

2008

Betriebsbericht

SONNE IN DER SCHULE

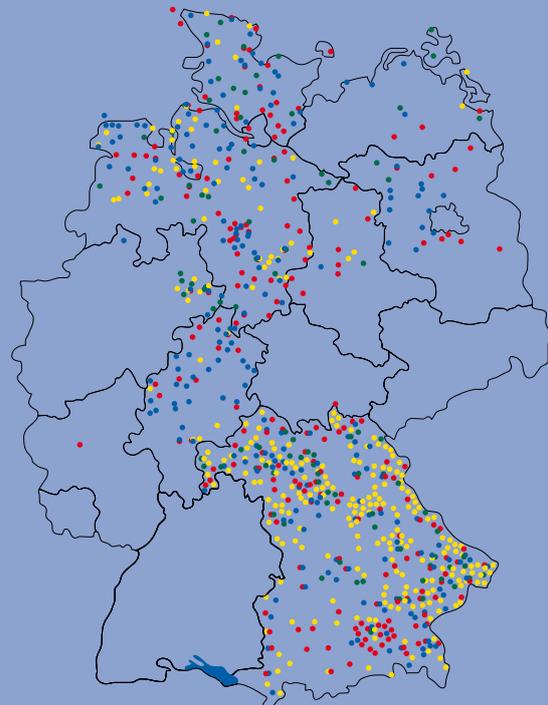


Abbildung 1: Titelbild

Inhalt

1	Einleitung.....	2
1.1	Sonne in der Schule.....	2
1.2	Ziele dieses Berichtes.....	2
2	Evaluation der Betriebsdaten.....	3
2.1	Datenbasis.....	3
2.2	Meteorologische Daten des Jahres 2008.....	4
2.2.1	Übersicht.....	4
2.2.2	Globalstrahlung.....	5
2.3	Erträge.....	7
2.3.1	Statistische Verteilung der Erträge.....	7
2.3.2	Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten.....	9
2.3.3	Erträge einzelner Schulen.....	10
3	Statusmeldung.....	11
4	Betreuung.....	11
4.1	Wechselrichter.....	11
4.1.1	Schulen mit Wechselrichter SPN1000.....	11
4.1.2	Schulen mit Wechselrichter Sunny Boy.....	12
4.1.3	Schulen mit sonstigen Wechselrichtern.....	12
4.2	Weitere Störungen.....	12
4.3	Visualisierung der Betriebsdaten.....	13
4.3.1	Lösung für SMA - Wechselrichter.....	13
4.3.2	Lösung für Siemens SPN1000 Wechselrichter.....	14
4.3.3	Solarsupport für Schulen.....	14
5	Wettbewerb und Geldpreise.....	14
5.1	Wettbewerb.....	14
5.2	Abgabe der Messdaten.....	14
6	Ausbildung und Studium im Bereich der Erneuerbaren Energien.....	15
6.1	Ausbildung zum Solarteur®.....	15
6.2	Studium.....	15
6.2.1	Bachelor und Master.....	15
6.2.2	Welche Hochschulen bilden aus?.....	16
6.2.3	Bilder aus dem Studium.....	16
7	Zusammenfassung und Sonstiges.....	17
8	Anhang - Überschlägige Bestimmung des Ertrages.....	17

1 Einleitung

1.1 Sonne in der Schule

Das Programm „Sonne in der Schule“ wurde auch im Jahr 2008 vom Solarenergieförderverein Bayern betreut. Es startete im Jahr 1996 und umfasst derzeit 908 Schulen in vielen Bereichen Deutschlands, die in **Bild 1** dargestellt sind.

Ziel ist es zu demonstrieren, dass Photovoltaikanlagen 20 und mehr Jahre erfolgreich betrieben werden können. Weiterhin sollen aber auch Informationen zum Thema der Erneuerbaren Energien – besonders im Bereich Bildung - bereitgestellt werden.

Der Solarenergieförderverein Bayern - nachstehend als **SeV** bezeichnet - bezieht seine finanziellen Mittel aus dem Verkauf der elektrischen Energie, die von der 1-MW-Photovoltaikanlage „Neue Messe München“ erzeugt wird. Diese Erträge werden zur Unterstützung verschiedenster Solarprojekte, schwerpunktmäßig der Photovoltaik, verwendet. Hierzu gehört auch das Programm „Sonne in der Schule“, durch das während seiner bisherigen Laufzeit von zwölf Jahren schon über 1 Million Schüler an diese umweltfreundliche Technik herangeführt werden konnten.

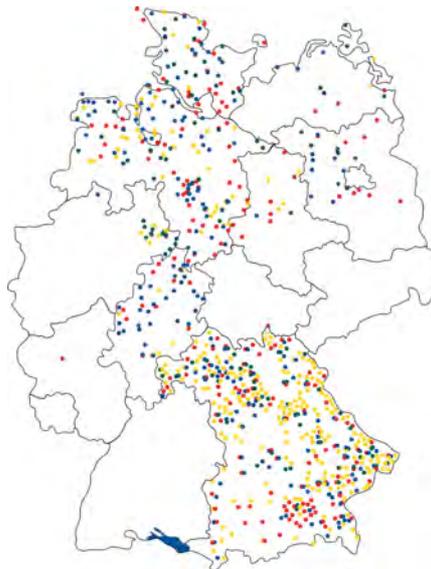


Bild 1: Geografische Lage aller Anlagen

1.2 Ziele dieses Berichtes

Der folgende Bericht enthält vier Abschnitte:

- Zunächst werden im ersten Teil – entsprechend Kapitel 2 - alle Betriebsdaten der Photovoltaikanlagen „Sonne in der Schule“, die von den Schulen an den SeV zur Auswertung übermittelt wurden, evaluiert. Beinhaltet sind auch die meteorologisch relevanten Daten des Jahres 2008.
- 2008 wurden alle am Programm „Sonne in der Schule“ teilnehmenden Schulen angeschrieben um eine Statusmeldung über den Zustand der Photovoltaikanlage an ihrer Schule an den SeV zu übersenden. In Kapitel 3 sollen diese Ergebnisse dargestellt werden.
- Im Kapitel 4 wird die Betreuung der Anlagen dargestellt. Der SeV will auch bei Störungen helfen. Weiterhin wird darauf eingegangen, wie die Betriebsdaten visualisiert werden können.
- Es wurde ein Wettbewerb „Photovoltaik und Erneuerbare Energien – Wir betrachten sie von allen Seiten und mit allen Mitteln“ ausgeschrieben, auf die Ergebnisse wird in Kapitel 5 hingewiesen. Weiterhin werden die per Los ermittelten drei Schulen benannt, die ihre Betriebsdaten bis zum 15. Februar 2009 übermittelt hatten und dafür Geldpreise erhalten.
- Dieser Bericht möchte auch weitergehende Informationen zu regenerativen Energien als Berufsfeld geben. Immer mehr junge Leute entschließen sich zu einer Ausbildung oder einem Studium in diesem Bereich. Einige – nicht alle – Wege hierzu werden in Kapitel 6 dargestellt.

2 Evaluation der Betriebsdaten

908 Schulen nahmen 2008 am Programm „Sonne in der Schule“ teil. Die Auswertung der Betriebsdaten einer so großen Anzahl von Photovoltaikanlagen gibt wichtige Auskünfte über ihr Langzeitverhalten.

2.1 Datenbasis

Wie in allen Jahren wurden die Schulen, die am Programm teilnehmen, angeschrieben und gebeten, die monatlichen Energieerträge ihrer Photovoltaikanlagen via Internet oder per Fax an den SeV zu senden. Der Rücklauf war für die lange Laufzeit des Programms wieder ausgezeichnet. Sie konnte im Vergleich zum vergangenen Jahr leicht gesteigert werden. **Tabelle 1** stellt die Zahlen von 2007 und 2008 gegenüber.

Tabelle 1: Statistik des Rücklaufes der Betriebsdaten im Jahr 2008

	Anzahl Schulen		
	Auswertung für 2008	Auswertung für 2007	Änderung
Basisdaten vorhanden von	908	915	-0,8 %
Messdaten erhalten von	507	496	+2,2 %
Anlagen ohne Betriebsunterbrechung	390	407	-4,2 %

Anmerkungen

- Die Zahl Schulen von denen Basisdaten vorhanden sind, hat sich geändert. Zwei wesentliche Gründe dafür sind zu nennen:
 - Wie schon in den vorangegangenen Jahren wurden einige Schulen geschlossen.
 - Mehrere Schulen haben große Photovoltaikanlagen gebaut, die kleinere Anlage aus „Sonne in der Schule“ wurde in diese integriert.
- Aktuell haben 507 Schulen geantwortet, was einer sehr guten Rücklaufquote von 55,8 % entspricht. Es ist das Bestreben des SeV, diese Quote im Interesse aller Beteiligten weiterhin noch zu verbessern.
- Unter dem Begriff „Anlagen ohne Betriebsunterbrechung“ ist folgendes zu verstehen:
 - Der praktische Betrieb der Photovoltaikanlagen zeigt, dass ein gewisser Prozentsatz stets nicht verfügbar ist, etwa wegen Bauarbeiten oder längerfristiger Störungen.
 - Statistisch gesehen, verursachen nach einem Zeitraum von ca. 8 – 15 Jahren ab Inbetriebnahme besonders viele Wechselrichter zeitweise Stillstände und Ausfälle der Photovoltaikanlage.
 - Daher wurden für die statistische Auswertung alle Anlagen nicht berücksichtigt, bei denen erkennbar eine länger als drei Monate andauernde Betriebsunterbrechung vorlag oder entsprechende Fehlermeldungen vorlagen.

2.2 Meteorologische Daten des Jahres 2008

Der Ertrag von Photovoltaikanlagen, also die erzeugte elektrische Energie, ist ganz wesentlich von der eingestrahnten Solarenergie abhängig, die als Globalstrahlung bezeichnet wird. Aber auch die Modultemperatur, die von der Umgebungstemperatur bestimmt wird und der Wind spielen eine Rolle.

- Höhere Globalstrahlung steigert den Ertrag. In einer groben allerersten Näherung folgt der Wert des Ertrages direkt dem Wert der eingestrahnten Globalstrahlung!
- Der Ertrag wird durch höhere Temperaturen gemindert. Ein poly- oder monokristallines Modul – wie bei „Sonne in der Schule“ – gibt etwa 0,4 bis 0,5 % weniger Leistung pro Grad Temperaturzunahme ab.

2.2.1 Übersicht

Über die Internetseite des Deutschen Wetterdienstes www.dwd.de kann man über den Button „Presse“ Informationen zum Wetter der vergangenen Jahre erhalten. Im Gesamtüberblick für das Jahr 2008 vermerkt der DWD: „Das Jahr 2008 verlief in Deutschland erneut recht warm und ein wenig zu trocken. Die Sonne schien etwas mehr als gewöhnlich und machte damit zum sechsten Mal hintereinander Überstunden. Wie bereits in den letzten fünf Jahren gab es bei der Sonnenscheindauer auch diesmal wieder ein Plus. Durchschnittlich schien die Sonne in Deutschland rund 1603 Stunden. Kap Arkona auf der Insel Rügen führt mit 1991 Stunden die Tabelle an, Manderscheid in der Eifel landete mit 1278 Stunden auf dem letzten Platz. Anzeichen der Klimaerwärmung wurden auch 2008 in Deutschland deutlich.“

Hier ein kurzer quartalsmäßiger Wetterüberblick:

- **Januar und Februar** waren in weiten Teilen Deutschlands sonnig und niederschlagsarm und wärmer als in Durchschnittsjahren. Der **März** brachte dann den Winter mit Stürmen und Niederschlägen, er war aber im Durchschnitt auch zu warm.
- **Der April** wurde von Tiefdruckgebieten dominiert. Der **Mai** war ein außergewöhnlicher Monat. Zwar fielen bundesweit keine Rekorde – aber er war der zweittrockenste, drittwärmste und drittsonnigste Mai seit Beginn deutschlandweiter Aufzeichnungen. Der **Juni** war meist warm und trocken.
- Der **Juli** war anfangs und zum Ende sonnig und trocken, dazwischen deutlich kühlere und niederschlagsreiche Tage. Im **August** war es zwar wärmer als in Durchschnittsjahren, es fiel aber auch mehr Regen. Der **September** war zu kühl mit wenig Sonne.
- Der **Oktober** brachte ausgeglichene Temperaturen aber zeitweise viel Niederschlag. Der **November** war weitgehend trocken und mild und erst zum Schluss hin etwas winterlich. Der **Dezember** war zunächst nasskalt und schneearm. Ab dem 25. Dezember zeigte sich bei hohem Luftdruck die Sonne.

2.2.2 Globalstrahlung

Die monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung des Jahres 2008 sind für verschiedene Standorte im Gebiet von „Sonne in der Schule“ in **Tabelle 2** dargestellt. Die Werte wurden beim DWD gekauft und dürfen in diesem Bericht publiziert werden. Sie ermöglichen eine überschlägige Berechnung des Ertrages einer Photovoltaikanlage, wie im Anhang dargestellt.

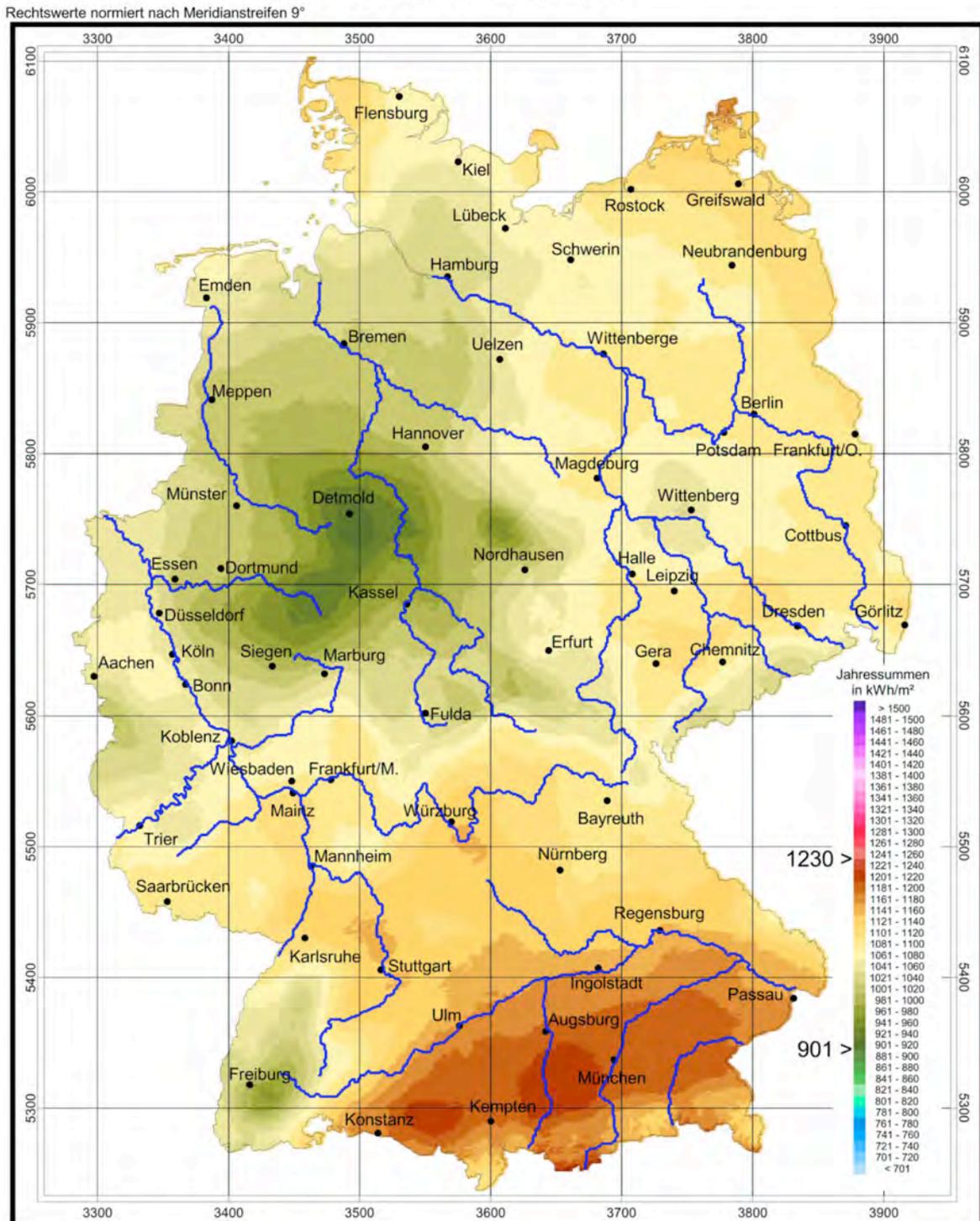
Tabelle 2: Monatliche Werte der Globalstrahlung auf eine waagrechte Fläche für verschiedene Orte im Gebiet „Sonne in der Schule“ – in kWh/m²

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	2008
AUGSBURG	35	64	89	113	175	170	170	157	88	63	37	25	1186
BERLIN	18	41	76	106	190	198	158	126	89	50	20	13	1085
BRAUNSCHWEIG	18	40	73	103	184	183	154	125	89	53	18	16	1056
BREMEN	13	39	65	105	186	169	145	121	90	50	19	16	1018
FICHTELBERG	25	53	76	103	159	159	151	134	77	63	35	17	1052
FRANKFURT/M.	21	53	72	99	181	180	163	134	87	50	26	18	1084
GIESSEN	20	48	71	96	174	188	168	136	87	47	23	17	1075
GÖTTINGEN	18	37	64	90	159	166	150	127	87	51	19	14	982
HAMBURG	12	34	66	103	200	175	152	113	88	49	17	14	1023
HANNOVER	16	40	67	96	177	170	147	122	87	52	17	16	1007
HEIDELBERG	28	57	70	104	184	171	160	138	88	55	31	17	1103
HOF	24	49	73	105	173	171	158	140	81	55	29	15	1073
HOHENPEISSENBERG	41	68	92	115	175	156	167	155	95	73	47	29	1213
KASSEL	17	40	67	91	157	166	142	130	87	49	20	15	981
KIEL	12	32	74	119	207	186	168	108	83	46	16	11	1062
LIST AUF SYLT	12	33	82	135	213	203	176	129	88	45	15	9	1140
MUENCHEN	38	64	90	119	177	161	170	155	92	65	40	26	1197
NUERNBERG	28	57	76	115	177	170	160	143	90	54	31	19	1120
REGENSBURG	27	57	80	120	176	167	163	151	90	52	33	22	1138
ROSTOCK	15	38	77	112	211	191	181	116	84	51	16	11	1103
SCHLESWIG	11	30	75	124	212	193	166	109	81	45	15	11	1072
STRALSUND	14	37	80	117	210	197	186	122	84	51	16	11	1125
WEIHENSTEPHAN	34	61	89	124	179	168	171	156	90	60	35	25	1192
WÜRZBURG	27	55	80	109	185	179	171	146	83	51	30	18	1134

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 Globalstrahlung als die waagrechte Ebene.

Vom Deutschen Wetterdienst DWD erworben wurde die in **Bild 2** auf der **nächsten Seite** dargestellte Karte mit den Globalstrahlungen für alle Gebiete in Deutschland.

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Jahressummen, 2008



Wissenschaftliche Bearbeitung:
DWD, Abteilung Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg
Tel.: 040/6690-1922; eMail: klima.hamburg@dwd.de



Bild 2: Globalstrahlung in Deutschland 2008

2.3 Erträge

Die von den Schulen per Internet oder Fax erhaltenen Betriebsdaten zu den Erträgen der Photovoltaikanlagen wurden mit Hilfe entsprechender Software weiterverarbeitet und aufbereitet.

2.3.1 Statistische Verteilung der Erträge

Zunächst ist der Begriff des spezifischen Ertrages zu erklären. Man erhält ihn ganz einfach, indem man die erzeugte Energie durch den Wert der Nennleistung der Photovoltaikanlage teilt. Wurden beispielsweise 1001 kWh erzeugt und beträgt die Nennleistung 1,1 kW_p, so bestimmt sich der spezifische Ertrag zu 1001 kWh / 1,1 kW_p = 910 kWh/kW_p. Der Begriff kW_p ist im Anhang genauer erklärt.

Der spezifische Ertrag der Anlagen im Gesamtgebiet vom Norden bis in den Süden Deutschlands lag im Jahr 2008 bei durchschnittlich 771 kWh/kW_p. Im Jahr 2007 wurde mit 772 kWh/kW_p fast das gleiche Resultat erzielt. Wegen der wesentlich höheren Globalstrahlung lag er im „Spitzenjahr“ 2003 bei 892 kWh/kW_p. 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 2008 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. 2.1.

Es sei betont, dass die Energiewerte auf die Leistung 1 kW_p bezogen sind. Die Erträge wurden durch den Wert der Nennleistung von beispielsweise 1,1 kW_p dividiert. Dadurch werden die Ergebnisse vergleichbar.

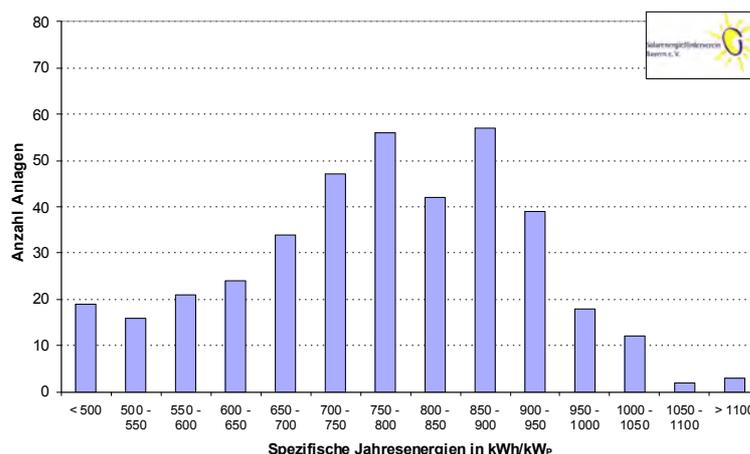


Bild 3: Verteilung des spezifischen Ertrages im Gesamtgebiet 2008
-Basis 390 Anlagen
-Mittelwert 771 kWh/kW_p

Die meisten Anlagen liegen im Bereich der Erträge von 750 - 800 kWh/kW_p sowie 850 - 900 kWh/kW_p. Maximale Erträge reichen über 1100 kWh/kW_p. Gründe, dass Anlagen schlechte Erträge von 0 – 500 kWh/kW_p liefern, sind nach der Erfahrung oft Verschattungen durch Bäume und Sträucher und Defekte der Wechselrichter. Anlagen mit hohen Erträgen über 900 kWh/kW_p sind intensiv betreut, ihr Standort weist gute Globalstrahlungswerte und gute Lüftung für die Solarmodule auf. Letzteres ist wichtig, denn photovoltaische Solargeneratoren zeigen – wie dargestellt - mit steigender Temperatur schlechtere Erträge.

Aussagen über die Verteilung der spezifischen Energieerträge in den einzelnen Bundesländern zeigt das unten stehende **Bild 4**. Es ist zu bemerken, dass nur die Verteilung der spezifi-

schen Energieerträge in den Bundesländern dargestellt ist, in denen eine genügend große Anzahl von nutzbaren Messdaten vorhanden war.

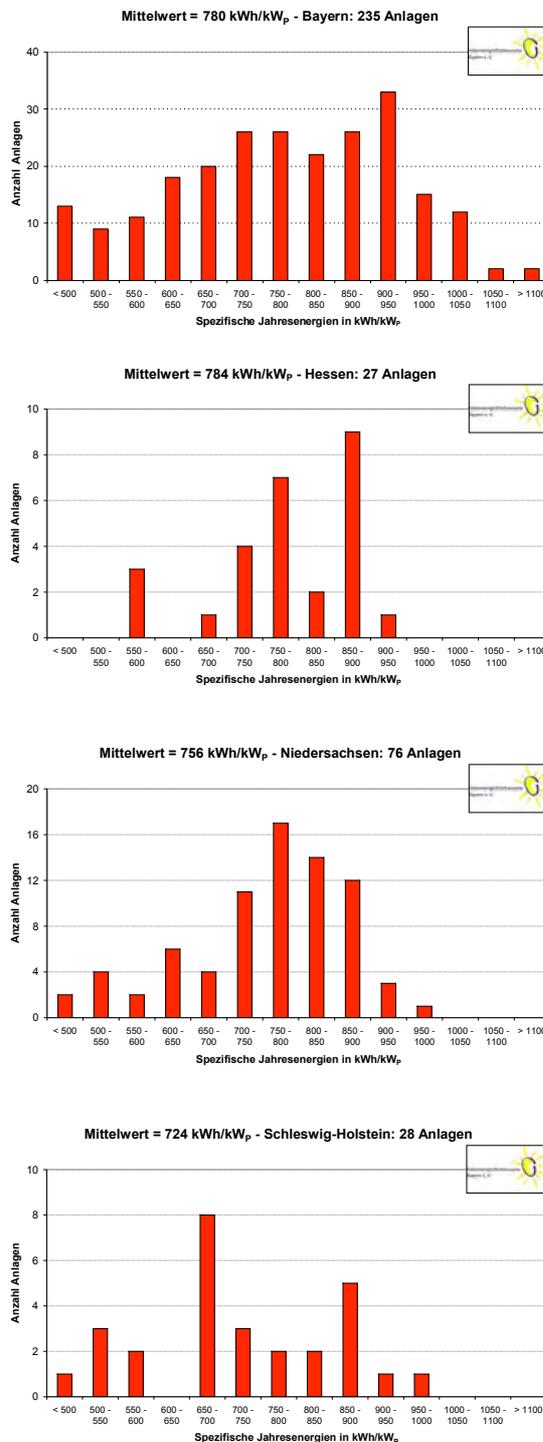


Bild 4: Erträge in den Bundesländern Bayern, Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Dargestellt sind die Anlagen mit nutzbaren Daten, die im Normalbetrieb verfügbar waren. Man beachte die verschieden skalierten Achsen!

Zahlenwerte

zur

Anzahl aller Anlagen in allen Bundesländern und den Mittelwerte aller Erträge zeigt **Tabelle 3**.

Tabelle 3: Anzahl der Anlagen mit „nutzbaren Datensätzen“ und Mittelwert des spezifischen Energieertrages aufgeteilt nach Bundesländern

Bundesland	Anzahl Anlagen 2008	Mittelwert spezifischer Ertrag in kWh/kW _p 2008	Veränderung des Ertrages gegenüber 2007
Bayern	235	780	-2,1%
Hessen	27	784	6,7%
Niedersachsen	76	756	-0,3%
Schleswig-Holstein	28	724	2,4%
Nordrhein-Westfalen	7	759	23,8%
Brandenburg	7	819	13,6%
Sachsen-Anhalt	3	616	-23,2%
Mecklenburg- Vorpommern	3	856	-1,0%
Bremen	3	748	7,0%
Sonstige (Rheinland-Pfalz, Thüringen)	1	598	./.
Gesamtgebiet	390	771	-0,13%

Wie zu erwarten, sind die Erträge wegen der besseren Globalstrahlungsbedingungen im Süden höher. Aber auch im Norden sind durchaus ansehnliche Energiemengen durch Photovoltaik zu erzeugen.

Bei der Bewertung der Tabelle ist zu beachten, dass mit wenigen Anlagen in manchen Bundesländern keine allgemeingültigen statistischen Aussagen zu treffen sind. Von einer kleinen Anzahl Anlagen kann nicht unbedingt auf das Verhalten aller Anlagen geschlossen werden.

2.3.2 Betriebsstörungen und Nichtverfügbarkeiten

Nach längerem Betrieb kann es zu Störungen kommen. Zudem werden in Schulen oft Umbauarbeiten durchgeführt, bei der die Photovoltaikanlage zeitweise nicht verfügbar ist. **Tabelle 4** zeigt dazu den langjährigen Verlauf der Anzahl von Schulen, die Messwerte geliefert haben; den genutzten Anteil der Messwerte sowie die Anzahl der Anlagen mit Störung als absolute und prozentuale Zahl.

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	Anzahl der Anlagen mit Störung
			absolut	prozentual
2002	460	389	71	15,4%
2003	512	460	52	10,2%
2004	576	468	108	18,8%
2005	574	458	116	20,9%
2006	579	437	142	24,5%
2007	496	407	89	17,9%
2008	507	390	117	23,1%

Die wichtigsten Gründe für Betriebsstörungen waren Wechselrichterdefekte.

Im Fall einer Störung ist der SeV dankbar für die Übermittlung der Störungsmeldung. Auf dieser Grundlage können die notwendigen Schritte zur Beseitigung der Probleme eingeleitet werden. Als Beispiel sind die Maßnahmen zum Austausch defekter Wechselrichter zu sehen, Details sind im Kapitel 4 „**Betreuung**“ zu sehen.

2.3.3 Erträge einzelner Schulen

Beispielhaft zeigen Bild 5, 6 und 7 als Balkendiagramm den Verlauf der monatlichen spezifischen Energieerträge von drei Schulen in Schleswig Holstein, Oberbayern und Mecklenburg-Vorpommern. Als Linie ist der monatliche Mittelwert aller Schulen mit nutzbaren Daten dargestellt.

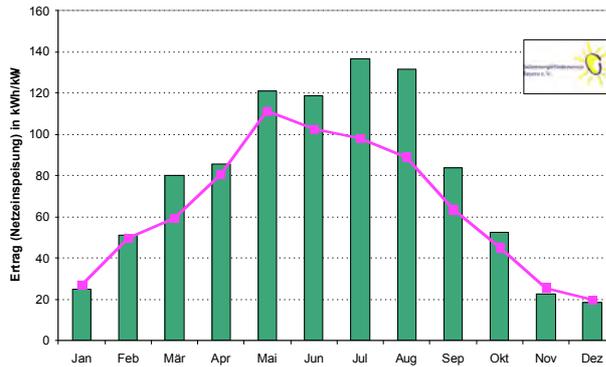


Bild 5: Schule in Schleswig - Holstein - spezifischer Jahresertrag 927 kWh/kW_p

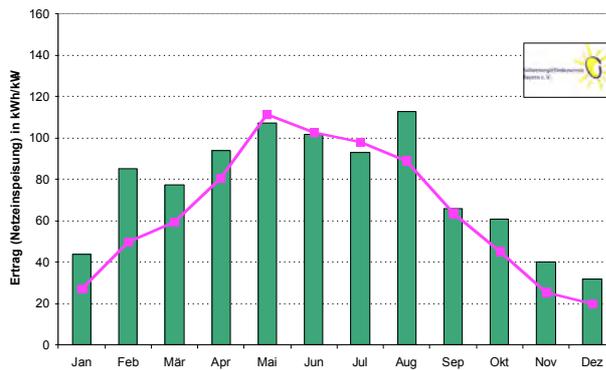


Bild 6: Schule im nördlichen Oberbayern - spezifischer Jahresertrag 913 kWh/kW_p

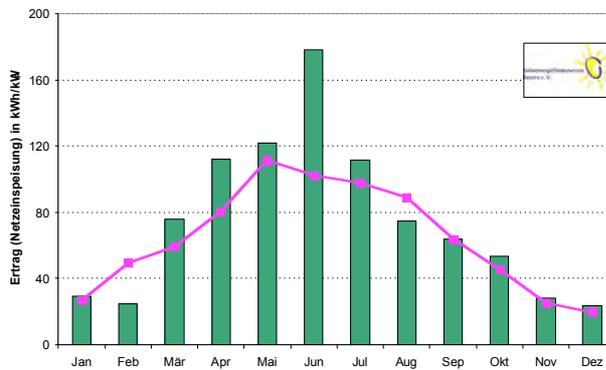


Bild 7: Schule in Mecklenburg-Vorpommern - spezifischer Jahresertrag 898 kWh/kW_p (andere Skalierung!)

3 Statusmeldung

Im Frühjahr 2008 wurden alle am Programm „Sonne in der Schule“ teilnehmenden Schulen gebeten, eine Statusmeldung über den Zustand der Photovoltaikanlage an den SeV zu übersenden. Es sollte ein Überblick über den Zustand gewonnen werden und welche Unterstützung benötigt wird, um die Einbindung in den Unterricht noch zu verbessern. Rund 300 Schulen haben den Fragebogen zurückgesandt. Folgende wesentliche Gruppen von Wünschen ergaben sich:

- Unterrichtsmaterial über Solarenergie
- Möglichkeiten der Visualisierung der Betriebsdaten der Photovoltaikanlage

Diese können wie folgt beantwortet werden:

- Das „Unabhängige Institut für Umweltfragen“ in Berlin stellt unter www.ufu.de Unterrichtshilfen zur Verfügung. Behandelte Themen sind beispielsweise „Wie funktioniert eigentlich eine Solaranlage?“ oder „Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine Photovoltaik-Anlage liefert?“
- Der SeV stellt gerne Broschüren und Plakate zur Verfügung. Informationen dazu sind auf der Website www.sev-bayern.de zu erhalten.
- Bezüglich der Visualisierung der Betriebsergebnisse der Photovoltaikanlage „Sonne in der Schule“ enthält Kapitel 4.3 Visualisierung der Betriebsdaten zahlreiche Informationen.

4 Betreuung

Das Programm „Sonne in der Schule“ wurde mit dem Ziel gestartet, dass die Technik der Photovoltaikanlage viele Jahre für die Schüler und Schülerinnen erfahrbar ist und zudem durch die Auswertung der Betriebsergebnisse Langzeiterfahrungen gesammelt und wissenschaftlich genutzt werden können. Dies setzt voraus, dass die Anlagen betriebsbereit sind. Der SeV bietet deshalb Unterstützung bei Problemen mit der Anlage an.

4.1 Wechselrichter

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 wesentliche Fälle zu unterscheiden, je nachdem ob die Anlage aus den früheren Programmen „Sonne in der Schule“ (SPN1000 Wechselrichter) oder „SonneOnline“ (SMA Wechselrichter) stammt.

4.1.1 Schulen mit Wechselrichter SPN1000

Meldet eine bayerische Schule den Defekt eines Wechselrichters Siemens SPN 1000, wird durch den SeV der Kontakt zu folgendem Unternehmen hergestellt:

Solar- und Elektrotechnik Ralf Kühlwein
Elektromeister - Solarteur®
80937 München
Josef-Ressel-Str. 16a
www.spn1000.de

Herr Kühlwein setzt sich dann telefonisch oder per Email mit dem betreuenden Lehrer/der betreuenden Lehrerin in Verbindung und klärt ab, ob es sinnvoll ist, das Gerät zu reparieren. Sollte dies der Fall sein, schickt die Schule den Wechselrichter an obige Adresse. Die Reparaturkosten übernehmen vorerst der SeV sowie E.ON Bayern, für die Schulen fallen die Versandkosten an. Sollte eine Reparatur nicht möglich sein, so wird in Absprache mit dem SeV ein anderer Weg, der in der Regel aufwändiger und teurer ist, gefunden werden. Erfahrungsgemäß kann die Reparatur einige Zeit in Anspruch nehmen, besonders wenn spezielle elektronische Bauelemente zu beschaffen und auszutauschen sind.

4.1.2 Schulen mit Wechselrichter Sunny Boy

Die ehemaligen SONNEonline Schulen sind mit dem Wechselrichter Sunny Boy SWR 850 des Herstellers SMA ausgerüstet. Die Bereitstellung eines Austauschgerätes wird vom SeV finanziell unterstützt. Getauscht bzw. repariert wurden seit 2004 mit Unterstützung des SeV 74 Wechselrichter. Im Falle eines Defekts 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 300 € zzgl. Versand bereit. Hierzu muss die Schule die nachstehenden Aktionen übernehmen:
 1. Bei SMA anrufen und Schaden mit Seriennummer des Gerätes melden (Hotline: 0561/9522-499).
 2. SMA sendet das Kostenübernahmeformular, welches unterzeichnet zurückgesendet werden muss.
 3. SMA sendet das 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 300 €, also 150 € überwiesen. **Diese Zusage einer Kostenbeteiligung gilt für Rechnungen, die bis zum 31. Dezember 2009 beim SeV eingegangen sind.**

4.1.3 Schulen mit sonstigen Wechselrichtern

Sind weitere Fabrikate (z.B. Fronius) von Wechselrichtern eingebaut und kommt es zu Störungen, so wird der SeV bei Störungen individuell helfen.

4.2 Weitere Störungen

Der SeV hilft auch weiterhin bei anderen technischen Störungen. Im Jahr 2008 wurden rund 140 Schulen auf verschiedene Arten betreut. Beispielsweise kam es zu Modulbeschädigungen durch Schneelast oder Steinschlag. Da der SeV bei Schulen die geschlossen wurden die Photovoltaikanlagen abgebaut hat, stehen so Ersatzmodule zur Verfügung. Diese werden den Schulen kostenlos zugesandt, der Einbau erfolgt in Eigenregie.

Allgemein gilt, dass der SeV bittet, das Problem in einer E-Mail an SonneSchule@sev-bayern.de darzustellen. Wir werden dann versuchen, so schnell als möglich weiterzuhelfen.

Damit ein Defekt der Photovoltaikanlage rasch erkannt wird, ist es wichtig, die Anlage mindestens alle drei Monate, am besten aber monatlich zu kontrollieren. Wenn, wie vorgesehen, die Erträge monatlich erfasst werden, kann eine Störung schnell sichtbar werden und dadurch ein längerer Ausfall der Photovoltaikanlage vermieden werden.

Wir bitten die Schulen die geschlossen werden, uns dies zu melden. Wie beschrieben ist der SeV durch die abgebauten Anlagen in der Lage, Ersatzteile an andere Schulen zu senden und evt. auch einer neuen Schule eine Photovoltaikanlage zur Verfügung zu stellen.

4.3 Visualisierung der Betriebsdaten

Der SeV wird immer wieder von Schulen, die am Programm „Sonne in der Schule“ teilnehmen gebeten, bei einer Visualisierung der Betriebsdaten der Photovoltaikanlage unterstützend einzugreifen. Dies war auch ein häufig genannter Wunsch in der in Kapitel 3 dargestellten Statusmeldung. Um hier Hilfestellung anzubieten, wurden die beiden unten stehenden Möglichkeiten zur Visualisierung in das Programm aufgenommen und werden – wie unten aufgeführt – bezuschusst.

- Die Visualisierung durch das System von Meteocontrol ist für Schulen, deren Anlage den Wechselrichter von SMA besitzt.
- Das System der Firma Solar- und Elektrotechnik Ralf Kühlwein ist für die Siemens-Wechselrichter SPN1000 gedacht.

Die Installation beider Systeme wird unterstützt. Die Schulen melden beim SeV unter SonneSchule@sev-bayern.de ihr Interesse mit Angabe der gewünschten technischen Lösung an. In der Regel gibt der SeV die Genehmigung. Die Schule wickelt den Vorgang eigenständig ab und erhält eine Rechnung, diese wird dem SeV zusammen mit der Kontonummer der Schule übermittelt. Daraufhin wird der einmalige Zuschuss von 400 € überwiesen. Zu beachten ist, dass bei der Bestellung auf das Programm „Sonne in der Schule“ verwiesen werden muss.

Als weitere Möglichkeit ist der „Solarsupport für Schulen“ zu nennen. Dies ist ein Programm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Es wird in Kapitel 4.3.3 beschrieben.

4.3.1 Lösung für SMA - Wechselrichter

Die Firma Meteocontrol (www.meteocontrol.de) bietet ein professionelles weit verbreitetes Monitoringsystem mit der Bezeichnung „WEB'Log light+“ an, mit dem die Betriebsdaten von Photovoltaikanlagen im Internet dargestellt und abgerufen werden können. Über zahlreiche Erweiterungsmöglichkeiten informiert Meteocontrol direkt. Für die Kommunikation wird ein Telefonanschluss (analog oder ISDN) oder ein Netzwerkanschluss benötigt. Die einmaligen Kosten für dieses System zeigt **Tabelle 5**.

Tabelle 5: Einmalige Kosten für das Visualisierungssystem von Meteocontrol

Bestellnummer	Bezeichnung	Preis
421.117	WEB'log Light+ Ethernet	315,75 €
421.0xx	Treiber Wechselrichterabfrage	89,00 €
422.52x	Easy-Connect-Kabel	5,60 €
	Mehrwertsteuer auf obige Komponenten	77,95 €
	Summe:	488,32 €

Die Kosten für den Installationsaufwand – den die Schule in Eigenregie durchführt - sind schwer abzuschätzen. Meteocontrol geht von einem Installationsaufwand von ca. ½ bis 1 Stunde aus; bei komplexen Systemen mit Einstrahlungssensor und Temperaturmessung kann der Aufwand auch höher liegen.

Die jährlichen an Meteocontrol zu zahlenden Betriebskosten belaufen sich auf ca. 35 bis 40 €. Bei einer Störung des Monitoringsystems kann man sich an die Hotline wenden, diese ist werktags täglich von 7 Uhr bis 17 Uhr besetzt.

Um einen ersten Eindruck von dem System zu erhalten, kann man sich probeweise unter www.meteocontrol.de im Feld „Kundenlogin“ mit den folgenden zwei „Rechstufen“ ins Portal einloggen:

Variante 1: Gastzugang
Benutzer: safersun_guest_de
Passwort: meteocontrol

Variante 2: Professioneller Zugang
Benutzer: safersun_pro_de
Passwort: meteocontrol

4.3.2 Lösung für Siemens SPN1000 Wechselrichter

Ein speziell auf den Wechselrichter SPN 1000 von Siemens ausgerichtetes MonitoringSystem bietet die Firma Solar- und Elektrotechnik Ralf Kühlwein (Kontakt Daten unter 4.1.1) an, welche auch die Wechselrichter repariert. Mit diesem System ist eine automatische Darstellung an einem PC - beispielsweise auch in der Aula - möglich. Einen guten Eindruck über dieses System erhält man über die Webseite www.spn1000ertragsdaten.de.

Für die Installation der Visualisierung sind ein PC sowie eine funktionierende Internetverbindung notwendig. Die Installation sollte in der Regel nicht mehr als 15 – 30 Minuten beanspruchen. Das notwendige „RS232 Kabel“ mit einer Länge von drei Metern ist im Lieferumfang enthalten. Die Kosten für dieses System (**Tabelle 6**, Nettopreise, es wird keine Mehrwertsteuer ausgewiesen) betragen:

Tabelle 6: Einmalige Kosten des Visualisierungssystems für den Wechselrichter SPN 1000

Bezeichnung	Preis
„Horus Web“ Software incl. RS232 Kabel (3 m)	400 €
USB-RS232 Wandler (bei Bedarf, in Absprache mit Herrn Kühlwein)	35 €
RS232-Netzwerk Wandler (bei Bedarf, in Absprache mit Herrn Kühlwein)	100 €

Die jährlichen Kosten - an Solar- und Elektrotechnik Ralf Kühlwein - liegen bei ca. 20 bis 30 €.

4.3.3 Solarsupport für Schulen

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fördert die Visualisierung regenerativer Energiesysteme. Die folgende Website gibt Informationen:

http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/visualisierung/

Der Zuschuss beträgt höchstens 2400 Euro. Der Antrag ist auf einem besonderen Antragsformular (siehe unter Formulare) innerhalb von sechs Monaten nach Inbetriebnahme der Visualisierungsmaßnahme zu stellen.

5 Wettbewerb und Geldpreise

Es wurde ein Wettbewerb ausgeschrieben, Thematik und Gewinner werden aufgeführt. Weiterhin werden die per Los ermittelten drei Schulen benannt, die ihre Betriebsdaten bis zum 15. Februar 2009 übermittelt hatten und dafür Geldpreise erhalten.

5.1 Wettbewerb

Auch 2009 rief der SeV zu einem Wettbewerb der teilnehmenden Schulen auf. Das Thema lautete: „Photovoltaik und Erneuerbare Energien – Wir betrachten sie von allen Seiten und mit allen Mitteln“. Die in **Tabelle 7** aufgelisteten Beiträge lassen wiederum großes Engagement erkennen. Die Gewinner sind:

Tabelle 7: Gewinner des Wettbewerbes

Platz	Preisgeld	Schule/Team
1. Preis	1000 €	Hauptschule Emskirchen
2. Preis	800 €	Berufliche Schule des Kreises Nordfriesland Niebüll
3. Preis	500 €	Friedrich-Wilhelm-Gymnasium Königs Wusterhausen
Sonderpreis	500 €	Berufsbildende Schule Zeven

Die Beiträge sind auf der Internetseite des SeV www.sev-bayern.de einzusehen.

5.2 Abgabe der Messdaten

Unter den exakt 400 Schulen, die bis zum 15. Februar 2009 ihre Betriebsergebnisse aus „Sonne in der Schule“ aus dem Jahr 2008 übermittelten, wurden auch in diesem Jahr 3 x 100 € verlost. Das Losglück traf die **Reuterstädter Gesamtschule** in Reuterstadt Stavenhagen, die **Volksschule in Langquaid** und die **Tucholsky Schule in Flensburg**.

6 Ausbildung und Studium im Bereich der Erneuerbaren Energien

Das Thema der regenerativen Energien nimmt, bedingt durch die Diskussion um den Klimawandel und der begrenzten Reichweite der Vorräte von konventionellen Energieträgern, einen immer größeren Raum ein. Nicht vergessen darf man dabei ebenso, dass die Technik der erneuerbaren Energien einen zunehmend großen Bedarf an Fachkräften hat. Immer mehr junge Leute entschließen sich daher zu einer Ausbildung oder einem Studium im Bereich der regenerativen Energien.

Zu vermerken ist, dass insbesondere die regenerativen Techniken abgedeckt werden müssen, daher sind neue Ausbildungs- und Studiengänge im Bereich der Technik entstanden. Aber auch in anderen „klassischen“ Arbeitsgebieten wie dem kaufmännischen Bereich bieten sich Chancen, wenn auch der Bedarf an Mitarbeitern eher im technischen Bereich besteht. Daher sind die folgenden beiden Kapitel keinesfalls als vollständig anzusehen!

6.1 Ausbildung zum Solarteur®

Ein Solarteur® oder Solar-Installateur ist ein ausgebildeter Handwerker (Elektro- bzw. Gas-Wasserinstallateur). Er hat sich nach Abschluss seiner Berufsausbildung in einem Kurs weitergebildet. Am Ende des Kurses - mit einem Umfang von ca. 200 Stunden - standen eine schriftliche Abschlussarbeit und eine mündliche Prüfung. Nach erfolgreichem Abschluss ist er qualifiziert Beratung, Montage und Inbetriebnahme von Anlagen der regenerativen Energietechnik selbstständig durchzuführen. Solarteur® ist ein geschützter Titel. Informationen hierzu und eine Linkliste bietet die Website: <http://www.solarteur.net/>

6.2 Studium

6.2.1 Bachelor und Master

Absolventen und Absolventinnen der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge zu regenerativen Energien müssen Wissen über Grundlagen und Technologien im Bereich der Solarenergie, Windenergie, Biomasse, Geothermie, etc. vorweisen können. Weiter sind fremdsprachliche Kompetenzen und möglichst erste berufliche Erfahrungen im Ausland heutzutage eine zwingende Voraussetzung für eine Anstellung. Es ist zu vermerken, dass derartig gut ausgebildete Ingenieure natürlich auch in „klassischen“ Arbeitsbereichen wie beispielsweise der konventionellen Energieumwandlung einsetzbar sein werden. Eine gute und breite Ausbildung ist das beste Fundament für ein erfolgreiches Berufsleben.

Entsprechend dem Bologna-Prozess bieten alle diese Studiengänge die Abschlüsse Bachelor und Master mit europaweit vergleichbaren Abschlüssen an.

- Im Bachelor-Studium wird dafür ein fundiertes Wissen in der Mathematik, den technischen und den naturwissenschaftlichen Grundlagen vermittelt. Im Anschluss daran erwerben die Studierenden anwendbare Kenntnisse und Fähigkeiten zur Lösung ingenieurtechnischer Aufgaben im Bereich der regenerativen Energien. Am Ende steht eine Bachelorarbeit, in der die Fähigkeit zu selbstständigem Arbeiten unter Anleitung nachgewiesen wird.
- Die Master-Ausbildung kann direkt anschließend absolviert werden, aber auch erst nach einigen Jahren im Beruf. Sie zielt auf die Vermittlung von Kenntnissen und Fähigkeiten in wissenschaftlicher und methodischer Richtung. Es wird hier großer Wert auf die Vermittlung theoretischer Grundlagen und deren ingenieurtechnischen Anwendung gelegt. Die Studenten werden in Forschungs- und Entwicklungsprojekte eingebunden. Hier steht am Ende die Masterarbeit, in der die Fähigkeit zu wissenschaftlichem Arbeiten nachgewiesen wird.
- Besonders befähigten Absolventen des Master-Studienganges bietet sich die Möglichkeit der Promotion.

6.2.2 Welche Hochschulen bilden aus?

Lehrveranstaltungen aus vielen Gebieten der erneuerbaren Energien werden heute von zahlreichen Universitäten und Hochschulen für angewandte Wissenschaften angeboten. Einige von Ihnen bieten spezielle Studiengänge für Regenerative Energien an. Einen Überblick geben folgende Websites:

<http://www.studium-erneuerbare-energien.de/>
<http://www.iwr.de/studium/>

Die nachstehende Linkliste – sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit – verweist auf die entsprechenden Websites einiger Bildungsstätten.

Uni-Kassel: <http://www.uni-kassel.de/e+u/>
Hochschule München: <http://www.ee.hm.edu/studierende/ree/>
HTW Berlin: <http://www.fl.fhtw-berlin.de/studiengaenge.html>
FH Bielefeld: <http://www.fh-bielefeld.de/article/fh/49>
Universität Oldenburg: <http://www.ppre.de/>

Aktuell ist ein großer Bedarf an Ingenieuren in diesem Gebiet vorhanden, der von den Hochschulen momentan nicht vollständig abgedeckt werden kann.

6.2.3 Bilder aus dem Studium

Der Verfasser dieses Berichtes ist Leiter des Studienganges „Regenerative Energien – Energietechnik“ an der Hochschule München. Dies ist ein siebensemestriger Bachelor-Studiengang mit einem integrierten Praxissemester. Das Grundstudium der ersten vier Semester ist elektrotechnisch orientiert, es wird großer Wert auf gute und breite Grundlagen gelegt. Den Studenten wird im Rahmen eines „Mentoring“ Hilfestellung zum Studium gegeben. Im Hauptstudium in den Semestern 5 bis 7 ist ein praktisches Studiensemester integriert. In den Lehrveranstaltungen der höheren Semester erhalten die Studenten dann alle Fähigkeit und das Wissen, um beispielsweise in Entwicklung und Berechnung, Montage, Inbetriebsetzung und Service, Betrieb und Instandhaltung oder Vertrieb von regenerativen Systemen tätig zu sein.

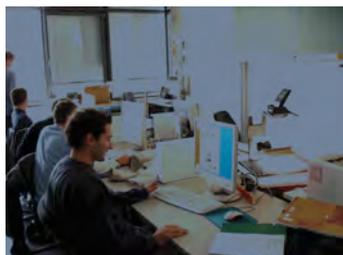
Einige Momentaufnahmen aus dem Studienalltag sollen den Weg einer Studentin/eines Studenten besser charakterisieren.



Exkursion im Rahmen „Mentoring“



Lehrveranstaltung Mathematik



Simulation am Rechner



Laborversuch

7 Zusammenfassung und Sonstiges

Auch im zwölften Jahr des Betriebes hat das Programm „Sonne in der Schule“ gezeigt, dass ein langjähriger Betrieb von Photovoltaikanlagen möglich ist. Der erzielte mittlere spezifische Ertrag aller Anlagen ohne wesentliche Betriebsunterbrechungen lag im Jahr 2008 bei 771 kWh/kW_p und damit wieder etwa auf dem Niveau der Vorjahre. Gute Betreuung und Unterstützung bei betrieblichen Problemen sollen auch zukünftig dafür sorgen, dass weiterhin gute Erträge erzielt werden. Ein neuer Baustein bei der Nutzung der Betriebsdaten ist ihre Visualisierung, die vom SeV unterstützt wird.

Es wurde ein Wettbewerb „Photovoltaik und Erneuerbare Energien – Wir betrachten sie von allen Seiten und mit allen Mitteln“ ausgeschrieben. Die eingereichten Beiträge lassen wiederum großes Engagement erkennen.

Letztlich gibt dieser Bericht weitergehende Informationen zu regenerativen Energien als Berufsfeld, hier eröffnen sich große Chancen für zahlreiche Schülerinnen und Schüler.

8 Anhang - Überschlägige Bestimmung des Ertrages

Tabelle 2 und Bild 2 geben die Globalstrahlungen auf eine waagrechte Fläche an verschiedenen Orten und Gebieten im Gebiet „Sonne in der Schule“ für das Jahr 2008 an. Mit Hilfe einfacher Betrachtungen lässt sich hieraus grob näherungsweise der Ertrag einer Photovoltaikanlage bestimmen. Ein Rechenbeispiel soll dies erläutern. Zum Verständnis des Berichtes ist dieses nicht erforderlich. Zu vermerken ist: Die Leistung von Photovoltaikanlagen wird in Kilowatt Peak (kW_p) angegeben, das ist die Spitzenleistung, die das Modul bei einer Bestrahlungsstärke von 1.000 W/m² und einer Temperatur von 25°C erreicht.

In Oberbayern werde eine Anlage von „Sonne in der Schule“ betrieben.

- Die gesamte Globalstrahlung des Jahres 2008 im nördlichen Oberbayern lag nach Bild 2 im Bereich 1181 bis 1200 kWh/m², als Mittelwert werden 1190 kWh/kW_p angesetzt. Wie vorn dargestellt, liegt die Globalstrahlung auf eine optimal geneigte Fläche von 30° höher, hier wird von einer Erhöhung von 12 % ausgegangen. Der Wert der Globalstrahlung ist also mit 1,12 zu multiplizieren, um die Globalstrahlung auf die geneigte Modulfläche zu erhalten. Damit hat diese den Wert 1332 kWh/m².
- Die Photovoltaikanlage ist aus 20 Modulen Siemens M55 der Nennleistung 55 W_p aufgebaut. Die Fläche eines Moduls beträgt 0,4254 m², die gesamte Fläche aller Module beträgt damit 8,51 m². Die Gesamtleistung liegt damit bei 1,1 kW_p. Die Module seien mit dem Neigungswinkel 30° nach Süden ausgerichtet. Verschattung ist nicht vorhanden, es erfolgt eine gute Lüftung. Wenn man eine gewisse Degradation der Module nach weit über 10 Jahren Betrieb einrechnet, ist hier mit einem mittleren Wirkungsgrad der Module von 9,5 % zu rechnen.
- Der Wechselrichter wird zur Umwandlung des von den Modulen erzeugten Gleichstromes in Wechselstrom – dem Standard im öffentlichen Netz - benötigt. Der mittlere Wirkungsgrad – der hier meist älteren Wechselrichter, neuere Geräte sind wesentlich besser - kann etwa 90 % erreichen.
- Damit ergibt sich die in das Netz eingespeiste jährliche Energie mit dem Formelzeichen W:

$$W = 1332 \text{ kWh/m}^2 * 8,51 \text{ m}^2 * 9,5 \% * 90 \% = 969 \text{ kWh}$$

Der spezifische Ertrag bestimmt sich zu 969 kWh/1,1 kW_p = **881 kWh/kW_p**

- Die Realität zeigt: Eine Schule im nördlichen Oberbayern erzielte nach Bild 6 einen spezifischen Jahresertrag von 913 kWh/kW_p.