

Solarenergieförderverein  
Bayern e. V.



## Sonne in der Schule Betriebsbericht 2001



Photovoltaikanlage des Adalbert-  
Stifter-Gymnasiums in Passau

### **Erstellt durch:**

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

### **Im Auftrag des:**

Solarenergieförderverein Bayern e.V.  
Elisabethstraße 34  
80796 München

### **Inhalt:**

1. Einleitung
2. Datenbasis
3. Angebot an Solarenergie
4. Energielieferung
5. Betreuung der Schulen
6. Zusammenfassung und Sonstiges

## 1. Einleitung

Im Rahmen des Programms *Sonne in der Schule* wurden unter maßgeblicher Förderung des Bayernwerks - jetzt E.ON-Energie – insgesamt 544 Photovoltaikanlagen in bayerischen Schulen installiert.

Die Auswertung der Betriebsdaten wurde auch für das Jahr 2001 wiederum im Auftrag des von E.ON-Energie betreuten gemeinnützigen **Solarenergiefördervereins Bayern e.V.** ([www.sev-bayern.de](http://www.sev-bayern.de)) durchgeführt. 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.

Im vergangenen Jahr 2001 hat sich der Verein besonders um die Effizienzverbesserung der Anlagen bemüht. So haben alle Schulen, die einen Anlagendefekt vermerkt haben, mit der Software Probleme hatten oder bei denen sonstige Unregelmäßigkeiten aufgetreten sind, vom Verein in Zusammenarbeit mit E.ON-Energie Unterstützung bei der Behebung erhalten.

Weiterhin wurde für 2001 zum ersten Male die Möglichkeit angeboten, die Betriebsdaten der Schulen über das Internet zu übermitteln. Dieser Weg wird zukünftig sicher noch stärker genutzt werden. Zudem wurden im letzten Jahr die Basisdaten von Schulen aus den Versorgungsgebieten anderer Energieversorger – besonders der Lechwerke – zu den vorhandenen Stammdatensätzen hinzugenommen.

## 2. Datenbasis

Die wesentlichen Werte des Rücklaufes an Betriebsdaten sind in **Tabelle 1** dargestellt. Es zeigt sich, dass doch ein beachtlicher Anteil über das Internet kam.

**Tabelle 1:** Statistik zu den Betriebsdaten

	Anzahl Schulen
Insgesamt am Programm teilgenommen	544
Basisdaten sind vorerst vorhanden von	523
Für das Jahr 2001 Messdaten erhalten von	298
<i>davon über das Internet</i>	<i>141</i>
<i>davon per Fax</i>	<i>202</i>
Zahl der Anlagen ohne Fehler aufgrund beispielsweise von längerfristigen Störungen oder Bauarbeiten	274

**Anmerkung:** Die Summe der Rückmeldungen über Internet und Fax ist größer als die Summe der Zahl aller Messprotokolle. Zahlreiche Schulen haben beide Wege parallel genutzt.

Man erkennt, dass nicht alle Schulen über einwandfrei funktionierende Anlagen verfügen. Dies entspricht der Erfahrung, der praktische Betrieb der zahlreichen Photovoltaikanlagen zeigt, dass ein gewisser Prozentsatz stets nicht verfügbar ist, etwa wegen Bauarbeiten oder längerfristiger Störungen.

Die Rücklaufquote von 298 Messprotokollen – per Internet und Fax - ist gut. Sie hat gegenüber dem Vorjahr leicht zugenommen. Ziel ist jedoch eine noch bessere Rückkopplung.

### 3. Angebot an Solarenergie

#### 3.1 Werte der Globalstrahlung

Wesentlicher Faktor für den Ertrag von Photovoltaikanlagen ist die von der Sonne angebotene Globalstrahlung. Sie besteht aus zwei Anteilen, der direkten Sonnenstrahlung und der diffusen Strahlung. Ihre monatlichen Mittelwerte sind für verschiedene Standorte in Bayern in **Tabelle 2** dargestellt. Die Daten werden u.a. vom Deutschen Wetterdienst herausgegeben. In Würzburg erhielt eine 1-m<sup>2</sup>-Fläche die Energie von 1106 kWh, ein der Sonne zugeneigter Solargenerator etwa 10 – 15 % mehr.

**Tabelle 2:** Monatliche und jährliche Globalstrahlung auf eine waagrechte Fläche in kWh/m<sup>2</sup> für verschiedene Orte in Bayern im Jahr 2001

Ort	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr	$\Delta^{2001}$	$\Delta^{2000}$
Augsburg	37	54	69	115	175	169	181	162	73	70	34	24	1167	+2%	+4%
Hof	23	42	58	103	164	145	171	142	63	59	24	17	1018	+1%	+5%
München	39	57	71	115	171	169	182	160	69	74	33	25	1162	+1%	+3%
Nürnberg	29	46	64	105	178	156	174	147	70	63	27	21	1089	+3%	+2%
Regensburg	34	54	69	110	181	157	174	152	70	61	30	23	1118	+2%	+4%
Weihenstephan	37	59	74	118	182	170	178	159	70	71	33	23	1163	+2%	+4%
Würzburg	28	47	60	110	181	154	187	149	76	61	26	21	1106	+1%	+5%

**Hinweis:**  $\Delta^{2001}$  und  $\Delta^{2000}$  stellen die prozentuale Veränderung gegenüber dem langjährigen Mittelwert für die Jahre 2001 und 2000 dar. Die Globalstrahlung in Bayern hatte im Jahr 2001 gegenüber dem langjährigen Mittel eine positive Abweichung, ihr Jahreswert war trotzdem etwas geringer als im Vorjahr.

Die Witterung des Jahres 2001 soll nachstehend durch einige Wetterrückblicke aus der „Süddeutschen Zeitung“ charakterisiert werden:

- Der Pseudowintermonat Januar war zu warm und brachte nur an fünf Tagen Schnee. Nicht nur recht lau, sondern auch recht schön gab sich dieser Wintermonat mit 93 h Sonne, normal sind 69 h.
- „Der sonnigste Sommer seit 1952“. Der „miese“ Juni wurde überkompensiert durch den Juli und August.
- Das Wetter im September war „miserabel“.
- Es war „Der wärmste Oktober seit 220 Jahren!“ Reihenweise brach er Rekorde und bescherte sogar zwei Sommertage mit mehr als 25 Grad.
- Der November gab sich als einziger der 3 Herbstmonate ziemlich normal. Er brachte wenig Sonne (69 statt 77 h), aber doch fast so viel wie der „miserable“ September.
- Der Dezember war endlich wieder ein echter Wintermonat.

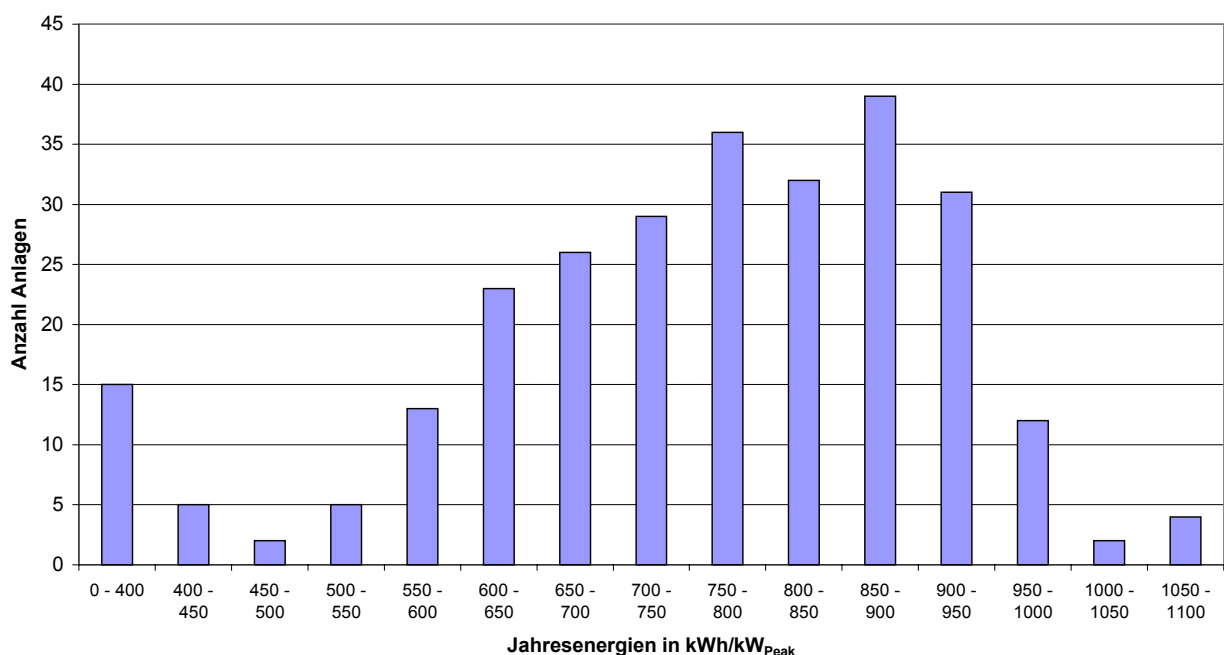
## 3.2 Simulation

Zu den Globalstrahlungswerten ist ganz allgemein zu vermerken, dass sie für den einzelnen Tag über einen längeren Zeitraum nicht vorhersagbar sind. Allerdings ist eine Vorhersage für größere Zeiträume wie Monate und Jahre recht gut und mit kleinem Fehler möglich. Zahlreiche Simulationsprogramme arbeiten mit künstlich erzeugten Daten für die Globalstrahlung. Der *Solarenergieförderverein Bayern* hat auf seiner Webseite [www.sev-bayern.de/edu.html](http://www.sev-bayern.de/edu.html) ein Solarportal eingerichtet. In diesem Solarportal ist es möglich, unter *Meteo* mit Hilfe des Wetterdatengenerators *Wetsyn* selbst Globalstrahlungsdaten für verschiedene Orte zu generieren. Man kann diese Daten sogar in einen Texteditor importieren und danach in einem Tabellenkalkulationsprogramm weiter verarbeiten. Hierfür ist dann allerdings der Internet Explorer 6 erforderlich.

## 4. Energielieferung

Der spezifische Ertrag der Anlagen, also die am Zähler abgelesene Energie dividiert durch die Nennleistung der Anlage, lag 2001 bei  $795 \text{ kWh/kW}_{\text{Peak}}$ . Hierunter ist die in das lokale Niederspannungsnetz eingespeiste elektrische Energie zu verstehen. Diese Größe ist ein Mittelwert. Manche Anlagen sind durchaus besser, andere können aus bestimmten Gründen schlechter sein.

**Bild 1** zeigt für das Jahr 2001 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. Es kamen Rückmeldungen von insgesamt 298 Schulen. Wenn ersichtlich war, dass die Anlage für einen längeren Zeitraum als zwei Monate nicht verfügbar war, etwa wegen eines Ausfalles des Wechselrichters oder Bauarbeiten, wurde sie nicht in die Ermittlung des Mittelwertes einbezogen. So bilden 274 Anlagen die Basis der Auswertung.



**Bild 1:** Spezifische Energieerträge der 274 Anlagen mit vollständigen Daten und ohne größeren Defekt – in Summe kamen Rückmeldungen von 298 Schulen – Mittelwert  $795 \text{ kWh/kW}_{\text{Peak}}$

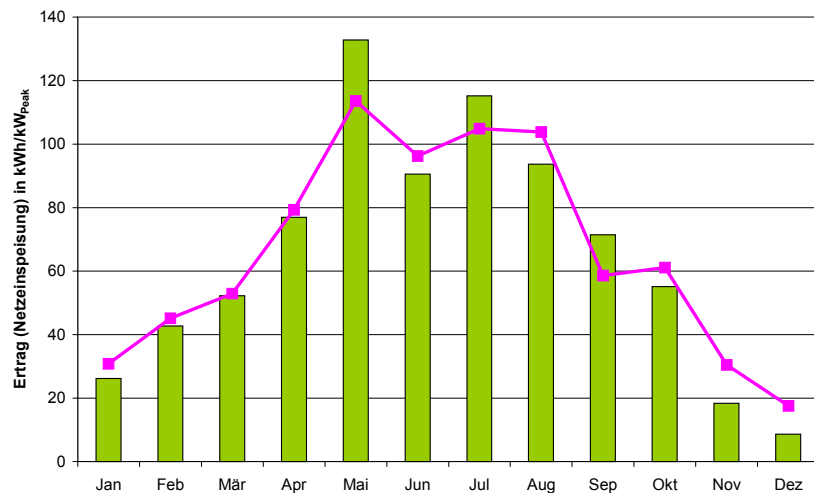
**Wichtig:** Wie oben erwähnt, sind die Energiewerte bezogen auf die Nennleistung von 1,10 kW bzw. 1,06 kW. Es ist ersichtlich, dass 32 Anlagen, d.h. 11,7 % einen Energieertrag von 800 – 850 kWh/kW<sub>Peak</sub> erreichten, 39 Anlagen - entsprechend 14,2 % - kamen in den Bereich 850 – 900 kWh/kW<sub>Peak</sub>.

Gründe, dass Anlagen im Bereich 0 – 400 kWh/kW<sub>Peak</sub> liegen, können etwa Verschattungen durch Bäume und Sträucher sein, Defekte der Wechselrichter oder – seltener - der Solarmodule oder nicht ausreichende Betreuung. Anlagen mit hohen Erträgen von über 900 kWh/kW<sub>Peak</sub> 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.

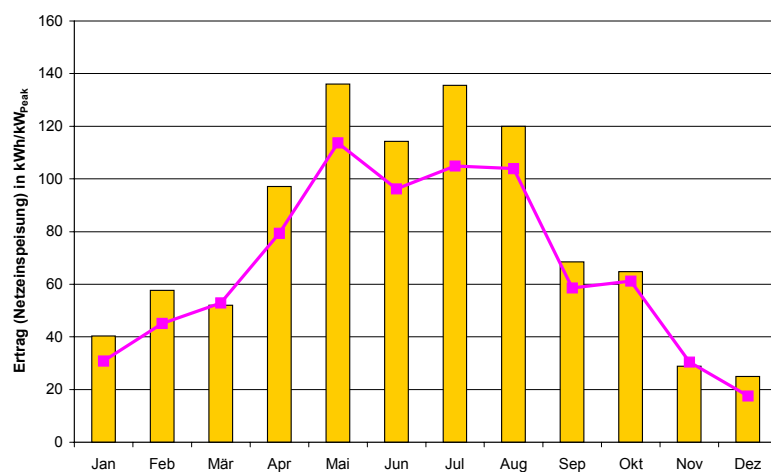
Spezifische Energieerträge anderer Programme zur Förderung und Untersuchung der Photovoltaik liegen zum jetzigen frühen Zeitpunkt noch nicht schriftlich vor. Aus mündlich erhaltenen Informationen kann jedoch gesagt werden, dass der in Bayern erreichte Wert wiederum als gut anzusehen ist.

Beispielhaft zeigen **Bild 2 und 3** den Verlauf monatlicher Energieerträge zweier Schulen in Oberfranken und in Unterfranken mit dem spezifischen „normalen“ Jahresertrag von 784 kWh/kW<sub>Peak</sub> bzw. einem „Spitzenwert“ von 940 kWh/kW<sub>Peak</sub>.

Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen dargestellt. Deutlich erkennt man den Einbruch im Juni auf Grund der schlechten Witterung. Dies wurde allerdings durch das erhöhte Angebot an Globalstrahlung im Juli und August kompensiert.



**Bild 2:** Spezifische monatliche Energieerträge 2001 einer Schule in Kulmbach/Oberfranken mit 784 kWh/kW<sub>Peak</sub>



**Bild 3:** Spezifische monatliche Energieerträge 2001 einer Schule in Würzburg/Unterfranken mit 940 kWh/kW<sub>Peak</sub>

## 5. Betreuung der Schulen

### 5.1 Aktion Effizienzsteigerung im Jahr 2001

Relativ häufig waren und sind Wechselrichterausfälle! Daher hatte der *Solarenergieförderverein Bayern e.V.* in Zusammenarbeit mit E.ON Energie eine zeitlich begrenzte Aktion gestartet, um defekte Wechselrichter bezüglich Hard- und Software zu reparieren bzw. modernisieren zu lassen. Die Anträge teilen sich wie folgt auf:

- 11 Anträge auf die Reparatur des Wechselrichters
- 5 auf Behebung von Softwareproblemen
- Bei 7 Anträgen waren keine weiteren Maßnahmen erforderlich, die Probleme waren selbst gelöst worden. Beispiele: In einem Fall war die betreuende Schülergruppe unzuverlässig, in einem anderen wurden die Reparaturen vom KKW Grafenrheinfeld bezahlt.

Bei den Schulen, die nicht geantwortet hatten, wurde telefonisch nachgefragt. Es zeigten sich vielfältige Gründe wie:

- Der Wechselrichter befindet sich schon seit Jahresbeginn bei der örtlichen Elektrofirma – hier hakte der *Solarenergieförderverein Bayern* nach.
- Die betroffene Schule hatte den Wechselrichter bereits auf eigene Kosten reparieren lassen.
- Aus nicht erklärbaren Gründen funktionierte die Anlage wieder.
- Die Schule hat vom Schulträgerverband die Zusage, im Jahr 2002 einen Zuschuss zu erhalten.
- Der zuständige Lehrer hat neue Software besorgt, aber noch nicht installiert.

Bei einigen Schulen, deren PV-Anlagen einen ungewöhnlich niedrigen Ertrag aufweisen, ohne dass Hinweise auf bestimmte Fehler angegeben wurden, wurde eine Fachfirma vor Ort geschickt.

Die Kosten für diese Aktionen beliefen sich auf ca. 15 000 DM.

### 5.2 Laufende Betreuung

Im Rahmen der Betreuung der Schulen wurde bis April 2002 mit 72 Schulen Kontakt aufgenommen. Gründe dafür waren:

- Es war eine Nachfrage wegen unrealistischer Werte erforderlich.
- Die angegebenen email - oder Web-Adressen waren falsch, deshalb war eine Rückfrage nötig.
- Es lagen Anfragen von Schulen wegen Problemen mit dem Wechselrichter oder der Software über die email-Adresse: [SonneSchule@sev-bayern.de](mailto:SonneSchule@sev-bayern.de) vor.
- Eine Schule bat um Förderung.
- 38 Schulen wurden angeschrieben, um sie für die Teilnahme an der Messe *Solar Energy 2002* in Berlin zu gewinnen. Dort haben Schüler und Lehrer, die besonders aktiv auf dem Gebiet der Solartechnik sind, Gelegenheit ihre Arbeiten zu präsentieren. Unterkunft und Reise werden dabei bezahlt.

## 6. Zusammenfassung und Sonstiges

Fast 300 Schulen haben für das vergangene Jahr Messdaten zur Auswertung zur Verfügung gestellt bzw. Aussagen gemacht, warum ihre Photovoltaikanlage nicht zur Verfügung stand. Der mittlere spezifische Ertrag lag 2001 bei 795 kWh/kW<sub>Peak</sub>. Dies entspricht etwa dem Vorjahreswert, ist aber wegen der geringfügig schlechteren Globalstrahlungsverhältnisse etwas kleiner.

Auch im Jahr 2001 wurden die Ergebnisse des Programmes *Sonne in der Schule* wieder in der Öffentlichkeit dargestellt. Auf der internationalen wissenschaftlich Photovoltaiktagung EPVSEC im Oktober 2001 in München war der *Solarenergieförderverein Bayern* mit einem Beitrag *Sun at School – Operation Results Of A Wide Range Photovoltaic Promotion* vertreten. Die Resonanz war sehr gut.

Im Rahmen des Begleitprogramms dieser Tagung organisierten der *Solarenergieförderverein Bayern* und E.ON-Energie einige so genannte *Solar-Tours*. Im Rahmen dieser *Solar-Tours* wurde auch eine teilnehmende Schule aus *Sonne in der Schule* besucht. Auch hier zeigten die Teilnehmer großes Interesse. Nach Ende der Tagung kamen aus Ungarn, Italien, der Ukraine und Kanada noch weitere Anfragen.

Einige Schulen haben dem *Solarenergieförderverein Bayern* die Adresse ihrer Webseite mitgeteilt. Diese werden zur Zeit als Linkliste auf der Homepage des Vereins installiert und erreichen damit einen noch größeren Kreis von Interessenten.

30. April 2002 Be