

Sonne in der Schule

Betriebsbericht 2004

„Sonne in der Schule“ des Bayernwerk
+ „SONNEonline“ der PreussenElektra



Inhalt

1.	Einleitung	3
1.1	Über 10 Jahre „Sonne in der Schule“	3
1.2	Ziel dieses Berichtes	3
2.	Datenbasis	4
3.	Wettbewerb „Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung der Photovoltaik“	4
4.	Angebot an Solarenergie	5
5.	Erträge	7
5.1	Bearbeitung der Betriebsdaten	7
5.2	Statistische Verteilung der Erträge	7
5.3	Betriebsstörungen	9
5.4	Unterstützung bei Problemen und Betreuung	10
5.5	Erträge einzelner Schulen	11
6.	Intensiv vermessene Anlagen	12
6.1	Anlagen	12
6.2	Datenverfügbarkeit	13
6.3	Betriebsergebnisse	13
7.	Zusammenfassung und Sonstiges	14

1. Einleitung

1.1 Über 10 Jahre „Sonne in der Schule“

Vor über 10 Jahren erhielten die ersten Schulen Photovoltaikanlagen (Volksschule in 96369 Weissenbrunn am 15. Januar 1994, die meisten Anlagen kamen 1995 und 1996) im Rahmen des Programms „Sonne in der Schule“. Etwas später folgte „SONNEonline“. Beide Programme werden jetzt gemeinsam unter dem Namen „Sonne in der Schule“ geführt. Es umfasst 544 Photovoltaikanlagen an Schulen in Bayern und 450 Anlagen an Schulen in Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Bremen.

Somit sind jetzt nahezu 1000 Schulen im Programm „Sonne in der Schule“ zusammen gefasst. Bei diesen - als „**Standard vermessene Anlagen**“ - bezeichneten Systemen sollen nur die monatlichen Energieerträge erfasst und in einem jährlichen Bericht veröffentlicht werden.

In Beelitz, Hannover, Kassel, Samtens, Oschersleben, Kulmbach und München befinden sich „**Intensiv vermessene Anlagen**“. Bei ihnen werden zusätzlich Größen wie die Globalstrahlung gemessen. Ihre aktuellen, aber auch die archivierten Betriebsdaten, sind unter www.sev-bayern.de im Internet verfügbar.

Bild 1 zeigt die geografische Verteilung aller beteiligten Schulen.

Zweck des das Programm „Sonne in der Schule“ betreuenden Solarenergiefördervereins Bayern - im folgenden als **SeV** bezeichnet - ist die Förderung des Umweltschutzes, was realisiert wird durch die Unterstützung unterschiedlicher Solarprojekte, schwerpunktmäßig der Photovoltaik, aber auch anderer erneuerbarer Energien. Hierzu gehört auch 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.

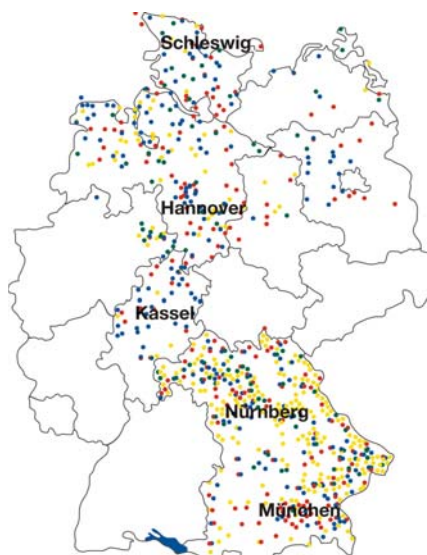


Bild 1: Geografische Lage aller Anlagen

1.2 Ziel dieses Berichtes

In Abstimmung mit E.ON-Energie führt der gemeinnützige SeV auch für das Jahr 2004 wiederum die Auswertung der Betriebsdaten des Programms „Sonne in der Schule“ durch. Der nachfolgende Bericht hat folgende Ziele:

- Er möchte über die Resultate der Auswertung der Betriebsdaten informieren. Hieraus können die Schulen Rückschlüsse über das Verhalten ihrer Anlage ziehen.
- Der Wettbewerb „Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung der Photovoltaik, ausgehend von der Photovoltaikanlage „Sonne in der Schule“ soll präsentiert werden.
- Es sollen Informationen über die laufende Betreuung dargestellt werden.
- Letztlich will er das Verhalten der „Intensiv vermessenen Anlagen“ aufzeigen.

2. Datenbasis

Vor den Weihnachtsferien 2004/2005 wurden alle Schulen aus dem Programm angeschrieben und gebeten, die monatlichen Energieerträge ihrer Photovoltaikanlagen via Internet oder per Fax an den SeV zu senden. Die wesentlichen Ergebnisse des Rücklaufes dieser als Betriebsdaten bezeichneten Werte sind in **Tabelle 1** dargestellt. Sie enthält auch die Zahlen des Vorjahres und die prozentualen Änderungen.

Tabelle 1: Statistik des Rücklaufes der Betriebsdaten im Jahr 2004

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2004	Auswertung für 2003	Änderung
Insgesamt am Programm teilgenommen	944	944	—
Basisdaten sind vorhanden von	923	924	—
Messdaten erhalten von	576	521	+10,6 %
Zahl der Anlagen ohne Fehler	468	453	+ 3,2 %

Anmerkungen

- Wirklich sehr positiv zu vermerken ist mit dem Wert von 576 die große Anzahl von Schulen, die ihre Messdaten an den SeV schickten.
- 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.
- Als ergänzende Information ist hinzuzufügen, dass etwa 390 Schulen ihre Betriebsdaten via Internet übermittelten, dies ist etwa die gleiche Anzahl wie im Vorjahr. Im Jahr 2002 waren es noch ca. 300. Die Summe der Rückmeldungen über Internet und Fax ist größer als die Summe der Zahl aller Messprotokolle, denn oft wurden beide Wege parallel genutzt.

3. Wettbewerb „Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung der Photovoltaik“

Der SeV hat unter allen Schulen, die ihre Messdaten des letzten Jahres bis zum 15. März 2004 sandten, einen Wettbewerb zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung der Photovoltaik“. Ausgehend von den Erträgen, die die schulinterne Photovoltaikanlage in dem Beobachtungszeitraum geliefert hatte, sollten die Möglichkeiten und die Grenzen der Photovoltaik dargestellt werden

Die Preisträger sind:

1. Preis - 1000 €: Friedrich-Wilhelm-Gymnasium in Königs-Wusterhausen
2. Preis - 500 € : Deutschhaus-Gymnasium in Würzburg
3. Preis - 300 €: Lessing-Gymnasium Wenden in Braunschweig

Die Präsentationen der Gewinner sind unter www.sev-bayern.de einsehbar.

4. Angebot an Solarenergie

Der Ertrag von Photovoltaikanlagen, also die erzeugte elektrische Energie, ist ganz wesentlich von der eingestrahelten Solarenergie abhängig, die als Globalstrahlung bezeichnet wird. Bezüglich dieser Globalstrahlung war 2004 ein normales Jahr.

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 März 2005 enthalten. Die nachstehenden Aussagen charakterisieren das Globalstrahlungsangebot 2004, sie sind ebenfalls nachzulesen in der „Photon“.

- Das Jahr 2004 war kein solches „Spitzenjahr“ wie 2003.
- Das Flächenmittel der Globalstrahlung 2004 für Deutschland lag bei 1057 kWh/m² nach 1170 kWh/m² in 2003. Trotzdem liegt der Wert noch leicht über dem vieljährigen Durchschnittswert von 1037 kWh/m².
- Der niedrigste Einstrahlungswert ergibt sich 2004 mit 911 kWh/m² im Bereich des Hochsauerlandes. Dagegen trat der Höchstwert mit 1202 kWh/m² nordnordöstlich von München auf.

Die monatlichen Mittelwerte auf eine waagrechte Fläche sind für verschiedene Standorte im Gebiet von „Sonne in der Schule“ in **Tabelle 2** dargestellt. Die Daten werden u. a. vom Deutschen Wetterdienst herausgegeben. Die hier verwendeten Werte stammen aus der Fachzeitschrift „Photon“.

