

# Meteorologischer Jahresrückblick energierelevanter Wetterelemente für das Jahr 2021

Bär, F.<sup>1</sup> | Kaspar, F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: 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 Photovoltaik und Windkraft. 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 2021 schwach ausgeprägt. Mit 5,3 m/s im deutschlandweiten jährlichen Mittel (abgeleitet aus dem Reanalyse-Datensatz ERA5) war 2021 das windschwächste Jahr der Zeitreihe der letzten Jahre, wobei in den vergangenen 70 Jahren zwei windschwächere Jahre existierten (Abb. 1). Die mittlere deutschlandweite Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe war damit geringer als das 25%-Quantil der Statistik 1950-2020 (Abb. 2). Im Jahr 2021 waren einzig die Monate Mai, August und Oktober windiger als die Monate der Referenzperiode 1961-1990, wobei der Monat Mai deutlich windiger war als der Mai der Referenzperiode mit einer positiven Anomalie von etwa 1 m/s (Abb. 2). In allen anderen Monaten war der Wind in 100 m Höhe sehr schwach ausgeprägt. Lediglich das Frühjahr (März, April, Mai) war geringfügig windiger als das Frühjahr des Referenzzeitraums. Die weiteren Jahreszeiten erwiesen sich mit einer niedrigen mittleren Windgeschwindigkeit, die geringer als das 25%-Quantil der Statistik 1950-2020 war, als sehr windschwach.

Datengrundlage für die Auswertung sind die Datensätze ERA5 (1979-2021: Hersbach et al., 2020), sowie die ‚ERA5 back extension‘ (‚ERA5-BE‘, 1950-1978: Ball 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.

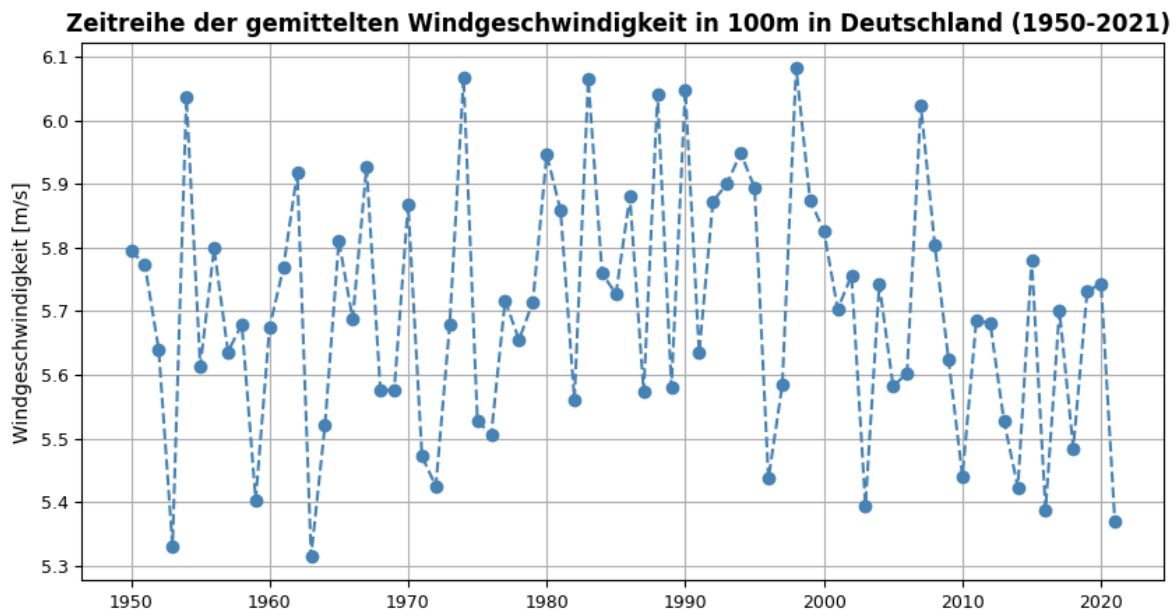


Abb. 1: Zeitreihe der gemittelten Windgeschwindigkeit in 100m Höhe in Deutschland in m/s im Zeitraum von 1950 bis 2021. (Auswertung des Deutschen Wetterdienstes auf Basis der globalen Reanalysen ERA5 und ERA5-BE des Copernicus Klimawandeldienstes (C3S), Hersbach et al., 2020; Ball et al., 2021).

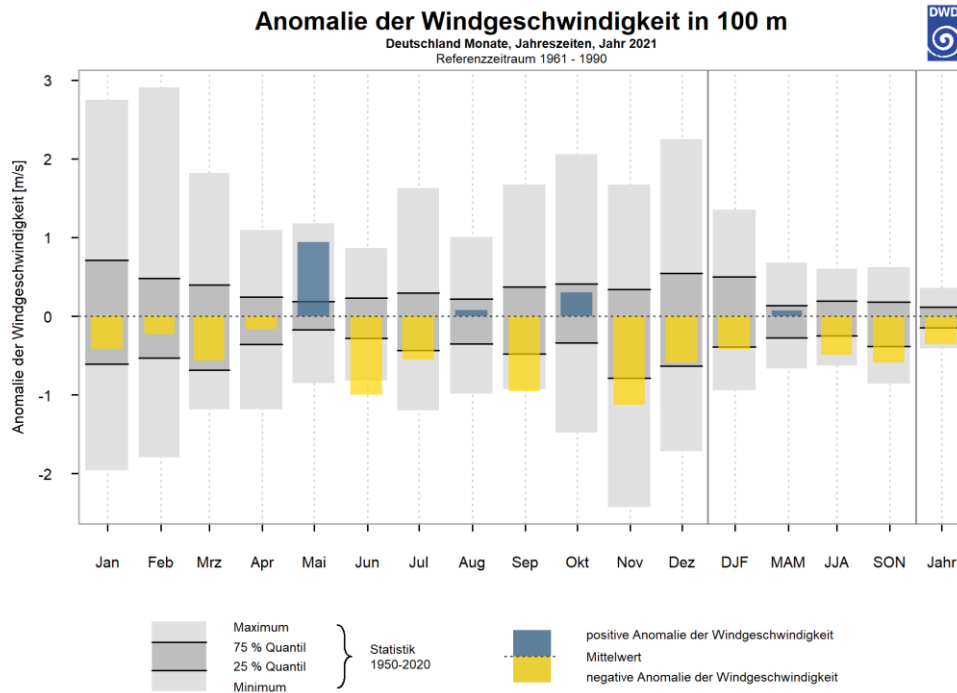


Abb. 2: Anomalie der Windgeschwindigkeit in 100m Höhe des Jahres 2021 als Abweichung von der Referenzperiode 1961-1990 (blau/gelb) und die statistische Einordnung im Vergleich zum Zeitraum 1950-2020 (grau). (Auswertung des Deutschen Wetterdienstes auf Basis der Datengrundlage wie in Abbildung 1: ERA5 & ERA5-BE).

## 2.2 Globalstrahlung

Die deutschlandweite mittlere Globalstrahlung des Jahres 2021 war mit 1094 kWh/m<sup>2</sup> zwar niedriger als in den drei Jahren zuvor (Abb. 3), aber etwa 1% stärker als die Globalstrahlung des Referenzzeitraums 1991-2020 (Abb. 4). Die Globalstrahlung der Monate Januar, Mai, Juli, August, November und Dezember war geringer als das Monatsmittel des Referenzzeitraums 1991-2020. Die Jahreszeiten Winter, Frühjahr und Sommer zeigen eine negative Anomalie der Globalstrahlung. Lediglich der Herbst zeichnete sich durch eine positive Globalstrahlungsabweichung aus. Der Februar sticht mit einer hohen Globalstrahlungsabweichung von etwa +20% hervor.

**Zeitreihe der gemittelten Globalstrahlung in Deutschland (1991-2021)**

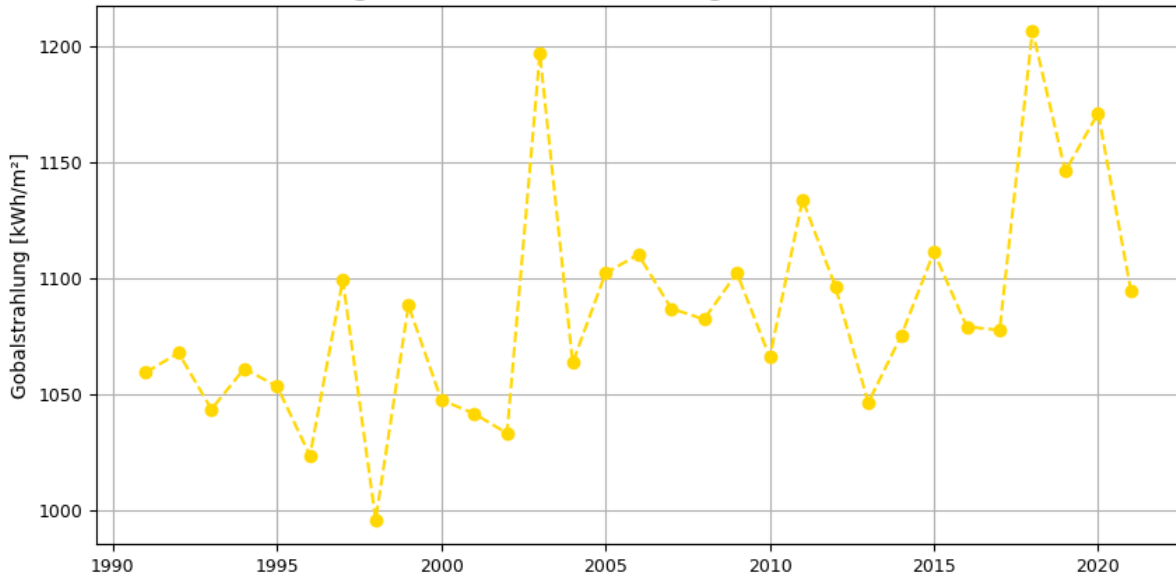


Abb. 3: Zeitreihe der gemittelten Globalstrahlung in Deutschlands in kWh/m<sup>2</sup> von 1991 bis 2021. Datengrundlage: Rasterdaten der Jahressumme für die Globalstrahlung auf die horizontale Ebene für Deutschland basierend auf Boden- und Satellitenmessungen, Deutscher Wetterdienst, Climate Data Center, verfügbar unter: [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/grids\\_germany/annual/radiation\\_global/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/annual/radiation_global/)

**Anomalie der Globalstrahlung**

Deutschland Monate, Jahreszeiten, Jahr 2021  
Referenzzeitraum 1991 - 2020

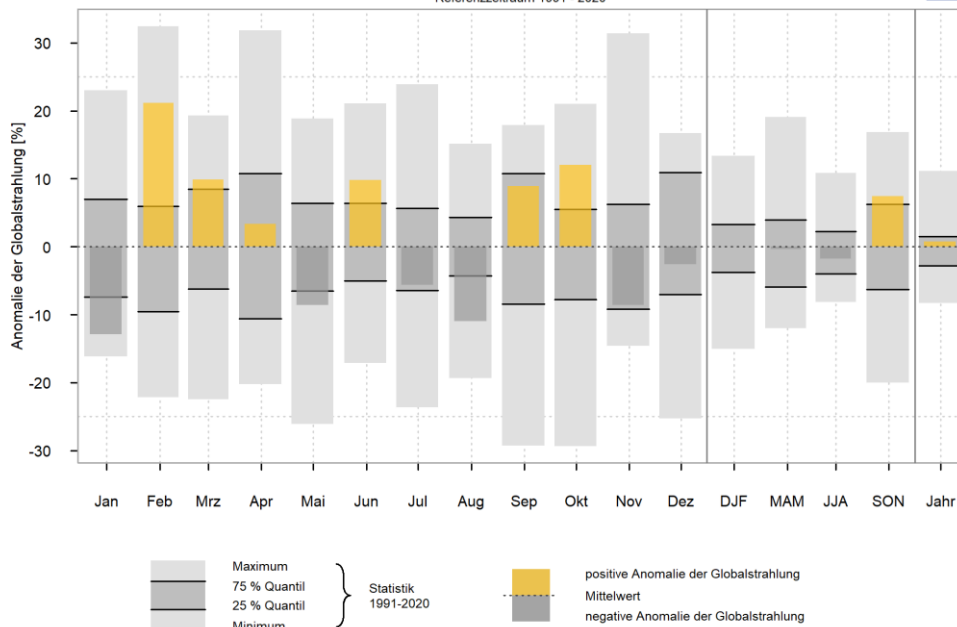


Abb. 4: Anomalie der Globalstrahlung im Jahr 2021 als Abweichung von der Referenzperiode 1991-2020 (gelb/dunkelgrau) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren 1991-2020 (grau). Datengrundlage wie in Abb. 3, hier in monatlicher Auflösung.

## 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 5 liefert eine Illustration dieses Sachverhalts auf Basis der monatlichen Daten der letzten 10 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 vergleichsweise niedrigen Windgeschwindigkeiten im Winter 2020/2021 (Abb. 5). Die Globalstrahlung des Jahres 2021 weist keine Auffälligkeiten auf.

