

Neue Forschungsergebnisse bestätigen erneut, dass Wolken, Aerosole und die Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche „das Klimasystem antreiben“

geschrieben von Chris Frey | 28. Februar 2026

[Kenneth Richard](#)

Die Erwärmung in Deutschland der letzten drei Jahrzehnte lässt sich durch den Rückgang der Albedo von Wolken und Aerosolen und die daraus resultierende Zunahme der Sonneneinstrahlung erklären. Nicht durch CO₂.

Eine weitere neue [Studie](#) bestätigt, dass Wolken und Aerosole eine Schlüsselrolle bei der Erklärung der Trends der solaren Oberflächenstrahlung (SSR) spielen, die „für den globalen Energiekreislauf, der das Klimasystem antreibt, von entscheidender Bedeutung ist“.

Über Deutschland hinweg stimmen fünf unabhängige Beobachtungsdatensätze überein, dass die SSR von 1995 bis 2020 um 4 W/m² pro Jahrzehnt (~10 W/m²) zugenommen hat.

Ein Anstieg der SSR um 4 W/m² pro Jahrzehnt erklärt die jüngste Erwärmung ohne Weiteres. Er erklärt die Erwärmung sogar weitaus besser als der angeblich 20-mal geringere Einfluss von CO₂ bei klarem Himmel ([0,2 W/m² pro Jahrzehnt](#)) in diesem Zeitraum.

Die auf die Erdoberfläche treffende Sonnenenergie spielt in vielerlei Hinsicht eine entscheidende Rolle für die Menschheit. Die solare Oberflächenstrahlung (SSR), auch bekannt als Globalstrahlung und globale Horizontalstrahlung (GHI), ist wesentlich für den globalen Energiekreislauf (Ramanathan et al., 2001; Wild et al., 2012, 2016) und treibt das Klimasystem an. Sie ist ein wesentlicher Parameter für die Klimaaanalyse und -überwachung (Pfeifroth et al., 2018, C3S, 2024), erneuerbare Energien (Drücke et al., 2021) und die Biologie (Pelosi et al., 2022) und dient als Grundlage für verschiedene nachgelagerte Anwendungen wie Boden-Vegetations-Atmosphären-Transfermodelle (SVAT) (Casanova et al., 2008).

In Bezug auf die Klimaaanalyse wurde in den letzten Jahren in Europa ein positiver Trend der solaren Oberflächenstrahlung beobachtet. Dies wurde durch verschiedene Datenquellen – satelliten- und stationsbasiert – festgestellt (z. B. Wild, 2012; Wild et al., 2005, 2007, 2008; Gilgen et al., 2009). Es bedarf weiterer Forschung, um die Gründe für diesen positiven Trend zu ermitteln (Pfeifroth et al., 2018, 2024; Schilliger et al., 2024; Urraca et al., 2024). Es ist klar, dass Wolken und Aerosole eine Schlüsselrolle bei der Erklärung des Trends spielen.

Dieser Artikel bietet einen Überblick über die vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellten, gerasterten Datensätze zur solaren Oberflächenstrahlung, die für eine Vielzahl spezifischer Anwendungen geeignet sind.

Die Tabellen 1 und 2 zeigen die Details und die wichtigsten Eigenschaften aller Datensätze in zusammengefasster Form. Einige quantitative Vergleiche werden in Abb. 3, 4 und Tabelle 3 für die fünf Klimadatenätze sowie für ihren gemeinsamen Zeitraum und ihre gemeinsame Region dargestellt. Insgesamt stimmen die Datensätze

hinsichtlich Klimatologie, Zeitreihen monatlicher Anomalien und deren linearen Trends im Zeitraum 1995–2020 recht gut überein. Die mittlere Sonneneinstrahlung (SSR) beträgt $\sim 124 \text{ W/m}^2$, mit den niedrigsten Werten in HYRAS und den höchsten Werten in SARAH (Tabelle 3). Die etwas niedrigeren Werte in HYRAS sind hauptsächlich auf die

Verwendung von SSR-Messungen (Pyranometer und SCAPP) und Sonnenscheindauermessungen zurückzuführen. Für den gemeinsamen Zeitraum zeigt sich in allen betrachteten Klimadatenätzen ein signifikant positiver Trend von etwa $+4 \text{ W/m}^2/\text{Jahrzehnt}$.

Tabelle 3

Mittlere SSR für Deutschland für die verschiedenen Klimadatenätze im Zeitraum 1995–2020, einschließlich linearer Trends [$\text{W/m}^2/\text{Jahrzehnt}$] und deren 95 %-Konfidenzintervall.

