



# Jahresauswertung 2003

Kirchengemeinden für die Sonnenenergie



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Auswertung der Stammdaten</b>	<b>4</b>
2.1	Solarthermische Anlagen	4
2.2	Photovoltaik-Anlagen	5
<b>3</b>	<b>Auswertung der Messdaten</b>	<b>8</b>
3.1	Solarthermische Anlagen	8
3.2	Photovoltaik-Anlagen	9
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Glossar</b>	<b>16</b>

# 1 Zusammenfassung

Für das Vorhaben „Kirchengemeinden für die Sonnenenergie“ führt das Fraunhofer ISE seit Beginn des Jahres 1999 im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt die wissenschaftliche Begleitung durch. Von sämtlichen Anlagen werden die technischen Daten (Stammdaten) erfasst. Der Jahresbericht 2003 beinhaltet die statistischen Auswertungen dieser Stammdaten von 558 Photovoltaik-Anlagen und 127 Kollektoranlagen. Die Auswertung der Messdaten erfolgte auf der Basis der Ablesungen der monatlichen Zählerstände durch die Kirchengemeinden. Die Werte werden in einer Datenbank gespeichert und regelmäßig ausgewertet. Dabei geht es vor allem darum, den Solarertrag der Anlagen zu ermitteln und mögliche Ursachen für einen zu geringen Energieertrag zu erkennen. Jede Kirchengemeinde erhält jährlich eine Auswertung, die auch einen Vergleich zum Mittelwert aller beteiligten Kirchengemeinden ermöglicht.

Für das Jahr 2003 liegen von 305 Photovoltaik-Anlagen die kompletten Jahreswerte vor. Es haben aber deutlich mehr Kirchengemeinden Daten geliefert, die teilweise jedoch in unregelmäßigen zeitlichen Abständen und teilweise nicht plausibel waren und deshalb für die übergreifende wissenschaftliche Auswertung nicht verwendet werden konnten. Auch haben viele Kirchengemeinden die Daten für das Jahr 2003 erst nach Redaktionsschluss geliefert.

Die Sonne lieferte im Jahr 2003 zwischen 15 und 20 % mehr Energie, als im langjährigen Mittel. Der durchschnittliche Jahresertrag der Anlagen war mit 930 kWh/kWp entsprechend hoch und lag etwa 20 % über dem Vorjahreswert. Der Mittelwert für die insgesamt 157 Anlagen in Süddeutschland betrug 979 kWh/kWp (letztes Jahr 840 kWh/kWp), in Norddeutschland erreichten die 148 betrachteten Anlagen im Mittel 878 kWh/kWp (letztes Jahr 730 kWh/kWp). Daraus folgt, dass die süddeutschen Anlagen einen um 12 % höheren Ertrag als die Anlagen im nördlichen Teil Deutschlands erreichten.

Für alle Standorte wurde für das Jahr 2003 die Performance Ratio ermittelt. Sie erlaubt eine vom Standort, von der Ausrichtung und dem Neigungswinkel des Solargenerators unabhängige Bewertung der Anlageneffizienz. Bei den süddeutschen Anlagen beträgt der Mittelwert der Performance Ratio 71 %, bei den norddeutschen Anlagen 70 %. Die besten Anlagen erreichen Werte deutlich über 80 %. Bei den neueren Anlagen ist eine deutliche Steigerung der Anlagenqualität erkennbar. Anlagen mit Baujahr 2001 und später haben eine um 5 % bessere Performance Ratio, als die in den Jahren 1999 und 2000 gebauten Anlagen.

Bei den solarthermischen Anlagen liegen für das Jahr 2003 von 50 Anlagen plausible Messdaten für das gesamte Jahr vor. Auch hier liegt die Solarausbeute um 10 % über dem Vorjahreswert. Der Mittelwert der erzeugten Solarwärme erreichte bei den Anlagen zur Trinkwassererwärmung etwa 320 kWh pro m<sup>2</sup> (letztes Jahr 290 kWh pro m<sup>2</sup>) installierter Absorberfläche (Netto-Kollektorfläche), was für die Trinkwassererwärmung ein in der Praxis gängiger Wert ist.

Die Anlagen zur Heizungsunterstützung sind in der Regel für die Trinkwassererwärmung im Sommer etwas zu groß ausgelegt. Deshalb ist der Mittelwert der Anlagen mit 270 kWh pro m<sup>2</sup> (letztes Jahr 240 kWh pro m<sup>2</sup>) etwas unter dem Wert für Anlagen, die ausschließlich zur Trinkwassererwärmung ausgelegt sind, aber für die Heizungsunterstützung ein guter Wert. Da bei den thermischen Solaranlagen der Energieertrag sehr stark von der Nutzung abhängt, ist eine vergleichende Bewertung der Technik sehr schwierig.

## 2 Auswertung der Stammdaten

Zum Zeitpunkt der Auswertungen der Stammdaten (Ende März) lagen beim Fraunhofer ISE von insgesamt 685 Anlagen die offiziellen Inbetriebnahme- und Prüfprotokolle (IPP) vor. Es handelt sich dabei um 127 solarthermische und um 558 Photovoltaik-Anlagen. Mittlerweile sind die technischen Daten von insgesamt 750 geförderten Anlagen eingegangen. Eine abschließende Auswertung der Stammdaten wird im nächsten Jahresbericht erfolgen.

### 2.1 Solarthermische Anlagen

Die nachfolgende Auswertung berücksichtigt 127 solarthermische Anlagen mit einer gesamten Netto-Kollektorfläche von rund 1.648 m<sup>2</sup>. Die durchschnittliche Netto-Kollektorfläche je Anlage beträgt demnach rund 13 m<sup>2</sup>. 100 solarthermische Anlagen werden ausschließlich zur Trinkwassererwärmung genutzt (insgesamt 1.254 m<sup>2</sup> Netto-Kollektorfläche), die restlichen 27 dienen ergänzend zur Heizungsunterstützung (insgesamt 394 m<sup>2</sup> Netto-Kollektorfläche).

Bild 1 zeigt die Verteilung der Anlagengröße bezogen auf die Netto-Kollektorfläche. Man erkennt, die zur Heizungsunterstützung gebrauchten Anlagen sind im Schnitt größer ausgelegt.

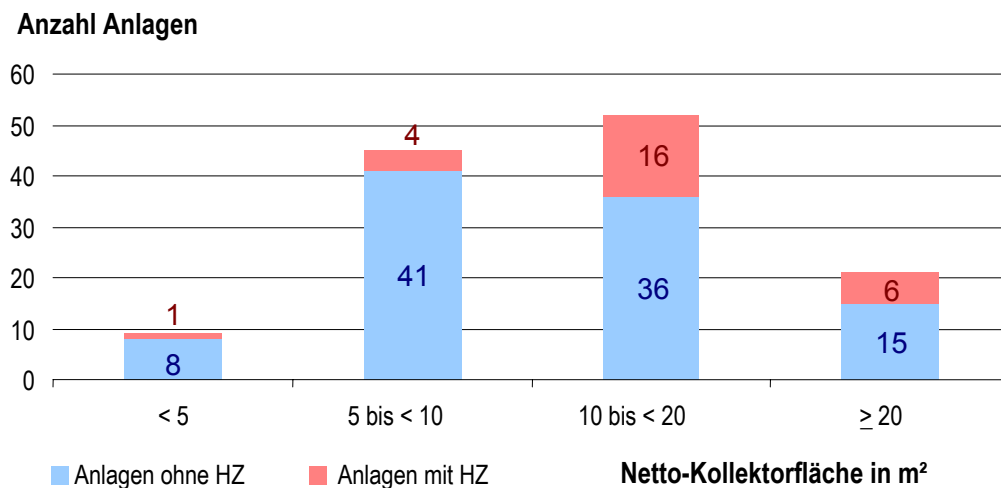


Bild 1 Verteilung der installierten Netto-Kollektorfläche bis Ende 2003 der verschiedenen Anlagentypen: Anlagen mit Heizungsunterstützung (Anlagen mit HZ), nur Trinkwassererwärmung (Anlagen ohne HZ)

Bild 2 zeigt den Anteil der Kollektorhersteller an der Gesamtzahl der errichteten Anlagen. Der Anteil der Flachkollektoren beträgt 86 %; der Röhrenkollektoren liegt bei 14 %. Etwa 59 % der Anlagen sind auf einem Schrägdach und 20 % auf einem

Flachdach installiert. Bei 19 % der Anlagen wurde der Kollektor in das Dach integriert und bei zwei Anlagen in die Fassade.

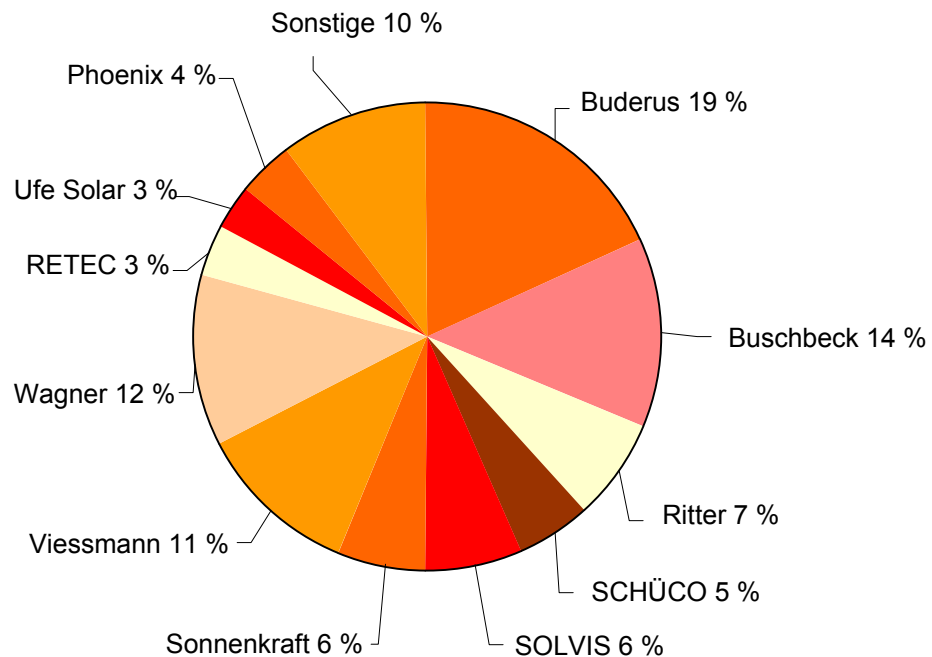


Bild 2 Anteil der Kollektorhersteller an der installierten Fläche bis Ende 2003

## 2.2 Photovoltaik-Anlagen

Die nachfolgenden Auswertungen beziehen sich auf 558 Anlagen mit einer Solargeneratorleistung von insgesamt 2.426 kWp. Die durchschnittliche Anlagenleistung beträgt 4,4 kWp. Knapp 90 % der bisher installierten Anlagen haben eine Solargeneratorleistung zwischen 2 und 6 kWp. Hinsichtlich der Installationsart des Solargenerators dominiert ganz eindeutig die Aufständigung auf dem Schrägdach (65 %) bzw. dem Flachdach (25 %). Bei 10 % der Anlagen wurde der Solargenerator in das Gebäudedach integriert. Im Rahmen der Förderinitiative war die Anlagengröße bei etwa 5 kWp gedeckelt, größere Anlagenleistungen wurden durch Eigenmittel der Kirchengemeinden finanziert.

### Ausrichtung und Neigungswinkel

Die Ausrichtung und der Neigungswinkel des Solargenerators sind hinsichtlich des Jahresertrages wichtige Größen. Ist der Solargenerator zwischen Südosten und Südwesten ausgerichtet und liegt der Neigungswinkel zwischen 20 und 40 Grad, ist der Minderertrag gegenüber dem Optimum von 30 Grad und Südausrichtung vernachlässigbar klein. Etwa 63 % der Solargeneratoren der betrachteten Anlagen liegen in diesem Bereich. Weitere 31 % der Solargeneratoren sind ebenso zwischen Südosten und Südwesten ausgerichtet, haben jedoch einen Neigungswinkel kleiner 20 Grad oder größer 40 Grad. Auch diese Anlagen sind noch im akzeptablen Bereich. Nur 6 % der Anlagen liegen außerhalb des empfohlenen Bereichs.

### Anzahl Anlagen



Bild 3 Verteilung der installierten Leistung der PV-Anlagen bis Ende 2003

### Marktanteile bei den Solarmodulen

Bild 4 zeigt die Anteile der Modulhersteller bezogen auf die bisher installierte Anlagenleistung von etwa 2.426 kWp. Module der Hersteller BP Solar, Shell-Solar sowie Isofoton und Kyocera sind am häufigsten vertreten. Insgesamt ist ein sehr breites Spektrum an Modulherstellern zu verzeichnen. So sind in der Rubrik „sonstige Modulhersteller“ insgesamt 26 Firmen enthalten.

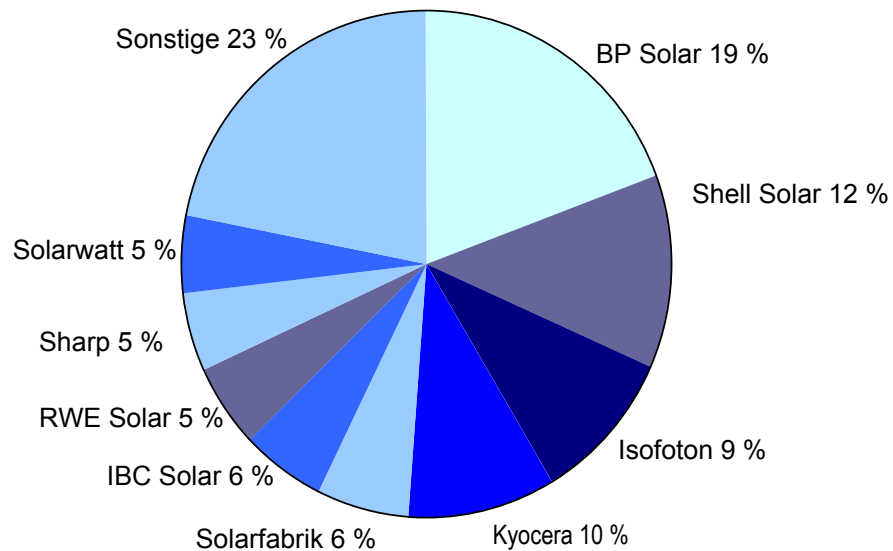


Bild 4 Marktanteile der Modulhersteller bezogen auf die installierte Gesamtleistung von 2.426 kWp bis Ende 2003

### Marktanteile bei den Wechselrichtern

Bei den Wechselrichtern dominiert SMA mit 66 % Marktanteil. Fronius und Solarfabrik/Sputnik liefern zusammen etwa 16 % der Geräte, die restlichen Hersteller haben einen Marktanteil deutlich unter 5 %.

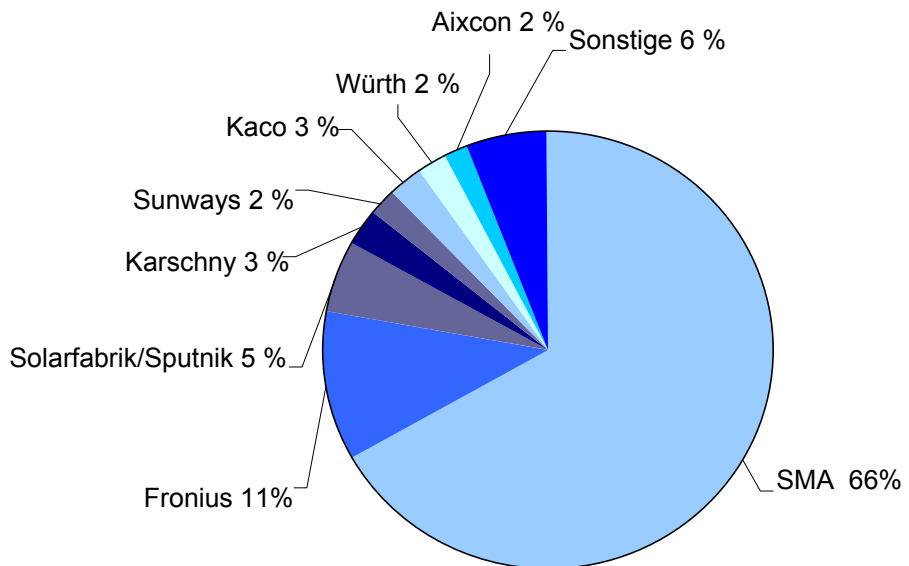


Bild 5 Anteil der Wechselrichterhersteller (nach installierter AC-Nennleistung der WR) bis Ende 2003



### 3 Auswertung der Messdaten

#### 3.1 Solarthermische Anlagen

Bei den solarthermischen Anlagen liegen für das Jahr 2003 von 50 Anlagen plausible Messdaten für das gesamte Jahr vor. Der Mittelwert der erzeugten Solarwärme liegt bei den 42 Anlagen zur Trinkwassererwärmung bei etwa 320 kWh pro m<sup>2</sup> installierter Netto-Kollektorfläche, was für die Trinkwassererwärmung ein in der Praxis gängiger Wert ist. Die Anlagen zur Heizungsunterstützung sind in der Regel für die Trinkwassererwärmung im Sommer etwas zu groß ausgelegt. Deshalb ist der Mittelwert der 8 Anlagen mit 270 kWh pro m<sup>2</sup> etwas unter dem Wert für Anlagen, die ausschließlich zur Trinkwassererwärmung ausgelegt sind. Die Verteilung des Jahresertrages zeigt Bild 6. Da bei den thermischen Solaranlagen die Ausbeute sehr stark von der Nutzung abhängt, ist eine vergleichende Bewertung der Technik sehr schwierig. Bei den 8 Anlagen mit einem Energieertrag kleiner 200 kWh pro m<sup>2</sup> sind durchgehend sehr geringe Werte in den Sommermonaten erkennbar, was auf einen geringen Nutzungsgrad bzw. auf einen geringen Warmwasserbedarf im Sommer deutet.

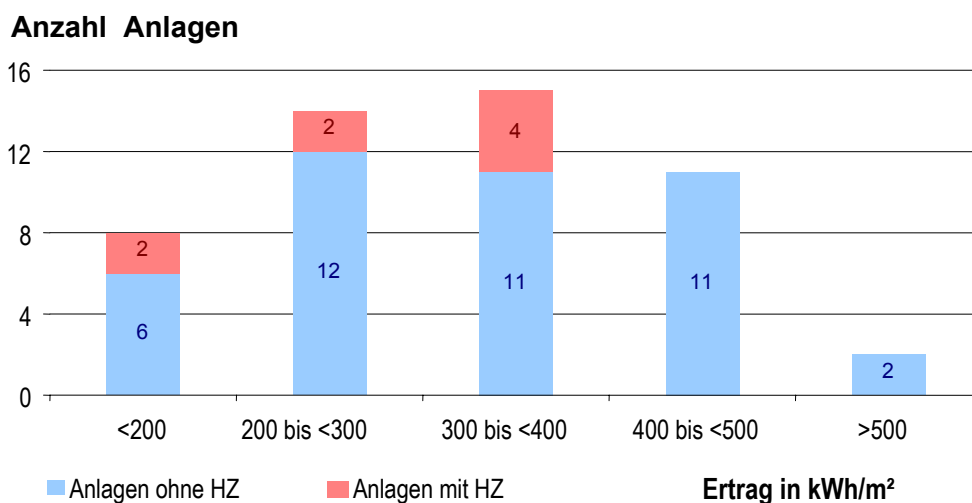


Bild 6 Verteilung des Jahresertrages von 50 solarthermischen Anlagen für das Jahr 2003, Stapelbalken mit und ohne Heizungsunterstützung

In Bild 7 sind die monatlichen Mittelwerte der solaren Wärmeerträge aufgeführt. Dabei wurde unterteilt in Anlagen zur Trinkwassererwärmung ohne Heizungsunterstützung und in Anlagen zur Trinkwassererwärmung mit Heizungsunterstützung. Da die Anlagen ohne Heizungsunterstützung in der Regel kleiner ausgelegt werden, sind die solaren Überschüsse im Sommer geringer. Deshalb ist der Nutzungsgrad und somit auch der Ertrag höher.

