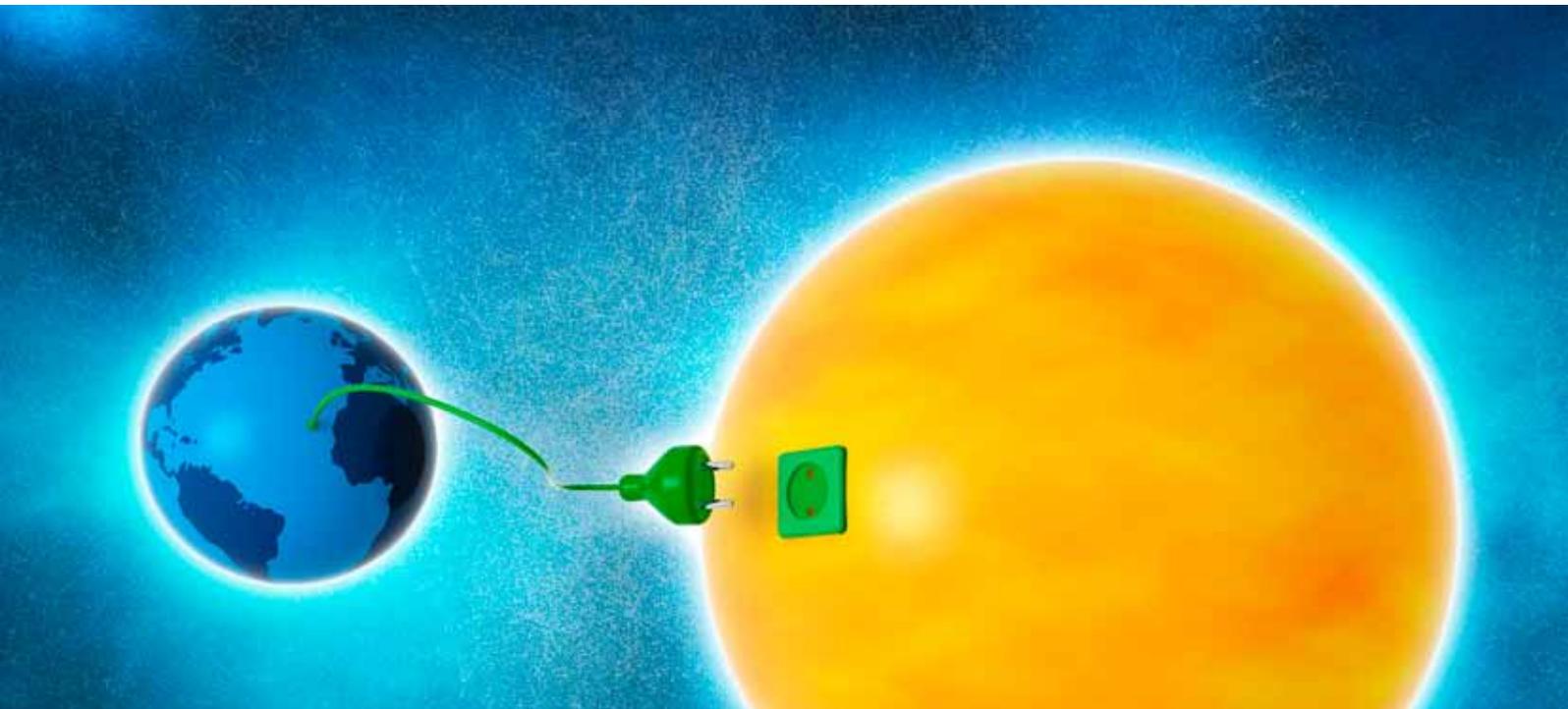


Solarenergieförderverein  
Bayern e.V.

Bavarian Association for the Promotion  
of Solar Energy



# SONNE IN DER SCHULE

Betriebsbericht

2019

## Inhalt

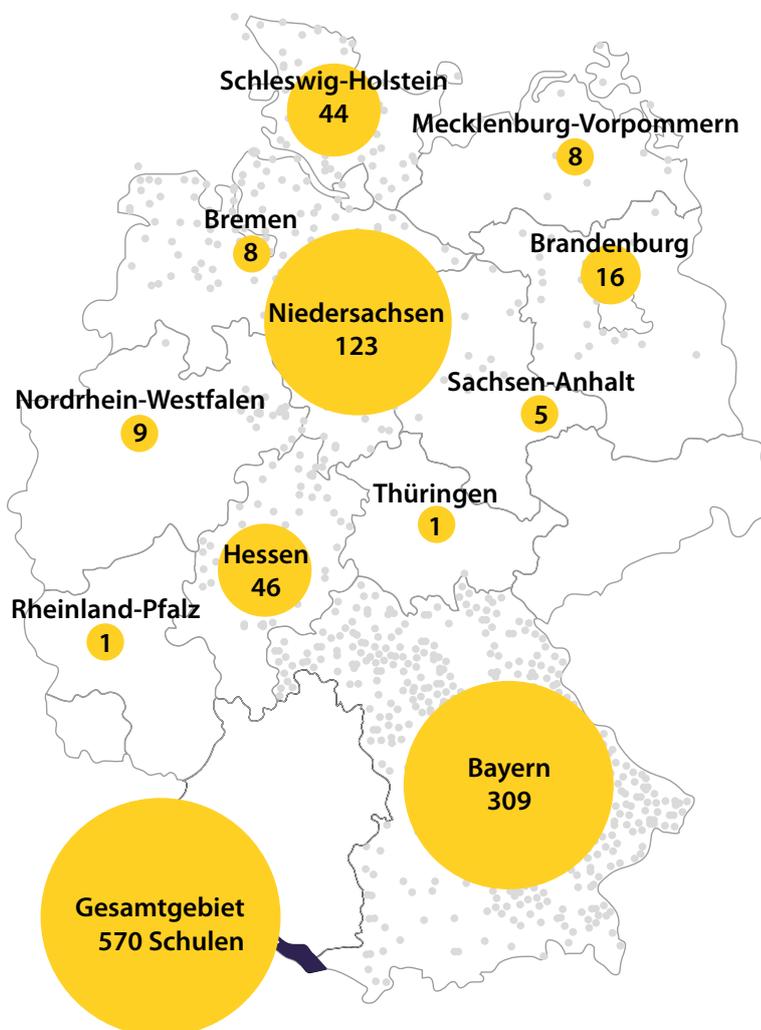
<b>1</b>	<b>„Sonne in der Schule“ im Jahr 2019</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Auswertung der Betriebsdaten</b>	<b>4</b>
2.1	Datenbasis	4
2.2	Meteorologische Daten	5
2.2.1	Charakterisierung des Jahres 2019	5
2.2.2	Globalstrahlung 2019	6
2.3	Erträge der Photovoltaikanlagen	8
2.3.1	Statistische Verteilung	8
2.3.2	Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten	11
2.3.3	Erträge einzelner Schulen	12
<b>3</b>	<b>Betreuung</b>	<b>13</b>
3.1	Überblick	13
3.2	Module	13
3.3	Defekte Wechselrichter	13
3.4	Förderung einer Visualisierung	13
3.5	Unterrichtshilfen	13
<b>4</b>	<b>Messdatenabgabe</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Schlaglicht: Photovoltaik und Elektromobilität</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>16</b>

Titelbild: Ausschnitt aus der Globalstrahlungskarte 2018 des Deutschen Wetterdienstes – Rekordwerte in ganz Deutschland  
(Karte: DWD)

## 1 „Sonne in der Schule“ im Jahr 2019

2019 war nach 2018 und 2014 das drittwärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. Ein großer Teil der Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) aus dem Programm „Sonne in der Schule“ konnte auch in diesem außergewöhnlich warmen Jahr aufzeigen, dass PV-Anlagen über mehrere Jahrzehnte einen guten Ertrag liefern können.

Der Solarenergieförderverein Bayern e. V. – nachstehend als SeV bezeichnet – betreut seit 2001 die Schulen, die mit einer PV-Anlage aus dem Programm „Sonne in der Schule“ ausgestattet sind. Neben der Erfassung und Auswertung der Betriebsdaten wird auch Unterstützung bei Defekten an der PV-Anlage gegeben. Dies kann die Finanzierung der Reparatur oder des Austausches eines defekten Wechselrichters sein. In jedem Fall wird der Kontakt zu einem Fachmann hergestellt, der bei der Fehlerfindung hilft.



Durch das große Engagement der langjährigen und der neu hinzugekommenen Betreuer und Betreuerinnen der am Programm teilnehmenden Schulen, kann mittels der Erträge eine fundierte Aussage über das Verhalten der PV-Anlagen über einen solch langen Zeitraum gemacht werden. Dieses Ergebnis fließt in Beiträge für die Fachtagungen ein, an denen der SeV zu diesem Thema Einreichungen vornimmt.

Abb. 1: Verteilung der aktuell registrierten Anlagen auf die Bundesländer

## 2 Auswertung der Betriebsdaten

Wie in allen Jahren wurden die Schulen, die am Programm teilnehmen, angeschrieben und gebeten, die monatlichen Energieerträge ihrer PV-Anlagen an den SeV zu melden. 264 Schulen meldeten für das Jahr 2019 die Betriebsdaten der PV-Anlage. Diese Daten bilden die Basis für die Auswertungen.

### 2.1 Datenbasis

Die Statistik des Rücklaufs der Betriebsdaten 2019 und 2018 mit den Änderungen zeigt Tabelle 1.

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2019	Auswertung für 2018	Änderung
Basisdaten vorhanden von	570	590	- 3,4 %
Messdaten erhalten von	264	275	- 4,0 %
Anlagen ohne Betriebsunterbrechung	159	180	- 11,7 %

**Tab. 1:** Statistik des Rücklaufs der Betriebsdaten in den Jahren 2018 und 2019

Die Anzahl der Schulen, von denen Basisdaten (Zeile 1 der obigen Tabelle) vorhanden sind, hat sich auch im vergangenen Jahr geändert. Die wesentlichen Gründe dafür sind:

- Schulen wurden geschlossen.
- Schulen haben nach Sanierungen die PV-Anlage nicht mehr montiert oder größere Anlagen in Betrieb genommen.
- Im laufenden Schulbetrieb gab es keine Kapazitäten mehr für die Betreuung von „Sonne in der Schule“.

Aktuell hat der SeV von 264 Schulen Messdaten (Zeile 2 der obigen Tabelle) erhalten, was einer Rücklaufquote von 46,3 % entspricht, bezogen auf die 570 Schulen, die aktuell in der Datenbank von „Sonne in der Schule“ geführt werden.

In Zeile 3 der obigen Tabelle sind die „Anlagen ohne Betriebsunterbrechung“ dargestellt:

- Der praktische Betrieb der PV-Anlagen zeigt, dass ein gewisser Prozentsatz stets nicht verfügbar ist, etwa wegen Bauarbeiten oder längerfristiger Störungen.
- Statistisch gesehen, verursachen nach einem Zeitraum von ca. 8 - 15 Jahren ab Inbetriebnahme besonders viele Wechselrichter aus der Anfangszeit der Photovoltaik zeitweise Stillstände und Ausfälle. Moderne Wechselrichter zeigen längere störungsfreie Betriebszeiten.
- Daher wurden für die Auswertung alle Anlagen nicht berücksichtigt, bei denen erkennbar eine länger als drei Monate andauernde Betriebsunterbrechung bzw. eine entsprechende Fehlermeldung vorlag oder der spezifische jährliche Ertrag 500 kWh/kW unterschritt.

### 2.2 Meteorologische Daten

Der Ertrag von PV-Anlagen, die erzeugte elektrische Energie, hängt wesentlich von der eingestrahnten Solarenergie, der sog. Globalstrahlung, ab. Aber auch die Modultemperatur, die wesentlich von der Umgebungstemperatur beeinflusst wird und auch der Wind spielen eine Rolle:

- Höhere Globalstrahlung steigert den Ertrag. Als Näherung folgt der Wert des Ertrags direkt dem Wert der eingestrahnten Globalstrahlung!
- Der Ertrag wird durch höhere Modultemperaturen gemindert. Ein kristallines Modul – wie bei „Sonne in der Schule“ – gibt etwa 0,4 - 0,5 % weniger Leistung pro Grad Temperaturzunahme ab. Andererseits steigt der Ertrag bei kühleren Umgebungstemperaturen und entsprechender Globalstrahlung.

#### 2.2.1 Charakterisierung des Jahres 2019

Das Jahr 2019 geht, laut Deutschem Wetterdienst (DWD), als das drittwärmste Jahr seit 1881 in die Annalen der Wetteraufzeichnungen ein. Es verlief wieder zu trocken, mit mehr Sonnenschein als üblich und war vor allem deutlich zu warm.

Es begann mit einem niederschlagsreichen Januar und führte in den Bergen zu dort lange nicht erlebten Schneemassen. Der Sonnenschein erreichte bundesweit mit rund 45 Stunden sein Soll (44 Stunden). Es folgte ein sehr milder, trockener und außergewöhnlich sonnenscheinreicher – 130 Stunden! – Februar, mit vielen Rekorden an einigen Messstellen. Der März wurde stürmisch, mild und sehr niederschlagsreich. Die Sonne schien durchschnittlich 111 Stunden.

Im April kam es mit 13 zu warmen Monaten in Folge zu einem neuen Rekord seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. Es war teils schon fröhlich und der Monat lag mit 220 Stunden unter den fünf sonnenscheinreichsten Monaten seit 1951. Es folgte ein zu kühler Mai, mit nochmals verbreitet Nachtfrösten und im Süden sogar teilweise mit Schneefall bis ins Flachland. Die Sonne blieb mit rund 175 Stunden unter ihrem Soll (196). Der Juni brachte einen Doppelrekord: Noch nie war ein Juni in Deutschland wärmer und sonniger. 300 Stunden Sonnenschein, 50 % mehr als das Soll von 198 Stunden, und mit 19,8 °C lag der Temperaturdurchschnitt um 4,4 ° über dem Wert der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1990.

Im Juli erreichte die Hitzewelle neue Dimensionen. Andreas Friedrich, Pressesprecher des DWD: „Drei Tage in Folge 40 °C, dabei 25 Mal Höchstwerte von 40 °C und mehr. Das geht in die meteorologischen Geschichtsbücher ein.“ Die Sonne schien durchschnittlich 235 Stunden. Es folgte ein sonnenscheinreicher – 220 Stunden – niederschlagsarmer und am Ende nochmals heißer August. Der September war, aus meteorologischer Sicht, durchschnittlich. Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein – 165 Stunden – wichen kaum vom vieljährigen Mittel ab.

Der Oktober wurde zu nass und recht mild. In der zweiten Dekade gebietsweise spätsommerlich – die Sonne schien an ca. 105 Stunden. Es folgte ein milder, etwas zu trockener und sonnenscheinärmer – 45 Stunden – November. Mit 60 Stunden wieder sonnenscheinreich, mild und wenig winterlich folgte der Dezember. Er war deutlich zu mild und brachte fast nirgends weiße Weihnachten.

## Sonne in der Schule – Betriebsbericht 2019

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	2019
Aachen	20	53	70	131	140	189	164	145	97	47	27	17	1.099
Augsburg	28	63	95	138	144	203	182	154	110	65	29	29	1.239
Berlin	19	47	64	150	155	213	163	154	96	58	22	18	1.156
Bonn	20	53	71	124	142	194	162	142	94	48	24	17	1.090
Braunschweig	22	48	68	135	154	205	163	145	91	57	24	19	1.128
Bremen	19	42	64	138	153	180	148	144	92	53	22	17	1.069
Chemnitz	24	53	79	143	146	205	171	147	100	64	30	23	1.183
Frankfurt/Main	19	53	82	135	159	197	183	148	103	48	23	20	1.170
Gießen	20	51	79	131	149	196	171	148	99	47	21	18	1.130
Göttingen	21	49	73	138	145	200	159	152	96	54	21	17	1.121
Hamburg	17	42	59	142	140	183	149	141	87	51	21	14	1.046
Hannover	21	47	67	139	151	196	162	146	93	55	22	18	1.116
Heidelberg	20	58	82	131	152	201	189	152	109	53	25	21	1.193
Hof	19	53	76	146	136	209	180	144	102	58	24	22	1.168
Kassel	20	49	71	138	144	199	159	146	96	52	20	17	1.113
Kiel	18	40	59	141	147	176	151	139	90	42	18	14	1.036
List auf Sylt	16	39	72	138	162	176	145	149	90	44	16	13	1.059
München	29	68	99	138	139	205	175	148	113	67	30	30	1.242
Nürnberg	24	58	87	146	148	204	185	146	106	59	28	23	1.214
Regensburg	25	61	87	153	141	209	185	147	107	65	29	23	1.231
Rostock	17	43	63	150	157	196	165	149	88	46	18	15	1.107
Stralsund	16	40	66	154	154	200	176	147	89	47	17	15	1.123
Weihenstephan	27	64	98	145	143	207	178	148	111	64	27	27	1.241
Würzburg	21	56	85	137	146	197	188	146	113	59	24	24	1.196

Tab. 2: Monatliche Werte der Globalstrahlung 2019 – auf eine waagerechte Fläche – in kWh/m<sup>2</sup> für verschiedene Orte im Gebiet von **Sonne in der Schule** (Quelle: DWD)

### 2.2.2 Globalstrahlung 2019

Die monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung des Jahres 2019 – auf eine waagerechte Fläche – ermöglichen eine Abschätzung des Ertrags einer PV-Anlage und sind besonders für Ertragsvergleiche in verschiedenen Regionen geeignet. Es sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Die höchste Globalstrahlung wurde mit 1.242 kWh/m<sup>2</sup> in München gemessen, der geringste Wert mit 1.036 kWh/m<sup>2</sup> in Kiel. Zwischen beiden Werten liegt eine Differenz von 19,9 %, bezogen auf den niedrigeren Wert.

In unseren Breiten werden Solarmodule geneigt aufgestellt. Ein der Sonne zugeneigter Solargenerator, der in einem Winkel der Module gegen die Waagerechte in der Größenordnung 20 - 40° nach Süden ausgerichtet ist, erhält etwa 10 - 15 % mehr Globalstrahlung als die waagerechte Ebene.

## Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland

Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz

### Jahressummen 2019

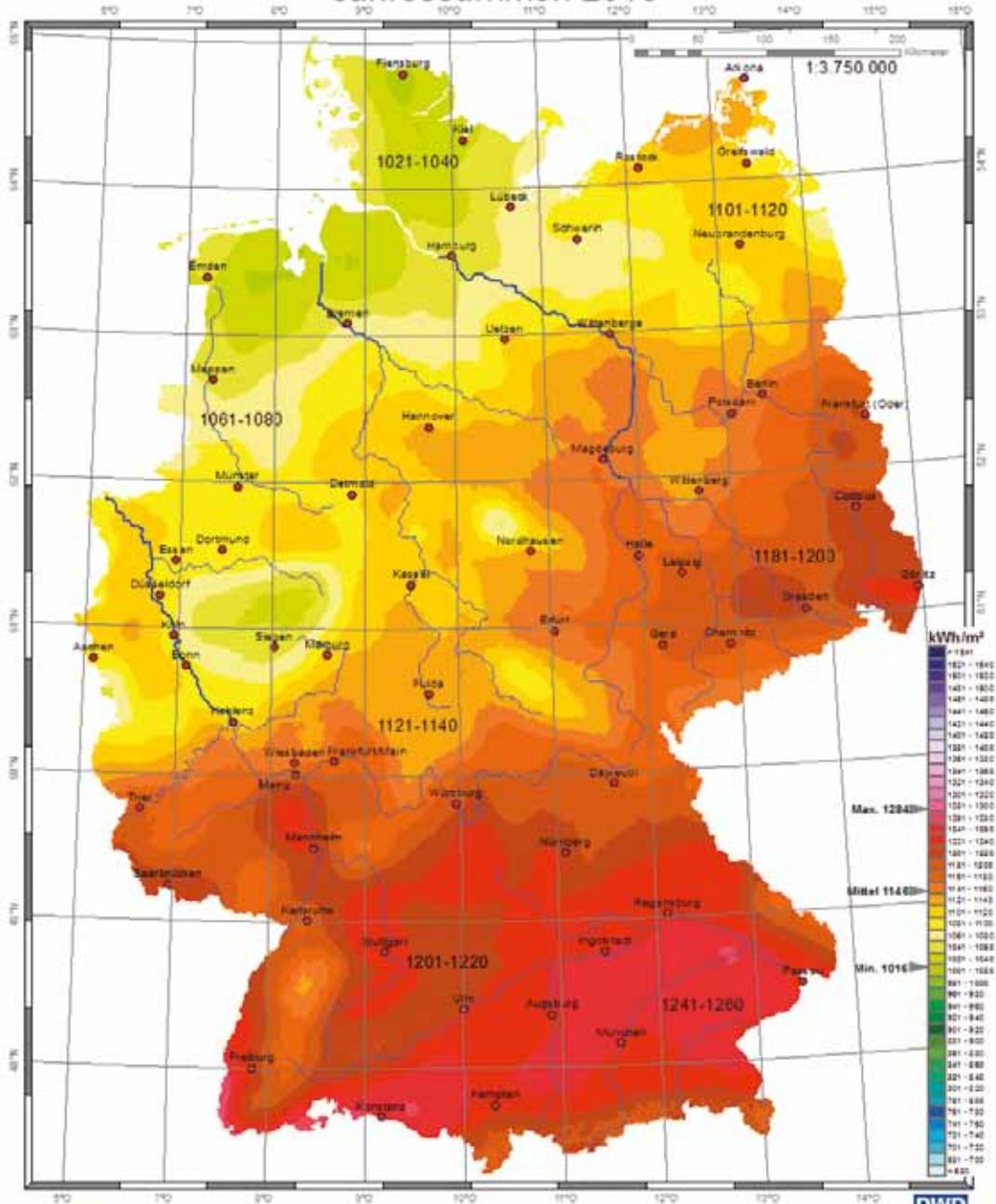


Abb. 2: Globalstrahlung in Deutschland 2019

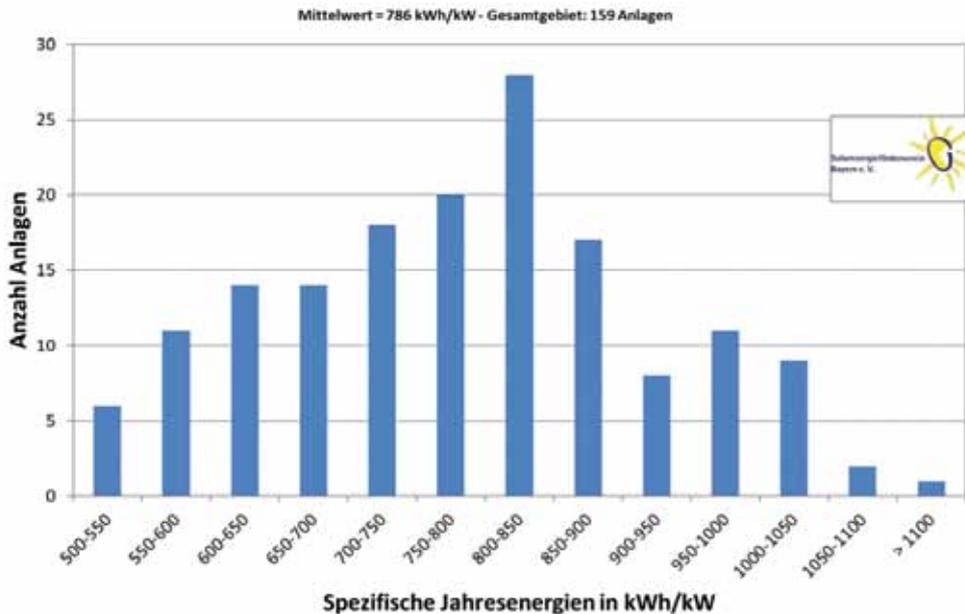


Abb. 3: Verteilung des spezifischen Ertrags im Gesamtgebiet 2019

### 2.3 Erträge der Photovoltaikanlagen

Die Betriebsdaten mit den Erträgen der PV-Anlagen aus „Sonne in der Schule“ wurden mit Hilfe einer Software weiterverarbeitet und aufbereitet.

#### 2.3.1 Statistische Verteilung

Vorab ist der Begriff des spezifischen Ertrags zu erklären. Man erhält ihn, indem man die erzeugte Energie durch den Wert der Nennleistung der Photovoltaikanlage teilt. Wurden beispielsweise 1.001 kWh erzeugt und beträgt die Nennleistung der PV-Anlage 1,1 kW, so bestimmt sich der spezifische Ertrag zu  $1.001 \text{ kWh} / 1,1 \text{ kW} = 910 \text{ kWh/kW}$ .

Der spezifische Ertrag aller Anlagen im Gesamtgebiet von „Sonne in der Schule“ vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag im Jahr 2019 bei durchschnittlich 785,6 kWh/kW und damit unter dem Wert von 829 kWh/kW von 2018. Hierunter ist die in das lokale Niederspannungsnetz eingespeiste elektrische Energie zu verstehen. Diese Größe ist ein Mittelwert. Manche Anlagen sind durchaus besser, etwa wegen eines höheren Angebots an Globalstrahlung, andere können aus bestimmten Gründen – z. B. Verschattung der Module – schlechter sein.

Abb. 3 zeigt für das Gesamtgebiet von „Sonne in der Schule“ im Jahr 2018 die spezifischen Energieerträge aller Anlagen für die Messprotokolle vorlagen und für welche sich sinnvolle Werte ergaben – über die Anzahl der Anlagen. War ersichtlich, dass die Anlage für einen längeren Zeitraum keinen Ertrag lieferte, etwa wegen eines Ausfalls des Wechselrichters oder Bauarbeiten, wurde sie nicht in die Ermittlung des Mittelwertes einbezogen, siehe Kap. 2.1.

**Es sei betont, dass die dargestellten Erträge auf die Leistung 1 kW bezogen sind.**

## Sonne in der Schule – Betriebsbericht 2019

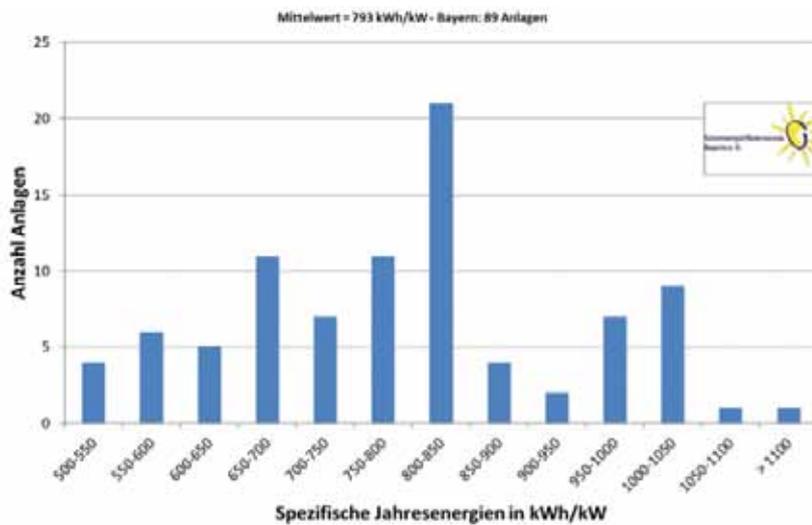


Abb. 4: Spezifische Erträge in Bayern 2019

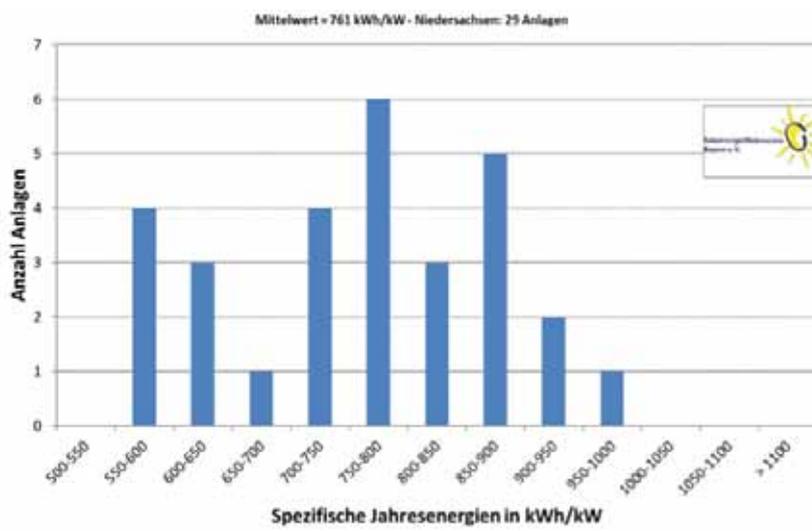


Abb. 5: Spezifische Erträge in Niedersachsen 2019

Entsprechend dem guten Angebot an Globalstrahlung liegen die Erträge der meisten Anlagen im Bereich von 750 – 850 kWh/kW, teilweise werden über 1.000 kWh/kW erreicht, bei einigen Anlagen sogar über 1.100 kWh/kW.

Gründe, dass Anlagen schlechte Erträge von unter 500 kWh/kW liefern, sind oft Verschattungen oder Wechselrichterdefekte. Anlagen mit hohen Erträgen über 900 kWh/kW sind intensiv betreut, ihr Standort weist gute Globalstrahlungswerte und gute Lüftung für die Solarmodule auf. Letzteres ist wichtig, denn photovoltaische Solargeneratoren zeigen – wie dargestellt – mit steigender Temperatur schlechtere Erträge.

Aussagen über die Verteilung der spezifischen Energieerträge, sind beispielhaft in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt. Die Verteilung der spezifischen Energieerträge ist nur für die Bundesländer aufgeführt, in denen eine größere Anzahl von nutzbaren Messdaten vorhanden war.

## Sonne in der Schule – Betriebsbericht 2019

Bundesland	Anzahl Anlagen mit nutzbaren Datensätzen 2019	Mittelwert spezifischer Ertrag 2019 kWh/kW	Veränderung des Ertrags gegenüber 2017
Bayern	89	793	- 3,1 %
Hessen	17	814	- 7,1 %
Niedersachsen	29	761	- 10,3 %
Schleswig-Holstein	13	752	- 6,2 %
Brandenburg	4	763	- 7,4 %
Mecklenburg- Vorpommern	3	826	- 6,5 %
Nordrhein-Westfalen	2	877	- 9,1 %
Sachsen-Anhalt	1	742	2,9 %
Bremen	1	618	- 8,4 %
Thüringen	0	0	./.
Rheinland-Pfalz	0	0	./.
<b>Gesamtgebiet</b>	<b>159</b>	<b>786</b>	<b>- 5,2 %</b>

**Tab. 3:** Anzahl der Anlagen mit „nutzbaren Datensätzen“ im Jahr 2019 und Mittelwert des spezifischen Ertrags mit der Veränderung gegenüber dem Vorjahr

Zahlenwerte zu allen Anlagen in allen Bundesländern und den Mittelwert aller Erträge zeigt Tab. 3. Bei der Bewertung ist zu beachten, dass mit wenigen Anlagen in manchen Bundesländern keine allgemeingültigen statistischen Aussagen zu treffen sind. Von einer kleinen Anzahl Anlagen kann nicht auf das Verhalten aller geschlossen werden.

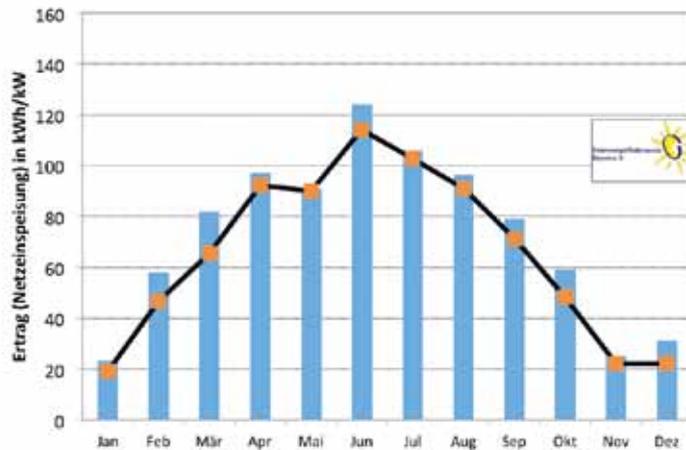
Jahr	Messwerte geliefert von ... Anlagen	Genutzte Messwerte, d.h. Anlagen ohne Störung	Anzahl der Anlagen mit Störung	Anzahl der Anlagen mit Störung
			absolut	prozentual
2002	460	389	71	15,4 %
2003	512	460	52	10,2 %
2004	576	468	108	18,8 %
2005	574	458	116	20,9 %
2006	579	437	142	24,5 %
2007	496	407	89	17,9 %
2008	507	390	117	23,1 %
2009	524	370	154	29,4 %
2010	462	321	141	30,5 %
2011	469	309	160	34,1 %
2012	437	295	142	32,5 %
2013	372	270	102	27,4 %
2014	335	225	110	32,8 %
2015	309	202	107	34,6 %
2016	291	184	107	36,8 %
2017	302	172	130	43,0 %
2018	275	180	95	34,5 %
2019	264	159	105	39,8 %

Tab. 4: Langjährige Daten zu Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

### 2.3.2 Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

Nach längerem Betrieb kann es zu Störungen kommen. Zudem werden Schulen oft saniert, weshalb die PV-Anlage zeitweise nicht verfügbar ist. Tab. 4 zeigt den langjährigen Verlauf von Störungen. 2019 haben sich die Störungsmeldungen auf fast 40 % erhöht, nur 2017 waren sie mit 43 % noch höher. Es macht sich bemerkbar, dass die Anlagen mittlerweile eine Betriebsdauer von weit über 20 Jahren erreicht haben.

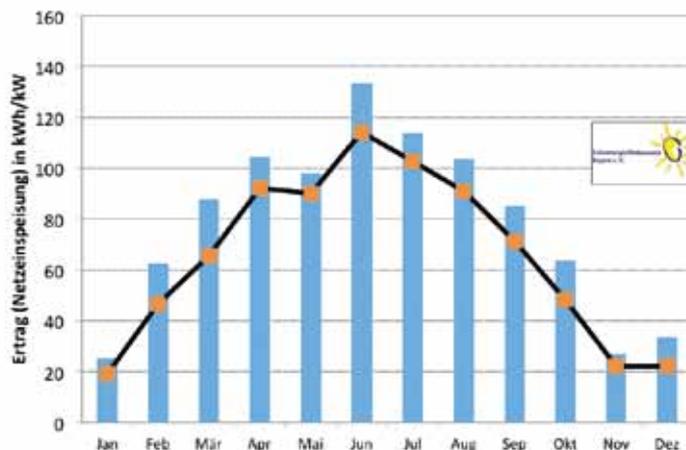
## Sonne in der Schule – Betriebsbericht 2019



**Abb. 6:**  
Schule in Bayern  
(Mittelfranken) -  
spezifischer Jahres-  
ertrag 873 kWh/kW



**Abb. 7:**  
Schule in Hessen -  
spezifischer Jahres-  
ertrag 864 kWh/kW



**Abb. 8:**  
Schule in Mecklenburg-  
Vorpommern -  
spezifischer Jahres-  
ertrag 939 kWh/kW

### 2.3.3 Erträge einzelner Schulen

Beispielhaft zeigen die Abbildungen 6, 7 und 8 als Balkendiagramm den Verlauf der monatlichen spezifischen Energieerträge von drei Schulen in Bayern, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

### **3 Betreuung**

#### **3.1 Überblick**

68 Schulen haben den SeV 2019 außerhalb der Datenübermittlung kontaktiert, um technische Probleme zu melden oder anderweitige Fragen zu klären. Ein Defekt am Wechselrichter war die häufigste Fehlermeldung. Moduldefekte, das Fehlen einer Software zum Auslesen der Erträge oder die Frage von neuen Betreuern, wie die Erträge auszulesen sind, schlossen sich an. Der SeV versucht bei allen Fragestellungen zu unterstützen. Neben diesen Problemen gibt der SeV Rat und Tat bei Fragen der Visualisierung, bei Softwareproblemen und was mit der PV-Anlage nach einem Abbau geschehen soll.

Bürgerbeteiligungsanlagen oder auch Anlagen von privaten Betreibern werden immer öfter auch auf Schuldächern montiert, so dass die „Sonne in der Schule“-Anlage in diese integriert oder auch demontiert wurde. Schulen mit nun großen PV-Anlagen nehmen vereinzelt weiterhin am Programm teil.

#### **3.2 Module**

Da der Fundus an Ersatzmodulen aufgebraucht ist, kann sich der SeV nur um eine individuelle Unterstützung bemühen, ein pauschaler Ersatz kann nicht erfolgen.

#### **3.3 Defekte Wechselrichter**

Sind die Erträge der PV-Anlage gering oder funktioniert sie nicht und ist der Wechselrichter die Ursache, können die Schulen unterstützt werden – allerdings im Ermessen des SeV und nach Situation seiner Finanzmittel. Bei einem Defekt des Wechselrichters wird der SeV an erster Stelle versuchen, den Wechselrichter reparieren zu lassen. Sollte eine Reparatur nicht möglich sein, wird versucht der Schule einen neuen Wechselrichter zur Verfügung zu stellen. Dies ist allerdings meistens mit einer Umverkabelung verbunden.

Zum Ablauf: Die Schule meldet den Defekt des Wechselrichters an den SeV. Dieser wird die Verbindung zu einer Fachfirma herstellen, welche die weitere Vorgehensweise organisiert. Der SeV trägt die Kosten der Instandsetzung der PV-Anlage – mit der Maßgabe, dass die Schule weiterhin Ihre jährlichen Betriebsdaten meldet und aktiv am Programm teilnimmt.

#### **3.4 Förderung einer Visualisierung**

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle – BAFA – fördert die Visualisierung regenerativer Energiesysteme an öffentlichen Gebäuden. Unter dem Link: [http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen\\_mit\\_Erneuerbaren\\_Energien/Visualisierung/visualisierung\\_node.html](http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Visualisierung/visualisierung_node.html) werden das Programm und die notwendigen Schritte für die Förderung präsentiert.

#### **3.5 Unterrichtshilfen**

Das „Unabhängige Institut für Umweltfragen“ stellt über seine Website Unterrichtshilfen für den Bereich der regenerativen Energien für die verschiedensten Klassenstufen zur Verfügung. Die Downloads sind zu finden unter: <http://www.ufu.de/service/downloads>

#### 4 Messdatenabgabe

210 Schulen haben bis zum 15. Februar 2020 die Messdaten der Photovoltaikanlage des Jahres 2019 an den SeV übermittelt. Unter diesen Schulen wurden 3 x 100 € verlost.

Folgende Schulen erhalten diesen Preis:

- Alexander von Humboldt Schule, Aßlar
- Franziska Obermayr Schule, Langquaid
- Staatliche Berufsschule mit BAS, Roth

#### 5 Schlaglicht – Photovoltaik und Elektromobilität

Ein zukunftssträchtiges Thema – aus der Sicht der Photovoltaik – soll nachstehend beleuchtet werden.

Am Markt sind verschiedene Typen von Elektrofahrzeugen verfügbar, etwa Hybrid- oder Brennstoffzellenfahrzeuge. Hier sollen nur Fahrzeuge mit Batterie und Elektromotor betrachtet werden. Im Dezember 2019 waren über 30 verschiedene elektrische Fahrzeugmodelle auf dem Markt, die an rund 24.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten mit Strom geladen werden konnten. Im Jahr 2020 sollten nach früheren Plänen der Bundesregierung in Deutschland eine Million Elektroautos zugelassen sein, aktuell sind es allerdings nur rd. 140.000 Fahrzeuge.

Elektromobilität ist insbesondere dann nachhaltig, wenn der dafür eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien stammt. Es macht also Sinn, mithilfe einer eigenen PV-Anlage elektrische Energie zu produzieren und für die Ladung der Elektrofahrzeuge zu nutzen.

Elektrofahrzeuge nutzen hocheffiziente Motoren mit Wirkungsgraden von über 90 %. Sie können Bremsenergie zu einem großen Teil zurückgewinnen. Zudem können sie als Verbraucher zum Lastmanagement beitragen, wenn die Beladung ihrer Batterie – soweit es die Fahrzeugnutzung zulässt – entsprechend der Netzbelastung erfolgt.

Um ein Gefühl für die technischen Daten zu bekommen, sind diese in Tab. 5 beispielhaft für drei verschiedene Elektrofahrzeuge dargestellt. Die Werte sind dem umfangreichen und lesenswerten ADAC-Test <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/> entnommen worden und stimmen nicht unbedingt mit den Herstellerangaben überein.

Elektrofahrzeug	Batteriekapazität	Verbrauch	Reichweite
BMW i3 (120 Ah)	37,9 kWh	17,9 kWh/100 km	272 km
Renault Zoe Intens	41 kWh	20,3 kWh/100 km	243 km
Tesla Model X 100D	100 kWh	24 kWh/100 km	451 km

Tab. 5: Gemessene technische Daten verschiedener Elektrofahrzeuge

Um PV-Strom zu tanken, müssen Elektrofahrzeuge daheim und an Tagesstellplätzen E-Tanksäulen vorfinden, etwa am Arbeitsplatz, in Parkhäusern oder an öffentlichen Parkplätzen. Zum Aufladen werden in der Regel Ladestationen genutzt, weil damit durch größere Leistungen die Ladezeiten stark verkürzt werden. Das Laden allein an nur einer Haushaltssteckdose – wenn technisch überhaupt möglich – kann durchaus einen Tag dauern. Je nach Batteriekapazität und Ladeleistung ergeben sich für jedes Elektrofahrzeug unterschiedliche Ladedauern.



**Abb. 9 + 10:** Ladesäulen der Messe München zum Tanken von Ökostrom, produziert von der Photovoltaikanlage auf den Dächern der Messe München. Aussteller und Besucher können auf dem Münchner Messegelände seit Januar 2018 kostenlos Fahrstrom tanken (Fotos: Fabian Flade).

Eine PV-Anlage für einen Tagesstellplatz mit einer Leistung von 5 kW kann in Deutschland jährlich etwa 5.000 kWh an nachhaltiger elektrischer Energie liefern. Setzt man – nach obiger Tabelle 5 – den Energieverbrauch eines Elektrofahrzeuges mit 17 kWh/100 km an, so kann man damit theoretisch fast 30.000 km/Jahr emissionsfrei fahren. Leider ist die

## Sonne in der Schule – Betriebsbericht 2019

Verfügbarkeit von günstigem Solarstrom witterungsbedingt nicht immer gegeben, so dass man um zusätzlichen Bezug aus dem Netz nicht herumkommt.

Eine andere Möglichkeit den Anteil von PV-Strom für die Beladung zu erhöhen, ist die Nutzung einer stationären Batterie. Man hat bei der Nutzung einer PV-Anlage zum Laden erhebliche finanzielle Vorteile. Der Preis einer kWh, erzeugt von der eigenen PV-Anlage liegt heute bei etwa 12 Cent/kWh, bezieht man den Strom aus dem Netz so fallen hier ca. 30 Cent/kWh an. Auch wenn nur ein Teil der vom Elektrofahrzeug benötigten elektrischen Energie von der eigenen PV-Anlage kommt, kann diese Lösung wirtschaftlich sein.

Die Photovoltaik wird zukünftig sicher einen steigenden Anteil an nachhaltiger elektrischer Energie für die Elektromobilität bereitstellen.

### **7 Zusammenfassung und Ausblick**

Das abgelaufene Jahr 2019 wird aus meteorologischer Sicht als das drittwärmste Jahr seit 1881 und als niederschlagsarm und sonnenscheinreich charakterisiert. Das vorangegangene Jahr 2018 war allerdings aus energiemeteorologischer Sicht wesentlich ertragreicher. Die Erträge der Anlagen „Sonne in der Schule“ im Gesamtgebiet erreichten mit 786 kWh/kW einen guten Wert, insbesondere unter Berücksichtigung der Laufzeit einiger PV-Anlagen von bis zu 25 Jahren. Natürlich gab es Betriebsstörungen, diese wurden beim angegebenen Wert berücksichtigt.

Man kann also zahlreiche kleine PV-Anlagen über einen langen Zeitraum erfolgreich betreiben. Eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg dieses Programms ist zum einen die zentrale Betreuung, zum anderen das große Engagement vieler Betreuerinnen und Betreuer der PV-Anlagen an den teilnehmenden Schulen.

Der Solarenergieförderverein Bayern e. V. bietet auch weiterhin seine Unterstützung für den Betrieb der PV-Anlagen aus dem Programm „Sonne in der Schule“ an.