Datensatz	Mittelwert [W/m^2]	Trend mit Konfidenzintervall [$\text{W/m}^2/\text{Jahrzehnt}$]
DWD-Karten	124.1	4.0 [1.8; 6.3]
HOSTRADe	126.1	4.5 [2.3; 6.7]
ZU VERMEIDEN	120.1	3.8 [1.6; 6.0]
SARAH-3	126.7	4.6 [2.3; 6.9]
CLARA-A3	124.4	4.3 [2.1; 6.6]

Abb. 3 zeigt einen Vergleich der fünf für Klimaaanwendungen

geeigneten Datensätze. Sie zeigt die Klimatologien für den gemeinsamen Zeitraum 1995–2020 auf Basis monatlicher Mittelwerte. Die Klimatologien stimmen gut überein, mit ähnlichen räumlichen Mustern und Größenordnungen. Höhere SSR werden in Süddeutschland und niedrigere in Bergregionen und im Norden beobachtet, wobei einige kleine regionale Unterschiede zwischen den Datensätzen erkennbar sind. Die Zeitreihe der monatlichen Anomalien (bezogen auf ihren mehrjährigen monatlichen Mittelwert) der Klimadatenätze ist in Abb. 4 dargestellt. Es besteht eine gute Übereinstimmung der monatlichen Anomalien und ihrer gleitenden 3-Monats-Mittelwerte zwischen den Klimadatenätzen. Die linearen Trends für den Zeitraum 1995–2020 stimmen ebenfalls sehr gut überein (siehe Tabelle 3). Basierend auf den Werten der 95 %-Konfidenzintervalle lässt sich für alle fünf Datensätze ein signifikanter positiver Trend von etwa $+4 \text{ W/m}^2$ pro Jahrzehnt beobachten. Dies entspricht einem Anstieg von etwa 3,2 % pro Jahrzehnt und stimmt mit dem in Püschel et al. (2022) berichteten Trend überein.

Monatliche Anomalien der solaren Oberflächenstrahlung [W/m^2], gleitende 3-Monats-Mittelwerte und Trends Deutschland, 1995–2020

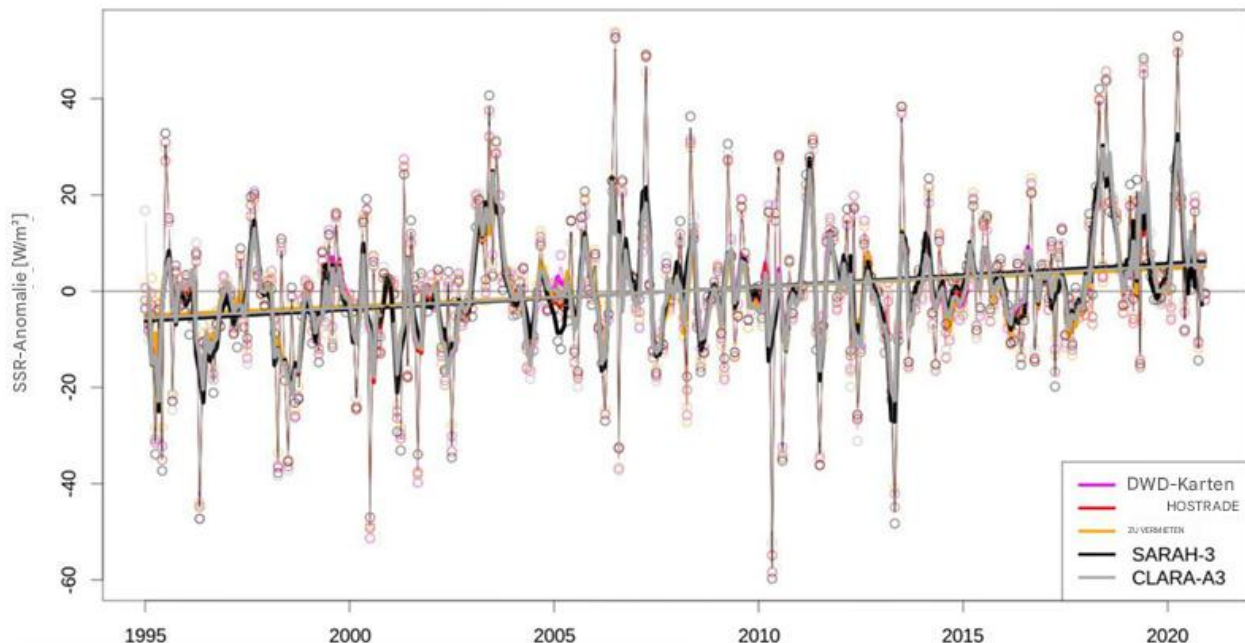


Abb. 4. Zeitreihen der monatlichen Anomalien [W/m^2], gleitenden 3-Monats-Mittelwerte und linearen Trends der Datensätze DWD-Monatsdaten/Karten, HOSTRADe, HYRAS, SARAH-3 und CLARA-A3 für den Zeitraum 1995–2020 für Deutschland

