

Abschlussbericht zum Vorhaben

Wissenschaftliche Begleitung SONNEonline

Projektleitung und Gesamtdredaktion

Volker U. Hoffmann

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstr. 2

79110 Freiburg

Tel.: 0761-45 88-53 38

Fax: 0761-45 88-93 38

e-mail: vuh@ise.fhg.de

Mitarbeit am Projekt

Alfons Armbruster

Wolfgang Heydenreich

Klaus Kiefer

Inhalt

1	Zielsetzung.....	3
2	Technische Vorarbeiten.....	4
3	Statistische Daten.....	5
4	Datenübermittlung	6
5	Klärung technischer und organisatorischer Fragen	7
6	Auswertung der Messdaten	8
6.1	Ergebnisse des Gesamtzeitraumes	8
6.1.1	Intensiv vermessene Anlagen (I-MAP).....	8
6.1.2	S-MAP	13
6.2	Ergebnisse des Jahres 2001.....	16
6.2.1	Anlagenertrag	16
6.2.2	Detailanalyse	19
6.2.3	Beispielanlagen.....	22
7	Internet-Präsentation	30
7.1	Zugriffsstatistiken	30
7.1.1	Zugriffszahlen pro Monat.....	30
7.1.2	Zugriffszeiten	31
7.1.3	Zugriffe nach Ländern und Toplevel Domains	32
7.2	Häufig und selten aufgerufenen Seiten der Internetpräsentation.....	33
7.2.1	Die aktuellen Tageskurven.....	33
7.2.2	Die Schulenportraits.....	34
8	Zusammenfassung	38
9	Veröffentlichungen und Vorträge.....	39

1 Zielsetzung

Das Vorhaben SONNEonline ist ein Schulförderprogramm von PreussenElektra – jetzt E.ON - und Partner. In seinem Rahmen erhielten rund 450 Schulen eine PV-Anlage mit einer Solargeneratorleistung von jeweils 1,08 kW_p bzw. 1,10 kW_p.

Wie sich aus dem Namen ableiten lässt, verbindet das Vorhaben SONNEonline die Photovoltaik mit einer weiteren innovativen Komponente, dem Internet. Beteiligten Schulen, die noch keinen Zugang zum Internet hatten, wurde dieser im Rahmen von SONNEonline eingerichtet.

SONNEonline ist in erster Linie als Vorhaben zur Demonstration der photovoltaischen Technik an Schulen konzipiert worden. Daraus leitet sich auch die in den ersten Jahren sehr intensive Betonung pädagogischer Effekte ab. Die kommerzielle Nutzung der Anlagen zur Stromerzeugung stand bei der Konzipierung von SONNEonline erst an zweiter Stelle

Das Vorhaben SONNEonline ist das erste und bisher einzige Vorhaben der netzgekoppelten Photovoltaik, bei dem die gesamte Messdatenübertragung, die Präsentation der Auswertungsergebnisse sowie wesentliche Teile der Kommunikation mit den Schulen und der Schulen untereinander über das Internet erfolgte.

Das Fraunhofer ISE in Freiburg war von Beginn des Vorhabens an mit dessen fachlicher Begleitung beauftragt. Ziel seiner Arbeiten ist vor allem die Ermittlung wissenschaftlich fundierter Daten und deren Bereitstellung für die Schulen und die Öffentlichkeit im Internet. Das Messprogramm gliedert sich in zwei unterschiedliche Bereiche:

- Das Standard-Mess- und Auswerteprogramm (S-MAP), in das alle innerhalb des Vorhabens errichteten PV-Anlagen einbezogen sind. Die Schulen übermitteln per Internet die Monatswerte der solaren Stromerzeugung (Zählerstand des Erzeugungszählers) sowie den Zählerstand der Betriebsstunden des Wechselrichters.
- Das Intensiv-Mess- und Auswerteprogramm (I-MAP). Hier werden seit Ende 1998 insgesamt 12 Anlagen mit Datenloggern vermessen. Von den Anlagen werden sowohl Messdaten zum Betriebsverhalten, als auch meteorologische Daten erfasst und über das Telefonnetz nach Freiburg übertragen.

Auswertungen des S-MAP und des I-MAP wurden aktuell im Internet unter www.sonneonline.de dargestellt.

Fraunhofer ISE unterstützte PreussenElektra bzw. E.ON bei der Klärung wichtiger technischer Fragen insbesondere in der Vorbereitung des Vorhabens (s. Abschnitt 2) aber auch während seiner Realisierung. Zu einigen Themen, wie beispielsweise der elektrischen Sicherheit der Anlagen, wurden gemeinsam mit PreussenElektra und Partnern sowie interessierten Schulen gesonderte Workshops bzw. Seminare durchgeführt.

Und nicht zuletzt stand Fraunhofer ISE den beteiligten Schulen für die Beantwortung fachlicher Fragen zur Verfügung. Genutzt werden dazu das im Internet dargestellte Gästebuch, das Diskussionsforum Aula sowie der direkte Weg über e-mail. Der letztere Weg dominierte über den gesamten Zeitraum hinweg.

2 Technische Vorarbeiten

Fraunhofer ISE war bereits in der Anfangsphase bzw. Vorbereitungsphase des Vorhabens intensiv einbezogen. Die nach der Ausschreibung von verschiedenen Firmen angebotenen Standardsysteme wurden am Fraunhofer ISE aufgebaut und getestet. Auswahlkriterien waren neben der Qualität der Komponenten (Module und Wechselrichter) vor allem auch deren Handhabbarkeit und der leichte Aufbau der Anlagen. Die letztendlich ausgewählte Anlagenversion wurde vom TÜV zertifiziert.

Neben den technischen Fragen brachte Fraunhofer ISE seine Erfahrungen mit der netzgekoppelten Photovoltaik auch in den Pädagogischen Beirat ein, der das Vorhaben über eine bestimmte Zeit hinweg begleitete. Im Gegensatz zu einigen anderen PV-Schulvorhaben, spielte bei SONNEonline der erzieherisch-pädagogische Aspekt von Anfang an eine wichtige Rolle. Die beteiligten Schulen erhielten Lehr- und Lernhilfen in Form von Literatur und Experimentierhilfen (Solarkoffer). Die Auswahl dieser Unterlagen wurde von dem bereits erwähnten Pädagogischen Beirat getroffen. Mitarbeiter von Fraunhofer ISE haben in dem Beirat mitgewirkt und nahmen an mehreren Besprechungen teil. Dabei erläuterten sie u. a. technische Aspekte der Photovoltaik allgemein als auch die Modalitäten der Datenübermittlung per Internet und die Ziele der Auswertung. Sie gaben weiterhin Hilfe und Unterstützung bei der Auswahl der Lehr- und Lernhilfen.

Ein weiterer wichtiger Teil der technischen Vorarbeiten wurde vom Lieferanten der Anlagen, IBC Staffelstein, geleistet. So erhielten die Schulen eine speziell für das Vorhaben erarbeitete Anlagendokumentation, die auch die Montagehinweise beinhaltete. Weiterhin führte IBC Staffelstein mehrere Schulungen mit den verantwortlichen Projektleitern durch, war in einigen Fällen bei der Montage direkt vor Ort und leistete bei aufgetretenen Fragen entsprechende Unterstützung.

3 Statistische Daten

Hinsichtlich der Installation der Anlagen ist es bei den Schulen zu relativ großen zeitlichen Verzögerungen gekommen. Selbst im Jahre 2000 wurden noch Anlagen errichtet. Insgesamt liegen dem Fraunhofer ISE die Projektstammdaten von insgesamt 392 Anlagen vor.

In dem Vorhaben kamen zwei Modultypen zum Einsatz, woraus sich folgende Anlagenkonfigurationen ergeben:

- 9 Module Kyocera KC 120-1, Solargeneratorleistung 1,08 kW_p,
1 Wechselrichter SMA SWR 850
- 10 Module Kyocera KC 110-1, Solargeneratorleistung 1,10 kW_p,
1 Wechselrichter SMA SWR 850

Rund 80 % aller Anlagen sind mit dem Modultyp KC 120-1 ausgerüstet. Die restlichen 20 % mit dem Modultyp KC 110-1. Eine Ausnahme bildet die Anlage der FH Frankfurt am Main. Hier wurden 9 Module vom Typ Kyocera KC 60 und ein Wechselrichter vom Typ SMA SWR 700 installiert. Diese Anlage hat somit nur die halbe Generatorleistung der anderen Anlagen.

4 Datenübermittlung

Die am Vorhaben beteiligten Schulen meldeten die Betriebsbereitschaft ihrer Anlage durch die Übermittlung einer so genannten Checkliste zur Qualitätssicherung der SONNEonline Anlagen bei Fraunhofer ISE an.

Von dort erhielten sie daraufhin den Vordruck eines Projektstammblasses mit der Bitte um Ausfüllung. Dieses Projektstammblass enthielt die wichtigsten Informationen zur installierten PV-Anlage.

Weiterhin erhielten die Schulen ein Passwort zur Übermittlung der monatlichen Messdaten (Ablesung des Erzeugungszählers) per Internet. Über die eigens für SONNEonline eingerichtete Homepage (www.sonneonline.de) konnten die Schulen mit Hilfe des Passwortes ein elektronisches Messdatenblatt aufrufen und dort die abgelesenen Zählerstände eintragen.

Und schließlich wurden die Schulen um die Bereitstellung von aussagefähigem Bildmaterial zur Präsentation der Anlagen im Internet (s. Abschn. 7) gebeten. Im Herbst 1998 wurden erhebliche Verzögerungen im Zeitplan der gemeldeten Anlageninstallationen festgestellt. Nur relativ wenige Checklisten bzw. Projektstammblätter lagen bei Fraunhofer ISE vor.

Aus telefonischen Rückfragen von Schulen und örtlichen Energieunternehmen sowohl bei PreussenElektra als auch bei Fraunhofer ISE wurde deutlich, dass es in einigen Fällen erhebliche Informationsdefizite über die Realisierung der Anlageninstallation gab, obwohl die Verfahrensweise der Anlagenabnahme und die Bedeutung des Projektstammblasses für die Vorhabensabwicklung in entsprechenden Workshops den am Vorhaben beteiligten Partner umfassend erläutert wurde.

Dies war Anlass für eine Befragung der am Vorhaben SONNEonline beteiligten Schulen.

In Abstimmung mit PreussenElektra wurde daher ein Fragebogen entwickelt mit dessen Hilfe der Informationsstand zum Vorhaben SONNEonline bei den Schulen erkundet werden sollte. Der Fragebogen wurde an alle am Vorhaben SONNEonline beteiligten Schulen verschickt. Parallel dazu erhielten alle beteiligten örtlichen Energieunternehmen ein Schreiben, in welchem sie von der Befragung der Schulen informiert und um entsprechende Unterstützung der Aktion gebeten wurden. Den Briefen an die Schulen und an die Energieunternehmen lag jeweils ein Exemplar des Formblattes »Projektstammblass« und des Formblattes »Checkliste« bei.

Die Rücklaufquote der Befragung lag bei rund 45 %. Der Rücklauf selbst erstreckte sich allerdings über mehrere Monate. Im Ergebnis der Befragung wurden erhebliche Informationsdefizite insbesondere bei den Projektleitern der beteiligten Schulen festgestellt. Viele von ihnen gaben an, dass sie über die Art

der Messdatenübermittlung und die Funktion der Checkliste nicht ausreichend informiert worden waren. Sie nahmen die Befragung aber zum Anlass, sich in Zusammenarbeit mit den jeweils zuständigen örtlichen Energieunternehmen mit dem Vorhaben SONNEonline intensiv zu beschäftigen. Insofern hat die Befragung eine insgesamt positive Reaktion ausgelöst. Zahlreiche Schulen wandten sich mit gezielten Rückfragen an Fraunhofer ISE und erbaten zusätzliche Informationen. Insgesamt kam es durch die Befragung zu einer deutlichen Verbesserung in der Bereitstellung der Ausgangsdaten durch die Schulen.

5 Klärung technischer und organisatorischer Fragen

Im Zusammenhang mit der Realisierung des Vorhabens gab es regelmäßige Arbeitstreffen zwischen PreussenElektra und Fraunhofer ISE. Im Rahmen der Treffen zwischen PreussenElektra und Fraunhofer ISE wurde der jeweils erreichte Realisierungsstand vorgestellt und die nächsten Arbeitsschritte festgelegt. Die jeweils angefertigten Protokolle wurden Arbeitsgrundlage.

Darüber hinaus wurden zu speziellen Fragen so genannte SONNEonline- Arbeitstreffen durchgeführt, an denen neben PreussenElektra auch Mitarbeiter der beteiligten örtlichen Energieunternehmen sowie Mitarbeiter von Fraunhofer ISE teilnahmen. In den SONNEonline-Arbeitstreffen, die vor allem zu Beginn des Vorhabens stattfanden, wurden insbesondere technische Fragen und Fragen der pädagogischen Begleitung diskutiert. An diesen Arbeitstreffen nahmen teilweise auch Vertreter der beteiligten Schulen bzw. Schulbehörden teil.

In einem dieser SONNEonline Arbeitstreffen spielten die Fragen der elektrischen Sicherheit eine besondere Rolle. Im Ergebnis wurde festgelegt, dass am 30.9.1997 in Hannover ein spezielles Seminar zu diesen Fragen durchgeführt wird. Die Ergebnisse aus in diesem Seminar beeinflussten auch die laufenden Diskussionen zu den Fragen der Normung und Regelung von Blitzschutzfragen in den dafür zuständigen Gremien.

6 Auswertung der Messdaten

Grundlage für die Auswertung der Anlagen waren im S-MAP die monatlichen Ablesungen des Erzeugungszählers. Diese Werte wurden von den beteiligten Schulen in ein elektronisches Messdatenblatt eingetragen und per Internet an Fraunhofer ISE übermittelt. Der Eintrag der Werte in die Datenbank erfolgte auf direktem Wege. Eine Plausibilitätsprüfung der Werte wurde im Zusammenhang mit der Auswertung vorgenommen.

Bei den zwölf intensiv vermessenen Anlagen erfolgte ein automatischer Abruf der unter Punkt 6.1.1 genannten Daten. Diese Werte wurden in einer gesonderten Datenbank zur Auswertung abgelegt.

6.1 Ergebnisse des Gesamtzeitraumes

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse für den gesamten Zeitraum des Vorhabens vorgestellt. Detailauswertungen sind in den Berichten für die betreffenden Jahre enthalten.

6.1.1 Intensiv vermessene Anlagen (I-MAP)

Standorte

Von den in Tabelle 1 aufgeführten zwölf Anlagen werden bereits seit Juli 1998 detaillierte Messwerte erfasst und entsprechend ausgewertet.

Tabelle 1

Übersicht der intensiv vermessenen Anlagen im Vorhaben SONNEonline

PLZ	Ort	Betreiber	Pstc ²⁾
60329	Frankfurt	Fachhochschule Frankfurt am Main	0,54
36179	Bebra	BS des Landkreises Hersfeld-Rotenburg	1,10
30902	Isernhagen	Rathaus	1,10
34147	Kassel	Städtische Werke AG	1,10
24119	Kronshagen	IPTS Kiel ¹⁾	1,10
30457	Hannover	E.ON Energie AG	1,08
49647	Cloppenburg	EWE	1,08
14547	Beelitz	Sally-Bein-Gymnasium	1,08
39387	Oschersleben	BBZ des Bördekreises	1,08
18573	Samtens	Realschule	1,08
24768	Rendsburg	Schleswig	1,08
27472	Cuxhaven	EWE	1,08

1) Institut für Praxis und Theorie der Schule; 2) Pstc = Peakleistung

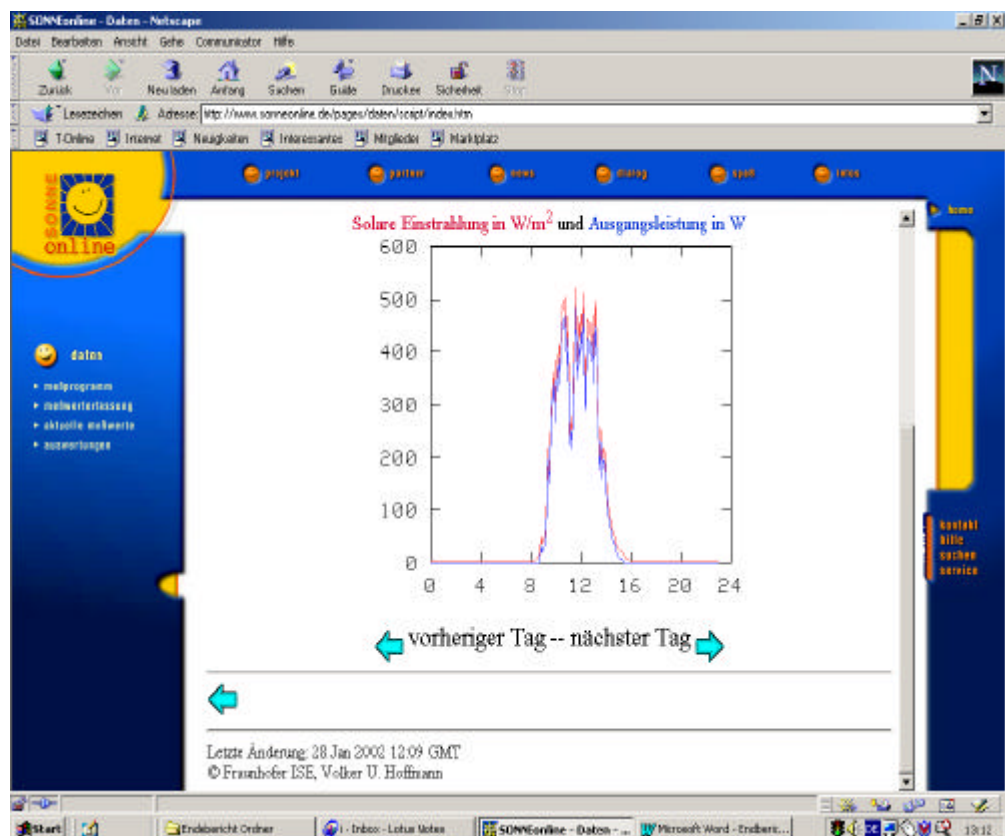
Auswertungen

Die Auswertungen werden in zwei Richtungen den beteiligten Schulen und der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht:

- Die Tagesgänge von Einstrahlungs- und Erzeugungswerten der zwölf Anlagen werden als Grafik jeweils am Folgetag im Internet dargestellt (Bild 1)

Bild 1

Beispiel für eine Darstellung des Tagesverlaufes von Einstrahlungs- und Erzeugungswerten im Internet (Anlage Samtens am 22.1.2002)



- In einer Monatsauswertung werden von den zwölf Anlagen die nachfolgenden Daten tabellarisch dargestellt (Bild 2):
 - Einstrahlung horizontal
 - Einstrahlung in Modulebene
 - Energie Solargeneratorausgang
 - Energie Gesamtanlage
 - Wirkungsgrad Wechselrichter
 - Wirkungsgrad Anlage
 - Performance Ratio

Bild 2

Beispiel für eine Monatsbilanz der intensiv vermessenen Anlagen im Internet

Monatsbilanz der intensiv vermessenen Anlagen

Juni 2000	G_{Bw}	G_{Mol}	E_{DC}	E_{AC}	η_{PV}	η_{WR}	η_{Ges}	PR
Anlage	kWh/m^2	kWh/m^2	kWh	kWh	%	%	%	%
Bebra	159.6	165.7	135.88	134.97	8.83	99.33	8.77	74.06
Berlitz	147.9	155.7	125.36	111.17	9.63	88.68	8.54	66.13
Cuthaven	76.9	91.1	81.70	72.27	10.73	88.46	9.49	73.48
Cloppenburg	129.3	133.3	124.32	114.74	11.16	92.29	10.30	79.72
Frankfurt*	181.6	189.1	79.47	71.51	9.53	89.98	8.57	70.02
Isernhagen	116.7	133.0	121.16	110.33	9.81	91.06	8.93	75.44
Kiel	123.1	133.2	123.09	97.45	9.94	79.17	7.87	66.49
Oescherleben	168.9	172.6	155.28	139.89	10.76	90.08	9.69	75.04
Hannover	141.1	151.4	132.51	122.31	10.47	92.30	9.66	74.78
Rendsburg	130.4	130.5	110.30	92.61	10.11	83.96	8.49	65.70
Samtens	154.2	160.4	147.66	132.56	11.01	89.78	9.88	76.51
Kassel	157.0	164.6	141.97	128.00	9.29	90.16	8.37	70.72

* Die Anlage Frankfurt entspricht einer halben SONNEonline Standardanlage.

Als Ergebnis der Auswertung im I-MAP erhalten die betreffenden Schulen eine acht Seiten umfassende detaillierte Jahresauswertung ihrer Anlage. Sie enthält die monatlichen Daten zur Meteorologie, zum Anlagenbetrieb und Energiebilanzen sowie Daten zur Anlageneffizienz. Zu der Auswertung gehören weiterhin umfangreiche grafische Darstellungen.

Datenverfügbarkeit

Tabelle 2

Datenverfügbarkeit der intensiv vermessenen Anlagen im Vorhaben SONNEonline

Anlage	1999	2000	2001	Mittelwert
Frankfurt	96,8	96,9	99,9	97,9
Bebra	89,6	¹⁾	¹⁾	¹⁾
Isernhagen	99,1	100,0	99,8	99,6
Kassel	99,9	100,0	...	93,2
Kronshagen	98,1	99,8	100,0	99,3
Hannover	100,0	100,0	99,7	99,9
Cloppenburg	93,7	100,0	99,9	97,9
Beelitz	98,9	100,0	100,0	99,6
Oschersleben	99,7	100,0	99,7	99,8
Samtens	99,2	100,0	91,7	97,0
Rendsburg	99,5	100,0	92,3	97,3
Cuxhaven	99,0	98,8	²⁾	98,7 ²⁾
Mittelwert	97,8	99,6	96,3	97,9

- 1) Die Anlage wurde 2000 und 2001 aus der Auswertung herausgenommen, da die Stromversorgung für die Messtechnik vom Betreiber mehrfach für längere Zeit unterbrochen wurde.
 2) Anlage wurde vom Betreiber demontiert. Datenabruf nur bis 16.11.2001 – siehe auch Abschn. 5.2

Die Datenverfügbarkeit für die Jahre 1999 bis 2001 ist in Tabelle 2 aufgeführt. Es wird erkennbar, dass sie über den gesamten Zeitraum hinweg deutlich über 95 % betrug.

Im Jahr 2001 zeigten einige Anlagen auffallend niedrige Datenverfügbarkeiten. Die Ursachen dafür sind unterschiedlich. So wurde bei den Anlagen in Samtens und Rendsburg durch Arbeiten an der Elektroinstallation die Messtechnik für mehrere Wochen abgeschaltet. In Rendsburg kam es aus den gleichen Gründen zusätzlich noch zur Abschaltung der gesamten Anlage. Bei der Anlage in Kassel setzte ein Blitzeinschlag im Juli die Anlage außer Betrieb.

Performance Ratio

Die Performance Ratio (PR) erlaubt eine standortunabhängige Beurteilung von PV-Anlagen. Sie kennzeichnet die Ausnutzung der betreffenden Anlage im Vergleich zu einer verlustfrei unter nominellen Betriebsbedingungen arbeitenden Anlage. Gute Anlagen sollten mindestens eine PR von $\geq 75\%$ erreichen. Tabelle 3 zeigt die Jahreswerte der PR für die zwölf intensiv vermessenen Anlagen.

Tabelle 3

Jahreswerte der PR für die zwölf intensiv vermessenen Anlagen

Anlage	1998 ¹⁾	1999	2000	2001	Mittelwert
Frankfurt	69,9	70,3	70,2	70,9	70,3
Bebra	70,0	72,7	²⁾	²⁾	²⁾
Isernhagen	75,0	75,8	69,3	68,7	72,2
Kassel	71,9	72,3	72,5	73,0	72,4
Kronshagen	69,2	66,8	66,9	67,4	67,6
Hannover	75,9	76,2	74,2	73,5	75,0
Cloppenburg	75,8	78,5	77,2	77,9	77,4
Beelitz	58,4	66,1	65,9	64,3	63,7
Oschersleben	76,8	76,8	76,9	76,2	76,7
Samtens	76,7	77,1	77,4	77,0	77,1
Rendsburg	75,8	69,2	64,5	62,3	68,0
Cuxhaven	78,0	79,7	79,3	³⁾	79,0 ³⁾
Mittelwert	72,8	73,5	72,2	71,1	72,4

1) Zeitraum Juli bis Dezember 1998

2) Die Anlage wurde 2000 und 2001 aus der Auswertung herausgenommen, da die Stromversorgung für die Messtechnik vom Betreiber mehrfach für längere Zeit unterbrochen wurde.

3) Anlage wurde vom Betreiber demontiert. Datenabruf nur bis 16.11.2001 – siehe auch Abschn. 5.2

Aus Tabelle 3 wird erkennbar, dass bei maximal vier Anlagen die PR unter 70 % liegt. Bei drei Anlagen ist dies auf eine zeitweise Abschattung des Solargenerators zurück zu führen. So ist die Anlage in Beelitz insbesondere morgens und abends stark abgeschattet. Bei der Anlage in Kronshagen gibt es im Sommer eine starke Abschattung von Osten her. Und bei der Anlage in Rendsburg tritt die Abschattung bei niedrigem Sonnenstand vorwiegend morgens auf. Die Ursachen für die temporären und partiellen Verschattung des Solargenerators sind im nicht optimalen Aufstellungsort des Solargenerators zu suchen. Den jeweiligen Betreibern ist dieser Sachverhalt bekannt, er kann aber nicht geändert werden. Weitere Informationen zur PR der Anlagen in den einzelnen Jahren sind in den Jahresberichten enthalten.

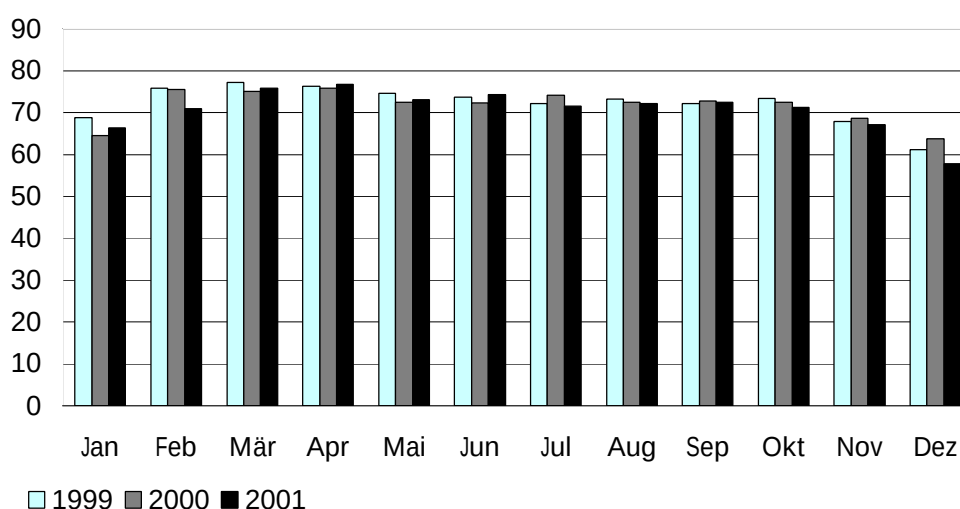
Bei der Auswertung der intensiv vermessenen Anlagen wurde bereit 1998 festgestellt, dass die PR bei den Anlagen mit dem Modultyp KC 120-1 im Mittel um 5 % über denen mit KC 110-1-Modulen liegt (vgl. Tabelle 3 und Wissenschaftliche Auswertung für das Jahr 1998). Um dieses Auswertungsergebnis direkt an einer Anlage zu überprüfen, wurde am 20.9.1999 eine Leistungsmessung in der Anlage Kronshagen vorgenommen. Die Messung ergab eine Differenz von 11,1 % zwischen den Angaben im Datenblatt des Herstellers und der gemessenen STC-Leistung.

Die Messergebnisse wurden dem Auftraggeber übermittelt. Ihm oblag es dann zu prüfen, inwieweit Garantieansprüche gegenüber dem Lieferanten geltend zu machen waren.

Bild 3

Monatsmittel der Performance Ratio der intensiv vermessenen Anlagen

Performance Ratio in %



Enthält die Tabelle 3 die erreichten Jahreswerte der PR, so zeigt Bild 3 die Entwicklung des Monatsmittels der PR für die intensiv vermessenen Anlagen für den Zeitraum von 1999 bis 2001. Dieser Mittelwert liegt, mit Ausnahme der Monate November bis Januar stets über 70 %.

Aus Bild 3 wird der charakteristische Verlauf der PR über das Jahr hinweg gut sichtbar. Die höchste PR ist jeweils in den Monaten März und April zu verzeichnen – in der Regel hohe Einstrahlungswerte bei noch niedrigen Außen- und damit auch Modultemperaturen. In den Folgemonaten sinkt die PR wegen der zunehmenden Modultemperaturen, bedingt durch steigende Einstrahlungs- und Außentemperaturwerte leicht ab. Die Ursachen für den Rückgang der PR in den Monaten November bis Januar sind vorrangig auf das Teillastverhalten von Modulen und Wechselrichtern, bedingt durch meteorologische Faktoren, u. a. Schneebedag auf den Modulen, zurückzuführen.

6.1.2 S-MAP

In die Standardauswertung im Rahmen des Vorhabens SONNEonline gehen sowohl die Projektstammdaten als auch die von den Schulen übermittelten Messdaten ein. Auf der Grundlage dieser Werte wird der so genannte normierte Anlagenertrag (kWh/kW_p) errechnet.

Anlagenenertrag

In Tabelle 4 sind die normierten Anlagenenerträge für die jeweiligen Jahre dargestellt. Gleichzeitig ist dort die Anzahl der Schulen aufgeführt, die kompletten Messdaten für das betreffende Jahr übermittelt haben.

Tabelle 4

Jahreserträge (kWh/kW_p) der SONNEonline-Anlagen und Anzahl der Anlagen von 1998 bis 2001

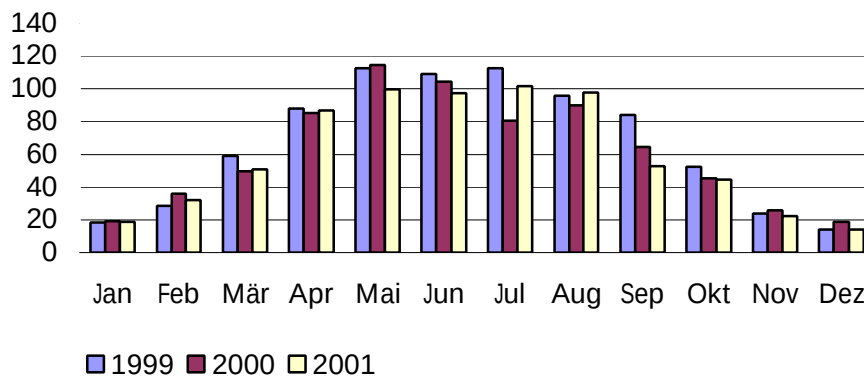
	1998	1999	2000	2001
Anlagenenertrag	690	798	734	719
Anzahl der Anlagen	25	92	279	230

Die erkennbaren Unterschiede sind zum einen auf die jeweils unterschiedliche Anzahl von Anlagen zurück zu führen, zum anderen wirken sich aber auch die konkreten Einstrahlungsverhältnisse in den betreffenden Jahren aus.

Bild 4

Verteilung der monatlichen mittleren Anlagenenerträge für 1999 bis 2001 (S-MAP; jeweils unterschiedliche Anlagenzahl)

Anlagenenertrag



Die Schwankungsbreite der erreichten Anlagenenerträge um den in Tabelle 4 aufgeführten Mittelwert war in den einzelnen Jahren ganz erheblich (Tabelle 5). Die vergleichsweise geringere Anzahl von Anlagen im Jahre 2001 ist darauf zurückzuführen, dass die Pflicht zur Datenbereitstellung offiziell im Jahre 2000 endete. Zahlreiche Schulen haben aber weiterhin auf freiwilliger Basis Messwerte übermittelt.

Tabelle 5

Prozentualer Anteil der Höhe des Jahresertrages an der Gesamtzahl der im betreffenden Jahr ausgewerteten Anlagen

Anlagenertrag (kWh/kW_p)	1999	2000	2001
< 700	21	27	24
> 700	30	45	51
> 800	43	25	24
> 900	6	3	1
Gesamtzahl der Anlagen	164	279	170

Die Werte in Tabelle 5 lassen deutlich erkennen, dass rund drei Viertel der Anlagen im Vorhaben SONNEonline einen Anlagenertrag von mehr 700 kWh/kW_p erreichen. Es gibt aber auch eine Reihe von Anlagen, die erhebliche Probleme aufweisen. Anlagenerträge von unter 700 kWh/kW_p sind bei den eingesetzten Komponenten und bei den Vorgaben für die Errichtung der Anlagen in der Regel nicht akzeptabel. Da kaum Ausfälle von Komponenten gemeldet wurden, können die Ursachen nur in der Abschattung des Solargenerators bzw. in Fehlern in der Anlageninstallation gesucht werden. Dies bestätigte sich durch Rückfragen bei den entsprechenden Projektleitern. So wurden Verschattungen des Solargenerators durch Gebäudeteile oder Bäume und in einigen Fällen auch durch den Fahnenmast (und die zeitweise vorhandenen Fahnen) bestätigt.

Ab 1999 lagen von einer ausreichend großen Anzahl von Schulen die Messwerte für ein komplettes Jahr vor. Neben den übergreifenden Auswertungen des Anlagenertrages hat Fraunhofer ISE von diesem Jahr an in den jeweiligen Jahresberichten die Liste der jeweils zehn Schulen mit dem höchsten Anlagenertrag veröffentlicht. Für 2001 ist diese Liste im Abschnitt 5.2. enthalten. Einige Anlagen tauchen dabei in mindestens zwei Jahren auf (Tabelle 6).

Tabelle 6

Anlagen, die mehrfach in den »Top Ten« auftauchen (Anlagenertrag in kWh/kW_p)

PLZ Ort ¹⁾	1999	2000	2001
18573 Samtens	968 (3.Platz)	923 (4.Platz)	969 (2. Platz)
33104 Paderborn	962 (4.Platz)	1019 (1.Platz)	987 (1. Platz)
34302 Guxhagen	960 (5.Platz)	900 (6.Platz)	...
34212 Melsungen	957 (6.Platz)	894 (8.Platz)	897 (5. Platz)
39524 Schönhausen	952 (8.Platz)	887 (10.Platz)	...

1)

- Realschule Samtens
- Benteler Aus- und Weiterbildungszentrum Paderborn – nachgeführte Anlage
- Gesamtschule Guxhagen
- Geschwister-Scholl-Schule Melsungen
- Sekundarschule Schönhausen

Aus Tabelle 6 wird erkennbar, dass auch im nördlichen Deutschland Anlagen gebaut und betrieben werden können, die einen Jahresertrag von rund 900 kWh/kW_p erreichen.

Erst ein Vergleich der erreichten Anlagenenerträge des Vorhabens SONNEonline mit denen anderer Vorhaben zur netzgekoppelten Photovoltaik, erlaubt eine entsprechende Einschätzung und Einordnung der Ergebnisse. In Tabelle 7 sind daher die erreichten Anlagenenerträge für zwei andere PV-Schul-Vorhaben und die von SONNEonline aufgeführt.

Tabelle 7

Mittlere Anlagenenerträge (kWh/kWp) von ausgewählten PV-Schul-Vorhaben

Vorhaben	1999	2000	2001
Sonne in der Schule (BMW)	788	769	760
Sonne in der Schule (Bayern)	771	801	794
SONNEonline	798	734	741

Beim Vergleich ist zu berücksichtigen, dass das Vorhaben »Sonne in der Schule« Anlagen im gesamten Bundesgebiet und das Vorhaben »Sonne in der Schule« in Bayern nur Anlagen in diesem Bundesgebiet beinhaltet. »Sonne in der Schule« in Bayern ist übrigens auch ein Vorhaben von E.ON. Bedingt durch die südlichere Lage, haben die Anlagen in Bayern im Vergleich zu den SONNEonline-Anlage bessere Ausgangsbedingungen, d.h., konkret eine höhere Einstrahlung. Dies erklärt auch die in der Regel höheren Anlagenenerträge.

Im Vorhaben SONNEonline ist es in einem einzigen Fall zu einem Diebstahl des gesamten Solargenerators gekommen (Gymnasium Sylt in Westerland). Erfahrungen aus anderen Vorhaben zur netzgekoppelten Photovoltaik belegen, dass auch dort der gelegentliche Diebstahl von Modulen bzw. ganzen Solargeneratoren zu verzeichnen ist.

6.2 Ergebnisse des Jahres 2001

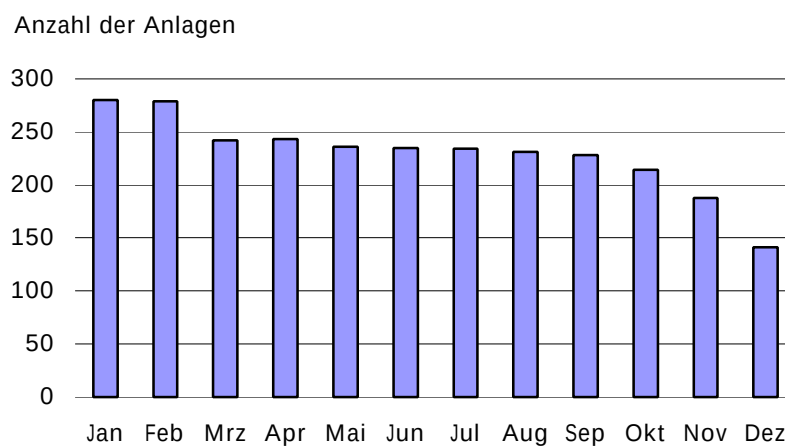
In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des Vorhabens SONNEonline aus dem Jahre 2001 dokumentiert. Der Inhalt orientiert sich an den bisher separat veröffentlichten Jahresberichten zur wissenschaftlichen Auswertung.

6.2.1 Anlagenenertrag

Im Jahr 2001 lieferten zwischen 280 (Januar) und 141 (Dezember) Schulen Monatswerte ihrer Anlagen an Fraunhofer ISE (Bild 5).

Bild 5

Anzahl der Anlagen von denen im Jahr 2001 ein Zählerstand übermittelt wurde



Von 211 Anlagen wurden die Werte des gesamten Jahres übermittelt. Der durchschnittliche Anlagenenertrag lag bei 741 kWh/kW_p. Um diesen Mittelwert gab es, wie bereits in den Vorjahren eine erhebliche Streuung (Bild 6).

Bild 6

Verteilung des Anlagenenertrages für 211 Anlagen im Jahre 2001 nach Anzahl der Anlagen

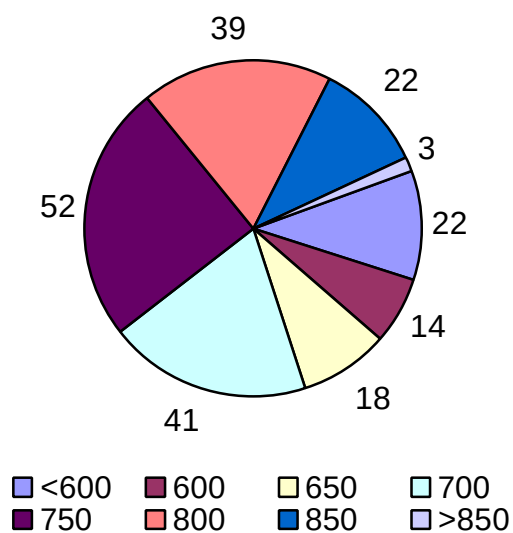


Bild 7 zeigt zusätzlich die mittleren Monatswerte und die Standardabweichungen für das Jahr 2001

Bild 7

Monatserträge und Standardabweichungen

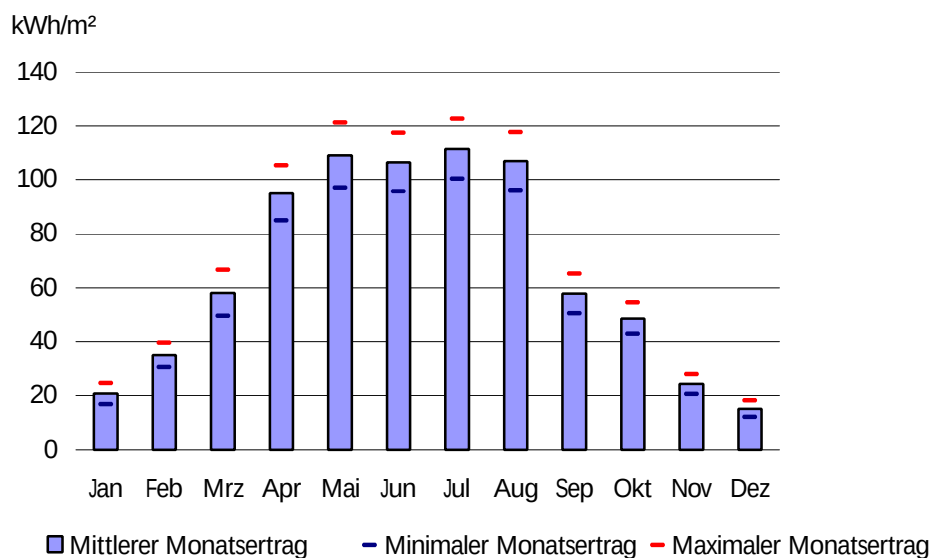


Tabelle 8 führt die zehn Anlagen mit dem höchsten Ertrag des Jahres 2001 auf. Die entsprechenden Listen der Vorjahre sind in den jeweiligen Jahresberichten enthalten.

Tabelle 8

Schulen mit dem höchsten Anlagenenertrag im Jahre 2001

Nr.	Schule	PLZ	Ort	Anlagenenertrag [kWh/kWp]
1	Benteler Aus- und Weiterbildungszentrum	33104	Paderborn	987
2	Realschule Samtens	18573	Samtens	969
3	Geschwister-Scholl-Schule	27478	Cuxhaven	930
4	Berufsbildende Schulen Fredenberg	38228	Salzgitter	928
5	Geschwister-Scholl-Schule	34212	Melsungen	897
6	Gesamtschule Juri Gagarin	14728	Rhinow	888
7	Gesamtschule	35614	Aßlar	887
8	Haupt- u. Realschule	38163	Lehrte	883
9	BS d. Landkreises Nordvorpommern	18469	Velgast	877
10	Hauptschule Bremer Str.	26382	Wilhelmshaven	875

6.2.2 Detailanalyse

In Tabelle 9 sind die wesentlichen Daten von zehn der zwölf intensiv vermessenen Anlagen für das Jahr 2001 zusammengefasst. Der Energieertrag am Wechselrichter Ausgang ist dabei auf die Anlagenleistung normiert worden.

Die Anlage in Bebra aus der Auswertung herausgenommen, da die Stromversorgung für die Messtechnik vom Betreiber mehrfach für längere Zeit unterbrochen wurde. Die Anlage in Cuxhaven wurde vom Betreiber demontiert. Der Datenabruf erfolgte nur bis 16.11.2001 (siehe auch Abschn. 6.1.1).

Tabelle 9 Vergleich der I-MAP-Anlagen im Jahr 2001

Nr.	Anlage	V _{daten} %	P _{nenn} kW _p	E _{hor} kWh/m ²	E _{mod} kWh/m ²	η _{SG} %	η _{WR} %	η _{Sys} %	PR %	Ertrag kWh/kW _p
1	Frankfurt	99,9	0,54	984	1169	9,5	91,6	8,7	70,9	828
2	Isernhagen	99,8	1,10	722	899	9,0	90,8	8,1	68,7	617
3	Kassel	79,6	1,10	627	780	9,7	89,4	8,6	73,0	569
4	Kronshagen	100,0	1,10	795	930	9,4	84,5	8,0	67,4	626
5	Hannover	99,7	1,08	788	967	10,3	91,9	9,5	73,5	710
6	Cloppenburg	99,9	1,08	767	878	10,9	92,2	10,1	77,9	683
7	Beelitz	100,0	1,08	793	917	9,4	88,0	8,3	64,3	590
8	Oschersleben	99,7	1,08	978	1140	11,0	89,8	9,8	76,2	869
9	Samtens	91,7	1,08	937	1129	11,1	89,2	9,9	77,0	969
10	Rendsburg	92,3	1,08	678	786	9,3	86,2	8,1	62,3	490
	Mittel	96,26	1,03	807	959	9,9	89,4	8,9	71,1	695

Die Bilder 7 und 8 zeigen die Höhe der monatlichen Einstrahlungssumme auf die horizontale Fläche bzw. auf die Modulebene. Neben den jeweiligen Monatsmittelwerten sind ergänzend noch die Minima- und Maximawerte in den einzelnen Monaten aufgetragen. In der Jahressumme liegt die Einstrahlung auf die 30° geneigte Solargeneratorfläche (Vorgabe für SONNEonline-Anlagen) im Vergleich zur horizontalen Einstrahlung um 15 % höher (s. auch Tabelle 9).

Bild 7

Einstrahlung horizontal

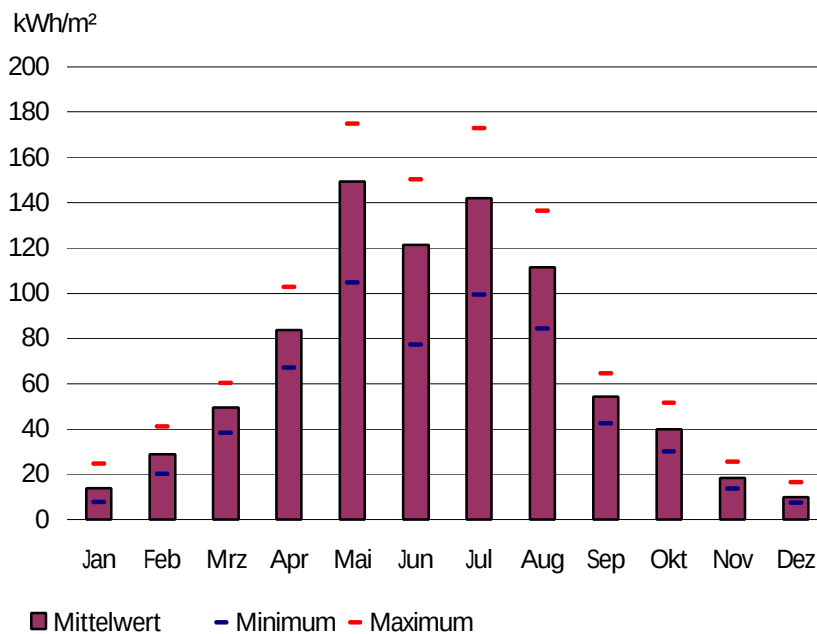
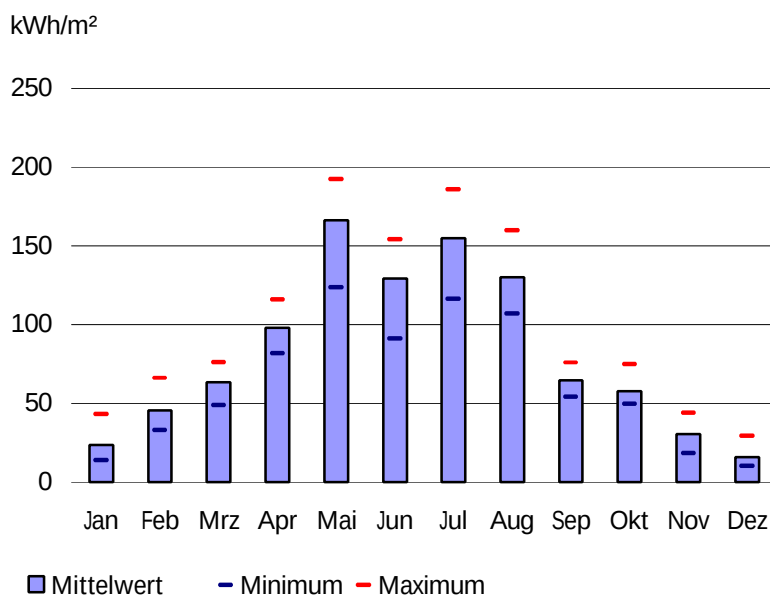


Bild 8

Einstrahlung in Modulebene



Performance Ratio

Die Performance Ratio erlaubt eine standortunabhängige Beurteilung von PV-Anlagen. Sie kennzeichnet die Ausnutzung der betreffenden Anlage im Vergleich zu einer verlustfrei unter nominellen Betriebsbedingungen arbeitenden Anlage. Sie kann nach der Formel:

$$PR = \frac{100 \cdot \text{Ertrag}[\text{kWh} / \text{kW}_p]}{E_{\text{mod}}[\text{kWh} / \text{m}^2] / G_{\text{stc}}[\text{kW} / \text{m}^2]}$$

mit

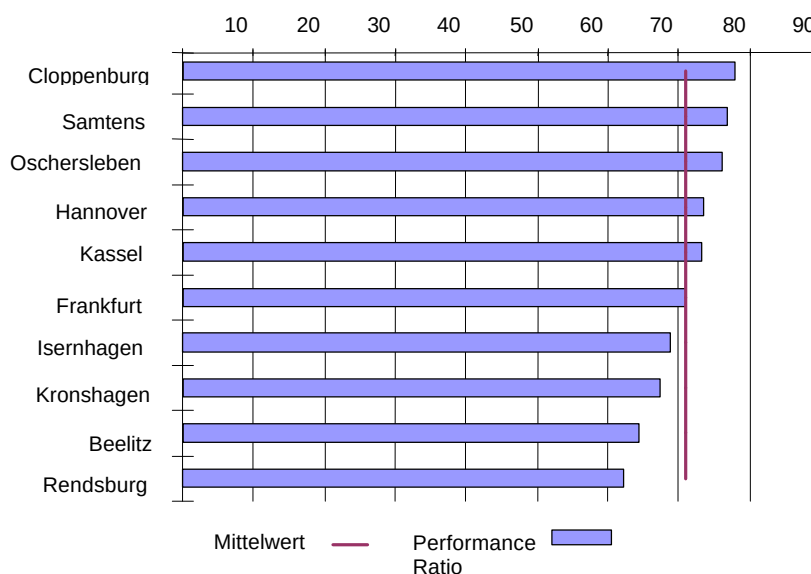
E_{mod} = Jahressumme der Einstrahlung auf die Modulebene und
 $G_{\text{stc}} = 1 \text{ kW/m}^2$ (Bestrahlungsstärke der Standardtestbedingungen)

errechnet werden.

Bild 9 zeigt die Performance Ratio von zehn der zwölf intensiv vermessenen Anlagen im Jahre 2001. Die Anlage in Bebra wurde 2000 und 2001 aus der Auswertung herausgenommen, da die Stromversorgung für die Messtechnik vom Betreiber mehrfach für längere Zeit unterbrochen wurde. Die Anlage in Cuxhaven wurde vom Betreiber demontiert. Der Datenabruf erfolgte nur bis 16.11.2001 (siehe auch Abschn. 6.1.1).

Bild 9

Jahreswerte der Performance Ratio von zehn I-MAP-Anlagen im Jahr 2001



6.2.3 Beispielanlagen

Die Intensivvermessung von SONNEonline-Anlagen erlaubt deren detaillierte Analyse. Diese Analysen erhalten die betreffenden Schulen bzw. Anlagenbetreiber in schriftlicher Form.

Nachfolgend werden einige Ergebnisse dieser Detailanalyse für vier Beispielanlagen vorgestellt.

Berufsbildungszentrum des Börderkreises

Standort: Oschersleben
Inbetriebnahme 23.1.1998

Solargenerator
Generatorfläche: 8,4 m²
Modultyp: KC 120-1
Ausrichtung: Süden
Neigung: 30°

Wechselrichter
AC-Nennleistung 850 W
Typ: SWR 850
Hersteller: SMA



Jahreswerte 2001

Einstrahlung geneigt: 1140 kWh/m²
Ertrag: 869 kWh/kWp
Performance Ratio: 76,2 %

Die Bilder 10 und 11 zeigen für die Anlage in Oschersleben die Monatswerte von 2001 für die Einstrahlung in die Modulebene und Erträge sowie für die Performance Ratio.

Bild 10

Einstrahlung und Erträge

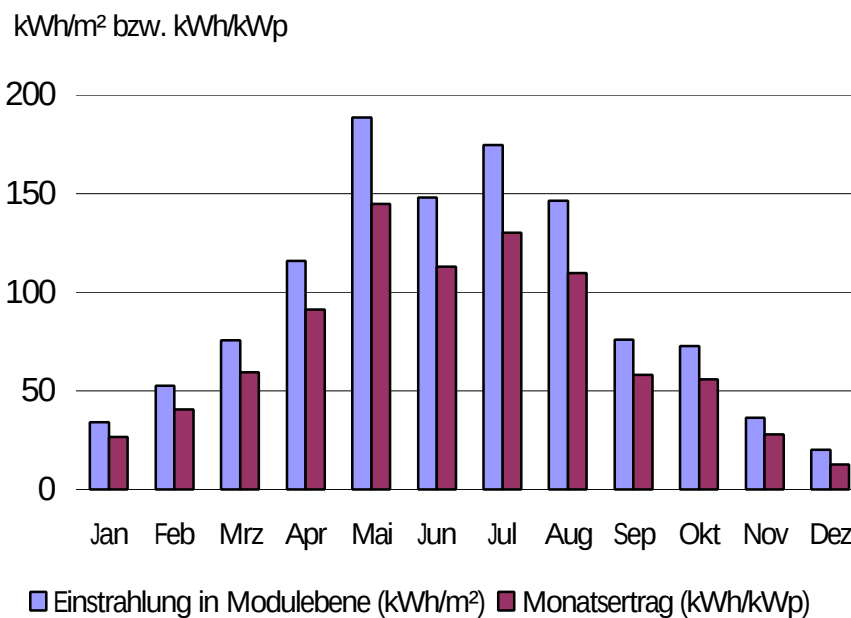
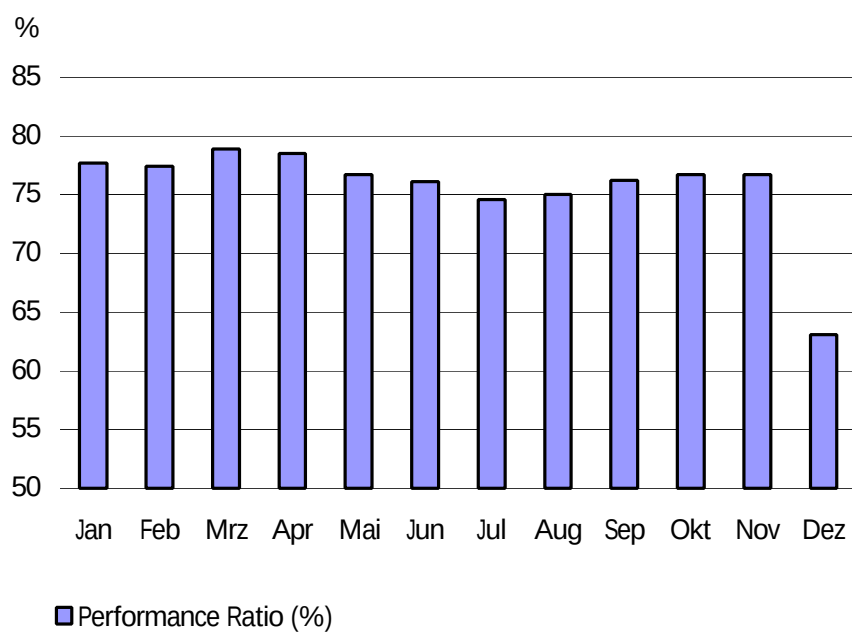


Bild 11

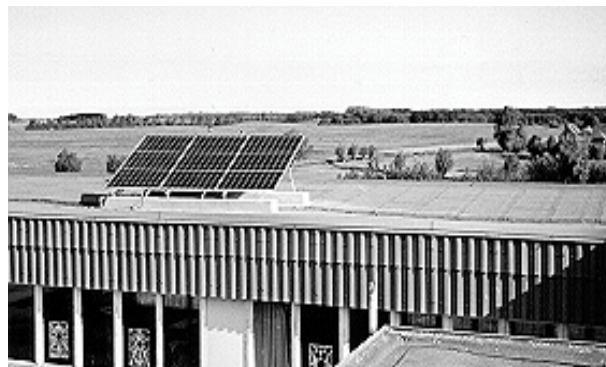
Performance Ratio



Realschule Samtens

Standort: Samtens
Inbetriebnahme 28.1.1998

Solargenerator
Generatorfläche: 8,4 m²
Modultyp: KC 120-1
Ausrichtung: Süden
Neigung: 30°
Wechselrichter
AC-Nennleistung 850 W
Typ: SWR 850
Hersteller: SMA



Jahreswerte 2001

Einstrahlung geneigt: 1129 kWh/m²
Ertrag: 869 kWh/kW_p
Performance Ratio: 77,0 %

Die Bilder 12 und 13 zeigen für die Anlage in Samtens die Monatswerte von 2001 für die Einstrahlung in die Modulebene und Erträge sowie für die Performance Ratio.

Bild 12

Einstrahlung und Erträge

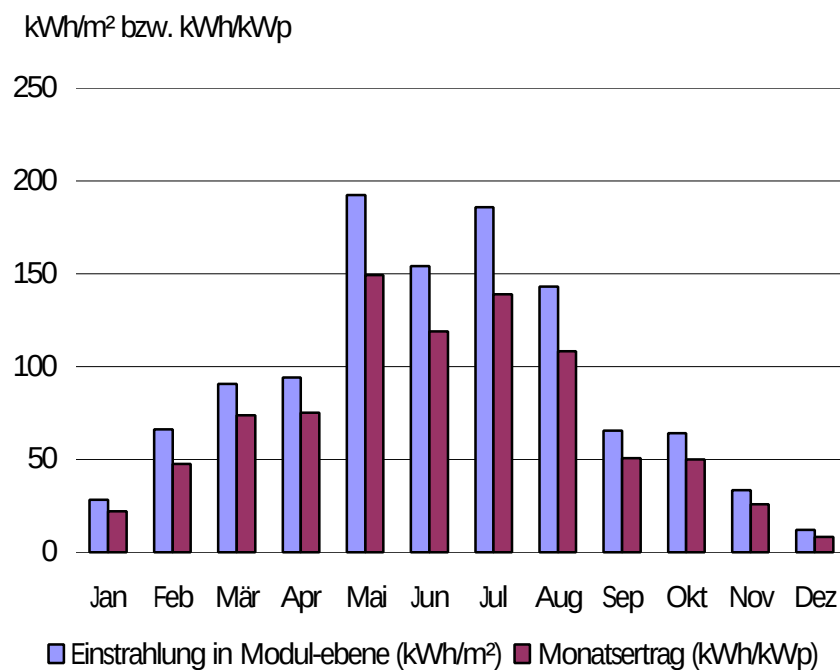
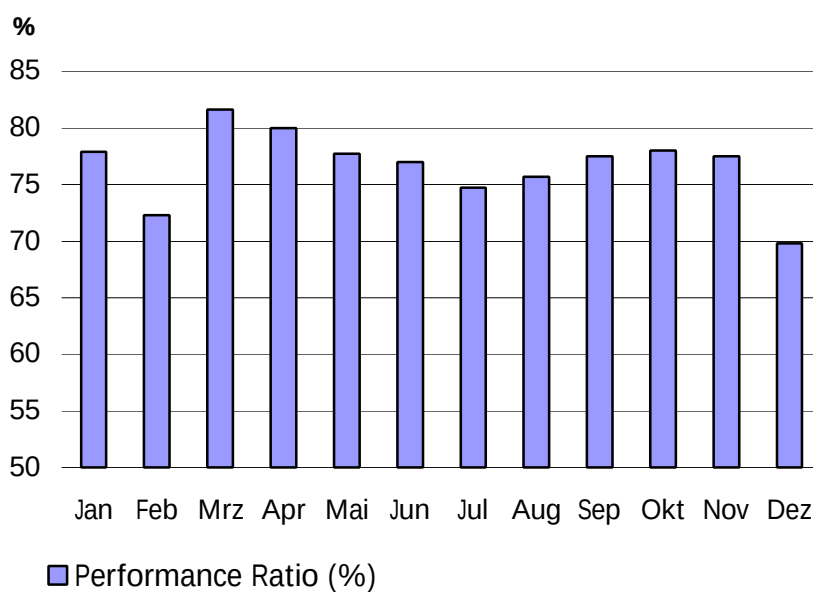


Bild 13

Performance Ratio



Städtische Werke AG Kassel

Standort: Kassel
Inbetriebnahme 23.2.1998

Solargenerator
Generatorfläche: 9,3 m²
Modultyp: KC 110-1
Ausrichtung: 5° nach Westen
Neigung: 30°

Wechselrichter
AC-Nennleistung 850 W
Typ: SWR 850
Hersteller: SMA



Jahreswerte 2001

Einstrahlung geneigt: 780
Ertrag: 569 kWh/kW_p
Performance Ratio: 73,0 %

Die Bilder 16 und 17 zeigen für die Anlage in Kassel die Monatswerte von 2001 für die Einstrahlung in die Modulebene und Erträge sowie für die Performance Ratio.

Bild 16

Einstrahlung und Erträge

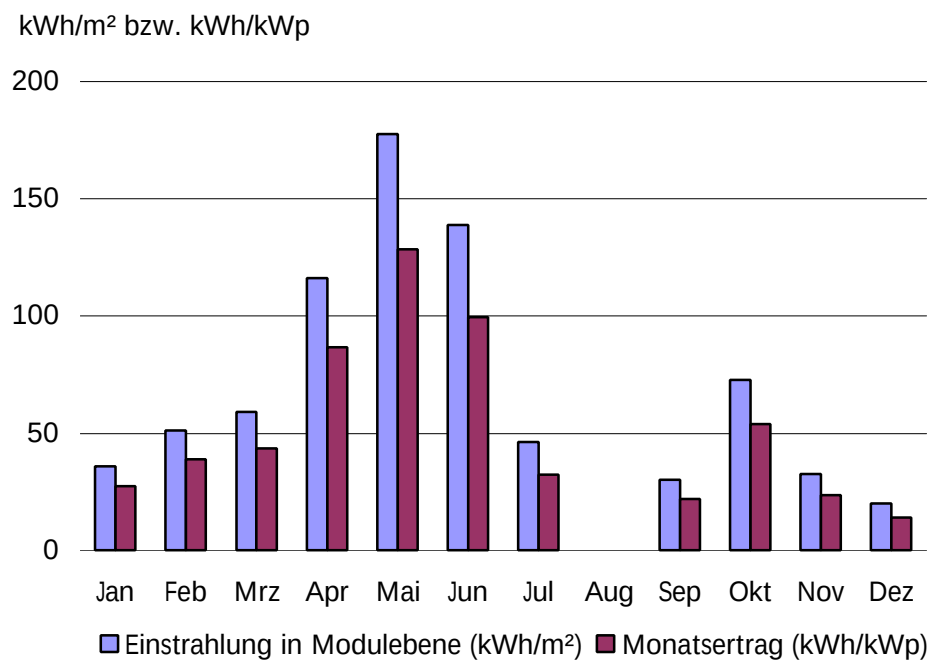
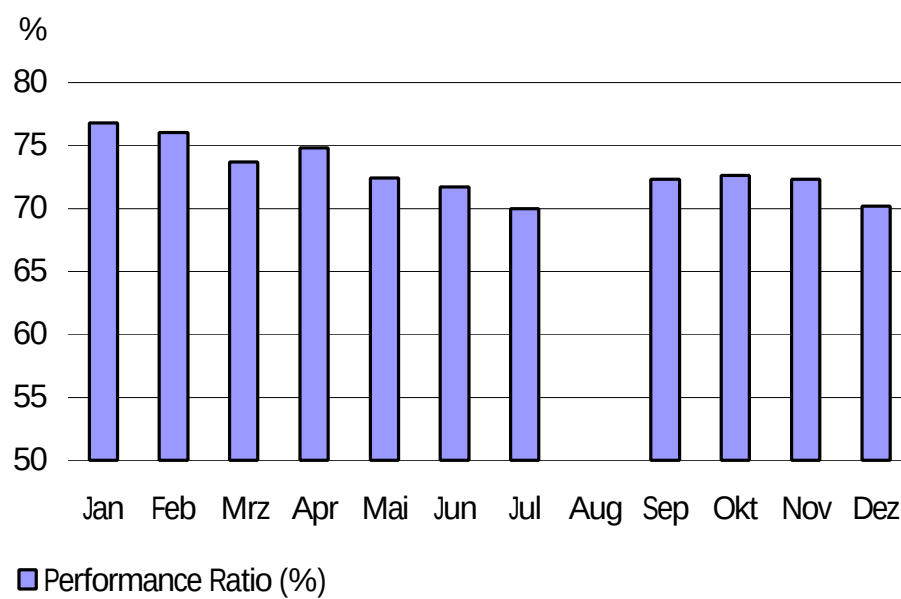


Bild 17

Performance Ratio



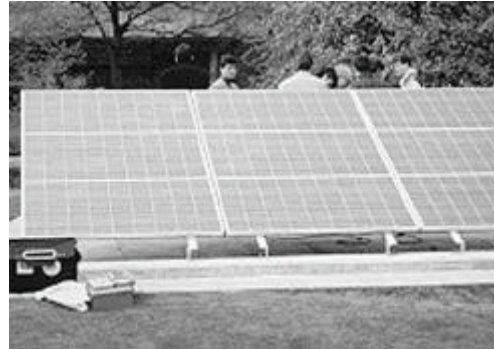
Für den Monat August liegen wegen eines durch Blitzeinschlag verursachten Defekts der Messtechnik keine Werte vor.

E.ON

Standort: Hannover
Inbetriebnahme 1.11.1997

Solargenerator
Generatorfläche: 8,4 m²
Modultyp: KC 120-1
Ausrichtung: Süden
Neigung: 30°

Wechselrichter
AC-Nennleistung 850 W
Typ: SWR 850
Hersteller: SMA



Jahreswerte 2001

Einstrahlung geneigt: 967 kWh/m²
Ertrag: 710,2 kWh/kW_p
Performance Ratio: 73,5 %

Die Bilder 20 und 21 zeigen für die Anlage in Hannover die Monatswerte von 2001 für die Einstrahlung in die Modulebene und Erträge sowie für die Performance Ratio.

Bild 20

Einstrahlung und Erträge

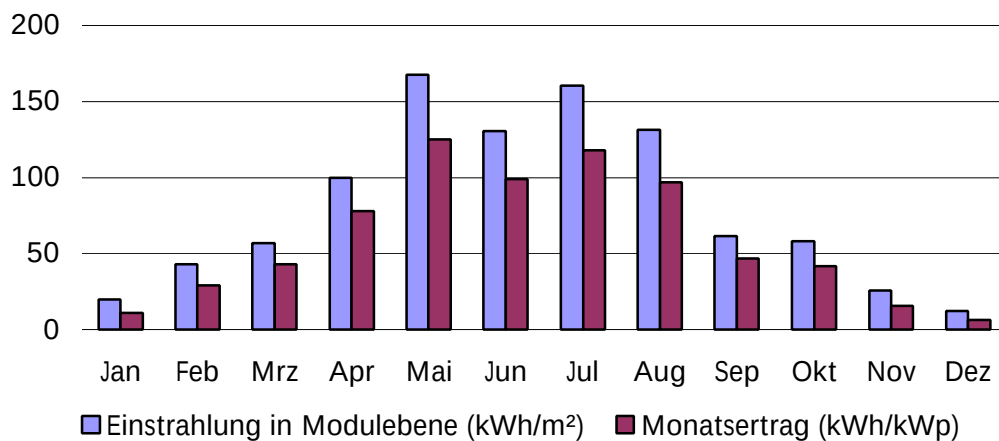
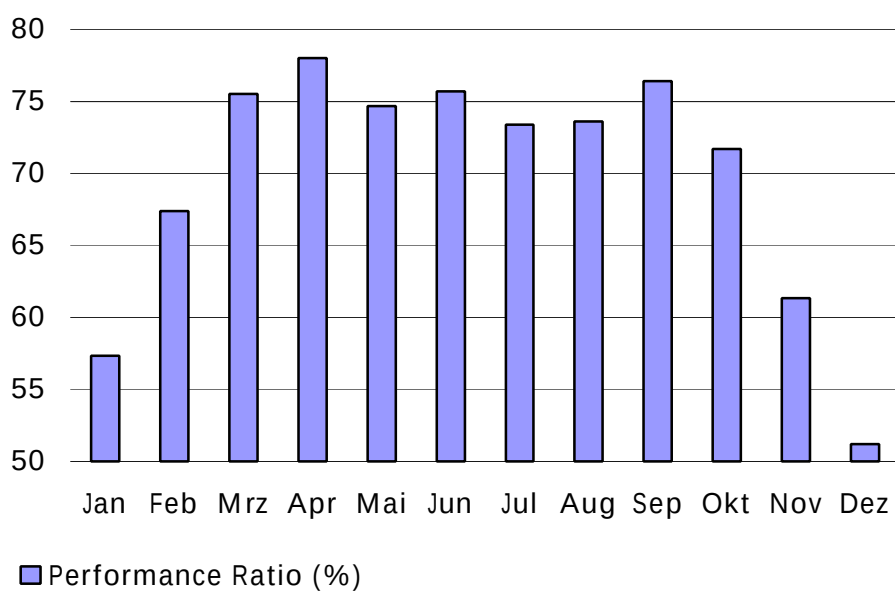
kWh/m² bzw. kWh/kWp

Bild 21

Performance Ratio

kWh/m² bzw. kWh/kWp

7 Internet-Präsentation

In enger Abstimmung mit PreussenElektra hat Fraunhofer ISE die Internet-Präsentation des Vorhabens SONNEonline konzipiert und umgesetzt. Wie bereits im Kapitel 4 kurz erwähnt, gibt es für das Vorhaben eine eigene Domain (www.sonneonline.de).

Die Gestaltung der Homepage wurde von einem professionellen Webdesigner übernommen. Fraunhofer ISE hat die Seiten mit der Präsentation der Ergebnisse des Vorhabens sowie einige andere wichtige Seiten, darunter die Portraitseiten der Schulen, die Suchhilfen für beteiligte Schulen sowie die Seiten mit wichtigen Informationen zum Vorhaben den vorgegebenen Seiten der vorgegebenen Gestaltung angepasst und entsprechend umgesetzt.

Die Internetpräsentation zum Vorhaben SONNEonline wurde erstmals zur Hannovermesse 1997 im Zusammenhang mit der Präsentation des Gesamtvorhabens durch PreussenElektra einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

In einem nächsten Schritt hat Fraunhofer ISE im Herbst 1997 das Konzept der Homepage erweitert und mit einem neuen Design der Firma Trurnit und Partner (München) versehen. Einige weitere Veränderungen und Ergänzungen der Webseiten erfolgten im Verlaufe des Vorhabens.

7.1 Zugriffsstatistiken

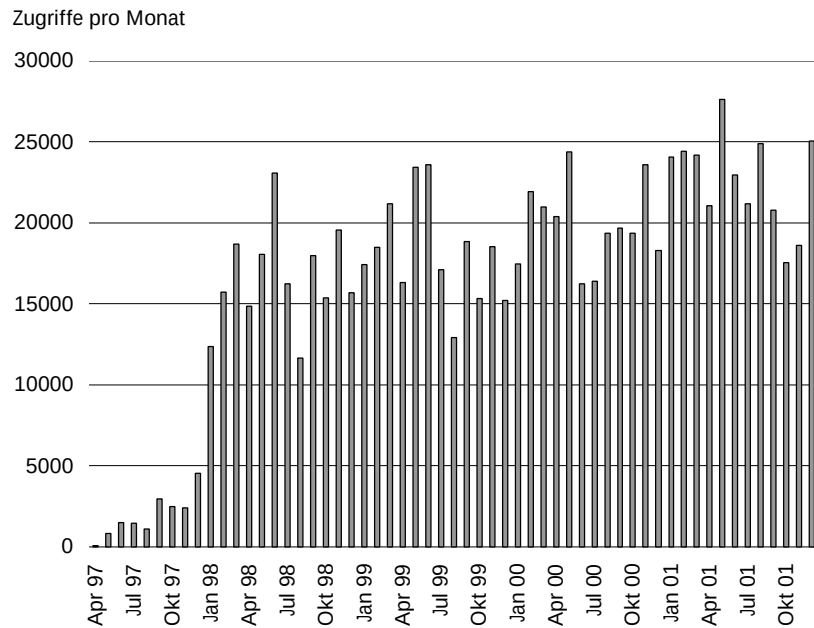
Vom Projektstart 1997 bis zum Ende des Jahres 2001 war die Homepage www.SONNEonline.de Homepage über einen Zeitraum von 56 Monate online im Internet verfügbar. Nachfolgend einige detaillierte Aussagen zu den Zugriffen auf die Homepage.

7.1.1 Zugriffszahlen pro Monat

Die Zahl der Zugriffe auf die Homepage stieg zu Beginn des Vorhabens stark an und stabilisierte sich anschließend auf einem Niveau von deutlich mehr als 15 000 Zugriffen pro Monat. Daraus lässt sich zweifelsfrei das sehr große Interesse sowohl an dem Vorhaben selbst als auch an der Thematik Photovoltaik allgemein ableiten. Im Verlaufe des Projektes kam es dann nochmals zu einem leichten Anstieg der Zugriffe pro Monat. Bild 22 stellt den Verlauf der Zugriffe pro Monat über den gesamten Projektzeitraum hinweg dar. Wie ersichtlich wird erreichte die Homepage von SONNEonline einen langjährigen Durchschnitt von über 16 500 Zugriffen pro Monat.

Bild 22

Zugriffe pro Monat auf die Webseite www.SONNEonline.de



7.1.2 Zugriffszeiten

Betrachtet man die Zugriffe auf die Homepage nach Wochentagen (Bild 23) und nach der Tageszeit (Bild 24) so wird ersichtlich, dass die Hauptnutzer der Homepage an Werktagen tagsüber auf die Website zugegriffen haben. Dies spricht deutlich für Zugriffe während der Arbeits- bzw. Schulzeit.

Bild 23 Verteilung der Webzugriffe nach Wochentagen

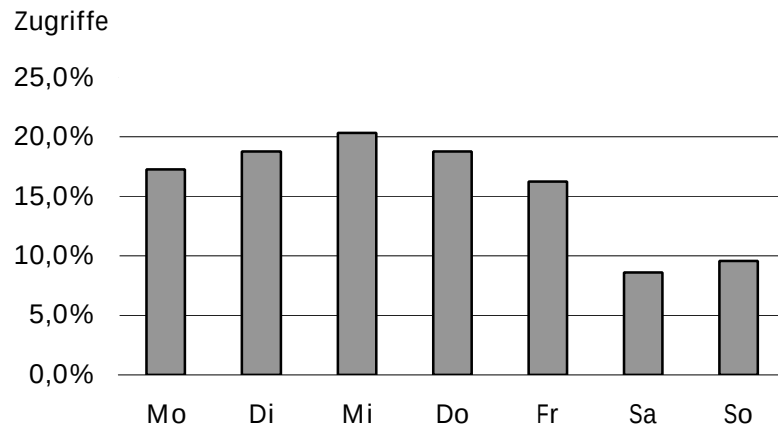
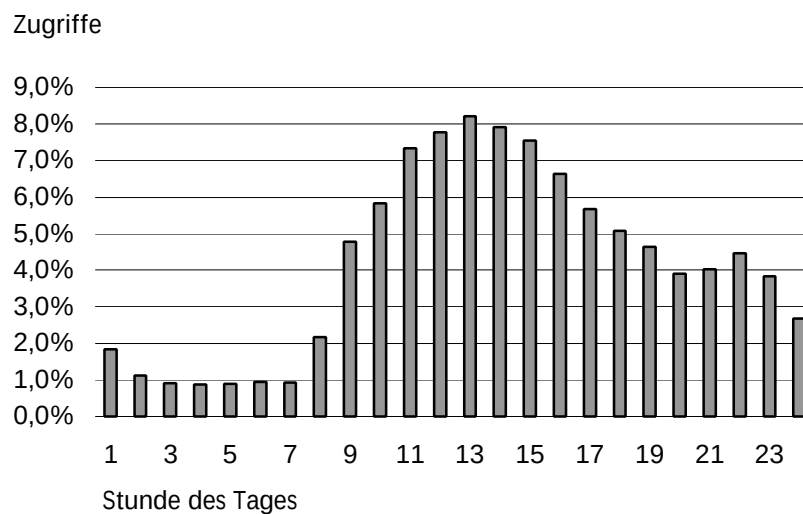


Bild 24 Verteilung der Webzugriffe nach der Uhrzeit



7.1.3 Zugriffe nach Ländern und Toplevel Domains

Die meisten Zugriffe erfolgten aus dem Toplevel Domain Bereich *.de* gefolgt von *.net* und *.com*. Unter letztere fallen beispielsweise auch alle Nutzer von AOL in Deutschland. Tabelle 10 zeigt die 12 Toplevel Domains mit den häufigsten Zugriffen auf SONNEonline.de. Insgesamt wurden Zugriffe aus über 80 verschiedenen Ländern registriert. Darunter fast alle europäischen Staaten aber auch solche »Exoten« wie Costa Rica, Brunei, Tonga, Bahrain oder Hongkong.

Tabelle 10

Die 12 toplevel Domains mit den meisten Zugriffen auf SONNEonline.de

Toplevel Domaine	Land / Bereich	Zugriffe in Prozent	Toplevel Domaine	Land / Bereich	Zugriffe in Prozent
.de	Deutschland	50,5 %	.uk	Großbritannien	0,5 %
.net	Network	26,0 %	.nl	Niederlande	0,4 %
.com	Internationale Unternehmen	7,8 %	.dk	Dänemark	0,3 %
.at	Österreich	1,4 %	.se	Schweden	0,2 %
.ch	Schweiz	0,9 %	.fr	Frankreich	0,2 %
.it	Italien	0,6 %	.be	Belgien	0,2 %

7.2 Häufig und selten aufgerufenen Seiten der Internetpräsentation

Auf die einzelnen Seiten der SONNEonline Homepage wurde in unterschiedlichem Maße zugegriffen, woraus sich ein differenziertes Interesse an den Inhalten der betreffenden Seiten ableiten lässt. So war beispielsweise das Interesse an die eigens für das Vorhaben eingerichteten drei Foren Aula, Lehrerzimmer und Schulhof viel geringer als erwartet. Das öffentliche, also auch für die breite Öffentlichkeit zugängliche Forum – die Aula – verzeichnete lediglich 201 Einträge, auf das Lehrerzimmer wurde gar nur 60 mal zugegriffen. Der Schulhof, der nur den Schülern der teilnehmenden Schulen vorbehalten und nur mittels Passwort zugänglich war, wurde am wenigstens genutzt. Lediglich drei Schülern hatten das erforderliche Zugangspasswort angefordert.

Die Ursachen für diese geringe Inanspruchnahme konnten nicht geklärt werden. Es zeigte sich aber, dass die Schulen (Lehrer und Schüler in gleicher Weise) sowie die interessierte Öffentlichkeit eine sehr intensive Kommunikation mit PreussenElektra und Fraunhofer ISE per e-mail führten. Die Palette der dabei behandelten Themen reichte von generellen Fragen zur Photovoltaik, über Fragen zum Ablauf und zu den Ergebnissen des Vorhabens bis hin zu konkreten Wünschen hinsichtlich der Bereitstellung von Informationen über die Photovoltaik für den Unterricht.

Andere Inhalte bzw. Seiten der Homepage wurden dagegen regelmäßig besucht, so zum Beispiel das Archiv der monatlichen Messdaten der intensiv vermessenen Anlagen. Nachfolgend sollen die Zugriffe auf weitere Seiten von SONNEonline.de etwas detaillierter betrachtet werden.

7.2.1 Die aktuellen Tageskurven

Die Seite mit den aktuellen Tageskurven von Einstrahlung und Erzeugung der zwölf intensiv vermessenen Anlagen (vgl. Abschn. 6.1.1) stießen auf besonders großes Interesse. Diese Tageskurven werden beim Aufruf von einem Programm

auf dem Server erzeugt. Das hat zur Folge dass die Daten nicht aus einem Zwischenspeicher eines Providers kommen, sondern immer ein direkter Zugriff auf den Server stattfindet. Das entsprechende Programm auf dem Server wurde mal als 110 000 mal gestartet, d. h., mehr als 110 000 mal wurde die Tageskurve (Bild 1) von einer intensiv vermessenen SONNEonline Anlage angesehen.

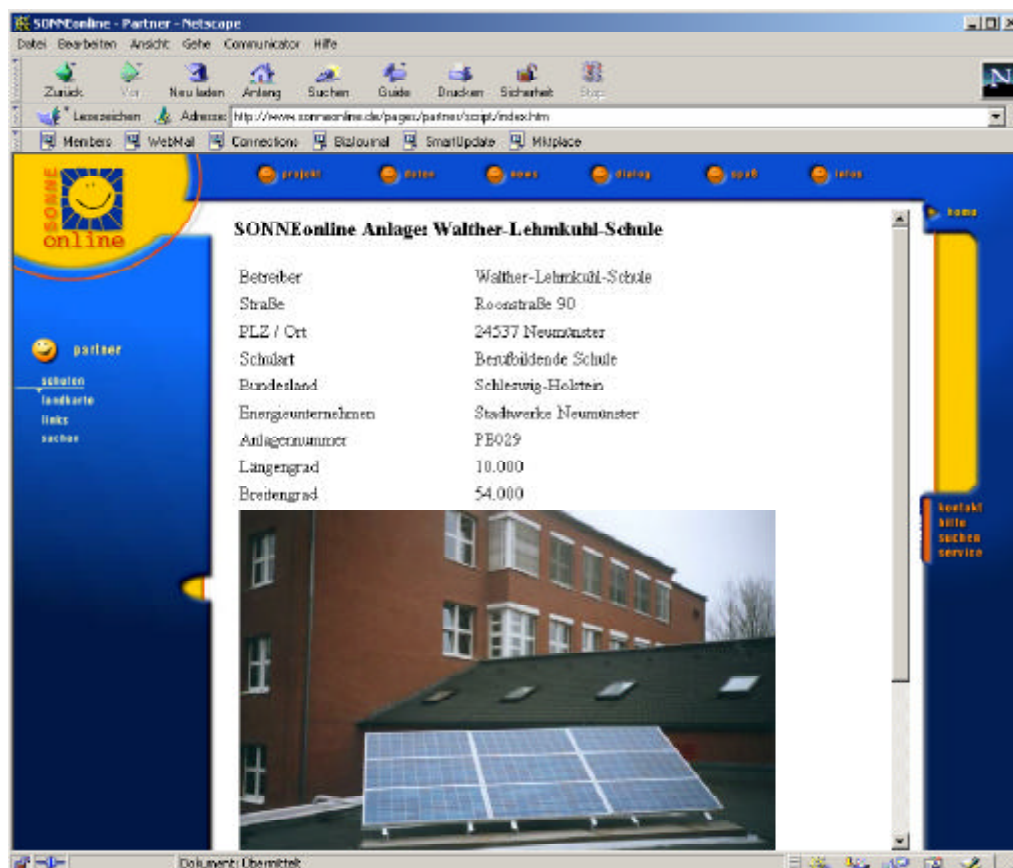
7.2.2 Die Schulenportraits

Ebenfalls sehr oft ausgerufen wurden die Seiten mit den Portraits der am Vorhaben SONNEonline beteiligten Schulen (Bild 25).

Auf diesen Seiten stehen die wichtigsten Informationen zu den einzelnen Anlagen; die genaue Bezeichnung und Anschrift der Schule, der zuständige Projektleiter und das entsprechende örtliche Energieunternehmen. Weiterhin ist auf der Schulportraitseite ein Foto der Anlage (wenn bereitgestellt) und die Internetadresse der Schulen (wenn vorhanden und bekannt gegeben) verfügbar.

Bild 25

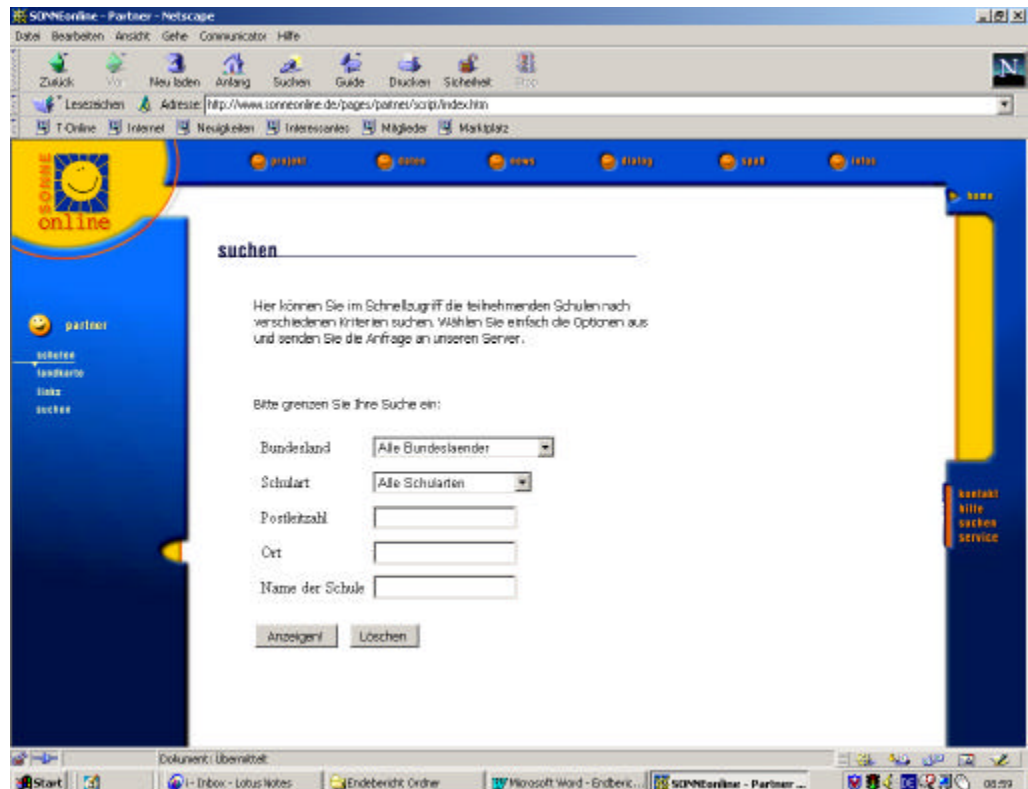
Beispiel für eine Schulenportraitseite



Die Seiten mit den Schulenportraits kann man auf zwei unterschiedlichen Wegen erreichen. Zum einen über eine Suchmaschine mit der Möglichkeit nach den Kriterien Postleitzahl, Schulart, Bundesland, Name oder Ort der Schule zu suchen (Bild 26).

Bild 26

Suchmaschine

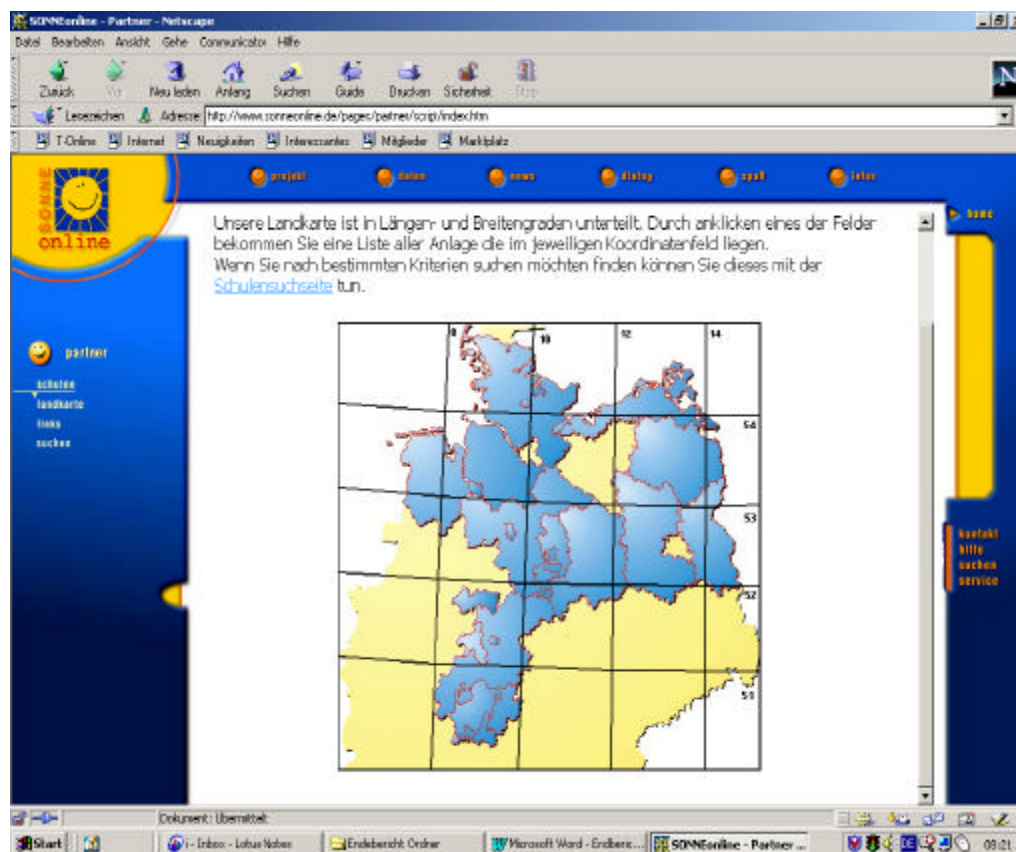


Gibt man den Namen der Schule und den Ort bzw. die betreffende Postleitzahl ein, kommt man direkt zu der gesuchten Schule. Die Suchfunktion gestattet aber auch nach Schulen um eigenen territorialen Umfeld zu suchen. Dazu gibt man beispielsweise den Namen der gewünschten Stadt ein oder aber den PLZ-Bereich. Des weiteren ist auch eine Suche nach bestimmten Schulentypen (Gymnasien, Realschulen oder berufsbildenden Schulen) möglich.

Eine ähnliche, wenngleich etwas elegantere Suchmöglichkeit bietet die in Bild 27 dargestellte Landkarte. Sie ermöglicht die Suche innerhalb von Längen- und Breitengraden. Klickt man auf eines der Quadrate, so erhält man die Liste aller an SONNEonline beteiligten Schulen in diesem Territorium. Schulen erhalten so die Möglichkeit, untereinander in Verbindung zu treten.

Bild 27

Landkarte als Suchfunktion für die beteiligten Schulen



Insgesamt wurde auf die Seiten mit den Schulenportraits mehr als 150 00mal zugegriffen. Das unterstreicht wohl eindeutig das Interesse an diesen Seiten.

8 Zusammenfassung

Das Vorhaben SONNEonline ist das erste und bisher einzige Vorhaben der netzgekoppelten Photovoltaik, bei dem die gesamte Messdatenübertragung, die Präsentation der Auswertungsergebnisse sowie wesentliche Teile der Kommunikation mit den Schulen und der Schulen untereinander über das Internet erfolgte.

Die pädagogisch-erzieherischen Aspekte hatten bei SONNEonline einen besonders hohen Stellenwert. Das Vorhaben trug somit einmal zur Verbreitung der Photovoltaik und zum anderen zur intensiven Vermittlung der Kenntnisse über die Photovoltaik bei. An einer Reihe von Schulen entstanden durch SONNEonline schulische und außerschulische Arbeitsgemeinschaften, die sich mit der Photovoltaik und darüber hinaus auch mit den Fragen der erneuerbaren Energie beschäftigen. Einige Schulen präsentierten auf ihren Homepages die Ergebnisse ihrer Photovoltaikanlagen.

Dank der intensiven technischen Vorarbeiten zeichneten sich die Anlagen von SONNEonline durch eine hohe Qualität aus. Es ist kaum zu Anlagen- oder Komponentenausfällen gekommen. Damit haben sich die erstmals in einer größeren Stückzahl eingesetzten Standardanlagen bewährt.

Obwohl hinsichtlich der Errichtung der Anlagen bereits zu Beginn des Vorhabens strikte Vorgaben gemacht worden waren, wurden doch in einigen Fällen die Fragen der partiellen und temporären Verschattung des Solargenerators nicht ausreichend berücksichtigt. Dies führte in einigen Fällen zu Mindererträgen. Über die jährliche Betreiberbewertung wurden die Schulen über diesen Sachverhalt informiert. In den meisten Fällen konnte aber wegen der baulichen Gegebenheiten keine Abhilfe geschaffen werden.

9 Veröffentlichungen und Vorträge

Vorträge

Hoffmann, V.U.: Die wissenschaftliche Begleitung des Vorhabens SONNEonline. Informationsveranstaltung der Stadtwerke Frankfurt am Main. 28.9.1998

Hoffmann, V.U.: Erfahrungen und Informationen zum Vorhaben SONNEonline. Informationsveranstaltung der PESAG. Paderborn, 30.9.1999

Hoffmann, V.U.: Solartechnik im Projekt SONNEonline – aktueller Entwicklungsstand und zukünftige Perspektiven aus der Sicht der wissenschaftlichen Begleitung. Informationsveranstaltung des Landesinstituts Schleswig-Holstein für Praxis und Theorie der Schule. Kiel, 4.11.1999

Hoffmann, V. U.: Photovoltaik-Vorhaben an Schulen – Erfahrungen und Ergebnisse aus SONNEonline und Sonne in der Schule. Informationsveranstaltung für Lehrer, Neubrandenburg, 20.3.2000

Hoffmann, V. U.: Erfahrungen mit PV-Schulprojekten – SONNEonline und Sonne in der Schule. 12. Internationales Sonnenforum, Freiburg, 7.7.2000

Veröffentlichungen

SONNEonline - Wissenschaftliche Auswertung für die Jahre 1997 bis 2000

Hoffmann, V.U.: Sonne in der Schule – zukunftssträchtiger Weg der Photovoltaik-Förderung. Sonnenenergie Heft 3 1997.

Sonne in der Schule – Fraunhofer Magazin 1.200. S. 44/45

Tagungen und Konferenzen:

Skorka, I.; Bohlen, M.; Kotzerke, C.: SONNEonline – ein Projekt stellt sich vor. 13. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Kloster Banz; Tagungsband Seiten 510 – 515

Schreuer, B.; Skorka, I.; Hoffmann, V.U.: SONNEonline – ein Schulprojekt von PreussenElektra und Partnern. 14. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Kloster Banz; Tagungsband Seiten 95 – 100

Skorka, I.; Bohlen, M.; Kotzerke, C.; Hoffmann, V.U.: SONNEonline – ein Schulprojekt von PreussenElektra und Partnern. Posterpräsentation zur 2. Weltkonferenz und Ausstellung für photovoltaische Nutzung der Solarenergie, Juli 1998