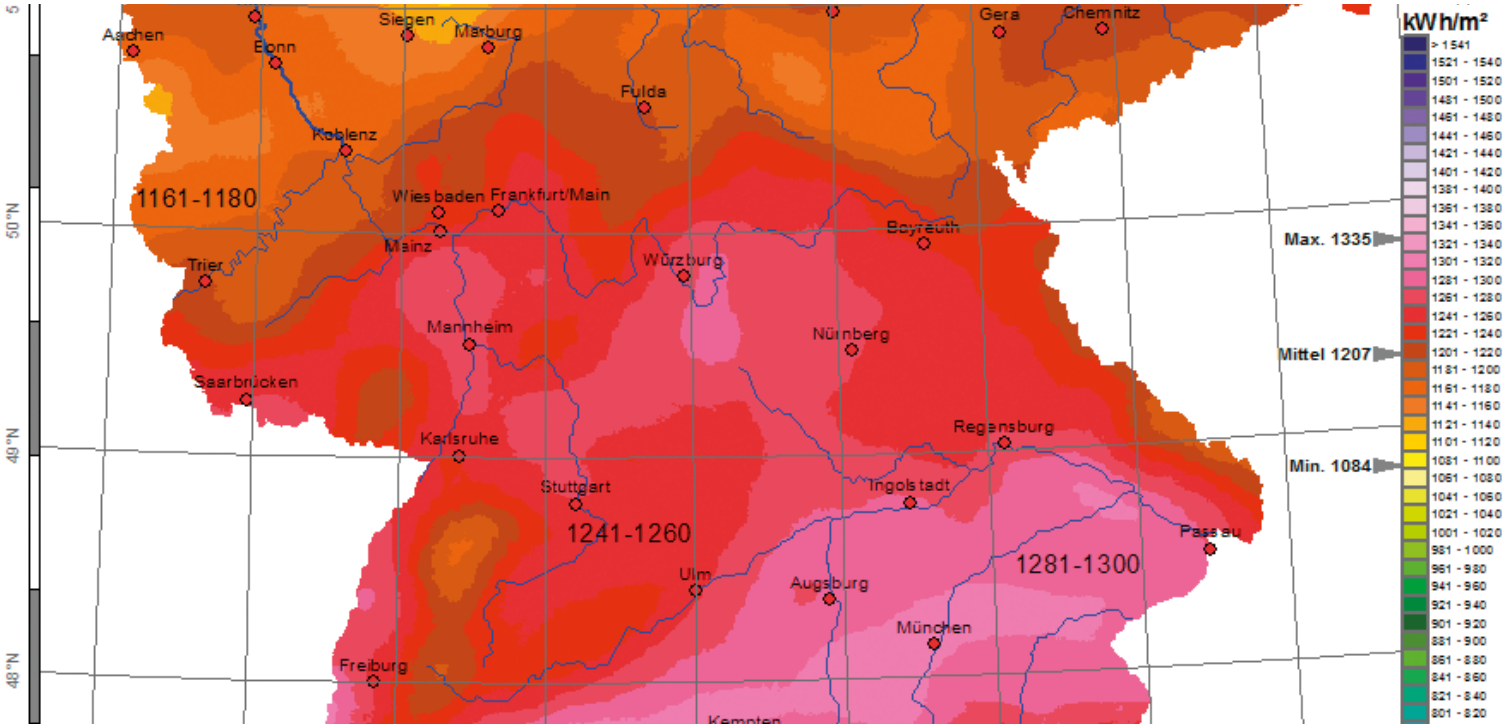
Solarenergieförderverein Bayern e. V.

Bavarian Association for the Promotion of Solar Energy



SONNE IN DER SCHULE

Betriebsbericht

2018

Inhalt

1	**„Sonne in der Schule" im Jahr 2018**	**3**
2	**Auswertung der Betriebsdaten**	**4**
2.1	Datenbasis	4
2.2	Meteorologische Daten	5
2.2.1	Charakterisierung des Jahres 2018	5
2.2.2	Globalstrahlung 2018	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
3.3.1	Schulen mit Wechselrichter SPN1000 – in Bayern	13
3.3.2	Schulen mit Wechselrichter Sunny Boy – alle anderen Bundesländer	14
3.3.3	Schulen mit sonstigen Wechselrichtern	14
3.4	Förderung einer Visualisierung	14
3.5	Unterrichtshilfen	14
4	**Messdatenabgabe**	**14**
5	**Wetterstation – Was ist seit dem Projekteinstieg 2017 geschehen?**	**15**
6	**Sonstiges**	**16**
6.1	Beitrag zum 35. PV-Symposium	16
6.2	Treffen der Betreuer „Sonne in der Schule"	17
7	**Zusammenfassung und Ausblick**	**18**

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

1 „Sonne in der Schule" im Jahr 2018

In einem der wärmsten und sonnenscheinreichsten Jahre seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881 konnte das Programm **Sonne in der Schule** 2018 aufzeigen, dass Photovoltaik (PV)-Anlagen auch nach langer Betriebsdauer noch gute Erträge liefern können – die ältesten Anlagen sind seit 25 Jahren in Betrieb.

Der Solarenergieförderverein Bayern e. V. – nachstehend als SeV bezeichnet – betreut selbst seit 2001 die Schulen, die mit einer PV-Anlage aus **Sonne in der Schule** ausgestattet sind. Dies bedeutet etwa, dass bei Defekten an der PV-Anlage Unterstützung gegeben wird, etwa ein Zuschuss zur Reparatur oder zum Austausch eines defekten Wechselrichters, die Kostenübernahme für den Vorortbesuch eines Fachmanns oder telefonische Beratung. In allen Fällen wird versucht „Hilfe zur Selbsthilfe" zu geben.

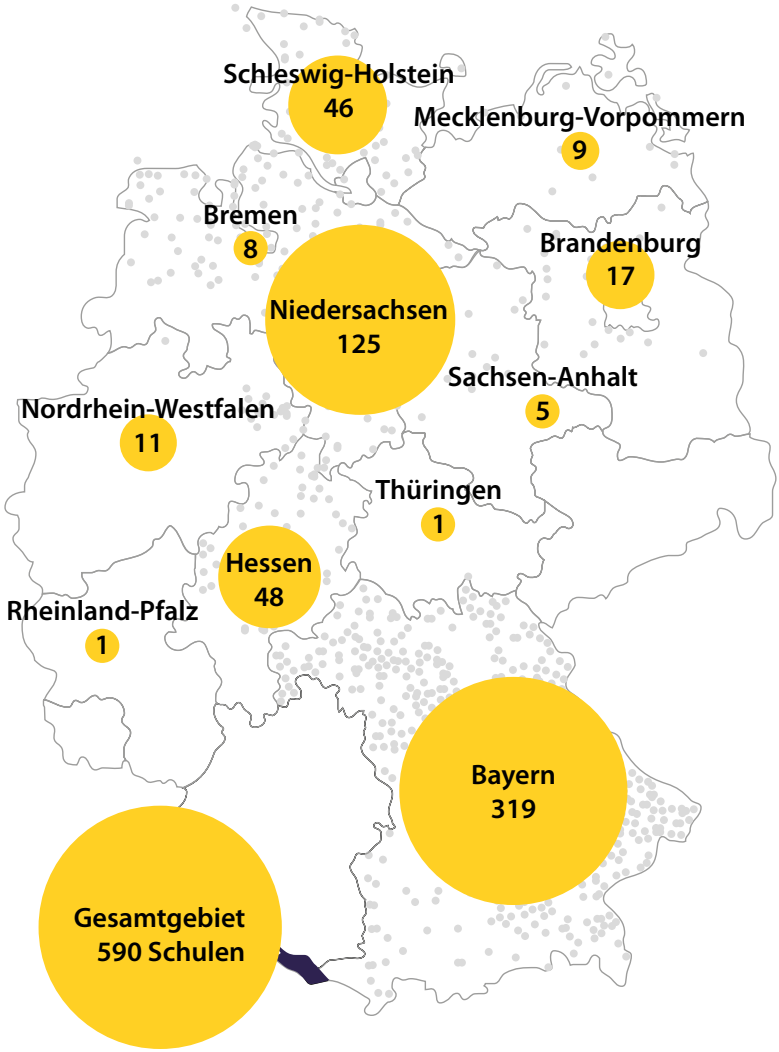


Abb. 1: Verteilung der aktuell registrierten Anlagen auf die Bundesländer

Durch das große Engagement der Betreuerinnen und Betreuer der teilnehmenden Schulen können auch 2018 anhand der übermittelten Erträge die fundierten Aussagen über das Verhalten der PV-Anlagen über einen solch langen Zeitraum fortgeführt werden. Diese Ergebnisse fließen dann wieder in Beiträge für die Fachtagungen ein, an denen der SeV teilnimmt.

Der SeV kann aufgrund der Erträge der 1 MW PV-Anlage Solardach Messe München, die ihm bis zum 31.12.2016 zustanden, verschiedenste Projekte im Bereich Erneuerbare Energien unterstützen, **Sonne in der Schul**e gehört hierzu.

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. 275 Schulen meldeten für das Jahr 2018 die Betriebsdaten der PV-Anlage. Diese Daten bilden die Basis für die Auswertungen.

2.1 Datenbasis

Die Statistik des Rücklaufes der Betriebsdaten 2018 und 2017 mit den Änderungen zeigt Tabelle 1.

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2018	Auswertung für 2017	Änderung
Basisdaten vorhanden von	**590**	629	**- 6,2 %**
Messdaten erhalten von	**275**	302	**- 8,9 %**
Anlagen ohne Betriebsunterbrechung	**180**	172	**4,7 %**

Tab. 1: Statistik des Rücklaufs der Betriebsdaten in den Jahren 2017 und 2018

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 große PV-Anlagen gebaut, die Anlage aus „Sonne in der Schule" wurde in diese integriert oder abgebaut.
- Schulen wurden aus dem Programm genommen, da sie keine Kapazitäten mehr für die Betreuung hatten.

Aktuell hat der SeV von 275 Schulen Messdaten (Zeile 2 der obigen Tabelle) erhalten, was einer Rücklaufquote von 46,6 % entspricht, bezogen auf die 590 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 vorlagen 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 2018

„Ein außergewöhnliches Wetterjahr mit vielen Rekorden", so überschrieb der Deutsche Wetterdienst (DWD) die Zusammenfassung für 2018. Es gilt als das wärmste und sonnigste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen im Jahr 1881. Die Monate von April bis November waren ausnahmslos zu warm, zu trocken und sonnenscheinreich.

Schon der Januar war zu warm und gebietsweise völlig frostfrei. Die durchschnittliche Sonnenscheindauer betrug etwa 35 Stunden. Der Februar wurde wieder außergewöhnlich sonnig und trocken, brachte aber strengen Frost. Die Sonne schien durchschnittlich 110 Stunden, rd. 50 % über dem Soll. Es folgte ein kalter März mit Schnee. Die Sonnenscheinbilanz war mit rund 110 Stunden ausgeglichen.

Hochdruckgebiete bewirkten den wärmsten April seit 1881. Mit 12,4 °C lag der Temperaturdurchschnitt etwa 5,0 °C über der Referenz von 7,4 °C. Das Soll der Sonnenscheinstunden von 152 wurde mit über 225 Stunden deutlich überschritten. Auch der Mai wurde ein Monat voller Rekorde: sehr warm, extrem trocken, viele schwere Gewitter und sehr sonnenscheinreich – mit gebietsweise mehr als 370 Stunden Sonne. Die Extreme wiederholten sich im Juni – sehr warm, teilweise extrem trocken und viele Sonnenstunden – über 300!

Es folgte einer der wärmsten Juli-Monate seit 1881. Die durchschnittliche Temperatur lag mit 20,2 °C um 3,3 °C über dem Referenzwert. 305 Stunden Sonnenschein lagen deutlich über dem Soll von 212 Stunden. Nach dem zweitsonnigsten Juli seit den Wetteraufzeichnungen, begann ein August, der zu den drei wärmsten und zu den fünf sonnenscheinreichsten – 250 Stunden – seit Beginn der Messungen gehört. Der September begann heiß, trocken und sonnig – 149 Stunden – endete aber mit Stürmen und Abkühlung.

Die extreme Dürre endete auch nicht im sehr warmen und sehr sonnigen Oktober. Die Sonne schien durchschnittlich 160 Stunden und damit 47 % über dem Sollwert. Im November brachte eine südliche Strömung örtlich sommerliche Temperaturen von über 20 °C. Die Dürre hielt an, erst in der zweiten Monatshälfte kam etwas Schnee. 75 Stunden schien die Sonne. Im Dezember sorgten dann Tiefdruckgebiete für größere Niederschläge und beendeten die große Trockenheit. Der Monat fiel bei wenig Sonnenschein – 30 Stunden – und reichlich Regen insgesamt zu mild aus.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	2018
Aachen	19	53	69	124	179	159	205	152	106	63	33	16	**1.179**
Augsburg	27	45	88	155	183	177	192	168	122	75	32	19	**1.283**
Berlin	16	52	69	143	203	172	201	162	105	64	25	11	**1.222**
Bonn	19	56	72	125	181	159	198	154	102	60	30	15	**1.170**
Braunschweig	17	47	80	133	192	167	205	155	107	64	27	13	**1.207**
Bremen	17	48	73	119	194	158	200	142	105	64	25	13	**1.155**
Chemnitz	22	56	81	147	179	157	199	159	104	65	34	15	**1.216**
Frankfurt/Main	19	54	70	138	189	181	201	160	114	71	31	14	**1.241**
Gießen	17	53	71	131	193	176	199	155	108	63	25	14	**1.206**
Göttingen	16	46	73	130	183	159	203	153	108	62	29	11	**1.172**
Hamburg	15	46	68	116	198	158	195	137	98	61	24	10	**1.127**
Hannover	16	45	74	121	187	158	200	151	107	64	26	13	**1.162**
Heidelberg	19	53	72	144	180	180	201	160	120	74	34	14	**1.252**
Hof	18	44	76	149	178	161	191	155	112	67	31	14	**1.194**
Kassel	17	47	73	130	183	157	199	152	107	61	27	11	**1.165**
Kiel	15	41	63	114	201	169	200	135	97	60	21	10	**1.125**
List auf Sylt	14	39	69	118	205	158	199	133	83	53	19	10	**1.100**
München	32	48	88	163	179	177	195	170	122	77	36	22	**1.308**
Nürnberg	22	53	80	152	183	178	199	163	116	77	32	18	**1.273**
Regensburg	24	54	86	154	183	176	189	163	114	79	29	13	**1.264**
Rostock	16	43	70	133	207	183	199	150	102	61	23	10	**1.198**
Stralsund	15	40	67	131	204	190	194	150	102	61	24	11	**1.188**
Weihenstephan	27	50	88	159	185	177	195	170	122	74	31	19	**1.298**
Würzburg	23	53	77	152	189	179	203	160	117	74	29	18	**1.274**

Tab. 2: Monatliche Werte der Globalstrahlung 2018 – auf eine waagerechte Fläche – in kWh/m² für verschiedene Orte im Gebiet von **Sonne in der Schule** (Quelle: DWD)

2.2.2 Globalstrahlung 2018

Die monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung des Jahres 2018 – 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 1.308 kWh/m² in München gemessen, der geringste Wert mit 1.100 kWh/m² in List auf Sylt. Zwischen beiden Werten liegt eine Differenz von 18,9 %, 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.

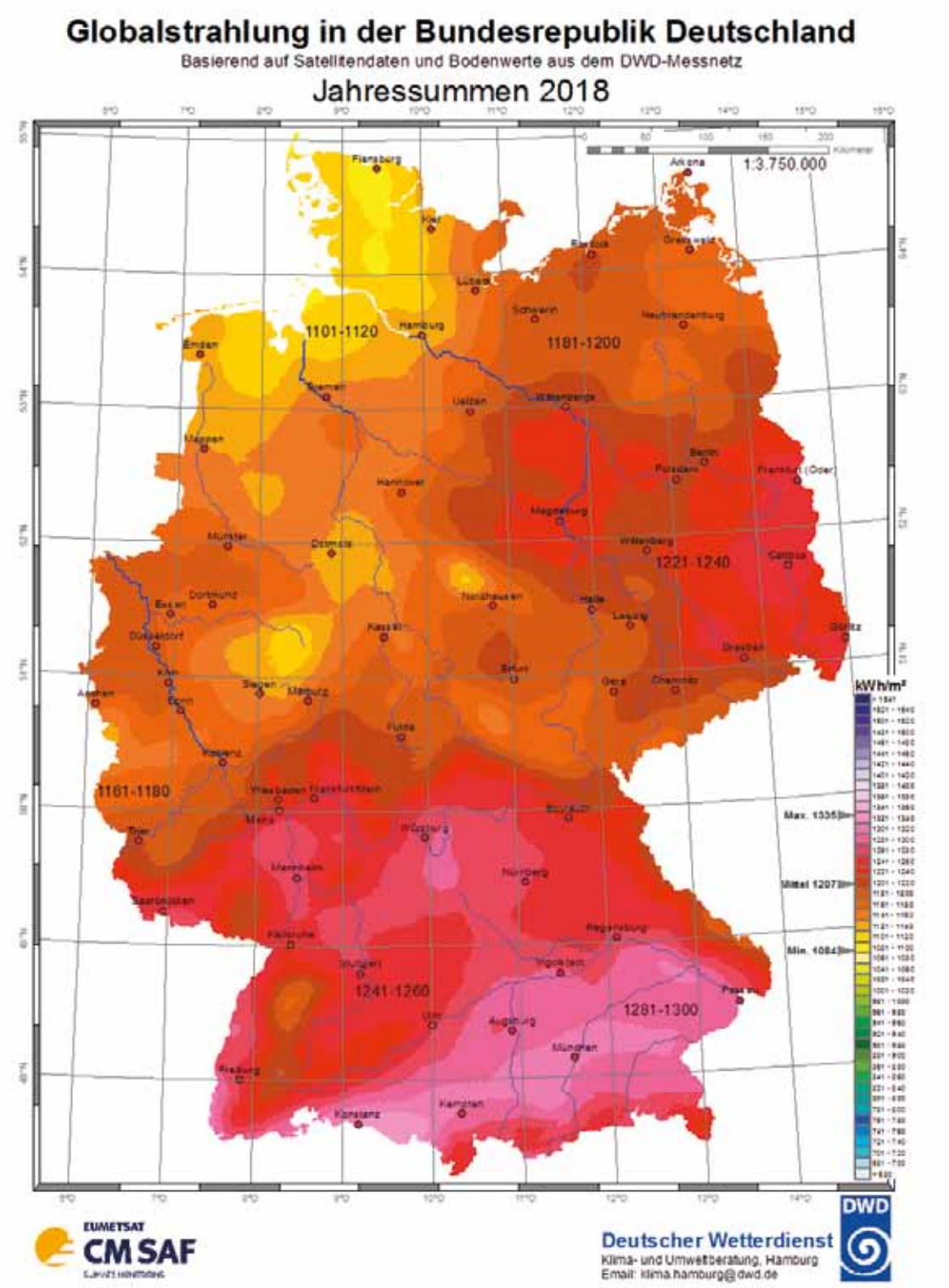


Abb. 2: Globalstrahlung in Deutschland 2018

Vom Deutschen Wetterdienst DWD bereitgestellt wurde die in Bild 2 dargestellte Karte mit den Globalstrahlungen für alle Gebiete in Deutschland.

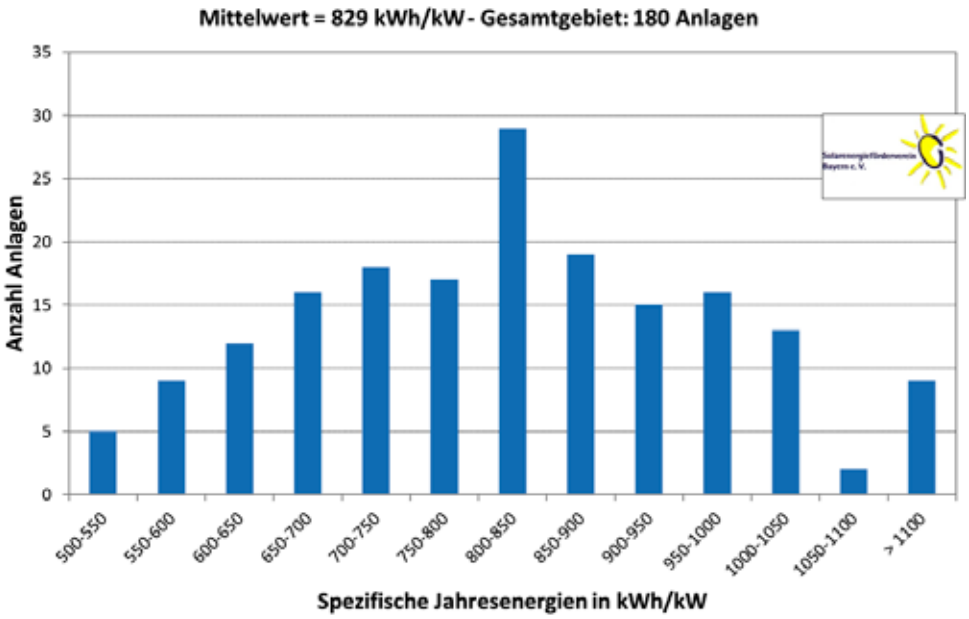


Abb. 3: Verteilung des spezifischen Ertrags im Gesamtgebiet 2018

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 kWh/1,1 kW = 910 kWh/kW.

Der spezifische Ertrag aller Anlagen im Gesamtgebiet von „Sonne in der Schule" vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag im Jahr 2018 bei durchschnittlich 829 kWh/kW und damit weit über dem Wert von 738 kWh/kW von 2017. 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.

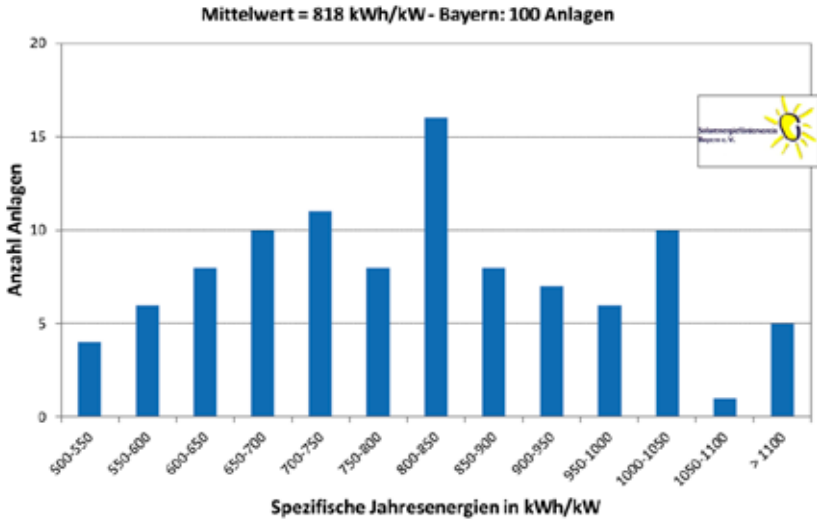


Abb. 4: Spezifische Erträge in Bayern 2018

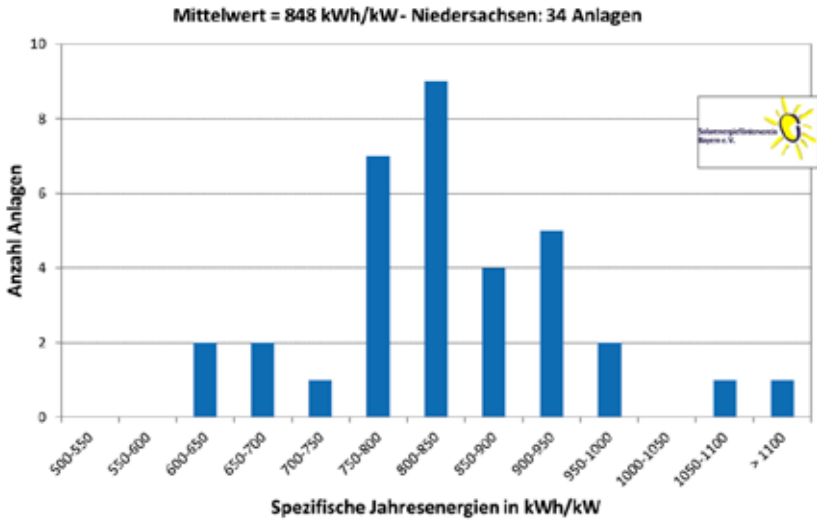


Abb. 5: Spezifische Erträge in Niedersachsen 2018

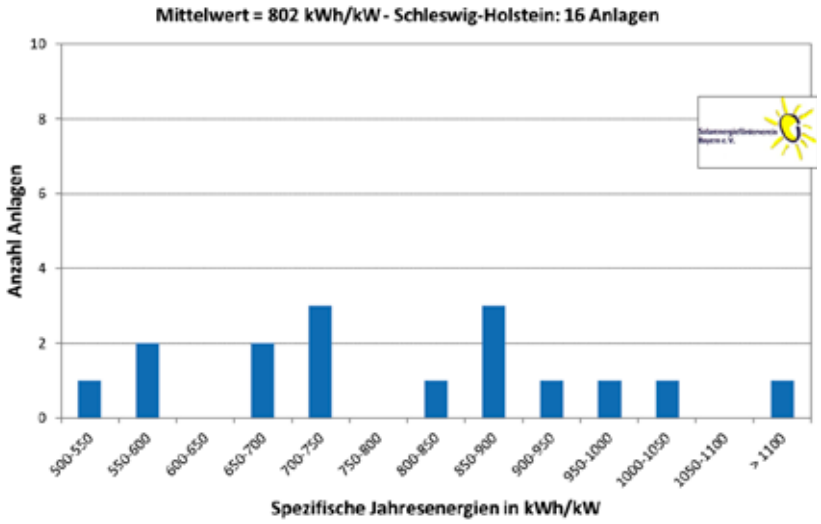


Abb. 6: Spezifische Erträge in Schleswig-Holstein 2018

Bundesland	Anzahl Anlagen mit nutzbaren Datensätzen 2018	Mittelwert spezifischer Ertrag 2018 kWh/kW	Veränderung des Ertrags gegenüber 2017
Bayern	100	818	8,3 %
Hessen	18	876	21,2 %
Niedersachsen	34	848	20,5 %
Schleswig-Holstein	16	802	11,9 %
Brandenburg	4	824	13,5 %
Mecklenburg- Vorpommern	3	883	11,8 %
Nordrhein-Westfalen	2	965	32,0 %
Sachsen-Anhalt	2	721	-10,1 %
Bremen	1	675	20,3 %
Thüringen	0	0	./.
Rheinland-Pfalz	0	0	**./.**
Gesamtgebiet	**180**	**829**	**12,3 %**

Tab. 3: Anzahl der Anlagen mit „nutzbaren Datensätzen" im Jahr 2018 und Mittelwert des spezifischen Ertrags mit der Veränderung gegenüber dem Vorjahr

Entsprechend dem sehr guten Angebot an Globalstrahlung liegen die Erträge der meisten Anlagen im Bereich von 800 – 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 0 – 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 – 6 dargestellt. Die Verteilung der spezifischen Energieerträge ist nur für die Bundesländer aufgeführt, in denen eine größere Anzahl von nutzbaren Messdaten vorhanden war.

Zahlenwerte zur 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 Aussagen zu treffen sind. Von einer kleinen Anzahl Anlagen kann nicht unbedingt 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 %

Tab. 4: Langjährige Daten zu Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

2.3.2 Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

Nach längerem Betrieb kann es zu Störungen kommen. Zudem werden in Schulen oft Umbauarbeiten durchgeführt, wodurch die PV-Anlage zeitweise nicht verfügbar ist. Tab. 4 zeigt dazu den langjährigen Verlauf von Störungen. 2018 haben sich die Störungsmeldungen auf einem Niveau von 30 – 35 % wieder stabilisiert. Dieser Level wurde ab 2014 erreicht. Im Jahr 2017 war der Anteil der Anlagen mit Störung mit 43 % besonders hoch. Defekte Wechselrichter und Modulschäden sind die meist genannten Gründe hierfür.

Die Anzahl der Störungen ergibt sich dadurch, dass eine Schule dem SeV eine defekte Anlage meldet und um Unterstützung bei der Reparatur bittet und/oder aus den Rückmeldungen der Schulen auf die Betriebsdatenabfrage. Zudem werden Anlagen als gestört betrachtet, bei denen eine länger als drei Monate andauernde Betriebsunterbrechung oder eine entsprechende Fehlermeldung vorlag oder der spezifische jährliche Ertrag 500 kWh/kW unterschritt.

Wird dem SeV eine Störung des PV-Anlagenbetriebs gemeldet, können die Schritte zur Beseitigung der Probleme eingeleitet werden. Als Beispiel sind die Maßnahmen zum Austausch defekter Wechselrichter zu sehen – Details im Kap. 4 **„Betreuung".**

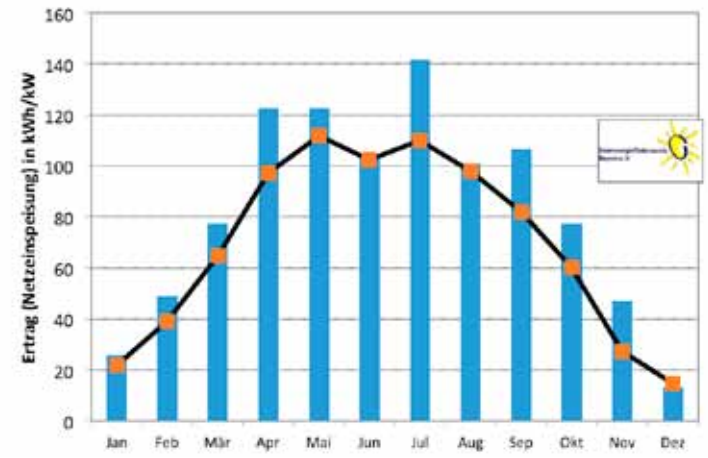


Abb. 7:
Schule in Bayern (Niederbayern) – spezifischer Jahresertrag 987 kWh/kW

Abb. 8:
Schule in Hessen – spezifischer Jahresertrag 970 kWh/kW

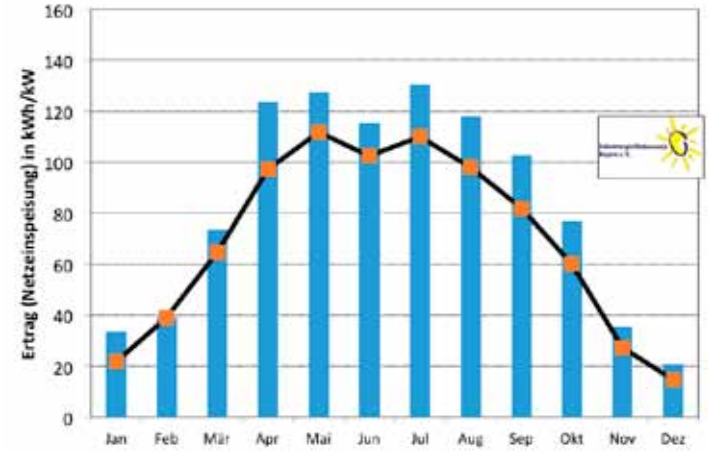


Abb. 9:
Schule in Mecklenburg-Vorpommern – spezifischer Jahresertrag 997 kWh/kW

2.3.3 Erträge einzelner Schulen

Beispielhaft zeigen die Abbildungen 7, 8 und 9 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

84 Schulen haben den SeV 2018 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 hilft des Weiteren bei Fragen der Visualisierung, bei Softwareproblemen sowie grundsätzlichen Fragen zu „Sonne in der Schule".

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 evtl. auch demontiert wurde. Schulen mit nun großen PV-Anlagen nehmen vereinzelt weiterhin noch am Programm teil.

3.2 Module

Da der Fundus von Siemens-Modulen aufgebraucht ist, wird sich der SeV um eine individuelle Unterstützung bemühen. Kyocera hat sich bei defekten Modulen in den vergangenen Jahren kulant gezeigt. Auch hier unterstützt der SeV die Schulen bei der Kommunikation mit Kyocera, um einen Austausch zu ermöglichen.

3.3 Defekte Wechselrichter

Sind die Erträge einer Anlage gering oder funktioniert die Anlage nicht und ist der Wechselrichter die Ursache, können die Schulen – allerdings im Ermessen des SeV und nach Situation der Mittel – unterstützt werden. Der SeV will Hilfe zur Selbsthilfe geben. Der häufigste Störfall ist der Ausfall des Wechselrichters. Hier sind zwei Vorgehensweisen zu unterscheiden, je nachdem, ob die Anlage aus den früheren Programmen „Sonne in der Schule" (Siemens-Wechselrichter) oder „SONNE online" (SMA-Wechselrichter) stammt.

3.3.1 Schulen mit Wechselrichter SPN1000 – in Bayern

Die meisten Photovoltaikanlagen in Bayern sind mit Wechselrichtern Siemens SPN1000 ausgerüstet. Meldet eine Schule den Defekt eines SPN1000, wird durch den SeV der Kontakt hergestellt zu:

Solar- und Elektrotechnik Ralf Kühlwein
Elektromeister – Solarteur®
Josef-Ressel-Str. 16a, 80937 München
www.spn1000.de

Herr Kühlwein setzt sich dann mit dem Betreuer in Verbindung und klärt ab, ob das Gerät reparabel scheint. Wenn ja, schickt die Schule den Wechselrichter an obige Adresse. Die Reparaturkosten übernimmt der SeV, für die Schulen fallen nur zweimal Versandkosten an. Erfahrungsgemäß kann die Reparatur einige Zeit in Anspruch nehmen, besonders wenn spezielle elektronische Bauelemente zu beschaffen und auszutauschen sind. Sollte eine Reparatur nicht möglich sein, wird in Absprache mit dem SeV ein anderer Weg gefunden.

3.3.2 Schulen mit Wechselrichter Sunny Boy – alle anderen Bundesländer

Die ehemaligen SONNEonline-Schulen sind i. d. R. mit dem Wechselrichter SMA Sunny Boy SWR 850 ausgerüstet. Auch hier wird mit Hilfe des SeV versucht, den Wechselrichter zu reparieren. Sollte eine Reparatur nicht möglich sein, wird versucht den Schulen einen neuen Wechselrichter zur Verfügung zu stellen. Dies ist allerdings in den meisten Fällen mit einer Umverkabelung verbunden. Zur Vorgehensweise: Die Schulen melden den Defekt des Wechselrichters an den SeV. Dieser wird die Verbindung zu einer Fachfirma herstellen, von dieser wird dann die weitere Vorgehensweise organisiert. Der SeV wird wie bisher auch diesen Austausch bezuschussen.

3.3.3 Schulen mit sonstigen Wechselrichtern

In wenigen Fällen sind weitere Fabrikate (z. B. Fronius) eingebaut. Kommt es zu Störungen, wird der SeV individuell helfen.

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

werden das Programm und die notwendigen Schritte für die Förderung präsentiert.

3.5 Unterrichtshilfen

Das „Unabhängige Institut für Umweltfragen" in Berlin stellt weiterhin 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

217 Schulen hatten bis zum 15. Februar 2019 die Messdaten der Photovoltaikanlage des Jahres 2018 an den SeV übermittelt. Unter diesen Schulen wurden 3 x 100 € verlost.

Folgende Schulen erhielten diesen Betrag:

- BBS2, Aurich
- Maristen Gymnasium, Furth
- Georg-Christoph-Lichtenberg-Schule, Kassel

Die Schulen wurden bereits informiert.

Abb. 10:
Der vom SeV bereitgestellte Bausatz für das Projekt Wetterstation in geöffnetem Zustand mit dem Einplatinencomputer Raspberry Pi

5 Wetterstation – Was ist seit dem Projekteinstieg 2017 geschehen?

Im Jahresbericht für 2017 wurde vorgestellt, dass der SeV mit einigen Schulen ein besonderes Projekt gestartet hat. Es sollte eine Wetterstation erstellt werden, mit der Globalstrahlung und Umgebungstemperatur gemessen werden. Die ermittelten Werte waren zu verarbeiten, zu speichern und zu visualisieren. Teilgenommen haben:

- Carl-von-Linde-Gymnasium, Kempten
- Berufsschulzentrum Bergsonstraße, München
- Berufliche Schulen des Kreises Nordfriesland, Niebüll
- St.-Gotthard-Gymnasium, Niederalteich
- Staatliche Realschule, Vohenstrauß

Die Schulen in Niebüll und Niederalteich haben das Projekt inzwischen erfolgreich abgeschlossen und die Prämie von 500 € erhalten. Der SeV ist sehr beeindruckt von den Ansätzen zur Umsetzung und von der Qualität der Abschlussberichte.

Das Team der Beruflichen Schulen des Kreises Nordfriesland in Niebüll hat die Aufgabe mit einem Einplatinencomputer Raspberry Pi gelöst. Dieser steuert einen Temperatursensor über einen Datenbus an und fragt die Umgebungstemperatur ab. Um die Globalstrahlung zu erhalten, wurde der Ausgangsstrom der Solarzelle – welche die Globalstrahlung darstellt – durch einen 1 Ohm-Widerstand geleitet. Die Spannung an diesem Widerstand wurde verstärkt und in einen Analog-Digital-Wandler gegeben. Diesen Wert fragt der Raspberry Pi vom Datenbus ab, mittels einiger Umwandlungen kann die Globalstrahlung als digitaler Wert bestimmt werden. Alle 15 Minuten erfolgt eine Abfrage, diese Werte werden dann in verschiedenen csv-Dateien – Tages-, Monats- und Jahresdatei – gespeichert.

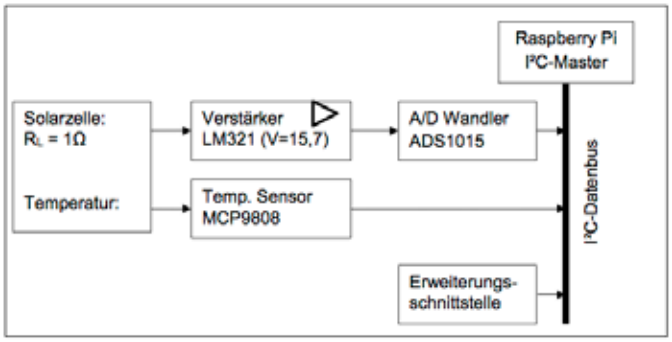


Abb. 11:
Schematische Darstellung des Lösungsansatzes der Berufsschule Niebüll

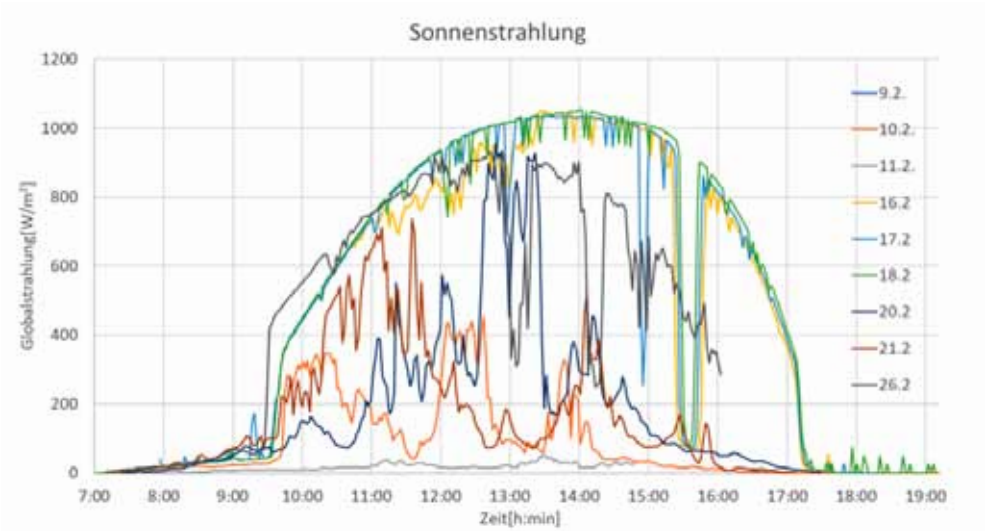


Abb. 12: Gemessene Globalstrahlung – an einigen Tagen im Februar 2019 – im Raum Niederalteich

Als beispielhaftes Resultat – St.-Gotthard-Gymnasium Niederalteich – zeigt Abb. 10 den Zeitverlauf der gemessenen Globalstrahlung im Raum Niederalteich im Februar 2019.

Am 5. April 2019 wurde das Team des St.-Gotthard-Gymnasiums in Niederalteich vom SeV besucht, um die Abschlusspräsentation des Projekts zu erleben und das Preisgeld von 500 EUR zu überreichen.

Das Team hat zwei Lösungen realisiert, einmal mit dem Einplatinencomputer Arduino, einmal auch mit dem Einplatinencomputer Raspberry Pi. Der Abschlussbericht zeigt, dass der Arduino für Schüler einfacher zu programmieren ist. Die analogen Anschlüsse erleichtern die Arbeit mit Sensoren, obwohl auch der Arduino so manche Herausforderung bereithält, da nicht alle Bedienungsfehler direkt angezeigt werden. Der Raspberry Pi hingegen ist für dieses Projekt „unterfordert". Er könnte noch viel mehr, seine Programmierung ist allerdings komplex. Er ist aber gut geeignet, sehr viele Daten zu speichern, ohne dass ein PC parallel laufen muss. Analoge Daten müssen allerdings in digitale Form umgewandelt werden. Die Ansteuerung erfordert einige Kniffe und Zusatzgeräte, die man nur mit Erfahrung einrichten kann.

Abb. 13: Überreichen des Preisgelds an die Schüler des St.-Gotthard-Gymnasiums Niederalteich mit ihrem Betreuer Robert Heydenreich, rechts Prof. Gerd Becker vom SeV.

Vorschläge zur Weiterentwicklung der Wetterstation wurden gemacht. So können beispielsweise noch Sensoren für Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und -geschwindigkeit angeschlossen werden. Besonders interessant erscheint die Entwicklung einer autarken Wetterstation, bei der die Solarzelle zur Stromversorgung und als Sensor benutzt wird.

6 Sonstiges

6.1 Beitrag zum 35. PV-Symposium

Von 17. - 19. März 2019 fand – mit über 400 Teilnehmern – im Kloster Banz in Bad Staffelstein das alljährliche Branchentreffen der Photovoltaik in Deutschland statt, das „PV-Symposium". Der SeV war mit dem Poster „Sonne in der Schule" – Betrieb von mehreren 100 kleinen PV-Anlagen seit 25 Jahren" dabei. Die Langfassung des Beitrags und das Poster sind auf der SeV-Homepage herunterzuladen.

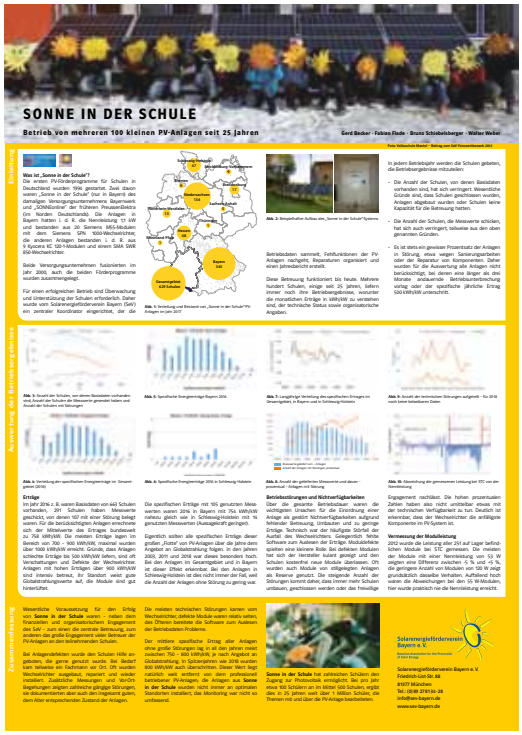


Abb. 14: Posterbeitrag „Sonne in der Schule" auf dem 35. PV-Symposium

6.2 Treffen der Betreuer „Sonne in der Schule"

Am 19. Oktober 2018 fand im Van der Valk Hotel Hildesheim – direkt am Markt gelegen – das im zweijährigen Turnus stattfindende Treffen der Betreuer der „Sonne in der Schule"-Anlagen statt. 41 Teilnehmer aus ganz Deutschland waren gekommen. Nach Vorträgen aus dem Bereich der regenerativen Energien und Fragen und Anregungen zu „Sonne in der Schule" gab es eine Stadtführung und ein gemeinsames Abendessen mit interessanten und lebhaften Diskussionen und Informationsaustausch.

Abb. 15: Beginn der Stadtführung für die Teilnehmer des „Sonne in der Schule"-Workshops 2018 vor dem Tagungshotel in Hildesheim.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das Jahr 2018 war aus energiemeteorologischer Sicht überdurchschnittlich einstrahlungsreich. Die einstrahlungsreichen Gebiete in Süddeutschland erreichten nochmals ein Plus von bis zu 10 %, in der Mitte Deutschlands viele Regionen – vom Ruhrgebiet bis nach Brandenburg – einen maximalen Anstieg von 20 % der jährlichen Globalstrahlung. Die Erträge der PV-Anlagen erzielten damit neue Höchstwerte. Dies ist auch bei den „Sonne in der Schule"-Anlagen festzustellen.

Die ersten Photovoltaik-Förderprogramme für Schulen in Deutschland wurden ab 1994 gestartet, darunter waren „SONNEonline" und „Sonne in der Schule", die 2002 zusammengelegt wurden. Somit ist „Sonne in der Schule" jetzt 25 Jahre alt.

Man kann also ein solches Programm mit zahlreichen kleinen PV-Anlagen über einen Zeitraum bis zu 25 Jahren erfolgreich betreiben. Eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg dieses Programms ist zum einen die zentrale Betreuung, zum anderen das große Engagement vieler Betreuer der PV-Anlagen an den teilnehmenden Schulen.
Der Solarenergieförderverein Bayern bietet auch weiterhin seine Unterstützung für den Betrieb der PV-Anlagen aus dem Programm „Sonne in der Schule" an.