

Meteorologischer Jahresrückblick energierelevanter Wetterelemente für das Jahr 2022

Bär, F.¹ | Kaspar, F.¹

¹: Deutscher Wetterdienst / BMDV-Expertennetzwerk Themenfeld 5 „Erneuerbare Energien“

1 Einleitung

Die Elektrizitätserzeugung durch die erneuerbaren Energieträger Wind und Sonne ist abhängig von den aktuellen Wetterverhältnissen. Auch die Energieerzeugung durch Wasserkraft, sowie der Energieverbrauch werden durch Wetterverhältnisse beeinflusst. Um die Energieerzeugung des zurückliegenden Jahres in Deutschland im Kontext der meteorologischen Verhältnisse einordnen zu können, liefert dieses Dokument einen Jahresrückblick auf energierelevante meteorologische Parameter und eine Einordnung in die langjährigen Verhältnisse. Der erste Abschnitt widmet sich den beiden Parametern Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung. Für den Wind bezieht sich die Auswertung auf eine Höhe von 100 m und verwendet dazu Daten aus dem Reanalysedatensatz ERA5, da die bodennahen Messungen der konventionellen Wetterstationen mit ihrer typischen Messhöhe von 10 m für die Windenergie nur eingeschränkt aussagekräftig sind. Der zweite Abschnitt widmet sich den Parametern Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer. Diesem Abschnitt liegen die stationsbasierten Auswertungen der Klimaüberwachung des DWD zugrunde. Die Einordnung in die langjährigen Verhältnisse erfolgt dabei jeweils für den gesamten Zeitraum, für den die jeweiligen Datensätze verfügbar sind, unterscheidet sich also abhängig von der jeweiligen Datenquelle.

Sofern der Zeitraum 1961-1990 vorhanden ist, werden diese 30 Jahre als Referenzzeitraum verwendet (siehe dazu auch: Kaspar et al. (2021)). Im Fall der Globalstrahlung kommt der Zeitraum 1991-2020 als Referenzzeitraum zum Einsatz.

2 Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung

Die Windgeschwindigkeit in der Höhe von 100 m und die Globalstrahlung, die den Erdboden erreicht, sind die beiden essenziellen meteorologischen Parameter zur Bewertung der Energieerzeugung durch Windkraft und Photovoltaik. Der Jahresrückblick beider Parameter ermöglicht die Einordnung des vergangenen Jahres und dessen Energiepotenzials in die langjährigen Verhältnisse.

2.1 Windgeschwindigkeit

Die deutschlandweit gemittelte Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe war im Jahr 2022 stärker als im vorigen Jahr 2021, jedoch schwächer als 2020 und 2019. Mit 5,6 m/s im deutschlandweiten jährlichen Mittel (abgeleitet aus dem Reanalyse-Datensatz ERA5) ist 2022 ein durchschnittliches Jahr der mittleren Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe zwischen 1950 bis 2022 (Abbildung 2-1). Betrachtet man die Anomalie der mittleren deutschlandweite Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe (Abbildung 2-2), stellt sich eine leicht negative Abweichung zum Referenzzeitraum 1961-1990 dar. Die Monate Januar, Februar und April wiesen eine positive Anomalie auf, wobei die mittlere Windgeschwindigkeit im Monat Februar mit durchschnittlich 9,04 m/s nahe am Februar 2020, der mit 9,11 m/s die höchste Windgeschwindigkeit im Februar zwischen 1950 und 2022 aufwies. Der weiteren Monate waren windschwächer als die des Referenzzeitraums. März, Juni, August und Dezember weisen eine negative Anomalie unter dem 25 %-Quantil auf. Der März 2022 war mit 4,95 m/s der windschwächste März der Statistik 1950-2022 und ungefähr 1,2 m/s windschwächer als das Mittel des Referenzzeitraums 1961-1990. Der Winter 2021/2022 war damit windstärker als das 75 %-Quantil der Jahre 1950-2022. Die anderen Jahreszeiten waren windschwächer als das Mittel des Referenzzeitraums.

Abbildung 2-3 zeigt die Zeitreihe der mittleren Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe über ganz Deutschland gemittelt (blau) und über das Norddeutsche Tiefland¹ gemittelt (grün). In Abbildung 2-4 ist die Zeitreihe der Windgeschwindigkeit in 100 m über die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) Deutschlands in Nord- und Ostsee zu sehen.

Die deutschlandweite Verteilung der prozentualen Abweichung der 100 m Windgeschwindigkeit im Jahr 2022 zeigt eine positive Abweichung von bis zu 5 % über dem vieljährigen Mittel 1961-1990 im Süden Bayerns und Baden-Württembergs sowie im nördlichsten Teil Schleswig-Holstein (Abbildung 2-5). Die größte negative Abweichung ist mit etwa -6,5 % in Westdeutschland zu finden.

Datengrundlage für die Auswertung sind die Datensätze ERA5 (1979-2021: Hersbach et al. (2020)), sowie die ‚ERA5 back extension‘ (‚ERA5-BE‘, 1950-1978: Bell et al. (2021)) des europäischen Copernicus-Klimawandeldienstes (C3S). Bzgl. des Zeitraums 1950 bis 1978 ist zu beachten, dass der Datensatz ERA5-BE derzeit durch C3S als vorläufige Version bezeichnet wird und Schwächen bei einzelnen Aspekten identifiziert wurden, wie beispielsweise der Repräsentation tropischer Zyklone.

¹ „Norddeutsches Tiefland“ bezieht sich hier auf die naturräumliche Gliederung, wie sie beispielsweise auch im „Nationalen Klimareport“ des Deutschen Wetterdienstes genutzt wird. Es handelt sich um die Kombination der Regionen „Nordwestdeutsches und Nordostdeutsches Tiefland“ (siehe Karte auf Seite 15 in: Nationaler Klimareport; 6. überarbeitete Auflage, Deutscher Wetterdienst, 53 Seiten)

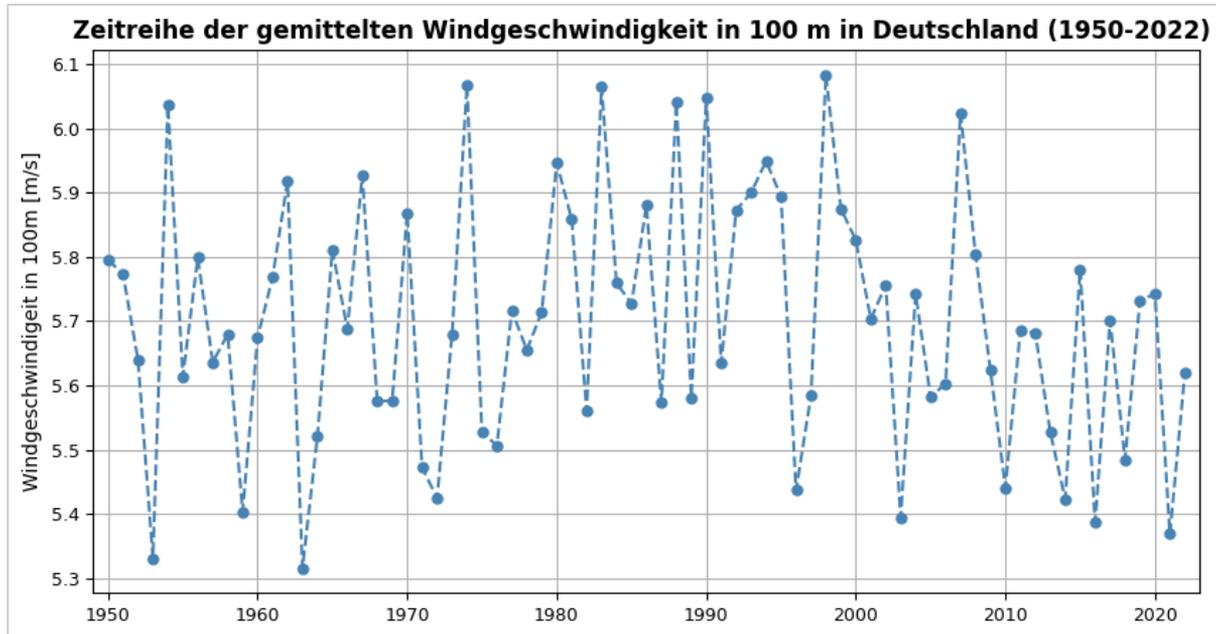


Abbildung 2-1 | Zeitreihe der gemittelten Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe in Deutschland in m/s im Zeitraum von 1950 bis 2022. (Auswertung des Deutschen Wetterdienstes auf Basis der globalen Reanalysen ERA5 und ERA5-BE des Copernicus Klimawandeldienstes (C3S), (Bell et al. 2021, Hersbach et al. 2020)

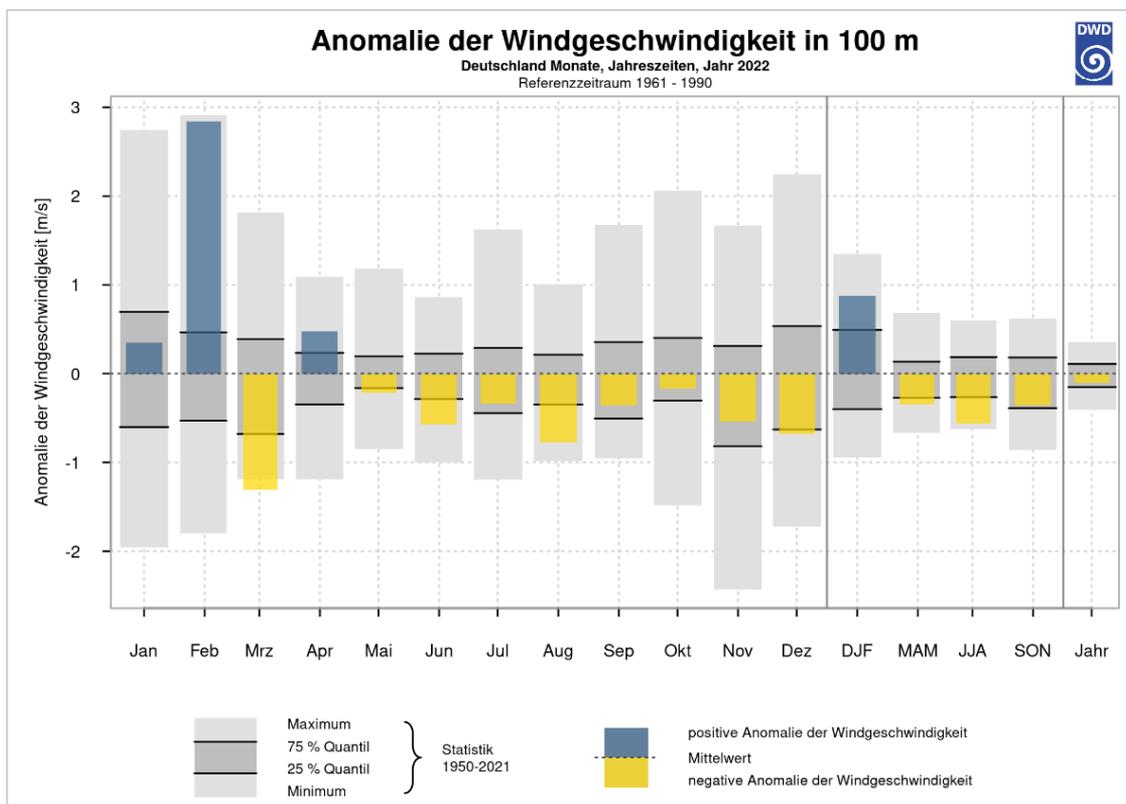


Abbildung 2-2 | Anomalie der Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe des Jahres 2022 als Abweichung von der Referenzperiode 1961-1990 (blau/gelb) und die statistische Einordnung im Vergleich zum Zeitraum 1950-2021 (grau). (Auswertung des Deutschen Wetterdienstes auf Basis der Datengrundlage wie in Abbildung 2 1: ERA5 & E-RA5-BE).

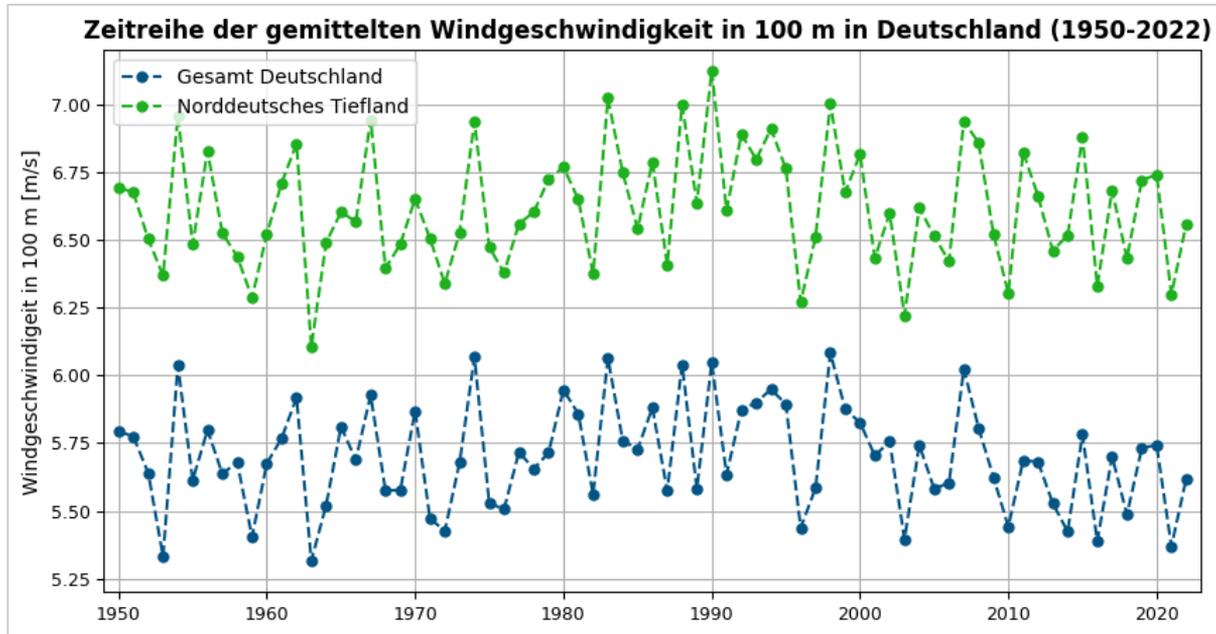


Abbildung 2-3 | Zeitreihe der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe von 1950 bis 2022 auf Grundlage des ERA5-Datensatzes und ERA5-BE über Deutschland gemittelt (blau) und über dem Norddeutschen Tiefland (grün) gemittelt.

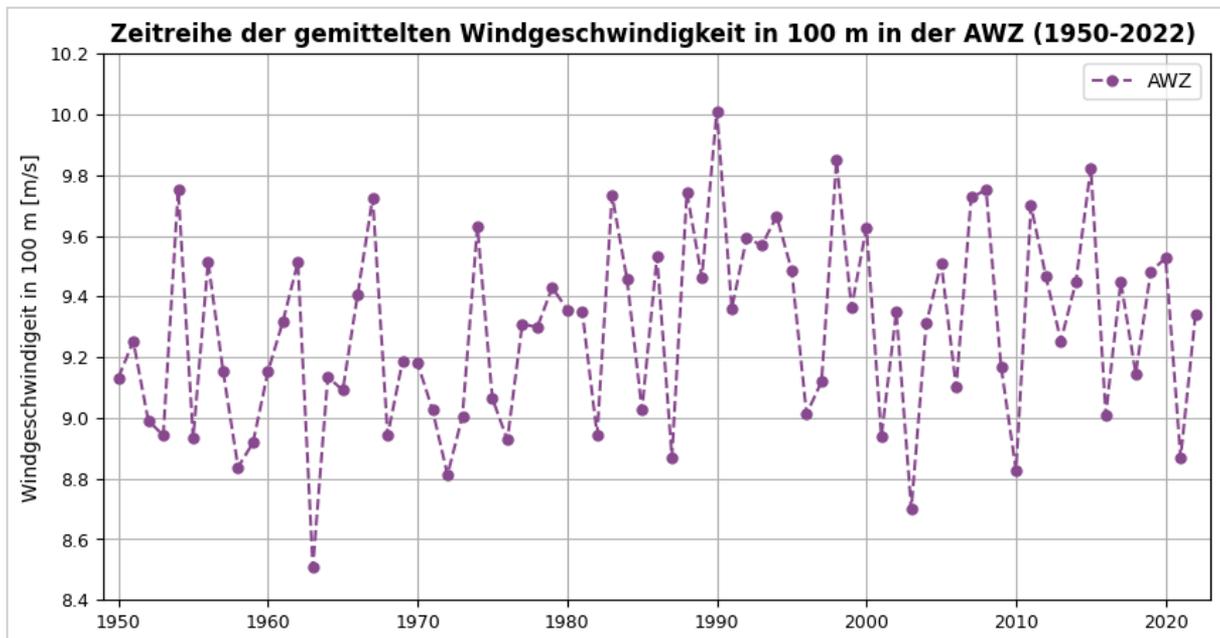


Abbildung 2-4 | Zeitreihe der gemittelten Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe in der AWZ in m/s im Zeitraum von 1950 bis 2022. (Auswertung des Deutschen Wetterdienstes auf Basis der globalen Reanalysen ERA5 und ERA5-BE des Copernicus Klimawandeldienstes (C3S), (Bell et al., 2021; Hersbach et al., 2020)).

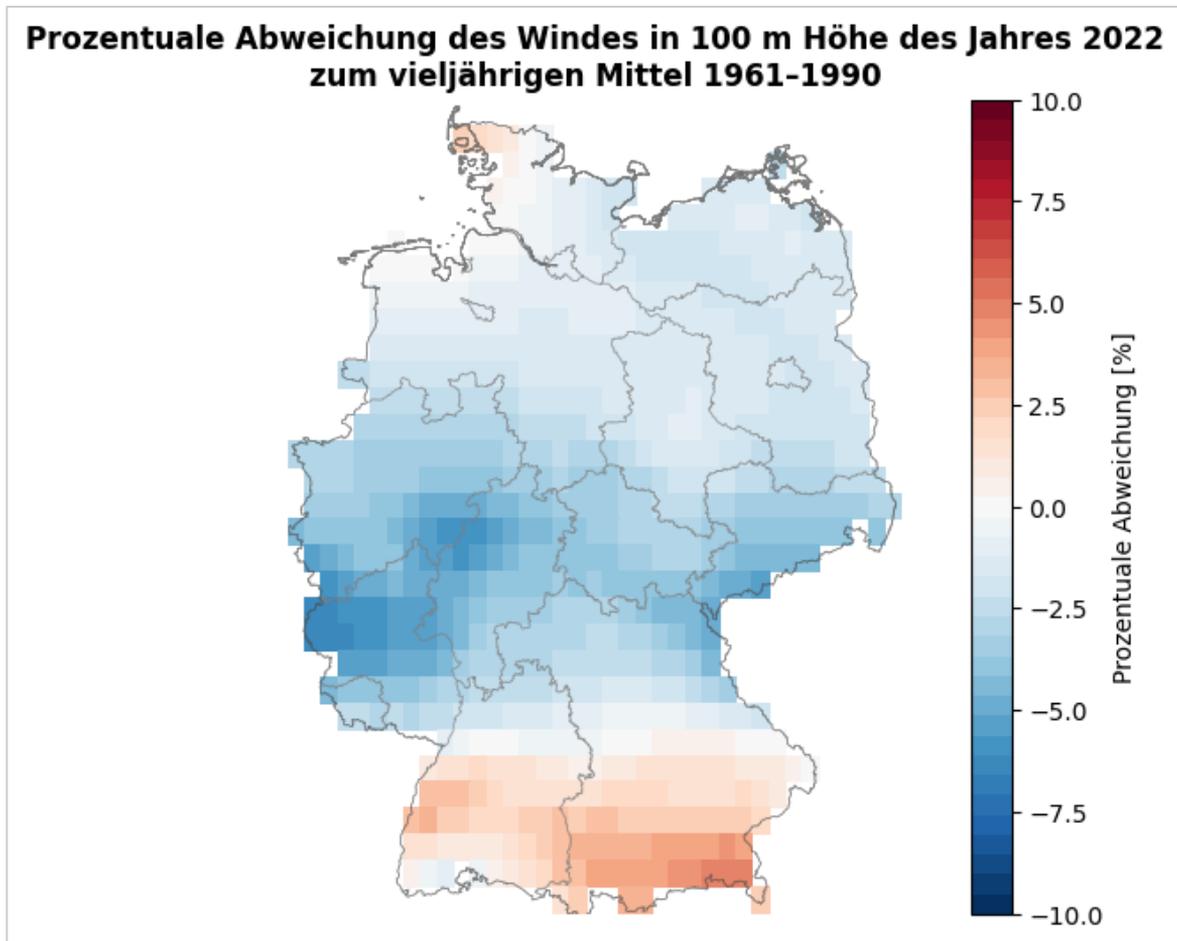


Abbildung 2-5 | Karte der deutschlandweiten Abweichung der mittleren Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe vom Mittel des Referenzzeitraums 1961-1990. Datengrundlage wie in Abbildung 2-1.

2.2 Globalstrahlung

Das Jahr 2022 war mit 1227 kWh/m^2 das globalstrahlungsreichste Jahr seit Beginn der Auswertung 1991. Es übertraf die bisher strahlungsstarken Jahre 2003 um 2,5 % und 2018 um 1,7 % (Abbildung 2-6). In den Monaten Januar und Dezember war die am Boden gemessene Globalstrahlung schwächer als im Referenzzeitraum 1991-2020 (Abbildung 2-7). Während der Dezember nur eine leichte negative Anomalie zeigt, wies der Januar eine Anomalie von mehr als 10 % auf. Die weiteren Monate zeigen alle eine positive Abweichung zum Referenzzeitraum. Besonders auffallend ist dabei der März, der mit 111 kWh/m^2 die bisher globalstrahlungsreichen Monate März in den Jahren 2003, 2011 und 2020 mit jeweils etwa 94 kWh/m^2 um fast 20 % überragt. Das Mittel des Referenzzeitraums wird um mehr als 40 % überboten. Die deutschlandweite Verteilung der Jahressumme war im Vergleich zum vieljährigen Mittel des Referenzzeitraums 1991-2020 zwischen 4 % und 19 % erhöht (Abbildung 2-8). Die maximale Abweichung ist im Zentrum Deutschlands zu finden.

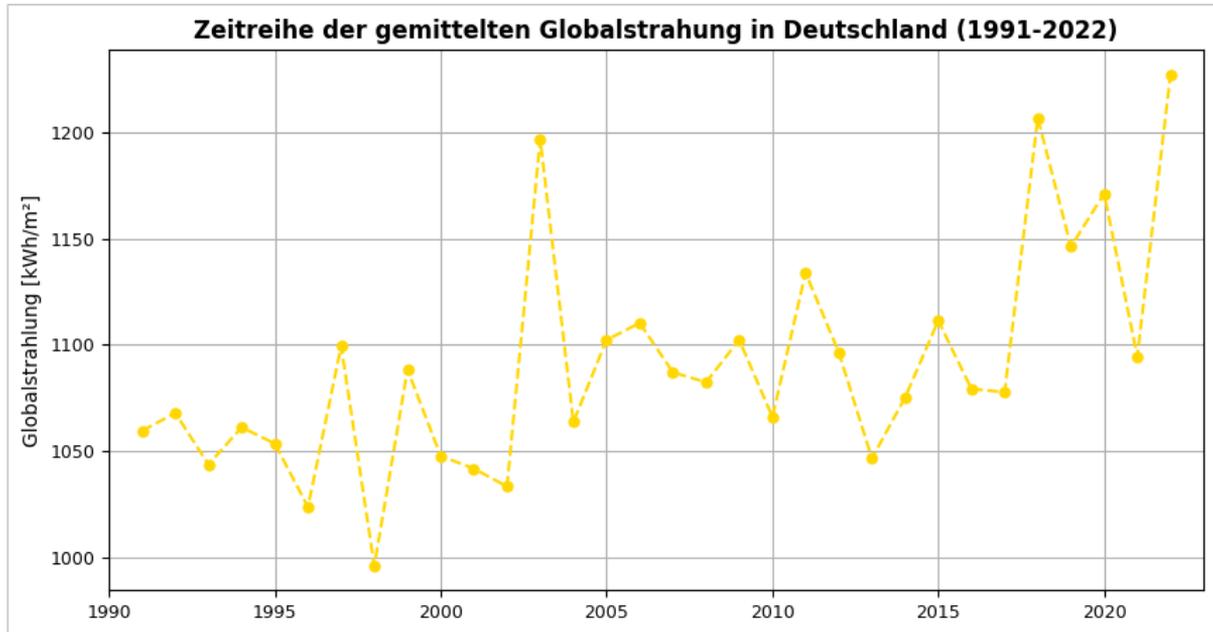


Abbildung 2-6 | Zeitreihe der gemittelten Globalstrahlung in Deutschlands in kWh/m² von 1991 bis 2022. Daten-grundlage: Rasterdaten der Jahressumme für die Globalstrahlung auf die horizontale Ebene für Deutschland basierend auf Boden- und Satellitenmessungen, Deutscher Wetterdienst, Climate Data Center, verfügbar unter diesen [Link](#).

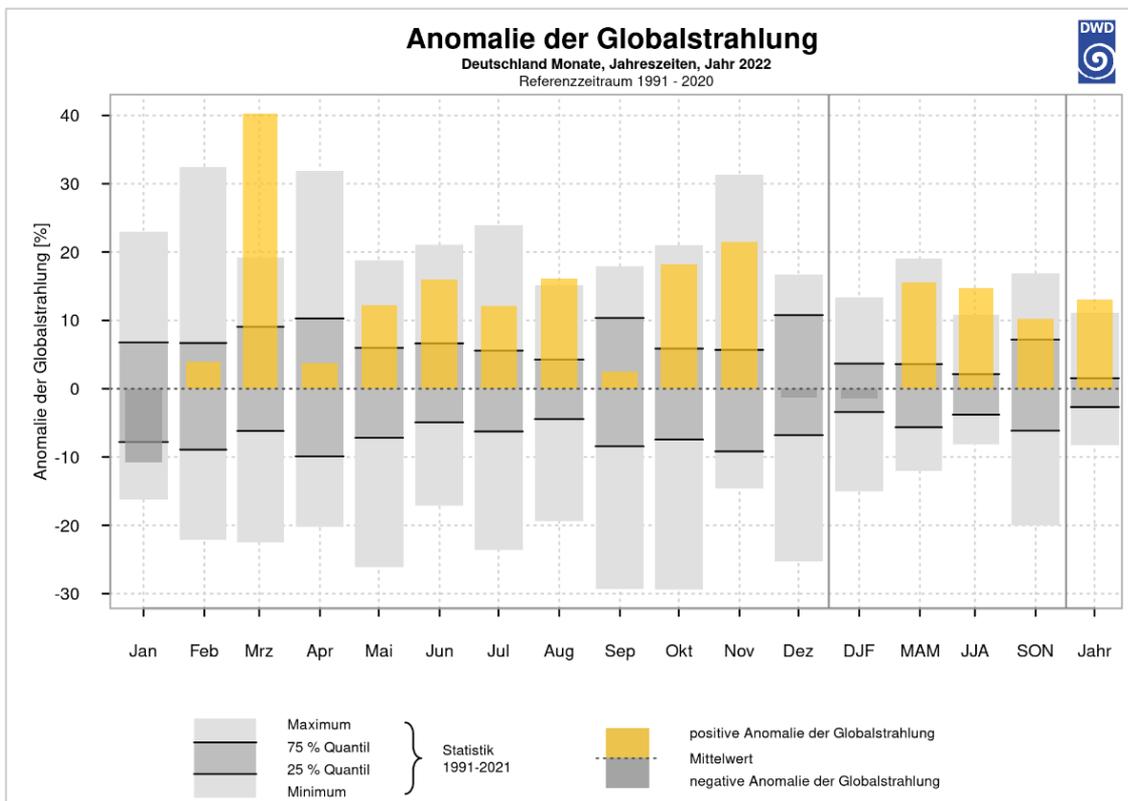


Abbildung 2-7 | Anomalie der Globalstrahlung im Jahr 2022 als Abweichung von der Referenzperiode 1991-2020 (gelb/dunkelgrau) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren 1991-2021 (grau). Datengrundlage wie in Abbildung 2-6, hier in monatlicher Auflösung.

Prozentuale Abweichung der Globalstrahlungssumme des Jahres 2022 zum vieljährigen Mittel 1991-2020

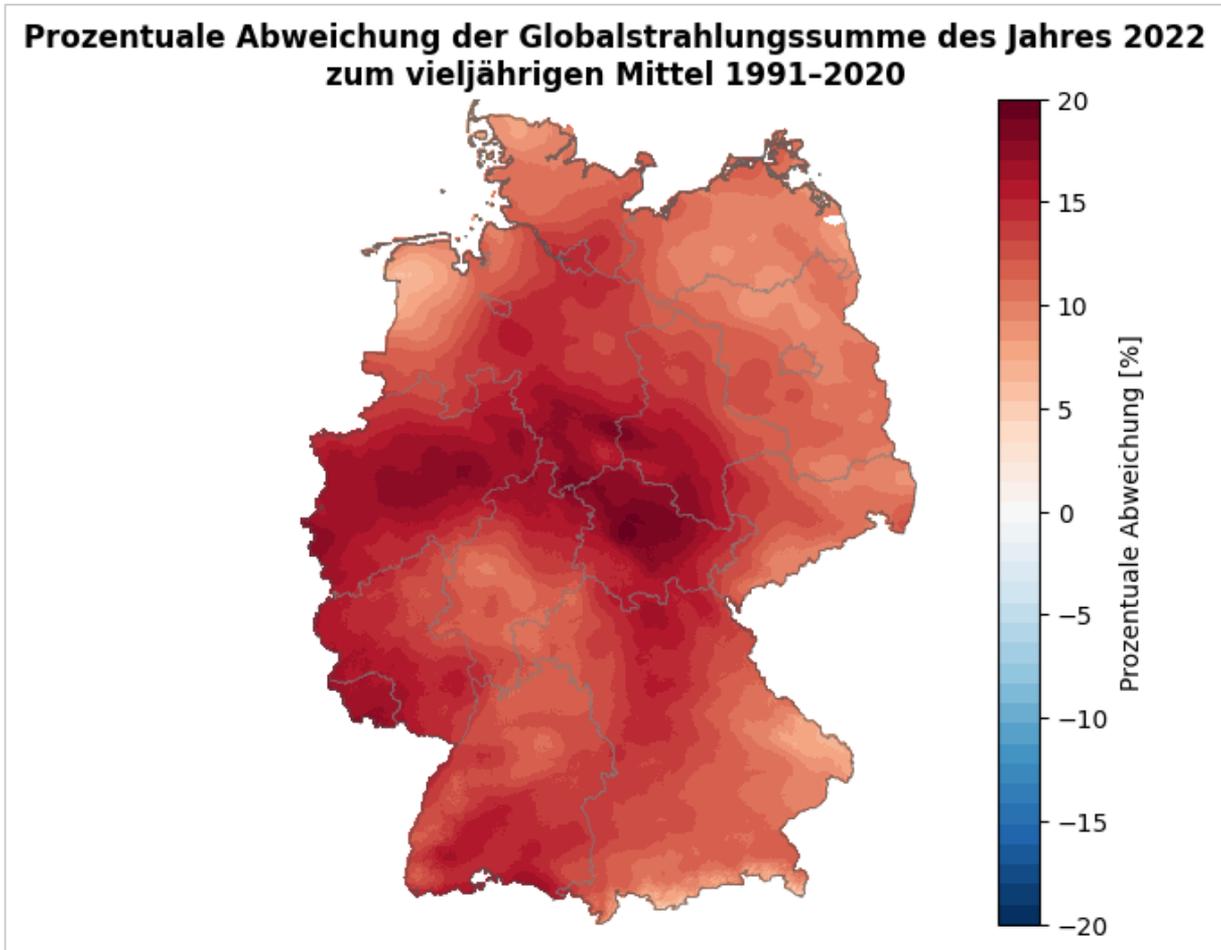


Abbildung 2-8 | Deutschlandkarte der Globalstrahlungssumme des Jahres 2022 in prozentualer Abweichung zum Referenzzeitraum 1991-2020. Datengrundlage wie in Abbildung 2-6.

2.3 Gemeinsame Betrachtung von Wind und Strahlung

Wind und Sonne ergänzen sich in Deutschland gut in ihrem durchschnittlichen Jahresverlauf (zu einer generellen Betrachtung dieser Thematik siehe auch: Kaspar et al., 2019). Abbildung 2-9 liefert eine Illustration dieses Sachverhalts auf Basis der monatlichen Daten der letzten elf Jahre. Diese gemeinsame Betrachtung von Globalstrahlung und der Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe verdeutlicht die Ergänzung zwischen hohen Globalstrahlungswerten im Sommer und erhöhte Windgeschwindigkeiten in den Wintermonaten. Auffällig sind dabei auch die besonders hohen Windgeschwindigkeiten im Winter 2021/2022 (Abbildung 2-9). Im Winter 2019/2020 gab es ähnlich hohe Windgeschwindigkeiten in 100 m Höhe im Deutschlandmittel. Im Zusammenspiel mit hohen Globalstrahlungswerten im Sommer 2022 ergänzten sich Strahlung und Wind als energierelevante Wetterelemente im Jahr 2022 sehr gut.

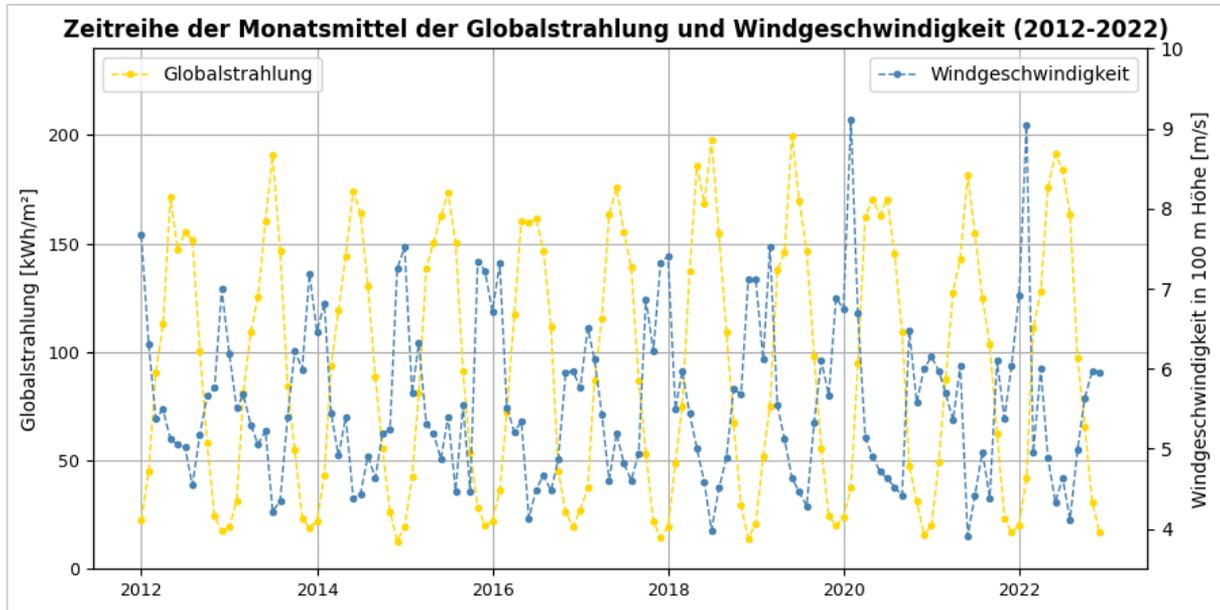


Abbildung 2-9 | Zeitreihe der Monatsmittel der Parameter Globalstrahlung in kWh/m² und Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe in m/s der letzten 11 Jahre (2012 bis 2022). Datengrundlage wie in Abbildung 2-1 und Abbildung 2-6.

3 Sonnenscheindauer, Temperatur und Niederschlag

Die Parameter Sonnenscheindauer, Temperatur in 2 m und Niederschlag komplementieren den Jahresrückblick. Diese Auswertungen stammen aus der Klimaüberwachung des DWD und dienen dort der allgemeinen klimatologische Einordnung des Jahres, sind aber auch für die Bewertung verschiedener Aspekte im Energiesektor relevant, beispielsweise im Kontext des Heizenergiebedarfs oder des Wasserkraftpotentials. Weitere Details zu diesen Auswertungen sind im klimatologischen Rückblick auf 2022 zu finden (Imbery et al. 2023), sowie unter den [Zeitreihen](#) des Deutschen Wetterdienstes. Die Auswertungen basieren auf den Beobachtungen aus dem Messnetz des DWD und seiner Vorgängerorganisationen (Kaspar et al., 2013; Kaspar et al. (2023)) und decken jeweils den Zeitraum seit Beginn systematischer Beobachtungen ab (im Fall von Temperatur und Niederschlag: 1881, im Fall der Sonnenscheindauer: 1951; siehe auch: Kaspar und Mächel (2017)). Die Stationsdaten, sowie die abgeleiteten Rasterfelder und Gebietsmittelwerte sind im [OpenData-Angebot](#) des DWD zugänglich.

3.1 Sonnenscheindauer

Die deutschlandweit gemittelte Sonnenscheindauer des Jahres 2022 weist mit 2024 Stunden die meisten Sonnenscheinstunden seit Beginn der Zeitreihe auf. Damit wurde das bisherige Spitzenjahr 2018 mit 2015 Sonnenstunden übertroffen (Abbildung 3-1). 2022 lag etwa 31 % über dem Mittel der Referenzperiode 1961-1990. Lediglich der Monat Januar wies weniger Sonnenstunden als das Mittel der Referenzperiode auf (Abbildung 3-2). Alle weiteren Monate zeigen eine positive Anomalie, wobei der März analog zur Globalstrahlung der sonnenscheinreichste März seit Beginn der Datenzeitreihe 1950 war. Er überbot das Mittel des Referenzzeitraums um 111 %.

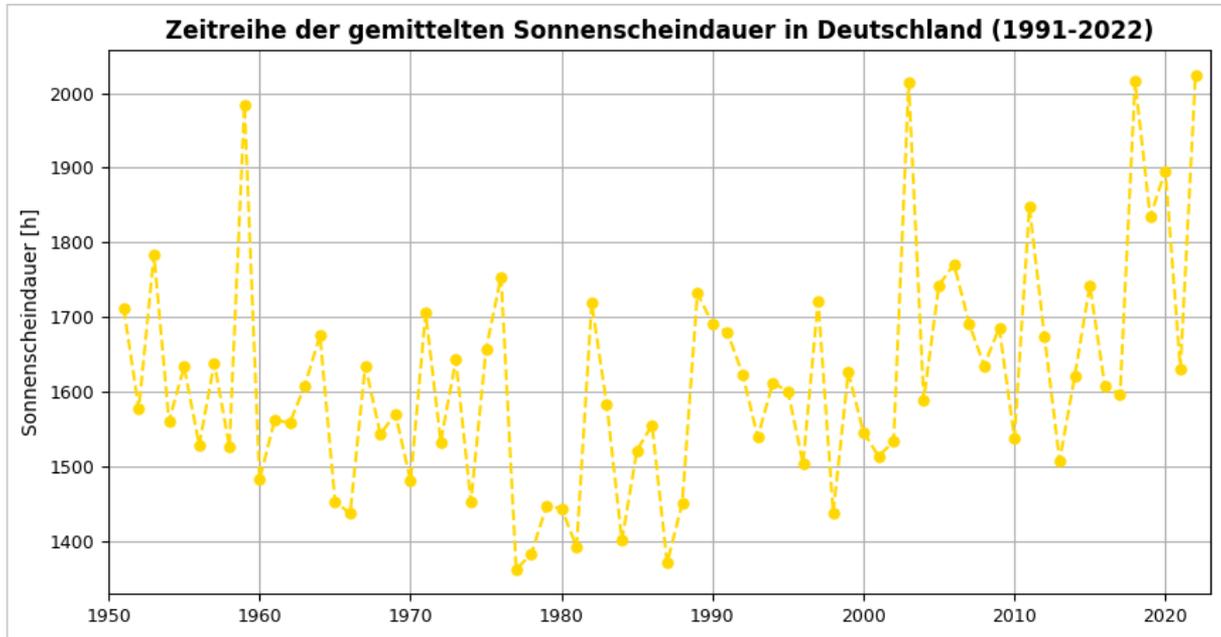


Abbildung 3-1 | Zeitreihe der gemittelten Sonnenscheindauer Deutschlands in h von 1951 bis 2022.

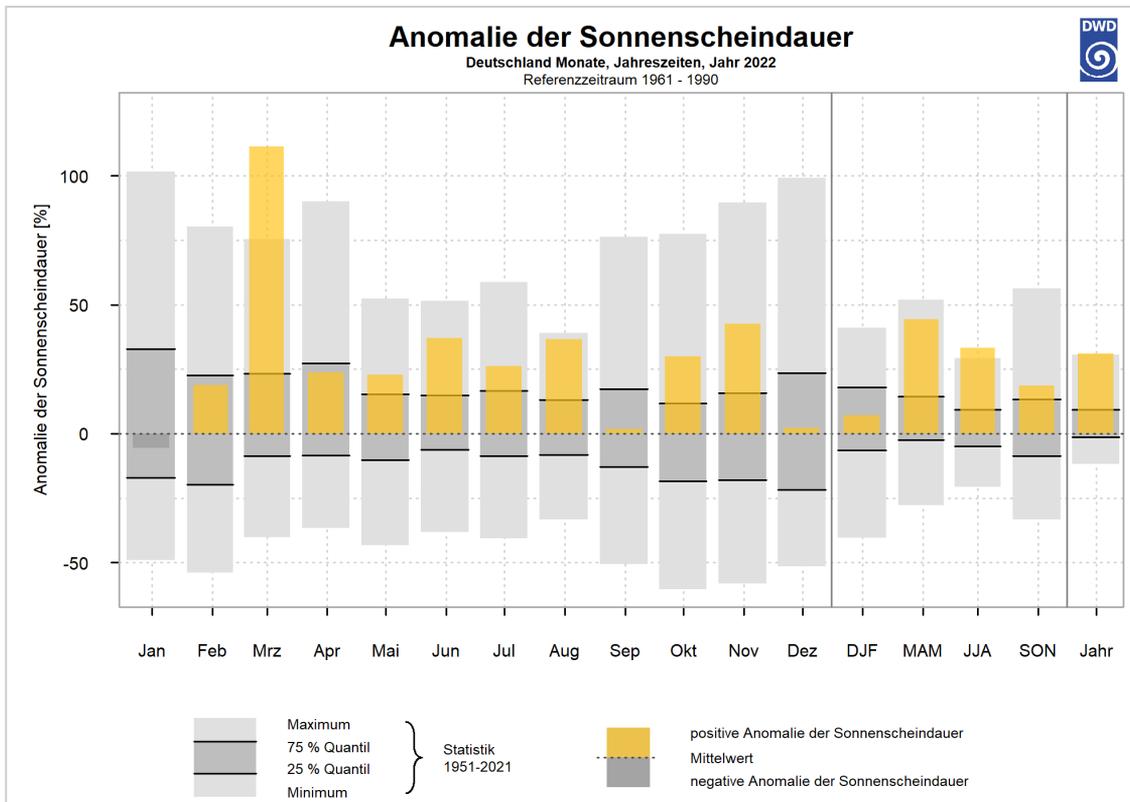


Abbildung 3-2 | Anomalie der Sonnenscheindauer im Jahr 2022 als Abweichung von der Referenzperiode 1961 bis 1990 (gelb/dunkelgrau) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren im Zeitraum 1951-2021 (grau).

3.2 Temperatur

Die deutschlandweite Mitteltemperatur lag im Jahr 2022 bei ca. 10,5 °C, womit 2022 gemeinsam mit 2018 deutschlandweit eines der beiden wärmsten Jahr seit Beginn systematischer Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 war (Abbildung 3-3)². Alle Monate des Jahres 2022 zeigen eine positive Temperatur-anomalie im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961-1990. Der September zeigt dabei die geringste Temperaturanomalie und liegt fast im Mittel des Referenzzeitraums. Die Monate März, April, September und Dezember waren im Mittel als einzige Monate unter dem 75 %-Quantil wärmer als das Mittel des Referenzzeitraums. Kein Monat war im Mittel der wärmste Monat seit Beginn der Temperaturzeitreihe 1881.

² Da der DWD zur Bestimmung der Reihenfolge nur eine Nachkommastelle einbezieht, belegen 2022 und 2018 derzeit gemeinsam den ersten Platz in der Liste der wärmsten Jahre.

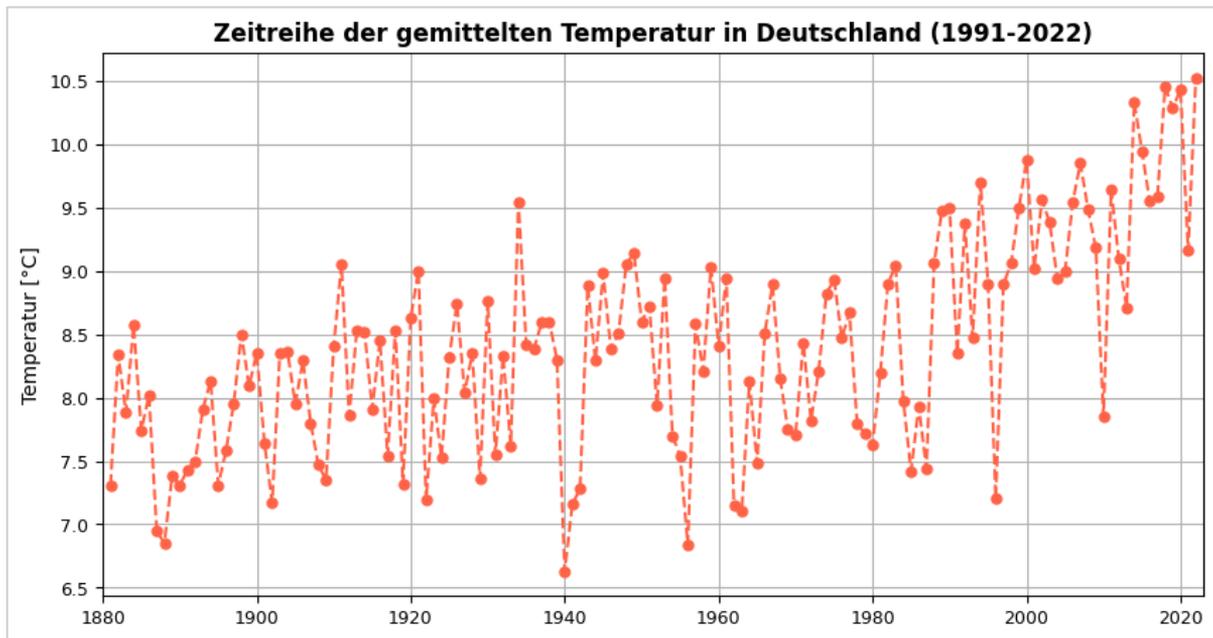


Abbildung 3-3 | Zeitreihe der mittleren Jahrestemperatur Deutschlands in °C von 1881 bis 2022. Aufgrund der Unsicherheiten durch Stationsverlegungen und Messgerätewechsels wird die durchschnittliche Temperatur für die Bezeichnung der wärmsten Jahre auf eine Nachkommastelle gerundet. So sind 2022 zusammen mit 2018 die wärmsten Jahre.

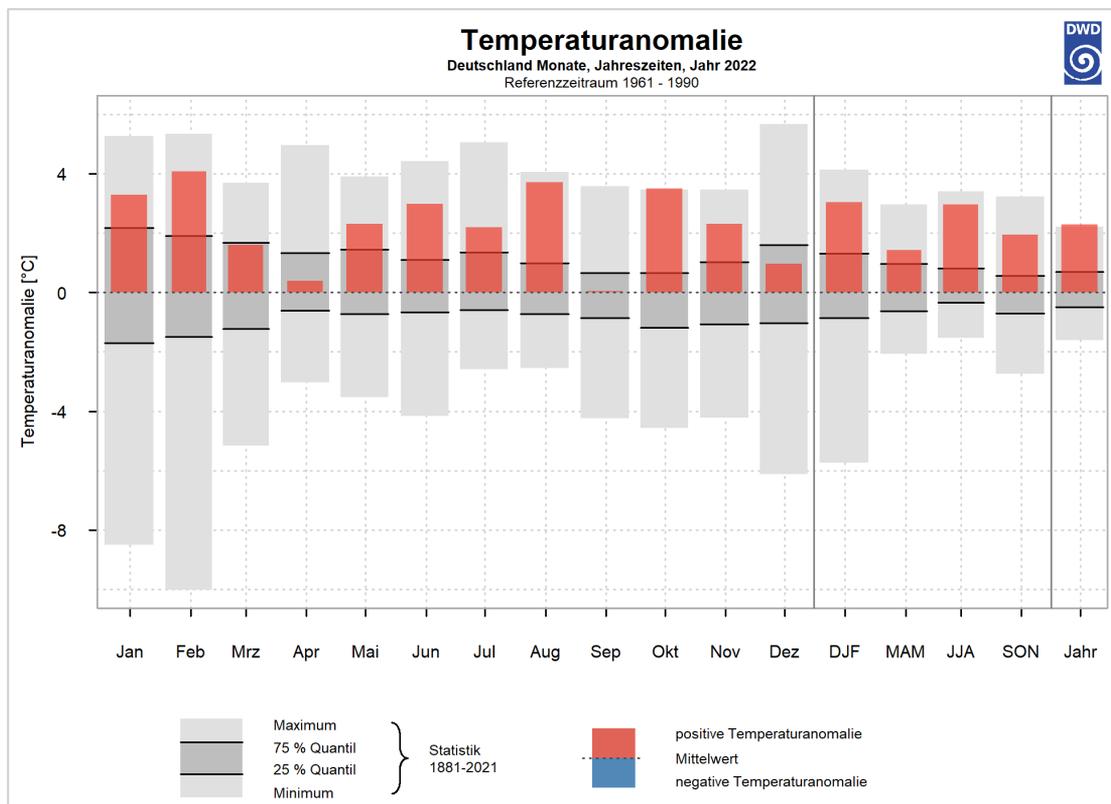


Abbildung 3-4 | Temperaturanomalie im Jahr 2022 als Abweichung von der Referenzperiode 1961-1990 (rot/blau) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren im Zeitraum 1881-2021 (grau).

3.3 Niederschlag

Der deutschlandweite mittlere Niederschlag des Jahres 2022 reiht sich mit etwa 670 mm als eher trockenes Jahr ein (Abbildung 3-5). Es war insgesamt etwa 15 % trockener als das vieljährigen Mittel der Jahre 1961-1990 (Abbildung 3-6), was einem Defizit von etwa 120 mm entspricht. Die Abweichung lag damit unter dem 25 %-Quantil des Mittels des Referenzzeitraums. Die Monate Februar und September waren als einzige Monate nasser als die deutschlandweiten Mittelwerte des Referenzzeitraums. Alle weiteren Monate waren trockener als das referenzierte Mittel, wobei die Monate März und Juli eine besonders hohe negative Anomalie im Vergleich zum Mittel des Referenzzeitraums.

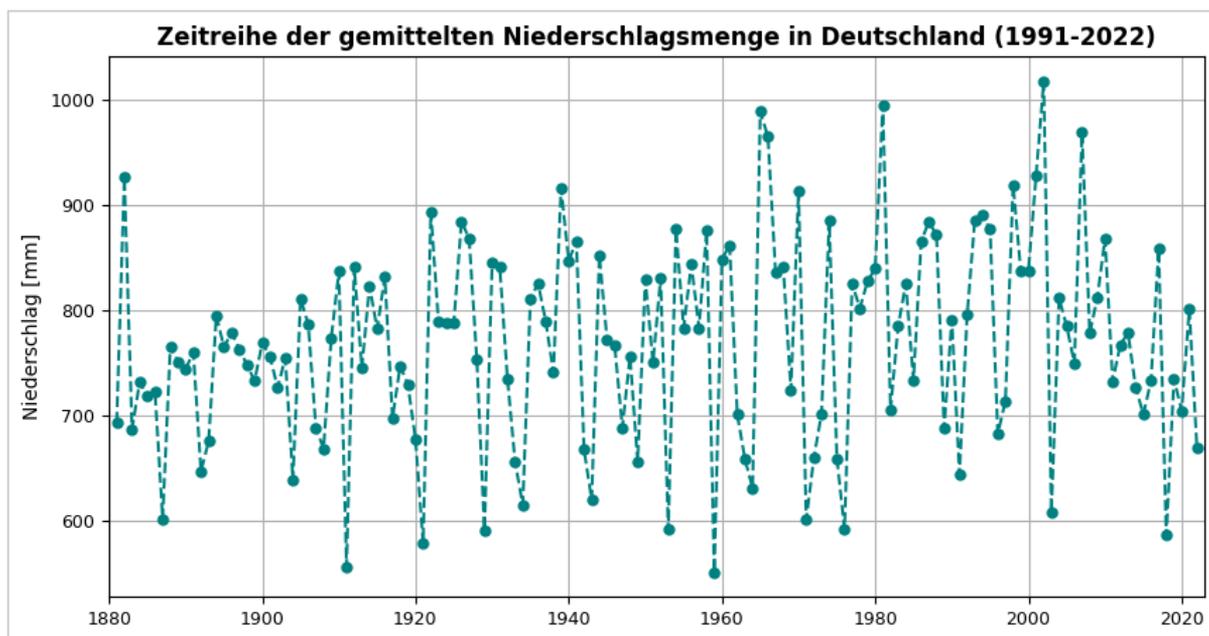


Abbildung 3-5 | Zeitreihe der gemittelten Niederschlagsmenge Deutschlands in mm von 1881 bis 2022.

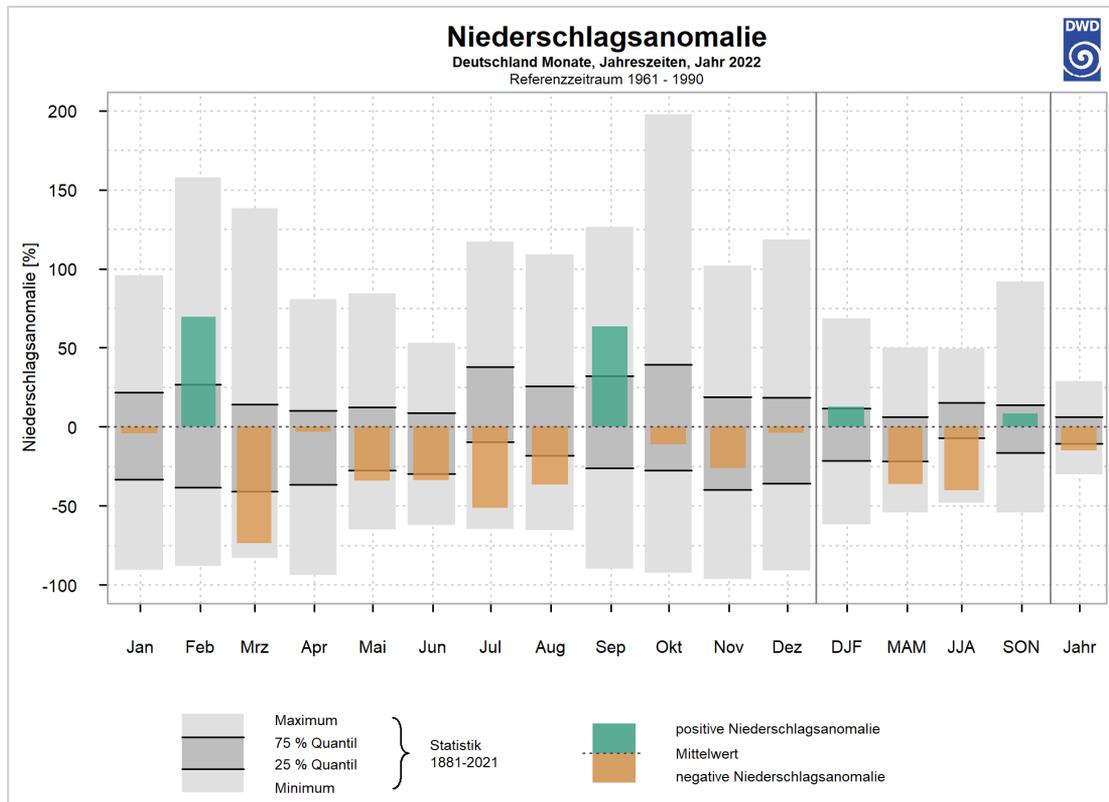


Abbildung 3-6 | Niederschlagsanomalie im Jahr 2022 als Abweichung von der Referenzperiode 1961-1990 (grün/braun) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren im Zeitraum 1881-2021 (grau).

4 Referenzen und weiterführende Informationen

- Bell B, Hersbach H, Simmons A, Berrisford P, Dahlgren P, Horányi A, Muñoz-Sabater J, Nicolas J, Radu R, Schepers D, Soci C, Villaume S, Bidlot J-R, Haimberger L, Woollen J, Buontempo C und Thépaut J-N (2021) The ERA5 global reanalysis: Preliminary extension to 1950. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 147(741), 4186-4227.
- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, Hirahara S, Horányi A, Muñoz-Sabater J, Nicolas J, Peubey C, Radu R und Schepers D (2020) The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 146(730), 1999-2049.
- Imbery F, Friedrich K, Fleckenstein R, Plückhahn B, Brömser A, Bissolli P, Daßler J, Haeseler S, Rustemeier E, Ziese M, Breidenbach J-N, Fränkling S, Trentmann J und Kaspar F (2023) Klimatologischer Rückblick auf 2022: Das sonnenscheinreichste und eines der beiden wärmsten Jahre in Deutschland.
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/230123/download_jahresrueckblick-2022.pdf?blob=publicationFile&v=1
- Kaspar F und Mächel H (2017) Beobachtung von Klima und Klimawandel in Mitteleuropa und Deutschland. In: BRASSEUR GP, JACOB D und SCHUCK-ZÖLLER S (eds), Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, pp. 17-26. DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_3
- Kaspar F, Friedrich K und Imbery F (2021) Nutzung klimatologischer Referenzperioden ab 2021 - Empfehlungen der WMO und Umsetzung in der DWD-Klimaüberwachung., Mitteilungen DMG. Deutsche Meteorologische Gesellschaft, pp. 9-10. https://www.dmg-ev.de/wp-content/uploads/2021/06/2_2021_online.pdf
- Kaspar F, Friedrich K und Imbery F (2023) Observed temperature trends in Germany: Current status and communication tools, Meteorologische Zeitschrift, angenommen.

Stand: 20. März 2023

Zitiervorschlag:

Bär, F., Kaspar, F.: Meteorologischer Jahresrückblick energierelevanter Wetterelemente für das Jahr 2022. Deutscher Wetterdienst / BMDV-Expertennetzwerk, 2023.

Nutzungsbedingungen:

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz:



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. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Danksagung:

Die Auswertungen und die Erstellung der Grafiken wurden von Michael Borsche (DWD) und Karsten Friedrich (DWD) unterstützt. Die Arbeiten des BMDV-Expertennetzwerks „Wissen – Können – Handeln“ wurden durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert.