

Analyse der PV-Erträge in Deutschland

Ein Blick auf das Jahr 2024

Das Jahr 2024 war aus meteorologischer Sicht, wie die Jahre zuvor, von extremen Wetterereignissen und neuen Rekorden geprägt: Mit einer Durchschnittstemperatur von 10,9 °C wurde es zum wärmsten Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 – ein Wert, der 2,7 °C über der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1999 liegt [1]. Gleichzeitig gab es außergewöhnlich hohe Niederschlagsmengen von 903 l/m², was einem Anstieg von 14 % im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt entspricht [1].

Im Jahr 2024 wurde eine Jahressumme der Globalstrahlung von 1.113 kWh/(m²a) erreicht [2]. Doch wie schnitten die PV-Erträge unter diesen Wetterbedingungen ab? Zur Beantwortung dieser Frage wurden umfassende Analysen durchgeführt: Neben der Auswertung von mehrjährigen Solarstrahlungsdaten wurden mehrere tausend Datensätze aus der VCOM-Cloud der meteocontrol GmbH für den Zeitraum 2012 bis 2024 analysiert.

Ergänzend dazu flossen langjährige (2001 bis 2024) Monitoring-Daten der 1-MW-PV-Anlage auf dem Münchener Messegelände in Riem in die Analyse ein.

Solarstrahlung 2024 im Fokus

Im vergangenen Jahr wurde in Deutschland eine mittlere Jahressumme der Globalstrahlung von 1.113 kWh/(m²a) gemessen, was das 75 %-Perzentil im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (1991 bis 2020) überschreitet [2]. Zur besseren Einordnung zeigt Tabelle 1 die Jahressummen der Globalstrahlung für die Jahre 2020 bis 2023 in Deutschland [2], der betrachtete Referenzzeitraum in den beiden Abbildungen in der mittleren Spalte dieser Seite.

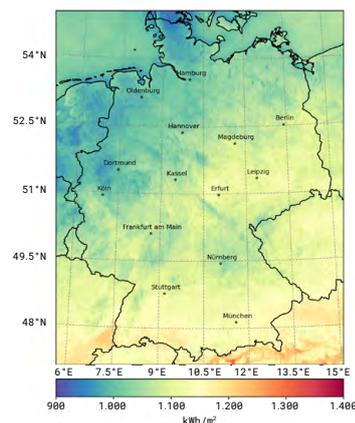
Globalstrahlung

JAHRESSUMMEN DER GLOBALSTRAHLUNG

Jahr	2020	2021	2022	2023
kWh/(m ² ·a)	1.171	1.096	1.227	1.144

Quelle: DWD

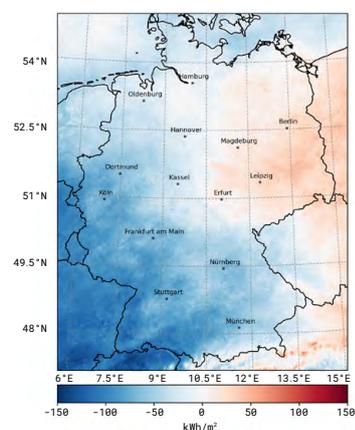
JAHRESSUMME 2024



Quelle: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Deutschlandweite Verteilung der Globalstrahlung in Horizontalebene für das Jahr 2024, berechnet am DLR aus Satellitenbildern der Meteosat Second Generation (EUMETSAT).

JAHRESSUMME ANOMALIE 2024
zu Mittelwert 2020, 2021, 2022 und 2023



Quelle: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Deutschlandweite Verteilung von Anomalien in der Globalstrahlung im Jahr 2024 im Vergleich zu den Jahren 2020 – 2023, berechnet am DLR aus Satellitenbildern der Meteosat Second Generation (EUMETSAT).

Die obere Grafik zeigt die deutschlandweite Verteilung der Globalstrahlung für das Jahr 2024. Um die Daten besser einordnen zu können, zeigt die untere Grafik die Anomalien der Globalstrahlung 2024 zum mehrjährigen Mittelwert (2020 bis 2023). Ein Blick auf die deutschlandweite Verteilung der Globalstrahlung bestätigt die typische Globalstrahlungsverteilung für Deutschland. Besonders auffällig in der unteren Grafik ist jedoch der Zuwachs der Globalstrahlung in weiten Teilen Ostdeutschlands, wo die Jahressummen bis zu 50 kWh/(m²a) über dem Mittelwert lagen.

Im Gegensatz dazu weisen große Teile Deutschlands signifikante negative Abweichungen zum mehrjährigen Durchschnitt (2020 bis 2023) auf. Diese Abweichungen sind vor allem durch die außergewöhnlich hohen Globalstrahlungssummen der Jahre 2020, 2022 und 2023 im betrachteten Referenzzeitraum bedingt, die die aktuellen Werte in ein schlechtes Licht rücken. Lediglich in Norddeutschland wurden Werte im Bereich des mehrjährigen Mittels erreicht.

Bei den Monatssummen der Globalstrahlung für das Jahr 2024 – siehe folgende Seite unten – fallen die extremen Schwankungen auf. Während im Januar Rekordwerte erzielt wurden, blieben die Monatswerte in den darauffolgenden Monaten bis Mai deutlich hinter dem mehrjährigen Durchschnitt zurück. Besonders auffällig sind die großen Abweichungen im Juni, der ebenfalls unterdurchschnittliche Werte aufwies. Im Gegensatz dazu verzeichneten die Monate Juli und insbesondere der August eine positive Entwicklung mit überdurchschnittlichen Monatssummen. Die restlichen Monate des Jahres lagen hingegen überwiegend unterhalb des Medians.

Rekordjahr: Steigende Stromerzeugung und Ausbauziele übertroffen

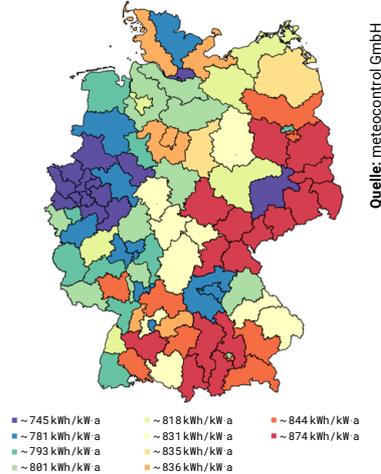
Photovoltaikanlagen haben im vergangenen Jahr laut Energy-Charts etwa 72,2 TWh erzeugt – ein Anstieg von rund 10,8 TWh im Vergleich zum Vorjahr. Damit erreichte ihr Anteil an der öffentlichen Nettostromerzeugung 15 %. Auch beim Ausbau der Photovoltaik wurden die Zielvorgaben der Bundesregierung erneut übertroffen. Die für 2024 geplanten 13 Gigawatt zusätzlicher Kapazitäten wurden bereits im November erreicht (13,3 GW) [3].

Deutschlandweite Analyse der PV-Erträge

Zur Bewertung der PV-Anlagenerträge wurden Ertragskarten erstellt [4]. Die obere Grafik auf dieser Seite visualisiert die deutschlandweiten Erträge für das Jahr 2024 in den verschiedenen Regionen. Die Ergebnisse sind qualitativ von der Anlagendichte und -qualität in den dargestellten Regionen abhängig. Aufgrund der hohen Anzahl überwachter Anlagen gelten sie jedoch als repräsentativ. Der Energieertrag von PV-Anlagen wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst, darunter das Mikroklima, lokale Verschattungen, die Ausrichtung der Module, sowie unterschiedliche Montagearten, Wechselrichter, Systemauslegungen und Systemkonfigurationen. Um regionale Besonderheiten im PV-Ertrag zu verdeutlichen, stellt die untere Grafik auf dieser Seite [4] die Abweichung der Erträge im Vergleich zum langjährigen Mittel dar (2012 bis 2023). Dabei wird deutlich, dass die Erträge in großen Teilen des Landes durchschnittlich und unterdurchschnittlich ausfielen, während in

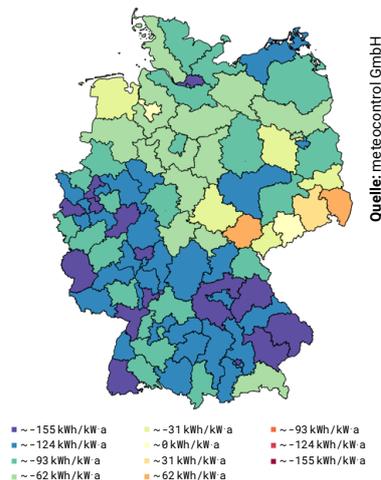
PV-Erträge

PV-ERTRÄGE 2024



Deutschlandkarte für das Jahr 2024 mit den normierten PV-Erträgen gemittelt für einzelne Regionen.

ABWEICHUNGEN 2012 BIS 2023



Die PV-Erträge aus obiger Grafik werden in diesem Plot als Abweichung vom spezifischen Ertrag im Vergleich zu einem langjährigen Mittelwert (2012 bis 2023) dargestellt.

den östlichen Regionen, analog zu den Ergebnissen aus der unteren Grafik auf Seite 22, PV-Erträge über dem langjährigen Mittel erreicht wurden.

PV-Anlagenverhalten am Beispiel Solardach Messe München

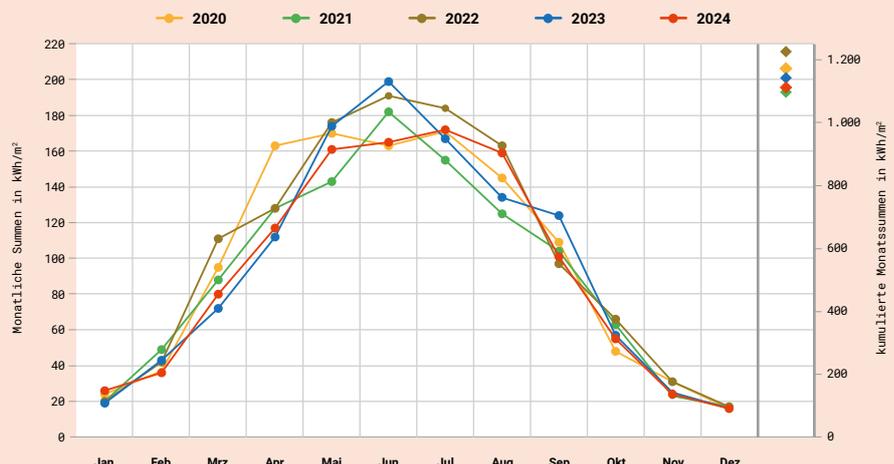
Als Referenzsystem dient exemplarisch die 1-MW-PV-Anlage „Solardach Messe München-Riem“ [5]. Die obere Grafik auf Seite 19 zeigt die Entwicklung der spezifischen Jahreserträge der Anlage sowie den Verlauf der Globalstrahlung von 2001 bis 2024. Der schwarze Balken markiert den Mittelwert der spezifischen Jahreserträge für den Zeitraum 2001 bis 2023. Für eine Einordnung wurden die Jahre 2001 als ertragsärmstes Jahr in Gelb sowie 2011 (in Grün) und 2018 (in Blau) als ertragsreiche Jahre als Vergleichsgrößen herangezogen. Es zeigt sich ein klarer Zusammenhang zwischen dem Eintrag der Globalstrahlung und den spezifischen Erträgen der Anlage. Im Jahr 2024 wurde mit einem spezifischen Ertrag (Final Yield) von 985 kWh/kW ein Wert (in Rot) erreicht, der um 5 % unter dem langjährigen Mittelwert (2001 bis 2023) liegt.

Die untere Grafik auf Seite 19 visualisiert die spezifischen Quartalerträge im Zeitraum 2001 bis 2024. Farblich hervorgehoben sind wieder auffällige Verläufe der spezifischen Erträge und die langjährigen Quartalsmittelwerte. Während die Erträge im ersten Quartal 2024 im Bereich des langjährigen Durchschnitts lagen, wurden in den beiden darauffolgenden Quartalen Werte knapp unterhalb des 25%-Quantils erzielt. Besonders auffällig war das vierte Quartal, das deutlich hinter den langjährigen Werten zurückblieb.

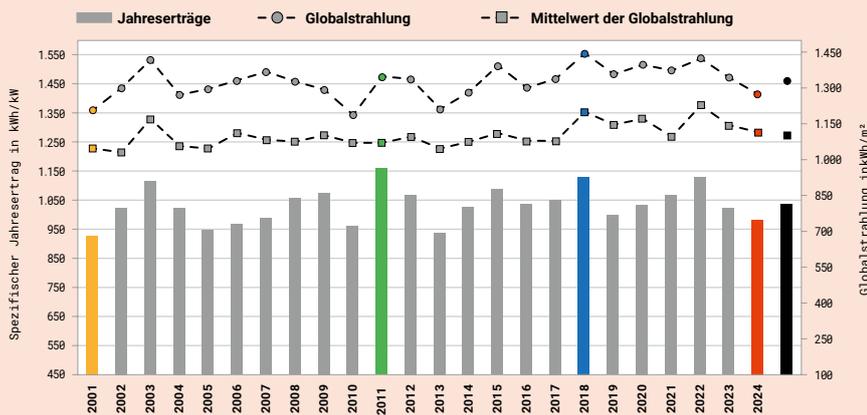
GLOBALSTRAHLUNG 2024 IM VERGLEICH ZU VORJAHREN

Monats- und Jahreswerte der Globalstrahlung in Deutschland für das Jahr 2024 im Vergleich zu den Monats- und Jahresdurchschnittswerten der Referenzperiode 2020 bis 2023.

Grafik: Technische Hochschule Rosenheim



SPEZIFISCHE JAHRESERTRÄGE DER 1 MW PV-ANLAGE SOLARDACH MESSE MÜNCHEN



Die oberen Liniengrafiken zeigen den Verlauf der Globalstrahlung am Standort der Anlage sowie zum Vergleich das deutschlandweite Flächenmittel. Die Balkendiagramme veranschaulichen die Erträge: Die rote Säule steht für den Jahresertrag 2024, die schwarze Säule repräsentiert den langjährigen Mittelwert (2001 bis 2023). Ergänzend markieren die grüne und blaue Säule ertragsreiche und die gelbe Säule das ertragsärmste Jahr

NORMIERTE PV-ERTRÄGE DER JAHRESQUARTALE FÜR DIE JAHRE 2001, 2011, 2018 UND 2024



Der darüberliegende Boxplot basiert auf den Ertragsdaten von 2001 bis 2023 und zeigt das Minimum, 25%-Quantil, Median, 75%-Quantil sowie Maximum.

Grafiken: Technische Hochschule Rosenheim

Fazit

Die PV-Erträge im Jahr 2024 lagen in weiten Teilen des Landes im Vergleich zur Referenzperiode unter dem Durchschnitt. Ursachen hierfür waren verminderte Einstrahlungseinträge (Bewölkung, Saharastaub), erhöhte Temperaturen, sowie Schnee und lokale Wetterbedingungen. In der ersten Jahreshälfte, die von ungünstigen Witterungsverhältnissen geprägt war, war die PV-Erzeugung stark beeinträchtigt. Das hydrologische Winterhalbjahr (bis April 2024) war das nasseste seit Beginn der Messungen im Jahr 1881 [1]. Besonders am Alpenrand wurden teils enorme Regenmengen registriert, was über die Bewölkung die niedrigen Erträge der PV-Anlage auf dem Gelände der Neuen Messe München erklärt. Dagegen kann Ostdeutschland sich über höhere PV-Erträge freuen. Insgesamt variieren die Ergebnisse jedoch regional und lassen sich unterschiedlich erklären. ○

Quellen

- [1] Verschiedene Pressemitteilungen des DWD: Jahresrückblick 2024 und monatliche Berichte zum Deutschlandwetter
- [2] Mitteilungen des DWD, Globalstrahlung: Monatssummen des aktuellen Jahres im Vergleich zum Zeitraum 1991 bis 2020. Online verfügbar unter: dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/solarenergie
- [3] Prof. Dr. Bruno Burger, „Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2024“. Online verfügbar unter: energy-charts.info/downloads/Stromerzeugung_2024.pdf
- [4] Die Angaben basieren auf PV-Erzeugungsdaten der meteocontrol VCOM Cloud Plattform
- [5] Solarenergieförderverein Bayern e.V., Messwerte der 1 MW PV-Anlage Neue Messe München der Jahre 2001 bis 2024, sev-bayern.de

Autor:innen

Andreas Boschert

wiss. Mitarbeiter an der TH Rosenheim und kooperativer Doktorand an der TU München in der Arbeitsgruppe „Combined Smart Energy Systems“ (CoSES).
andreas.boschert@th-rosenheim.de

Bhavya Bhimani

Masterstudent in Ingenieurwissenschaften mit dem Schwerpunkt Mechatronik an der TH Rosenheim.
bhavya.bhimani@stud.th-rosenheim.de

Mike Zehner

Professor für nachhaltige Energietechnik im Studiengang Energie- und Gebäudetechnologie. Leitung Labor für Solare Energiesysteme am Rosenheimer Technologiezentrum Energie und Gebäude (roteg).
michael.zehner@th-rosenheim.de

Severin Kaspar

Teamleiter bei der meteocontrol GmbH Bereich Data Analytics.
s.kaspar@meteocontrol.de

Frank Schnabel

Head of Strategic Development bei der meteocontrol GmbH.

Fabian Flade

Büroleiter des Solarenergieförderverein Bayern und verantwortlich für das Monitoring der PV-Anlage Solardach Messe München.
fabian.flade@sev-bayern.de

Dr. Annette Hammer

Wissenschaftliche Mitarbeiterin mit Forschungsschwerpunkt Energiemeteorologie, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Vernetzte Energiesysteme, Oldenburg.
enmet-ve@dlr.de

Dr. Thomas Schmidt

Wissenschaftlicher Mitarbeiter mit Forschungsschwerpunkt Energiemeteorologie, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Vernetzte Energiesysteme, Oldenburg.
enmet-ve@dlr.de