

Solarenergieförderverein
Bayern e.V.

Bavarian Association for the Promotion
of Solar Energy



SONNE IN DER SCHULE

Betriebsbericht

2020

Inhalt

1	„Sonne in der Schule“ im Jahr 2020	3
2	Auswertung der Betriebsdaten	4
2.1	Datenbasis	4
2.2	Meteorologische Daten	5
2.2.1	Charakterisierung des Jahres 2020	5
2.2.2	Globalstrahlung 2020	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
3	Betreuung	13
3.1	Überblick	13
3.2	Module	13
3.3	Defekte Wechselrichter	13
3.4	Förderung einer Visualisierung	13
3.5	Unterrichtshilfen	13
4	Messdatenabgabe	13
5	Schlaglicht: Klimawandel	14
6	Zusammenfassung und Ausblick	16

Titelbild: Warming Stripes (Klimastreifen) von Ed Hawkins, Klimawissenschaftler an der University of Reading

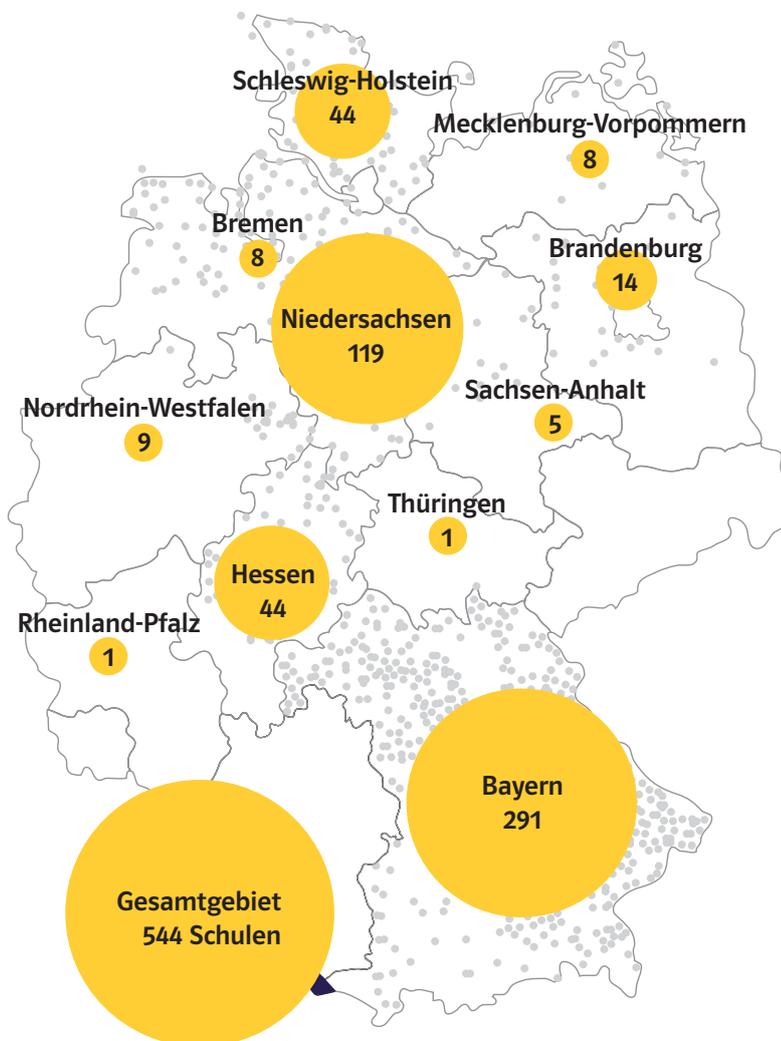
Das Titelbild zeigt eine frühe Version der Klimastreifen: Der Verlauf von blauen (kühleren) zu roten (wärmeren) Streifen stellt den langfristigen Anstieg der globalen Temperaturen von 1850 (links) bis 2018 (rechts) dar (Quelle: Wikipedia)

Hawkins, Ed, 2018 visualisation update / Warming stripes for 1850-2018 using the WMO annual global temperature dataset.. Climate Lab Book (4 December 2018). Archived from the original on 17 April 2019. Creative Commons License / Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.
(Direct link to image), CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80976980>

1 „Sonne in der Schule“ im Jahr 2020

Das Jahr 2020 war in vielerlei Hinsicht besonders. Für das Programm „Sonne in der Schule“ waren vor allem zwei Dinge von Bedeutung: Zum einen, dass 2020 als zweitwärmstes Jahr den Klimawandel wieder verstärkt in das Bewusstsein brachte, zum anderen, dass trotz der sehr starken Einschränkungen durch die Corona-Pandemie wieder über 50 % der teilnehmenden Schulen Rückmeldungen über das Verhalten und den Ertrag der Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) an ihren Schulen gemeldet haben.

Der Solarenergieförderverein Bayern e. V. – nachstehend als SeV bezeichnet – betreut seit 2001 die Schulen, die mit einer PV-Anlage aus „Sonne in der Schule“ ausgestattet sind. Dies bedeutet z. B., dass bei Defekten an der PV-Anlage Unterstützung gegeben wird – es wird der Kontakt zu einem Fachmann hergestellt, der bei der Fehlerfindung hilft und es kann dann einen Zuschuss zur Instandsetzung geben.



Durch das große Engagement der Betreuer und Betreuerinnen der teilnehmenden Schulen kann durch die übermittelten Erträge eine fundierte Aussage über das Verhalten der PV-Anlagen über einen langen Zeitraum gemacht werden. Dieses Ergebnis fließt wieder in die Beiträge für die Fachtagungen ein, an denen der SeV teilnimmt.

Die 1 MW PV-Anlage „Solar-dach Messe München“ war bis zum 31.12.2016 zum größten Teil Eigentum des SeV. Mit den finanziellen Mitteln, die bis dahin durch die EEG-Einspeisevergütung angesammelt wurden, können verschiedenste Solarprojekte, schwerpunktmäßig in der Photovoltaik, unterstützt werden, so auch „Sonne in der Schule“.

Abb. 1: Verteilung der aktuell registrierten Schul-PV-Anlagen auf die deutschen 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 übermitteln. 274 Schulen meldeten für das Jahr 2020 die Betriebsdaten der PV-Anlage. Diese Daten bilden die Basis für die Auswertungen.

2.1 Datenbasis

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2020	Auswertung für 2019	Änderung
Basisdaten vorhanden von	544	570	- 4,6 %
Messdaten erhalten von	276	264	4,5 %
Anlagen ohne Betriebsunterbrechung	149	159	- 6,3 %

Tab. 1: Statistik des Rücklaufs der Betriebsdaten in den Jahren 2020 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 276 Schulen Messdaten (Zeile 2 der obigen Tabelle) erhalten, was einer Rücklaufquote von 50,7 % entspricht, bezogen auf die 544 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.
- Nach einem Zeitraum von ca. 8 – 15 Jahren ab Inbetriebnahme verursachen besonders viele Wechselrichter aus der Anfangszeit der Photovoltaik zeitweise Stillstände und Ausfälle. Moderne Wechselrichter zeigen längere störungsfreie Betriebszeiten.
- Für die Auswertung wurden 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 eingestrahlten 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 eingestrahlten 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 2020

2020 war laut Deutschem Wetterdienst (DWD) in Deutschland mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,4 °C das zweitwärmste Jahr seit Beginn flächendeckender Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Nur 2018 war mit 10,5 °C geringfügig wärmer. Es war zudem das viertsonnigste Jahr seit dem Messbeginn 1951. Der Süden erhielt über 2000 Stunden Sonne, in der norddeutschen Tiefebene und den zentralen Mittelgebirgen blieb es dagegen vergleichsweise sonnenscheinarm.

Das Jahr begann mit einem viel zu mildem und trockenem Januar, der dadurch zu den zehn wärmsten seit 1881 gehörte. Die Sonne schien ca. 60 Stunden, dies aber hauptsächlich im Süden, im nördlichen Niedersachsen und in Schleswig-Holstein teilweise weniger als 20 Stunden. Es folgte der zweitwärmste und zweitnasseste Februar. Es gab schwere Stürme und die Sonnenscheinbilanz war mit ca. 65 Stunden leicht negativ. Der März wurde wieder zu mild und durch langen Sonnenschein, bis zu 210 Stunden, zu trocken. Der April erreichte mit der Sonnenscheindauer von 294 Stunden den Spitzenplatz seit 1951. Da er außerdem mit knapp 17 l/m² Regen zu den trockensten gehörte, kam es zu zahlreichen Waldbränden. Im Mai brachten Tiefausläufer im Süden starke Niederschläge, im Westen gab es Hochdruckeinfluss mit viel Sonne und im Norden und Osten frische und wolkenreiche Meeresluft. Die Sonnenscheinbilanz war im Ganzen mit 230 Stunden leicht positiv. Es folgte ein windiger, unbeständiger und warmer Juni. Der Monat war etwas zu warm mit typischem Sommerwetter. Die Sonne schien an den Küsten über 250 Stunden lang im Süden zeigte sie sich nur knapp 190 Stunden.

Im Juli war es warm, mit einer kurzen Hitzewelle bis über 35° C, viel zu trocken und sonnenscheinreich. Im Südwesten war die Sonnenscheinbilanz mit örtlich bis zu 320 Stunden am höchsten, im Deutschlandschnitt betrug sie rd. 230 Stunden. Es folgte ein August mit zeitweiligen Dauerniederschlägen, heißen Perioden und regional anhaltender Trockenheit, er wurde dadurch zu warm, leicht zu nass und mit 220 Stunden sonnig. Auch der September blieb zu trocken, er brachte 206 Sonnenstunden und spätsommerliche Wärme. Der Oktober gehörte mit 70 Stunden zu den sonnenscheinärmsten Monaten seit 1951. Trotzdem war er zu warm und zudem niederschlagsreich. Im November hielt anhaltender Hochdruckeinfluss die Tiefdruckgebiete fern und er wurde mit 85 Stunden Sonnenschein der drittsonnigste November. Der Dezember beendete das Jahr mit trübem und feuchtem Wetter, nur durchschnittlich 35 Stunden war es sonnig, und im Ganzen war auch dieser Monat zu warm und zu trocken.

Sonne in der Schule – Betriebsbericht 2020

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	2020
Aachen	23	34	90	153	185	161	154	139	102	41	35	15	1.132
Augsburg	36	53	109	172	167	158	195	148	117	57	33	21	1.265
Berlin	22	32	90	167	168	179	171	152	109	46	27	17	1.160
Bonn	20	34	92	159	183	154	160	139	102	44	33	15	1.136
Braunschweig	21	34	93	168	166	176	156	148	109	47	28	14	1.160
Bremen	17	31	91	158	166	165	144	141	100	46	26	12	1.097
Chemnitz	26	34	92	162	162	159	178	139	112	52	39	20	1.182
Frankfurt/Main	22	37	100	165	188	162	182	143	112	46	32	14	1.202
Gießen	19	35	98	158	180	165	175	134	106	41	27	12	1.151
Göttingen	20	33	91	162	164	163	161	137	106	43	27	11	1.118
Hamburg	15	29	93	154	169	182	149	154	101	45	25	10	1.127
Hannover	20	32	93	163	169	172	153	145	108	45	28	13	1.142
Heidelberg	28	40	99	170	187	158	190	150	113	48	37	17	1.238
Hof	24	38	92	163	164	148	181	138	113	46	33	17	1.155
Kassel	18	34	93	161	168	159	161	135	109	42	27	11	1.119
Kiel	14	25	93	152	176	182	148	159	100	45	23	9	1.127
List auf Sylt	14	29	94	144	187	183	164	163	91	44	19	8	1.059
München	41	54	106	177	161	153	194	153	115	60	40	25	1.279
Nürnberg	27	41	96	163	170	152	192	146	115	49	33	16	1.200
Regensburg	26	46	102	169	163	153	189	152	118	52	30	17	1.218
Rostock	16	34	95	162	180	185	164	158	107	48	23	12	1.183
Stralsund	15	34	91	160	181	180	161	159	103	47	20	12	1.164
Weihenstephan	35	51	107	175	161	155	192	154	115	59	34	21	1.258
Würzburg	24	43	98	164	179	160	188	147	107	53	33	16	1.213

Tab. 2: Monatliche Werte der Globalstrahlung 2020 – auf eine waagerechte Fläche – in kWh/m² für verschiedene Orte im Gebiet von **Sonne in der Schule** (Quelle: Deutscher Wetterdienst – DWD)

2.2.2 Globalstrahlung 2020

Die monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung des Jahres 2020 – 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 1.279 kWh/m² in München gemessen, der geringste Wert mit 1.097 kWh/m² in Bremen. Zwischen beiden Werten liegt eine Differenz von 12,3 %, 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 Deutschland

Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz

Jahressumme 2020

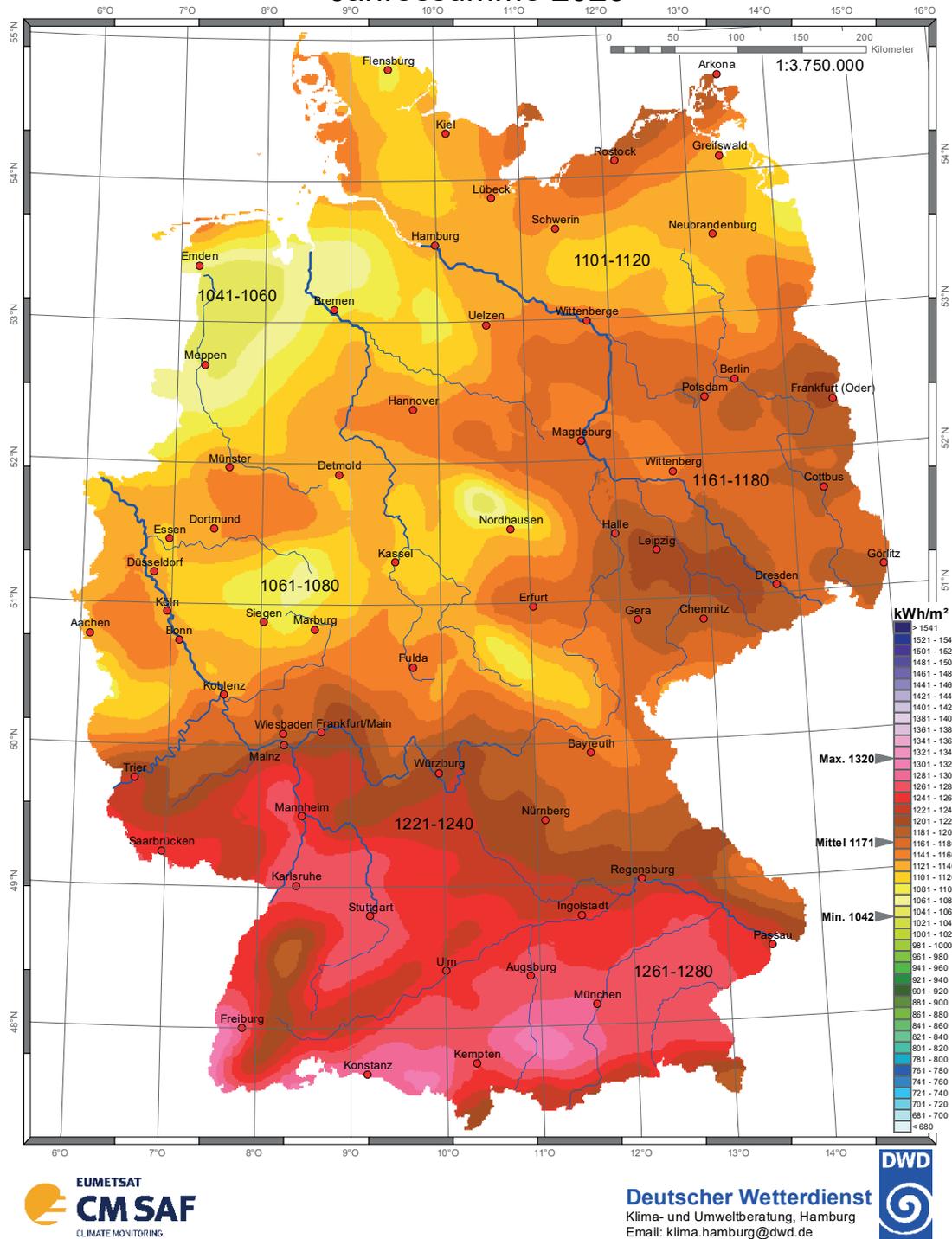


Abb. 2: Globalstrahlung in Deutschland 2020

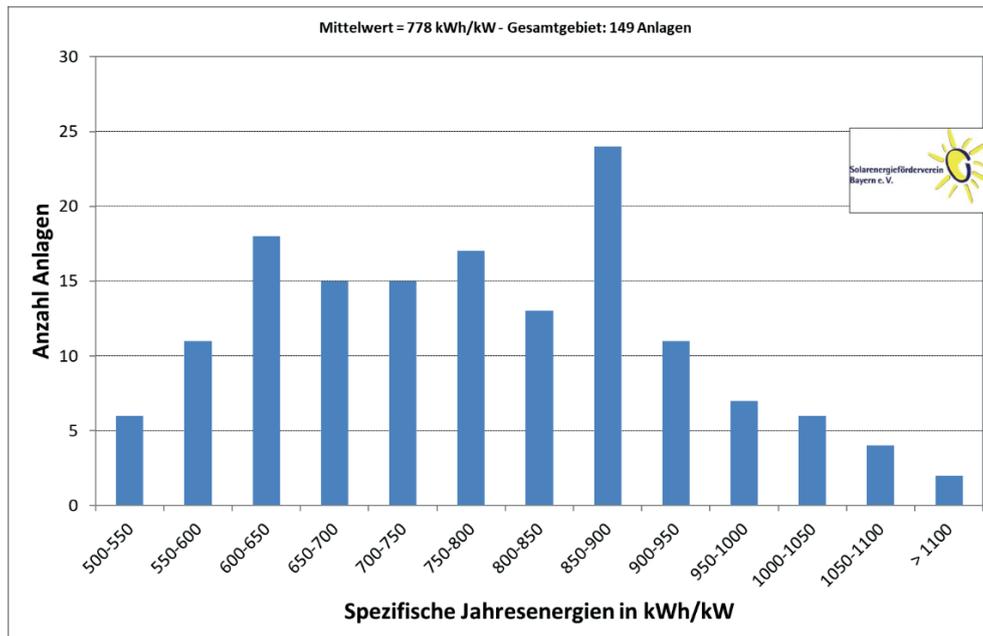


Abb. 3: Verteilung des spezifischen Ertrags im Gesamtgebiet 2020

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 PV-Anlage 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 berücksichtigten Anlagen im Gesamtgebiet von „Sonne in der Schule“ vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag im Jahr 2020 bei durchschnittlich 778 kWh/kW und damit unter dem Wert von 786 kWh/kW von 2019. Hierunter ist die in das lokale Niederspannungsnetz eingespeiste elektrische Energie zu verstehen. Diese Größe ist ein Mittelwert. Manche Anlagen sind 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 2020 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.

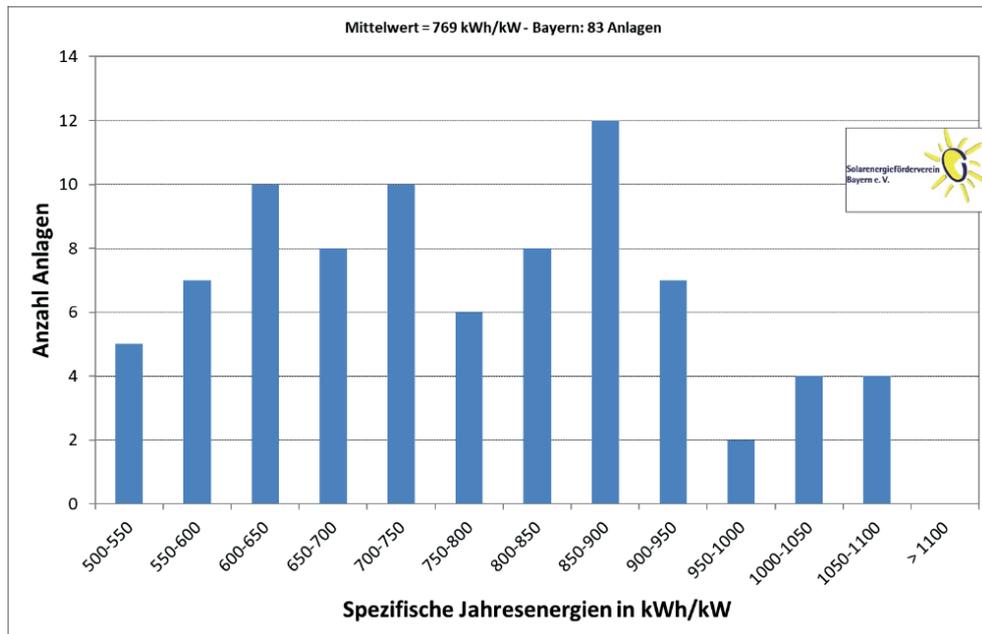


Abb. 4: Spezifische Erträge in Bayern 2020

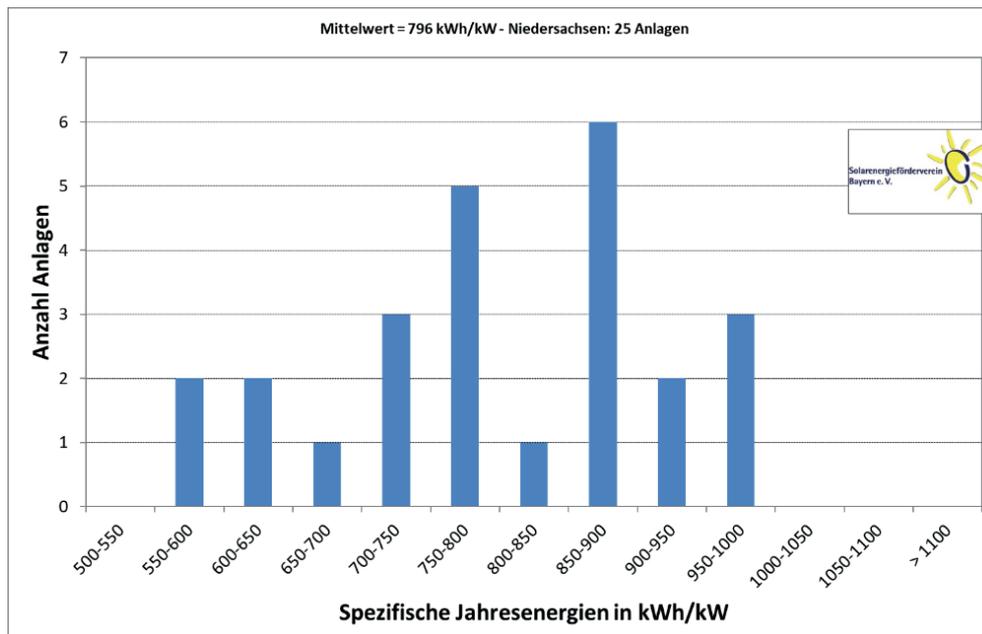


Abb. 5: Spezifische Erträge in Niedersachsen 2020

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

Die Erträge der meisten Anlagen liegen im Bereich von 600 – 900 kWh/kW, es werden sogar über 1000 kWh/kW erreicht. 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 durch die Bundesländer Bayern und Niedersachsen dargestellt.

Sonne in der Schule – Betriebsbericht 2020

Bundesland	Anzahl Anlagen mit nutzbaren Datensätzen 2020	Mittelwert spezifischer Ertrag 2020 kWh/kW	Veränderung des Ertrags gegenüber 2019
Bayern	83	769	- 3,0 %
Hessen	18	789	- 3,1 %
Niedersachsen	25	796	+ 4,6 %
Schleswig-Holstein	12	765	+ 1,7 %
Brandenburg	4	717	- 6,0 %
Mecklenburg- Vorpommern	2	884	+ 7,0 %
Nordrhein-Westfalen	3	823	- 6,2 %
Sachsen-Anhalt	1	1023	+ 37,9 %
Bremen	1	648	+ 4,9 %
Thüringen	0	0	./.
Rheinland-Pfalz	0	0	./.
Gesamtgebiet	149	778	- 1,0 %

Tab. 3: Anzahl der Anlagen mit „nutzbaren Datensätzen“ im Jahr 2020 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.

2.3.2 Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

Nach langem Betrieb kommt es verstärkt zu Störungen. Schulumbauten bewirken, dass die PV-Anlagen für einen längeren Zeitraum nicht verfügbar sind. Dies sind Gründe, dass sich die Störungsmeldungen im Jahr 2020 auf einen Spitzenwert von 46 % erhöht haben, siehe Tabelle 4. Aus der Tabelle ist die ansteigende Tendenz erkennbar, aber es ist auch zu sehen, dass die Anlagen eine lange, respektable Verfügbarkeit aufweisen.

Jahr	Messwerte geliefert von ... Anlagen	Genutzte Messwerte, d.h. Anlagen ohne 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 %
2020	276	149	127	46,0 %

Tab. 4: Langjährige Daten zu Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

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, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

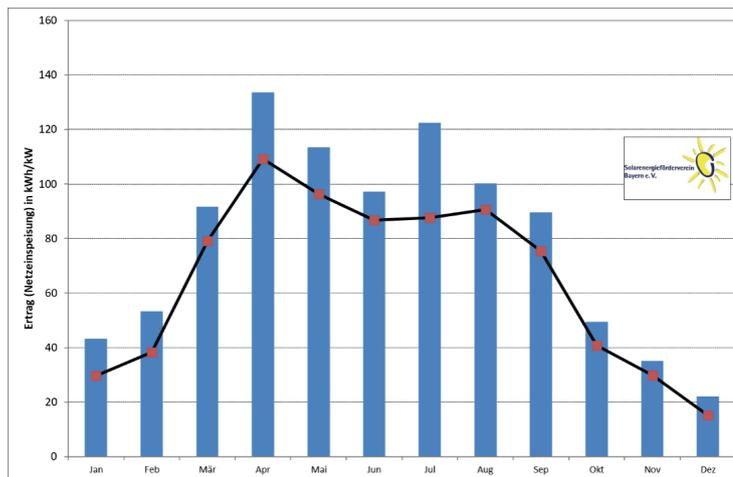


Abb. 6: Schule in Bayern (Oberbayern) – spezifischer Jahresertrag 952 kWh/kW

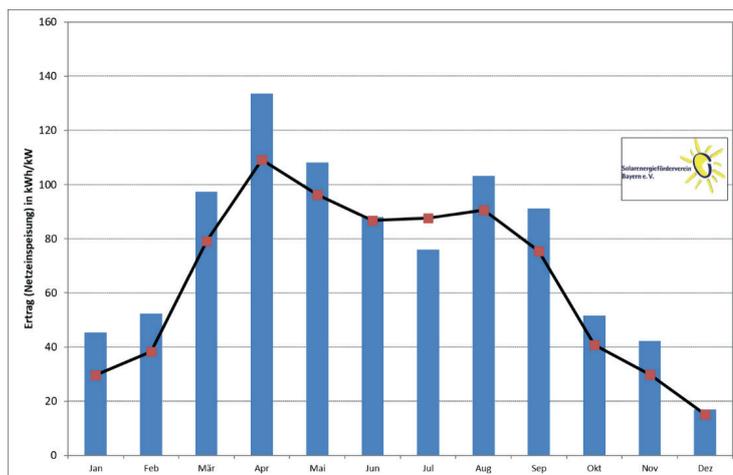


Abb. 7: Schule in Niedersachsen – spezifischer Jahresertrag 906 kWh/kW

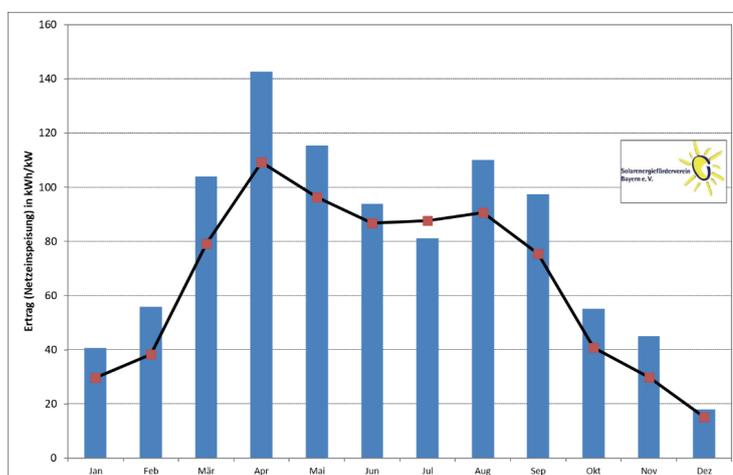


Abb. 8: Schule in Mecklenburg-Vorpommern – spezifischer Jahresertrag 959 kWh/kW

3 Betreuung

3.1 Überblick

82 Schulen haben den SeV 2020 außerhalb der Datenübermittlung kontaktiert, um technische Probleme zu melden oder 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.

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. Bei einem Defekt wird der SeV an erster Stelle versuchen, den Wechselrichter reparieren zu lassen. Sollte dies nicht möglich sein, wird versucht der Schule einen neuen Wechselrichter zur Verfügung zu stellen.

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

Wie auch in den vergangenen Jahren möchte der SeV darauf aufmerksam machen, dass das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle – BAFA – die Visualisierung regenerativer Energiesysteme an öffentlichen Gebäuden fördert. Unter dem Link, aufgerufen am 24.03.2021: http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Visualisierung/visualisierung_node.html werden das Programm und die dazu notwendigen Schritte für die Förderung dargestellt.

3.5 Unterrichtshilfen

Ebenso stellt das Unabhängige Institut für Umweltfragen in Berlin weiterhin über seine Website Unterrichtshilfen im Bereich der regenerativen Energien für die verschiedensten Klassenstufen zur Verfügung. Die Downloads, aufgerufen am 24.03.2021, sind zu finden unter: <http://www.ufu.de/service/downloads/>

4 Messdatenabgabe

185 Schulen haben bis zum 15. Februar 2021 die Messdaten der PV-Anlage des Jahres 2020 an den SeV übermittelt. Unter diesen Schulen wurden 3 x 100 € verlost. Folgende Schulen erhielten diesen Preis:

- Lahntalschule, Lahnau
- Landschulheim, Marquartstein
- Staatliche Berufsschule, Pfaffenhofen

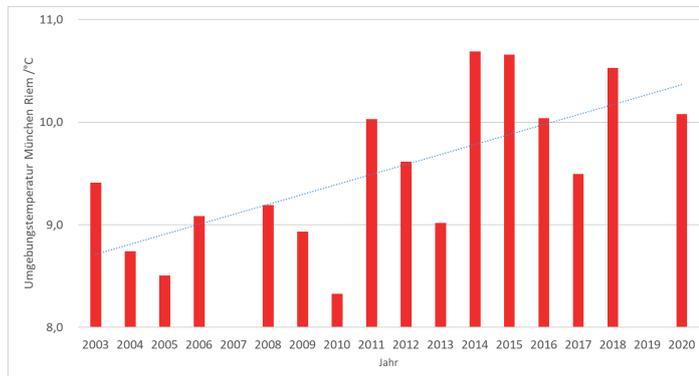


Abb. 9: Jahresmittelwerte der Umgebungstemperaturen München-Riem mit Regressionsgerade (keine vollständigen Messwerte 2007 und 2019)

5 Schlaglicht – Klimawandel

Der Klimawandel ist da, selbst aufgenommene Messwerte des SeV über einen längeren Zeitraum belegen dies ebenfalls.

Globalstrahlung und Umgebungstemperatur in München Riem über die letzten 20 Jahre

Für die PV-Anlage auf den mittleren sechs Hallen der Messe München stehen Messwerte der Globalstrahlung und der Umgebungstemperatur zur Verfügung. Diese Werte werden mit hoher zeitlicher Auflösung (1-Minuten-Abstand) gemessen. Hieraus lassen sich Stunden-, Tages-, Monats- und Jahresmittelwerte generieren.

In der derzeitigen Klimadiskussion wird immer wieder der Trend der Umgebungstemperatur angesprochen. Abb. 9 zeigt die Entwicklung, zudem wurde eine sog. Regressionsgerade eingezeichnet, die den Trend angibt. Es ist zu erkennen, dass in dem betrachteten Zeitraum die mittlere Umgebungstemperatur gestiegen ist – und zwar um etwa 1 Grad. Anmerkung: Nach Norm werden Temperaturdifferenzen in Kelvin angegeben, hier wird die gängige Bezeichnung Grad Celsius verwendet. Auffallend ist weiterhin, dass in den letzten 10 Jahren die fünf wärmsten Jahre aufgetreten sind.

Der Ertrag von PV-Anlagen hängt naturgemäß wesentlich von der eingestrahlt Solar-energie ab, bezeichnet als Globalstrahlung. Diese wurde in Abb. 10 aufgetragen. Hier zeigt die Regressionsgerade einen anderen Trend: ein nahezu konstanter Verlauf, d. h. die Globalstrahlung hat sich – im Mittel der Jahre – nur leicht geändert, im Gegensatz zur Umgebungstemperatur. Wichtige Bemerkung: Im Jahr 2007 waren keine Messwerte für das gesamte Jahr wegen Umbaus der Anlage verfügbar, daher wird kein Wert angegeben. Auch im Jahr 2019 standen die Messdaten wegen eines Defekts in der Messwertverarbeitung nicht ganzjährig zur Verfügung, daher erfolgt keine Angabe.

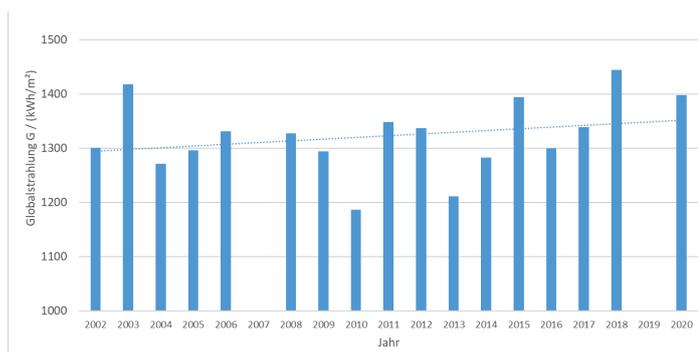


Abb. 10: Jahresmittelwerte der Globalstrahlung München-Riem mit Regressionsgerade (keine vollständigen Messwerte 2007 und 2018)

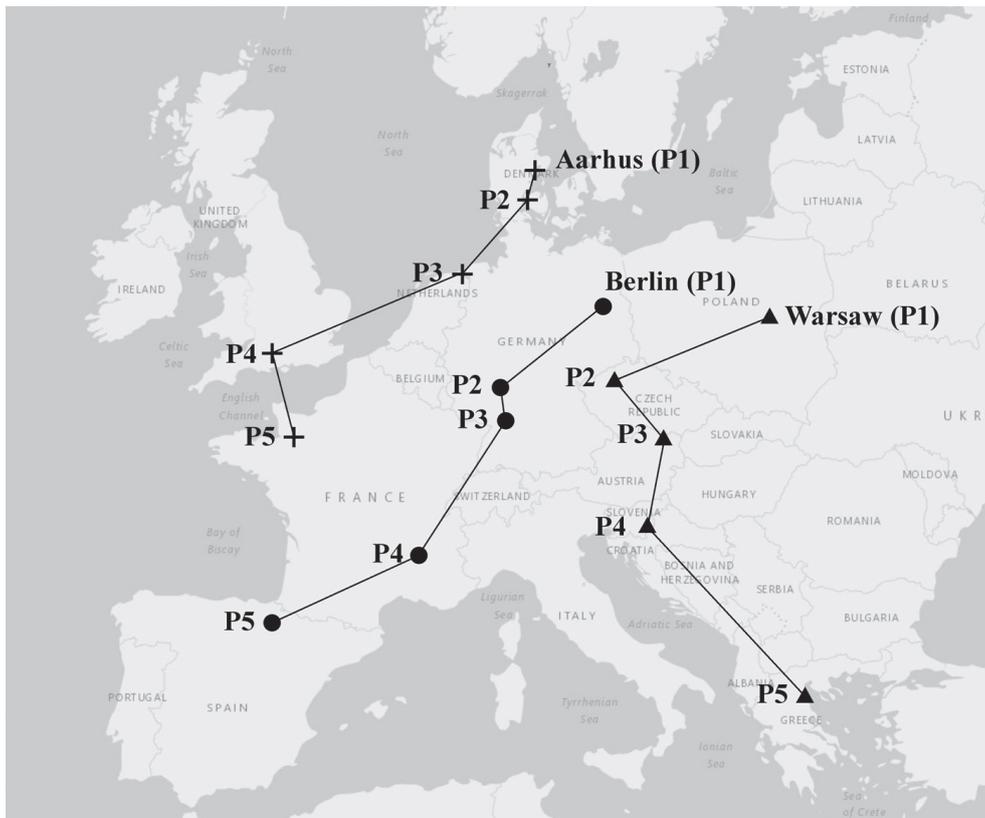


Abb. 11: Klimawandel auf dem Europäischen Kontinent für die Städte Aarhus (Dänemark), Berlin (Deutschland), Warschau (Polen), für die vier 30-Jahres-Zeiträume, nämlich P1-P2 (von 1951- 1980 bis 1981-2010), P2-P3 (von 1981- 2010 bis 2011-2040), P3-P4 (ab 2011- 2040 bis 2041-2070) und P4-P5 (ab 2041- 2070 bis 2071-2100); (Quelle: Guillaume Rohat, Stéphane Goyette, Johannes Flacke: Characterization of European cities’ climate shift – an exploratory study based on climate analogues. In: International Journal of Climate Change Strategies and Management (Vol. 10, No. 3, 2018, pp. 428 - 452), Emerald Publishing Limited). Die gesamte Veröffentlichung ist frei verfügbar, sie kann unter: www.emeraldinsight.com/1756-8692.htm heruntergeladen werden (bei "Search Terms" gibt man „Climate Shift“ an) . Herzlichen Dank an Prof. Mike Zehner für den Hinweis auf die Veröffentlichung.

Klimaverschiebung in Europa

Es wird an vielen Orten immer wärmer. Man kann dies so betrachten, dass sich die geographische Lage der Städte in Europa immer mehr nach Süden verschiebt.

Ein Ansatz, um das Bewusstsein für die möglichen Auswirkungen des Klimawandels zu wecken, ist die Erstellung einer Klima-Analogie. Die Methode erlaubt das zukünftige (oder vergangene) Klima eines Ortes mit dem aktuellen Klima eines anderen Ortes zu vergleichen. In Bild 11 ist die Veränderung des Klimas für die Städte Aarhus, Berlin und Warschau auf einer Europakarte visualisiert.

Betrachtet werden die Zeiträume P1-P2 (von 1951-1980 nach 1981-2010), P2-P3 (von 1981-2010 nach 2011-2040), P3-P4 (von 2011- 2040 nach 2041-2070) und P4-P5 (von 2041-2070 nach 2071-2100). Man erkennt: Berlin wird im Zeitbereich 2071 – 2100 ein Klima aufweisen, wie es derzeit in Nordspanien herrscht.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das Jahr 2020 war wegen der Corona-Pandemie ein besonderes. Hervorzuheben ist, dass trotz dieser widrigen Umstände die Betreuung der PV-Anlagen aus dem Programm „Sonne in der Schule“ sehr engagiert war und gut funktioniert hat.

Aus meteorologischer Sicht war es mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,4 °C das zweitwärmste Jahr seit 1881 in Deutschland. Berücksichtigt man die inzwischen wirklich lange Laufzeit der PV-Anlagen aus „Sonne in der Schule“ und die damit einhergehenden Betriebsstörungen, ist der erreichte Ertragsmittelwert von 779 kWh/kW sehr gut. Es ist zu erinnern, dass die Vorgängerprogramme „Sonne in der Schule“ (Bayern) 1994 und „SONNEonline“ 1996 starteten.

Es hat sich auch in diesem Jahr bestätigt, dass ein Programm mit zahlreichen kleinen PV-Anlagen über einen langen Zeitraum erfolgreich betrieben werden kann. Die wesentliche Voraussetzung war auch 2020 die zentrale Betreuung und 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 „Sonne in der Schule“ an.



**Solarenergieförderverein
Bayern e.V.**

Bavarian Association for the Promotion
of Solar Energy



Solardach Messe München, 1 MW PV-Anlage auf den 6 mittleren Hallen (B-Hallen) der Messe München
(Foto: Messe München International)

Hintergrund

Der Solarenergieförderverein Bayern e.V. (SeV) wurde 1997 als Non-Profit-Organisation gegründet, um Erträge, die mit einer 1 MW PV-Anlage auf der Messe München erwirtschaftet wurden, wieder in die Förderung Erneuerbarer Energien fließen zu lassen.

Mit den Stromerlösen von 1997 bis 2017 leistet der SeV einen laufenden Beitrag zur Fortentwicklung und Markteinführung Erneuerbarer Energien.

Hintergrund aller Aktivitäten des Vereins ist die Förderung des Klima- und Umweltschutzes.

Förderprojekte (Auswahl)

- Programm „Sonne in der Schule“
- Architektur & Solarenergie
- Informationsschriften
- Wissenschaftliche Studien
- Förderpreise (z. B. SeV-Hochschulpreis)
- Soziale Projekte in weniger entwickelten Ländern

Impressum

Herausgeber

Solarenergieförderverein Bayern e.V.
Büro
Friedrich-List-Str. 88
81377 München
Tel.: 089/27813428
Fax: 089/27813430
info@sev-bayern.de
www.sev-bayern.de

Redaktion

Monika Becker
Prof. Dr.-Ing. Gerd Becker
Fabian Flade, M. A.
Dr. Bruno Schiebelsberger
Dipl.-Ing., Dipl. Wirtsch.-Ing. Walter Weber

Gestaltung

Frido Flade GmbH FP-Werbung
Realisation: Fabian Flade, M. A.
fabian.flade@fp-werbung.com

Copyright

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

© 2021

Trotz sorgfältiger Prüfung kann keine Garantie hinsichtlich der Richtigkeit und Genauigkeit der Angaben gegeben werden.