

# Entwicklung der Globalstrahlung in Deutschland

Zusammengestellt nach Informationen des DWD, der ETH Zürich und nach Daten der EAH Jena  
B. Kühn, EAH Jena, 7/2023

## 1. Trend der Globalstrahlung von 1983 bis 2020

Die meteorologische Größe Globalstrahlung ist im Vergleich zu anderen Parametern eine junge Messgröße. Die längste in Deutschland bestehende Zeitreihe beginnt 1937 am Standort Potsdam. Ab 1983 liegen flächendeckende Daten für Deutschland vor. 2021 umfasste das Strahlungsmessnetz 120 Bodenstationen. Zunehmend werden Satellitendaten verwendet, die mit den Messwerten am Boden abgeglichen werden. In einer Veröffentlichung von Januar 2023 wurden die Messergebnisse nach Dekaden und Bundesländern aufgeschlüsselt.

In Abbildung 1 ist eine Auswahl der zusammengefassten Strahlungsdaten mit einheitlich steigender Tendenz dargestellt. Bezogen auf den Zeitraum 1983 bis 2020 wurde für Hamburg mit 929 kWh/m<sup>2</sup> der niedrigste und für Baden-Württemberg mit 1185 kWh/m<sup>2</sup> der höchste Wert für eine Dekade ermittelt. Der mittlere Anstieg der Globalstrahlung pro Jahr beträgt in Deutschland 3,4 kWh/m<sup>2</sup>, das entspricht 3 % alle 10 Jahre! Aus der Grafik ist erkennbar, dass der Anstieg der Globalstrahlung zu Beginn des betrachteten Zeitraums etwas größer war als zum Ende. Ursachen für den kontinuierlichen Anstieg sind eine Veränderung der Bewölkung, aber auch eine Verbesserung der Luftqualität ab 1990 z.B. in Berlin oder Brandenburg.

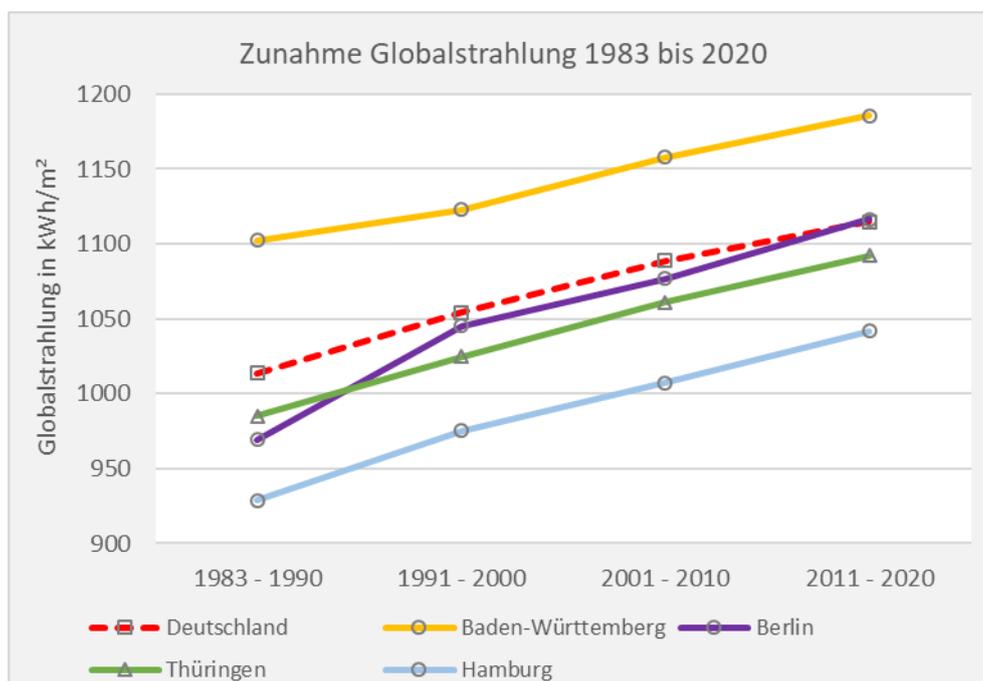


Abb. 1: Entwicklung der Globalstrahlung für ausgewählte Bundesländer von 1983 bis 2020 nach DWD 1/2023 [1]

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Verteilung der Globalstrahlung in Deutschland zu Beginn des betrachteten Zeitraums sowie die Änderung in 30 Jahren. Im Nordwesten Deutschlands ist die Globalstrahlung am geringsten. Das Strahlungsminimum befindet sich im Sauerland (1983 - 1990: 915 kWh/m<sup>2</sup>, 2011 - 2020: 991 kWh/m<sup>2</sup>). Grund hierfür sind wolkenreiche Westwetterlagen. Südlich des Mains befindet sich das Gebiet der höchsten Einstrahlung. Kennzeichnend ist das wolkenärmere

kontinentale Klima. Das Strahlungsmaximum liegt im Alpenvorland (1983 – 1990: 1.270 kWh/m<sup>2</sup>, 2011 – 2020: 1.275 kWh/m<sup>2</sup>). Die Unterschiede betragen immerhin etwa 300 kWh/m<sup>2</sup> bzw. 25 %. Der Osten Deutschlands ist vom kontinentalen Klima geprägt und somit wolkenärmer als der Westen. Entsprechend höher ist die Globalstrahlung. An der polnischen Grenze in Brandenburg und Sachse ist der Anstieg der Globalstrahlung am Höchsten. An Nord- und Ostseeküste wird die Jahressumme der Globalstrahlung von der hohen Anzahl an Sonnenstunden in den Sommermonaten beeinflusst. Diese resultiert aus der Tageslänge und der stabilen Schichtung der Atmosphäre über der kühlen See, welche der Wolkenbildung entgegenwirkt.

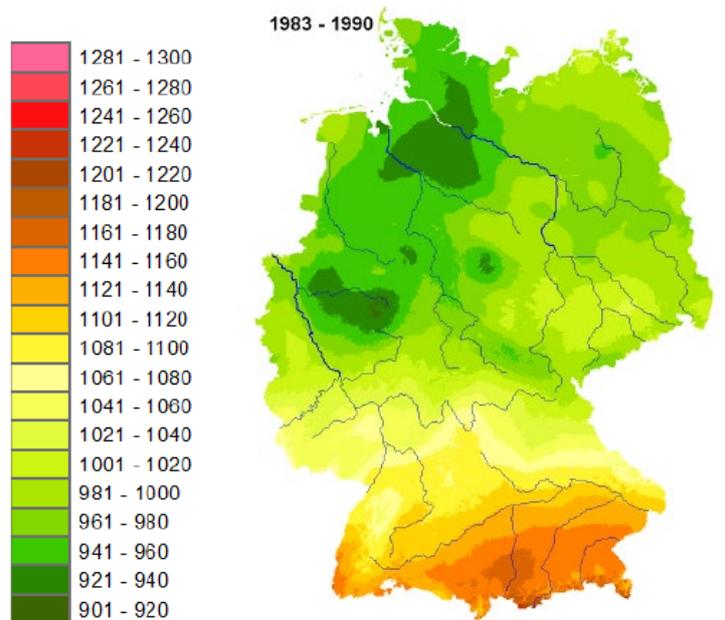


Abb. 2: Vieljährige mittlere Jahressumme der Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup> für Deutschland im Zeitraum 1983 - 1990, DWD 1/2023 [1]

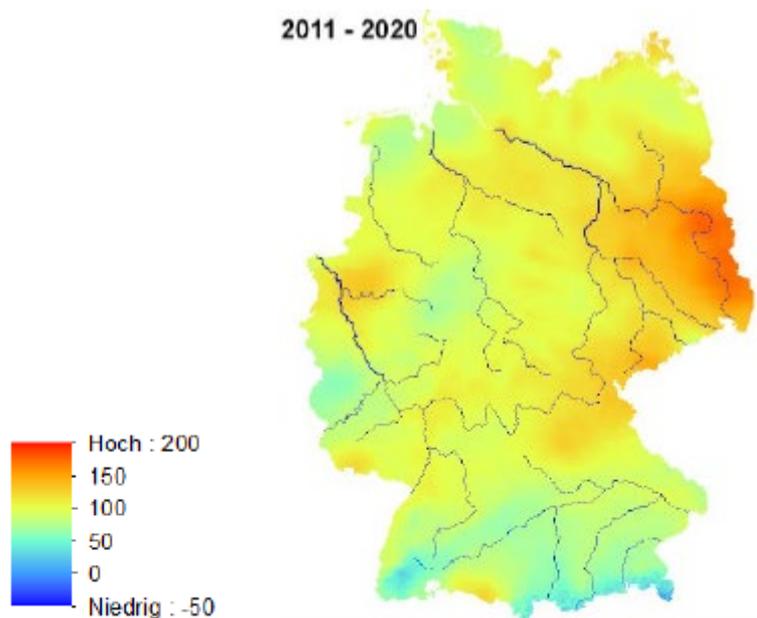


Abb. 3: Abweichung der mittleren Jahressumme der Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup> für Deutschland im Zeitraum 2011 - 2020 zu 1983 – 1990, DWD 1/2023 [1]

## 2. Jahressummen der Globalstrahlung in Deutschland und Jena

Der beschriebene Trend der Globalstrahlung zeigt sich auch bei Betrachtungen der einzelnen Jahressummen. 2003 mit dem Jahrhundertssommer war der erste große Ausreißer nach oben. Inzwischen waren das trockene Jahr 2018 sowie 2022 nochmal strahlungsreicher.

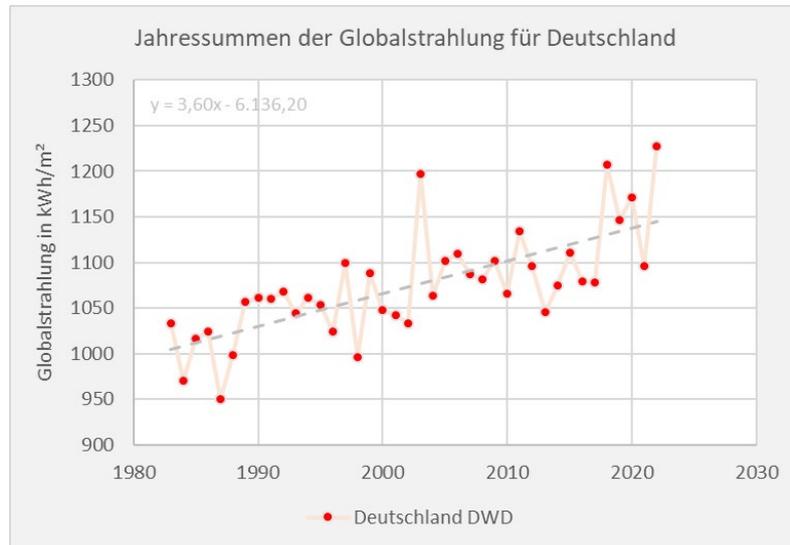


Abb. 4: Jahressummen der Globalstrahlung in Deutschland 1983 – 2022, der Anstieg der Trendlinie beträgt +3,6 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr [2]

In Jena werden an der Klimastation der Ernst-Abbe-Hochschule seit August 2002 vergleichbare Strahlungsdaten erhoben. Für die Dekade 2011 - 2020 liegt der gemessene Strahlungsertrag von 1.095 kWh/m<sup>2</sup> nur 3 kWh/m<sup>2</sup> über dem vom DWD für Thüringen ermittelten Wert. Für die einzelnen Jahre ergeben sich zwischen Jena und Deutschland leicht größere Unterschiede von -60 bis 11 kWh/m<sup>2</sup>. Im Durchschnitt fällt die Globalstrahlung in Jena um 27 kWh/m<sup>2</sup> geringer aus. Der Anstieg der Globalstrahlung ist in Jena geringfügig stärker ausgeprägt.

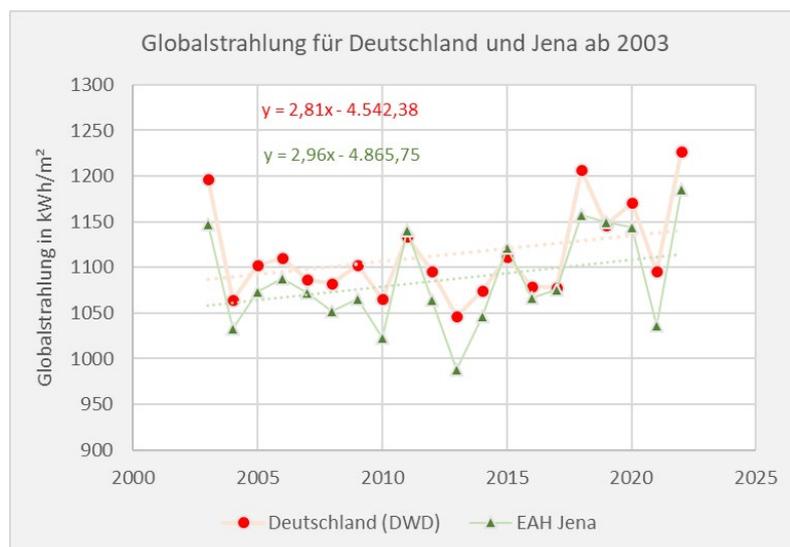


Abb. 5: Vergleich der Globalstrahlung in Deutschland und in Jena 2003 – 2022, der Anstieg der Trendlinie beträgt +3,6 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr[2][4]

Abbildung 6 zeigt die Anomalie, d.h. die Abweichung der Jahressummen der Globalstrahlung für die Station der Ernst-Abbe-Hochschule Jena. Die Information steckt zwar auch in Abbildung 5 ist aber deutlicher erkennbar.

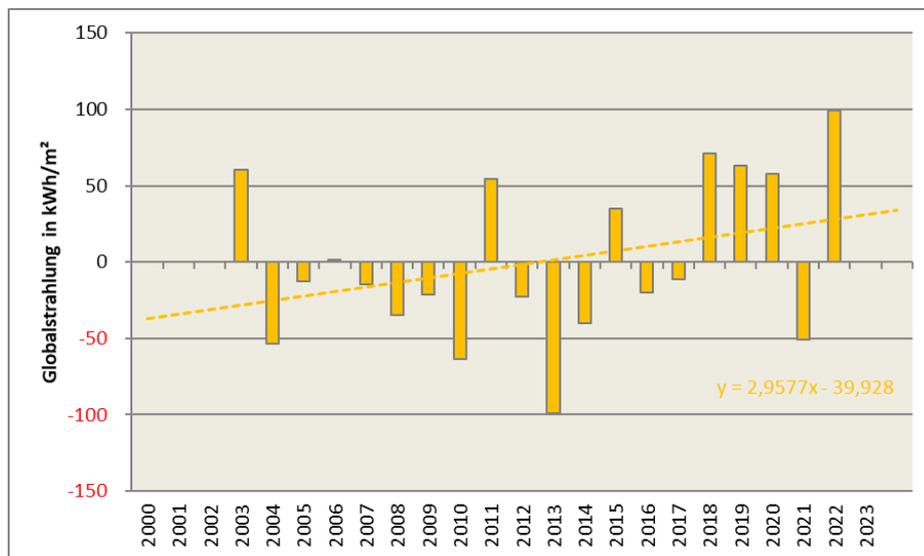


Abb. 6: Jährliche Abweichung der Globalstrahlung vom Gesamtmittel, Ernst-Abbe-Hochschule Jena 2003 – 2022 [4]

### 3. Aufteilung der Globalstrahlung auf die Monate

Die Werte der Globalstrahlung sind stark von der Jahreszeit abhängig. Während von November bis Februar nur Monatsmittel von 20 bis 40 kWh/m² erreicht werden, beträgt der Strahlungsertrag von Mai bis Juli monatlich 140 bis 150 kWh/m². Im Juni 2019 wurde mit 192 kWh/m² die bisher höchste Monatssumme registriert. Der Mai 2010 und der April 2020 erreichten die bisher höchste negative bzw. höchste positive Abweichung vom Monatsmittel (Abbildung 7).

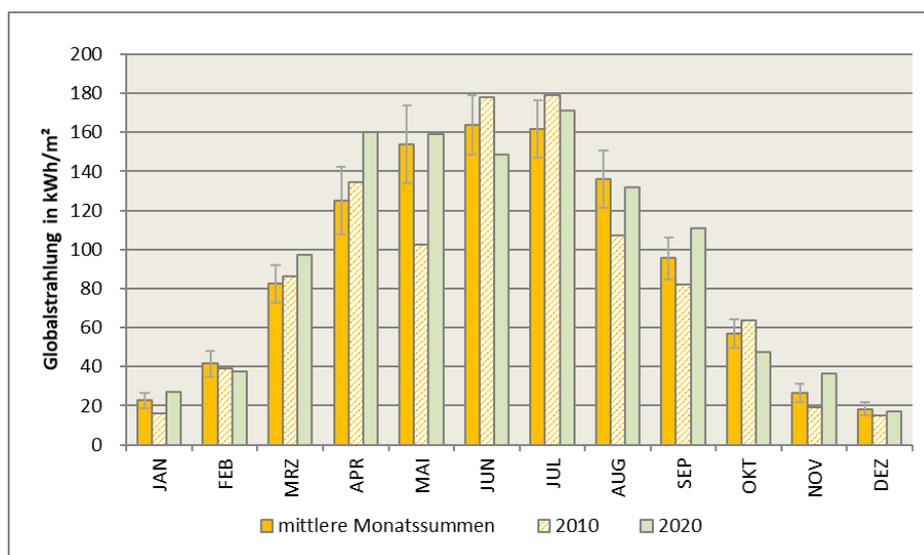


Abb. 7: Monatssummen der Globalstrahlung, die Fehlerindikatoren kennzeichnen die Standardabweichung, diese ist absolut betrachtet für die Monate April und Mai am größten, Ernst-Abbe-Hochschule Jena 8/2002 – 3/2023 [4]

#### 4. Globalstrahlung in Potsdam vor 1983

Für Potsdam sind Daten ab 1947 verfügbar. Als Tageswerte konnten diese im „Climate Data Center“ des DWD heruntergeladen werden [5]. Diese wurden zu Jahressummen zusammengefasst. Dabei wurden die 319 fehlenden Tage durch mittlere Tagessummen ergänzt (korrigiert). Für den Zeitraum 1983 bis 2022 stimmen die Daten sehr gut mit dem Bericht von DWD überein. Dort ist für Brandenburg ein Anstieg von 4,4 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr angegeben. Nach Abbildung 8 beträgt dieser für die korrigierten Werte von Potsdam 4,3 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

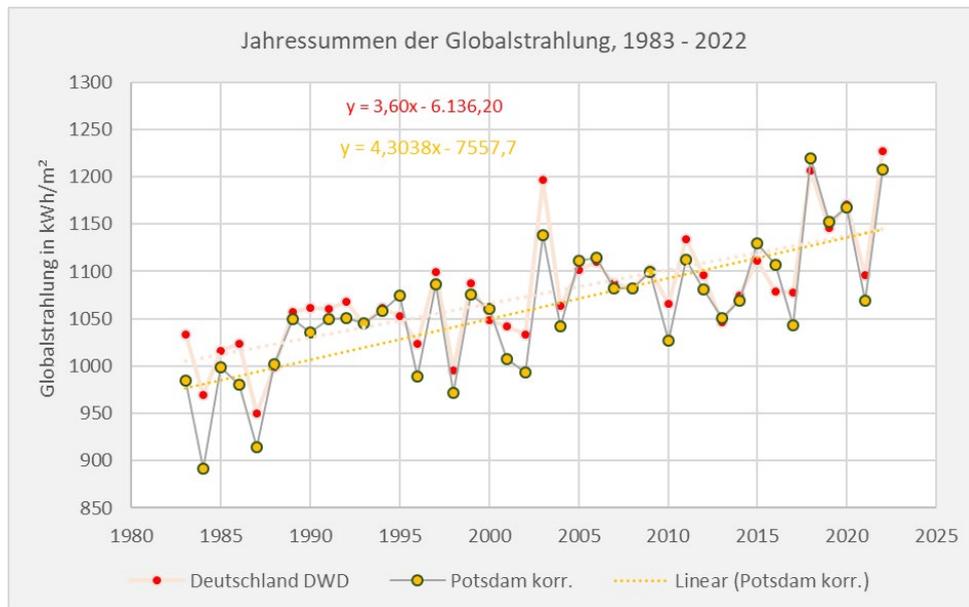


Abb. 8: Die Jahressummen der Globalstrahlung für Potsdam [5] ab 1983 passen gut zu den bisher betrachteten Daten für Deutschland, fehlende Tagessummen für Potsdam wurden durch mittlere Werte korrigiert

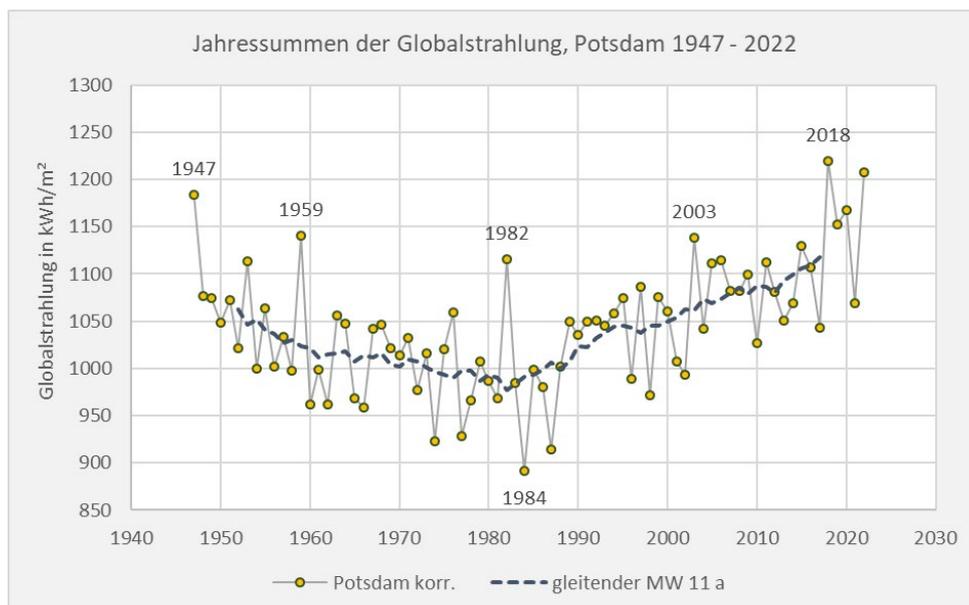


Abb. 9: Jahressummen der Globalstrahlung für Potsdam [5] ab 1947 und gleitender Mittelwert über 11 Jahre

Wird hingegen die ganze Zeitreihe beginnend 1947 dargestellt (Abb. 9) ergibt sich ein ganz anderes Bild. Von einem dauerhaft linearen Anstieg kann keine Rede mehr sein. Der gleitende Mittelwert zeigt ein deutliches Minimum um 1982. Dieser Effekt wurde auch von M. Wild 2021 an der ETH

Zürich untersucht [6] und dort als “dimming and brightening”, d.h. als globale Abdunkelung und Aufhellung bezeichnet. Indem wolkenlose Tage extra betrachtet wurden, kamen die Autoren zu der Erkenntnis, dass der Einfluss der Bewölkung gering ist und überwiegend Aerosole für die Veränderung der auftreffenden solaren Strahlung verantwortlich sind.

## 5. Quellen

- [1] **Entwicklung der Globalstrahlung 1983 - 2020 in Deutschland**,  
Deutscher Wetterdienst, 1/2023, Püschel, A., Winzig, W., Theel, M.
- [2] **Das Strahlungsjahr 2022**,  
Deutscher Wetterdienst, 1/2023, Püschel, A., Regionales Klimabüro Hamburg
- [3] **Know-How-Center Strahlungsklimatologie**,  
Deutscher Wetterdienst, 5/2023, [www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/solarenergie.html](http://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/solarenergie.html)
- [4] **Klimatologische Messstation der EAH Jena**  
<http://wetter.mb.eah-jena.de/station/index.html>
- [5] **DWD, Climate Data Center** (5/2023), Station Potsdam (3987)  
[https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/daily/solar/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/daily/solar/)
- [6] **Martin Wild u.a., Evidence for Clear-Sky Dimming and Brightening in Central Europe**,  
Geophysical Research Letters, 2/2021, DOI: 10.1029/2020GL092216

## 6. Anhang

### Definition der Globalstrahlung [3]

Die Globalstrahlung ist die am Boden von einer horizontalen Ebene empfangene Sonnenstrahlung und setzt sich aus der direkten Strahlung (der Schatten werfenden Strahlung) und der gestreuten Sonnenstrahlung (diffuse Himmelsstrahlung) aus der Himmelshalbkugel zusammen. Bei Sonnenhöhen von mehr als 50° und wolkenlosem Himmel besteht die Globalstrahlung zu ca. 3/4 aus direkter Sonnenstrahlung, bei tiefen Sonnenständen (bis etwa 10°) nur noch zu ca. 1/3.

Die Sonnenstrahlung trifft als extraterrestrische Strahlung auf den Rand der Erdatmosphäre und wird auf dem Weg durch die Atmosphäre abgeschwächt. Die extraterrestrische Spektralverteilung entspricht der Ausstrahlung eines sogenannten Schwarzen Körpers mit einer Temperatur von etwa 6.000 Kelvin. 98 % der extraterrestrischen Sonnenstrahlung entfallen auf den Wellenlängenbereich 0,29 µm bis 4,0 µm, und zwar:

- 7 % auf den Bereich 0,29 bis 0,40 µm (Ultraviolettstrahlung),
- 42 % auf den Bereich 0,40 bis 0,73 µm (Sichtbare Strahlung),
- 49 % auf den Bereich 0,73 bis 4,00 µm (Infrarotstrahlung).

Das Energiemaximum liegt bei 0,48 µm im grün-blauen Bereich des sichtbaren Lichtes. Der Mittelwert der Bestrahlungsstärke der extraterrestrischen Sonnenstrahlung beträgt an der Obergrenze der Atmosphäre nach neueren Messungen 1.367 W/m<sup>2</sup> und variiert im Laufe des Jahres um ± 3,3 %

## Das Strahlungsmessnetz des Deutschen Wetterdienstes [3]

Die meteorologische Größe Globalstrahlung ist im Vergleich zu anderen Parametern eine junge Messgröße. Die längste in Deutschland bestehende Zeitreihe beginnt 1937 am Standort Potsdam. Seit 1975 wird im Deutschen Wetterdienst (DWD) systematisch ein Messnetz mit Strahlungsmessgeräten aufgebaut. Im Bodenmessnetz des Deutschen Wetterdienstes werden die globale und diffuse Sonnenstrahlung an ca. 120 Stationen (Stand: Dezember 2021) erfasst. An ca. 90 Stationen misst das Scanning Pyrheliometer / Pyranometer (ScaPP), während an den übrigen Stationen die qualitativ besseren thermosäulenbasierten Pyranometer verwendet werden. Zusätzlich wird an 17 Stationen die atmosphärische Wärmestrahlung gemessen.

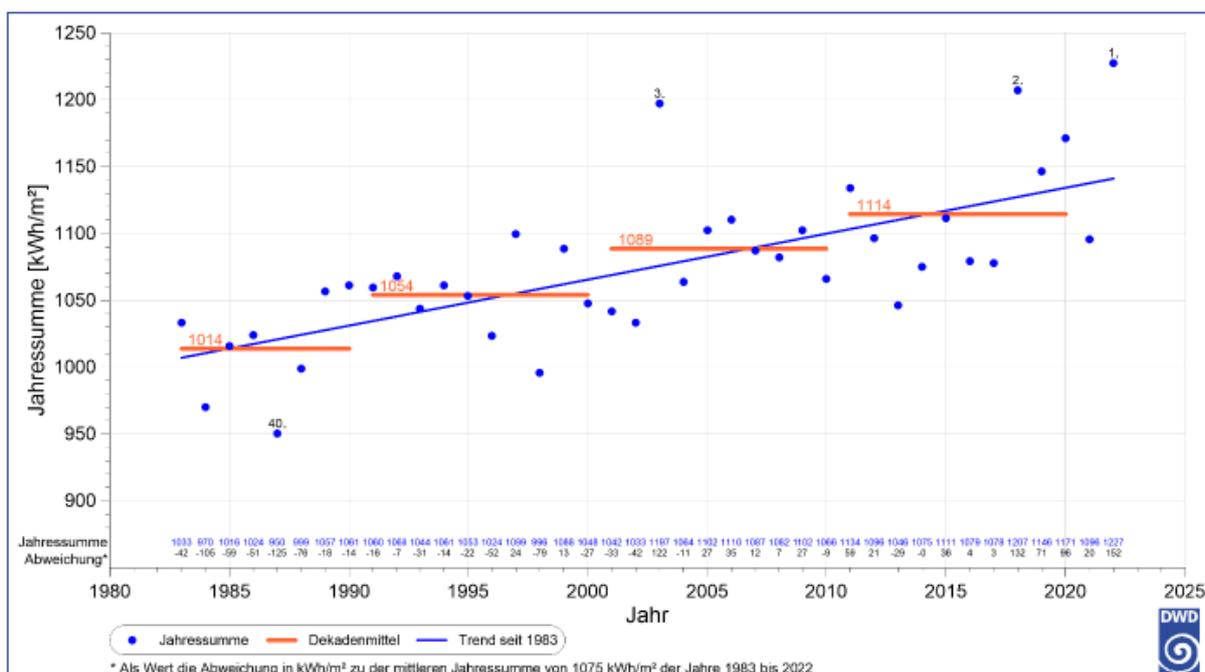
Gegenwärtig befindet sich ein neues Konzept für die Strahlungsmessungen in Umsetzung. Dieses sieht eine Reduzierung auf 42 Stationen vor. Die räumliche Verteilung der Strahlung über Deutschland soll mittels Satellitenmessung erfasst werden. Die Bodenstationen, an welchen die kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse mit einheitlicher und qualitativ sehr guter Sensorik gemessen werden, dienen dabei als Ankerstationen zur Validierung der Satellitendaten und deren Verschmelzung mit den Bodendaten. Die Umsetzung des Konzepts soll 2025 abgeschlossen sein.

Die Messgeräte für die Global- und Diffusstrahlung werden dann ausschließlich klassische ventilerte Pyranometer sein. Zur Messung der Diffusstrahlung ist das Pyranometer auf einem Gerätetisch mit einem automatisch verstellbaren Schattenring montiert. Die Ring-bedingten Verluste an diffuser Strahlung werden mit einer experimentell abgeleiteten Parametrisierungsformel korrigiert. Die atmosphärische Wärmestrahlung wird mit einem Pyrgeometer gemessen.

Hauptziel des Langzeitmonitorings ist die landesweite Kontrolle der Änderung des Strahlungsklimas sowie die Bereitstellung von qualitativ hochwertigen Strahlungsdaten für die Solarindustrie und Forschung. Die erforderliche fachwissenschaftliche Betreuung erfolgt durch das Meteorologische Observatorium Lindenberg, welches auch als Regionales Strahlungszentrum der WMO fungiert.

DWD, Januar 2023, <https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/Strahlungsmessnetz.html?nn=16102>

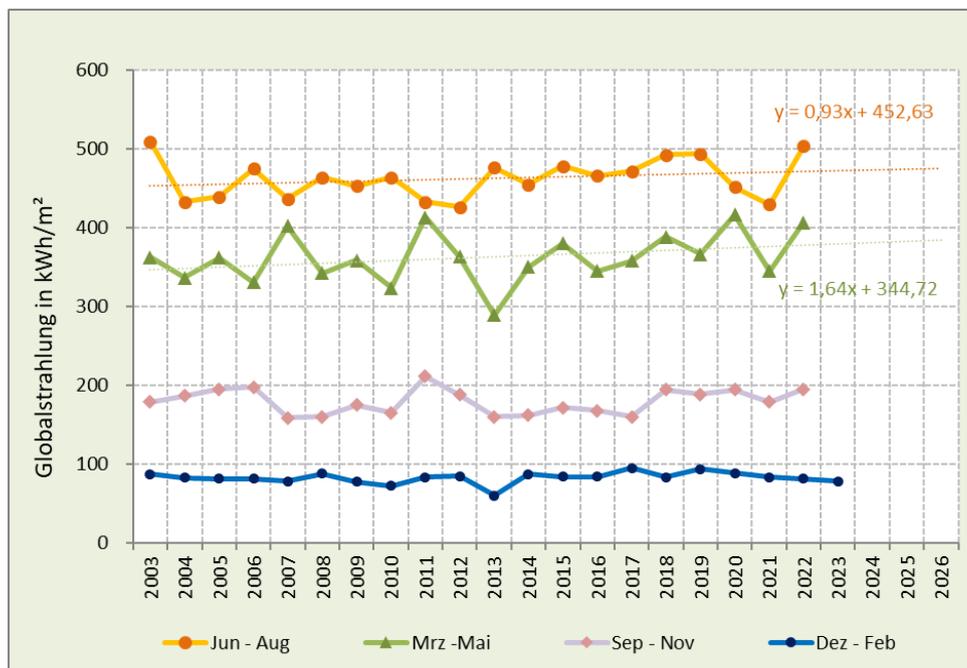
## Jahressummen der Globalstrahlung mit Dekadenmitteln, Deutschland 1983 - 2022 [2]



Globalstrahlung nach Bundesländern von 1983 bis 2020 [1]

	1983 - 1990 kWh/m <sup>2</sup>	1991 - 2000 kWh/m <sup>2</sup>	2001 - 2010 kWh/m <sup>2</sup>	2011 - 2020 kWh/m <sup>2</sup>	Lineare Änderung kWh/m <sup>2</sup> pro Jahr
Berlin	969,2	1045,1	1076,8	1116,4	4,7
Brandenburg	978,6	1047,3	1080,5	1116	4,4
Sachsen	1000,2	1054,5	1090,3	1130,1	4,2
Hamburg	928,7	975,1	1007,3	1041,8	3,8
Sachsen-Anhalt	987,2	1038,4	1065,4	1101	3,7
Saarland	1052,4	1091,5	1127,6	1156,6	3,5
Thüringen	985,1	1024,7	1060,8	1092	3,5
Bremen	934	992,2	1010,6	1037,3	3,5
Mecklenburg-Vorp.	980,4	1028	1059,8	1082,7	3,4
Deutschland	1013,7	1054	1088,5	1114,5	3,4
Niedersachsen	953,1	999,5	1027,8	1052,5	3,3
Schleswig-Holstein	951,1	989,1	1035,4	1044,7	3,3
Nordrhein-Westfalen	958,1	1007,7	1039,5	1057,2	3,3
Hessen	996,9	1041,9	1073,3	1093	3,1
Bayern	1093,7	1113,4	1154,9	1182,4	3
Rheinland-Pfalz	1033	1072,7	1105,3	1119,6	2,9
Baden-Württemberg	1102,3	1122,8	1157,9	1185,4	2,8

Globalstrahlung nach Jahreszeiten, Ernst-Abbe-Hochschule 2003 - 2022 [4]



In Jena entfallen 43 % der Globalstrahlung auf den Sommer und 33 % auf das Frühjahr. Im Frühjahr ist die Zunahme fast doppelt so stark wie im Sommer.

Analyse der Datenreihe Potsdam: “dimming and brightening”, Abb. 2 aus Wild 2021 [6]

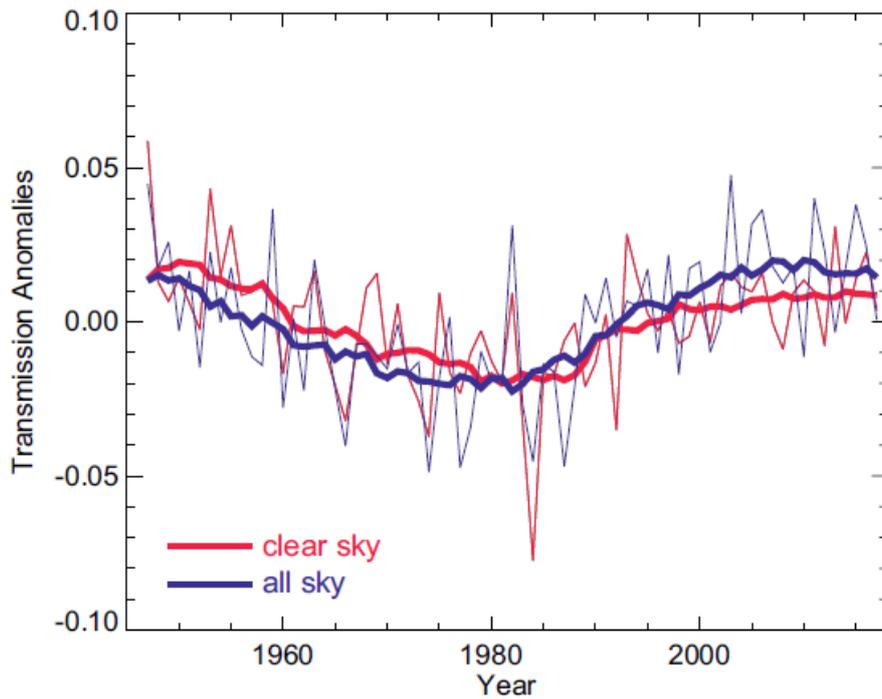


Figure 2. aus [6]: Annual anomalies of maximum atmospheric solar transmission (“clear sky,” thin red lines) and mean atmospheric transmission (“all sky,” thin blue lines) measured at Potsdam from 1947 to 2017. Anomalies calculated with respect to the long-term mean (1947–2017 average). In addition, 5-year running means are shown for both time-series (thick lines). Units are dimensionless.

Transmission bezieht sich hier auf das Verhältnis der gemessenen solaren Strahlung zur extraterrestrisch (also außerhalb der Atmosphäre) verfügbaren Sonnenstrahlung. Im Mittel über alle Tage erreichen 38 bis 42 % der Sonnenstrahlung die Erdoberfläche. An wolkenlosen Tagen sind es durchschnittlich 71 bis 74 % [6].