

2006

Betriebsbericht

SONNE

IN DER SCHULE

Inhalt

1.	Einleitung	2
1.1	„Sonne in der Schule“	2
1.2	Ziel dieses Berichtes	2
2.	Datenbasis	3
3.	Wettbewerbe und Geldpreise	3
4.	Klima und Globalstrahlung des Jahres 2006	4
4.1	Ertrag von Photovoltaikanlagen	4
4.2	Klimatische Situation	4
5.	Angebot an Solarenergie	4
6.	Erträge	7
6.1	Bearbeitung der Betriebsdaten	7
6.2	Statistische Verteilung der Erträge	7
6.3	Betriebsstörungen	9
6.4	Ermittlung der Ertragsdaten	10
6.5	Unterstützung bei Problemen und Betreuung	11
6.6	Erträge einzelner Schulen	13
7.	Degradationsmessungen	14
8.	Intensiv vermessene Anlagen	15
8.1	Standorte und Aufbau	15
8.2	Datenverfügbarkeit	15
8.3	Betriebsergebnisse	16
9.	Zusammenfassung und Sonstiges	17
10.	Anhang	18
10.1	Überschlägige Bestimmung des Ertrages	18
10.2	Rückmeldungen bis zum 15. Februar 2007	19
10.3	Wettbewerb „Wechselrichter“	19

1. Einleitung

1.1 „Sonne in der Schule“

Das Programm „Sonne in der Schule“ – betreut vom Solarenergieförderverein Bayern e. V. (SeV) - das nun schon im zweiten Jahrzehnt besteht, hat auch im Jahr 2006 einen großen Beitrag zur Didaktik der erneuerbaren Energien geleistet. Zusammen mit zahlreichen engagierten LehrerInnen, Schülern und Hausmeistern wurde der Betrieb der Photovoltaikanlagen und ihre Einbindung in den Unterricht durchgeführt.

Nahezu 1000 Schulen sind im Programm „Sonne in der Schule“ zusammen gefasst. Über 500 Anlagen befinden sich in Bayern, weit über 400 Anlagen an Schulen in Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Bremen. Bei diesen - als **„Standard vermessene Anlagen“** - bezeichneten Systemen werden nur die monatlichen Energieerträge erfasst, die in diesem Bericht veröffentlicht werden.

In Beelitz, Hannover, Kassel, Samtens, Oschersleben, Kulmbach und München befanden sich **„intensiv vermessene Anlagen“**. Da die hier verwendete Technologie der Informationsübertragung nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprach, wurde ihr Betrieb zum Ende des Jahres 2006 aufgegeben.

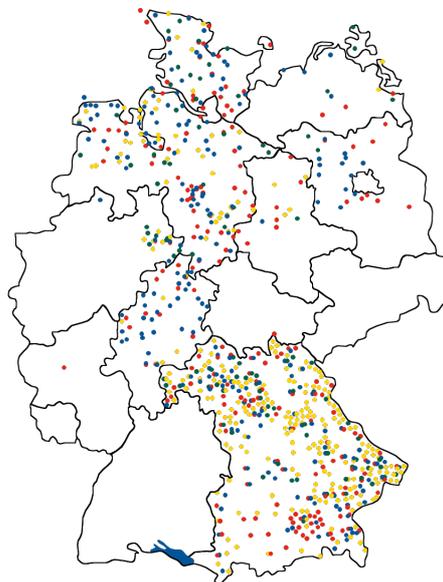


Bild 1: Geografische Lage aller Anlagen

Bild 1 zeigt die geografische Verteilung aller beteiligten Schulen. Neu hinzugekommen ist eine Schule in Cochem in Rheinland-Pfalz. Sie hat die Photovoltaikanlage einer Schule erhalten die geschlossen wurde,

Der SeV bezieht seine Mittel aus dem Verkauf der elektrischen Energie, die von der „1-MW-Solarstrom-Aufdachanlage Messe München“ erzeugt wird. Diese Erträge werden zur Unterstützung verschiedenster Projekte umweltfreundlicher Energien, schwerpunktmäßig der Photovoltaik, verwendet. Bevorzugt wird die technische und finanzielle Unterstützung von innovativen Solarprojekten bei Bildungs- und Forschungseinrichtungen. Hierzu gehört auch das Programm „Sonne in der Schule“, durch das während seiner bisherigen Laufzeit schon weit über 1 Million Schüler an diese moderne Technik der Stromgewinnung herangeführt werden konnten.

1.2 Ziel dieses Berichtes

In Abstimmung mit E.ON Bayern führt der gemeinnützige SeV auch für das Jahr 2006 wieder die Auswertung der Betriebsdaten des Programms „Sonne in der Schule“ durch. Der nachfolgende Bericht hat folgende Ziele:

- Information über die Auswertung der Betriebsdaten
- Vergleichsmöglichkeiten mit den Erträgen anderer Schulen
- Hinweise auf laufende Betreuung
- Darstellung der „intensiv vermessenen Anlagen“
- Weitere Informationen, wie etwa zu den Degradationsmessungen

2. 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. Wie in den vergangenen Jahren, war der Rücklauf der Betriebsdaten wieder sehr erfreulich. Die wesentlichen Zahlen darüber sind in **Tabelle 1** dargestellt. Sie enthält auch die Zahlen des Vorjahres und die geringen prozentualen Änderungen.

Tabelle 1: Statistik des Rücklaufes der Betriebsdaten im Jahr 2006

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2006	Auswertung für 2005	Änderung
Insgesamt am Programm teilgenommen	944	944	----
Basisdaten sind vorhanden von	923	923	----
Messdaten erhalten von	579	574	+0,9 %
Zahl der Anlagen ohne Fehler	437	464	-5,8 %

Anmerkungen

- Wiederum sehr positiv zu vermerken ist die große Anzahl von Schulen, die ihre Messdaten an den SeV übermittelten. Ihre Zahl liegt bei 579. Dies sind 62,7 % der Schulen, von denen Basisdaten vorhanden sind.
- Der Begriff „Zahl der Anlagen ohne Fehler“ ist zu erläutern. Der praktische Betrieb der Photovoltaikanlagen zeigt, dass ein gewisser Prozentsatz stets nicht verfügbar ist, etwa wegen Bauarbeiten oder längerfristiger Störungen. Nach einem Zeitraum von ca. 7 – 12 Jahren ab Inbetriebnahme verursachen Ausfälle der Wechselrichter Stillstände. Daher wurden für die statistische Auswertung alle Anlagen nicht berücksichtigt, bei denen erkennbar eine länger als drei Monate andauernde Betriebsunterbrechung vorlag.
- Es ist zu vermerken, dass etwa 400 Schulen ihre Betriebsdaten via Internet übermittelten, dies ist etwa die gleiche Anzahl wie im Vorjahr.