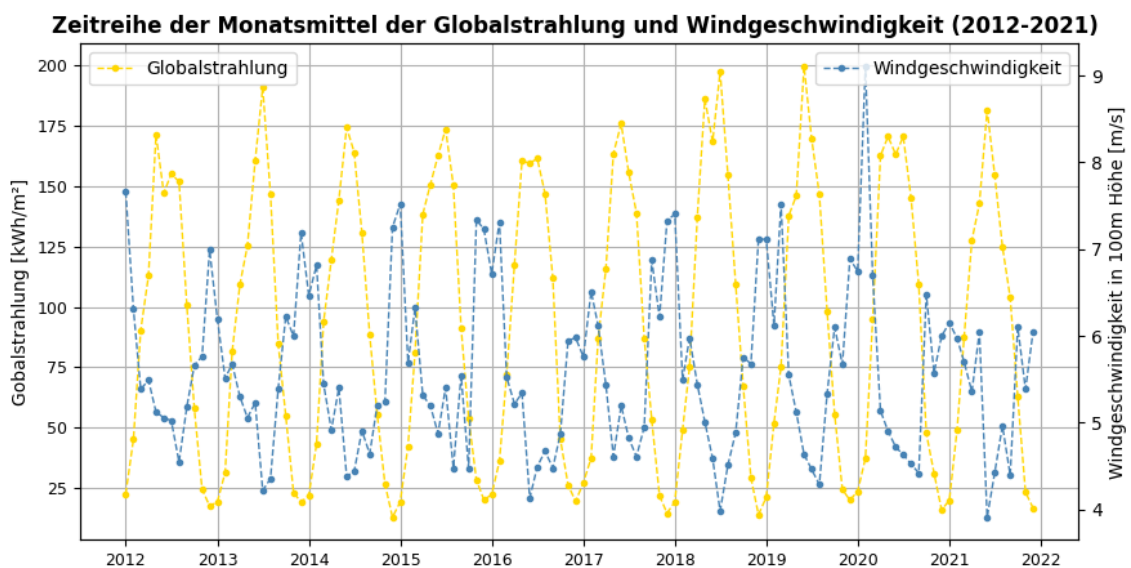


Abb. 5: Zeitreihe der Monatsmittel der Parameter Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup> und Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe in m/s der letzten 10 Jahre (2012 bis 2021). Datengrundlage wie in den Abbildungen 1 bis 4.

## 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 finden sich im jeweils aktuellen Klimastatusbericht (Deutscher Wetterdienst, 2022), sowie unter <https://www.dwd.de/zeitreihen>. Die Auswertungen basieren auf den Beobachtungen aus dem Messnetz des DWD und seiner Vorgängerorganisationen (Kaspar et al., 2013) 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 ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/)).

### 3.1 Sonnenscheindauer

Die deutschlandweit gemittelte Sonnenscheindauer des Jahres 2021 weist ähnliche Merkmale wie die Globalstrahlung des Jahres auf. Sie lag etwa 5% über dem Mittel der Referenzperiode 1961-1990 und war damit niedriger als die vorigen drei Jahre (2018-2020), jedoch höher als die zwei Jahre davor (Abb. 6). Die Monate Januar, Mai, Juli, August und November präsentierten sich mit wenigen Sonnenscheinstunden im Vergleich zu den jeweiligen Monaten des Referenzzeitraums (Abb. 7). Der Dezember 2021 lag sehr nah am Mittel der Sonnenscheinstunden des Referenzzeitraums. Der Februar war mit einer positiven Anomalie von +50% ein besonders sonniger Februar im Vergleich zu den durchschnittlichen Werten der Vergleichsperiode. Der Sommer (Juni, Juli, August) lag trotz der sonnenscheinarmen Monate Juli und August im Mittel, während die übrigen Jahreszeiten sonnenscheinreicher als die Jahreszeiten des Referenzzeitraums waren.

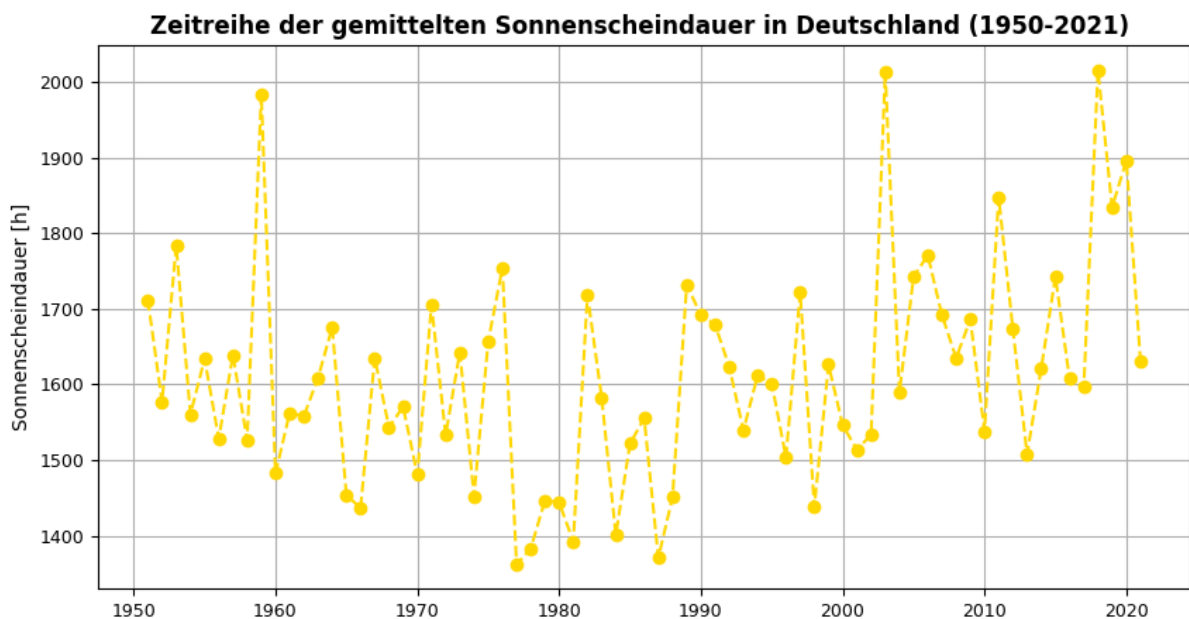


Abb. 6: Zeitreihe der gemittelten Sonnenscheindauer Deutschlands in h von 1951 bis 2021.

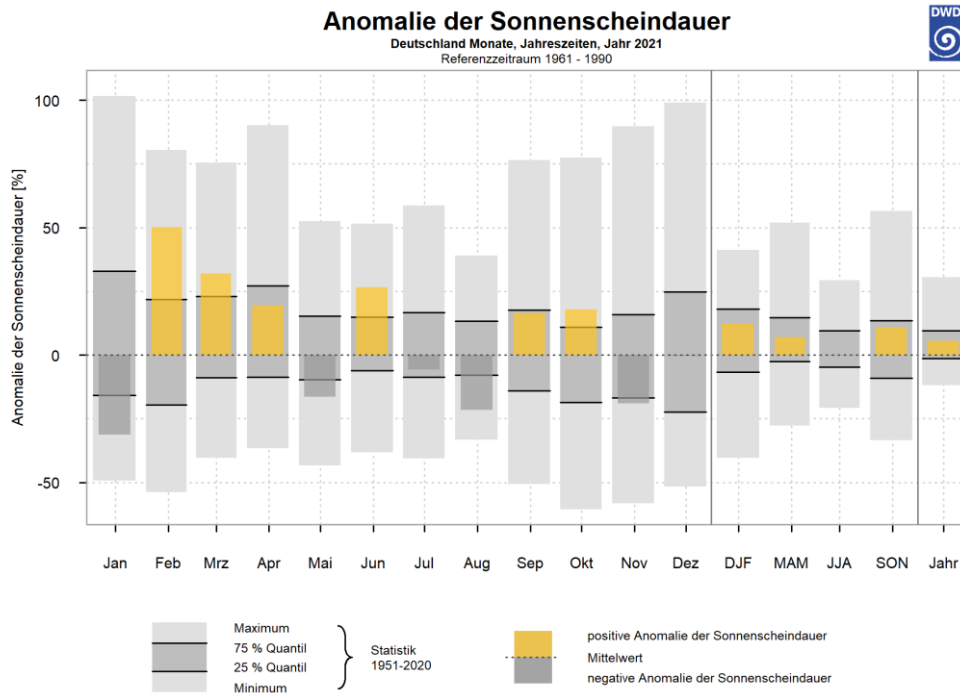


Abb. 7: Anomalie der Sonnenscheindauer im Jahr 2021 als Abweichung von der Referenzperiode 1961-1990 (gelb/dunkelgrau) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren im Zeitraum 1951-2020 (grau).

### 3.2 Temperatur

Die deutschlandweite Mitteltemperatur lag im Jahr 2021 bei ca. 9,2 °C, wodurch 2021 kühler als die letzten sieben Jahre war (Abb. 8). Im Vergleich zum vieljährigen Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990 war 2021 dennoch 0,9 °C wärmer. Die Temperatur der Monate April, Mai und August waren niedriger als die Monate der Vergleichsperiode. Dies führt zu einem kälteren Frühling (März, April, Mai) als das vieljährige Mittel der Frühlingsmonate (Abb. 9).

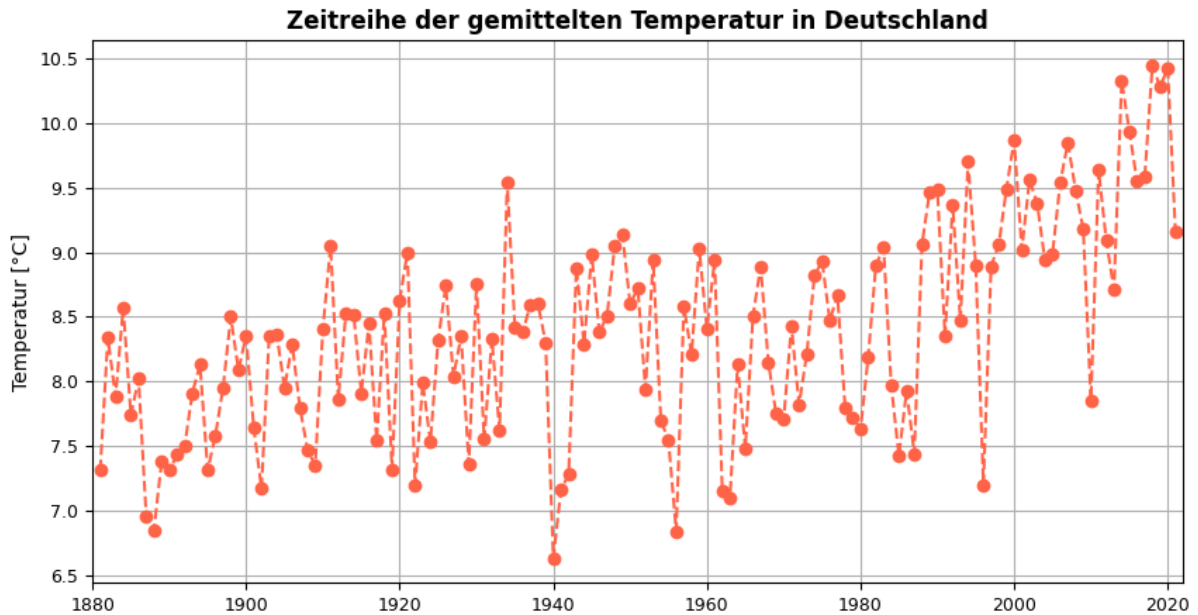


Abb. 8: Zeitreihe der mittleren Jahrestemperatur Deutschlands in °C von 1881 bis 2021.

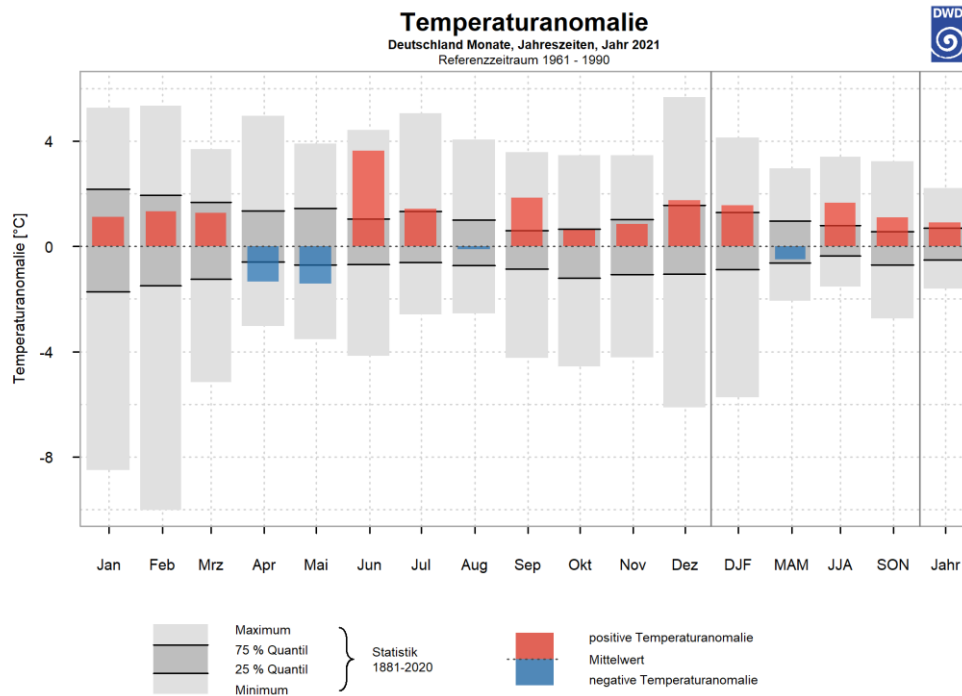


Abb. 9: Temperaturanomalie im Jahr 2021 als Abweichung von der Referenzperiode 1961-1990 (rot/blau) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren im Zeitraum 1881-2020 (grau).



### 3.3 Niederschlag

Der deutschlandweite mittlere Niederschlag des Jahres 2021 reiht sich mit etwa 800 mm in die Zeitreihe der vorigen 30 Jahre als durchschnittlich feuchtes Jahr ein (Abb. 10). Es war insgesamt nur geringfügig, etwa 1,5 %, feuchter als das vieljährigen Mittel der Jahre 1961-1990 (Abb. 11). Die Sommermonate (Juni, Juli, August) zeigten sich sehr feucht, ebenso der Januar und Mai. Die Monate April und September waren trockener als das 25%-Quantil der Jahre 1881-2020. Der März und die Wintermonate waren ebenfalls trockener als die Monate der Referenzperiode 1961-1990, während der Niederschlag des Februars nur sehr gering unter dem Mittel der Referenzperiode lag.

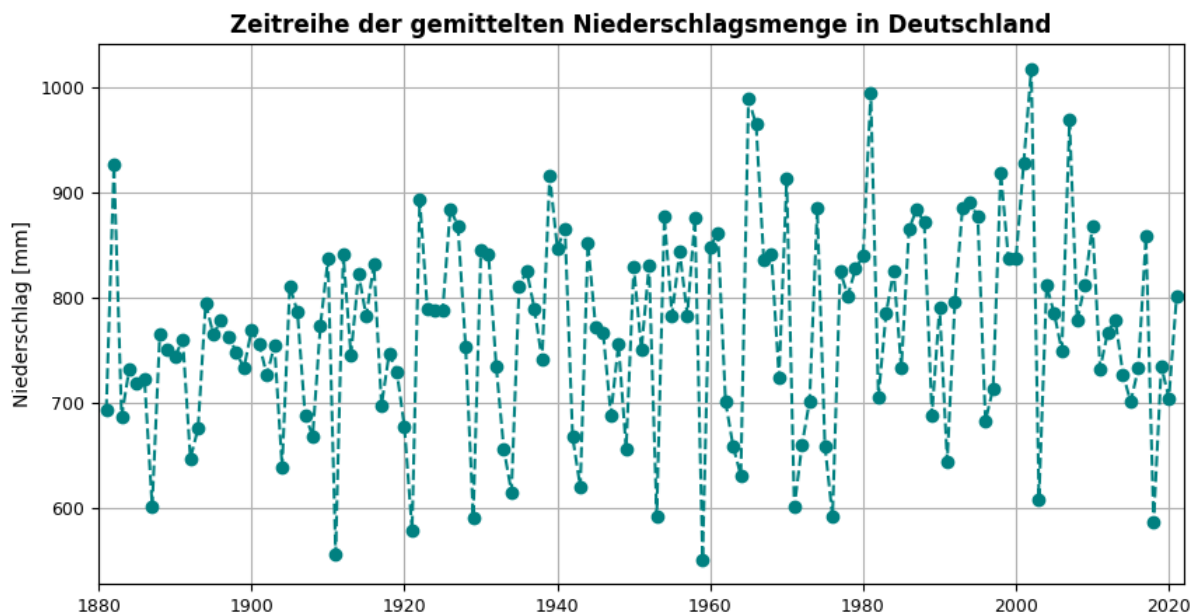


Abb. 10: Zeitreihe der gemittelten Niederschlagsmenge in mm Deutschlands von 1881 bis 2021.

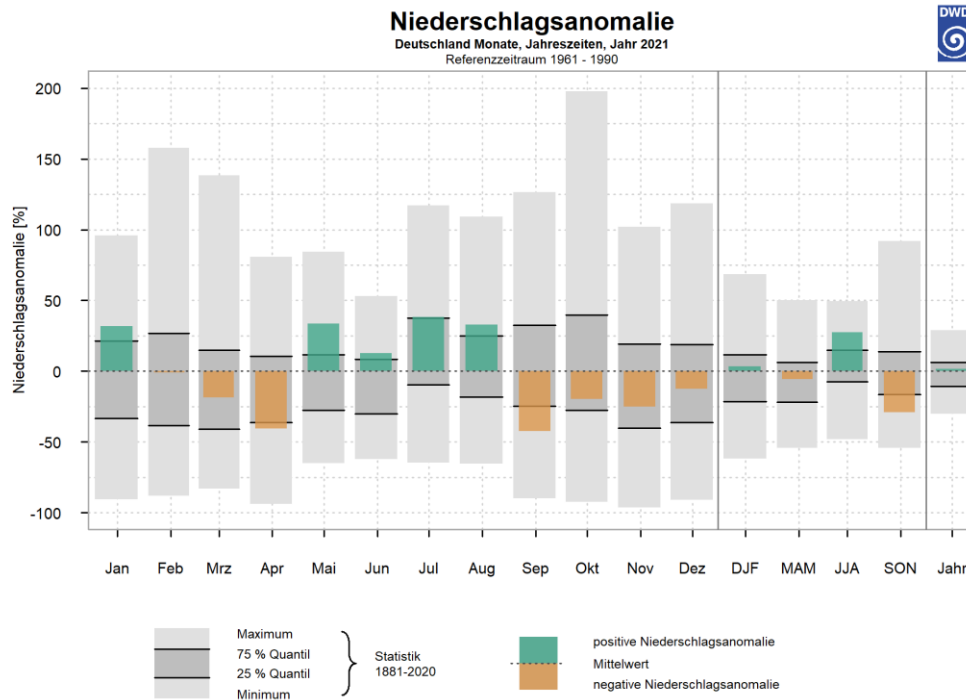


Abb. 11: Niederschlagsanomalie im Jahr 2021 als Abweichung von der Referenzperiode 1961-1990 (grün/braun) und die statistische Einordnung im Vergleich zu den Jahren im Zeitraum 1881-2020 (grau).

## 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., Thépaut J-N., 2021: The ERA5 global reanalysis: Preliminary extension to 1950. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 147(741), 4186-4227, <https://doi.org/10.1002/qj.4174>, 2021

Deutscher Wetterdienst: Klimastatusbericht 2021. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/klimastatusbericht.html>. 2022

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., De Chiara, G., Dahlgren, P., Dee, D., Diamantakis, M., Dragani, R., Flemming, J., Forbes, R., Fuentes, M., Geer, A., Haimberger, L., Healy, S., Hogan, R. J., Hólm, E. A., Janisková, M., Keeley, S., Laloyaux, P., Lopez, P., Radnoti, G., Rosnay, P. D., Rozum, I., Vamborg, F., Villaume, S., Thépaut, J-N.: The ERA5 global reanalysis, Q. J. Roy. Meteorol. Soc., 146(730), 1999-2049, <https://doi.org/10.1002/qj.3803>, 2020

Imbery, F., Friedrich, K., Kaspar, F., Fleckenstein, R., Lengfeld, K., Bissolli, P., Daßler, J.: Klimatologische Einordnung des Jahres 2021. Deutscher Wetterdienst, [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20220104\\_bericht\\_jahr2021.pdf](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20220104_bericht_jahr2021.pdf), 2021

Kaspar, F., Müller-Westermeier, G., Penda, E., Mächel, H., Zimmermann, K., Kaiser-Weiss, A., Deutschland, T.: Monitoring of climate change in Germany – data, products and services of Germany's National Climate Data Centre, Adv. Sci. Res., 10, 99–106, <https://doi.org/10.5194/asr-10-99-2013>, 2013

Kaspar, F., Mächel, H.: Beobachtung von Klima und Klimawandel in Mitteleuropa und Deutschland, in: Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven, Hrsg.: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Springer, Berlin, Heidelberg), 17–26, [https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_3), 2017

Kaspar, F., Borsche, M., Pfeifroth, U., Trentmann, J., Drücke, J., Becker, P.: A climatological assessment of balancing effects and shortfall risks of photovoltaics and wind energy in Germany and Europe, Adv. Sci. Res., 16, 119–128, <https://doi.org/10.5194/asr-16-119-2019>, 2019

Kaspar, F., Friedrich, K., Imbery F.: Nutzung klimatologischer Referenzperioden ab 2021 - Empfehlungen der WMO und Umsetzung in der DWD-Klimaüberwachung. Mitteilungen DMG, 2, 9-10, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, [https://www.dmg-ev.de/wp-content/uploads/2021/06/2\\_2021\\_online.pdf](https://www.dmg-ev.de/wp-content/uploads/2021/06/2_2021_online.pdf), 2021

Stand: 22. März 2022

Zitiervorschlag:

Bär, F., Kaspar, F.: Meteorologischer Jahresrückblick energierelevanter Wetterelemente für das Jahr 2021. Deutscher Wetterdienst / BMDV-Expertennetzwerk, 2022.

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.