



Foto: Bayernwerk AG

Jugend und Photovoltaik haben unbestritten eines gemeinsam: Sie stehen ganz allgemein für den Begriff Zukunft. Auf beide richtet sich unsere Hoffnung – in gesellschaftlicher und in energiewirtschaftlicher Hinsicht. Es ist daher wohl kaum ein Zufall, daß sich Fördervorhaben für die Photovoltaik in jüngster Zeit ganz konkret auf die Jugend konzentrieren. Der Slogan „Sonne in der Schule“ ist, mit einigen Modifizierungen, inzwischen zu einem Markenzeichen in der Photovoltaik-Branche geworden. Mehrere Energieversorgungsunternehmen (EVU's), aber auch Bund und Länder, haben unter diesem Banner bereits Vorhaben gestartet, von denen nachfolgend zwei etwas näher vorgestellt werden sollen.

Doch zunächst eine kurze Übersicht zu bereits laufenden oder angekündigten Vorhaben, die sich direkt oder indirekt mit der Einbeziehung der Photovoltaik in den Schulbetrieb bzw. in die schulische Ausbildung befassen:

- „Sonne in der Schule“ der *Bayernwerk AG*: Es handelt sich um das bisher bekannteste Vorhaben zur Einbeziehung der PV in Schulen. Das Programm wurde 1996 erfolgreich abgeschlossen /1/. Insgesamt 544 Schulen in Bayern verfügen nun über eine PV-Anlage. Die gesamte installierte Solargeneratorleistung der Anlagen beträgt 610 kW_p.
- „Sonne in der Schule“ der *Energieversorgung Schwaben (EVS)*: Mehr als 50 Schulen erhalten für eine 1 kW_p-Anlage eine Förderung der Investitionskosten bis zu 85 %. Die Förderobergrenze beträgt 15.000,- DM /2/. Eine Auswertung über den Betrieb der mittlerweile rund 70 errichteten Anlagen wird für Mitte 1997 erwartet.
- „Sonne in Sachsens Schulen“: Das Vorhaben wurde 1996 von der *Sächsischen Landeszentrale für Politische Bildung* und dem *Sächsischen Staatsministerium für Kultus* ins Leben gerufen. Die *Energieversorgung Sachsen Ost AG (ESAG)* begleitet das Vorhaben aktiv durch die Bereitstellung von Kleinst-PV-Anlagen mit Leistungen um 100 W_p im Gleichspannungsbereich für Schulexperimente. Die Anlagen werden interessierten Schulen im Versorgungsbereich der *ESAG* in Dauerlei-

he überlassen. Weiterhin unterstützte die *ESAG* 1996 ein Gymnasium bei der Errichtung einer netzgekoppelten PV-Anlage mit einer Leistung von ca. 1 kW_p. In diesem Jahr erhalten zwei weitere Gymnasien sowie ein Berufliches Schulzentrum derartige netzgekoppelten PV-Anlagen.

- „Sonne in der Schule“ des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Das Programm wurde im Jahre 1996 vom *Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt* initiiert /3/. Nach dem derzeitigen Stand ist vorgesehen, rund 10 Schulen in Mecklenburg-Vorpommern mit Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien auszurüsten, wobei neben der Installation einer kleinen PV-Anlage (ca. 0,5 bis 1,0 kW_p Leistung) auch solarthermische Anlagen (Kollektorfläche $\geq 8 \text{ m}^2$) und, wo möglich, ein kleiner Windenergiekonverter (Leistung ca. 150 W) eingebunden werden.
- „Solaranlagen für Schulen“ der *BEWAG*: Im Rahmen des Ende Januar 1997 bekanntgegebenen *BEWAG-Förderprogramms „Energie 2000“* wird auch die Installation von PV-Anlagen an Berliner Schulen finanziell unterstützt. Die 1 kW_p-Anlagenpakete werden zu einem Preis von 3.000,- DM angeboten. Die Hälfte dieser Kosten wird vom Land Berlin getragen, so daß Schulen für 1.500,- DM zzgl. Montage eine netzgekoppelte 1 kW_p-PV-Anlage erwerben können /4/.

- „Sonne in der Schule“ des *Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi)*.
 - „SONNEOnline“ der *PreussenElektra*.
- Die Aufzählung erhebt nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Die beiden letztgenannten Vorhaben werden nachfolgend näher vorgestellt.

Auswertung durch Solarinstitut

Das Vorhaben „Sonne in der Schule“ wurde 1995 im Rahmen des Programms zur Förderung erneuerbarer Energien durch das *BMWi* gestartet. Rund 400 PV-Anlagen mit einer Leistung von jeweils 1 kW_p (größere Anlagen sind als Ausnahme möglich) sollen bundesweit an Schulen installiert werden /5/. Gemäß den Teilnahmebedingungen beträgt die Förderquote 7.000 DM/kW_p. Die antragsmäßige und organisatorische Abwicklung des Programms erfolgt durch das *Bundesamt für Wirtschaft* in Eschborn und das *Forschungszentrum Jülich, Projektträger BEO*.

Für die Einbeziehung der PV-Anlage in den Schulunterricht wird eine Low-cost-Einfachmeßtechnik sowie eine Software zur Verfügung gestellt, mit der aktuelle und über einen bestimmten Zeitraum hinweg gespeicherte Meßdaten der PV-Anlage dargestellt werden können. Eine tiefere pädagogische Betreuung der beteiligten Schulen, etwa durch die Bereitstellung von Lehrmaterial und Lernhilfen, sieht das inhaltliche Konzept des Förderprogramms nicht vor.

Ergänzender Bestandteil des Vorhabens ist eine auf die Initiative des *Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF)* zurückgehende wissenschaftliche Auswertung der Meßdaten der betreffenden Anlagen, wobei der Schwerpunkt auf der Analyse des Anlagenertrages liegt. Mit dieser Auswertung wurde das *Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE* in Freiburg beauftragt.

| Bundesland | Anzahl |
|---------------------|--------|
| Baden-Württemberg | 10 |
| Bayern | 3 |
| Hessen | 1 |
| Niedersachsen | 5 |
| Nordrhein-Westfalen | 5 |
| Rheinland-Pfalz | 1 |
| Sachsen-Anhalt | 1 |
| Schleswig-Holstein | 4 |

Tab. 1: Anlageninstallation im Programm „Sonne in der Schule“ nach Bundesländern

Die Schulen melden im Rahmen dieses Einfachmonitoring dem *Fraunhofer ISE* jeweils zum Ende des Kalenderjahres die Werte des Erzeugungszählers bzw. die Höhe der photovoltaischen Stromerzeugung und machen Angaben zu eventuell im Verlaufe des Jahres aufgetretenen Störungen und Ausfällen an der Gesamtanlage bzw. an den wichtigsten Anlagenkomponenten.

Desweiteren wird für jede Anlage ein sogenanntes Projektstammblatt mit den wichtigsten Anlagendaten erstellt. Das Projektstammblatt ist Grundlage für bestimmte statistische Auswertungen (u. a. eingesetzter Komponententyp, Anlagenkosten). Die erkennbare Analogie zur Standardauswertung im Rahmen des 1000-Dächer-Programms ist vom *BMBF* bzw. vom *Projektträger BEO* gewollt. Auf diese Weise können die Erfahrungen vom *Fraunhofer ISE* auf dem Gebiet des Monitoring von netzgekoppelten PV-Anlagen für das Programm genutzt werden. Es ist vorgesehen, daß die am Programm beteiligten Schulen jährlich eine kurze Auswertung zur Entwicklung des Vorhabens erhalten.

Startschwierigkeiten

Das Vorhaben „Sonne in der Schule“ hat sich bisher noch nicht in dem ursprünglich erhofften Maße durchgesetzt. Eine wesentliche Ursache dafür ist vermutlich

zum einen der trotz der Förderung doch recht hohe Eigenanteil, den die Schulen in Zeiten „knapper Kassen“ nur schwer aufbringen können, zum anderen die relativ lange Bearbeitungszeit bei der Beantragung von Haushaltsmitteln.

Zum Ende des Jahres 1996 hatten daher nur insgesamt 31 Schulen die Betriebsbereitschaft ihrer PV-Anlage angezeigt und das entsprechende Projektstammblatt an das *Fraunhofer ISE* geschickt. In einigen Fällen wurde die Betriebsbereitschaft zwar gemeldet, aber die Lieferung des entsprechenden Datenerfassungssystems stand noch aus. Rückfragen beim Hersteller *mesatec* in Erlangen zeigten, daß es einige Probleme gab. Diese wurden inzwischen geklärt.

Wie aus Tab. 1 erkennbar wird, haben sich im Programm des *BMWi* wiederum jene Bundesländer besonders stark engagiert, die auch im 1000-Dächer-Programm sehr aktiv waren. Die bisher im Rahmen des Programms installierte Solargeneratorleistung liegt bei 42,3 kW_p. Die statistische Verteilung der Anlagenleistung zeigt Abb. 1.

Die durchschnittlichen spezifischen Investitionskosten liegen bei den bisher in Betrieb genommenen Anlagen bei 17.983,- DM/kW_p. Insbesondere bei den Anlagen im Bereich einer Generatorleistung von rund 1 kW_p fällt allerdings eine große Schwankungsbreite der spezifischen Investitionskosten zwischen 13.279,- DM/kW_p und 21.573,- DM/kW_p auf (Abb. 2). Es handelt sich dabei um nahezu identische Anlagen, wobei Eigenleistungen der Schulen (Montage durch Schüler und Lehrer) bereits berücksichtigt wurden.

Die PV-Anlagen zeichnen sich insgesamt durch eine auffallend große Vielfalt der eingesetzten Komponenten aus. So wurden bisher 14 verschiedene Modultypen von sieben Herstellern installiert. Bei den Wechselrichtern sind bisher zehn verschiedene Typen von sieben Herstellern zum Einsatz gekommen.

| Modultyp | Modulhersteller | Anzahl der Anlagen |
|--------------|-----------------|--------------------|
| 300-DGF/50-B | ASE | 3 |
| MQ 36D | ASE | 2 |
| BP 585 F | BP | 1 |
| GPV 110 ME | GPV | 3 |
| H 500 | Helios | 1 |
| KC 120-1 | Kyocera | 2 |
| KC 60 | Kyocera | 1 |
| LA361K54S | Kyocera | 1 |
| LA441G66S | Kyocera | 1 |
| LA721G108S | Kyocera | 1 |
| M 110 F | Siemens | 6 |
| M 55 | Siemens | 6 |
| MSX 56 | Solarex | 1 |
| MSX 120 | Solarex | 1 |

Tab. 2 Im Vorhaben „Sonne in der Schule“ eingesetzte Modultypen

| Invertertyp | Inverterhersteller | Anzahl der Anlagen |
|-------------|--------------------|--------------------|
| DMI 100 | Dorfmüller | 1 |
| DMI 300 | Dorfmüller | 1 |
| Helix 1100 | Steca | 6 |
| PU 1510 | Aixcon | 1 |
| Solwex 2065 | Karschny | 1 |
| Solwex 5090 | Karschny | 1 |
| SPN 1000 | Siemens | 7 |
| SWR 700 | SMA | 3 |
| SWR 850 | SMA | 8 |
| TCG 4000/6 | ASP | 1 |

Tab. 3: Im Vorhaben „Sonne in der Schule“ eingesetzte Invertertypen (aufgeführt ist die Anzahl der Anlagen und nicht die Zahl der eingesetzten Inverter)

Sollten tatsächlich einmal alle 400 Anlagen installiert werden und sich die Vielfalt der eingesetzten Komponenten wie erwartet fortsetzen, dann hätte man – die Möglichkeit einer Ermittlung der Monatswerte der Erzeugung voraus-

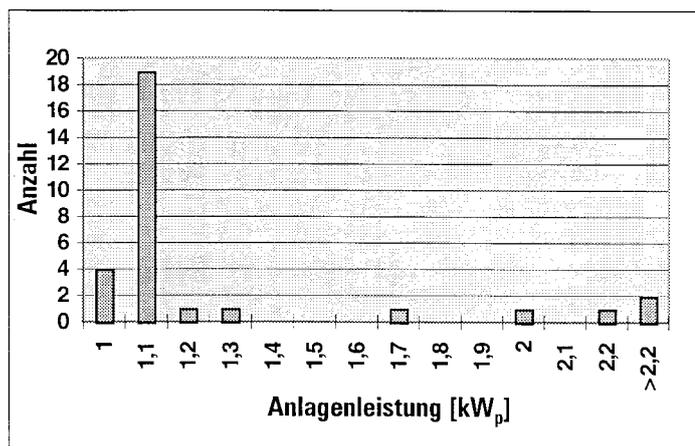


Abb. 1: Statistische Verteilung der Anlagenleistung im Programm „Sonne in der Schule“

