

Solarenergieförderverein  
Bayern e.V.

Bavarian Association for the Promotion  
of Solar Energy



# SONNE IN DER SCHULE BETRIEBSBERICHT 2011

## 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 2011 .....	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
3.1.4	Solarsupport für Schulen .....	12
3.1.5	Unterrichtshilfen .....	12
4	Preise für Abgabe der Messdaten .....	12
5	Ausbildung und Studium im Bereich der Erneuerbaren Energien .....	13
5.1	Ausbildung zum Solarteur® .....	13
5.2	Studium .....	13
6	Wettbewerb .....	13
7	Treffen in Würzburg .....	14
8	Delamination .....	14
9	Zukünftige Rolle der regenerativen Energien .....	15
10	Zusammenfassung und Sonstiges .....	16

## 1 Einleitung

### 1.1 Sonne in der Schule

Wieder kann das Programm „Sonne in der Schule“ auf ein ertragreiches Photovoltaikjahr zurückblicken. 469 von 832 Schulen haben eine Rückmeldung an den Solarenergieförderverein Bayern getätigt und damit bewiesen, dass die betreuenden Lehrerinnen und Lehrer, Hausmeister und Schülergruppen weiterhin großes Interesse daran haben, diese Form der erneuerbaren Energie zu unterstützen.

Ziel des Programms ist es, zu demonstrieren, dass Photovoltaikanlagen 20 und mehr Jahre erfolgreich betrieben werden können. Weiterhin sollen aber auch Informationen zum Thema der Erneuerbaren Energien – besonders im Bereich Bildung – bereitgestellt werden.

Der Solarenergieförderverein Bayern – nachstehend als **SeV** bezeichnet – 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 18 Jahren, schon ca. 1,5 Millionen Schüler an diese umweltfreundliche Technik herangeführt werden konnten.



Bild 1: Verteilung der Sonne in der Schule-Anlagen 2011

### 1.2 Ziele dieses Berichtes

Der Bericht enthält folgende Abschnitte:

- In Kapitel 2 werden die übermittelten, aussagekräftigen Betriebsdaten evaluiert und ein Überblick über die meteorologischen Daten 2011 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 2012 übermittelt hatten und dafür Geldpreise erhalten.
- Kapitel 5 gibt einen kurzen Überblick über die Ausbildungswege im Bereich Erneuerbare Energien.
- Im Kapitel 6 werden die Gewinner des Photowettbewerbes vorgestellt.
- Kapitel 7 gibt einen kurzen Rückblick auf das Treffen in Würzburg 2011.
- In Kapitel 8 behandeln wir das Thema Delamination von PV-Modulen.
- Kapitel 9 geht auf die zukünftige Rolle der Erneuerbaren Energien ein, eine Zusammenfassung schließt den Bericht 2011.

## 2 Evaluation der Betriebsdaten

469 Schulen meldeten für das Jahr 2011 die Betriebsdaten der Photovoltaikanlage oder teilten dem SeV mit, weshalb die Anlage keine Erträge liefern konnte. Durch diese gute Rücklaufquote kann weiterhin bewiesen werden, dass die Photovoltaikanlagen der ersten Stunde auch noch nach vielen Jahren gute Erträge liefern können.

### 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. Der Rücklauf war für die lange Laufzeit des Programms wieder sehr gut. **Tabelle 1** stellt die Zahlen von 2010 und 2011 gegenüber.

**Tabelle 1:** Statistik des Rücklaufes der Betriebsdaten im Jahr 2011

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2011	Auswertung für 2010	Änderung
Basisdaten vorhanden von	832	871	-4,5%
Messdaten erhalten von	469	462	1,5%
Zahl der Anlagen ohne Betriebsunterbrechung	309	321	-3,7%

### 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 einige Schulen geschlossen. Mehrere Schulen haben große Photovoltaikanlagen gebaut, die kleinere Anlage aus „Sonne in der Schule“ wurde in diese integriert.

Leider mussten auch ein paar Schulen aus dem Programm genommen werden, da sie keine Kapazität im laufenden Schulbetrieb für die Betreuung mehr haben.

- Aktuell haben 469 Schulen geantwortet, was einer sehr guten Rücklaufquote von 56,4 % 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 von ca. 8 - 15 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 2011

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 poly- oder monokristallines 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](http://www.dwd.de) über den Button „Presse“ Wetterübersichten zur Verfügung. Im Jahresrückblick auf das Wetter von 2011 vermerkte der DWD:

2011 war mit 9,6 °C – um 1,4 Grad über dem vieljährigen Mittel von 8,2 °C – das fünftwärmste Jahr seit 1881 in Deutschland. Elf Monate war es zu warm, nur der Sommermonat Juli fiel aus dem Rahmen, er war zu kühl. Der Niederschlag war mit 9 % weniger nicht im Soll, allerdings gab es auch hier „Ausreißer“ z. B. im Allgäu und im Raum Rostock, dort kam es zu starken Sommerregen. Von der Sonnenscheindauer erreichte das Jahr 2011 den dritten Platz seit 1951, nach den Jahren 2003 und 1959.

Hier nun die Quartale im Einzelnen:

- Der **Januar** war nur zu Anfang und am Ende „winterlich“, ansonsten war er deutlich zu warm und es gab reichlich Sonnenschein. Durch den rasch schmelzenden Schnee und Regenfälle, kam es zu zahlreichen Überschwemmungen. Der **Februar** war zweigeteilt: Im Osten und Norden relativ kalt und im Süden und Westen mild. Sonnenschein gab es vor allem im Allgäu. Nur im Norden war es „nass“, ansonsten war der Monat zu trocken. Der **März** war wieder zu trocken und durch viele Hochdruckgebiete sehr sonnig.
- Der **April** wartete wieder mit Rekorden auf. Er war zum dritten Mal in fünf Jahren sehr trocken, warm und sonnig. Die Waldbrandgefahr nahm erheblich zu. Auch der **Mai** war zu warm, zu trocken und sehr sonnig. Allerdings gab es noch einige Nächte mit „frostigen“ Temperaturen. Der **Juni** war dann der sechste zu warme Monat in Folge, doch ging durch das Tief „Fabian“ die Dürreperiode zu Ende. Die Sonnenscheindauer lag über dem Soll.
- Im **Juli** war es nur im Norden zu warm, ansonsten war der Monat der erste zu kühle Monat des Jahres. Die Regenmenge überschritt ihr Soll und die Sonnenscheindauer blieb unter ihrem Soll. Im **August** setzte sich das wechselhafte Wetter fort, erst zum Ende des Monats gab es mancherorts tropische Temperaturen, die dann durch einen Temperatursturz beendet wurden. Der **September** war zu Anfang gewittrig, mit Hagel und Sturm. Erst zu Ende des Monats wurde es ein beständiger Altweibersommer.
- Im **Oktober** folgte dem schönen Herbstwetter ein Temperatursturz mit Sturm und Regen, schließlich wurde es wechselhaft und wieder etwas wärmer, trockener und sonniger als üblich. Dann kam der trockenste **November** seit 1881, es regnete fast gar nicht, in den Bergen war es sonnig und im Flachland neblig. Das Jahr endete im **Dezember** zu warm, zu nass und nach vielen sonnenscheinreichen Monaten – trübe.

## 2.2.2 Globalstrahlung

Die monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung des Jahres 2011 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 2011 auf eine waagrechte Fläche für verschiedene Orte im Gebiet „Sonne in der Schule“ – in kWh/m<sup>2</sup>

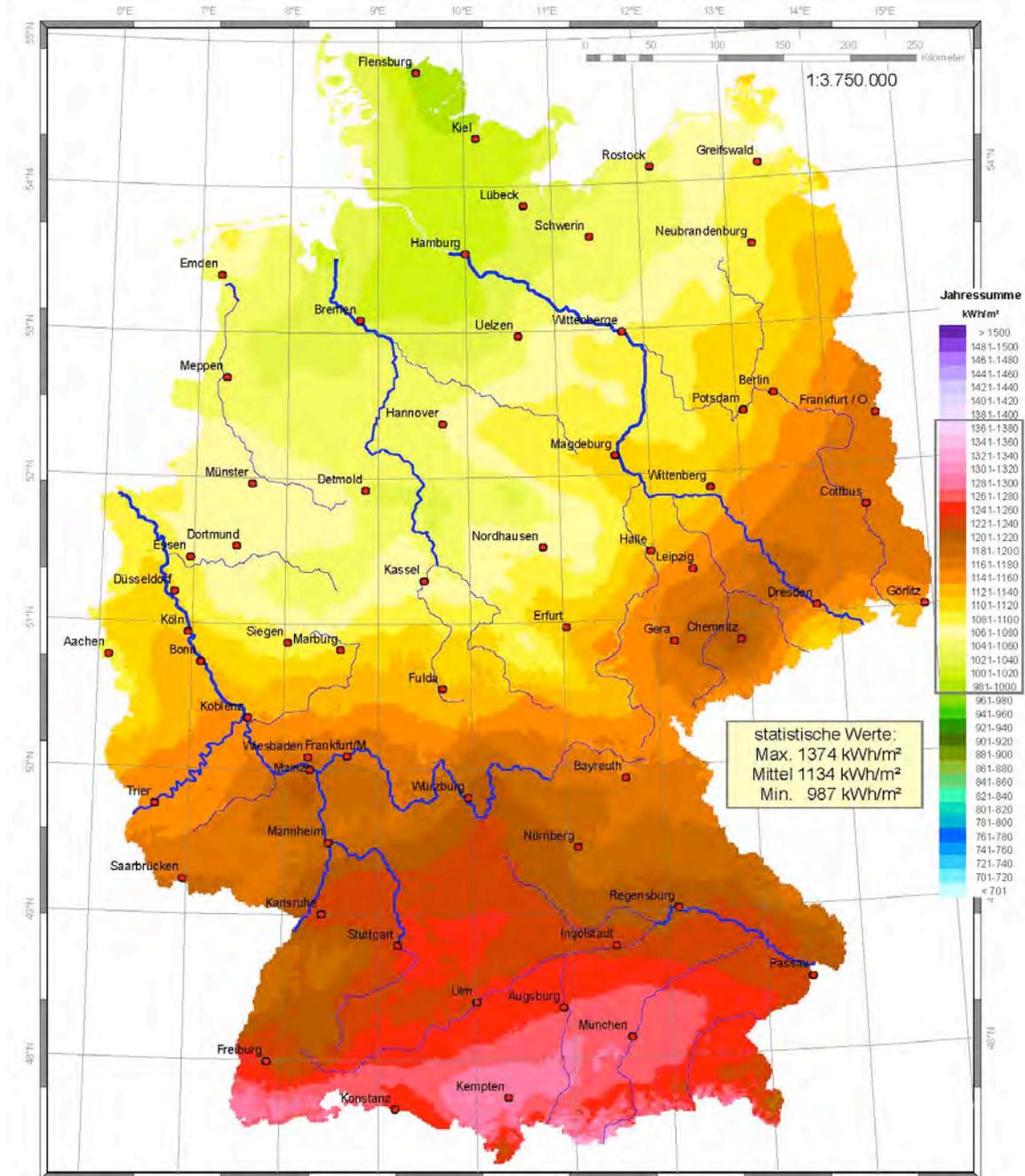
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	2011
AUGSBURG	30	45	105	161	190	151	158	166	116	75	39	22	1.258
BERLIN	19	41	92	132	185	181	130	131	104	65	33	13	1.126
BRAUNSCHWEIG	19	35	90	140	174	176	125	129	100	66	28	13	1.095
BREMEN	18	34	84	139	164	154	121	116	94	61	25	13	1.023
FICHTELBERG	28	54	98	131	178	158	135	136	109	67	50	17	1.161
FRANKFURT	24	34	101	148	195	156	149	143	109	69	31	15	1.174
GIESSEN	23	32	96	140	191	155	137	137	103	67	30	14	1.125
GOETTINGEN	18	33	89	133	170	159	120	124	103	65	31	10	1.055
HAMBURG	16	32	81	138	165	164	125	110	90	57	21	10	1.009
HANNOVER	17	34	86	138	171	167	123	127	97	63	27	12	1.062
HEIDELBERG	27	37	103	153	193	153	152	146	115	70	34	15	1.198
HOF	22	42	98	136	183	155	140	142	110	72	43	14	1.157
HOHENPEISSENBERG	25	36	101	150	195	153	145	146	112	68	30	14	1.175
KASSEL	18	34	90	136	173	156	127	123	101	64	31	11	1.064
KIEL	17	30	73	138	161	168	138	112	87	56	18	10	1.008
LIST AUF SYLT	18	29	76	142	169	183	132	116	87	54	37	10	1.053
MUENCHEN	32	51	108	160	189	148	155	166	118	79	44	24	1.274
NUERNBERG	24	40	101	145	190	153	154	150	115	72	37	14	1.195
REGENSBURG	27	43	104	149	194	159	149	152	110	73	31	17	1.208
ROSTOCK	16	34	82	143	174	182	128	118	95	55	22	10	1.059
SCHLESWIG	18	29	73	142	159	167	135	110	83	55	18	9	998
STRALSUND	15	33	82	144	181	189	123	119	97	58	24	11	1.076
WEIHENSTEPHAN	31	47	105	159	197	158	161	165	115	77	34	21	1.270
WUERZBURG	24	38	102	154	195	157	151	149	114	70	31	17	1.202

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 1: Globalstrahlung in Deutschland 2011

## Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Jahressummen 2011



Wissenschaftliche Bearbeitung:  
DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg  
Tel.: 040 / 66 90-19 22, eMail: klima.hamburg@dwd.de

## 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

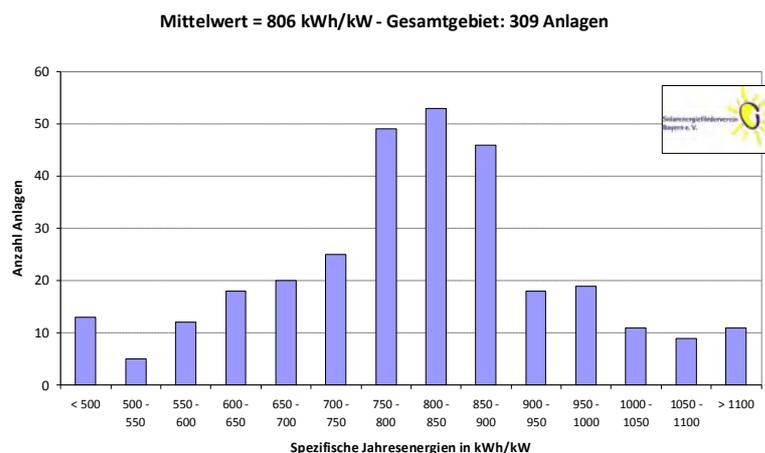
Vorauszuschicken ist wieder, dass entsprechend einem Entwurf der Norm „DIN 61836 Photovoltaische Solarenergiesymbole – Begriffe, Definitionen“ die Einheit  $W_p$  nicht mehr verwendet wird, Leistungen werden in  $W$  angegeben.

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 2011 bei durchschnittlich **806 kWh/kW**. Im Jahr 2010 wurde mit 718 kWh/kW ein wesentlich niedrigeres Resultat erzielt, bedingt dadurch, dass 2010 zu kalt und zu nass war. Im Spitzenjahr 2003 des vergangenen Jahrzehnts lag der spezifische Ertrag bei 892 kWh/kW. 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 Angebotes an Globalstrahlung, andere können aus bestimmten Gründen – beispielsweise teilweise Verschattung der Module – schlechter sein.

**Bild 3** zeigt für das Jahr 2011 die spezifischen Energieerträge aller Anlagen für die Messprotokolle vorlagen und für welche sich sinnvolle Werte ergaben – über die Anzahl der Anlagen. Wenn ersichtlich war, dass die Anlage für einen längeren Zeitraum nicht verfügbar war, 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.

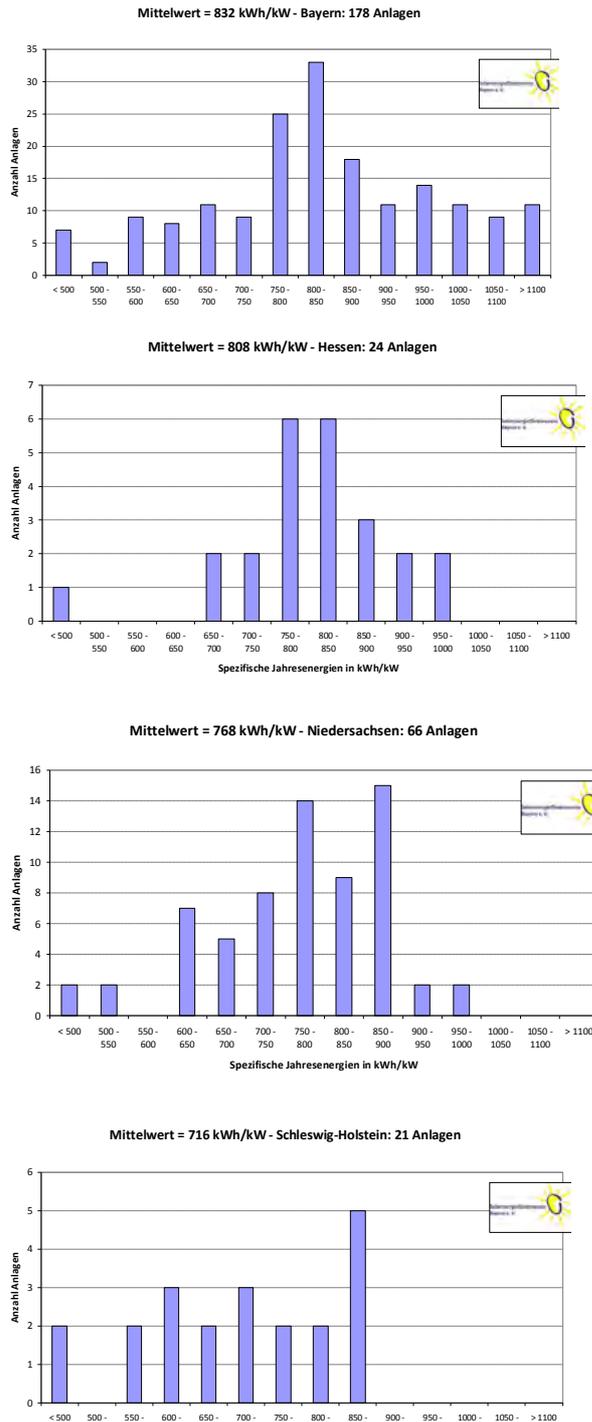


**Bild 3:** Verteilung des spezifischen Ertrages im Gesamtgebiet 2011  
- Basis 309 Anlagen  
- Mittelwert 806 kWh/kW

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 Lüftung für die Solarmo-

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

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



**Bild 4:** Erträge in 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 der Anlagen in allen Bundesländern und die Mittelwerte aller Erträge zeigt **Tabelle 3**.

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

Bundesland	Anzahl Anlagen 2011	Mittelwert spezifischer Ertrag 2011 kWh/kW	Veränderung des Ertrages gegenüber 2010
Bayern	178	832	15,9 %
Hessen	24	808	11,0 %
Niedersachsen	66	768	6,2 %
Schleswig-Holstein	21	716	- 0,6 %
Brandenburg	6	726	16,7 %
Mecklenburg-Vorpommern	4	851	7,7 %
Nordrhein-Westfalen	3	886	23,1 %
Sachsen-Anhalt	5	813	12,9 %
Bremen	2	712	- 4,3 %
Sonstige (Rheinland-Pfalz, Thüringen)	0	0	- 100,0 %
<b>Gesamtgebiet</b>	<b>309</b>	<b>806</b>	<b>12,3 %</b>

Bei der Bewertung der Tabelle 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 Anlagen 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	
			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 %
<b>2011</b>	<b>469</b>	<b>309</b>	<b>160</b>	<b>34,1 %</b>

Tabelle 4 zeigt deutlich an, dass die Störungsmeldungen in den letzten Jahren erheblich zugenommen haben. Die wichtigsten Gründe dafür waren auch 2011 wieder Wechselrichterdefekte. Deshalb bietet der SeV gerade in diesem Bereich den Schulen die Unterstützung an, den Wechselrichter zu reparieren oder auszutauschen, um einen weiteren Betrieb der Photovoltaikanlage zu gewährleisten.

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 Schleswig-Holstein. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

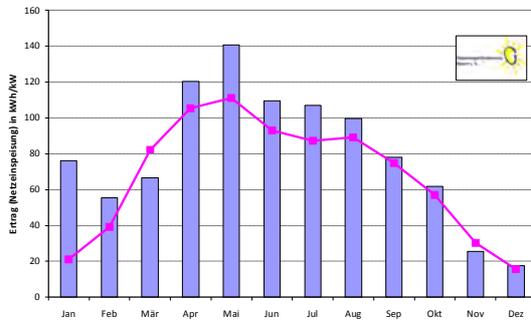


Bild 5: Schule in Bayern - spezifischer Jahresertrag 958 kWh/kW

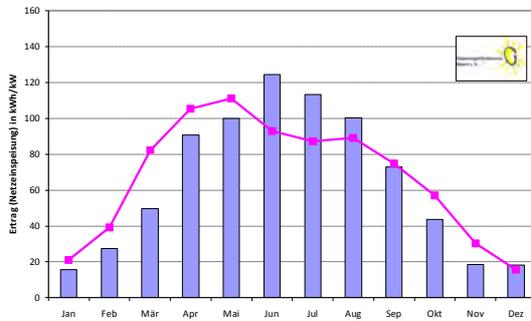


Bild 6: Schule in Brandenburg - spezifischer Jahresertrag 775 kWh/kW

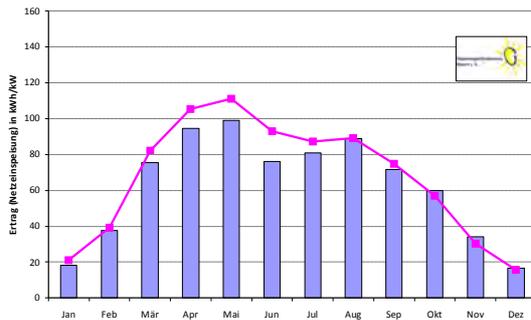


Bild 7: Schule in Schleswig-Holstein - spezifischer Jahresertrag 753 kWh/kW

### 3 Betreuung

Der SeV hat auch im Jahr 2011 Hilfe bei Störungen der Photovoltaikanlage angeboten. 145 Schulen haben dieses Angebot angenommen.

Die meisten Anfragen für Hilfestellung kamen von Schulen, bei deren Photovoltaikanlagen der Wechselrichter – 40 mal – ausgefallen war. Unter 3.1 wird der Weg aufgezeigt, den die Schulen gehen können, um die Reparatur oder den Ersatz des Wechselrichters durchzuführen.

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

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. Leider werden immer wieder Schulen geschlossen und damit fällt auch die Betreuung der Photovoltaikanlage weg. Im bayerischen Bereich von „Sonne in der Schule“ bietet der SeV nach Einzelfallprüfung an, dass die Anlage abgeholt wird, um den Modul-Pool zu erweitern. Im restlichen Programmgebiet kann dies leider nicht angeboten werden, der finanzielle Aufwand hierfür wäre zu groß.

#### 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 – 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“ (SPN1000-Wechselrichter) oder „SonneOnline“ (SMA-Wechselrichter) stammt.

##### 3.1.1 Schulen mit Wechselrichter 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 - Solarteur®  
80937 München  
Josef-Ressel-Str. 16a  
[www.spn1000.de](http://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, der in der Regel aufwändiger und teurer ist, gefunden werden.

##### 3.1.2 Schulen mit Wechselrichter 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](mailto:SonneSchule@sev-bayern.de)) und bittet um Prüfung, ob ein Zuschuss möglich ist. Nach positivem Bescheid kann der folgende Weg beschritten werden.
- Der Wechselrichterhersteller SMA stellt ein Austauschgerät zum Preis von rd. 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 2012 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 individuell helfen.

### 3.1.4 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/](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.

### 3.1.5 Unterrichtshilfen

Interessant für die LehrerInnen 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

339 Schulen haben bis zum 15. Februar 2012 die Messdaten der Photovoltaikanlage vom Jahr 2011 an den SeV übermittelt. Unter diesen Schulen wurden 3 x 100 € verlost. Folgende Schulen erhalten diesen Betrag:

- Anne-Frank-Schule Eschwege
- Grundschule Dinkelsbühl
- Volksschule Spiegelau

## 5 Ausbildung und Studium im Bereich der Erneuerbaren Energien

Da auch weiterhin viele Schüler den Berufsweg in den Bereich der regenerativen Energien einschlagen werden, nennt der SeV auch in dem diesjährigen Bericht einige Möglichkeiten.

### 5.1 Ausbildung zum Solarteur®

Ein Solarteur® oder Solar-Installateur ist ein ausgebildeter Handwerker (Elektro- bzw. Gas-Wasserinstallateur). Er hat sich nach Abschluss seiner Berufsausbildung in einem Kurs weitergebildet. Am Ende des Kurses stehen eine schriftliche Abschlussarbeit und eine mündliche Prüfung. Nach erfolgreichem Abschluss ist er qualifiziert, Beratung, Montage und Inbetriebnahme von Anlagen der regenerativen Energietechnik selbstständig durchzuführen. Solarteur® ist ein geschützter Titel. Informationen hierzu bietet die Website:

<http://www.solarteur.net/>

### 5.2 Studium

Lehrveranstaltungen aus vielen Gebieten der Erneuerbaren Energien werden heute von zahlreichen Universitäten und Hochschulen für angewandte Wissenschaften angeboten. Einige von ihnen bieten spezielle Studiengänge für Regenerative Energien an. Einen Überblick geben folgende Websites:

<http://www.studium-erneuerbare-energien.de/>

<http://www.iwr.de/studium/>

Absolventen und Absolventinnen der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge zu Regenerativen Energien können diese Studiengänge mit dem akademischen Grad des Bachelor und ggf. des Master abschließen.

- Im Bachelor-Studium wird dafür ein fundiertes Wissen in der Mathematik, den technischen und den naturwissenschaftlichen Grundlagen vermittelt. Die Studierenden erwerben anwendbare Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich der Regenerativen Energien. In der abschließenden Bachelorarbeit wird die Fähigkeit zu selbständigem Arbeiten unter Anleitung nachgewiesen.
- Die Master-Ausbildung kann direkt anschließend absolviert werden, aber auch erst nach einigen Jahren im Beruf. Sie zielt auf die Vermittlung von Kenntnissen und Fähigkeiten in wissenschaftlicher und methodischer Richtung. Es wird hier großer Wert auf die Vermittlung theoretischer Grundlagen und deren ingenieurtechnischen Anwendung gelegt. Die Studenten werden in Forschungs- und Entwicklungsprojekte eingebunden. Hier steht am Ende die Masterarbeit, in der die Fähigkeit zu wissenschaftlichem Arbeiten nachgewiesen wird.
- Besonders wissenschaftlich befähigten und ausgezeichneten Absolventen des Master-Studienganges bietet sich die Möglichkeit der Promotion.

## 6 Wettbewerb

In diesem Jahr wurden die Schulen, die an „Sonne in der Schule“ teilnehmen, gebeten, originelle oder einfach gute Fotos von ihrer Photovoltaikanlage einzusenden. Die Einsendung war mit möglichen Geldpreisen verbunden. 13 Schulen haben Bilder an den SeV geschickt.

Je 200 € für die besten Einreichungen gehen an:

- Grundschule Mantel
- Dannewerkschule Schleswig
- IGS Langenhagen

Je 100 € erhalten:

- Adalbert-Stifter-Schulen Wegscheid
- Grund- und Mittelschule Haimhausen
- Peter-Vischer-Schule Nürnberg
- Volksschule Wernberg-Köblitz
- Paula-Modersohn-Schule Bremerhaven
- Tümpelgarten-Schule Hanau

Je 50 € erhalten:

- Kurt-Tucholsky-Schule Flensburg
- Jacob-Struve-Schule Horst
- Berufsschule des Landkreises Hersfeld-Rotenburg Bebra
- Gymnasium Neutraubling

Alle ausgezeichneten Fotos der Schulanlagen aus dem Programm „Sonne in der Schule“ können auf der Internetseite des SeV – [www.sev-bayern.de](http://www.sev-bayern.de) – eingesehen werden.

## 7 Treffen in Würzburg

Als Zeichen der Wertschätzung für die Betreuung von „Sonne in der Schule“ hat der SeV 50 Lehrerinnen, Lehrer und Hausmeister zu einem Treffen am 11. November 2011 nach Würzburg eingeladen.

Von 11 bis 17 Uhr fand ein Workshop in den Räumen von E.ON Bayern statt. Es wurden Informationen vom SeV-Vorstand und den Firmen, die die Schulanlagen betreuen, weitergegeben. Besonderes Interesse fanden die drei Schulen, die ihre Aktivitäten im Bereich der Photovoltaik vorstellten und so die große Bandbreite des Engagements aufzeigten. Am Abend trafen sich alle Teilnehmer zu einer sehr kurzweiligen Nachtwächterführung durch Würzburg. Der krönende Abschluss des Tages war eine Weinprobe in den Gewölben des Hofkellers der Würzburger Residenz. Am Samstag fuhren alle Teilnehmer dieses Treffens gut gelaunt und frisch motiviert wieder Richtung Heimat.

Nähere Informationen über das Treffen und auch Bilder können unter [www.sev-bayern.de](http://www.sev-bayern.de) → Sonne in der Schule → Treffen Würzburg 2011 eingesehen werden.

## 8 Delamination

Bei einigen Anlagen von Sonne in der Schule wurde Delamination der Module entdeckt.

Photovoltaische Solarmodule bestehen aus zahlreichen zusammenschalteten Solarzellen. Sie sind mit einem Verkapselungsmaterial umschlossen, dem sogenannten EVA oder Ethylenvinylacetat. So werden die Zellen vor Witterungseinflüssen wie UV-Strahlung und Feuchtigkeit geschützt.

Bei der Produktion werden die Zellen in einem Laminator in Vakuum unter Einbringung von Wärme einlaminiert. Das EVA muss einen hohen Vernetzungsgrad aufweisen. Treten Fehler im Herstellungsprozess auf, so kann dies später zu einer Delaminierung führen. Man erkennt diese daran, dass die Schichten des EVA milchig werden und sich ablösen. Delamination tritt häufig in Verbindung mit einem Hot Spot auf. Bei einem Hot Spot wirkt eine Zelle als Verbraucher elektrischer Energie und wird sehr heiß. Ein Hot Spot kann auftreten, wenn eine Zelle beispielsweise verschattet wird und selbst keine elektrische Energie mehr erzeugen kann und daher als Verbraucher wirkt. Die aufgenommene elektrische Energie führt zu einer Erhöhung der Zelltemperatur.

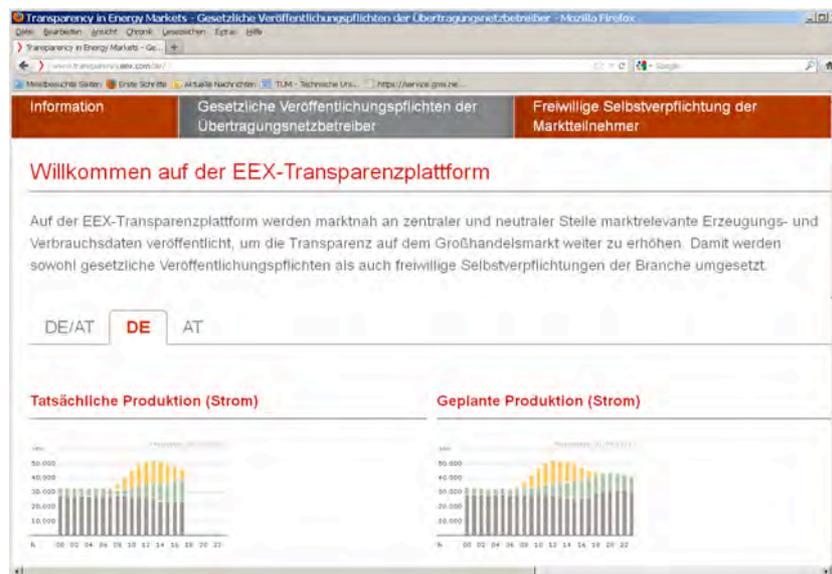
Delaminierte Solarmodule können zwar noch weiter betrieben werden, sie sollten aber nach Entdeckung des Effektes ausgetauscht werden. Durch die Delaminierung kann Feuchtigkeit an die Zellen gelangen und in Folge eine Zellkorrosion mit Leistungsverlust auftreten. Der Solarenergieförderverein Bayern verfügt über eine Anzahl von photovoltaischen Solarmodulen, die in vielen Fällen baugleich sind mit den an den Schulen installierten Modulen. Diese können den Schulen gerne kostenfrei zum Zweck des Austausches zur Verfügung gestellt

werden. Fragen Sie uns einfach, wir helfen gerne! In jedem Fall bitten wir zunächst ein Photo des delaminierten Moduls an die Emailadresse [sonneschule@sev-bayern.de](mailto:sonneschule@sev-bayern.de) zu senden, danach kann ein Austausch organisiert werden. Für Schulen, bei denen der entsprechende Modultyp beim Solarenergieförderverein nicht vorhanden ist, steht ein kleines Budget zur Verfügung, aus dem der Modultausch bedient werden kann.

## 9 Zukünftige Rolle der regenerativen Energien

An dieser Stelle erscheint es sinnvoll, den Aufbau der zukünftigen elektrischen Energieversorgung und die mögliche Rolle der regenerativen Energien (besonders Windenergie, Photovoltaik) darzustellen.

Die Website [www.transparency.eex.com](http://www.transparency.eex.com) gibt aktuelle Auskunft über die geplante und tatsächliche Produktion von Strom aus verschiedenen Quellen. Bild 8 zeigt die Transparenzplattform für den 02. April 2012, einem Tag mit Sonne, Wind und leichter Bewölkung. Die Balken zeigen für jede Stunde (von unten her) den Einsatz konventioneller Kraftwerke, den Einsatz von Windenergie und den von Solarenergie. Je nach Wetterlage kann sich die Situation auch umdrehen. Das linke Diagramm bezieht sich auf die tatsächliche Produktion, das rechte auf die geplante.



**Bild 8 : Einsatz konventioneller Kraftwerke (Balken unten), Wind (Mitte) und Photovoltaik (oben) am 02. April 2012**

Derzeit sind in Deutschland ca. 25.000 MW Leistung an Photovoltaik installiert. Über ihren Einsatz gibt die Website <http://www.sma.de/de/news-infos/pv-leistung-in-deutschland.html> einen hervorragenden Überblick. Energie aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht immer zur Verfügung, sie zeigt ein stark fluktuierendes Verhalten. Zudem verursacht sie im Netz Probleme, so werden etwa Betriebsmittel überlastet, die Spannungen werden zu hoch. Um trotzdem den Anteil der regenerativen Energien an der elektrischen Energieversorgung zukünftig weiter zu steigern (geplant: 50.000 MW Photovoltaik), sind zahlreiche Schritte erforderlich, einige davon sind beispielhaft zu nennen:

- Netzausbau im Mittel- und Niederspannungsnetz ist besonders für Photovoltaik, im Hoch- und Höchstspannungsnetz für die Windenergie erforderlich.
- Technische Maßnahmen (wie Bereitstellung von Blindleistung durch Wechselrichter) erhöhen die Aufnahmefähigkeit des Netzes.
- Es werden mehr Speicher nötig sein. Die Bandbreite reicht vom Speicher im Haus zur Aufnahme von überschüssigem Photovoltaikstrom bis hin zu Pump-

speicherkraftwerken und Druckluftspeichern, die überschüssige Energie aus Windparks speichern. Verschiedenste Technologien im Bereich der Batterien werden entwickelt.

- Smart Grids erlauben die Anpassung des Verbraucherverhaltens an das fluktuierende Angebot von regenerativen Energiequellen. Beispiele für damit durchgeführte Maßnahmen sind:
  - Der Strompreis wird sich im 15-Minuten-Takt ändern.
  - Waschmaschinen werden am Morgen eingeschaltet mit der Order, dass die Wäsche am Abend gewaschen sein muss – zu geringsten Kosten.
  - Eine Tiefkühltruhe kann schon mal für zwei Stunden abgeschaltet werden.
  - In normalen Büros lässt sich die Lüftung eine halbe Stunde ausschalten, ohne dass es stickig wird.
  - Letztlich wird es in Zukunft erforderlich sein, überschüssigen Solarstrom am Mittag zur Warmwasserbereitung zu nutzen.

## 10 Zusammenfassung und Sonstiges

Der mittlere spezifische Ertrag aller Anlagen ohne wesentliche Betriebsunterbrechungen lag im Jahr 2011 bei 806 kWh/kW und damit deutlich über dem Niveau des Vorjahres, dank der sehr guten Globalstrahlung, aber auch des großen Engagements der teilnehmenden Schulen. Eine zuverlässige Betreuung der Anlage ist wichtig, um weiterhin gute Erträge zu erwirtschaften. Der Solarenergieförderverein Bayern wird auch in den kommenden Jahren die Unterstützung dafür anbieten. Nehmen Sie sie in Anspruch!

Die von der Bundesregierung beschlossene Energiewende ist in vollem Gange und die Photovoltaik hat einen beachtlichen Anteil daran. Es gibt zahlreiche Arbeitsplätze in diesem Bereich. Auch im Export, so im Bereich der Wechselrichtertechnik und der Planung und Ausführung von Photovoltaikanlagen mit ihren Komponenten, ist Deutschland wegweisend. Die Kosten im Bereich der Photovoltaik sinken so schnell, wie in kaum einem anderen Bereich. Dieser Tatsache trägt auch die Novelle des gerade vom Bundestag verabschiedeten Erneuerbare-Energien-Gesetzes Rechnung, die Vergütungen für photovoltaisch erzeugten Strom sinken drastisch.

„Sonne in der Schule“ möchte auch in den kommenden Jahren dazu beitragen, die Akzeptanz für Erneuerbare Energien zu erhöhen. Das Wissen, dass die fossilen Brennstoffe – mit zudem stärkeren Umweltauswirkungen – bald verbraucht sein werden und diese oft auch aus politisch instabilen Gebieten kommen, sollte die Bereitschaft fördern, die umweltschonende Energiegewinnung im eigenen Land zu ermöglichen.