Quelle: Pfeifroth et al., 2026 (übersetzt via Google translate)

Diese neue Forschung wird durch eine Studie aus dem Jahr 2024 (Wacker et al.) gestützt, die unter Verwendung eines deutschen „Teststandorts“ berichtet, dass die gesamte und direkte kurzwellige Strahlungsantriebskraft zwischen 1996 und 2021 um 3,5 bzw. $9,3 \text{ W/m}^2$ pro Jahrzehnt gestiegen ist.

Strahlungsmessungen am WMO/CIMO-Teststandort Lindenberg

Stefan Wacker^{1, a)}, Ralf Becker^{1, b)}, Florian Filipitsch^{1, c)} und Lionel Doppler^{1, d)}

¹Deutscher Wetterdienst, Meteorologisches Observatorium Lindenberg – Richard Afmann Observatorium, Am Observatorium 12, D-15848 Tauche OT Lindenberg, Germany

Zusammenfassung. Es wird das umfassende Strahlungsüberwachungsprogramm vorgestellt, das Breitband-, Spektral- und spektroskopische Beobachtungen vom CIMO-Teststandort Lindenberg umfasst. Langjährige Reihen der gesamten solaren und diffusen Breitbandstrahlung zeigen die Schwankungen der atmosphärischen Transparenz in den letzten 80 Jahren, wie z. B. die Verdunkelung im Zeitraum 1950–1985, gefolgt von einer kontinuierlichen Aufhellung. Die gesamte und die direkte kurzwellige Strahlung zeigen signifikante Trends von 3,5 bzw. 9,3 Wm² pro Jahrzehnt in den letzten 25 Jahren. Während die Verdunkelung und ein Großteil der Aufhellung höchstwahrscheinlich durch Schwankungen der optischen Aerosoldicke verursacht werden, könnte eine mögliche Abnahme der Stärke des Wolkenstrahlungseffekts zur Zunahme der Sonnenstrahlung in der Aufhellungsperiode beitragen, insbesondere in den letzten Jahren

Der Wolkenstrahlungseffekt (CRE) oder der gesamte Wolkenstrahlungseffekt (TCE) ist definiert als die Summe des kurzwelligen und langwelligen Wolkeneffekts (SCE und LCE) und wird als Differenz der Breitband-Kurz- und Langwellenbeobachtungen des gesamten Himmels (DSRob_{s,as}; DLRob_{s,as}) und der entsprechenden hypothetischen wolkenfreien Flüsse berechnet, die zur gleichen Zeit in Abwesenheit von Wolken zu erwarten wären (DSRcal_{cf}, DLRcal_{cf}):

$$TCE = SCE + LCE = DSRob_{s,as} - DSRcal_{cf} + DLRob_{s,as} - DLRcal_{cf} \quad (1)$$

Für den Zeitraum 1996–2021 werden signifikante Trends von 3,4 bzw. 9,3 Wm²dec⁻¹ für DSR und DSRdir beobachtet (Tabelle 1). Die höchsten Trends treten im Frühling und Sommer auf, während sie im Herbst und Winter deutlich geringer und nicht signifikant sind. Die Strahlungsintensität DSRaif ist seit 1996 geringfügig um $-2,2 \pm 2,5$ Wm² gesunken, was auf eine verringerte Streuung hindeutet. Um die Ursachen für die beobachteten Strahlungstrends zu untersuchen, wurde ein wolkenfreier Datensatz mithilfe des automatischen DWD-Wolkenalgorithmus erstellt. Dieser basiert auf Ceilometer-Beobachtungen und kann daher tagsüber und nachts, also auch für den langwelligen Bereich, verwendet werden. Die beobachteten wolkenfreien Trends im kurzwelligen Bereich sind jedoch bis zu viermal höher als die entsprechenden Trends für den gesamten Himmel und daher nicht plausibel. Strahlungstransportberechnungen zeigen, dass der beobachtete Rückgang der optischen Dicke (AOD) um 25 % im Zeitraum 1996–2021 zu einem Anstieg von etwa 9 bzw. 18 Wm² für DSR und DSRdir führen sollte. Da sich die Luftfeuchtigkeit und die Gesamtsäulenzonkonzentration nicht wesentlich verändert haben, ist ein solch hoher Anstieg nicht plausibel.