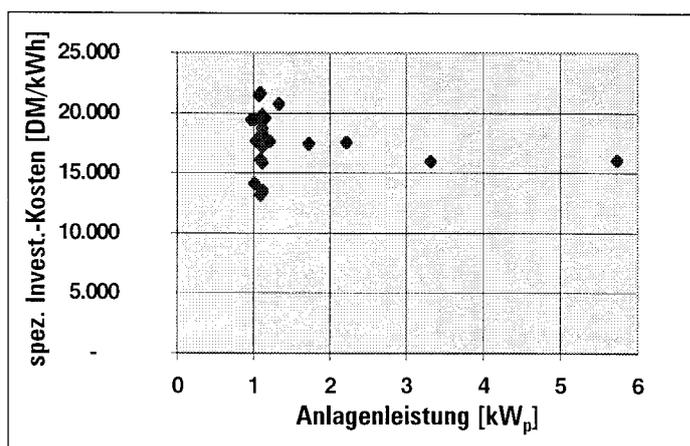


Abb. 2: Höhe der spezifischen Investitionskosten in Abhängigkeit von der Anlagenleistung

gesetzt – einen weiteren ausgezeichneten Breitentest von netzgekoppelten PV-Anlagen kleiner Leistung. Insofern ist es bedauerlich, daß derzeit nur die Jahreswerte der solaren Stromerzeugung erfaßt werden.

Bis auf eine Ausnahme wurden alle Anlagen im Verlauf des Jahres 1996 installiert und in Betrieb genommen. Aus diesem Grunde liegen derzeit noch keine Daten eines kompletten Betriebsjahres der Anlagen vor.

Aus den bisherigen Mitteilungen der Schulen wurde aber erkennbar, daß es im Jahr 1996 bei keiner der Anlagen zu Störungen oder Ausfällen gekommen ist.

Pädagogische Defizite

Wie bereits erwähnt, ist für das Vorhaben keine spezielle pädagogische Betreuung bzw. Informationsvermittlung zur photovoltaischen Stromerzeugung für die betreffenden Schulen vorgesehen. Im nachhinein erweist sich das als problematisch.

Das *Fraunhofer ISE* erhielt mehrere Anfragen von Schulen, Lehrern oder Technikkursen mit der Bitte, bei der inhaltlichen Gestaltung des Schulunterrichtes bzw. von außerschulischen Aktivitäten behilflich zu sein. Angefragt wurden vor allem Informationsschriften und Kopiervorlagen für den Unterricht. Es gingen aber auch Bitten zur direkten fachlichen Hilfe, beispielsweise für außerschulische Arbeitsgemeinschaften, ein.

Wenn möglich, wurde diesen Wünschen entsprochen. Bei zunehmender Anzahl von in Betrieb befindlichen Schul-PV-Anlagen, kann diese inhaltliche Betreuung allerdings nicht aufrecht erhalten werden.

Ganz allgemein ist in diesem Zusammenhang zu schlußfolgern, daß die Bereitstellung von PV-Anlagen für Schulen im Rahmen entsprechender Programme stets nur die eine Seite des Vorhabens sein sollte. Fast ebenso wichtig für das Gelingen des Programms ist die unmittelbare Einbindung pädagogischer Aspekte schon bei der Konzipierung entsprechender Projekte. Über die Laufzeit des Vorhabens hinweg sollte eine fachliche Betreuung gesichert sein.

Daß man bei Vorhaben zur Einbindung der Photovoltaik in den Schulunterricht auch neue und zum Teil recht unkonventionelle Wege gehen kann, zeigt das Beispiel des zweiten vorzustellenden Vorhabens.

Sonne und Internet

Wie schon der Name vermuten läßt, verbindet das Vorhaben SONNEonline Photovoltaik und Schule mit einer weiteren innovativen Komponente – dem Internet.

Das Vorhaben ist ein Schulförderprogramm von *PreussenElektra* und derzeit etwa 20 regionalen sowie kommunalen EVU's. Im Rahmen des Programms erhalten rund 350 Schulen im Versorgungsgebiet der *PreussenElektra* eine PV-Anlage mit einer Solargeneratorleistung von jeweils 1,08 kW_p.

Es handelt sich dabei um Standardanlagen zur Flachdachmontage mit neun Modulen vom Typ KC 120-1 der Firma *Kyocera* und einem SWR 850 Sunny Boy der Firma *SMA*. Sollten die beteiligten Schulen bisher noch keinen Zugang zum Internet haben, so wird er im Rahmen von SONNEonline eingerichtet.

Die Schulen im Versorgungsgebiet der *PreussenElektra* und ihrer Partner können sich bis zum 31. Dezember 1997 um die Teilnahme an dem Programm bewerben, wobei u. a. folgende Kriterien für eine Auswahl gelten:

- das Schulgelände verfügt über einen geeigneten Standort für eine PV-Anlage,
- an den Schulen wird die Sekundarstufe I ab Klasse 9 und/oder die Sekundarstufe II unterrichtet,
- die Schule übernimmt den erforderlichen Eigenanteil der Kosten in Höhe von 3.000,- DM,
- die Schule gewährleistet die monatliche Übertragung der Erzeugungsdaten der Anlage per Internet an das *Fraunhofer ISE*,
- die PV-Anlage und die Thematik Solarenergie/regenerative Energien werden dauerhaft in den Unterricht und/oder in entsprechende Arbeitsgemeinschaften einbezogen.

Diese Auswahlkriterien geben zugleich Hinweise auf zwei Besonderheiten von SONNEonline. Zum einen wird auch dieses Vorhaben über mehr als drei Jahre hinweg vom *Fraunhofer ISE* wissenschaftlich begleitet. Die beteiligten Schulen melden monatlich die Werte des Erzeugungszählers und eines Betriebsstundenzählers per Internet an das *Fraunhofer ISE*. Dort werden sie in eine Datenbank eingelesen und entsprechend ausgewertet. Die Auswertungsergebnisse stehen den Schulen dann wieder per Internet zur Verfügung.

Insgesamt zehn ausgewählte Anlagen, deren Standorte möglichst gleichmäßig verteilt im Versorgungsgebiet der beteiligten EVU's liegen sollen, werden zusätzlich einer Intensiv-Vermessung analog dem I-MAP im 1000-Dächer-Programm unterzogen. Mit dieser Konstellation werden bewußt Parallelen zur bewährten Auswertung des 1000-Dächer-Programms gezogen. Die Auswertungsergebnisse der intensiv vermessenen Anlagen werden ebenfalls im Internet präsentiert.

Zudem gibt es im Internet ein Diskussionsforum in welchem die Schulen bzw. die Schüler u. a. aufgetretene Probleme oder Fragen zur Thematik untereinander diskutieren können. Für die am Projekt beteiligten Lehrer ist ein gesondertes Diskussionsforum – das „Lehrerzimmer“ – im Internet vorgesehen. Außerdem verfolgt das Vorhaben ganz eindeutig pädagogische Ziele. Immer wieder wird bei der Erörterung einer umweltgerechten Stromversorgung u. a. in den Unterrichtsfächern Physik, Geographie und Gesellschaftskunde die Frage nach der Bedeutung regenerativer Energieträger gestellt. Unterstützung soll dabei umfassendes Begleitmaterial zur Thematik leisten, das den am Vorhaben beteiligten Schulen zur Verfügung gestellt wird.

Die Auswahl, welches Material genutzt werden soll, welchen Umfang und welche Form es haben wird, trifft ein „Pädagogischer Beirat“. Ihm gehören Lehrer aus allen beteiligten Bundesländern und Mitarbeiter aus dem Bereich der Öffentlichkeitsarbeit der *PreussenElektra* an. Der Beirat hat bereits bei der Konzeption von SONNEonline mitgewirkt und dabei dessen pädagogische und didaktische Komponenten festgelegt. Er wird das Vorhaben auch während der Laufzeit begleiten.

Ab August 1997 werden die ersten Anlagen aufgebaut und in Betrieb genommen. Zum neuen Schuljahr startet das wissenschaftliche Meßprogramm.

Fazit

Faßt man alle vorstehend genannten Programme zusammen, so werden Mitte des nächsten Jahres in der Bundesrepublik Deutschland wohl mehr als 1.000 Schulen über eine eigene Photovoltaik-Anlage verfügen.

Die Schulen haben damit die Chance, das Thema der solaren Stromerzeugung den Schülern der unterschiedlichsten Altersklassen im wahrsten Sinne besser greifbar zu machen.

Volker U. Hoffmann

Literatur

- /1/ Solares Schulprojekt erfolgreich abgeschlossen. S&W news 1/97.
- /2/ Besprechungsprotokoll 2. Workshop „Solarenergie“ vom 20./21.5.1996 in Stuttgart.
- /3/ idEE informationsdienst Erneuerbare Energien Nr. 25/96.
- /4/ Information der BEWAG zum Vorhaben „Solaranlagen in Schulen“
- /5/ Ausschreibungsbedingungen für das Vorhaben „Sonne in der Schule“

Über den Autor:

Dipl.-Wirt. Volker U. Hoffmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg.