

# **Sonne in der Schule**

## **Betriebsergebnisse aus den Programmen in Bayern, Sachsen und Norddeutschland**

Gerd Becker \* · Bruno Schiebelsberger \* · Udo Rindelhardt \*\* · Walter Weber \*

\* Solarenergieförderverein Bayern e.V.,  
Elisabethstraße 34 · 80796 München,  
Tel.: 0 89-27 81 34 28 · Fax: 0 89-2 71 01 56

\*\* Forschungszentrum Rossendorf · PF 510 119 · 01314 Dresden  
Tel.: 0351-2603663 · Fax: 0351-2603440

### **1. Welche Programme „Sonne in der Schule“ werden betrachtet?**

Mit dem Programm „Sonne in der Schule“ wurden in den Jahren 1994 – 1996 nahezu einheitliche netzgekoppelte PV-Anlagen in Form von Bausätzen an 544 bayrische Schulen gebracht. Sie bestehen aus 20 Modulen von Siemens Solar mit einer Leistung von 1,06 bzw. 1,1 kW<sub>P</sub> und einem 1-kW-Wechselrichter der Firma Siemens. Die Gesamtleistung aller Anlagen liegt somit bei ca. 600 kW<sub>P</sub>.

Seit 1996 wurden in Sachsen an 60 Schulen netzgekoppelte PV-Anlagen mit einer gesamten Leistung von etwa 200 kW<sub>P</sub> in Betrieb genommen. Die meisten Anlagen entstanden im Rahmen des Programms „Sonne in der Schule“, teilweise erfolgten auch Mitfinanzierungen durch Energieversorger. In den letzten Jahren wurden auch Bürgerkraftwerke auf Schulen montiert. Dadurch entstanden auch größere Anlagen (fassadenintegrierte Anlagen in Altenberg und Chemnitz) mit teilweise bemerkenswertem architektonischem Anspruch. In technischer Hinsicht ist die große Zahl der eingesetzten Modultypen auffallend, während unter den Wechselrichtern der Marktführer SMA dominiert.

Durch das Programm „SONNEonline“ – jetzt zusammen mit dem bayrischen Programm „Sonne in der Schule“ – erhielten ab 1996 ungefähr 400 Schulen in Norddeutschland einheitliche 1-kW<sub>P</sub> PV-Anlagen mit Kyocera Modulen im wesentlichen der Typen KC120-1 und KC110-1 und SMA-Wechselrichtern. Die entsprechende Gesamtleistung aller Anlagen liegt somit bei ca. 400 kW<sub>P</sub>. Einer der innovativsten Effekte war die Kombination mit der Informationstechnologie, d.h. die Schulen erhielten einen PC und Internetzugang, um ihre Resultate mit anderen Schulen auszutauschen. Zudem wurden an einigen Schulen so genannte intensiv vermessene Anlagen installiert. Deren Daten können aktuell im Internet unter [www.sev-bayern.de](http://www.sev-bayern.de) abgerufen werden, in diesem Bericht wird aber nicht auf sie eingegangen.

## 2. Auswertung der Betriebsdaten

### 2.1 Organisation

Die Auswertung für die Programme in Bayern und in Norddeutschland erfolgt durch den Solarenergieförderverein Bayern. Am Ende eines jedes Jahres werden alle Schulen angeschrieben und gebeten, die monatlichen Erträge des letzten Jahres zu übermitteln. Die Messwerte basieren auf Zählerablesungen, aber auch auf den von Wechselrichtern gelieferten Informationen zu den Energiemengen. Diese Daten werden ausgewertet und ein Bericht erstellt, den alle Schulen bis zum Mai des folgenden Jahres erhalten.

Die Auswertung in Sachsen geschieht im Auftrage des Sächsischen Staatsministeriums für Kultus. In Fortführung des früheren bundesweiten Auswerteprojektes werden seit 2001 die Anlagenergebnisse in Sachsen zentral erfasst. Die Messwertaufnahme basiert auf Zählerablesungen, auf Daten der Wechselrichter sowie durch Nutzung des speziell für dieses Programm entwickelten Messwerterfassungssystems DES 75. Letzteres erwies sich allerdings als ungeeignet für die vorgesehenen Zwecke.

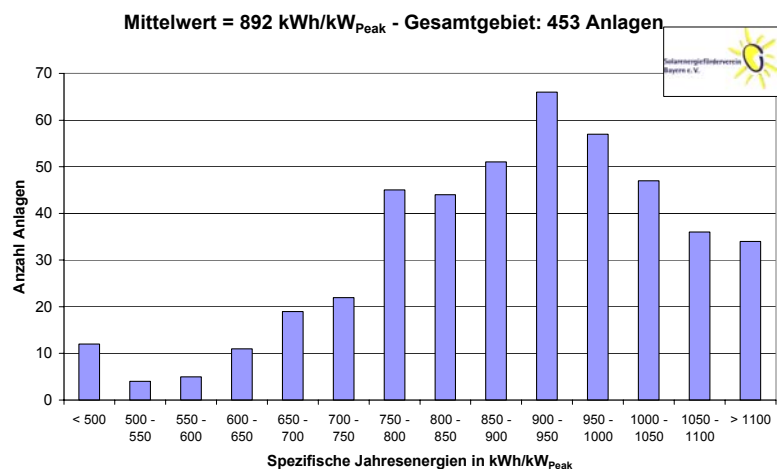
### 2.2 Betriebserfahrungen

Hier besteht die Möglichkeit, nahezu 1000 netzgekoppelte PV-Anlagen in ihrem Betrieb über demnächst schon 10 Jahre zu beobachten. Interessant sind besonders die Fakten wie **Erträge** sowie **Betriebstörungen** und ihre Ursache.

#### 2.2.1 Erträge

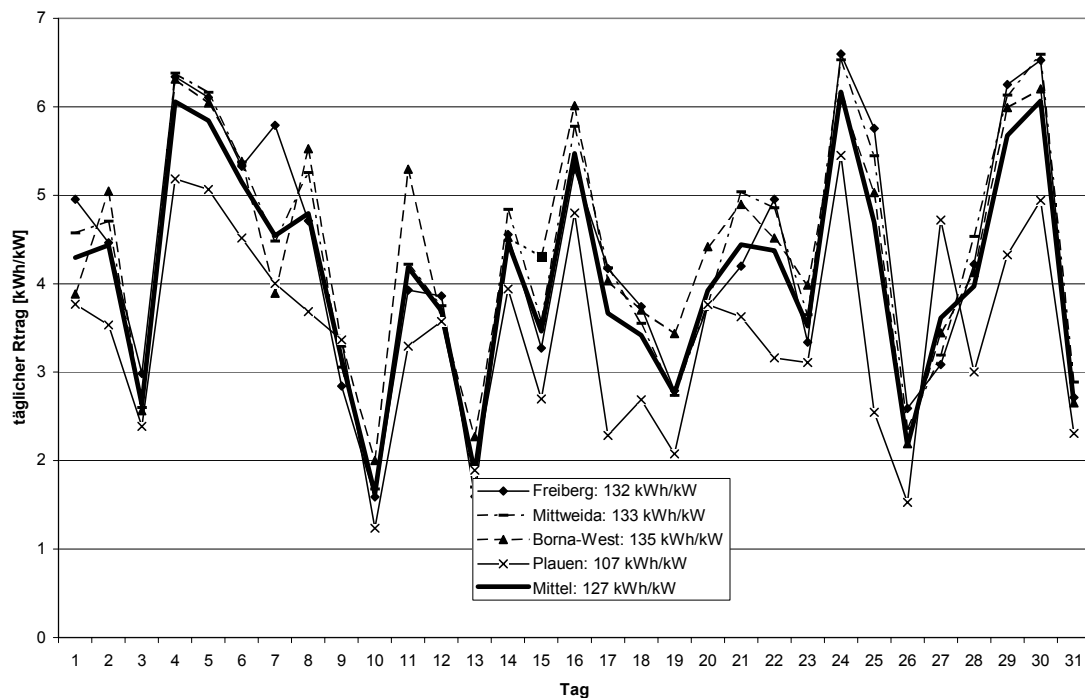
**Abbildung 1** zeigt die Verteilung der Erträge des Jahres 2003 in Bayern und in Norddeutschland. Der Mittelwert des spezifischen Ertrages erreichte 892 kWh/kW<sub>P</sub> nach 780 kWh/kW<sub>P</sub> im Vorjahr.

Die praktische Erfahrung lehrt, dass gut betreute Anlagen im rechten Bereich liegen, während die Anlagen im linken Bereich oft verschattet sind oder der Wechselrichter über längere Zeit unbemerkt ausgeschaltet wurde.



**Abbildung 1:** Verteilung der Erträge der Schulen in Bayern und Norddeutschland im sonnenreichen Jahr 2003

Beispielhafte Tageserträge der Schulen in Sachsen in einem Sommermonat zeigt **Abbildung 2**. Es ist eine hohe Synchronität der solaren Stromerzeugung vorhanden.



**Abbildung 2:** Synchroner solare Stromerzeugung in Sachsen (Mai 2003)

Die nachstehende **Tabelle 1** zeigt die Mittelwerte der spezifischen Erträge aufgeteilt nach Bundesländern. Alle Zahlenwerte beziehen sich auf Anlagen mit nutzbaren Daten, die im Normalbetrieb verfügbar waren und keine Defekte zeigten. Bei der Ermittlung der sächsischen Werte wurden abgeschattete Anlagen nicht berücksichtigt.

**Tabelle 1:** Spezifische Jahreserträge der Jahre 2002 und 2003 in kWh/kW<sub>P</sub> nach Bundesländern

Nr.	Bundesland	Anzahl Anlagen 2002	Mittelwert Spez. Ertrag 2003	Anzahl Anlagen 2003	Mittelwert Spez. Ertrag 2003
1	Bayern	244	803	277	902
2	Hessen	24	713	35	867
3	Niedersachsen	70	748	73	884
4	Schleswig-Holstein	26	773	39	843
5	Nordrhein-Westfalen	6	705	8	952
6	Brandenburg	8	690	11	868
7	Sachsen-Anhalt	2	805	3	944
<b>8</b>	<b>Sachsen</b>	<b>16</b>	<b>812</b>	<b>12</b>	<b>971</b>
9	Mecklenburg- Vorpommern	5	794	3	992
10	Bremen	4	678	4	828

**Tabelle 1** zeigt somit, dass eine große Anzahl von PV Anlagen auch nach vielen Betriebsjahren gute Erträge erzielt. Zur Beurteilung der Ergebnisse ist als wichtigste Eingangsgröße die Globalstrahlung darzustellen. Dazu werden in **Tabelle 2** die Messwerte der Globalstrahlung auf die horizontale Ebene an charakteristischen Messpunkten dargestellt.

**Tabelle 2:** Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup> auf die horizontale Ebene 2002 und 2003 nach DWD

Jahr	München	Nürnberg	Leipzig	Dresden	Kassel	Stralsund
2002	1183	1084	1025	1039	969	975
2003	1275	1253	1217	1213	1139	1123

Wie allgemein bekannt, bildete 2002 praktisch das meteorologische „Regeljahr“ ab. Die Globalstrahlung des Jahres 2003 lag wesentlich höher, jedoch fallen die Steigerungsraten je nach Region unterschiedlich aus. Der Ertrag der Anlagen stieg aber nicht linear mit der Globalstrahlung, höhere (Modul-)Temperaturen minderten ihn.

### 2.2.2 Betriebsstörungen

Für das Jahr **2002** hatten für die Programme in Bayern und in Norddeutschland 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. **2003** kamen Messdaten von 512 Schulen. Zur Berechnung des Mittelwertes der Energielieferung wurden 460 Schulen herangezogen. In diesem Jahr war der Betrieb in 52 Schulen (ca. **10 %**) gestört oder unterbrochen.

Die wichtigsten Gründe für die Nichtverfügbarkeiten waren Wechselrichterstörungen, aber auch der Umbau des Schulgebäudes oder Sanierungsarbeiten. In einem Fall wurden auch Module entwendet.

## 3. Nutzung der Photovoltaikanlage im Unterricht

Für alle Bundesländer gilt, dass gute Erfahrungen für die Nutzung der Photovoltaikanlage für die Fächer Physik, Informatik und Technik vorliegen. Auch für den Projektunterricht sowie an einigen Schulen für fachübergreifende Kurse (Meteorologie, Erneuerbare Energien) in der Sekundärstufe II gibt es verallgemeinerungsfähige Beispiele. Noch zu kurz kommt bisher die Arbeit mit schulbezogenen Energiebilanzen. Ausschlaggebend für die schulische Nutzung ist das Engagement der Lehrer. Der Solarenergieförderverein Bayern hat zudem erfolgreiche Wettbewerbe mit Geldpreisen etwa zur Präsentation der Anlage im Internet bzw. auch zur Nutzung im Unterricht veranstaltet.