TABELLE 1. Steigung der dekadischen (10-Jahres-)Trends für den gesamten Himmel einschließlich unterer und oberer Konfidenzgrenzen auf dem 95%-Niveau für den Zeitraum 1996–2021 am MOL-RAO. Signifikante Trends sind fett gedruckt. Die Einheit für die spezifische Feuchte q ist (g H₂O (Gas)/kg feuchte Luft) dec⁻¹.

Alle Strahlungsdaten stammen von der BSRN-Station.

Parameter	Trend				
	Frühling (MAM)	Sommer (JJA)	Herbst (SON)	Winter (DJF)	Jahr
DSR [Wm ⁻² dec ⁻¹]	4.8 [-1.7, 11.4]	7.4 [1.1, 13.8]	1.5 [-2.8, 5.8]	-0.2 [-1.7, 1.3]	3.4 [0.3, 6.6]
DSRdir [Wm ⁻² dec ⁻¹]	12.8 [-2.0, 27.6]	19.2 [7.8, 30.5]	6.6 [-4.7, 17.8]	-1.4 [-7.0, 4.3]	9.3 [2.2, 16.3]
DSRdif [Wm ⁻² dec ⁻¹]	-0.7 [-3.2, 1.8]	-2.3 [-4.1, -0.5]	-0.5 [-1.6, 0.6]	0.2 [-0.8, 1.1]	-0.8 [-1.8, 0.1]
DLR [Wm ⁻² dec ⁻¹]	0.6 [-2.3, 3.6]	4.7 [3.2, 6.2]	4.2 [1.4, 7.0]	5.4 [1.9, 9.0]	3.8 [2.3, 5.3]
T _{2m} [°Cdec ⁻¹]	0.3 [-0.3, 1.0]	0.9 [0.4, 1.4]	0.8 [0.2, 1.3]	0.8 [-0.3, 1.8]	0.7 [0.3, 1.1]
q	-0.2 [-0.4, 0.0]	-0.2 [-0.2, 0.2]	0.1 [-0.1, 0.3]	0.1 [-0.1, 0.3]	0.0 [-0.1, 0.1]

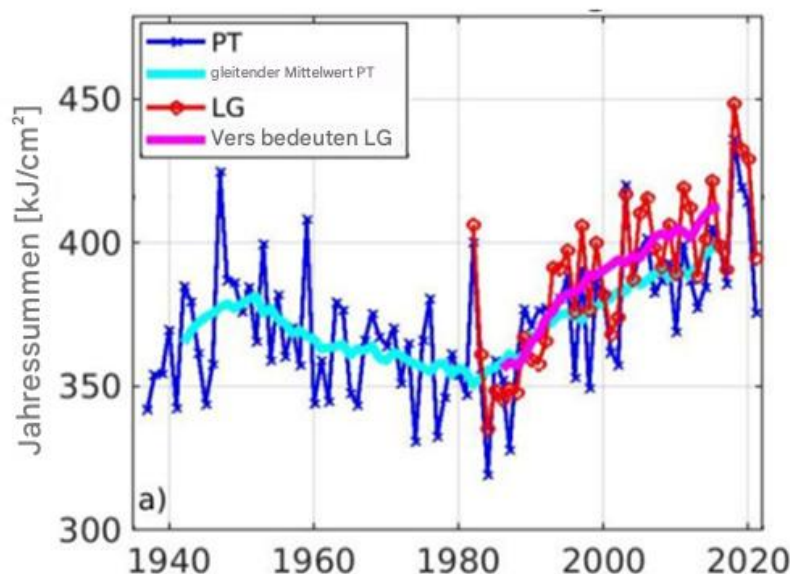


ABBILDUNG 1. Jahressummen und gleitender 10-Jahres-Mittelwert der gesamten Sonneneinstrahlung in Potsdam und am MOL-RAO

Quelle: [Wacker et al., 2024](#) (übersetzt via Google translate)

Link:

<https://notrickszone.com/2026/02/23/new-research-reaffirms-clouds-aerosols-and-surface-solar-radiation-are-driving-the-climate-system/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE