

Solarenergieförderverein
Bayern e.V.

Bavarian Association for the Promotion
of Solar Energy



SONNE IN DER SCHULE

Betriebsbericht

2012

Abbildung 1: Titelbild

Inhalt

1	Einleitung	2
1.1	Sonne in der Schule	2
1.2	Ziele dieses Berichtes	2
2	Evaluation der Betriebsdaten	3
2.1	Datenbasis	3
2.2	Meteorologische Daten des Jahres 2012	4
2.2.1	Übersicht	4
2.2.2	Globalstrahlung	5
2.3	Erträge	7
2.3.1	Statistische Verteilung der Erträge	7
2.3.2	Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten	9
2.3.3	Erträge einzelner Schulen	10
3	Betreuung	11
3.1	Wechselrichter	11
3.1.1	Schulen mit Wechselrichter SPN1000	11
3.1.2	Schulen mit Wechselrichter Sunny Boy	11
3.1.3	Schulen mit sonstigen Wechselrichtern	12
3.2	Solarsupport für Schulen	12
3.3	Unterrichtshilfen	12
4	Preise für Abgabe der Messdaten	12
5	Messungen der Nennleistung von Modulen - Degradation	13
6	Wettbewerb - Nutzung von photovoltaischem Strom außerhalb des EEG	15
7	Zusammenfassung und Sonstiges	15

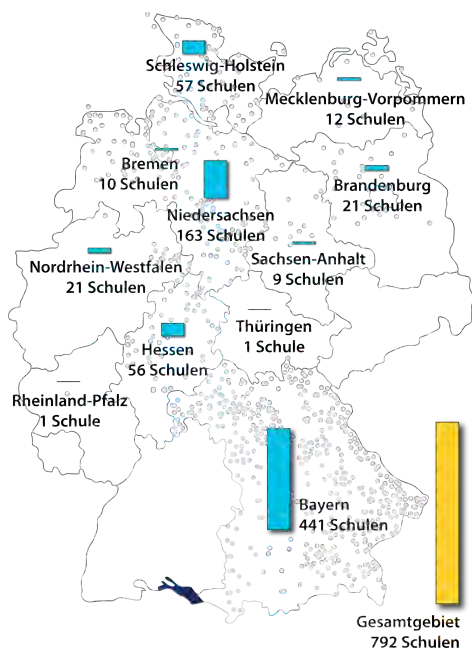
1 Einleitung

1.1 Sonne in der Schule

Das Programm „Sonne in der Schule“ wurde im Jahr 2012 wieder durch das Engagement von vielen Schulen, die sich nun schon fast zwei Jahrzehnte mit der Photovoltaik und den Erneuerbaren Energien im Allgemeinen beschäftigen, tatkräftig unterstützt. 55,2 % der teilnehmenden Schulen haben eine Rückmeldung an den Solarenergieförderverein Bayern e. V. (SeV) getätigt. Die Langzeitbeobachtung von Photovoltaikanlagen erbringt damit wieder den Beweis, dass diese Technik sinnvoll ist und einen wichtigen Beitrag zur Energiewende liefern kann. Dies ist auch ein vorrangiges Ziel von „Sonne in der Schule“.

Der Solarenergieförderverein Bayern bezieht seine finanziellen Mittel aus dem Verkauf der elektrischen Energie, die von der 1-MW-Photovoltaikanlage Solardach München-Riem auf der Messe München erzeugt wird. Diese Erträge werden zur Unterstützung verschiedenster Solarprojekte, schwerpunktmäßig der Photovoltaik, verwendet. Hierzu gehört auch das Programm „Sonne in der Schule“, durch das während seiner bisherigen Laufzeit von 19 Jahren zahlreiche Schüler – geschätzt 1,5 bis 2 Millionen – an diese umweltfreundliche Technik der Stromerzeugung herangeführt werden konnten.

Bild 1: Verteilung der aktuell registrierten Anlagen auf die Bundesländer



1.2 Ziele dieses Berichtes

Der Bericht enthält folgende Abschnitte:

- In Kapitel 2 werden die übermittelten und aussagekräftigen Betriebsdaten evaluiert und ein Überblick über die meteorologischen Daten 2012 gegeben.
- Im Kapitel 3 wird die Betreuung der Anlagen dargestellt und die Unterstützung durch den SeV bei Störungen. Weiterhin wird darauf eingegangen, wie die Betriebsdaten visualisiert werden können.
- Im Kapitel 4 werden die per Los ermittelten Schulen benannt, die ihre Betriebsdaten bis zum 15. Februar 2013 übermittelt hatten und dafür Geldpreise erhalten.
- In Kapitel 5 wird über praktische Messungen der Nennleistung von Modulen aus dem Programm „Sonne in der Schule“ berichtet, das Thema „Degradation“ wird angesprochen.
- In Kapitel 6 wird das immer wichtiger werdende Thema „Nutzung von photovoltaisch erzeugtem Strom außerhalb des EEG“ angesprochen, hierzu wurde ein Wettbewerb für die Schulen ausgeschrieben. Eine Zusammenfassung beendet den Bericht 2012.

2 Evaluation der Betriebsdaten

437 Schulen meldeten für das Jahr 2012 die Betriebsdaten der Photovoltaikanlage oder teilten dem SeV mit, weshalb die Anlage keine Erträge liefern konnte.

2.1 Datenbasis

Wie in allen Jahren wurden die Schulen, die am Programm teilnehmen, angeschrieben und gebeten, die monatlichen Energieerträge ihrer Photovoltaikanlagen via Internet oder per Fax an den SeV zu senden. **Tabelle 1** stellt die Zahlen von 2011 und 2012 gegenüber.

Tabelle 1: Statistik des Rücklaufes der Betriebsdaten im Jahr 2012

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2012	Auswertung für 2011	Änderung
Basisdaten vorhanden von	792	832	-4,8%
Messdaten erhalten von	437	469	-6,8%
Zahl der Anlagen ohne Betriebsunterbrechung	295	309	-4,9%

Anmerkungen

- Die Anzahl der Schulen von denen Basisdaten vorhanden sind, hat sich auch im vergangenen Jahr geändert. Die wesentlichen Gründe dafür sind:
 - Wie schon in den vorangegangenen Jahren wurden Schulen geschlossen.
 - Mehrere Schulen haben große Photovoltaikanlagen gebaut, die kleinere Anlage aus „Sonne in der Schule“ wurde in diese integriert.
 - Leider mussten wiederum Schulen aus dem Programm genommen werden, da sie im laufenden Schulbetrieb keine Kapazität für die Betreuung mehr haben.
- Aktuell haben 437 Schulen geantwortet, was einer sehr guten Rücklaufquote von 55,2 % entspricht.
- Unter dem Begriff „Anlagen ohne Betriebsunterbrechung“ ist Folgendes zu verstehen:
 - Der praktische Betrieb der Photovoltaikanlagen zeigt, dass ein gewisser Prozentsatz stets nicht verfügbar ist, etwa wegen Bauarbeiten oder längerfristiger Störungen.
 - Statistisch gesehen, verursachen nach einem Zeitraum ab ca. 8 Jahren ab Inbetriebnahme besonders viele Wechselrichter zeitweise Stillstände und Ausfälle der Photovoltaikanlage.
 - Daher wurden für die statistische Auswertung alle Anlagen nicht berücksichtigt, bei denen erkennbar eine länger als drei Monate andauernde Betriebsunterbrechung oder eine entsprechende Fehlermeldung vorlag.

2.2 Meteorologische Daten des Jahres 2012

Vorausschickend kann gesagt werden, dass der Ertrag von Photovoltaikanlagen, also die erzeugte elektrische Energie, ganz wesentlich von der eingestrahlten Solarenergie, bezeichnet als Globalstrahlung, abhängig ist. Aber auch die Modultemperatur, die von der Umgebungstemperatur bestimmt wird und der Wind spielen eine Rolle.

- Höhere Globalstrahlung steigert den Ertrag. Als Näherung folgt der Wert des Ertrages 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 bis 0,5 % weniger Leistung pro Grad Temperaturzunahme ab.

2.2.1 Übersicht

Der Deutsche Wetterdienst stellt auf seiner Internetseite www.dwd.de über den Button „Presse“ Wetterübersichten zur Verfügung. Im Jahresrückblick auf das Wetter von 2012 vermerkte der DWD:

2012 war insgesamt etwas wärmer als normal, es gab ein Niederschlagsdefizit aber eine positive Sonnenscheinbilanz. Es kam jedoch auch zu einigen Wetterrekorden, so froren im Februar, bedingt durch ein starkes russisches Hoch zahlreiche Flüsse und Seen zu. Im Sommer war es gewittrig und heiß mit Temperaturen bis fast 40°. Im Oktober kam es mit sommerlichen Temperaturen wiederum zu Wärmerekorden. Der Dezember begann winterlich und endete frühlingshaft. Das Jahr erreichte mit durchschnittlich etwa 1651 Stunden ca. 108 Prozent des Sonnenscheinsolls von 1528 Stunden.

Hier nun die Quartale im Einzelnen:

- Nass und mild begann der **Januar**, um dann mit dem russischen Hoch deutlich kälter zu werden. Der **Februar** war zweigeteilt, zuerst bitterlich kalt und sonnig, um dann in der zweiten Hälfte eher trüb und mild zu werden. Von der Sonnenscheindauer war er der „sechst sonnige Februar“ seit 1951. Im **März** brachte andauernder Hochdruckeinfluss schönsten Frühlingswetter, es war sehr trocken.
- Der Monat **April** machte in diesem Jahr seinem Namen alle Ehre, er war kühl, wechselhaft und zeitweise sogar winterlich. Trotzdem hielt sich die Sonnenscheindauer im langjährigen Mittel. Der **Mai** begann wechselhaft, wurde dann jedoch warm, sonnig und regenarm. Deutlich zu kühl war der **Juni**, er wurde erst gegen Monatsende etwas sommerlicher.
- Im **Juli** brachte der „Schaukelsommer“ Regen, die Temperaturen und die Sonnenscheindauer blieben durchschnittlich, erst zu Ende des Monats stiegen die Temperaturen merklich an. Im **August** sorgten Hochdruckgebiete dafür, dass es zu Hitzewellen kam und der Monat sehr sonnenscheinreich war. Der **September** war wieder wechselhaft, trocken, sonnig, milde Temperaturen und die ersten Herbststürme zogen über das Land.
- Windig, kühl und unbeständig startete der **Oktober**, um in der zweiten Monatshälfte mit sommerlichen Temperaturen zu punkten, Ende des Monats war es gebietsweise dann schon winterlich. Der **November** war zu warm und sonnenscheinarm. Im **Dezember** war es anfangs winterlich mit Kälte und Schnee, der dann in Regen überging. Weihnachten überraschte mit milden, frühlingshaften Temperaturen.

Da das Jahr 2012 wesentlich schneereicher als das Vorjahr 2011 war, ist es evtl. von Interesse die Schneehöhen für dieses Jahr zu nennen. Die im Jahr 2012 aufsummierten Schneehöhen um 07:00 h, gemessen vom DWD in München lagen bei 342 cm, im Jahr 2011 betrug dieser Wert 88 cm.

2.2.2 Globalstrahlung

Die monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung des Jahres 2012 sind für verschiedene Standorte im Gebiet von „Sonne in der Schule“ in **Tabelle 2** dargestellt. Die Werte wurden vom DWD zur Verfügung gestellt. Sie ermöglichen eine überschlägige Berechnung des Ertrages einer Photovoltaikanlage, wie im Anhang dargestellt.

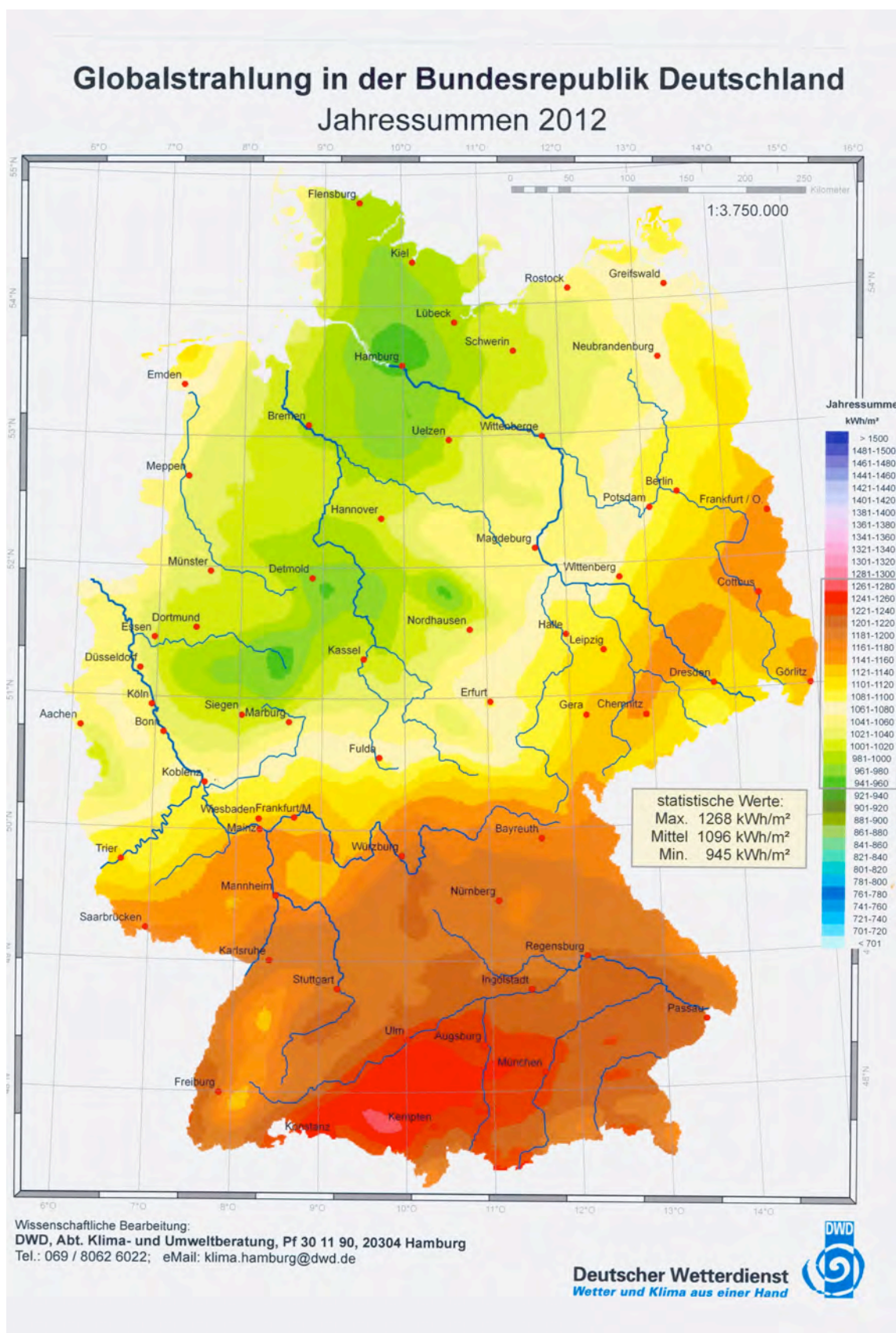
Tabelle 2: Monatliche Werte der Globalstrahlung 2012 auf eine waagerechte Fläche für verschiedene Orte im Gebiet „Sonne in der Schule“ – in kWh/m²

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	2012
AUGSBURG	30	56	100	119	188	172	164	169	104	64	32	28	1.226
BERLIN	19	44	87	118	173	146	159	147	108	60	21	15	1.097
BRAUNSCHWEIG	19	41	82	112	171	135	153	146	100	56	21	15	1.051
BREMEN	19	36	74	106	156	136	157	142	83	50	22	13	994
FICHTELBERG	22	50	96	117	173	147	145	150	104	66	30	23	1.123
FRANKFURT/M.	23	49	91	116	178	143	164	157	111	57	20	18	1.127
GIESSEN	21	46	89	110	164	136	160	155	101	56	18	16	1.072
GOETTINGEN	21	42	83	103	160	124	143	142	98	54	20	15	1.005
HAMBURG	18	36	73	97	155	131	142	134	78	49	21	12	946
HANNOVER	19	40	77	106	161	136	152	143	94	53	23	14	1.018
HEIDELBERG	25	49	100	115	179	152	155	158	118	61	26	19	1.157
HOF	22	48	96	119	176	152	150	152	111	63	26	19	1.134
HOHENPEIßSENBERG	30	56	116	114	183	167	159	171	98	70	45	29	1.238
KASSEL	20	42	87	104	158	124	143	145	98	55	20	14	1.010
KIEL	18	34	76	105	167	136	152	142	82	47	18	11	988
LIST AUF SYLT	17	42	80	124	175	156	174	154	78	42	17	12	1.071
MUENCHEN	30	56	106	120	182	174	160	168	100	66	36	30	1.228
NUERNBERG	26	51	95	121	188	168	160	161	116	60	26	19	1.191
REGENSBURG	28	54	96	122	187	169	164	161	109	59	25	25	1.199
ROSTOCK	20	35	82	113	176	155	156	141	88	53	20	10	1.049
SCHLESWIG	17	36	75	106	164	135	153	145	78	45	17	12	983
STRALSUND	21	36	87	117	179	163	156	143	92	55	20	11	1.080
WEIHENSTEPHAN	30	54	96	124	184	175	167	169	102	62	31	27	1.221
WUERZBURG	26	52	90	120	192	162	161	160	121	60	23	22	1.189

Ein der Sonne optimal zugeneigter Solargenerator, der in unseren Breiten mit 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. Dieser Winkel hängt oft stark von den lokalen baulichen Gegebenheiten ab.

Vom Deutschen Wetterdienst DWD bereitgestellt wurde auch die in **Bild 2** auf der **nächsten Seite** dargestellte Karte mit den Globalstrahlungen für alle Gebiete in Deutschland. Sie stellt die Aussagen der obigen Zahlen grafisch dar.

Bild 2: Globalstrahlung in Deutschland 2012



2.3 Erträge

Die per Internet oder Fax erhaltenen Betriebsdaten zu den Erträgen der Photovoltaikanlagen wurden mit Hilfe entsprechender Software weiterverarbeitet und aufbereitet.

2.3.1 Statistische Verteilung der Erträge

Vorauszuschicken ist wieder, dass entsprechend einem Entwurf der Norm „DIN 61836 Photovoltaische Solarenergiesymbole – Begriffe, Definitionen“ die Einheit W_p nicht mehr verwendet wird, Leistungen werden in W angegeben.

Zunächst ist der Begriff des spezifischen Ertrages zu erklären. Man erhält ihn ganz einfach, indem man die erzeugte Energie durch den Wert der Nennleistung der Photovoltaikanlage teilt. Wurden beispielsweise 1001 kWh erzeugt und beträgt die Nennleistung 1,1 kW, so bestimmt sich der spezifische Ertrag zu $1001 \text{ kWh} / 1,1 \text{ kW} = 910 \text{ kWh/kW}$.

Der spezifische Ertrag der Anlagen im Gesamtgebiet vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag im Jahr 2012 bei durchschnittlich **770 kWh/kW**. Im Jahr 2011 wurde mit 806 kWh/kW ein etwas höheres Resultat erzielt, das aber auch nicht an das des „Spitzenjahres 2003“ des vergangenen Jahrzehnts von 892 kWh/kW heranreichte. Unter dem spezifischen Ertrag 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 Angebotes an Globalstrahlung, andere können aus bestimmten Gründen – beispielsweise teilweise Verschattung der Module – schlechter sein.

Bild 3 zeigt für das Jahr 2012 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 nicht zur Verfügung stand, etwa wegen eines Ausfalles des Wechselrichters oder Bauarbeiten, wurde sie nicht in die Ermittlung des Mittelwertes einbezogen, siehe Kap. 2.1.

Es sei betont, dass die Energiewerte auf die Leistung 1 kW bezogen sind. Die Erträge – bezogen auf 1 Jahr – wurden durch den Wert der Nennleistung von beispielsweise 1,1 kW dividiert. Dadurch werden die Ergebnisse vergleichbar.

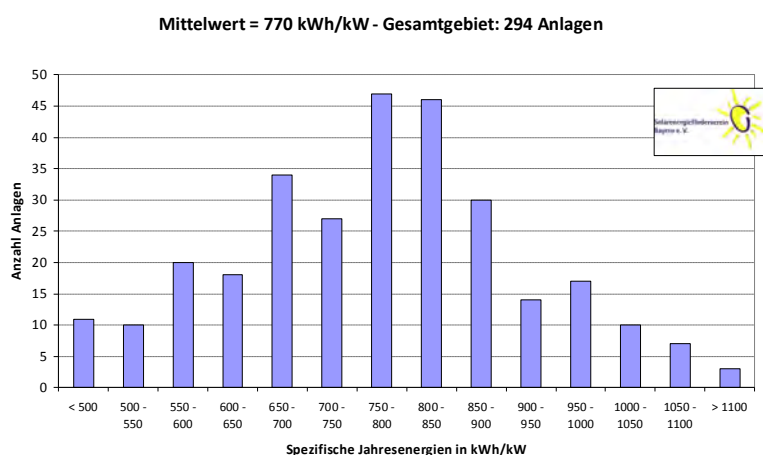


Bild 3: Verteilung des spezifischen Ertrages im Gesamtgebiet 2012
– Basis 294 Anlagen
– Mittelwert 770 kWh/kW

Die meisten Anlagen liegen im Bereich der Erträge von 750 - 900 kWh/kW. Maximale Erträge reichen über 1100 kWh/kW. Gründe, dass Anlagen schlechte Erträge von 0 - 500 kWh/kW liefern, sind nach der Erfahrung oft Verschattungen durch Bäume und Sträucher und Defekte der Wechselrichter. Anlagen mit hohen Erträgen über 900 kWh/kW sind intensiv betreut, ihr Standort weist gute Globalstrahlungswerte und gute Hinterlüftung der Solar-

module auf. Letzteres ist wichtig, denn photovoltaische Solargeneratoren zeigen – wie dargestellt – mit steigender Temperatur schlechtere Erträge.

Die Verteilung der spezifischen Energieerträge in den einzelnen Bundesländern zeigt das unten stehende **Bild 4**. Es ist nur die Verteilung der spezifischen Energieerträge in den Bundesländern dargestellt, in denen eine genügend große Anzahl von nutzbaren Messdaten vorhanden war.

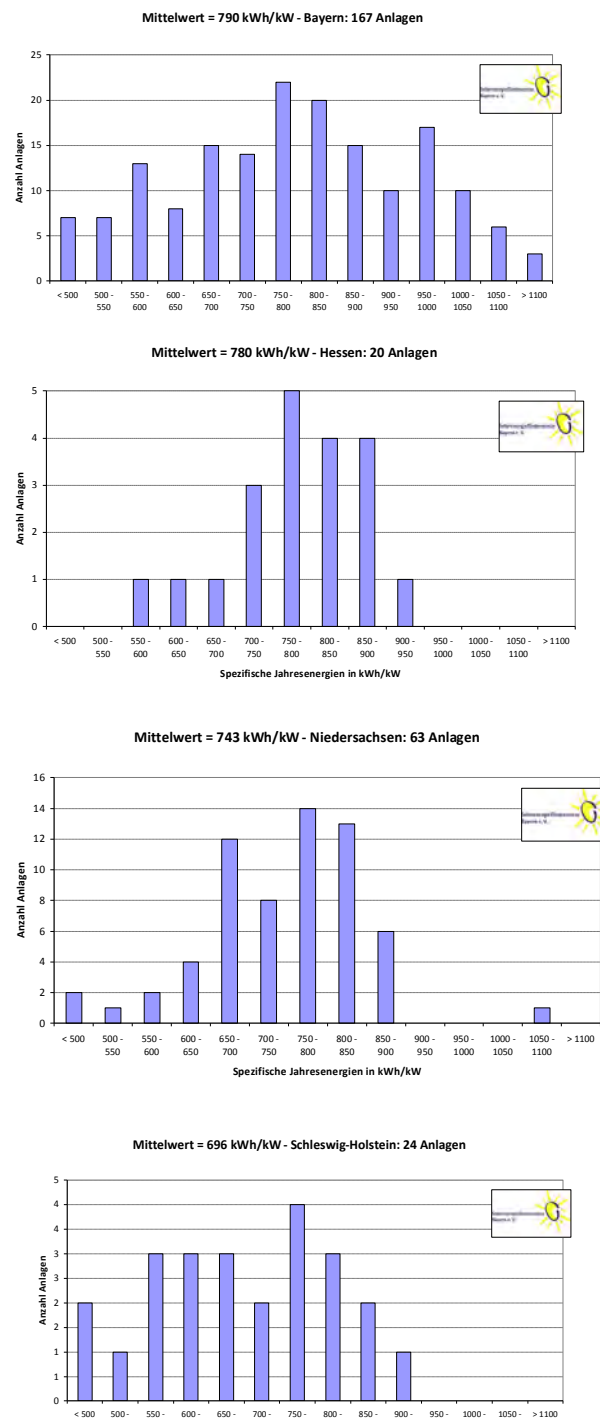


Bild 4: Erträge in den Bundesländern Bayern, Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Dargestellt sind die Anlagen mit nutzbaren Daten, die im Normalbetrieb verfügbar waren. Man beachte die verschieden skalierten Achsen!

Zahlenwerte zur Anzahl aller Anlagen in allen Bundesländern und den Mittelwert aller Erträge zeigt **Tabelle 3**.

Tabelle 3: Anzahl der Anlagen mit „nutzbaren Datensätzen“ und Mittelwert des spezifischen Energieertrages aufgeteilt nach Bundesländern

Bundesland	Anzahl Anlagen 2012	Mittelwert spezifischer Ertrag 2012 kWh/kW	Veränderung des Ertrages gegenüber 2011
Bayern	168	790	-5,0 %
Hessen	20	780	-3,5 %
Niedersachsen	63	743	-3,3 %
Schleswig-Holstein	24	696	-2,8 %
Brandenburg	4	824	13,5 %
Mecklenburg-Vorpommern	4	834	-2,0 %
Nordrhein-Westfalen	5	768	-13,3 %
Sachsen-Anhalt	3	799	-1,7 %
Bremen	4	617	-13,3 %
Sonstige (Rheinland-Pfalz, Thüringen)	0	0	.. /..
Gesamtgebiet	295	770	-4,5 %

Bei der Bewertung der Tabelle ist zu beachten, dass mit wenigen Anlagen in manchen Bundesländern keine allgemeingültigen statistischen Aussagen zu treffen sind. Von einer kleinen Anzahl Anlagen kann nicht unbedingt auf das Verhalten aller geschlossen werden.

2.3.2 Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

Nach längerem Betrieb kann es zu Störungen kommen. Zudem werden in Schulen oft Umbauarbeiten durchgeführt, bei der die Photovoltaikanlage zeitweise nicht verfügbar ist. **Tabelle 4** zeigt dazu den langjährigen Verlauf der Anzahl von Schulen, die Messwerte geliefert haben, den genutzten Anteil der Messwerte sowie die Anzahl der Anlagen mit Störung als absolute und prozentuale Zahl.

Tabelle 4: Gesamtanzahl der gelieferten Messwerte und der davon genutzten Werte

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 %

Auch im Jahr 2012 bewegen sich die Störungsmeldungen auf einem relativ hohen Niveau. Defekte Wechselrichter, fehlende Auslese-Software und Modulschäden sind die meist genannten Gründe hierfür. Der SeV bietet deshalb auch weiterhin in diesen Bereichen den Schulen Unterstützung an, um die Anlagen wieder ans Netz zu bringen.

Wird eine Störung des Betriebes der Photovoltaikanlage dem SeV gemeldet, können auf dieser Grundlage die notwendigen Schritte zur Beseitigung der Probleme eingeleitet werden. Als Beispiel sind die Maßnahmen zum Austausch defekter Wechselrichter zu sehen – Details im Kapitel 4 „Betreuung“.

2.3.3 Erträge einzelner Schulen

Beispielhaft zeigen Bild 5, 6 und 7 als Balkendiagramm den Verlauf der monatlichen spezifischen Energieerträge von drei Schulen in Bayern, Brandenburg und Niedersachsen. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

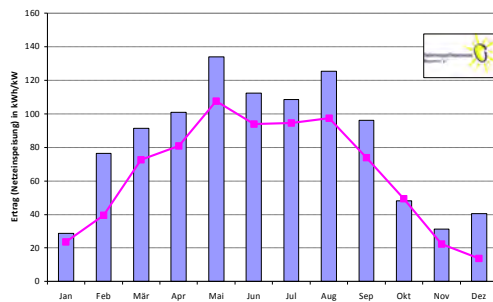


Bild 5: Schule in Bayern – spezifischer Jahresertrag 994 kWh/kW

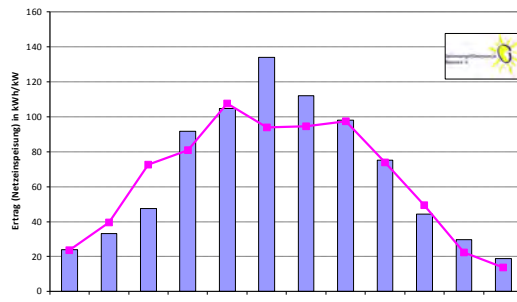


Bild 6: Schule in Brandenburg – spezifischer Jahresertrag 813 kWh/kW

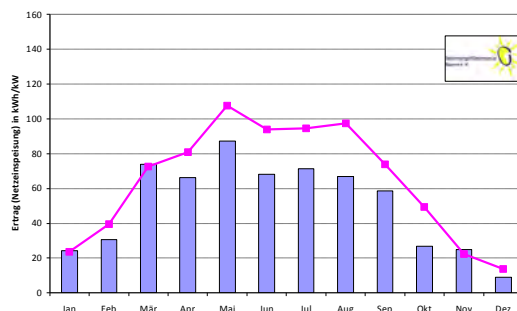


Bild 7: Schule in Niedersachsen – spezifischer Jahresertrag 608 kWh/kW

3 Betreuung

106 Schulen haben im Jahr 2012 den SeV außerhalb der Datenübermittlung kontaktiert, um technische Probleme zu lösen oder anderweitige Fragen im Bereich der erneuerbaren Energien zu klären. Auch 2012 waren viele „Hilferufe“ durch einen defekten Wechselrichter ausgelöst. 31 Schulen wurde daraufhin eine Reparatur oder ein Austausch des Wechselrichters ermöglicht.

Der SeV bot auch Unterstützung an, wenn Module defekt waren. Im Falle von Siemens-Modulen kann in den meisten Fällen auf den Modul-Pool des SeV zurückgegriffen werden. Den Schulen werden Ersatzmodule zugeschickt, nur der Einbau muss von der Schule durchgeführt werden, Kosten für die Module entstehen keine. Bei defekten Kyocera-Modulen hat sich Kyocera auch im Jahr 2012 kulant gezeigt und den Schulen kostenfrei neue Module überlassen. Auch bei diesem Vorgang unterstützt der SeV die Schulen.

Neben diesen Problemen gibt der SeV Rat und Tat bei Fragen der Visualisierung, bei Softwareproblemen und was mit der Photovoltaikanlage nach einem Abbau geschehen soll.

Bürgerbeteiligungsanlagen oder auch PV-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. Diese Schulen nehmen nur noch teilweise am Programm teil.

3.1 Wechselrichter

Sind die Erträge einer Anlage schlecht und ist der Wechselrichter erkennbar die Ursache, so können die Schulen bei Austausch oder Reparatur – 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 wesentliche Fälle zu unterscheiden, je nachdem ob die Anlage aus den früheren Programmen „Sonne in der Schule“ (Siemens-Wechselrichter) oder „SonneOnline“ (SMA-Wechselrichter) stammt.

3.1.1 Schulen mit Wechselrichter Siemens SPN1000

Meldet eine bayerische Schule den Defekt eines Wechselrichters Siemens SPN 1000, wird durch den SeV der Kontakt zu folgendem Unternehmen hergestellt:

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

Herr Kühlwein setzt sich dann mit dem betreuenden Lehrer/der betreuenden Lehrerin in Verbindung und klärt ab, ob es sinnvoll ist, das Gerät zu reparieren. Sollte dies der Fall sein, schickt die Schule den Wechselrichter an obige Adresse. Die Reparaturkosten übernimmt der SeV, für die Schulen fallen nur einmal 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, so wird in Absprache mit dem SeV ein anderer Weg gefunden werden.

3.1.2 Schulen mit Wechselrichter SMA Sunny Boy

Die ehemaligen „SONNEonline“ Schulen sind mit dem Wechselrichter Sunny Boy SWR 850 des Herstellers SMA ausgerüstet. Die Bereitstellung eines Austauschgerätes wird vom SeV finanziell unterstützt. Im Falle eines Defekts ergeben sich folgende Schritte:

- Die Schule meldet den Defekt dem SeV (SonneSchule@sev-bayern.de) und bittet um Prüfung, ob ein Zuschuss möglich ist. Nach positivem Bescheid kann der folgende Weg begangen werden:

- Der Wechselrichterhersteller SMA stellt ein Austauschgerät zum Preis von rund 400 € zzgl. Versand bereit. Hierzu muss die Schule die nachstehenden Aktionen übernehmen:
 1. Bei SMA anrufen und Schaden mit Seriennummer des Gerätes melden (Hotline: 0561/9522-499).
 2. SMA sendet das Kostenübernahmeformular, welches unterzeichnet zurückgesendet werden muss.
 3. SMA sendet das Austauschgerät. Nach dem Wechselrichter-Austausch ist das defekte Gerät in der erhaltenen Kiste zu verpacken. Nach genau einer Woche wird diese wieder abgeholt.
- Nach Abschluss des Austausches ist eine Kopie der Rechnung mit Angabe des Kontos an den SeV zu schicken. Daraufhin werden die Kosten von max. 400 € vom SeV an die Schule überwiesen. **Diese Zusage einer Kostenbeteiligung gilt für Rechnungen, die bis zum 31. Dezember 2013 beim SeV eingegangen sind.**

3.1.3 Schulen mit sonstigen Wechselrichtern

Sind weitere Fabrikate (z.B. Fronius) von Wechselrichtern eingebaut und kommt es zu Störungen, so wird der SeV bei Störungen individuell helfen.

3.2 Solarsupport für Schulen

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fördert auch weiterhin die Visualisierung regenerativer Energiesysteme an Schulen. Die folgende Website gibt Informationen:

http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/visualisierung/

Der Zuschuss beträgt höchstens 2400 Euro. Der Antrag ist auf einem besonderen Antragsformular (siehe unter Formulare) innerhalb von sechs Monaten nach Inbetriebnahme der Visualisierungsmaßnahme zu stellen.

3.3 Unterrichtshilfen

Interessant für die Lehrkräfte die das Programm „Sonne in der Schule“ begleiten könnte auch weiterhin sein, dass das Unabhängige Institut für Umweltfragen in Berlin auf seiner Internetseite <http://www.ufu.de> Unterrichtshilfen für den Bereich der regenerativen Energien für die verschiedensten Klassenstufen zur Verfügung stellt. Die Downloads sind zu finden unter:

<http://www.ufu.de/de/solarsupport/downloads-solarsupport.html>

4 Preise für Abgabe der Messdaten

294 Schulen haben bis zum 15. Februar 2013 die Messdaten der Photovoltaikanlage vom Jahr 2012 an den SeV übermittelt. Unter diesen Schulen wurden 3 x 100 € verlost. Folgende Schulen erhalten diesen Betrag:

- Volksschule Sinzing
- Heinrich-Rau-Schule Rheinsberg
- GHS Wietzen

5 Messungen der Nennleistung von Modulen - Degradation

Die Module einer Photovoltaikanlage verlieren im Lauf ihrer Lebensdauer geringfügig an Leistung. Diesen Effekt nennt man "Degradation", er ist wissenschaftlich noch nicht vollständig geklärt. Praktisch ist dies die Abnahme der Ausgangsleistung innerhalb der Lebensdauer eines Moduls. Dieser Effekt kann von vielen Parametern abhängen, beispielhaft und nicht vollständig sind zu nennen:

- Verschmutzung der Moduloberfläche
- Optische Eintrübung der Frontscheibe des Moduls und Delamination (siehe Bericht 2011)
- Verschlechterung der Kontakte durch mechanische Beanspruchung und Feuchtigkeit
- Licht induzierte Degradation

Die ersten Module des Programms „Sonne in der Schule“ wurden ab 1994 vor etwa 20 Jahren installiert. Mittlerweile sind zudem in manchen Gebieten Schulen geschlossen worden, so dass die Module nicht mehr genutzt wurden, diese wurden eingelagert. Teilweise wurden und werden sie anderen Schulen oder anderen Zwecken zur Verfügung gestellt.

Um realistische Aussagen über die Größe der Degradation zu machen wurden die aktuell im Lager befindlichen 252 Module – der Nennleistungen 53 W, 55 W und 110 W – von der Firma BEC-Engineering www.bec-engineering.de in Bezug auf ihre Nennleistung gemessen. Die Nennleistung eines photovoltaischen Solarmoduls wird gemessen bei der Globalstrahlung 1000 W/m², der Modultemperatur 25 °C und einem Lichtspektrum entsprechend AM1,5 (AM1,5: Standort Mitteleuropa). Das Ergebnis zeigt Bild 8.

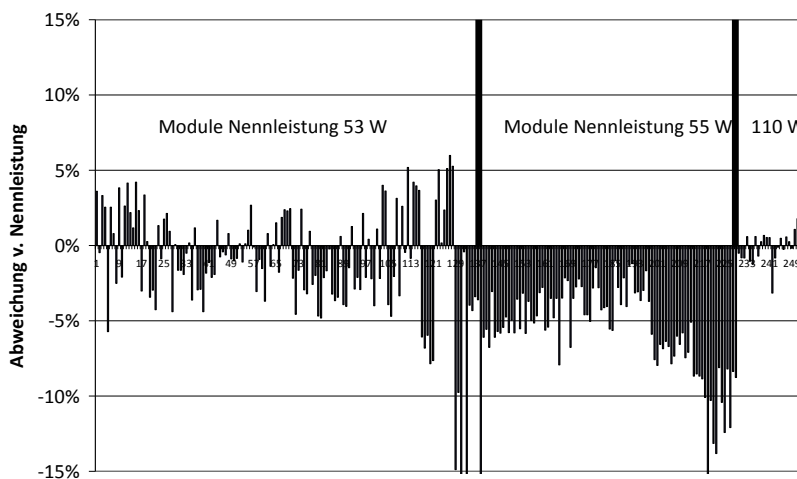


Bild 8: Gemessene Leistungen verschiedener Module aus dem Programm „Sonne in der Schule“ nach ca. 15 - 20 Jahren Betrieb

In keinem Falle ist die ursprüngliche Nennleistung exakt bekannt, daher wird von den Nennwerten am Modul ausgegangen. Das obige Diagramm zeigt die Abweichungen zu diesen Nennleistungen. Einzelne Ausreißer kommen von bereits aussortierten Modulen mit größeren Defekten. Auffallend ist, dass die Module der Nennleistung 53 W maximale positive und negative Abweichungen von etwa 5 % aufweisen. Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass die Module bei der Installation Leistungen aufwiesen, die wesentlich über der Nennleistung lagen. Ganz anders die Module der Nennleistung 55 W, die wesentliche negative Leistungsabweichungen aufweisen. Die Module der Nennleistung 110 W wiederum zeigen positive Leistungsabweichungen.

Es wurden Aufnahmen im visuellen Bereich mit einer normalen Kamera und mit einer Elektrolumineszenz - Kamera im Nahinfrarotbereich von den Modulen gemacht. Beispielhaft zeigt das unten stehende Bild drei Ergebnisse.

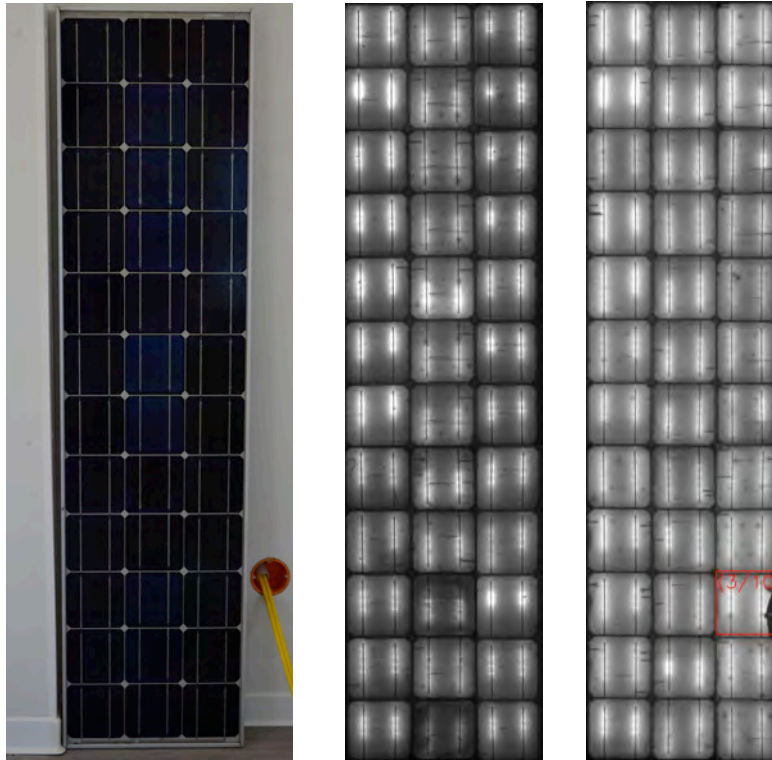


Bild 9: Die Photos links und in der Mitte zeigen die Vorderseite eines Moduls im visuellen Bereich und im Nahinfrarotbereich aufgenommen, das gezeigte Modul weist keine größeren Fehler auf. Das rechte Photo zeigt ein anderes Modul im Nahinfrarotbereich mit einer defekten Zelle, diese ist rot umrandet.

Was bedeutet Elektrolumineszenz? Eine photovoltaische Solarzelle ist nichts anderes als eine Halbleiter-Diode. Dioden können in „Vorwärtsrichtung“ durch die Absorption des Sonnenlichtes – also der Globalstrahlung – eine elektrische Gleichspannung erzeugen. In „Rückwärtsrichtung“ funktionieren diese Dioden wie eine Leuchtdiode, sie emittieren schwache Strahlung im Nahinfrarotbereich. Alle Zellen, die in Vorwärtsrichtung fehlerhaft sind, sind auch in Rückwärtsrichtung fehlerhaft. Die Elektrolumineszenz an fehlerhaften Stellen wird mit entsprechenden Sensoren bzw. einer entsprechenden Kamera aufgenommen. Da fehlerhafte photovoltaische Solarzellen nicht leuchten, können diese mit der Aufnahme erkannt werden.

Bild 9 zeigt im mittleren Bild keine größeren Fehler, allerdings sind in der mittleren Reihe einige Zellen nicht im besten Zustand. Das rechte Bild zeigt ein anderes Modul (EL) mit einer defekten Zelle, diese ist rot umrandet.

6 Wettbewerb - Nutzung von photovoltaischem Strom außerhalb des EEG

Photovoltaisch erzeugter Strom wird kontinuierlich billiger, die Förderung nach dem EEG nimmt ab. Damit wird es für viele Betreiber von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) – von der kleinen Anlage im kW-Bereich bis zur großen Anlage im MW-Bereich – interessant nach anderen wirtschaftlichen Lösungen zur Nutzung des photovoltaisch genutzten Stromes zu suchen und diese zu nutzen. Beispielhafte Lösungen können sein:

- **Nutzung einer Wärmepumpe mit teilweiser Bereitstellung des benötigten Stromes durch eine Photovoltaikanlage.**
- **Nutzung von Spitzenstrom aus der Photovoltaik zur Warmwasserbereitung,** der überschüssige Strom aus Photovoltaikanlagen besonders zur Mittagszeit wird genutzt, um das Wasser in entsprechenden Speichern aufzuheizen.
- **Für produzierende Gewerbebetriebe mit Flachdächern/ freien Flächen kann die Nutzung von PV-Strom zur Verringerung des Bezuges von elektrischer Energie wirtschaftlich sinnvoll sein. Für diesen Zweck sind zunächst die energiewirtschaftlichen Daten darzustellen, Messungen des elektrischen Energiebedarfes müssen erfolgen.** Danach kann man oft feststellen, dass eine „gut eingepasste“ Photovoltaikanlage die Energiebezugskosten deutlich verringert.
- Unkonventionelle Speicherlösungen können ein Weg sein um überschüssigen Photovoltaikstrom zu gewissen Zeiten einer sinnvollen Nutzung zuzuführen.

Solche technischen Lösungen wird es zukünftig häufiger geben, auch in Verbindung mit „Smart Grids“. In diesem Rahmen ist auch der Wettbewerb 2012/13 „Ideen zur Speicherung von photovoltaisch gewonnener Energie“ im Rahmen des Programms „Sonne in der Schule“ zu sehen. In diesem Wettbewerb geht es darum, eine möglichst einfache unkonventionelle Speicherlösung zu finden und die Betriebsergebnisse wenigstens über einen kurzen Zeitraum darzustellen.

Der für das Schuljahr 2012/2013 ausgeschriebene Wettbewerb hat als Einsendeschluss den 15. Mai 2013. Dafür wurden die Schulen aufgefordert, „Ideen zur Speicherung von photovoltaisch gewonnener Energie“ zu realisieren. **Der SeV unterstützt die Schulen, die eine Konzeptskizze und Materialliste einreichen mit maximal 500 €, um für die Umsetzung der Ideen Material und Geräte zu erwerben.**

Die beste Lösung wird mit 1000 €, die beiden darauf folgenden mit 700 € und 400 € belohnt, dies ist unabhängig von dem zuvor gewährten Zuschuss. Bislang nehmen sechs Schulen an dem Wettbewerb teil. Über die Ergebnisse wird der Solarenergieförderverein Bayern nach dem 15. Mai 2013 auf seiner Website berichten.

7 Zusammenfassung und Sonstiges

Der erzielte mittlere spezifische Ertrag aller Anlagen ohne wesentliche Betriebsunterbrechungen lag im Jahr 2012 bei 770 kWh/kW und damit unter dem Niveau des Vorjahres. Der geringere Ertrag ist zum Teil sicher durch die niedrigere Sonnenscheindauer bedingt. Wichtig ist aber nach wie vor eine zuverlässige Betreuung der Anlage, um bei Ausfällen von Komponenten der Photovoltaikanlage sofort reagieren zu können und so den Minderertrag zu minimieren. Der Solarenergieförderverein Bayern e.V. bietet dafür auch in den kommenden Jahren die Unterstützung an. Nehmen Sie sie in Anspruch! Danke schön!

Im Bereich der Photovoltaik ist in Deutschland im Laufe des Jahres 2012 und Anfang 2013 eine deutliche Beruhigung eingetreten. Die Schwerpunkte dieses Bereiches verlagern sich naturgemäß von der Modultechnik auf die Netzintegration. Immerhin sind in Deutschland bereits über 30.000 MW an photovoltaischer Leistung installiert, in manchen Gebieten kommt es an sonnigen Tagen zu Rückspeisungen bis in das Hochspannungsnetz. Neue Lösungen sind also gefragt. Das Programm „Sonne in der Schule“ möchte durch Information und Wettbewerbe auch in den kommenden Jahren seinen Beitrag zur weiteren Verbreitung der regenerativen Energien leisten.
