

# Sonne in der Schule

## Betriebsbericht 2002

*Sonne in der Schule* des Bayernwerks  
+ *SONNEonline* der PreussenElektra



### Inhalt

1. Einleitung	2
2. Datenbasis	3
3. Angebot an Solarenergie	4
4. Energielieferung	5
4.1 Bearbeitung der Betriebsdaten	5
4.2 Statistische Verteilung	5
4.3 Betriebsstörungen	7
4.4 Erträge einzelner Schulen	7
5. Intensiv vermessene Anlagen	9
5.1 Anlagen	9
5.2 Datenverfügbarkeit	9
5.3 Betriebsergebnisse	10
6. Betreuung der Schulen	11
7. Zusammenfassung und Sonstiges	11
Anhang	12

### Erstellt durch:

Labor für Solartechnik und Energietechnische Anlagen  
Fachhochschule München – Munich University of Applied Sciences

### Im Auftrag des:

Solarenergieförderverein Bayern e. V.  
Elisabethstr. 34, 80796 München

## 1. Einleitung

Bis zum Jahr 2000 gab es in Deutschland – neben anderen – zwei bedeutende große Programme zur Förderung der Photovoltaik an Schulen. Dies waren *Sonne in der Schule* mit 544 Photovoltaikanlagen an Schulen in Bayern (Nennleistung Solargenerator 1,1 kW<sub>Peak</sub>) und *SONNEonline* mit 450 Anlagen (Nennleistung Solargenerator 1,08 kW<sub>Peak</sub>) an Schulen in Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Bremen. Bedingt durch die Fusion der betreuenden Unternehmen Bayernwerk und PreussenElektra zu E.ON-Energie wurden auch die beiden Förderprogramme zusammengefasst. Sie werden **gemeinsam** unter dem Namen **Sonne in der Schule** fortgeführt.

E.ON-Energie konnte den gemeinnützigen **Solarenergieförderverein Bayern e.V.** ([www.sev-bayern.de](http://www.sev-bayern.de)) dazu gewinnen:

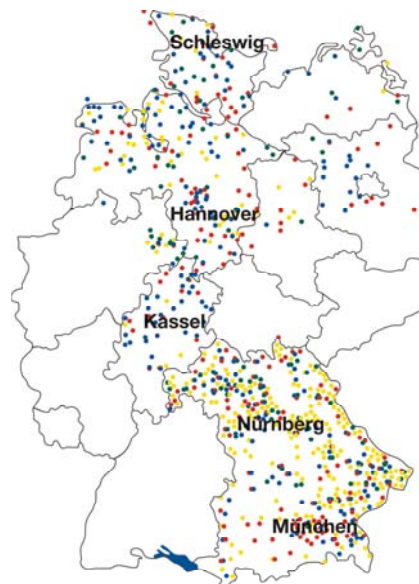
- die umfangreiche Auswertung der Betriebsdaten weiterhin zu übernehmen
- die Schulen über das Verhalten ihrer Anlage zu informieren
- die Betreuung der Schulen bei Fragen zu übernehmen

Zweck dieses Vereins ist die Förderung des Umweltschutzes, was realisiert wird durch die Unterstützung von verschiedenen Solarprojekten, schwerpunktmäßig der Photovoltaik, aber auch der anderen erneuerbaren Energien. Hierzu gehört zudem die technische und finanzielle Unterstützung von innovativen Solarprojekten bei Bildungs- und Forschungseinrichtungen. Der Verein bezieht seine Mittel aus dem Verkauf der elektrischen Energie, die von der „1-MW-Solarstrom-Aufdachanlage Neue Messe München“ erzeugt wird.

Nahezu 1000 Schulen in einem großen Teil Deutschlands sind jetzt im Programm *Sonne in der Schule* zusammengefasst. Bei diesen Anlagen werden die monatlichen Energieerträge erfasst. Sie werden als „**Standard vermessene Anlagen**“ bezeichnet. **Bild 1** zeigt die geografische Verteilung.

Zudem sind sieben „**Intensiv vermessene Anlagen**“ installiert. Sie befinden sich in Beelitz, Hannover, Kassel, Samtens, Oschersleben, Kulmbach und München. Bei ihnen werden zusätzlich Größen wie die Globalstrahlung gemessen. Ihre aktuellen, aber auch die archivierten Betriebsdaten, sind unter der oben genannten Adresse des Solarenergiefördervereins Bayern im Internet ersichtlich.

Der nachfolgende Bericht will das Betriebsverhalten der Photovoltaikanlagen im Jahr 2002 darstellen und verständlich machen.



**Bild 1:** Geografische Lage aller Anlagen

## 2. Datenbasis

Rechtzeitig vor den Weihnachtsferien 2002/2003 wurden alle Schulen angeschrieben und gebeten, die Energieerträge – möglichst monatlich - ihrer Photovoltaikanlagen via Internet oder per Fax an den Solarenergieförderverein Bayern zu senden. Die wesentlichen Werte des Rücklaufes dieser als Betriebsdaten bezeichneten Werte sind in **Tabelle 1** dargestellt. Sie enthält wegen der Vergleichbarkeit mit dem Vorjahr auch eine Aufteilung auf beide vorangegangenen Programme.

**Tabelle 1:** Statistik des Rücklaufes der Betriebsdaten im Jahr 2002

	Anzahl Schulen		Gesamt
	Sonne in der Schule – Bayernwerk	SONNEonline – Preussen-elektra	
Insgesamt am Programm teilgenommen	544	450	994
Basisdaten sind vorerst vorhanden von	522	403	925
Messdaten erhalten von	295	165	460
Zahl der Anlagen ohne Fehler	244	145	389

### Anmerkungen

- Ungefähr 300 Schulen schickten ihre Betriebsdaten via Internet. Die Summe der Rückmeldungen über Internet und Fax ist größer als die Summe der Zahl aller Messprotokolle, denn oft wurden beide Wege parallel genutzt.
- Vergleichsdaten: Für das Jahr 2001 waren bei *Sonne in der Schule – Bayernwerk* - Messdaten von 298 Schulen zurückgekommen. Bei *SONNEonline – PreussenElektra* - wurden die Betriebsdaten monatlich an das auswertende Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme in Freiburg geschickt. Im Jahr 2001 lieferten zwischen 280 (Januar) und 141 (Dezember) Schulen Monatswerte ihrer Anlagen.

Nicht alle Schulen verfügen über einwandfrei funktionierende Anlagen. Dies entspricht der Erfahrung. 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 - 10 Jahren ab Inbetriebnahme verursachen Ausfälle der Wechselrichter Stillstände.

Die Rücklaufquote von 460 Messprotokollen – per Internet und Fax - ist recht gut. Es bleibt jedoch das Ziel einer noch besseren Beteiligung aller Schulen. Um dies zu erreichen, hat der Solarenergieförderverein Bayern unter allen, die ihre Messdaten des letzten Jahres bis zum 15. März 2003 sandten, Geldpreise - erster Preis 500 Euro, zweiter 300 Euro und dritter Preis 200 Euro - verlost. Die Gewinner wurden bereits informiert:

1. Preis: Volksschule Bad Endorf 83097 Bad Endorf
2. Preis: Volksschule Goldbach 63773 Goldbach
3. Preis: Klaus-Harms-Schule –Gymnasium – 24376 Kappeln

Für das Jahr 2004 ist ein Wettbewerb zum Thema „Darstellung der Photovoltaikanlage im Internet“ geplant.

### 3. Angebot an Solarenergie

Wesentlicher Faktor für den Ertrag von Photovoltaikanlagen ist die von der Sonne ein-  
gestrahlte Solarenergie, die als Globalstrahlung bezeichnet wird. Bezüglich dieser Globalstrah-  
lung war 2002 ein durchschnittliches Jahr. In Deutschland zeigte sich eine typische Verteil-  
ung der Globalstrahlung mit hohem Angebot in den südlichen Gebieten und vergleichsweise  
geringeren Einstrahlungswerten im nördlichen Bereich. Der Grund hierfür ist für Meteorolo-  
gen „kontinentaler Hochdruckeinfluss in den sommerlichen Jahreszeiten mit geringerer  
Bewölkung im Süden und stärkerer Bewölkung im Norden auf Grund der dort eher vorherr-  
schenden feuchteren Witterung“.

Der Mittelwert der Globalstrahlung 2002 für Deutschland lag bei 1030 kWh/m<sup>2</sup> und damit  
knapp unter dem vieljährigen Durchschnittswert und ca. 1,6 % unter dem entsprechenden  
Wert des Vorjahres 2001. Niedrige Globalstrahlungswerte waren in folgenden Gebieten zu  
verzeichnen: Nordeifel, Sauerland, Harz, der Raum Hamburg/Lüneburger Heide und weiter  
bis zur Pommerschen Bucht. Auch in den Mittelgebirgsregionen Thüringer Wald, Erzgebirge,  
Schwarzwald, Pfälzer Wald und Odenwald/Spessart traten niedrigere Globalstrahlungswerte  
auf. Begünstigt von der solaren Einstrahlung waren der Raum Augsburg/München und die  
Gegenden um Ulm, Stuttgart und Konstanz.

Die monatlichen Mittelwerte sind für verschiedene Standorte im Gebiet von *Sonne in der  
Schule* in **Tabelle 2** dargestellt. Die Daten werden u.a. vom Deutschen Wetterdienst heraus-  
gegeben. Die hier verwendeten Werte stammen aus der Zeitschrift „Sonnenenergie“ der  
„Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.“

**Tabelle 2:** Monatliche und jährliche Globalstrahlung auf eine waagrechte Fläche in kWh/m<sup>2</sup> für ver-  
schiedene Orte im Jahr 2002

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Augsburg	34	47	100	127	152	190	162	145	98	55	17	11	1.138
Berlin	21	38	68	103	144	156	141	142	103	51	26	17	1.010
Frankfurt a.M.	23	40	91	124	137	169	132	141	107	51	24	16	1.055
Göttingen	20	37	80	115	130	160	129	132	95	48	19	13	978
Hamburg	14	34	71	97	127	138	120	139	97	48	18	13	916
Hannover	21	37	79	108	136	151	125	136	91	52	20	15	971
Hof	23	32	81	114	134	167	143	120	93	40	20	15	982
Kassel	20	36	79	113	127	156	128	132	92	48	20	14	965
Kiel	12	34	71	101	141	160	135	140	103	47	17	11	972
München	37	48	101	123	157	193	158	141	95	55	28	24	1.160
Nürnberg	28	40	92	126	144	185	145	135	102	50	26	16	1.089
Regensburg	30	40	96	124	153	189	155	133	98	52	25	18	1.113
Rostock	14	37	70	103	149	166	146	138	104	43	22	12	1.004
Schleswig	12	34	72	101	142	167	140	136	103	47	16	10	980
Stralsund	13	35	69	102	147	166	160	138	103	42	21	11	1.007
Weihenstephan	33	44	101	126	157	194	160	141	100	56	27	22	1.161
Würzburg	26	42	91	128	142	182	141	139	110	53	25	17	1.096

In Schleswig erhielt eine waagrechte 1-m<sup>2</sup>-Fläche die Energie von 980 kWh, in München  
1160 kWh. Ein der Sonne optimal zugeneigter Solargenerator, der in unseren Breiten mit  
einem Winkel der Module gegen die Waagrechte in der Größenordnung 20 – 40° nach  
Süden ausgerichtet ist, erhält etwa 10 – 15 % mehr.

## 4. Energielieferung

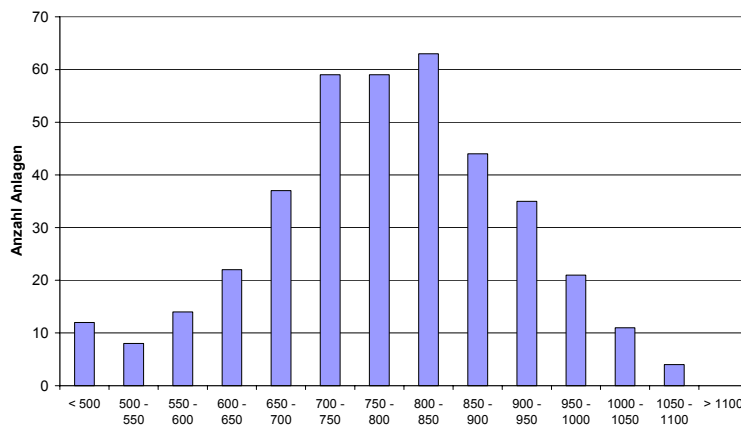
### 4.1 Bearbeitung der Betriebsdaten

Die erhaltenen abgelesenen Betriebsdaten wurden mit Hilfe entsprechender Software weiterverarbeitet und aufbereitet. Details sind im Anhang dargestellt.

### 4.2 Statistische Verteilung

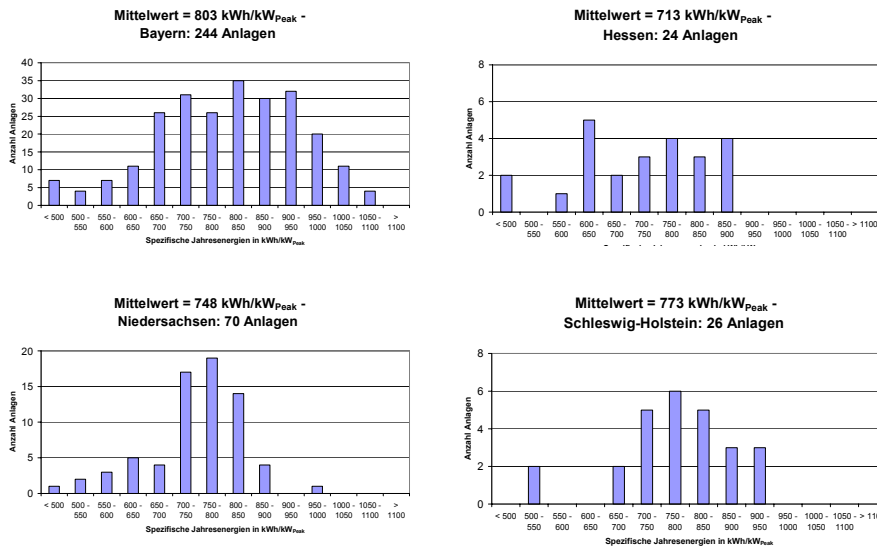
Der spezifische Ertrag der Anlagen im Gesamtgebiet vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag 2002 bei 780 kWh/kW<sub>Peak</sub>. Hierunter ist die in das lokale Niederspannungsnetz eingespeiste elektrische Energie zu verstehen. Diese Größe ist ein Mittelwert. Manche Anlagen sind durchaus besser, etwa wegen eines höheren Angebotes an Globalstrahlung, andere können aus bestimmten Gründen – beispielsweise teilweise Verschattung der Module - schlechter sein.

**Bild 2** zeigt für das Jahr 2002 die spezifischen Energieerträge aller Anlagen des Programms *Sonne in der Schule* - für die Messprotokolle vorlagen und für welche sich sinnvolle Werte ergaben - als Funktion der 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. **Es sei betont, dass die Energiewerte auf die Leistung 1 kW<sub>Peak</sub> bezogen sind. Die Erträge wurden durch die Nennleistung von beispielsweise 1,1 kW<sub>Peak</sub> dividiert.** Dadurch werden die Ergebnisse vergleichbar.



**Bild 2:** Verteilung des spezifischen Ertrages im Gesamtgebiet  
-Basis 389 Anlagen  
-Mittelwert 780 kWh/kW<sub>Peak</sub>

Es ergibt sich fast eine klassische Verteilung. Die meisten Anlagen liegen im Bereich 750 – 850 kWh/kW<sub>Peak</sub>. Maximale Erträge reichen bis zu 1100 kWh/kW<sub>Peak</sub>. Gründe, dass Anlagen im Bereich 0 – 500 kWh/kW<sub>Peak</sub> liegen, können etwa Verschattungen durch Bäume und Sträucher, Defekte der Wechselrichter oder – seltener - der Solarmodule oder nicht ausreichende Betreuung sein. Anlagen mit hohen Erträgen über 900 kWh/kW<sub>Peak</sub> sind oft intensiv betreut, ihr Standort weist gute Globalstrahlungswerte und gute Lüftung für die Solarmodule auf. Letzteres ist wichtig, denn photovoltaische Solargeneratoren zeigen mit steigender Temperatur schlechtere Erträge.



**Bild 3:** Erträge in den verschiedenen Bundesländern. 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 oben stehende **Bild 3** und **Tabelle 3**. Es ist zu bemerken, dass in Bild 3 nur die Verteilungen der spezifischen Energieerträge in den Bundesländern dargestellt wurden, 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 diese Erträge im Süden höher wegen der besseren Globalstrahlungsbedingungen. Bei der Bewertung der Tabelle ist zu beachten, dass mit wenigen Anlagen in manchen Bundesländern keine allgemeingültigen statistischen Aussagen zu treffen sind.

**Tabelle 3:** Anzahl der Anlagen und Mittelwert des spezifischen Energieertrages aufgeteilt nach Bundesländern

Bundesland	Anzahl Anlagen	Mittelwert spezifischer Ertrag in kWh/kW <sub>Peak</sub>
Bayern	244	803
Hessen	24	713
Niedersachsen	70	748
Schleswig-Holstein	26	773
Nordrhein-Westfalen	6	705
Brandenburg	8	690
Sachsen-Anhalt	2	805
Mecklenburg- Vorpommern	5	794
Bremen	4	678
<b>Gesamtgebiet</b>	<b>389</b>	<b>780</b>

Alle Zahlenwerte beziehen sich auf Anlagen mit nutzbaren Daten, die im Normalbetrieb verfügbar waren!

### 4.3 Betriebsstörungen

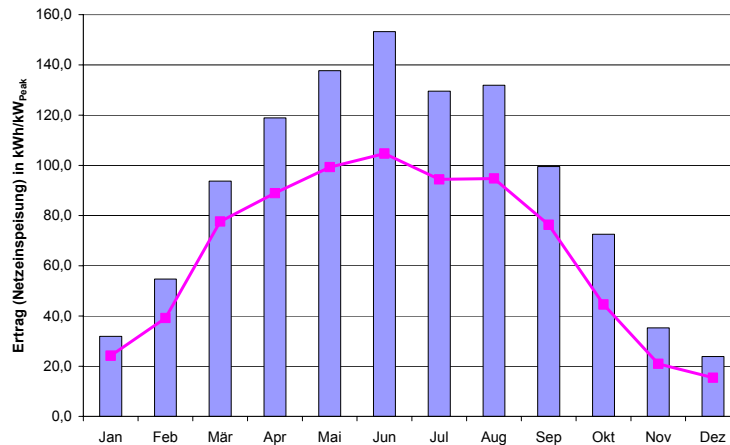
Bei dieser Auswertung hatten 460 Schulen Messdaten geliefert. In die Berechnung des Mittelwertes der Energielieferung gingen aber nur 389 Schulen ein. Der Betrieb der Photovoltaikanlage in 71 Schulen bzw. 15,4 % war gestört. Die wichtigsten Gründe hierfür waren Wechselrichterstörungen, aber auch der Umbau des Schulgebäudes oder Sanierungsarbeiten. Es kam auch vor, dass der Wechselrichter von Schülern zeitweise abgeschaltet wurde.

Nicht als Störung betrachtet wurde hingegen der Fall, dass die Module mit Schnee bedeckt waren. Dies ist ein normaler Betriebsfall, die Schneeschicht sollte – jedoch abhängig von der Umgebungstemperatur – durch die Sonnenstrahlung und die Neigung der Module relativ rasch wieder abfallen.

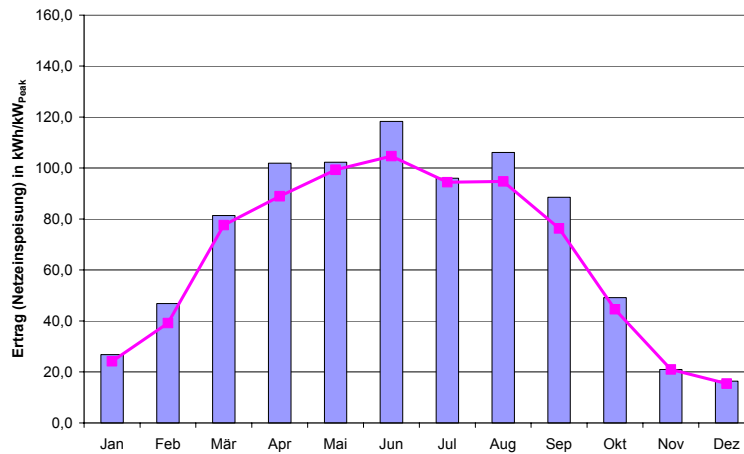
Eine Schule meldete: „Solarmodule gereinigt, dadurch Steigerung des Ertrages“. Im Normalbetrieb ist nach der Erfahrung eine Reinigung der Solarmodule nicht erforderlich. Der Regen reicht aus, um allen Schmutz von der Moduloberfläche wieder abzuwaschen. Bei bestimmten Umgebungssituationen kann es aber trotzdem vorkommen, dass eine Reinigung Mehrertrag bringt.

### 4.4 Erträge einzelner Schulen

Beispielhaft zeigen **Bild 4, 5 und 6** als **Balkendiagramm** den Verlauf der monatlichen spezifischen Energieerträge von drei Schulen im Voralpenland, in Mittelhessen und in Schleswig-Holstein. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

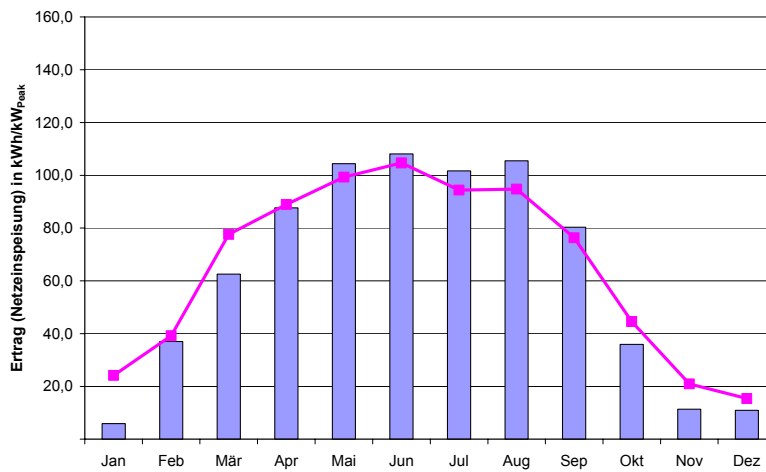


**Bild 4:** Schule im Voralpenland - spezifischer Jahresertrag 1.083 kWh/kW<sub>Peak</sub>



**Bild 5:**

Schule in Mittelhessen - spezifischer Jahresertrag 854 kWh/kW<sub>Peak</sub>



**Bild 6:**

Schule in Schleswig-Holstein - spezifischer Jahresertrag 751 kWh/kW<sub>Peak</sub>



## 5. Intensiv vermessene Anlagen

Die folgenden Ausführungen wurden vom Fraunhofer- Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg erstellt, welches das ursprüngliche Programm *SONNEonline* betreute. Die Intensivvermessung ausgewählter Anlagen wird weiterhin vom Fraunhofer ISE durchgeführt.

### 5.1 Anlagen

In **Tabelle 4** sind die Anlagen aufgeführt, die intensiv vermessen werden. Die Anlagen in Samtens, Hannover, Oschersleben 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 Modulen 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 SWN 1111 gekoppelt.

**Tabelle 4:** Übersicht der intensiv vermessenen Anlagen

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

### 5.2 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit für die Jahre 1999 bis 2002 ist in **Tabelle 5** aufgeführt. Im Jahr 2002 liegt die Verfügbarkeit für Samtens und Beelitz leider unter 90 %. In Samtens war der Datenlogger wegen Umbaumaßnahmen in der Schule nicht abrufbar, Ende November bis Ende Dezember war eine Reparatur des Datenloggers notwendig. Auch in Beelitz war der Datenlogger defekt und führte zu einem Datenverlust vom 08.10. bis 20.11. 2002. Hier ist anzumerken, dass eine regelmäßige Wartung der Messtechnik aus Kostengründen nicht mehr durchgeführt werden kann.

**Tabelle 5:** Datenverfügbarkeit der intensiv vermessenen Anlagen

Anlage	1999	2000	2001	2002
Samtens	99,2	100,0	91,7	83,3
Hannover	100,0	100,0	99,7	99,2
Oschersleben	99,7	100,0	99,7	97,7
Kassel	99,9	100,0	79,6	98,9
Beelitz	98,9	100,0	100,0	87,3
Kulmbach	1)	1)	1)	100,0
München	1)	1)	1)	1)

1) Datenerfassung seit 2002 in Betrieb

### 5.3 Betriebsergebnisse

Nachfolgend sind die Messergebnisse zusammengefasst und bewertet. Dabei ist auch das Langzeitverhalten der Anlagen, die schon länger in Betrieb sind, betrachtet.

Die wichtigste Größe zur Beurteilung des Betriebsverhaltens einer PV-Anlage ist die Performance Ratio (PR). Sie erlaubt eine vom Standort unabhängige Beurteilung und kennzeichnet die Ausnutzung der betreffenden Anlage im Vergleich zu einer verlustfrei unter nominellen Betriebsbedingungen arbeitenden Anlage. Gute Werte liegen im Bereich von 72 – 77 %.

**Tabelle 6** zeigt die Jahreswerte für die intensiv vermessenen Anlagen seit Inbetriebnahme.

**Tabelle 6:** Jahreswerte der PR für intensiv vermessene Anlagen

Anlage	1998 <sup>1)</sup>	1999	2000	2001	2002	Mittelwert
Samtens	76,7	77,1	77,4	77,0	77,1	77,1
Hannover	75,9	76,2	74,2	73,5	75,1	75,0
Oschersleben	76,8	76,8	76,9	76,2	77,5	76,9
Kassel	71,9	72,3	72,5	73,0	72,1	72,4
Beelitz	58,4	66,1	65,9	64,3	64,1	63,8
Kulmbach					63,7 <sup>2)</sup>	63,7

<sup>1)</sup>Zeitraum Juli bis Dezember 1998 <sup>2)</sup>Kulmbach Messzeitraum August bis Dezember 2002

Die Anlagen aus dem ursprünglichen *SONNEonline*-Vorhaben, mittlerweile über einen Zeitraum von fünf Jahre beobachtet werden, zeigen eine konstante Performance Ratio.

Bei den Anlagen in Samtens, Hannover, Oschersleben und in Kassel sind Werte im Bereich von 72 bis 77 % zu messen. Dies ist für Kleinanlagen mit einer Leistung von ca. 1 kW<sub>Peak</sub> ausgezeichnet. Hier wurden bisher keine Wechselrichterausfälle registriert und somit eine durchgehende Verfügbarkeit erreicht. Der niedrige Wert bei Beelitz beruht auf der starken Teilverschattung des Solargenerators. In Kulmbach sind die Ursachen für die niedrige Performance Ratio noch zu analysieren.

Die wesentlichen Jahreswerte aus der Intensivvermessung sind für das Jahr 2002 in **Tabelle 7** zusammengefasst. Bei Beelitz macht sich der Datenausfall bei der solaren Einstrahlung und beim Ertrag bemerkbar. Die Anlagen in Samtens und Oschersleben zeigen, dass Erträge größer 800 kWh/kW<sub>Peak</sub> auch im nördlichen Teil Deutschlands machbar sind. Der Standort der Anlage in Hannover wird in den Morgenstunden durch Bäume verschattet. Da die Jahressumme der Einstrahlung selbst auf die geneigte Fläche deutlich unter 1000 kWh/m<sup>2</sup> liegt, ist der Ertrag mit 694 kWh/kW<sub>Peak</sub> entsprechend niedrig.

**Tabelle 7:** Vergleich der I-MAP-Anlagen im Jahr 2002

Anlage	E <sub>hor</sub> kWh/m <sup>2</sup>	E <sub>mod</sub> kWh/m <sup>2</sup>	η <sub>SG</sub> %	η <sub>WR</sub> %	η <sub>Sys</sub> %	PR %	Ertrag kWh/kW <sub>Peak</sub>
Samtens	891	1.068	11,2	89,2	10,0	77,1	824
Hannover	746	925	10,5	92,1	9,7	75,1	694
Oschersleben	907	1.096	11,0	91,0	10,0	77,5	849
Kassel	858	1.079	9,6	89,0	8,5	72,1	779
Beelitz	730	858	9,4	87,9	8,3	64,1	594

**Abkürzungen:**

- E<sub>hor</sub> = Einstrahlung horizontal
- E<sub>mod</sub> = Einstrahlung in Modulebene
- η<sub>Sys</sub> = Systemwirkungsgrad
- η<sub>SG</sub> = Wirkungsgrad Solargenerator
- η<sub>WR</sub> = Wirkungsgrad Wechselrichter
- PR = Performance Ratio

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die intensiv vermessenen Anlagen weiterhin wichtige Erkenntnisse bezüglich des Langzeitverhaltens von netzgekoppelten PV-Anlagen liefern. Die Performance Ratio ist bei den Anlagen in den letzten fünf Jahren konstant. 2003 wurde mit den beiden Anlagen in München und Kulmbach die Datenbasis für die Auswertungen erweitert.

## 6. Betreuung der Schulen

Im Jahr 2002 wurden rund 80 Schulen - nur das Vorläuferprogramm *Sonne in der Schule* betreffend – auf verschiedene Arten betreut. Im Zeitraum Januar - Anfang April 2003 waren es für das Gesamtprogramm *Sonne in der Schule* ca. 100 Schulen, mit denen Kontakt aufzunehmen war. Die meisten Gründe dafür waren technische Fragen etwa bezüglich des Wechselrichters. Auch zukünftig hilft Ihnen der Solarenergieförderverein Bayern e.V. gerne weiter. Wir bitten Sie, das Problem in einer email an [sonneschule@sev-bayern.de](mailto:sonneschule@sev-bayern.de) darzustellen. Photovoltaikexperten werden Ihnen antworten bzw. Sie direkt kontaktieren.

## 7. Zusammenfassung und Sonstiges

Das Programm *Sonne in der Schule* umfasst jetzt nahezu 1000 Schulen mit Photovoltaikanlagen. 460 Schulen haben für das vergangene Jahr Messdaten zur Auswertung zur Verfügung gestellt bzw. Aussagen gemacht, warum ihre Photovoltaikanlage nicht zur Verfügung stand. Der erzielte mittlere spezifische Ertrag lag dabei 2002 bei 780 kWh/kW<sub>Peak</sub>. Wegen des unterschiedlichen Angebotes an Globalstrahlung sind erhebliche Unterschiede zwischen den Regionen zu vermerken.

Auch im Jahr 2002 wurden die Ergebnisse des Programms *Sonne in der Schule* wieder in der Öffentlichkeit dargestellt. Auf der internationalen wissenschaftlichen Photovoltaiktagung „PV in Europe“ im Oktober 2002 in Rom war der Solarenergieförderverein Bayern mit einem Beitrag *Sun at School - SONNEonline - Results of Two Photovoltaic School Promotions* vertreten. Die Resonanz war sehr gut. Dieser Beitrag kann von der Internetseite [www.sev-bayern.de](http://www.sev-bayern.de) herunter geladen werden.

Die Internationale Energieagentur IEA nutzt die Daten aus „Sonne in der Schule“ ebenfalls. Für Interessenten nachfolgend die Adresse der Seite:

[http://www.task2.org/database/index\\_examples.htm](http://www.task2.org/database/index_examples.htm).

## Anhang

Wie werden die Betriebsdaten der Anlagen verarbeitet, wenn nicht alle exakten Ablesungen vorhanden sind? Die nachstehenden Ausführungen enthalten Detailinformationen, die für das Verständnis der Auswertungen nicht unbedingt erforderlich sind. Es gab in der Vergangenheit jedoch oft diesbezügliche Anfragen. Die gelieferten Betriebsdaten über die Energieerträge umfassten in der Regel zwölf Ablesungen, die allerdings nicht immer am Ende des Monats stattgefunden haben. Wegen der Vergleichbarkeit wurden alle Werte linear umgerechnet, so dass sich fiktive monatliche Werte ergaben. Auf dieser Basis wurden die Jahressummen errechnet. Diese wurden dann, wie üblich, durch die Nennleistung der Anlage dividiert. Als Resultat ergab sich ein „spezifischer Wert“, beispielsweise 770 kWh/kW<sub>Peak</sub>. Hinweis: In der Photovoltaik ist es üblich, die Nennleistung einer Anlage in der Einheit kW<sub>Peak</sub> anzugeben.

Ein Beispiel soll das Vorgehen erläutern. Eine Schule hat die in **Tabelle 8** dargestellten abgelesenen Daten über Internet geschickt. In **Tabelle 9** sind die errechneten und im Diagramm dargestellten Monatserträge aufgeführt. Für die Monate März und August wird die Rechnung dargestellt.

**Tabelle 8:** Abgelesene Werte und errechnete Monatserträge

Ableседatum	Ertrag	Monat	Monatsertrag
01.02.02	24,9 kWh	Jan	24,9 kWh
01.03.02	50,5 kWh	Feb	50,5 kWh
31.03.02	70,0 kWh	Mrz	73,0 kWh
01.05.02	94,0 kWh	Apr	91,0 kWh
01.06.02	97,3 kWh	Mai	97,3 kWh
01.07.02	105,2 kWh	Jun	105,2 kWh
31.07.02	89,6 kWh	Jul	93,3 kWh
01.09.02	118,1 kWh	Aug	114,4 kWh
29.09.02	85,2 kWh	Sep	88,8 kWh
31.10.02	57,1 kWh	Okt	54,2 kWh
30.11.02	20,8 kWh	Nov	20,7 kWh
02.01.03	19,8 kWh	Dez	18,6 kWh
		<b>Summe</b>	<b>832 kWh</b>
		Nennleistung	1,08 kW <sub>Peak</sub>
		<b>Spez. Ertrag</b>	<b>770,3 kWh/kW<sub>Peak</sub></b>

Für die Umrechnung in Monatswerte wurde angenommen, dass die Ablesungen am angegebenen Tag stets morgens vor Einsetzen der Energieproduktion stattgefunden haben. Im März und im August entspricht der Ablesezeitraum nicht dem Monat. Hierzu wird die Berechnung detailliert aufgeführt:

- Im März waren die Ablesungen am 01.03. und am 31.03., es fehlt ein Tag. Seine Energie bestimmt sich aus der Gesamtenergie des nächsten Zeitraumes dividiert durch 31, die Anzahl der Tage. Als Gleichung ausgedrückt:

$$\text{Energie Monat März} = 70 \text{ kWh} + 94 \text{ kWh} / 31 = 73,0 \text{ kWh}$$

- Für den Monat August haben die Ablesungen am 31.07. und am 01.09. stattgefunden, der Zeitraum ist mit 32 Tagen zu groß. Für die Energie im September gilt:

$$\text{Energie Monat September} = 118,1 \text{ kWh} * (31 / 32) = 114,4 \text{ kWh}$$

Analog werden alle Monate behandelt, die Jahressumme aller Energien wird noch durch die Nennleistung der Anlage von 1,08 kW<sub>Peak</sub> geteilt, so dass sich ein spezifischer gerundeter Ertrag von 770 kWh/kW<sub>Peak</sub> errechnet. Angemerkt sei, dass in seltenen Fällen die Erträge für längere Zeiträume, etwa mehrere Monate, abgelesen wurden. In diesem Fall sind keine linearen Umrechnungen möglich, vielmehr ist bei der Umrechnung das Globalstrahlungsangebot zu berücksichtigen.