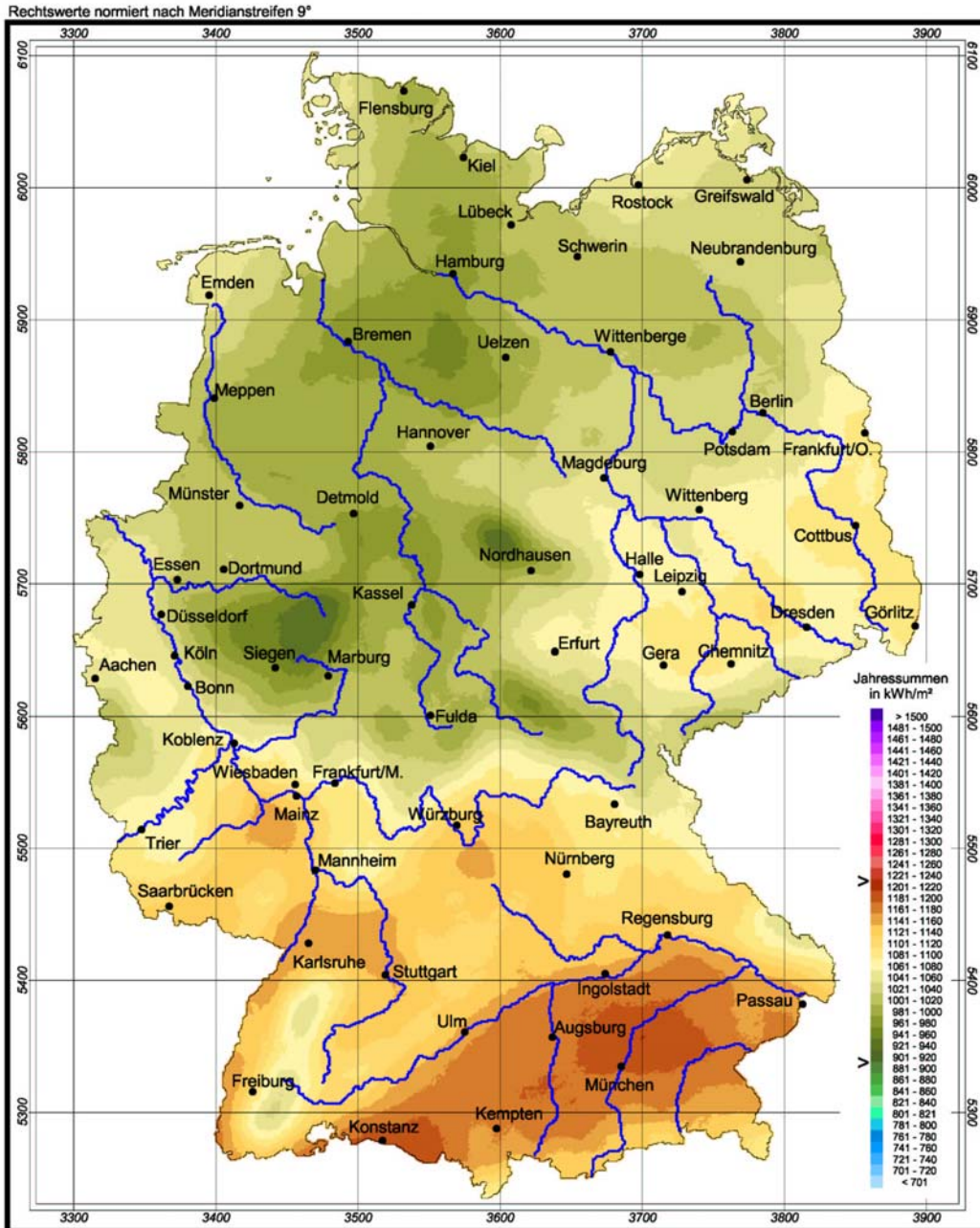
Tabelle 2: Globalstrahlungen an verschiedenen Orten in Deutschland 2004. Die angegebene Summe weicht leicht von der errechneten Summe aller angegebenen Monatswerte ab. Diese wurden der Fachzeitschrift während des laufenden Jahres entnommen, sie waren vorläufig und gerundet.

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
Augsburg	27	53	93	125	152	158	166	154	109	56	26	28	1169
Berlin	23	34	77	121	134	144	157	141	103	59	21	14	1026
Frankfurt	21	43	85	136	159	161	148	133	106	60	24	12	1070
Göttingen	16	39	81	125	142	145	145	130	100	54	20	14	993
Hamburg	14	36	74	121	143	135	141	139	99	53	23	12	974
Hannover	17	38	78	118	132	146	144	140	103	58	24	17	1004
Hof	21	36	78	121	123	151	155	134	100	59	20	9	1031
Kassel	17	36	79	122	130	145	144	135	97	58	19	10	992
Kiel	14	35	77	125	152	146	137	138	97	48	22	8	999
München	28	54	95	125	150	153	161	154	110	61	28	30	1185
Nürnberg	28	44	85	132	152	163	157	143	107	63	23	16	1126
Regensburg	29	47	88	135	147	164	167	152	110	60	26	8	1140
Rostock	17	32	80	128	158	146	153	143	100	52	23	11	1051
Stralsund	18	32	80	130	171	142	153	143	100	48	22	9	1047
Würzburg	25	45	84	137	156	166	160	142	108	65	23	18	1127

In Berlin erhielt eine waagrechte 1-m²-Fläche die Energie von 1026 kWh, in Würzburg von 1127 kWh/m².

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 als die waagrechte Ebene. Ist der Solargenerator der Sonne einachsigt nachgeführt, so lassen sich zusätzlich etwa 22 % mehr Globalstrahlung auf die geneigte Ebene erzielen, bei zweiachsiger Nachführung sind es sogar etwa 27%.

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Jahressumme 2004



Wissenschaftliche Bearbeitung:
DWD, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung, Pf 65 01 50, 22361 Hamburg
Tel.: 040/6690-2888; eMail: klima.hamburg@dwd.de
Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigungen
jeder Art sind nur mit Erlaubnis des Herausgebers zulässig.

Deutscher Wetterdienst



Bild 2: Globalstrahlung in Deutschland 2004

5. Erträge

5.1 Bearbeitung der Betriebsdaten

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

5.2 Statistische Verteilung der Erträge

Der spezifische Ertrag der Anlagen im Gesamtgebiet vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag im Jahr 2004 bei durchschnittlich **779 kWh/kW_{Peak}**. Wegen der höheren Globalstrahlung lag er im „Spitzenjahr“ 2003 bei 892 kWh/kW_{Peak}. 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 2004 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_{Peak} bezogen sind. Die Erträge wurden durch den Wert der Nennleistung von beispielsweise 1,1 kW_{Peak} dividiert. Dadurch werden die Ergebnisse vergleichbar.

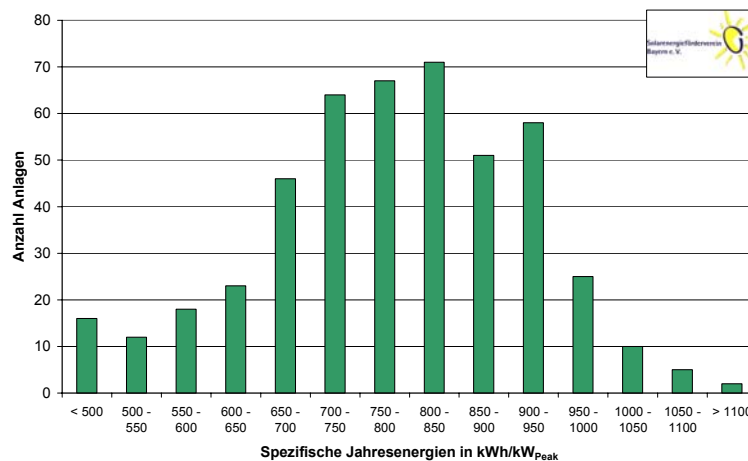


Bild 3: Verteilung des spezifischen Ertrages im Gesamtgebiet
-Basis 468 Anlagen
-Mittelwert 779 kWh/kW_{Peak}

Die meisten Anlagen liegen im Bereich 800 – 850 kWh/kW_{Peak} gegenüber im Vorjahr 900 – 950 kWh/kW_{Peak}. Maximale Erträge reichen über 1100 kWh/kW_{Peak}. Gründe, dass Anlagen im Bereich 0 – 500 kWh/kW_{Peak} liegen sind nach der Erfahrung oft Verschattungen durch Bäume und Sträucher und Defekte der Wechselrichter. Anlagen mit hohen Erträgen über 900 kWh/kW_{Peak} sind 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.

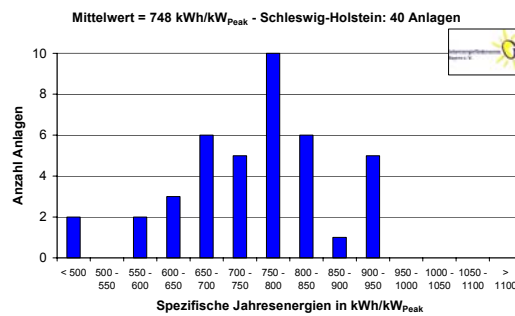
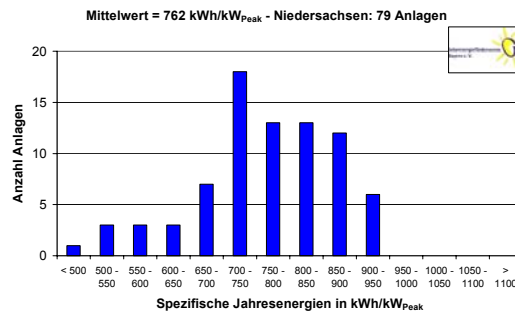
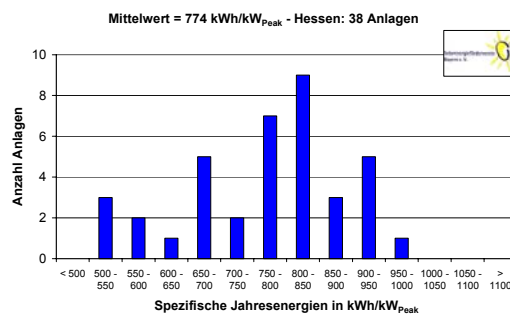
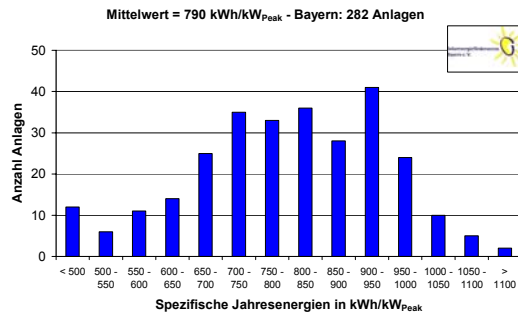


Bild 4: Erträge in den Bundesländern Bayern, Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Dargestellt sind die Anlagen mit nutzbaren Daten, die im Normalbetrieb verfügbar waren. Man beachte die verschieden skalierten Achsen!

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 Sachsen-Anhalt mit 838 kWh/kW_{Peak}, aber mit nur vier Anlagen.

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

Bundesland	Anzahl Anlagen 2004	Mittelwert spezifischer Ertrag in kWh/kW _{Peak} 2003	Veränderung des Ertrages gegenüber 2003
Bayern	282	790	-12,4 %
Hessen	38	774	-10,7 %
Niedersachsen	79	762	-13,8 %
Schleswig-Holstein	40	748	-11,3 %
Nordrhein-Westfalen	8	801	-15,9 %
Brandenburg	9	760	-12,4 %
Sachsen-Anhalt	4	838	-11,2 %
Mecklenburg-Vorpommern	3	689	-30,5 %
Bremen	5	758	-8,45 %
Gesamtgebiet	468	779	-12,7 %

5.3 Betriebsstörungen

Nicht alle Messwerte wurden zur Bestimmung der Erträge genutzt. Der Betrieb der Photovoltaikanlage war in manchen Fällen gestört. **Tabelle 4** gibt Auskunft über die Anzahl der Störungen.

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 %

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

Die wichtigsten Gründe für Störungen waren:

- Wechselrichterstörungen, auch Defekt durch Blitzschlag
- Umbau des Schulgebäudes oder Sanierungsarbeiten.
- In einem Fall wurden Module entwendet
- Gelegentlich gab es Probleme mit der Software
- Marderverbiss an den Gleichstromkabeln

5.4 Unterstützung bei Problemen und Betreuung

Dem SeV sind gut funktionierende Photovoltaikanlagen der Schulen ein wesentliches Anliegen. 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 Schulen in Bayern, die ursprünglich mit dem Wechselrichter Siemens SPN 1000 ausgerüstet waren, empfiehlt der SeV das Gerät „Fronius SUNRISE Mini-S“ zum Preis von ca. 935 € inkl. MWSt. Der Wechselrichter ist über die Firma IBC-Solar (www.abc-solar.de) zu beziehen. Der Austausch ist ohne Umverkabelung der Module möglich. E.ON-Bayern und der SeV unterstützen den Austausch finanziell gemeinsam. Für die Schulen in Bayern ergeben sich folgende Schritte:

- Wenn der Wechselrichter Siemens SPN1000 defekt ist, kann beim SeV das Informationsheft „Wechselrichter-Austausch“ angefordert werden.
- Zeichnet sich ab, dass ein Austausch erforderlich ist, meldet die Schule den Defekt dem SeV (SonneSchule@sev-bayern.de) und bittet um Prüfung ob ein Zuschuss möglich ist.
- Nach positivem Bescheid bestellt der Schulaufwandsträger den Austauschwechselrichter mit dem Hinweis „Sonne in der Schule“ bei der Firma IBC SOLAR AG. Die Lieferzeit beträgt ca. 5 Wochen. Die Schulen werden ersucht, die Montage in eigener Verantwortung durchführen zu lassen.
- Nach Abschluss der Aktion erhält der SeV eine Kopie der Rechnung mit der Angabe des Kontos. Der SeV überweist maximal 640 € bzw. zwei Drittel der Kosten des neuen Wechselrichters. Diese Kostenbeteiligung von E.ON-Bayern und SeV gilt für alle Rechnungen die bis zum 31.12.2005 eingegangen 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 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 € überwiesen. Diese Zusage einer Kostenbeteiligung gilt für Rechnungen, die bis zum 31. Dezember 2005 beim SeV eingegangen sind.

Bei wirklich gravierenden Betriebsstörungen leistet das vom SeV beauftragte Ingenieurbüro für Solartechnik Heri Bettinger Hilfestellung.

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 somit eine Vergütung von etwa 400 € im Jahr. Hierzu muss allerdings ein geeichter Zähler installiert werden, was mit Kosten verbunden ist.

Im Jahr 2004 wurden rund 90 Schulen auf verschiedene Arten betreut. Die meisten Anfragen waren technischer Art wie beispielsweise:

- Wechselrichter defekt
- Softwareprobleme
- Module beschädigt

In allen Fällen 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
- Unterstützung einer Schule beim Programm „Jugend forscht“

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 Maßnahmen:

- Kontrolle des Ertrages mindestens alle drei Monate, am Besten monatlich.
- Überprüfung der Verkabelung des PV-Generators einmal pro Jahr. Gerade teilweiser Ausfall von Modulen macht sich nicht immer direkt bemerkbar (z. B. Marderverbiss), da der Zähler sich noch dreht.

5.5 Erträge einzelner Schulen

Beispielhaft zeigen **Bild 5, 6 und 7** als Balkendiagramm den Verlauf der monatlichen spezifischen Energieerträge von drei Schulen in Nordbayern (Mainfranken), Hannover/Niedersachsen und Sachsen-Anhalt. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

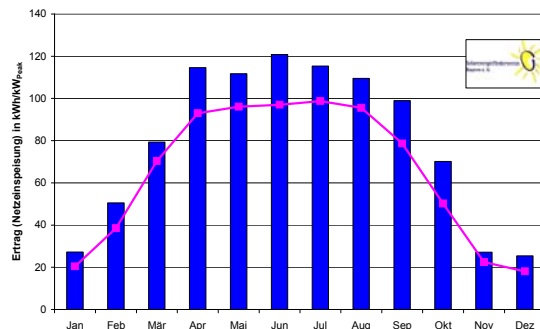


Bild 5: Schule in Nordbayern - spezifischer Jahresertrag 951 kWh/kW_{Peak}

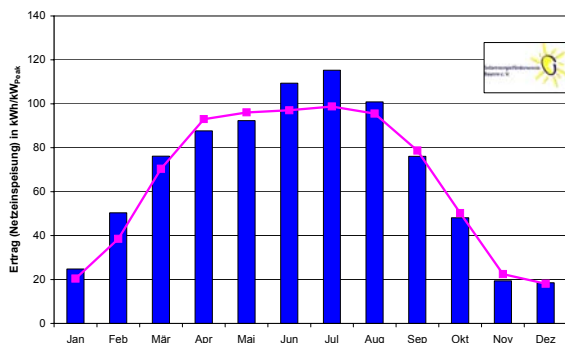


Bild 6: Schule in Hannover/Niedersachsen - spezifischer Jahresertrag 819 kWh/kW_{Peak}

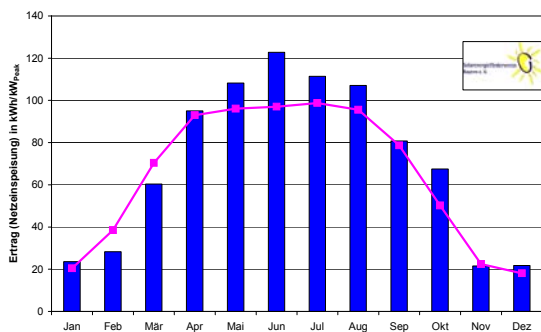


Bild 7: Schule in Sachsen-Anhalt - spezifischer Jahresertrag 848 kWh/kW_{Peak}

6. Intensiv vermessene Anlagen

Intensiv vermessene Anlagen zeichnen sich dadurch aus, dass ihr Betriebsverhalten im Internet (www.sev-bayern.de) ersichtlich ist.

Die folgenden Arbeitsergebnisse wurden vom Fraunhofer- Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg im Auftrag des SeV durchgeführt.

6.1 Anlagen

In **Tabelle 5** sind die Anlagen aufgeführt, die weiterhin vom Fraunhofer ISE 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 SPN 1000 gekoppelt.

Tabelle 5: Übersicht der intensiv vermessenen Anlagen

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

6.2 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit für die Jahre 1999 bis 2004 ist in **Tabelle 6** aufgeführt. Die Anlage in Oschersleben wurde aus der Vermessung herausgenommen. Grund war ein Wasserschaden im Jahr 2003. In Samtens war die Messtechnik von Januar bis August nicht in Betrieb. Die Ersatzbeschaffung für den Datenlogger gestaltete sich als schwierig. Seit September 2004 jedoch läuft die Messtechnik wieder problemlos.

Tabelle 6: Datenverfügbarkeit der intensiv vermessenen Anlagen

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

1) Datenerfassung seit 2002 in Betrieb

6.3 Betriebsergebnisse

Nachfolgend sind die Messergebnisse zusammengefasst und bewertet. Dabei ist auch das Langzeitverhalten der Anlagen 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 %. Die 1-MW-Photovoltaikanlage der Messe München - Riem, aus deren Betrieb der Solarenergieförderverein Bayern seine finanziellen Mittel bezieht, erreichte im Jahr 2003 einen Spitzenwert von 80,6 %.

Tabelle 7 zeigt die PR für die intensiv vermessenen Anlagen seit Inbetriebnahme.

Tabelle 7: Jahreswerte der PR in Prozent für intensiv vermessene Anlagen

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

¹⁾ Zeitraum Juli bis Dezember 1998

²⁾ Bei Kulmbach Messzeitraum August bis Dezember 2002

³⁾ Datenbasis zu gering im Jahr 2004

⁴⁾ Datenbasis zu gering im Jahr 2003

Die wesentlichen Jahreswerte – Einstrahlungen, Wirkungsgrade, PR und Ertrag - aus der Intensivvermessung sind für das Jahr 2004 in **Tabelle 8** zusammengefasst.

- Die Anlagen in Hannover und in Beelitz werden durch Bäume verschattet. Deshalb liegt die Jahressumme der Einstrahlung deutlich unter den anderen Werten.
- Bei der Anlage in München wurden die Solarmodule zur Detailvermessung am 15. November 2004 ausgebaut und nach der Vermessung am 27. Dezember 2004 wieder installiert. Der Ertrag liegt deshalb geringfügig unter dem der Anlage in Kulmbach.