3. Wettbewerbe und Geldpreise

Im Jahr 2006 wurden zwei Wettbewerbe mit Geldpreisen durchgeführt

- Unter den Schulen, die bis zum 15. Februar 2007 ihre Betriebsergebnisse aus „Sonne in der Schule“ aus dem Jahr 2006 übermittelten – etwa 50 % der Rückmeldungen, wurden in diesem Jahr 3 x 100 € verlost. Die Gewinner sind im Anhang 10.2 ersichtlich.
- Für das vergangene Betriebsjahr 2006 rief der SeV zum vierten Mal alle am Programm „Sonne in der Schule“ teilnehmenden Schulen auf, an einem weiteren Wettbewerb teilzunehmen. Die Preisträger sind in Anhang 10.3 dargestellt.

4. Klima und Globalstrahlung des Jahres 2006

4.1 Ertrag von Photovoltaikanlagen

Der Ertrag von Photovoltaikanlagen, also die erzeugte elektrische Energie, ist ganz wesentlich von der eingestrahnten Solarenergie abhängig, die als Globalstrahlung bezeichnet wird. Aber die Modultemperatur, die auch von der Umgebungstemperatur bestimmt wird, und der Wind spielen eine Rolle. Während höhere Globalstrahlung den Ertrag steigen lässt, wird er durch höhere Temperaturen gemindert. Als Richtwert sind etwa 0,4 – 0,5 % weniger Ertrag pro Grad Temperaturzunahme zu nennen.

4.2 Klimatische Situation

Der Deutsche Wetterdienst DWD gibt Informationen zum Klima des Jahres 2006. Unter <http://www.dwd.de/de/Zusatzmenues/Presse/Mitteilungen/20061229.htm> erhält man u.a. folgende Informationen:

- Kalter Beginn, dann meist warm und sonnig mit neuen Rekorden.
- Das Jahr 2006 war in Deutschland sehr warm, relativ trocken und sehr sonnig.
- Der lange, kalte und vielerorts auch schneereiche Jahresbeginn wird in Erinnerung bleiben.
- Der Monat Juli war der heißeste und sonnigste Einzelmonat seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen im Jahre 1901.
- Der September war insgesamt wärmer als der viel zu kühl geratene August.
- Da nicht nur der September, sondern auch der Oktober und der November deutlich wärmer als üblich ausfielen, konnte der DWD schließlich noch den wärmsten Herbst seit über 100 Jahren verkünden.

Das vergangene Jahr 2006 war insgesamt eines der wärmsten Jahre seit 1901. Deutschlandweit lag die Temperatur im Jahr 2006 bei 9,5 Grad Celsius (°C) und damit 1,3 Grad über dem langjährigen Durchschnitt von 8,2 °C.

5. Angebot an Solarenergie

Die monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung sind für verschiedene Standorte im Gebiet von Sonne in der Schule in **Tabelle 2** dargestellt. Die Werte wurden beim DWD gekauft und dürfen in diesem Bericht publiziert werden.

Tabelle 2: Globalstrahlungen auf eine waagerechte Fläche im Gebiet „Sonne in der Schule“ 2006 – in kWh/m²

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Augsburg	35	45	79	113	157	189	210	124	113	75	36	26	1.202
Berlin	25	33	77	108	158	187	212	119	113	55	26	15	1.128
Braunschweig	24	29	71	103	152	175	200	112	109	53	25	15	1.068
Bremen	20	26	71	94	153	164	194	127	98	46	20	15	1.028
Fichtelberg	38	49	91	105	145	166	196	101	127	61	26	41	1.146
Frankfurt/Main	27	31	75	115	147	196	207	119	115	63	27	14	1.136
Giessen	26	30	75	113	150	193	203	113	114	61	27	15	1.120
Göttingen	27	30	74	108	149	186	200	115	115	58	26	17	1.105
Hamburg	18	26	63	88	144	163	195	113	98	43	18	13	982
Hannover	24	28	71	97	153	170	198	111	106	50	23	14	1.045
Heidelberg	30	37	76	114	148	196	212	121	113	67	30	18	1.162
Hof	31	36	74	103	151	175	197	97	124	59	27	27	1.101
Hohenpeissenberg	48	50	84	114	158	185	213	119	121	80	42	35	1.249
Kassel	28	31	76	105	149	180	195	119	115	53	26	19	1.096
Kiek	18	26	59	92	152	171	197	119	99	41	17	20	1.011
List auf Sylt	16	27	83	115	160	173	198	127	97	39	18	22	1.075
München	40	50	87	113	159	187	210	124	121	79	39	29	1.238
Nürnberg	31	37	71	107	161	181	196	105	120	66	30	20	1.125
Regensburg	33	44	84	113	157	186	204	113	121	74	32	21	1.182
Rostock	18	27	66	106	166	180	211	125	106	49	21	15	1.090
Schleswig	18	26	56	94	154	174	197	122	97	39	17	25	1.019
Stralsund	17	26	67	109	167	184	214	129	107	50	20	14	1.104
Weihenstephan	34	49	86	117	164	193	216	125	117	77	37	26	1.241
Würzburg	25	37	73	108	157	192	203	111	115	65	29	17	1.132

Nach Tabelle 2 erhielt eine waagrechte 1 m²-Fläche in Berlin die Solarenergie bzw. Globalstrahlung von 1128 kWh, in München 1238 kWh. Diese Globalstrahlung besteht aus der sogenannten Direktstrahlung und der Diffusstrahlung. Letztere sorgt dafür, dass Photovoltaikanlagen auch bei bedecktem Himmel lediglich auf Grund der Diffusstrahlung elektrische Energie erzeugen.

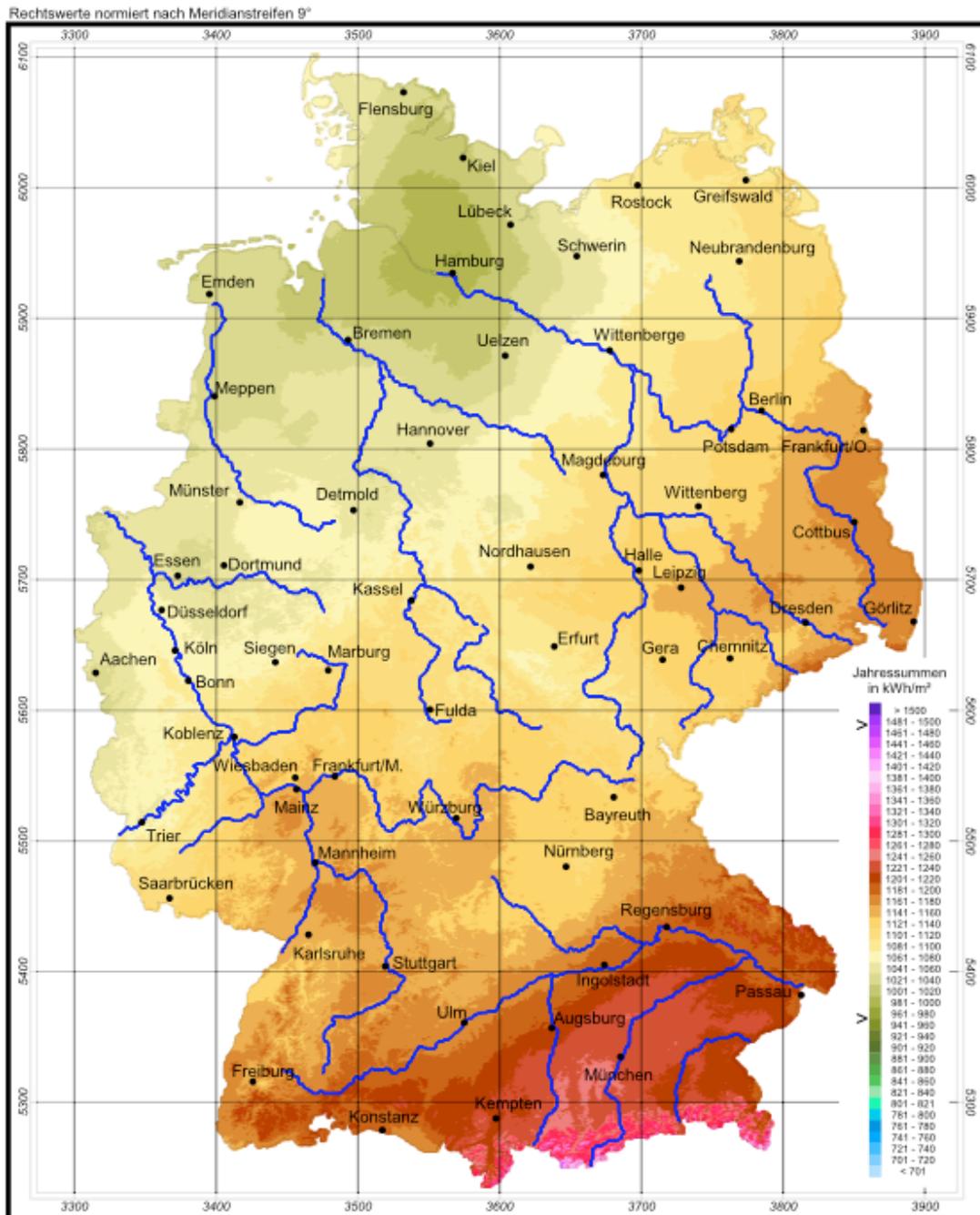
Wie man aus den Werten der Globalstrahlung grob überschlägig den möglichen Ertrag einer Photovoltaikanlage bestimmt, ist im Anhang dargestellt.

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.

Die Leistung von Photovoltaikanlagen wird in Kilowatt peak (kW_p) angegeben, das ist die Spitzenleistung, die das Modul bei einer Bestrahlungsstärke von 1.000 W/m² und einer Temperatur von 25 °C erreicht.

Vom Deutschen Wetterdienst DWD erworben wurde die in **Bild 2** auf der **nächsten Seite** dargestellte Karte mit den Globalstrahlungen in der Bundesrepublik Deutschland. Sie ist auch in der Fachzeitschrift „Photon“ vom April 2007 enthalten.

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Jahressumme 2006



Wissenschaftliche Bearbeitung:
DWD, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg
Tel.: 040/6690-1922; eMail: klima.hamburg@dwd.de
Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigungen
jeder Art sind nur mit Erlaubnis des Herausgebers zulässig.

Deutscher Wetterdienst 

Bild 1: Globalstrahlung in Deutschland 2006

6. Erträge

6.1 Bearbeitung der Betriebsdaten

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

6.2 Statistische Verteilung der Erträge

Der spezifische Ertrag der Anlagen im Gesamtgebiet vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag im Jahr 2006 bei durchschnittlich 783 kWh/kW_p. Im Jahr 2005 wurden durchschnittlich 781 kWh/kW_p erzielt. Wegen der höheren Globalstrahlung lag er im „Spitzenjahr“ 2003 bei 892 kWh/kW_p. 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 2006 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

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

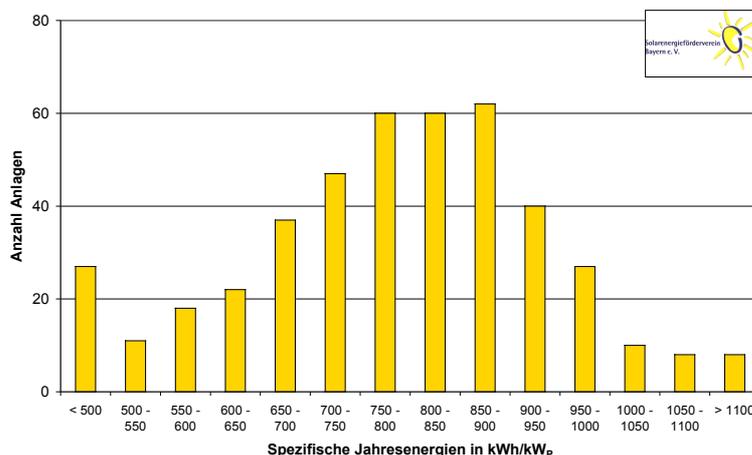


Bild 3: Verteilung des spezifischen Ertrages im Gesamtgebiet
- Basis 437 Anlagen
- Mittelwert 783 kWh/kW_p

Die meisten Anlagen erzielten Erträge im Bereich von 750 - 900 kWh/kW_p. Maximale Erträge reichen über 1100 kWh/kW_p. Gründe, dass Anlagen im Bereich 0 - 500 kWh/kW_p liegen sind nach der Erfahrung oft Verschattungen durch Bäume und Sträucher und Defekte der Wechselrichter. Anlagen mit hohen Erträgen über 900 kWh/kW_p 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.

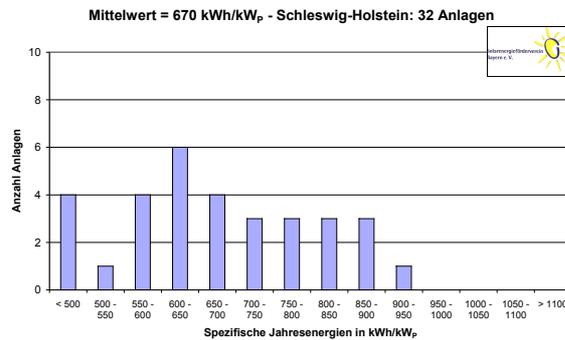
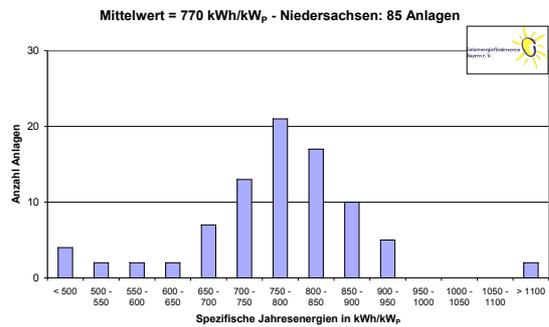
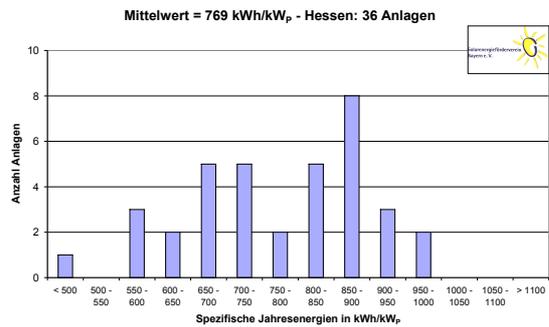
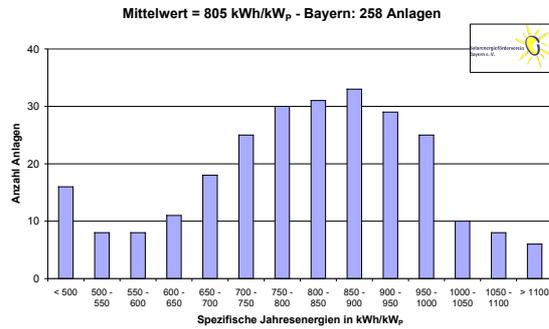


Bild 4: Erträge in den Bundesländern Bayern, Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Dargestellt sind die Anlagen mit nutzbaren Daten, die im Normalbetrieb verfügbar waren. Man beachte die verschieden skalierten Achsen!

Aussagen über die Verteilung der spezifischen Energieerträge in den einzelnen Bundesländern zeigen das auf der vorigen Seite stehende **Bild 4** sowie **Tabelle 3** weiter unten. Es ist zu bemerken, dass in Bild 3 nur die Verteilung der spezifischen Energieerträge in den Bundesländern dargestellt wurde, in denen eine genügend große Anzahl von nutzbaren Messdaten vorhanden war.

Beide Darstellungen geben eine Aussage über die mittleren Erträge in verschiedenen Regionen. Wie zu erwarten, sind die Erträge wegen der besseren Globalstrahlungsbedingungen im Süden höher. Bei der Bewertung der Tabelle ist zu beachten, dass mit wenigen Anlagen in manchen Bundesländern keine allgemeingültigen statistischen Aussagen zu treffen sind. Anders gesagt: Von einer kleinen Anzahl Anlagen kann nicht unbedingt auf das Verhalten aller Anlagen in diesem Gebiet geschlossen werden, etwa in Mecklenburg-Vorpommern mit 899 kWh/kW_p, aber mit nur drei Anlagen mit „nutzbaren Datensätzen“.

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

Bundesland	Anzahl Anlagen 2006	Mittelwert spezifischer Ertrag in kWh/kW _p 2006	Veränderung des Ertrages gegenüber 2005
Bayern	258	805	+2,9 %
Hessen	36	769	-1,0 %
Niedersachsen	85	770	-1,8 %
Schleswig-Holstein	32	670	-11,5 %
Nordrhein-Westfalen	8	802	-1,2 %
Brandenburg	9	700	-6,9 %
Sachsen-Anhalt	2	838	+3,2 %
Mecklenburg-Vorpommern	3	899	-5,2 %
Bremen	4	765	-2,7 %
Gesamtgebiet	443	778	-0,4 %

6.3 Betriebsstörungen

Auch im letzten Jahr mussten zahlreiche Schulen Betriebsstörungen oder Umbaumaßnahmen, die ein Abschalten der Anlage notwendig machten, melden. In **Tabelle 4** ist die Anzahl der nicht verfügbaren Anlagen – wegen Störungen und Umbauten – im Verlauf der Jahre prozentual und absolut angegeben.

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	Anzahl der Anlagen mit Störung 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 %

Aufgrund der langen Laufzeit des Programms „Sonne in der Schule“ steigen die Störungen naturgemäß mit steigender Betriebsdauer.

Die wichtigsten Gründe für Störungen sind, wie schon in den vergangenen Jahren meist:

- Wechselrichterstörungen
- Umbau des Schulgebäudes oder Sanierungsarbeiten.
- Modulbruch durch zu große Schneelasten
- Gelegentlich gab es Probleme mit der Software, wie etwa „Absturz des PC“

Der SeV ist dankbar für die Übermittlung der Störungsmeldung im Messprotokoll. Auf dieser Grundlage können die notwendigen Schritte zur Beseitigung der Probleme eingeleitet werden. Als Beispiel sind die Maßnahmen zum Austausch defekter Wechselrichter zu sehen, Details sind im Kapitel **Unterstützung bei Problemen und Betreuung** zu sehen.

6.4 Ermittlung der Ertragsdaten

Vorab ist auf die ausführliche Broschüre des SeV zu diesem Thema zu verweisen. Sie kann unter www.sev-bayern.de → **Sonne in der Schule** → **Service** herunter geladen werden.

Zwei Möglichkeiten – die von der jeweiligen Anlagentechnik abhängen - sind zu nennen, um die in das Netz eingespeiste elektrische Energie (Erträge) zu bestimmen.

- Der Wechselrichter speichert die Erträge
- Die in das Netz eingespeiste Energie ist durch Zählerablesungen zu ermitteln

Zu der ersten Möglichkeit sind folgende weiteren Informationen erforderlich:

- Bei den Schulen im Norden Deutschlands (ehemaliges Programm“ SONNEonline“) werden in der Regel Wechselrichter Sunny Boy 850 des Herstellers SMA verwendet. Hier steht eine grafische Bedienoberfläche unter Windows zum Auslesen der Daten bereit.
- Für die Schulen im Süden Deutschlands (früheres Programm „Sonne in der Schule“) wurden Wechselrichter vom Typ SPN 1000 von Siemens verwendet. Auch hier ist das Auslesen mit dem PC möglich. Ggf. ist Software erforderlich, für die der SeV gerne Bezugsquellen nennt.
- Einige defekte Wechselrichter SPN 1000 wurden mit finanzieller Unterstützung des SeV gegen den Fronius „SUNRISE mini-S“ ausgetauscht. Dieser Wechselrichter verfügt nicht über einen integrierten Datenlogger. Hier zeigt die oben genannte Broschüre Wege auf, die Betriebsdaten aufzuzeichnen. Besonders zu nennen ist der Weg mit „Messwerverfassung mit PC und Fronius-Datenlogger“. Der Datenlogger wird von Fronius allerdings nicht mehr gefertigt. Es gibt nur noch einen Restposten. Es kamen Rückmeldungen von Schulen, die von Problemen mit dem Auslesen von Betriebsdaten mit diesem Gerät berichteten. Der SeV wird sich daher bemühen, einige davon zu kaufen und den Schulen bei Anfrage zur Verfügung stellen.
- Man kann in der Nähe des Wechselrichters einen „Hutschienenzähler“ – etwa durch einen örtlichen Elektriker – installieren lassen. Dieser verfügt auch über die Möglichkeit, Daten auszulesen. Die Kosten für diesen sollten im Bereich 50 - 100 € liegen.

Unabhängig vom Wechselrichter können über den Zähler die Ertragsdaten bestimmt werden. Diesbezüglich ist auf die oben genannte ausführliche Broschüre des SeV zu verweisen.

6.5 Unterstützung bei Problemen und Betreuung

Wie in den vorhergehenden Jahren sind dem SeV gut funktionierende Photovoltaikanlagen der Schulen ein wesentliches Anliegen, deshalb soll auch in diesem Bericht auf die Unterstützungsmöglichkeiten hingewiesen werden.

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 Fälle zu unterscheiden.

Für die bayerischen Schulen, für die der bisher vom Solarenergieförderverein Bayern mitfinanzierte Austausch-Wechselrichter von Fronius nicht mehr verfügbar ist, wurde die Firma

Kühlwein Solar- und Elektrotechnik (<http://www.spn1000.de/>)
Josef-Ressel-Str. 16a
80937 München

vom SeV beauftragt, defekte Wechselrichter zu reparieren. Nachdem die Schulen dem SeV den Defekt des Wechselrichters gemeldet haben, wird Herr Kühlwein informiert. Dieser setzt sich dann telefonisch oder per Email mit dem betreuenden Lehrer 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 teilen sich vorerst der Solarenergieförderverein Bayern e. V. sowie E.ON Bayern, für die Schulen fallen nur die Versandkosten an. 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.

Erfahrungsgemäß kann die Reparatur einige Zeit in Anspruch nehmen, besonders wenn spezielle elektronische Bauelemente zu beschaffen und auszutauschen sind.

Die ehemaligen SONNEonline-Schulen sind mit dem Wechselrichter Sunny Boy SWR 850 ausgerüstet. Die Bereitstellung eines Austauschgerätes wird vom SeV finanziell unterstützt. Für diese Schulen 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 275 € zzgl. Versand bereit. Zur Abwicklung muss die Schule die folgenden Schritte durchführen:
 1. Bei SMA anrufen und Schaden mit Seriennummer des Gerätes melden (Hotline: 0561/9522-499).
 2. SMA sendet 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 wird die Hälfte der Kosten von 275 €, also 137,50 € überwiesen. **Diese Zusage einer Kostenbeteiligung gilt für Rechnungen, die bis zum 31. Dezember 2007 beim SeV eingegangen sind.**

Auch bei wirklich gravierenden Betriebsstörungen versuchen wir durch Ingenieurbüros Hilfeleistung zu leisten.

Bei den Finanzierungsüberlegungen möchten wir daran erinnern, dass die Schule oder ihr Aufwandsträger für den in das Netz des Netzbetreibers eingespeisten Strom eine Vergütung nach dem „Erneuerbare-Energien-Gesetz“ EEG erhalten kann. Nähere Informationen hierzu sind in einer Broschüre zusammengefasst, die über die Geschäftsstelle des SeV erhältlich ist. Eine Photovoltaikanlage mit einem mittleren Ertrag von 800 kWh im Jahr erzielt eine Vergütung von etwa 400 € im Jahr. Hierzu muss allerdings ein geeichter Zähler installiert werden, was mit Kosten verbunden ist.

Im Jahr 2006 wurden rund 110 Schulen auf verschiedene Arten betreut. Wie in den vergangenen Jahren waren die Anfragen meist technischer Art, wie z. B.

- Wechselrichter defekt
- Softwareprobleme
- Module beschädigt
- Kabel durchgebrannt
- Festplatte kaputt

Wie in den Jahren davor, hat der SeV – ggf. nach Einholung weiterer Information etwa von Herstellern – weiter geholfen. Ebenso war er bei folgenden Aufgaben behilflich:

- Einweisung von neuen Lehrern
- Information zur Er- und Übermittlung der Erträge
- Schule wurde geschlossen, Anlage durch den SeV abgebaut und interessierter Schule weiter gegeben

Auch zukünftig hilft der SeV gerne weiter. Wir bitten, das Problem in einer E-Mail an SonneSchule@sev-bayern.de darzustellen, dann wird versucht so schnell als möglich zu helfen.

Empfehlen möchte der SeV allen Schulen folgende Maßnahme:

- Kontrolle des Ertrages mindestens alle drei Monate, am Besten monatlich.

Vereinzelt kommt es vor, dass Schulen geschlossen werden oder keine Möglichkeit mehr besteht, die Photovoltaikanlage zu nutzen. Im vergangenen Jahr wurden deshalb zwei Anlagen durch den SeV abgebaut und an andere interessierte Schulen gegeben.

Getauscht bzw. repariert wurden seit 2004 mit Unterstützung des SeV 31 Wechselrichter.

6.6 Erträge einzelner Schulen

Beispielhaft zeigen Bild 5, 6 und 7 als Balkendiagramm den Verlauf der monatlichen spezifischen Energieerträge von drei Schulen in Erlangen/Bayern, Paderborn/Nordrhein-Westfalen und Samtens auf Rügen in Mecklenburg-Vorpommern. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

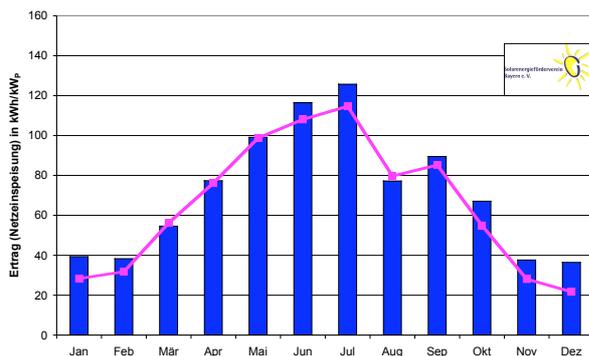


Bild 5: Schule in Erlangen/Bayern - spezifischer Jahresertrag 859 kWh/kW_p

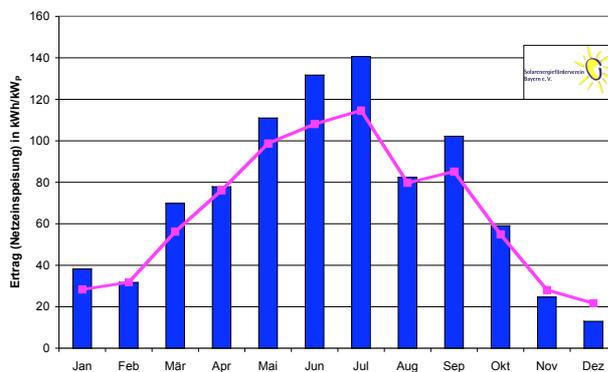


Bild 6: Schule in Paderborn/Nordrhein-Westfalen - spezifischer Jahresertrag 882 kWh/kW_p

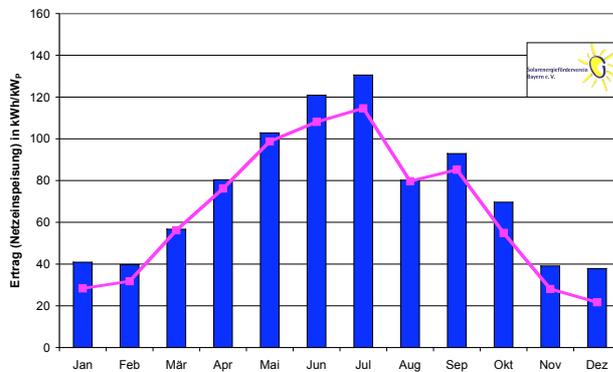


Bild 7: Schule in Samtens/Mecklenburg-Vorpommern - spezifischer Jahresertrag 891 kWh/kW_p

7. Degradationsmessungen

Unter Degradation versteht man die Verringerung der abgegebenen Leistung eines Moduls im Lauf seiner Lebensdauer. Degradation hängt von vielen Faktoren – wie Reinheit des verwendeten Siliziumkristalls, Alterung der verwendeten Materialien sowie Verschmutzung – ab und ist wissenschaftlich derzeit noch nicht vollständig geklärt.

Um Messwerte von länger im Betrieb befindlichen Anlagen zu erhalten, hat der SeV im Jahr 2005 von acht Photovoltaikanlagen aus dem Programm „Sonne in der Schule“ je drei Module abbauen lassen und vom renommierten Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme in Freiburg vermessen lassen, danach wurden sie wieder eingebaut. Im Jahr 2006 wurde die Prozedur nochmals durchgeführt. Insgesamt 18 Module von sechs Schulen wurden sowohl beim Fraunhofer Institut in Freiburg als auch beim TÜV Rheinland vermessen. Auch der TÜV ist auf diesem Gebiet sehr renommiert.

Tabelle 5 zeigt die wesentlichen Ergebnisse.

Tabelle 5: Ergebnisse der Degradationsmessungen

Nennleistung W	Produkt. Datum	Messung ISE 2005 / W	Messung ISE 2006 / W	Messung TÜV 2006 / W
110	Jun 98	102,4	101,0	
110		101,5	100,4	
110		101,7	100,3	
120	Mai 97	109,0	108,9	
120		110,1	110,0	
120		109,0	109,2	
53	Sep 94	52,1	52,1	51,6
53		52,8	52,5	52,5
53		52,0	52,0	51,5
55	Dez 95	52,1	51,9	51,6
55		51,8	51,6	51,2
55		51,3	51,1	50,9
110	ca. 1995	106,1	106,4	105,5
110		107,5		106,4
110		106,1	107,4	105,2
53	Okt 94			52,3
53				52,5
53				51,2

Zu erkennen ist, dass die Module geringere Leistungen als die Nennleistungen aufweisen. Die Abweichungen liegen im Bereich von wenigen Prozent. Die Messungen vom Fraunhofer ISE und vom TÜV zeigen den gleichen Trend, sind aber nicht exakt gleich.

8. Intensiv vermessene Anlagen

Die intensiv vermessenen Anlagen sind bis zu zehn Jahre in Betrieb gewesen. Die Technologie schreitet sehr schnell voran. Die Instandhaltung der Messeinrichtungen wird immer aufwändiger und teurer. Die Kosten für die Anpassung an den neuesten Stand der Technik wären überproportional hoch. Daher hat der Solarenergieförderverein Bayern, der die Anlagen auch betreut, beschlossen, die vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg vorgenommene Intensivvermessung zum 01. Januar 2007 zu beenden. Diese Maßnahme geschieht in Absprache mit dem Institut. Somit stehen die Messwerte nicht mehr im Internet zur Verfügung.

Nachstehend werden damit letztmalig die Ergebnisse des Jahres 2006 dargestellt.

8.1 Standorte und Aufbau

In **Tabelle 6** sind die Anlagen aufgeführt, die vom Fraunhofer ISE intensiv vermessen werden. Die Anlagen in Samtens, Hannover und in Beelitz haben als Hauptkomponenten 9 Module Kyocera KC 120-1 und einen Wechselrichter SMA SWR 850. Die Anlage in Kassel besteht aus 10 Module Kyocera KC 110-1 und einem Wechselrichter SMA SWR 850. In Kulmbach und München sind jeweils 20 Module Siemens M 55 mit einem Wechselrichter Siemens SPN 1000 gekoppelt.

Tabelle 6: Übersicht der intensiv vermessenen Anlagen

PLZ	Ort	Betreiber	Baujahr	PV Leistung
18573	Samtens	Realschule	1998	1,08 kW _p
30457	Hannover	E.ON Energie AG	1998	1,08 kW _p
39387	Oschersleben	BBZ des Bördekreises	1998	1,08 kW _p
34147	Kassel	Städtische Werke A	1998	1,10 kW _p
14547	Beelitz	Sally-Bein-Gymnasium	1998	1,08 kW _p
95326	Kulmbach	Berufsschule	1995	1,10 kW _p
81475	München	Fraunhofer Realschule	1995	1,10 kW _p

8.2 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit für die Jahre 1999 bis 2005 ist in **Tabelle 7** aufgeführt. In Samtens ist die Energiemessung seit dem 09.11.2004 wieder in Betrieb, die Einstrahlungsmessung jedoch seit 3.5.05 fehlerhaft. Die Anlage in Oschersleben läuft wieder seit April 2005.

Tabelle 7: Datenverfügbarkeit – in Prozent – der intensiv vermessenen Anlagen

Anlage	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Samtens	99,2	100,0	91,7	83,3	95,3	55,3	99,3	2)
Hannover	100,0	100,0	99,7	99,2	99,7	99,4	98,7	99,1
Kassel	99,9	100,0	79,6	98,9	99,9	99,4	98,8	100,0
Beelitz	98,9	100,0	100,0	87,3	65,4	100,0	96,3	100,0
Kulmbach	¹⁾	¹⁾	¹⁾	100,0	98,8	99,6	100	99,5
München	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	95,0	97,0	100	77,9

¹⁾ Datenerfassung seit 2002 in Betrieb ²⁾ Datenerfassung still gelegt

8.3 Betriebsergebnisse

Nachfolgend sind die Messergebnisse zusammengefasst und bewertet. Dabei haben wir auch das Langzeitverhalten der Anlage, die schon länger in Betrieb sind betrachtet. Die Jahresauswertungen der einzelnen intensiv vermessenen Anlagen werden den Betreibern in Samtens, Hannover, Kassel, Beelitz, Kulmbach und München per Post übermittelt.

Performance Ratio

Die Performance Ratio (PR) erlaubt eine vom Standort unabhängige Beurteilung von PV-Anlagen. Sie kennzeichnet die Ausnutzung der betreffenden Anlage im Vergleich zu einer verlustfrei unter nominellen Betriebsbedingungen arbeitenden Anlage.

Tabelle 8 zeigt die Jahreswerte für die intensiv vermessenen Anlagen seit Inbetriebnahme. Gute Werte der PR liegen über 70 %. Moderne Großanlagen erreichen sogar PR größer als 80 %.

Tabelle 8: Jahreswerte der PR in Prozent für intensiv vermessene Anlagen

Anlage	1998 ¹⁾	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Samtens	76,7	77,1	77,4	77,0	77,1	77,7	³⁾	³⁾	³⁾
Hannover	75,9	76,2	74,2	73,5	75,1	71,9	71,9	73,0	74,0
Kassel	71,9	72,3	72,5	73,0	72,1	71,9	71,5	70,0	5)
Beelitz		66,1	65,9	64,3	64,1	⁴⁾	63,6	62,6	79,3
Kulmbach					63,7 ²⁾	69,3	69,2	68,6	67,6
München						72,9	71,1	74,6	68,4

¹⁾ Zeitraum Juli bis Dezember 1998

²⁾ Bei Kulmbach Messzeitraum August bis Dezember 2002

³⁾ Datenbasis zu gering im Jahr 2004 und 2005 (Einstrahlungsmessung defekt)

⁴⁾ Datenbasis zu gering im Jahr 2003

⁵⁾ Keine Werte der Wechselstromseite verfügbar im Jahr 2006

Die Performance Ratio ist bei den Anlagen in den letzten fünf Jahren konstant, der Betrieb ist stabil. In Samtens ist wegen der fehlenden Einstrahlungsmessung keine Aussage zu tätigen. Die wichtigsten Jahreswerte aus der Intensivvermessung sind für das Jahr 2005 in der **Tabelle 9** zusammengefasst. Die Anlagen in Hannover und in Beelitz werden durch Bäume verschattet. Deshalb liegt die Jahressumme der Einstrahlung deutlich unter den anderen Werten.

Tabelle 9: Energien, Wirkungsgrade und PR 2006 (nur Anlagen mit durchgehendem Betrieb)

Anlage	E _{hor} kWh/m ²	E _{mod} kWh/m ²	η _{SG} %	η _{WR} %	η _{Sys} %	PR %	Ertrag kWh/kW _P
Hannover	831	982	10,3	92,7	9,6	73,0	785
Kassel	960	1230					
Beelitz	838	1007	8,7	88,0	7,7	59,3	644
Kulmbach	¹⁾	1228	9,9	87,7	8,7	67,6	830
München	¹⁾		10,0	88,0	8,8		

Abkürzungen:

E_{hor} = Einstrahlung horizontal

η_{SG} = Wirkungsgrad Solargenerator

E_{mod} = Einstrahlung in Modulebene

η_{WR} = Wirkungsgrad Wechselrichter

η_{Sys} = Systemwirkungsgrad

PR = Performance Ratio

¹⁾ keine Messung der horizontalen Einstrahlung

Bei den leeren Feldern waren die Messwerte wegen technischer Probleme nicht verfügbar.

9. Zusammenfassung und Sonstiges

Die Auswertung der Betriebsergebnisse der Photovoltaikanlagen „Sonne in der Schule“ hat auch in diesem Jahr wieder gezeigt, dass die Solarenergie einen Beitrag zur Verminderung der Schadstoffemissionen beitragen kann. Ein wichtiger Beitrag dazu ist das große Engagement der LehrerInnen, die trotz der großen Belastung, die der Schulbetrieb mit sich bringt, die Zeit dafür aufbringen, die Anlage zu betreuen.

Der erzielte mittlere spezifische Ertrag aller Anlagen ohne wesentliche Betriebsunterbrechungen lag im Jahr 2006 bei 783 kWh/kW_p und damit etwa auf dem Niveau der Vorjahre 2004 als auch 2005. Festzustellen ist aber, dass die meisten Anlagen auch nach 10 Jahren Betrieb gut funktionieren. Gute Betreuung und Unterstützung bei betrieblichen Problemen sollen auch zukünftig dafür sorgen, dass weiterhin gute Erträge erzielt werden.

Sollte die Photovoltaikanlage „Sonne in der Schule“ durch Umbaumaßnahmen, Schließung der Schule o. Ä. nicht mehr betreut bzw. aufgebaut werden, so bitten wir, darüber informiert zu werden. Der SeV wird dann die Anlage einer neuen interessierten Schule zur Verfügung stellen.

Die regenerativen Energien erleben derzeit – bedingt durch die Problematik des Klimawandels – einen großen Aufschwung. Mitarbeiter in diesem Bereich werden derzeit und sicher auch zukünftig gesucht. Deutschland hat eine führende Rolle auf diesem Gebiet. Die Nutzung der Photovoltaikanlage aus „Sonne in der Schule“ bietet eine von vielen Chancen, jungen Menschen diese Technologie nahe zu bringen.

10. Anhang

10.1 Überschlägige Bestimmung des Ertrages

Tabelle 2 gibt die Globalstrahlungen auf eine waagrechte Fläche an verschiedenen Orten im Gebiet „Sonne in der Schule“ für das Jahr 2006 an. Mit Hilfe einfacher Betrachtungen lässt sich hieraus grob näherungsweise der Ertrag einer Photovoltaikanlage bestimmen. Ein Rechenbeispiel soll dies erläutern. Zum Verständnis des Berichtes ist dieses nicht erforderlich.

In Erlangen – Großraum Nürnberg – wird eine Anlage von „Sonne in der Schule“ betrieben.

- Die gesamte Globalstrahlung des Jahres 2006 in Nürnberg betrug 1125 kWh/m². Wie vorne dargestellt, liegt die Globalstrahlung auf eine optimal geneigte Fläche von 30° höher, hier wird von einer Erhöhung von 12 % ausgegangen. Der Wert der Globalstrahlung ist also mit 1,12 zu multiplizieren, um die Globalstrahlung auf die geneigte Modulfläche zu erhalten. Damit hat diese den Wert 1260 kWh/m².
- Die Photovoltaikanlage ist aus 20 Modulen Siemens M55 der Nennleistung 55 W_p aufgebaut. Die Fläche eines Moduls beträgt 0,4254 m², die gesamte Fläche aller Module beträgt damit 8,51 m². Die Gesamtleistung liegt damit bei 1,1 kW_p. Die Module seien mit dem Neigungswinkel 30° nach Süden ausgerichtet. Verschattung ist nicht vorhanden, es erfolgt eine gute Lüftung. Wenn man eine gewisse Degradation der Module nach über 10 Jahren Betrieb einrechnet, ist hier mit einem mittleren Wirkungsgrad der Module von 9,5 % zu rechnen.
- Der Wechselrichter wird zur Umwandlung des von den Modulen erzeugten Gleichstromes in Wechselstrom – dem Standard im öffentlichen Netz – benötigt. Der mittlere Wirkungsgrad kann etwa 90 % erreichen.
- Damit ergibt sich die in das Netz eingespeiste jährliche Energie mit dem Formelzeichen W:

$$W = 1260 \text{ kWh/m}^2 \times 8,51 \text{ m}^2 \times 9,5 \% \times 90 \% = 917 \text{ kWh}$$

$$\text{Der spezifische Ertrag bestimmt sich zu } 917 \text{ kWh/1,1 kW}_p = \mathbf{834 \text{ kWh/kW}_p}$$

- Wie sieht die Realität aus? Eine Schule in Erlangen erzielte 859 kWh/kW_p, eine andere südlich von Nürnberg sogar 1000 kWh/kW_p.
- Gründe für Abweichungen sind begründet im Einfluss der Umgebungstemperatur, Verschattung, Neigungswinkel etc. Simulationssoftware wie PVSOL, SOLEM, PVSYST ermöglichen eine genauere Bestimmung des zu erwartenden Ertrages.

10.2 Rückmeldungen bis zum 15. Februar 2007

Unter den Schulen die bis zum 15. Februar 2007 ihre Betriebsergebnisse aus „Sonne in der Schule“ aus dem Jahr 2006 übermittelten, wurden 3 mal 100 € verlost. Die Gewinner sind:

Volkschule Haibach
Hauptschule Lohr am Main
Integrierte Gesamtschule Eckernförde

10.3 Wettbewerb „Wechselrichter“

Der Wechselrichter sollte in einer Unterrichtseinheit von ca. 15 Minuten vorgestellt werden. Dies konnte in Form einer PowerPoint-Präsentation, aber ebenso in einer bewegten Animation oder Videoform erfolgen.

Folgende Fragen waren gestellt:

- Funktion des Wechselrichters in der Photovoltaikanlage?
- Erkenntnisse aus dem langjährigen Betrieb.
- Lief der Wechselrichter immer störungsfrei?
- Welche Störungen traten auf?
- Musste ein Austausch durchgeführt werden?
- Wie ging der Austausch vonstatten?
- Wünsche an einen neuen Wechselrichter.

Für die Vergabe der Preise waren als wichtigste Kriterien maßgebend:

- Didaktische Aufbereitung
- Optische Darstellung

Es kamen sehr engagierte Beiträge. Die Auswahl der Gewinner fiel der Jury nicht leicht.

Die Gewinner sind:

1. Preis	Deutschhaus Gymnasium Würzburg (1000 €)
2. Preis	Gymnasium Neutraubling (500 €)
3. Preis	Gymnasium Königs-Wusterhausen (250 €)
Anerkennungspreis	Gymnasium Ritterhude (100 €)

Ausschnitte aus den Beiträgen sind unter www.sev-bayern.de → Sonne in der Schule → Sonne in der Schule aktuell einsehbar.
