÄRMEEINLEITUNGEN

Die Wassertemperatur großer Flüsse ist von verschiedenen meteorologischen Größen abhängig, insbesondere der Lufttemperatur und der Globalstrahlung. Bei zunehmender Lufttemperatur erhöht sich mit einem zeitlichen Versatz auch die Wassertemperatur. Allerdings wirken sich auch hydrologische Faktoren wie der Wasserstand und der Abfluss sowie anthropogene Faktoren wie Wärmeeinleitungen aus Kraftwerken und industriellen Anlagen auf die Wassertemperatur aus.

An der Gütemessstation der Bundesanstalt für Gewässerkunde am Rhein bei Koblenz wird die Wassertemperatur seit 1978 mindestens stündlich gemessen. Im Jahresmittel treten die besonders warmen Jahre 2003 und 2018 hervor (Abbildung 7). Im Rhein stiegen die Wärmeeinleitungen ab Ende der 1970er Jahre durch die Inbetriebnahme von Kernkraftwerken mit Flusswasserkühlung stark an. Der Höhepunkt dieser Wärmeeinleitungen lag zwischen den 1990er Jahren und 2010 und ging seit 2011 stark zurück (IKSR, 2024). Trotz dieses Rückgangs traten auch nach 2011 meist überdurchschnittlich hohe Jahresmittel der Wassertemperatur des Rheins auf.

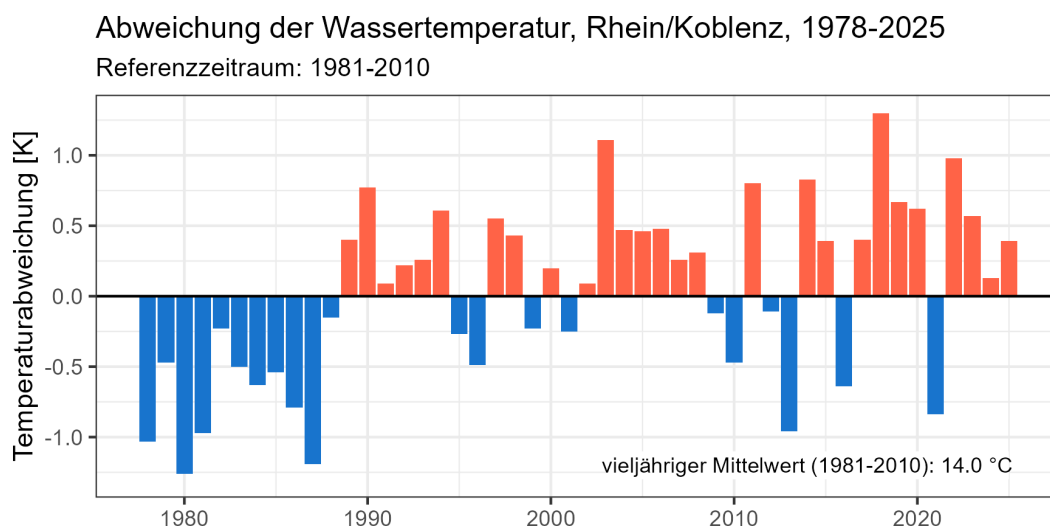


Abbildung 7: Abweichung der Jahresmitteltemperaturen des Rheins an der Station Koblenz vom Mittelwert des Referenzzeitraums 1981–2010.
Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Im Jahr 2026 stellten sich außergewöhnlich früh hohe Wassertemperaturen im Rhein ein. Am 28. Juni wurde an der Station Koblenz mit 29,0 °C der bisher höchste Tagesmittelwert der Wassertemperatur erreicht (Abbildung 8, A). Das vorherige maximale Tagesmittel aus dem Jahr 2006 lag mit 28,2 °C deutlich darunter. In Fließgewässern werden abhängig von den Fischregionen Schwellenwerte für die Wassertemperatur angenommen, bei deren Überschreitung negative Effekte auf das Ökosystem wahrscheinlich sind. Für große Flüsse wie den Rhein wird häufig die Überschreitung von 25 °C Wassertemperatur betrachtet. Die Anzahl der Tage mit Mittelwerten über 25 °C Wassertemperatur lag im Jahr 2026 mit 41 Tagen am höchsten, gefolgt vom Jahr 2003 mit 38 Tagen (Abbildung 8, B). Um das Vorkommen langanhaltender Wärmephasen im Gewässer zu quantifizieren, wurde der Indikator „HM21TW“ entwickelt (Schwandt et al., 2019). Er ist das Jahresmaximum des 21-tägigen gleitenden Mittels der Tagesmittelwerte. Hier ordnet sich das Jahr 2026 hinter den Jahren 2006, 2018 und 2003 ein (Abbildung 8, C).

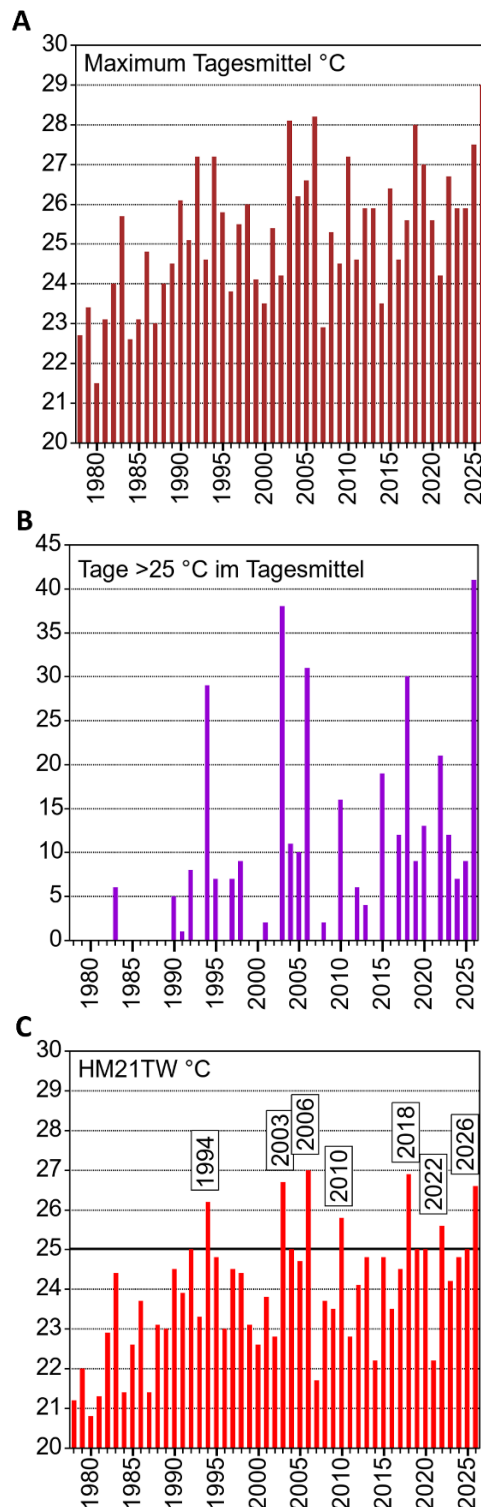


Abbildung 8: Kennwerte der Wassertemperatur, berechnet aus Tagesmittelwerten der Wassertemperatur.
A: maximales Tagesmittel eines Jahres,
B: Anzahl der Tage mit Tagesmittelwerten über 25 °C pro Jahr,
C: Maximum der über 21 Tage gemittelten Tagesmitteltemperatur.
Quelle: Hübner & Schwandt (in Vorber.): Einfluss des heißen Sommers 2026 auf die Wassertemperatur des Rheins bei Koblenz. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Projektbericht

6. HOHE VARIABILITÄT BEIM NIEDERSCHLAG

Nachdem der DWD 2024 auf besonders niederschlagsreiche Episoden hingewiesen hat, war die Zeit ab Februar 2025 bis auf wenige Monate sehr niederschlagsarm. Im Jahr 2025 ist insbesondere die Phase von Anfang Februar bis Ende Mai hervorzuheben, in der es deutschlandweit so niederschlagsarm wie noch nie in diesem Zeitraum seit Beginn der in 1881 beginnenden systematischen Wettermessungen war (Rauhe et al., 2025). Seit November 2025 (mit Ausnahme vom Februar 2026) fiel in Deutschland wieder nur sehr wenig Niederschlag. Im Juli 2026 waren dabei Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Nordrhein-Westfalen mit weniger als 25% des üblichen Monatsniederschlags besonders trocken. Von März bis Ende August 2026 ergab sich ein deutschlandweites Defizit von etwa 30%. Dabei war es südlich einer Linie von Koblenz bis ins bayerische Hof besonders trocken mit Defiziten von 50% und mehr (siehe Abbildung 9). Dies geht mit gravierenden Folgen für Wasser (Flüsse, Grundwasser), Natur, Landwirtschaft und Wirtschaft einher.

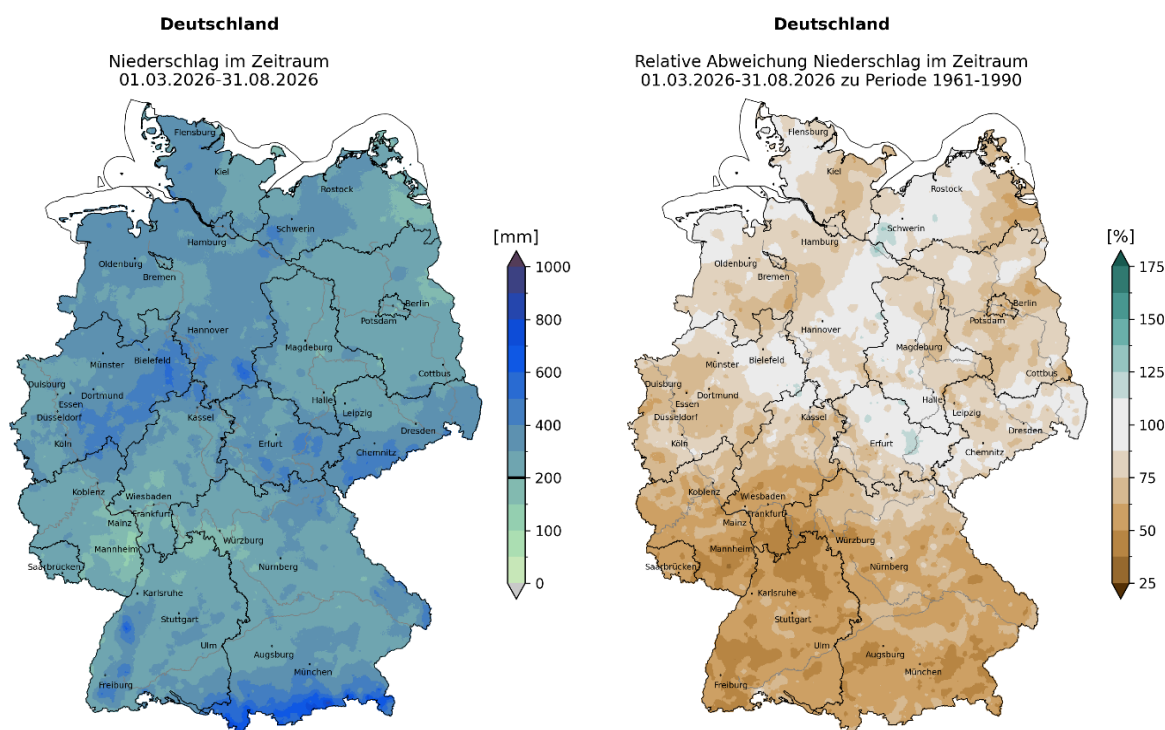


Abbildung 9: Niederschlagssumme im Zeitraum 01.03. bis 31.08.2026 (links und entsprechende relative Abweichungen vom vieljährigen Mittel der Referenzperiode 1991–2020 in % auf Basis von HYRAS-DE-PR (v6-1) (rechts).
Quelle: Deutscher Wetterdienst

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 1951–2025 die Anzahl von Tagen mit Niederschlagssummen ≥ 20 mm nur unwesentlich verändert (Abbildung 10). 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 11, oben). 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. So fiel das Jahr 2025 entgegen der vorbenannten Tendenz zur Zunahme durch die geringste Anzahl Starkregenereignisse und die kleinste durch diese Ereignisse betroffene Fläche seit 2012 auf (Abbildung 10, unten). Auswertungen des DWD unter anderem von Kaspar et al. (2025) zeigen, dass Trendaussagen zum Starkregen aktuell noch nicht belastbar genug sind. 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.

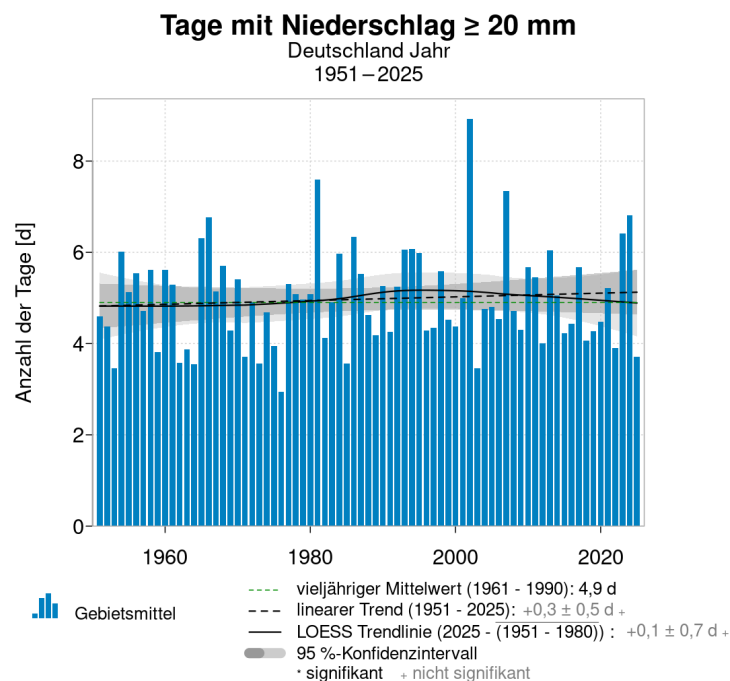


Abbildung 10: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 20 mm im Flächenmittel von Deutschland in den Jahren 1951–2025.

Quelle: Deutscher Wetterdienst: <https://dwd.de/zeitreihen>

Was wir über das Extremwetter in Deutschland wissen

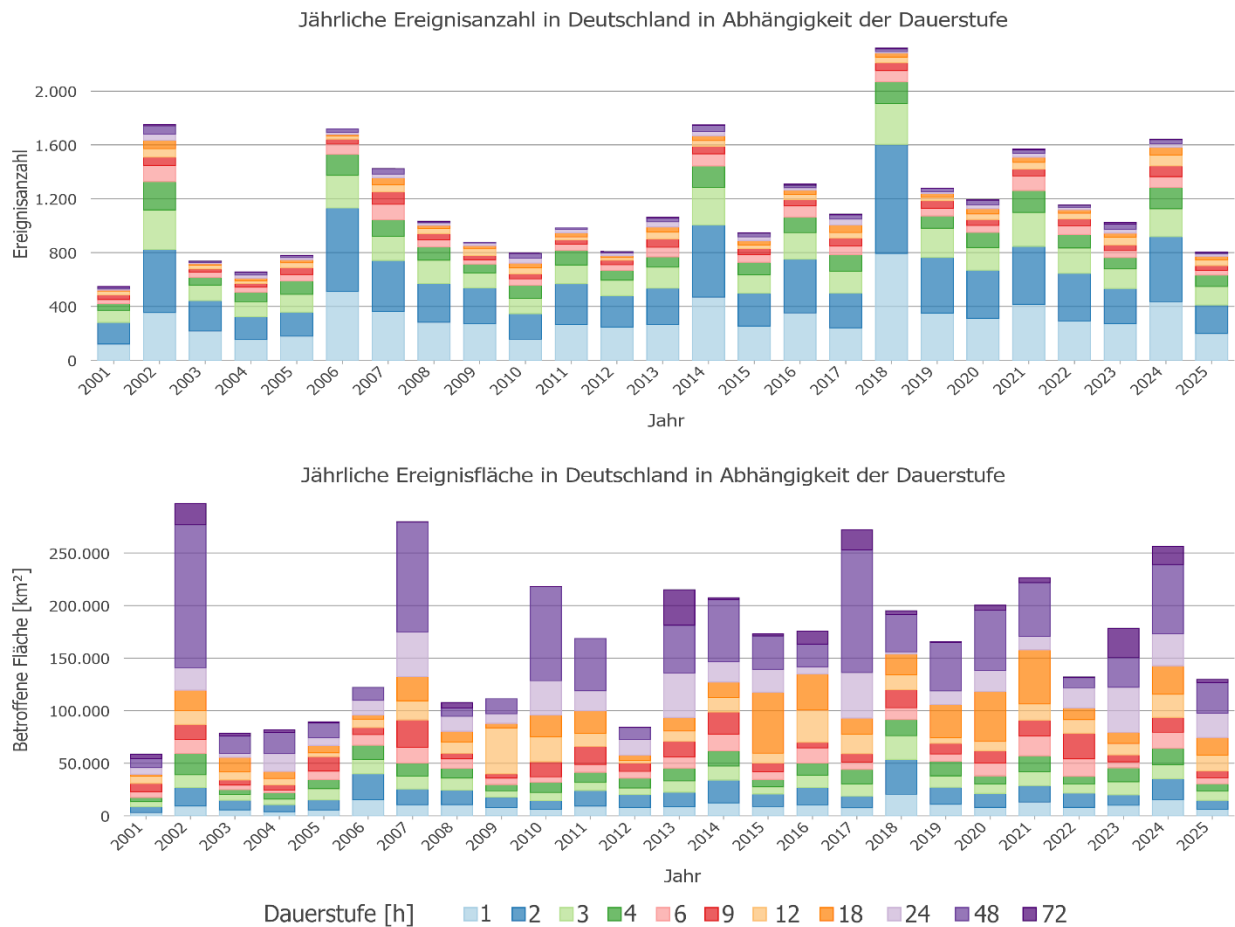


Abbildung 11: Anzahl mittels Radars erfasster Starkregenereignisse (oben) und von Ereignissen betroffene Fläche (unten) pro Jahr seit dem Jahr 2001 aus klimatologisch aufbereiteten Radardaten. Als Schwellenwert wurden die Warnkriterien Level 3 (Unwetter) für Stark- beziehungsweise Dauerregen des Deutschen Wetterdienstes genutzt.
Quelle: Lengfeld et al., 2024

7. 2026 EIN HEISSER UND REGIONAL EXTREM TROCKENER SOMMER

Nach dem „Jahrtausendsommer“ 2003 erlebten Deutschland und Mitteleuropa in den Jahren 2018, 2019, 2020, 2022 und nun auch 2026 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 2026 zeichnete sich in Deutschland und auch in weiten Teilen Europas durch mehrere Extremereignisse aus: Wiederholte Hitzewellen mit langen Andauern und hohen Intensitäten, anhaltende Trockenheit, hohe Meerestemperaturen. In Deutschland stiegen die Temperaturen vor allem während der intensiven Hitzewelle Ende Juni und in der ersten Augushälfte auf teilweise neue Niveaus (s. Kapitel 3). Im Thermopluviogramm in Abbildung 12 sind für den Sommerzeitraum Juni bis August die Anomalien der Gebietsmittel der Temperatur und des Niederschlags für Deutschland für die Jahre 1881–2026 dargestellt. Die Periode Juni bis August 2026 war nach 2003 die wärmste Periode jemals, jedoch war es im Deutschland-mittel geringfügig feuchter im Vergleich zu den extremen Jahren 2003, 2018, 2022.

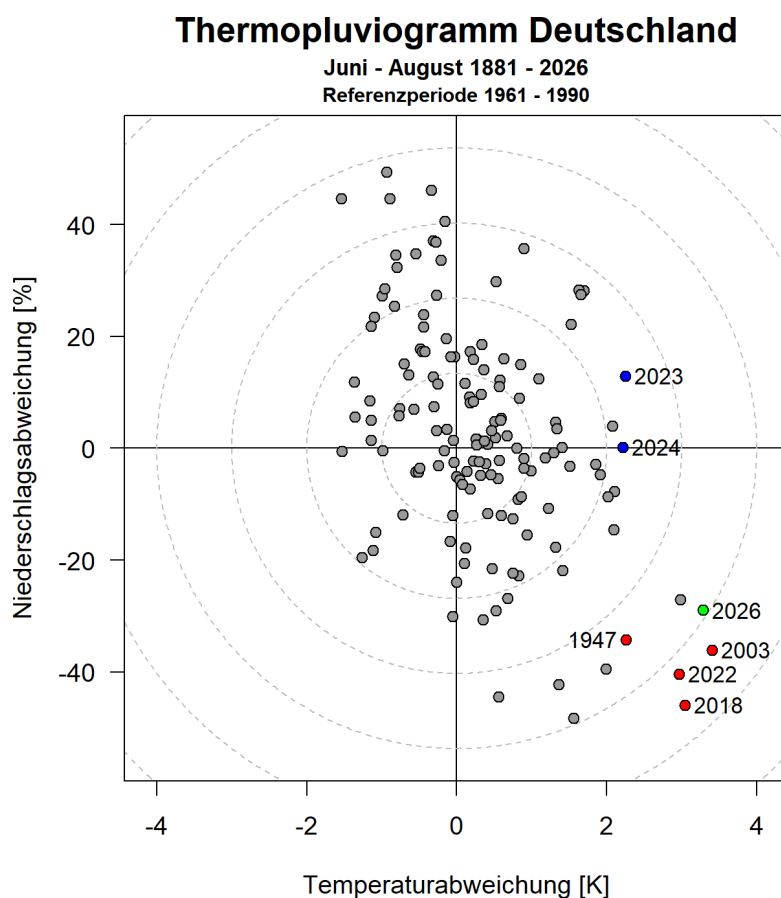


Abbildung 12: Thermopluviogramm der Temperatur- und Niederschlagsabweichung der Gebietsmittel für Deutschland für die Monate Juni bis August von den vieljährigen Mitteln 1961 - 1990.
Quelle: Deutscher Wetterdienst

8. 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. Dies hat in der Summe zur Konsequenz, dass die Böden im Frühjahr schneller und im Sommer stärker austrocknen. Dies 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 13 und des Sommers (Juni - August) in Abbildung 14 seit 1961 zur Referenzperiode 1961–1990, so ist die Zunahme der trockenen Jahre in beiden Jahreszeiten sehr markant.

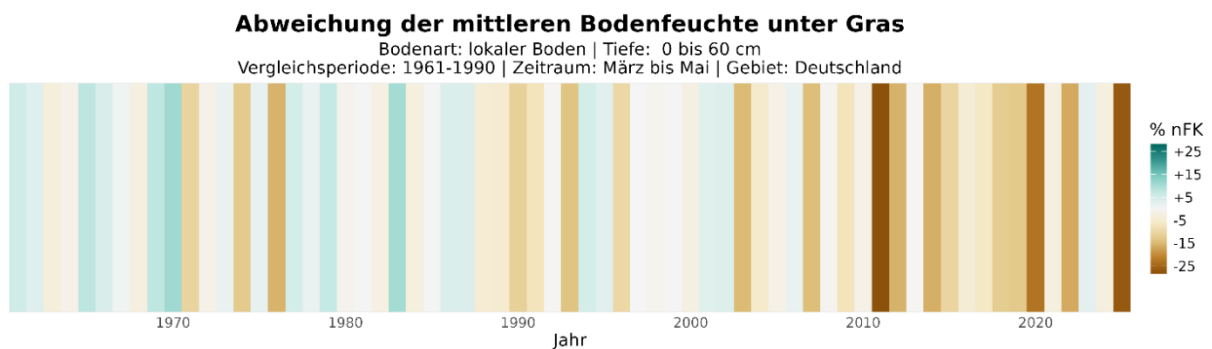


Abbildung 13: Abweichung der mittleren Bodenfeuchte unter Gras in Deutschland während der Frühjahre (März bis Mai) der Jahre 1961–2025 im Vergleich zu der Referenzperiode 1961–1990
Quelle: Deutscher Wetterdienst

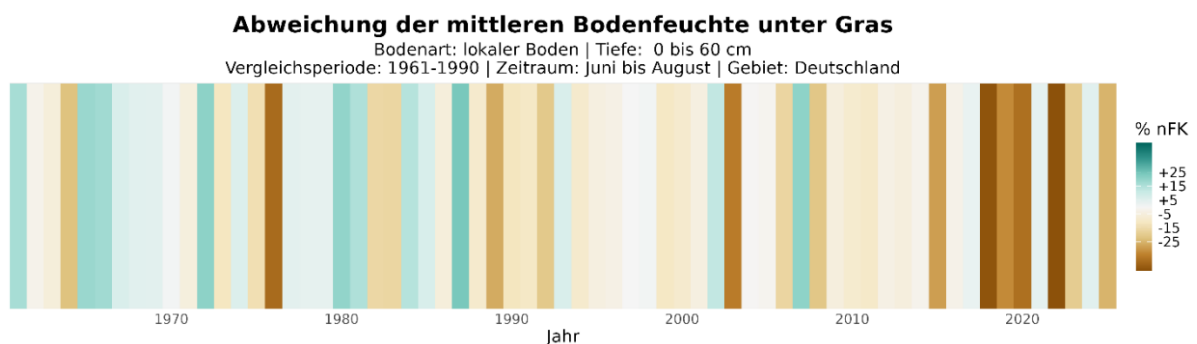


Abbildung 14: Abweichung der mittleren Bodenfeuchte unter Gras in Deutschland während der Frühjahre (März bis Mai) der Jahre 1961–2025 im Vergleich zu der Referenzperiode 1961–1990
Quelle: Deutscher Wetterdienst

Die zunehmende Frühjahrstrockenheit ist bereits bekannt und besonders nach 2010 sehr ausgeprägt (Abbildung 13), 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.

Was wir über das Extremwetter in Deutschland wissen

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.

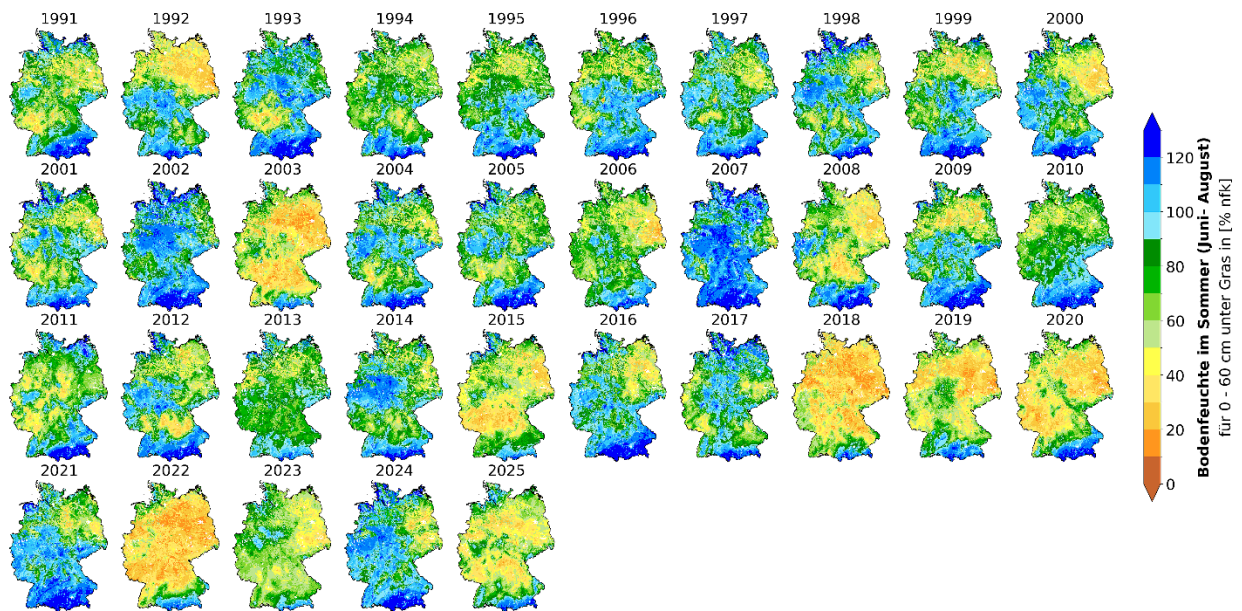


Abbildung 15: Karten der mittleren Bodenfeuchte unter Gras in der Bodentiefe 0-60 cm in den Sommermonaten für die Jahre 1991–2025, in Prozent nutzbare Feldkapazität (% nFK).

Quelle: Deutscher Wetterdienst <https://www.dwd.de/bodenfeuchteviewer>

9. AUSGEPRÄGTE NIEDRIGWASSERSITUATIONEN, VERÄNDERTE ENTSTEHUNGSPROZESSE

„Niedrigwasser“ ist ein alljährliches Phänomen: An irgendeinem Tag eines Jahres wird der niedrigste Pegelstand gemessen bzw. der niedrigste Abfluss beobachtet. Ökologie und Ökonomie sind an die alljährlichen Schwankungen und auch eine überjährige Variabilität ein Stück weit angepasst.

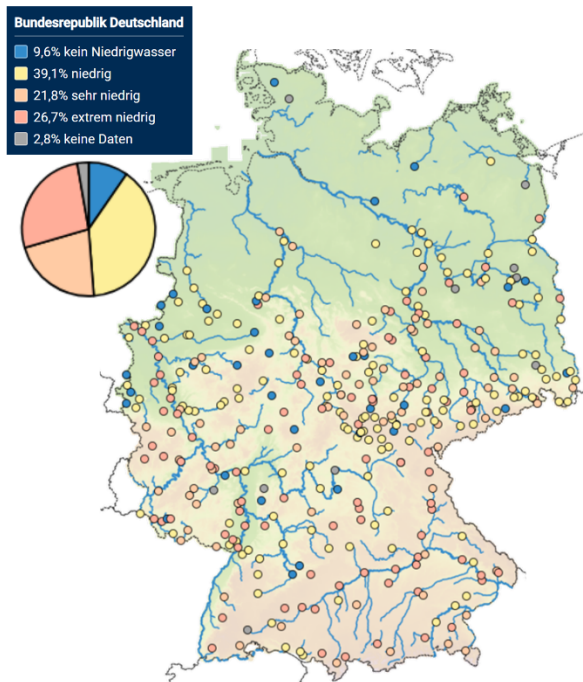
Das Auftreten, die Ausprägung und das Timing von Niedrigwasser sind das Ergebnis einer Überlagerung mehrerer Prozesse und Komponenten des Wasserhaushalts: Niederschlag, Verdunstung von Oberflächen oder Transpiration von Pflanzen und Rücklagen in Form von Schnee, Eis, Grund- und Bodenwasser oder Speicherung in Seen. Das System variiert je nach den regionalen und saisonalen Gegebenheiten wie Böden, Landnutzung, Topographie und dem geologischen Untergrund; manchmal modifiziert durch die Wasserbewirtschaftung, d. h. die Steuerung und Nutzung durch den Menschen. Und es ist abhängig von Niederschlag und verdunstungssteuernden Größen, allen voran der Lufttemperatur.

Aus diesem Prozess-Mix erschließt sich, dass Niedrigwasser nicht überall in derselben Jahreszeit auftreten: In Gebirgen, wo Wasser in Form von Eis und Schnee gespeichert wird, ist beispielsweise der Winter die übliche Niedrigwassersaison, während der Sommer unter anderem aufgrund von Schmelzvorgängen vergleichsweise abflussreich ist. In tieferen Mittelgebirgslagen, in denen es im Winter langanhaltend regnet, während im Sommer die Verdunstung an den Wasserressourcen zehrt und eher sporadisch Niederschläge fallen, sieht der übliche Jahresgang gerade umgekehrt aus. In einigen Flussabschnitten wie dem Rhein nördlich der Mainmündung überlagern sich die beiden Regime, was zu einem relativ ausgeglichenen Jahresgang führt; ideale Bedingungen für eine ganzjährig zuverlässige Schifffahrt.

Der Klimawandel modifiziert dieses Zusammenspiel bereits massiv. Mit steigenden Lufttemperaturen werden schneereiche Winter seltener. Die Schneerücklagen sind früher aufgebraucht, und Gletschermassen bereits so geschwunden, dass ihr stützender Beitrag in den Sommermonaten perspektivisch zurückgeht und schließlich fehlen wird. Höhere Temperaturen führen zudem zu höheren Verdunstungsverlusten in allen Jahreszeiten. Insbesondere in den – immer länger werdenden – „warmen“ Jahreszeiten gerät die Ressource Wasser aufgrund einer verlängerten Vegetationsperiode und vielfältiger neuer Nutzungsansprüche zunehmend unter Druck.

Der Sommer 2026 markiert einen weiteren Höhepunkt einer Sequenz von Niedrigwasserjahren, die 2011 begann. Abbildung 16 verdeutlicht dies anhand von zwei Karten des im Juli 2026 freigeschalteten Niedrigwasserinformationssystems NIWIS (<https://niwis-online.de/>). In der Phase um den dargestellten Tag (11.09.2026) zeigte NIWIS großflächig eine angespannte Situation. Die Abflüsse in Oberflächengewässern, aber auch die Grundwasserstände bewegten sich großflächig innerhalb eines extrem niedrigen Bereiches. In NIWIS ist dieser definiert als der Bereich unterhalb des 1. Perzentils aller Werte der Periode 1991–2020. Tatsächlich waren zu diesem Zeitpunkt an vielen Pegeln bereits die niedrigsten Werte seit Beginn der Aufzeichnungen erreicht.

Abfluss an Fließgewässern, am 11.9.2026



Grundwasserstand, am 11.9.2026

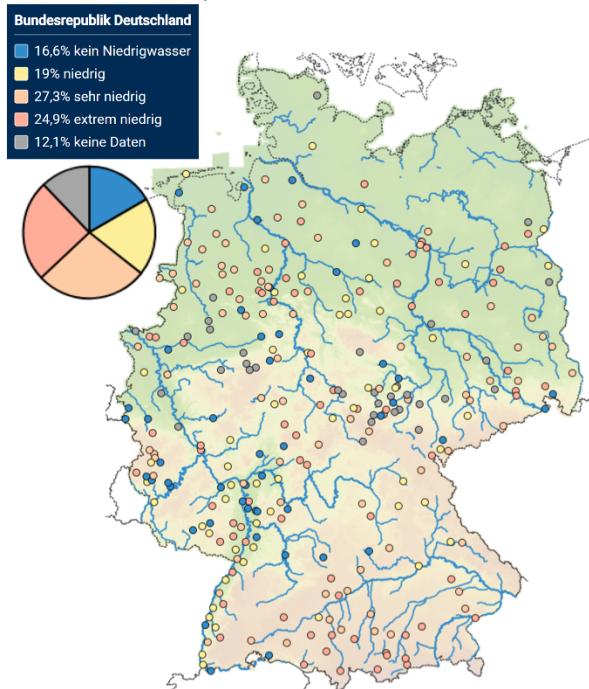


Abbildung 16: Niedrigwassersituation am 11.09.2026, ausgedrückt durch Abflüsse in Fließgewässern und Grundwasserstände. Einordnung in den Wertebereich der Periode 1991–2020: untere 25% „niedrig“, untere 5% (links) bzw. 10% (rechts) „sehr niedrig“, untere 1% „extrem niedrig“. Quelle: NIWIS beteiligte Institutionen

Viele Bereiche der Wasserwirtschaft waren von diesem Ereignis betroffen. Besondere Relevanz hatte die Situation vor allem deshalb, da die Schifffahrt insgesamt, aber besonders auf der wichtigsten Binnenschifffahrtsstraße Europas, dem Rhein, stark behindert wurde. Aufgrund von Transportengpässen stiegen die Preise für Gütertransporte stark und Lieferketten gerieten ins Stocken.

Für die Bewertung der ökonomischen und ökologischen Folgen von Niedrigwassersituationen ist neben der Intensität (z. B. Abbildung 16) auch die Dauer entscheidend. Abbildung 17 zeigt die Phasen, an denen ein wichtiger Niedrigwasserswellenwert (Abfluss entsprechend dem GIW) am Pegel Kaub seit 1960 bis zum 14.09.2026 unter- bzw. überschritten war. Der Pegel Kaub ist ein wichtiger Richtpegel für die Mittelrheinestrecke. Diese bildet die Engstelle auf der Verbindung des Niederrheins und den Häfen an der Nordsee mit den Häfen des Oberrheins und dem Main-Donaugebiet. Es wird deutlich: Langandauernde Niedrigwassersituationen sind kein neues und ein zeitlich begrenztes Phänomen. Aber die Ursachen haben sich geändert. Niedrigwassersituationen traten früher aufgrund von Eis und Schnee häufiger im Winter auf. Heute sind es Sommer- und Herbstphänomene, die sukzessive früher im Jahr einsetzen. Hierfür sind die oben genannten Verschiebungen im hydrologischen System durch den fortschreitenden Klimawandel verantwortlich. Zukunftsprojektionen zufolge werden sich Änderungen ohne durchschlagende Fortschritte im globalen Klimaschutz fortsetzen (z. B. [ws-klimaportal.bafg.de](https://www.ws-klimaportal.bafg.de)). Welche Auswirkungen Niedrigwassersituationen in Zukunft haben, hängt auch vom Aufbau von Dürre- und Niedrigwasserresilienz in allen wasserabhängigen Handlungsfeldern ab.

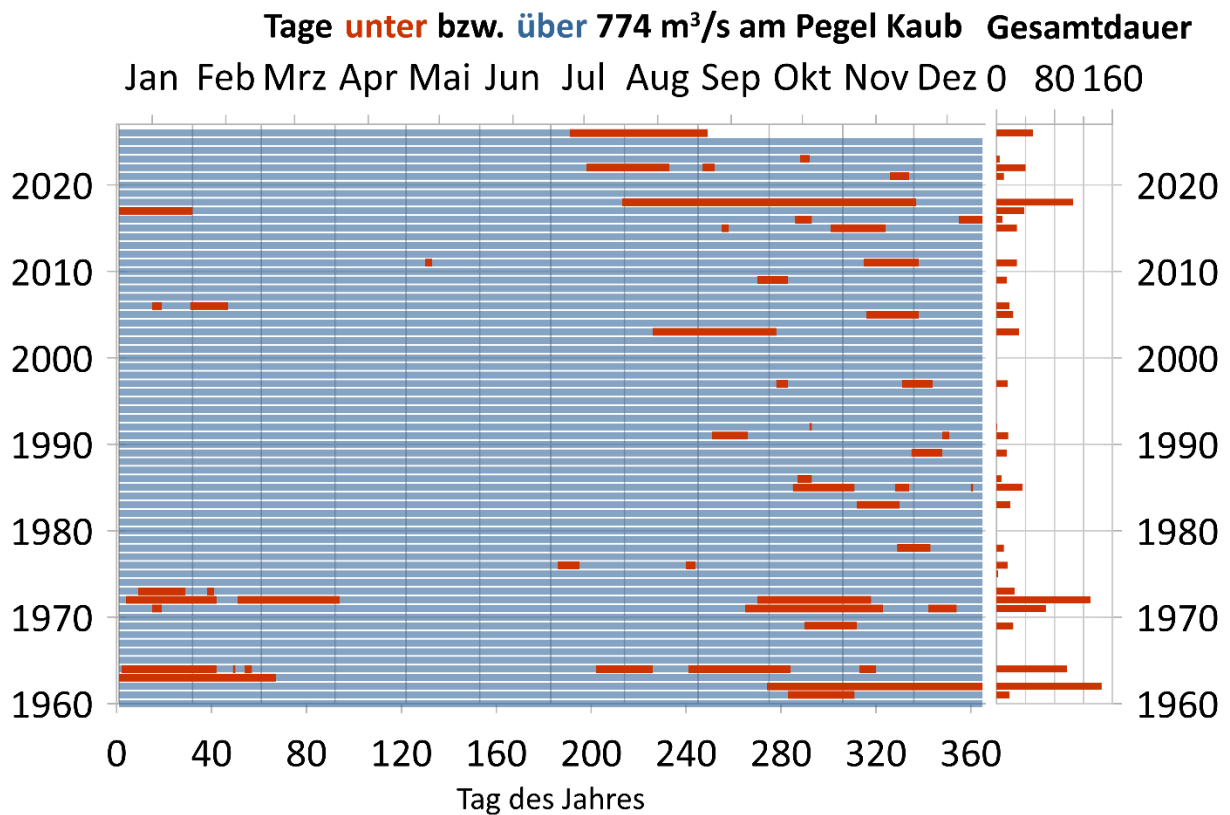


Abbildung 17: Unter- und Überschreitungsphasen eines wichtigen Niedrigwasserswellenwertes am Pegel Kaub/Mittelrhein (Abfluss 774 m³/s) seit 1960. Daten: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (im jüngsten Teil Rohdaten).
Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde

10. NIEDRIGWASSERBEDINGTE AUSWIRKUNGEN AUF DIE TRANSPORTMENGEN DER BINNENSCHIFFFAHRT

Ein Binnenschiff kann im Vergleich zu LKW und Bahn deutlich größere Ladungsmengen transportieren und ist daher für den Transport von Massengütern sowie für den Großraum- und Schwertransport ein unverzichtbarer Bestandteil in multimodalen Transportketten. Insbesondere die extrem niedrigen Pegelstände des Jahres 2026 haben die Transportkapazität der Binnenschiffe jedoch erheblich eingeschränkt, sodass die Funktion der Binnenschifffahrt für den Gütertransport beeinträchtigt war. Im vorliegenden Beitrag wird die Auswirkung des extremen Niedrigwassers in diesem Jahr auf die Transportmengen der Binnenschifffahrt für den stark betroffenen Mittelrheinabschnitt betrachtet. Die Analyse beruht auf Verkehrszahlen aus AIS-Daten (Automatic Identification System), die von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) für statistische Analysen erhoben werden.

Auf freifließenden Wasserstraßenabschnitten wird die Befahrbarkeit sowie die transportierte Gütermenge der Binnenschiffe durch den Pegelstand und die damit einhergehenden Wassertiefen im Gewässer bestimmt. Bei Niedrigwasser ist sowohl die durchgehend verfügbare Wassertiefe als auch die Fahrrinnenbreite eingeschränkt, was sich auf die Befahrbarkeit und den möglichen Tiefgang und damit auf die Transportkapazität von Binnenschiffen auswirkt. Aufgrund ihrer Dauer haben Niedrigwasserereignisse erhebliche ökonomische Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt und die davon abhängigen Wirtschaftsunternehmen. Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels muss in Zukunft mit häufigeren und stärker ausgeprägten Niedrigwasserereignissen gerechnet werden.

Die Abladetiefe und somit die Ladungsmenge eines Binnenschiffs ist bei Niedrigwasser deutlich reduziert und auch die einzelnen Schiffstypen sind aufgrund der verschiedenen Abmessungen, Motorisierungen und Bauformen hinsichtlich der Befahrbarkeit eines Wasserstraßenabschnitts unterschiedlich betroffen. Die wesentlichen Einflussparameter sind das Leergewicht, der Durchmesser des Propellers und die Form des Hinterschiffs.

Im Schiffbau gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung der Befahrbarkeit und Ladungsmenge für Niedrigwassersituationen, was zusammen mit der Anpassung der Infrastruktur und der Umstellung von Logistikketten eine Möglichkeit zur Kompensation der Niedrigwasserproblematik bietet. Im Wesentlichen umfassen die Anpassungen im Schiffbau eine Verringerung des Leergewichts durch Änderung der Hauptabmessungen oder durch Verwendung anderer Materialien sowie eine Anpassung der Propulsion an niedrigere Wassertiefen.

Die auf den Wasserstraßen transportierte Gütermenge ist ein Kriterium zur Bewertung der Sensitivität der Binnenschifffahrt bei niedrigen Pegelständen. Die dafür eingesetzte Methode zur Ermittlung der Transportmengen wurde an der Bundesanstalt für Wasserbau im Rahmen des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ als Bestandteil der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) entwickelt. Für zurückliegende Zeiträume können damit die Gütertransportmengen unter Berücksichtigung von Pegelständen, Verkehrszahlen und dem Abladeverhalten der Binnenschifffahrt berechnet werden.

Die Berechnung der Gütertransportmenge erfolgt tageweise für alle Schiffe, die einen Wasserstraßenabschnitt passiert haben, unter Berücksichtigung der verschiedenen Schiffstypen und eines mittleren Beladungsgrades. Die auf einem einzelnen Schiff transportierte Gütermenge hängt dabei von der Schiffsgröße und der maximal möglichen, vom Wasserstand abhängigen Abladetiefe ab. Die weiteren Eingangsdaten für die Berechnung sind die von der WSV aufgezeichneten Pegelwerte sowie die aufgezeichneten AIS-Daten, die seit etwa 2020 vorliegen

und zu richtungsabhängigen Verkehrszahlen an einem Flussabschnitt ausgewertet werden. Die potentielle Abladetiefe ist der rechnerisch maximale Wert, der bei genauer Kenntnis der Wassertiefenverhältnisse im Schiffspfad erreicht werden kann. Der Beladungsgrad beschreibt die tatsächliche Beladung des Schiffes im Vergleich zur maximal möglichen Beladung und wird aus Befragungsdaten von Schiffsführern abgeleitet. Die täglichen Gütermengen werden auf größere Zeitperioden aggregiert.

Für diese Studie wurden exemplarisch die Gütertransportmengen am Mittelrhein für den Zeitraum seit Anfang 2020 ausgewertet. Der Bezugspegel ist Kaub. In Abbildung 18 ist der relative Verlauf der Gütertransportmengen und der Schiffszahlen als Quartalsdurchschnitt in Verbindung mit den erfassten Pegelwerten dargestellt. Der Vergleichswert für die Änderung der Gütertransportmengen und Schiffszahlen ist das erste Quartal im Jahr 2020. Das dritte Quartal 2026 wurde aus dem Durchschnitt der Monate Juli und August hochgerechnet.

Sowohl die Gütermengen als auch die Schiffszahlen stehen im direkten Zusammenhang mit den Pegelwerten. Dies zeigt sich deutlich in der kürzeren Niedrigwasserphase im dritten Quartal 2022 und in der aktuell längeren und extremen Phase in 2026, die an dieser Stelle aber noch nicht abschließend bewertet werden kann. Die Niedrigwasserphasen in 2022 und in 2026 führten zu verminderten Schiffszahlen von ca. 15-35%, woraus eine Abnahme der transportierten Gütermengen von 50-75% resultierte. Die sinkenden Schiffszahlen sind auf die eingeschränkte Befahrbarkeit des Mittelrheins zurückzuführen und zeigen die erhebliche Wirkung von geringen Wassertiefen auf die Wirtschaftlichkeit des Schiffsverkehrs in diesem Rheinabschnitt, und die starke Abnahme der Transportmengen zeigt den extrem niedrigen Auslastungsgrad der Schifffahrt bei Niedrigwasser.

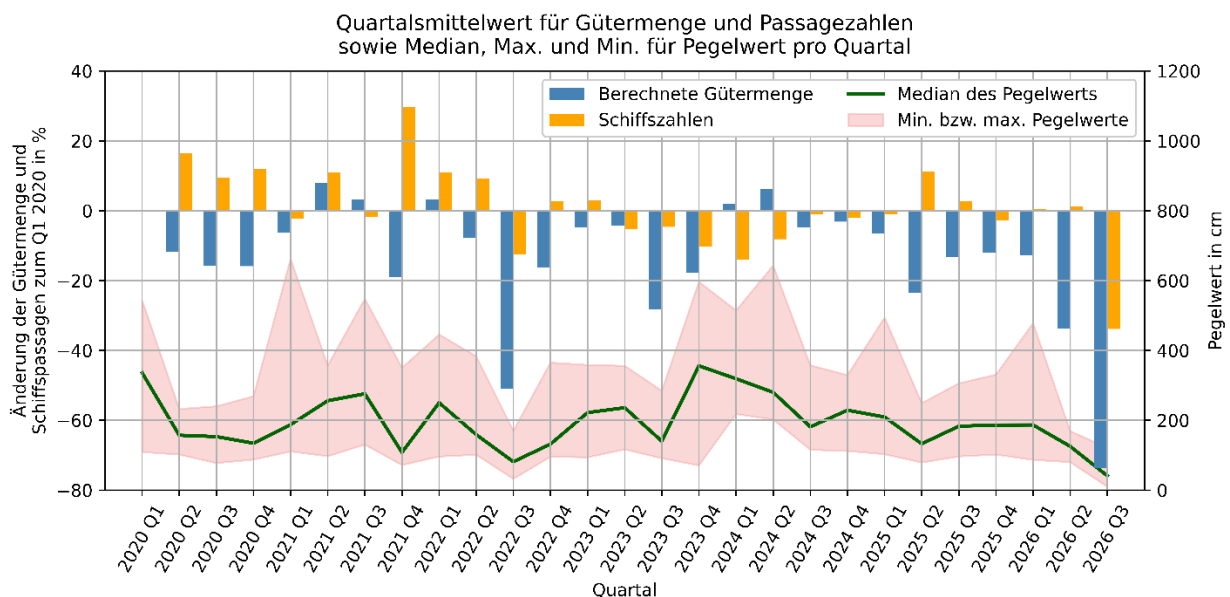


Abbildung 18: Quartalsmittelwerte für berechnete Gütertransportmengen und Schiffszahlen im Vergleich zu Q1 2020 sowie der Median, das Minimum und das Maximum des Wasserstands am Pegel Kaub pro Quartal.
Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau.

11. WASSERRESSOURCEN DEUTSCHLANDS RÜCKLÄUFIG

Die Tatsache, dass Deutschland im weltweiten Vergleich relativ wasserreich ist (Platz 53 von 183 gem. Datenstand 2023; FAO, 2026) und nach gängigen Indikatoren in bundesweiter und jährlicher Betrachtung keinen Wasserstress hat (Datenstand 2022; UBA, 2026), bedeutet – wie das Jahr 2026 erneut zeigt – nicht, dass es saisonal und regional nicht zu Wasserknappheiten kommt. Deutschland ist derzeit an ein relativ stabiles und hohes Wasserdargebot adaptiert und daher auch darauf angewiesen. Ökonomie und Ökologie in Deutschland sind zwar in gewissen Grenzen resilient gegenüber der Variabilität des Wasserdargebots, jedoch wird diese Resilienz in Extremjahren herausgefordert. Starke Schwankungen von Jahr zu Jahr und innerhalb der Jahre zeigen daher Wirkung in vielen wasserabhängigen Handlungsfeldern.

In Abbildung 19 sind die jährlichen „erneuerbaren Wasserressourcen“ Deutschlands dargestellt. Dies ist der Abfluss, der in Deutschland selbst gebildet wird, also das, was vom Niederschlag nach Abzug der Verdunstung übrigbleibt, zuzüglich der Wassermenge, die aus dem Ausland (CH, CZ, ...) zufließt (unterer Teil der Balken). Diese Auswertungen werden im Rahmen des nationalen Wasserressourcenmonitorings durch die BfG durchgeführt.

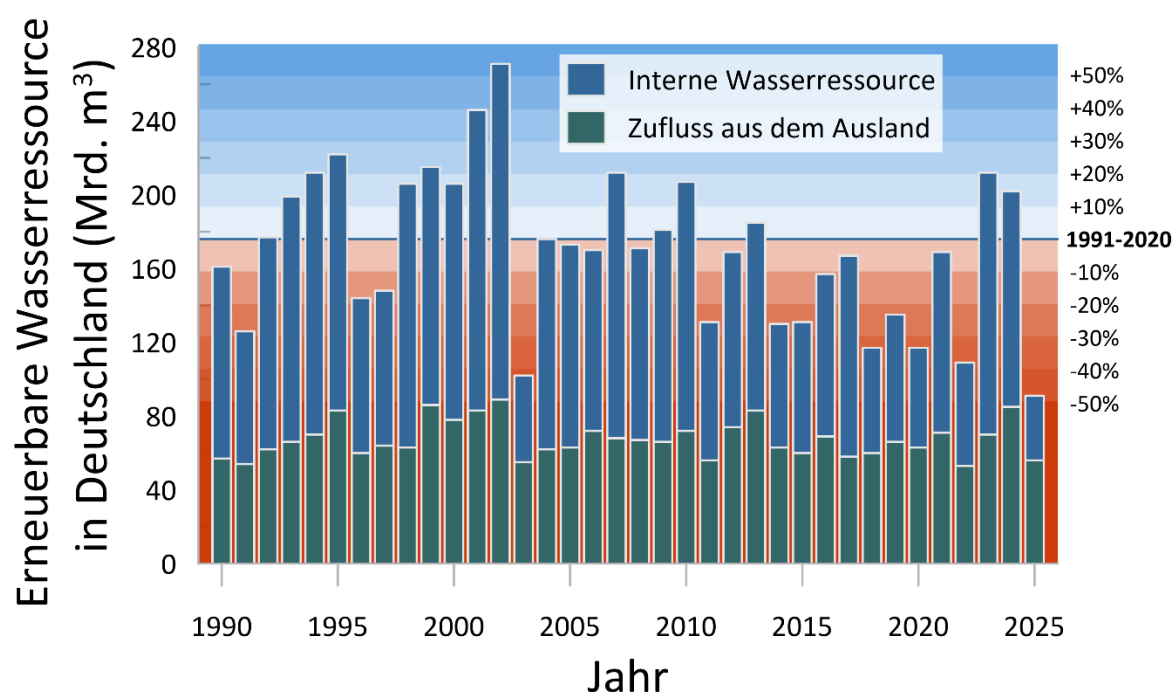


Abbildung 19: Erneuerbare Wasserressource in Deutschland von 1990–2025.
Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Im Mittel der Periode 1991–2020 betrug die jährliche erneuerbare Wasserressource Deutschlands 176 Mrd. m³. In den letzten 30 Jahren ist eine Häufung von Jahren mit knappen Wasserressourcen zu verzeichnen. Elf der letzten 15 Jahre unterschritten den Mittelwert der Periode 1991–2020 teilweise deutlich (siehe prozentuale Abstufungen in Abbildung 19), wobei das Jahr 2025 das Minimum der dargestellten Reihe zeigt. Langjährig betrachtet liegt der Mittelwert der Periode 1996–2025 um ca. 5 Mrd. m³ niedriger als der der Periode 1991–2020. Gegenüber der Klimanormalperiode 1961–1990 beträgt die Abnahme bereits rund 17 Mrd. m³. Das Jahr 2026 wird sich voraussichtlich aufgrund der Vorbedingungen (vgl. Jahr 2025), eines bis zur Jahresmitte feststellbaren extremen Niederschlagsdefizits und phasenweise extrem

hoher Temperaturen in die wasserknappen Jahre einreihen. Pegelraten zeigen zur Jahresmitte teilweise historische Tiefstände.

Damit ist eine aktuelle Entwicklungstendenz in jährlicher Betrachtung deutlich, allerdings ist diese keineswegs linear. Wie der Abbildung 19 zu entnehmen ist, gibt es auch Jahre mit überdurchschnittlichen Wasserressourcen. In der jüngeren Vergangenheit ist das Jahr 2024 zu nennen, das in mehreren Regionen Deutschlands zu Hochwasserereignissen führte. Aktuelle Zukunftsprojektionen auf Basis der Szenarien des Weltklimarates deuten darauf hin, dass es auch unter Hochemissionsszenarien nicht zwangsläufig zu einer drastischen Verknappung der jährlichen Wasserressourcen in Deutschland kommen muss. Wasserhaushaltsprojektionen für Deutschland zeigen mehrheitlich, dass sich der mittlere Jahresabfluss als Indikator für das jährliche Wasserdargebot an vielen Pegeln nur sehr moderat ändert. Im Hintergrund sind dafür jedoch sich kompensierende Auswirkungen des Klimawandels verantwortlich: Abflussabnahmen im Sommer werden durch Abflusszunahmen im Winter annähernd ausgeglichen. Entsprechend gibt es in verschiedenen Bereichen der Wasserwirtschaft Überlegungen, wie mehr Wasser im Winter gespeichert werden kann, damit es im Sommer zur Verfügung steht.

12. ABNEHMEDE SCHNEEBEDECKUNG MIT WEITERHIN MÖGLICHEN EXTREMEN

Die Schneesaison 2025/26 verlief im Vergleich zum langjährigen Mittel eher schneearm (Abbildung 20a) und bewegte sich insgesamt im Bereich der seit den 90er Jahren typischen niedrigen Schneehöhen. Allerdings gab es im Januar und Februar zeitweise sehr winterliche Phasen, in denen die mittlere Schneehöhe deutschlandweit auf rund 10 cm anstieg (Abbildung 20b) und auch große Teile Deutschlands von Schnee bedeckt waren. Auch wenn es dadurch punktuell zu winterbedingten Einschränkungen kam, waren diese Phasen im historischen Vergleich eher kurz. Überdurchschnittlich große Schneehöhen traten zudem nur in räumlich begrenzten Gebieten auf, bspw. im Januar im Raum Hamburg. Der Blick auf die gesamte Zeitreihe seit 1950 zeigt einen klaren, signifikanten Rückgang der Schneehöhen in Deutschland (Abbildung 20a). Besonders schneereiche Winter wie 1962/63, 1969/70, 1978/79 oder 2010/11 stechen deutlich hervor, sind in den vergangenen Jahrzehnten aber selten geworden. Dennoch kann es auch künftig weiterhin zu kräftigen Schneefällen und entsprechend großen Schneehöhen kommen, wie etwa in der Saison 2010/11. In vielen tiefer gelegenen Gebieten wird das Schneevorkommen jedoch unzuverlässiger, da bereits geringe Temperaturanstiege im Winter darüber entscheiden können, ob Niederschlag als Schnee fällt, ob er liegen bleibt oder rasch wieder taut.

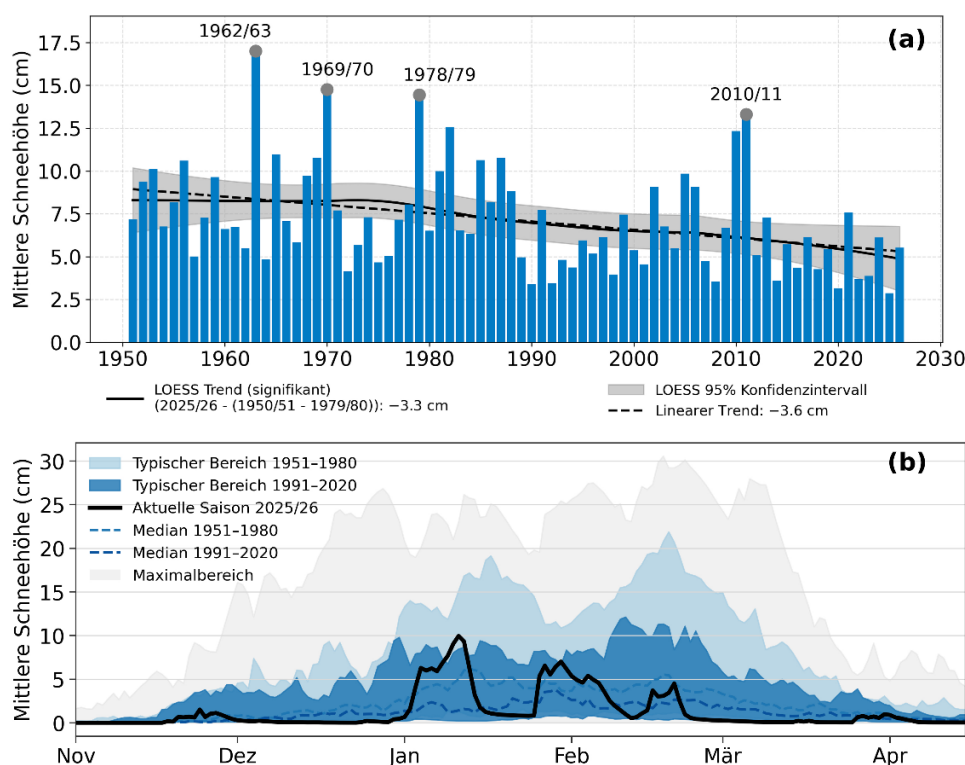


Abbildung 20: (a) Die mittlere Schneehöhe an Tagen mit mindestens 1 cm Schneedecke als deutschlandweite Mittelwerte der einzelnen Schneesaisons – jeweils vom 1. September bis zum 30. Mai des Folgejahres mit Trendlinien. Markiert sind die vier schneereichsten Saisons der Zeitreihe. (b) Die schwarze Linie zeigt den Verlauf der Schneehöhe in der Saison 2025/26 im deutschlandweiten Mittel. Zum Vergleich sind typische Schneeverhältnisse (jeweils die mittleren 50% der Schneehöhenwerte) aus zwei Zeiträumen eingezeichnet: 1951–1980 in Hellblau und 1991–2020 in Dunkelblau mit jeweils dem Median als gestrichelte Linien. Der graue Bereich ist die gesamte Spannweite der seit 1950 gemessenen Schneehöhen. Daten und Abbildungen basieren auf der Schneehöhenklimatologie SNOWRAS v1.0; Quelle: Drüke et al., HESS, 2026, eingereicht

13. 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 1961–1990 rund 5 Tage im Jahr mit hohen Gefährdungsklassen des Waldbrandgefahrenindex. Im Zeitraum 1991–2020 waren es schon rund 10 Tage. Vier der letzten fünf Jahre waren von erhöhtem Waldbrandrisiko betroffen. Abbildung 21 zeigt exemplarisch den zeitlichen Verlauf der Tage mit erhöhtem Waldbrandrisiko in Deutschland für das vorangegangene Jahr (blaue Linie). Von März bis Ende August 2025 wurde im bundesweiten Stationsmittel an 20 Tagen mindestens die Warnstufe 4 für den Waldbrandgefahrenindex (WBI) akkumuliert. Dies ist eine positive Anomalie (+8 Tage) vom vieljährigen Mittelwert. Sowohl im Mai, am Übergang vom Juni in den Juli und im August gab es Phasen mit vielen aufeinander folgenden Tagen mit hoher Waldbrandgefahr.

Im aktuellen Jahr 2026 ist die Waldbrandgefahr noch höher und erreicht bis Ende August mit einem bundesweiten Mittelwert von 30 Tagen einen vergleichsweise sehr hohen Wert. Das trockene Frühjahr und der heiße und trockene Sommer führten zu einer deutlichen Zunahme an Tagen mit hoher Waldbrandgefahr. Der Trend zu Sommern mit längeren Trockenphasen hat sich für das Jahr 2026 fortgesetzt. (Informationen zur Entwicklung der Waldbrandgefahr finden sich auch unter <https://www.deutscher-klimaatlas.de>).

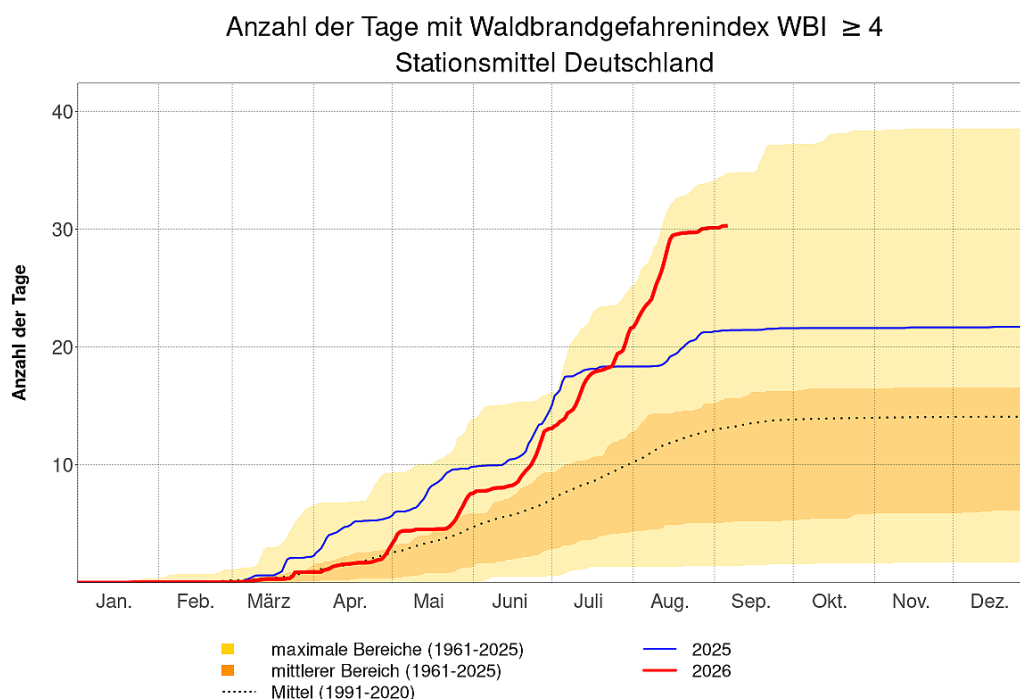


Abbildung 21: Die Kurven zeigen die kumulierten Tage mit einem Waldbrandgefahrenindex größer gleich 4 über die Saison März bis Oktober. Gezeigt werden der mittlere Verlauf 1991–2020 (schwarze gepunktete Linie), der Verlauf 2025 (blaue Linie) sowie der bisherige Verlauf 2026 (orangene Linie). Der als 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.

Quelle: Deutscher Wetterdienst

14. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG BEI WIND UND STURM

Die Windgeschwindigkeit ist grundsätzlich durch eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität gekennzeichnet. Aus verschiedenen langjährigen Datenquellen lässt sich ableiten, dass wechselnde Phasen mit höherer und niedrigerer Windgeschwindigkeit prägend für die Windklimatologie über Deutschland sind. Diese Schwankungen sind sowohl von Jahr zu Jahr als auch über mehrere Jahrzehnte hinweg (so genannte multidekadische Schwankungen) stark ausgeprägt. Daher empfiehlt sich hinsichtlich Aussagen über eine mögliche Änderung des Windes die Analyse von sehr langen Zeitreihen. Beispielsweise zeigt die jährlich gemittelte Zeitreihe der über Deutschland inklusive der Nord- und Ostsee gemittelten 10 m Windgeschwindigkeit auf Basis der Reanalyse ERA5 (1940 – 2025) die erwähnten stark ausgeprägten zeitlichen Schwankungen (Abbildung 22, links). Ein signifikanter Trend lässt sich für diesen Zeitraum nicht feststellen. Mit Blick auf die letzten 30 Jahre ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Das jüngste Jahresmittel von 3,73 m/s für das Jahr 2025 reiht sich als eher windschwaches Jahr über Deutschland in die Zeitreihe ein.

Ein ähnliches Bild lässt sich in Bezug auf die Entwicklung extremer Windgeschwindigkeiten über Deutschland feststellen. Hierfür wurden die Spitzenböen an 152 Messstationen des DWD seit dem Jahr 1980 analysiert. Unter ebenfalls stark ausgeprägten Schwankungen von Jahr zu Jahr lässt sich ein leichter Rückgang der Anzahl der Tage pro Jahr mit Spitzenböen der Stärke 11 und 12 Beaufort in diesem Zeitraum verzeichnen (Abbildung 22, rechts). Für das Jahr 2025 wurde der niedrigste Wert in dieser Zeitserie verzeichnet.

Für die Energiewirtschaft ist neben dem Wind in Bodennähe insbesondere die Windgeschwindigkeit in größeren Höhen von Bedeutung. Der Wind in 100 m Höhe stellt dabei eine relevante Größe für die Energieerzeugung dar, da sich moderne Windenergieanlagen mit ihren großen Nabenhöhen und Rotoren in dieser Höhenlage bzw. darüber bewegen. Abbildung 23 zeigt die räumliche Verteilung der Trends der 100 m Windgeschwindigkeit über Deutschland für verschiedene Betrachtungszeiträume, ebenfalls auf Basis der ERA5-Reanalyse. Dabei wird erneut deutlich, dass sich je nach gewähltem Zeitraum sowohl Gebiete mit positiven als auch mit negativen Trends ergeben. Diese sind für Deutschland aber nur in einzelnen Regionen und Intervallen signifikant, wie zum Beispiel die schwächeren Windverhältnisse der letzten drei Jahrzehnte im Vergleich zu den drei Jahrzehnten vor dem Jahr 2000. Auch das Jahr 2025 war in Zentral- und Osteuropa, sowie dem Mittelmeerraum windarm (Drücke et al., 2026). Im Gegensatz dazu verzeichnete Skandinavien ein windreiches Jahr. Europaweit zeigen sich im Jahresmittel Ausgleichseffekte, wie wir sie auch von einzelnen Wetterlagen kennen. Dies verdeutlicht erneut die ausgeprägte zeitliche und räumliche Variabilität des Windes und den Einfluss mehrjähriger Schwankungen auf die Trendbetrachtung. Über den gesamten betrachteten Zeitraum lässt sich kein flächendeckender signifikanter Trend der 100 m Windgeschwindigkeit feststellen.

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.

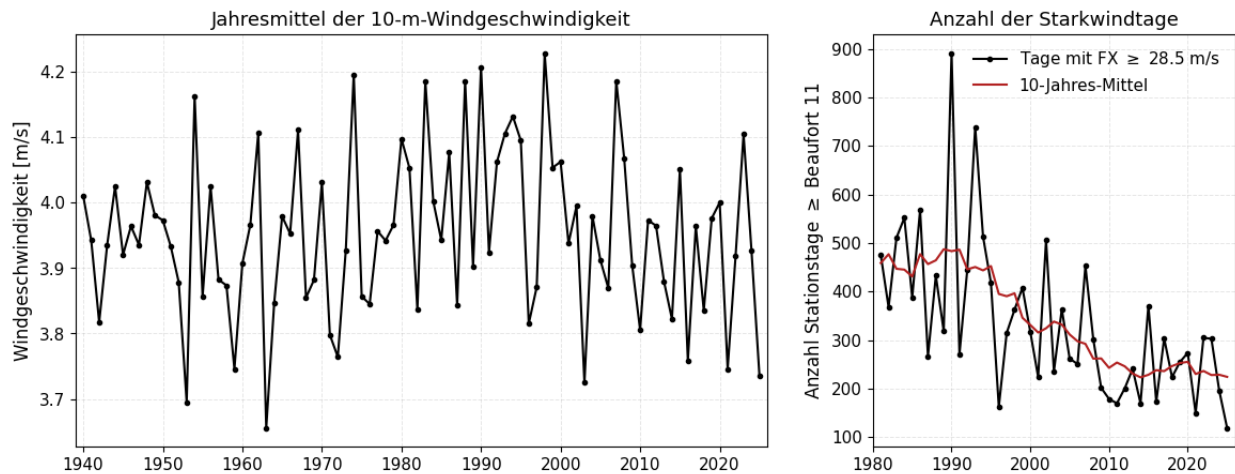


Abbildung 22: (links): Zeitreihe der gemittelten Windgeschwindigkeit in 10 Meter Höhe über Deutschland (inkl. der ausschließlichen Wirtschaftszone) in m/s im Zeitraum von 1940–2025. (Auswertung des DWD auf Basis der globalen Reanalysen ERA5 des EU Copernicus Klimawandeldienstes (C3S)) (rechts): Häufigkeit von Spitzenböen (FX) der Stärke 11 und 12 Beaufort während der vier Dekaden seit 1981. Es sind die Tage pro Jahr (schwarz) und ein gleitendes 10-Jahres-Mittel (rot) dargestellt.
Quelle: Daten von 152 Deutschen Wetterdienst-Stationen seit 1981.

Trends Windgeschwindigkeit 100 m

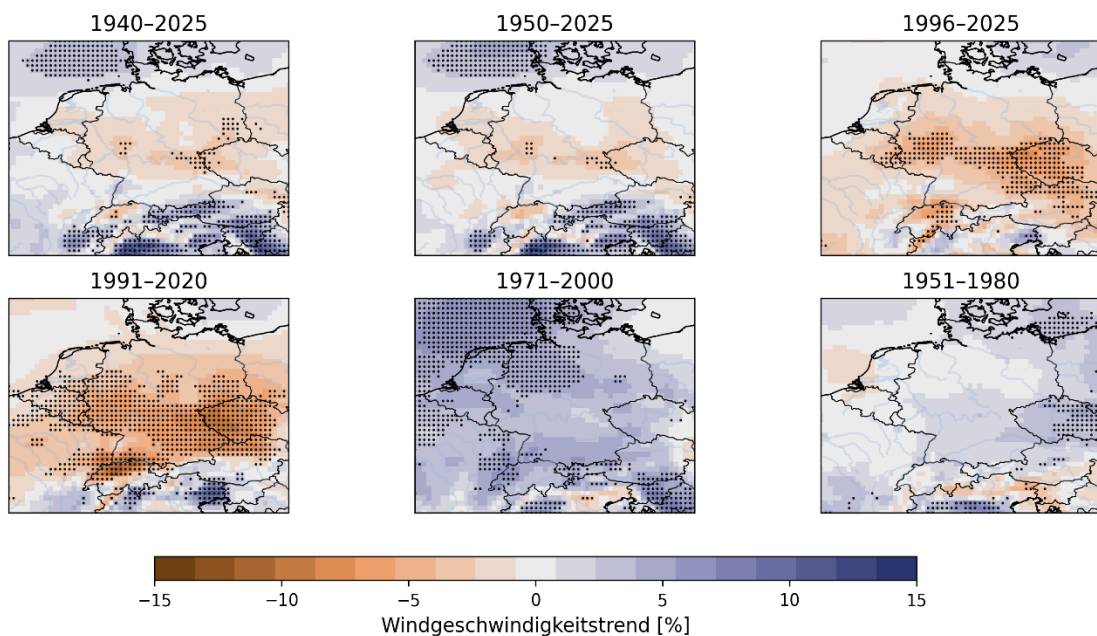


Abbildung 23: Trends der 100 m Windgeschwindigkeit für verschiedene Bezugszeiträume auf Basis der ERA5-Reanalysen (Angaben in %). Punkte kennzeichnen statistisch signifikante Trends gemäß modifiziertem Mann-Kendall-Test
Quelle: Hamed and Rao, 1998

15. ZAHL DER BEOBACHTETEN TORNADOS

Gesammelt und ausgewertet 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 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.

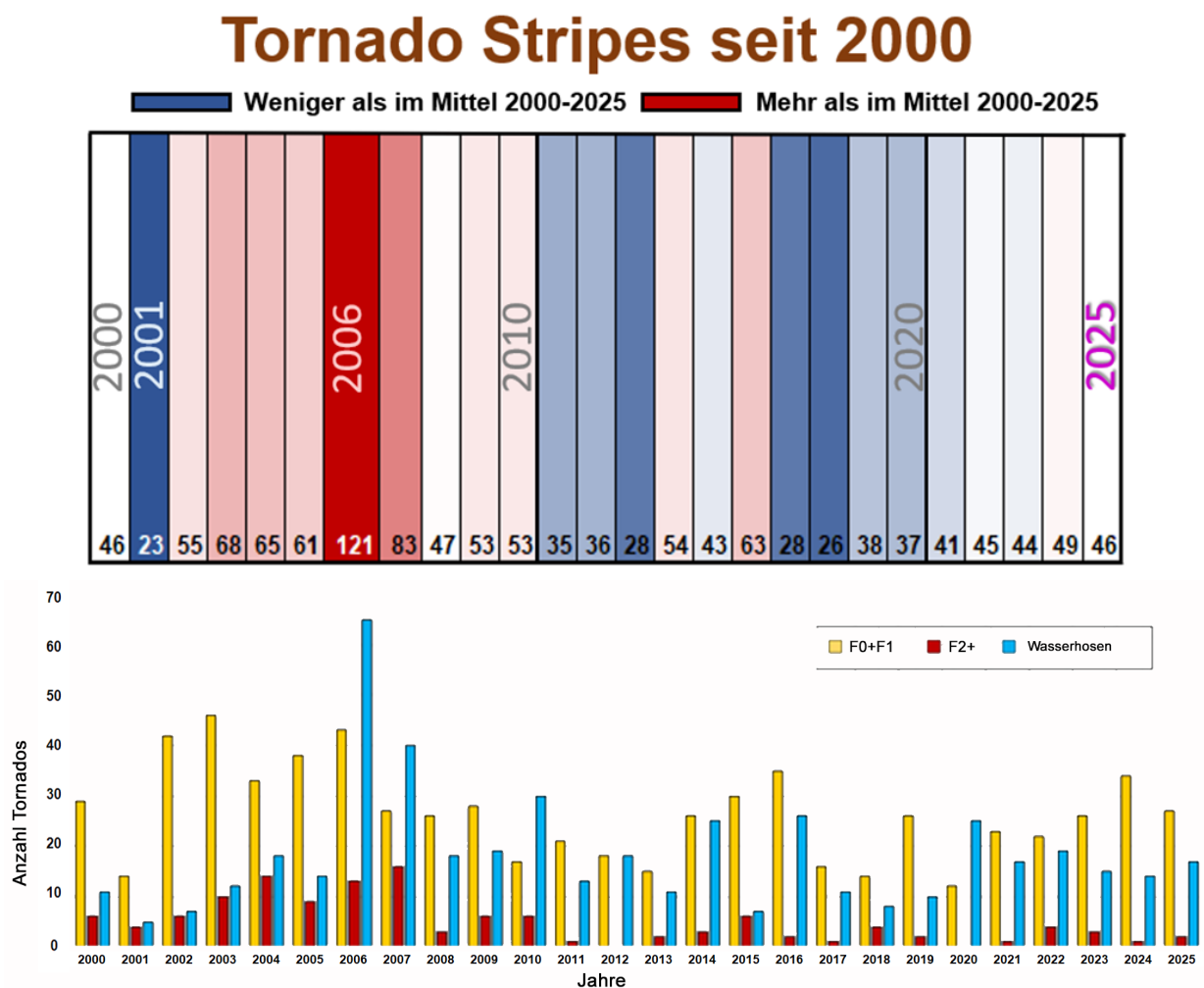


Abbildung 24: Häufigkeit Tornados in Deutschland seit 2000
Quelle: Deutscher Wetterdienst

Wie viele Tornados gibt es durchschnittlich in Deutschland?

Zu Statistiken rund um Tornados in Deutschland wurde Anfang des Jahres ein neues Paper publiziert (Beyer et al., 2026). 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 24). Davon werden etwa 1–9 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. 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 25 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.

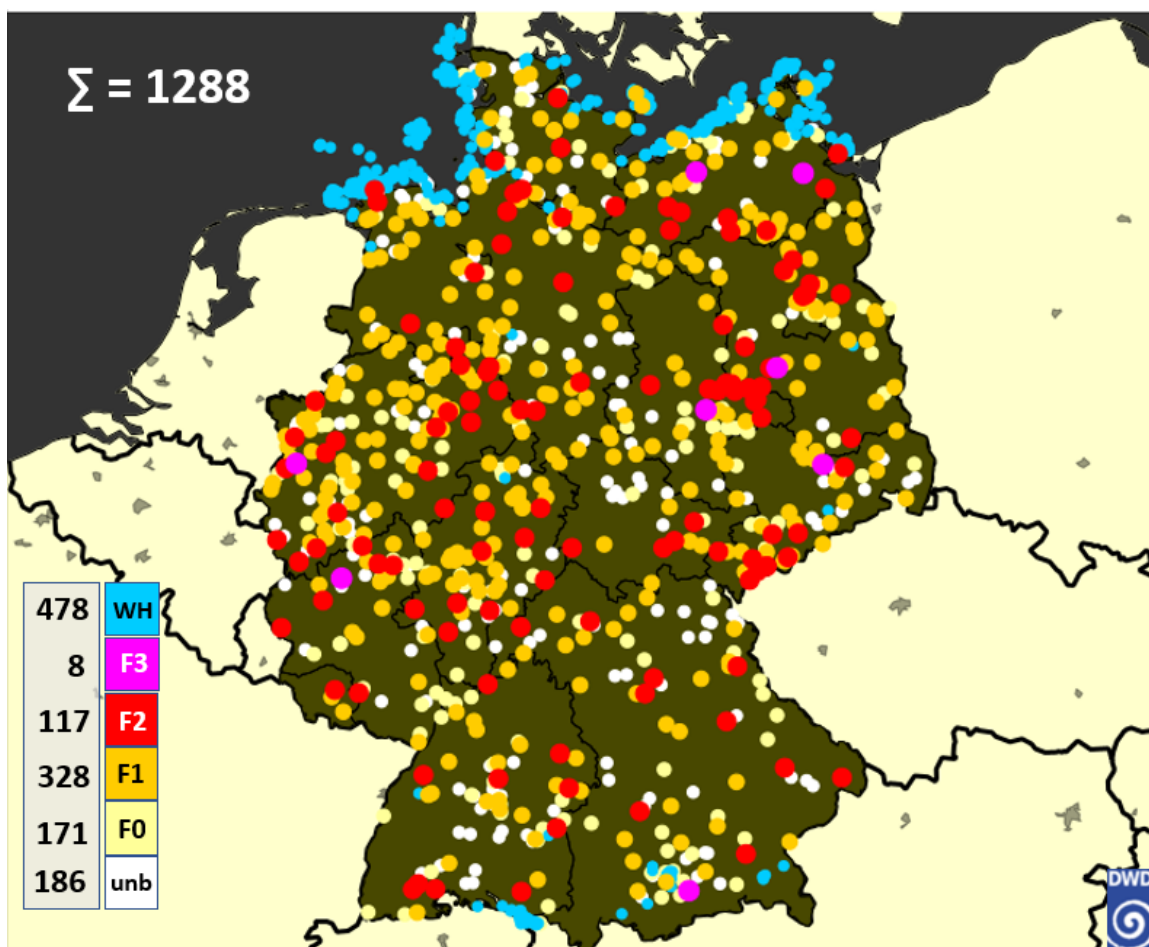


Abbildung 25: Aufgetretene Tornados in Deutschland im Zeitraum 2000–2025
Quelle: Deutscher Wetterdienst

Gibt es eine Zunahme der Tornadofälle in Deutschland?

Abbildung 25 zeigt auch noch, dass es mal schwächere und mal stärkere Phasen gibt. Im Jahr 2025 waren es 46 Tornados. 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.

16. MEERESERWÄRMUNG UND MARINE HITZEWELLEN

Die globale Erwärmung führt auch zu einer fortschreitenden Erwärmung der globalen Ozeane. Wasser hat eine hohe Wärmekapazität und mehr als 90% der zusätzlichen Wärme im Klimasystem wird von den Ozeanen 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 Meeresoberflächentemperatur (sea surface temperature, SST) der Nordsee und Ostsee, indem es Satellitendaten mit Messungen von Stationen, Bojen 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 26 dargestellt.

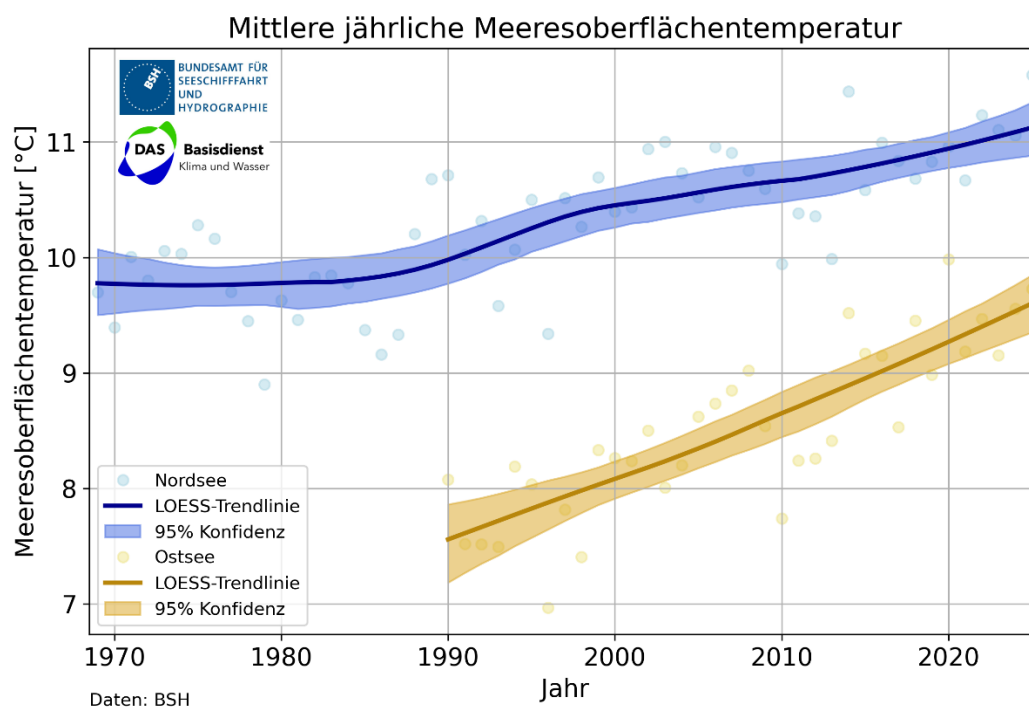


Abbildung 26: Mittlere jährliche Meeresoberflächentemperaturen von Nordsee (blau, seit 1969) und Ostsee (orange, seit 1990) basierend auf der wöchentlichen BSH SST Analyse.
Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.

Das Jahr 2025 bedeutete für die Nordsee im Flächenmittel und Jahresdurchschnitt mit 11,6 °C einen neuen Rekordwert und auch für die Ostsee war es mit einer Mitteltemperatur von 9,7 °C ein extremes Jahr, das zweitwärmste seit 1990. Die BSH-Trendanalyse der jährlichen mittleren Oberflächentemperatur basierend auf dem LOESS Verfahren ergibt eine Erwärmung von 1,4 °C zwischen 1969 und 2025 für die Nordsee. Für die Ostsee liegt der Erwärmungstrend bereits bei 2,0 °C zwischen 1990 und 2025. Dass sich die Ostsee stärker erwärmt, liegt daran, dass sie überwiegend sehr flach ist und Binnenmeer-Charakter hat, d. h. kaum Wasseraustausch mit der Nordsee und 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. Auch sind die Gezeiten in der Ostsee relativ schwach, weshalb sie weniger zur Durchmischung beitragen als in vielen anderen

Meeren. Auch im Sommer 2026 lagen die Oberflächentemperaturen von Nord- und Ostsee deutlich über dem langjährigen Mittel. Die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Nordsee erreichte im Sommer 2026 15,6 °C – knapp 1 °C über dem langjährigen Mittel von 1997–2021. Damit war es für die Nordsee der fünfwärmste Sommer seit 1997. Vor allem die südliche Nordsee und der Ärmelkanal stachen hervor: Hier übertrafen die Temperaturen das langjährige Mittel um 2 °C und mehr. Einzelne Gebiete stellten neue Höchstwerte seit 1997 auf. Auch die Ostsee zeigte sich diesen Sommer wärmer als üblich. Die durchschnittliche Oberflächentemperatur lag bei 17,2 °C und damit knapp 1 °C über dem langjährigen Mittel. Damit war es der siebtwärmste Sommer seit 1997. Besonders hohe Werte traten vor der schwedischen Ostküste, entlang der deutschen und polnischen Küsten sowie im äußersten Norden auf. Dort stiegen die Temperaturen teils um 1,5 °C und mehr über das langjährige Mittel.

Mit der langfristigen Erwärmung der Wassertemperaturen nehmen auch extreme Ereignisse wie marine Hitzewellen 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. Diesen Sommer gehörten die Gewässer um Helgoland zu den besonders stark erwärmten Regionen der Nordsee. Nach einem eher ungewöhnlich kalten Winter 2025/2026 in Norddeutschland und somit auch in Nord- und Ostsee liegen die gemessenen Temperaturen an der Messstation „Helgoland-RM“ seit April 2026 fast durchgängig über dem langjährigen Mittelwert. Insgesamt 66 Tage mit marinen Hitzewellen-Bedingungen wurden bis 31. August verzeichnet (Abbildung 27a). Am 1. Juli 2026 lag die Oberflächentemperatur dort sogar fast 4 °C über dem langjährigen Mittel von 2009–2025 für diesen Tag.

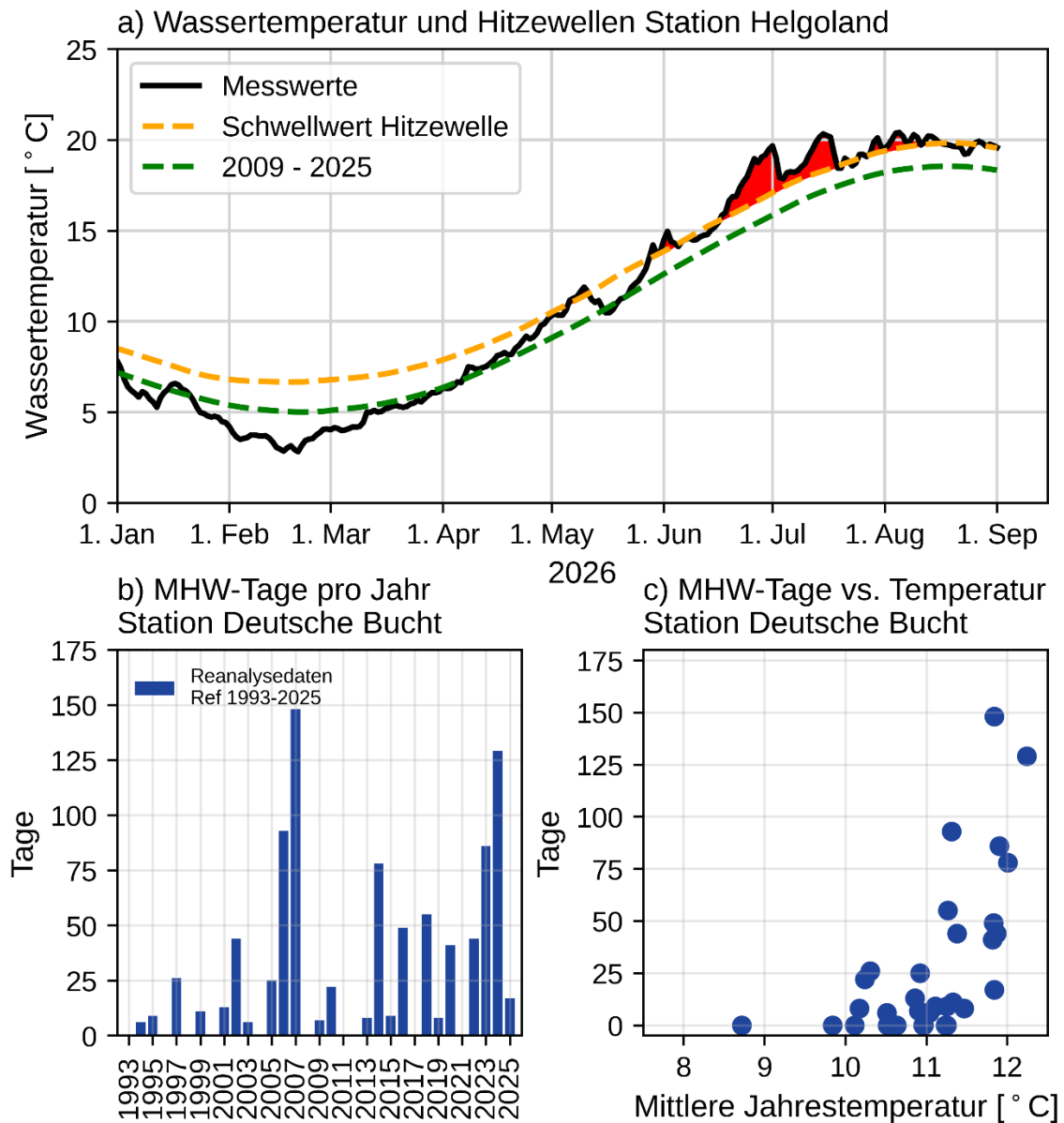


Abbildung 27: a) Gemessene Wassertemperatur an der Station Helgoland-RM (schwarze Linie), Mittelwert (grün gestrichelt) und Schwellwert 90. Perzentil (orange gestrichelt) für marine Hitzewelle (rot schattiert); Für die hier verwendete Stationsreihe wird das klimatologische Mittel und das 90. Perzentil aus dem Referenzzeitraum 2009–2025 bestimmt.
b) marine Hitzewelle Tage pro Jahr an der Station Deutsche Bucht im Zeitraum 1993–2025 berechnet aus dem Copernicus Reanalyse-Produkt „Atlantic-European North West Shelf-Ocean Physics Reanalysis“;
c) mittlere Jahrestemperatur gegen Hitzewelle aufgetragen, ebenfalls aus der Reanalyse berechnet
Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Solche Extremereignisse können für viele Meereslebewesen eine erhebliche Belastung darstellen. 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 Hoch-

druckgebiete mit hoher Sonneneinstrahlung und wenig Wind, im Winter eher durch langanhaltende Winde aus westlichen Richtungen, die warme atlantische Luft herantransportieren. Basierend auf Messdaten und Modelldaten können wir feststellen, dass marine Hitzewellen zunehmend häufiger auftreten und auch länger andauern. Die Anzahl der Hitzewellentage pro Jahr weist einen positiven Trend auf (Abbildung 27b) und in Jahren mit höherer mittlerer Wassertemperatur treten im Mittel auch mehr Hitzewellentage auf (Abbildung 27c).

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, 2031–2060, erwarten wir entsprechend dieser Klimasimulationen eine Änderung der Oberflächentemperatur der gesamten Nordsee von im Mittel +1,5 °C im Vergleich zum Zeitraum 1971–2000; für die Ostsee sind es +1,7 °C. Für die ferne Zukunft, 2071–2100, sind +2,8 °C für die Nordsee und +3,0 °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 Klimaszenarien.

17. 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 28 links oben für Cuxhaven seit dem Jahr 1900 gezeigt.

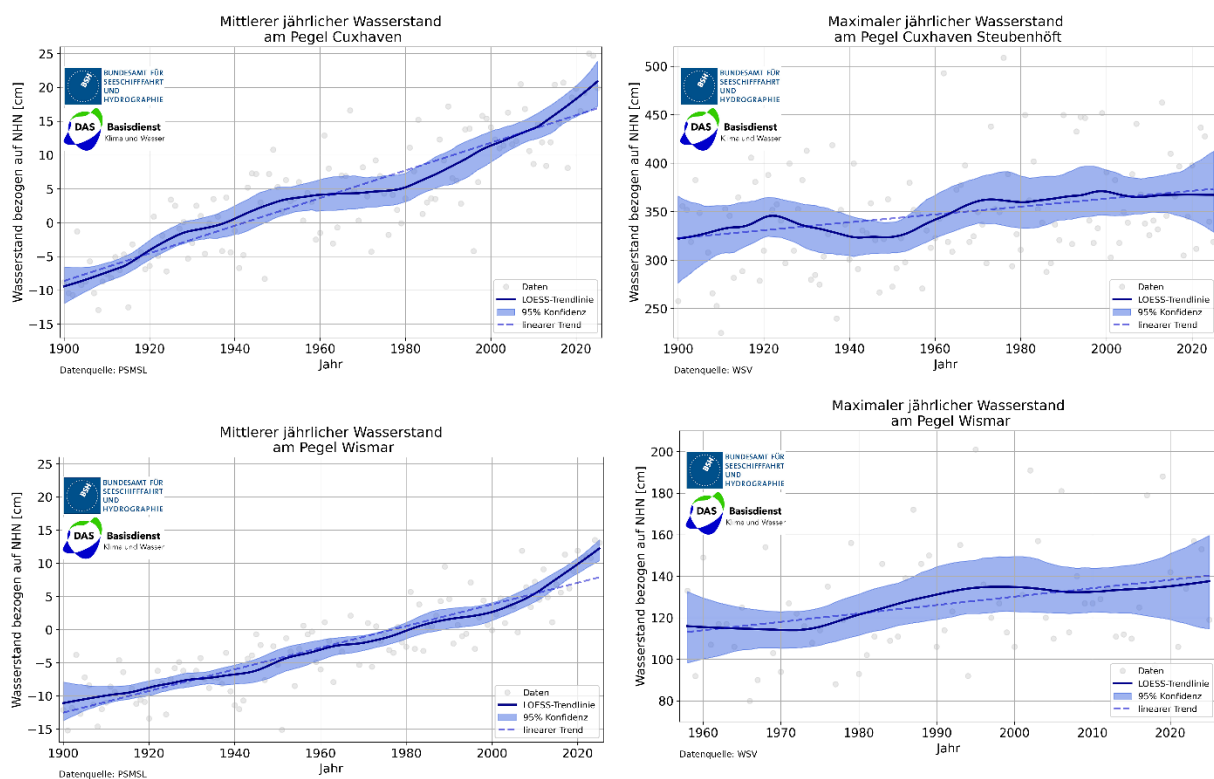


Abbildung 28: Zeitliche Entwicklung des Wasserstandes an der Station Cuxhaven (oben) sowie Wismar (unten). Dargestellt ist jeweils der mittlere jährliche Wasserstand (links) sowie der maximal jährliche Wasserstand (rechts).

Quelle Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

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 28 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 ca. 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 zirkuliert. Der Abstand zum amphidromischen Punkt ist dabei relevant für die Amplitude der Gezeitenwelle.

Zum Vergleich zeigt die Abbildung 28 links unten die Verhältnisse am Pegel Wismar in der südwestlichen Ostsee. Hier stieg der relative mittlere Meeresspiegel seit 1900 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 28 rechts unten zeigt analog die Jahresmaxima des Wasserstandes am Pegel Wismar, allerdings liegen die Daten für die Extrema erst ab 1958 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. 20 cm in knapp 70 Jahren.

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 (interannualen 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 ungebremst weiterem 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). Detaillierte Daten zum projizierten Meeresspiegelanstieg an den deutschen Küsten bis 2150 für verschiedene Klimaszenarien sind zu finden unter <https://das.bsh.de>.

18. HÖHERE WASSERSTÄNDE BEI STURMFLUTEN AUCH IM INLAND

Die Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs werden nicht nur direkt an der Küste, sondern auch entlang der tidebeeinflussten Flussmündungsgebiete bis ins Inland spürbar sein. Der Meeresspiegelanstieg erhöht die Tidehoch- und Tideniedrigwasserstände in den Flüssen bis zu den Wehren bei Herbrum (Ems), bei Bremen (Weser), bei Geesthacht (Elbe) und der Wehranlage Nordfeld (Eider). Bei Sturmfluten muss im zukünftigen Klima mit höheren Wasserständen aufgrund des Meeresspiegelanstiegs teils auch stromauf der Wehre gerechnet werden. Insbesondere in der Elbe und der Weser erhöhen sich die extremen Wasserstände bei Sturmflut durch den Anstieg des Meeresspiegels bis nach Hamburg und Bremen.

In den langzeitlichen Messungen z. B. am Pegel St. Pauli (Hamburg) kann die Erhöhung der Sturmflutscheitelwasserstände bisher nicht auf den bereits eingetretenen Meeresspiegelanstieg zurückgeführt werden, da die Auswirkungen wasserbaulicher Maßnahmen (z. B. höhere Deiche, Vertiefungen, veränderte Hafenbecken) den langzeitlichen Trend dominieren (Klein et al, 2018). Modelluntersuchungen mit 3D-hydrodynamisch-numerischen Modellen zeigen jedoch, wie sich der Meeresspiegelanstieg in den tidebeeinflussten Flussmündungen auswirken wird. Abbildung 29 zeigt beispielhaft den Sturmflutscheitelwasserstand entlang der Elbe von der Nordsee bis Bleckede für ein Sturmflutszenario basierend auf der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 (Meyer und Rudolph, 2026). Um den Effekt des Meeresspiegelanstiegs abzubilden, sind je zwei Simulationen ohne Meeresspiegelanstieg (durchgezogen) und zwei Simulationen mit einem exemplarischen Meeresspiegelanstieg von 1 m (gestrichelt) dargestellt. Zu sehen ist, dass sich der Meeresspiegelanstieg von 1 m bis etwa St. Pauli mehr oder weniger 1:1 auf den Sturmflutscheitelwasserstand addiert. Stromauf von St. Pauli ist die Erhöhung durch den Meeresspiegelanstieg geringer und stärker vom Abfluss aus dem Binnenbereich abhängig.

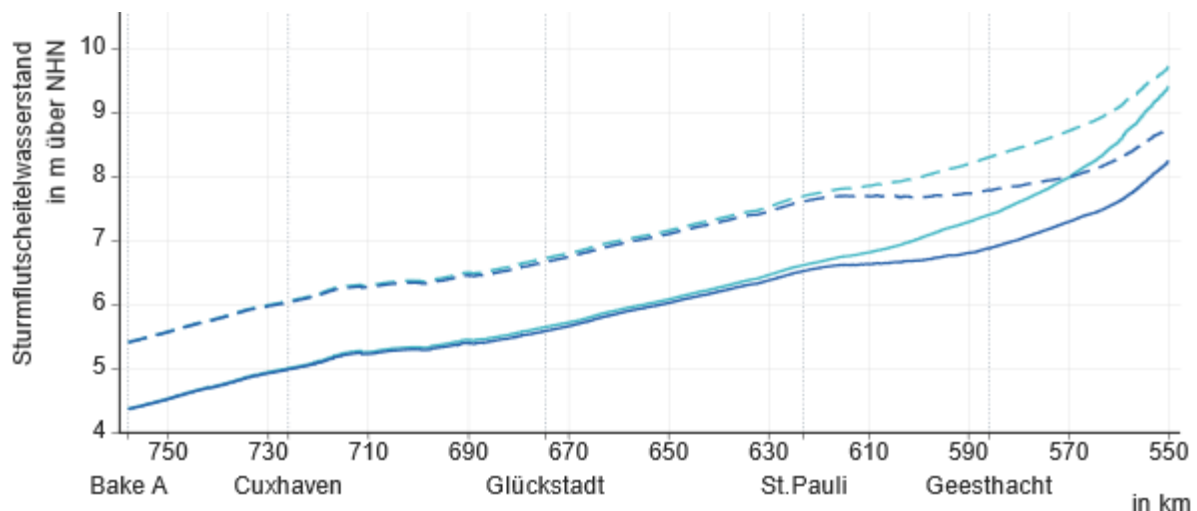


Abbildung 29: Simulierter Sturmflutscheitelwasserstand eines Sturmflutszenarios basierend auf der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 entlang des Längsprofils der Tideelbe: ohne Meeresspiegelanstieg (durchgezogen) und mit einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (gestrichelt) sowie mit einem Abfluss von 1000 m³/s (dunkelblau) und einem Abfluss von 2000 m³/s (hellblau).
Quelle: Meyer und Rudolph (2026), modifiziert.

19. DER EISWINTER 2025/26 AN DER DEUTSCHEN KÜSTE

Der Eiswinter 2025/26 an der deutschen Nord- und Ostseeküste war der stärkste Eiswinter seit 15 Jahren. Im langjährigen Vergleich ist der Eiswinter an Nord- und Ostseeküste ein mäßiger Eiswinter (siehe Abbildung 30 und Abbildung 31).

Eine über Januar und Februar andauernde blockierende Hochdruckwetterlage über Skandinavien mit überwiegend östlichen Winden führte zu einer frostigen Witterung in Norddeutschland. Durch die kalten Temperaturen bildete sich an der gesamten deutschen Küste Eis. Besonders betroffen war dabei die östliche Ostseeküste, wo in den Boddengewässern um Rügen, dem Greifswalder Bodden, dem Kleinen Haff, aber auch an den Ostküsten Rügens und Usedom eine geschlossene Eisdecke entstand. Durch den anhaltenden Ostwind wurde das Meereis zusätzlich aufgepresst und zusammengeschoben. Dadurch ergaben sich erhebliche Behinderungen für die Schifffahrt im Greifswalder Bodden und in der Zufahrt zum Hafen Mukran. Weiter westlich und in der Nordsee ergaben sich keine größeren Einschränkungen des Schiffsverkehrs. In der Nordsee waren die schleswig-holsteinische Küste und die Elbe stärker von Eisbildung betroffen als die ostfriesischen Inseln, wo kaum nennenswertes Eis entstand. Auf der Elbe waren an mehreren Tagen Schiffe zum Eisbrechen im Einsatz, um eine reibungslose Schifffahrt zu ermöglichen.

Im Vergleich mit dem letzten stärkeren Eiswinter 2011 an der Ostseeküste war die Dauer des Eisauftretens insgesamt kürzer und entlang der schleswig-holsteinischen Küste hat sich weniger Eis gebildet. In der Nordsee trat im Vergleich zu 2012 weniger Eis im Ostfriesischen Wattenmeer und der Elbemündung auf.

Unter Einfluss milderer Luft aus Südwest in der letzten Februarwoche verschwand das Eis mit Ausnahme der nordöstlichen Küste innerhalb weniger Tage.

Bei der genaueren Betrachtung der langen Zeitreihen (siehe Abbildung 30 und Abbildung 31) ist ersichtlich, dass es immer wieder Winter mit viel Meereis in der Nord- und Ostsee gab, aber auch manchmal mehrere Jahre hintereinander mit wenig Eis. Auffallend ist jedoch, dass in diesem Jahrtausend hauptsächlich mäßige Eiswinter auftraten und keine sehr starken oder extrem starken Eiswinter wie es in der Mitte des letzten Jahrhunderts öfter der Fall war. 1996 war der letzte Winter mit starker (Nordsee) bzw. sehr starker Eisbildung (Ostsee), so dass generell seit Beginn des 20. Jahrhunderts von einer klimabedingten Abnahme gesprochen werden kann.

Was wir über das Extremwetter in Deutschland wissen

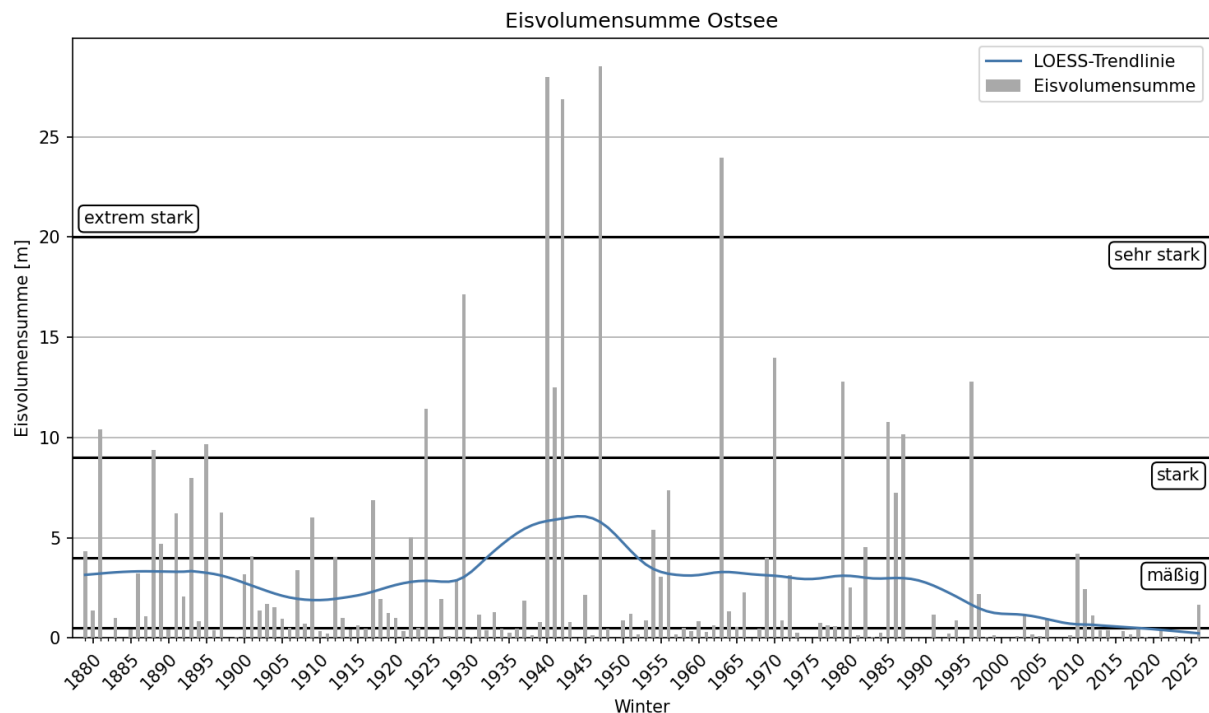


Abbildung 30: Zeitreihe der Eisvolumensummen seit 1879 von 13 Eisbeobachtungsstationen an der deutschen Ostseeküste als Maß für die Eiswinterstärke (Eisvolumensumme [m]: jährlich akkumulierte Eiskonzentration multipliziert mit Eisdicke).
Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

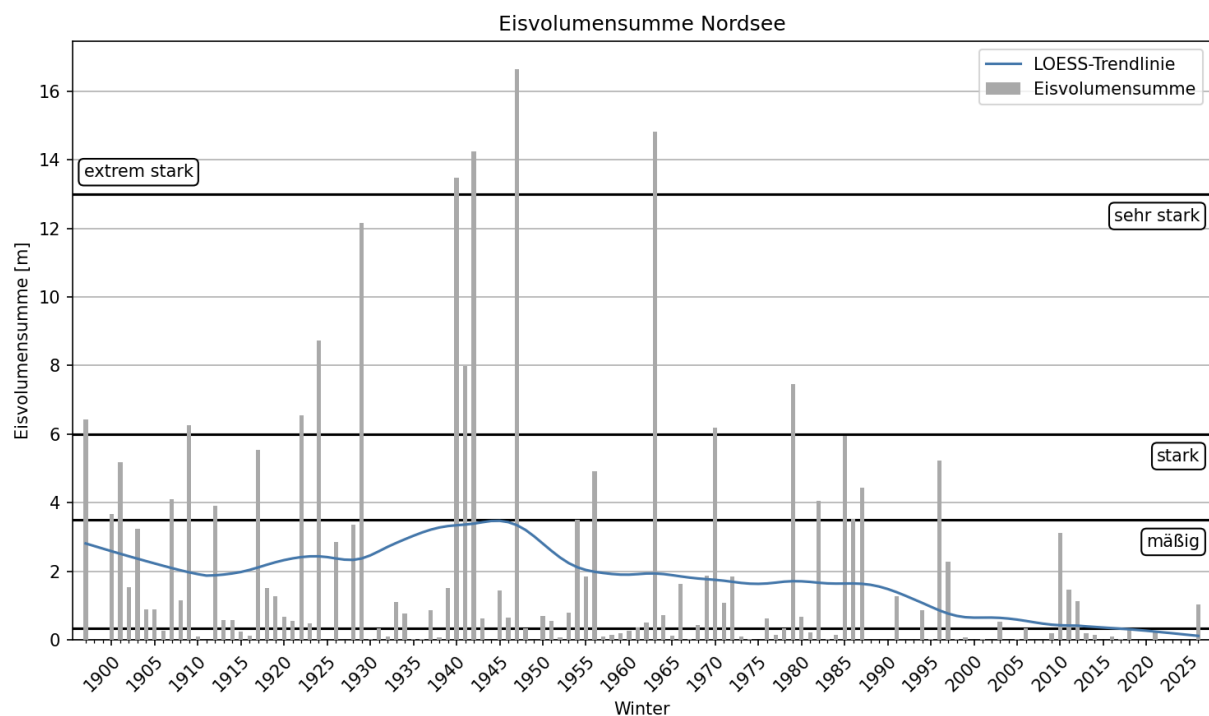


Abbildung 31: Zeitreihe der Eisvolumensummen seit 1897 von 13 Eisbeobachtungsstationen an der deutschen Nordseeküste als Maß für die Eiswinterstärke (Eisvolumensumme [m]: jährlich akkumulierte Eiskonzentration multipliziert mit Eisdicke).
Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

IMPRESSUM

Autorinnen und Autoren (alphabetisch)

BAW: C. Rasquin, M. Schröder, R. Seiffert, H. Stachel
BfG: M. Frassl, G. Hübner, E. Nilson, D. Schwandt, C. Viergutz, O. Rößler
BSH: W. Aldenhoff, J. Brauch, C. Hinrichs, F. Janssen, T. Kruschke, J. Möller
DWD: F. Bär, A. Becker, M. Beyer, S. Buchholz, T. Detels, J. Drücke, K. Friedrich, F. Hansen,
K. Lengfeld, T. Leppelt, J. Michaelis, T. Möller, D. Niermann, R. Posada, M. Rauthe
EWK: F. Böttcher

Redaktion

L. Klippel (DWD), A. Becker (DWD), K. Friedrich (DWD), F. Böttcher (EWK)

Gestaltung und Satz

U. Klasen (DWD)

Abbildungsnachweis

© Deutscher Wetterdienst (DWD) (wenn nicht anders gekennzeichnet)

Abbildung: 7, 16, 17, 19 © Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Abbildung: 18, 29 © Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

Abbildung: 26, 27, 28, 30, 31 © Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Kontakt

Email: klimaanalyse@dwd.de

Zitiervorschlag

Deutscher Wetterdienst / Extremwetterkongress (2026): *Was wir über das Extremwetter in Deutschland wissen. Ausgabe 2026*. 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

BfG (2021): Die Niedrigwassersequenz der Jahre 2015 bis 2018 in Deutschland – Analyse, Einordnung und Auswirkungen. Mitteilungen Nr. 35, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz; 412 S. DOI: 10.5675/BfG_Mitteilungen_35.2021

BfG (2026): Das Hochwasserjahr 2024 in Mitteleuropa. Dokumentation und Analyse. BfG-Mitteilungen, 0038. Koblenz. ISSN 1431 – 2409; DOI: 10.5675/BfG_Mitteilungen_38.2026

Beyer, M., Wapler, K., Kühne, T., (2026): Tornadoes in Germany: intensity, temporal and spatial distribution. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 34, No. 4; DOI 10.1127/metz/1276.

Meteorologische Zeitschrift, Vol. 32, No. 4; <https://dx.doi.org/10.1127/metz/2023/1150>

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 (2026a): Die Shared Socioeconomic Pathways (SSPs);
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel_neu/gestern_heute_morgen/klimaprojektionen/_node_ssp_szenarien.html

Deutscher Wetterdienst (2026b): Kernaussagen zu den Klimaprojektionen;
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel_neu/gestern_heute_morgen/klimaprojektionen/_node_kernaussagen.html

Deutscher Wetterdienst (2026c): Hitzewelle wie zuvor im Mittelmeerraum beobachtet trifft Deutschland im Juni 2026; https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/260713/hitzewelle_deutschland-juni-2026.html

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-messbeginn.pdf

Drücke, J., Bär, F., Kaspar, F.: Energiewetter im Jahr 2025: Meteorologischer Jahresrückblick auf energierelevante Wetterelemente. Deutscher Wetterdienst, 2026;
<https://www.dwd.de/energiewetter>

Drücke, M. et al. White Christmas in Germany? A High-Resolution Snow Climatology since 1950 (SNOWRAS v1.0). Unveröffentlichtes eingereichtes Manuskript für HESS.

ESWD, 2025: Suchbefehl ausgeführt am 7. September 2026;
<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%3A00.000Z%22%2C%22endDateTime%22%3A%220689-12-31T07%3A49%3A00.000Z%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>

FAO (2026): AQUASTAT. FAO global information system on water resources and agricultural water management; <https://data.apps.fao.org/aquastat/>

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>

Hamed, K. H., und Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of Hydrology, 204(1–4), 182–196. DOI: [10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)

IKSR. 2024. Entwicklung der Rheinwassertemperaturen von 1978 bis 2023; <https://www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte/fachberichte-einzeldarstellung/301-entwicklung-der-rheinwassertemperaturen-von-1978-bis-2023>

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; <https://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

Klein, B. et al. (2018). Deutsche Bucht mit Tideelbe und Lübecker Bucht. In: von Storch, H., Meinke, I., Claußen, M. (eds) Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg; https://doi.org/10.1007/978-3-662-55379-4_4

- 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>
- Meyer und Rudolph (2026). Untersuchungen zur Sturmflut 16./17.02.1962 unter heutigen und zukünftigen Randbedingungen, Die Küste, accepted
- 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
- 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., Laverne, 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., Wjiffels, 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>
- Schwandt, D., Hübner, G., Zavarisky, A., Fricke, K. 2019. Projektbericht: Wassertemperatur des Rheins bei Koblenz im Sommer 2018. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 63(1): 60-63.
- UBA (2026): Wasserressourcen und ihre Nutzung; <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung>
- 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>
- WMO (2026). WMO-No. 1391; <https://doi.org/10.59327/WMO/S/CRI/SOC/1>