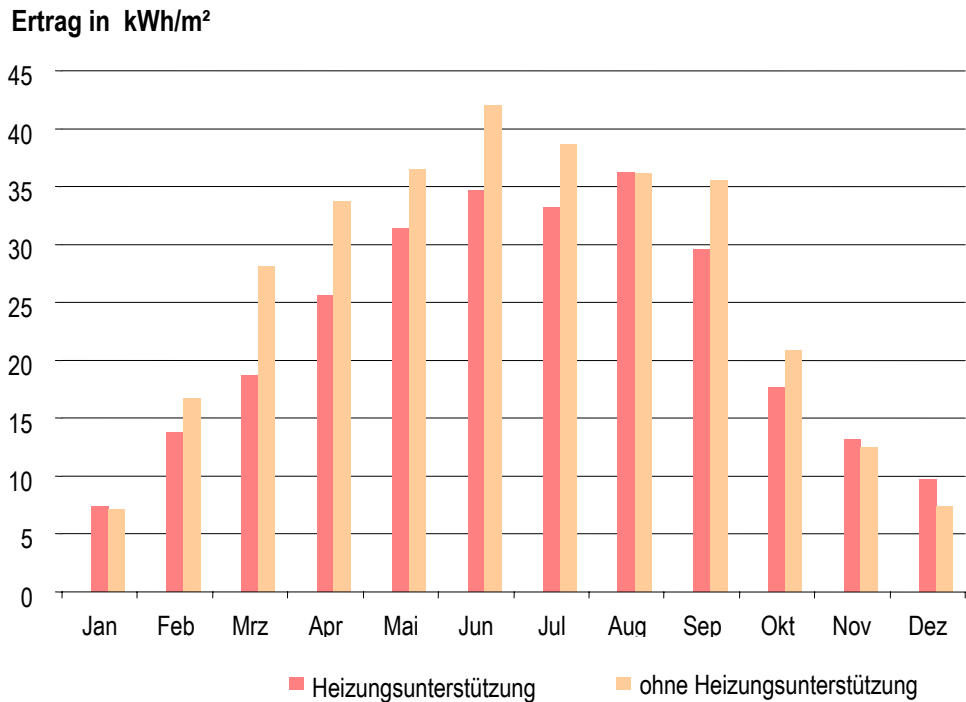


Bild 7 monatliche Mittelwerte der Erträge in kWh pro m<sup>2</sup> der Anlagen mit und ohne Heizungsunterstützung der 50 solarthermischen Anlagen für das Jahr 2003

### 3.2 Photovoltaik-Anlagen

Für das Jahr 2003 liegen von 305 Photovoltaik-Anlagen die kompletten Jahreswerte vor. Es haben deutlich mehr Kirchengemeinden Daten geliefert, die teilweise jedoch in unregelmäßigen zeitlichen Abständen eintrafen und teilweise nicht plausibel waren. Aus diesem Grund konnten diese Daten für die übergreifende wissenschaftliche Auswertung nicht verwendet werden.

Die Sonne lieferte im Jahr 2003 zwischen 15 und 20 % mehr Energie, als im langjährigen Mittel. Der durchschnittliche Jahresertrag der Anlagen ist mit 930 kWh/kWp entsprechend hoch und liegt etwa 20 % über dem Vorjahreswert. Rund ein Drittel aller Anlagen erreichte Werte um die 1.000 kWh/kWp und darüber (Bild 8). Das Ergebnis deckt sich auch mit den Erfahrungen aus anderen Projekten wie zum Beispiel „Sonne in der Schule“. Dort ergab die Auswertung von 167 bundesweit installierten Anlagen einen Mittelwert von 911 kWh/kWp.

### Anteil in Prozent

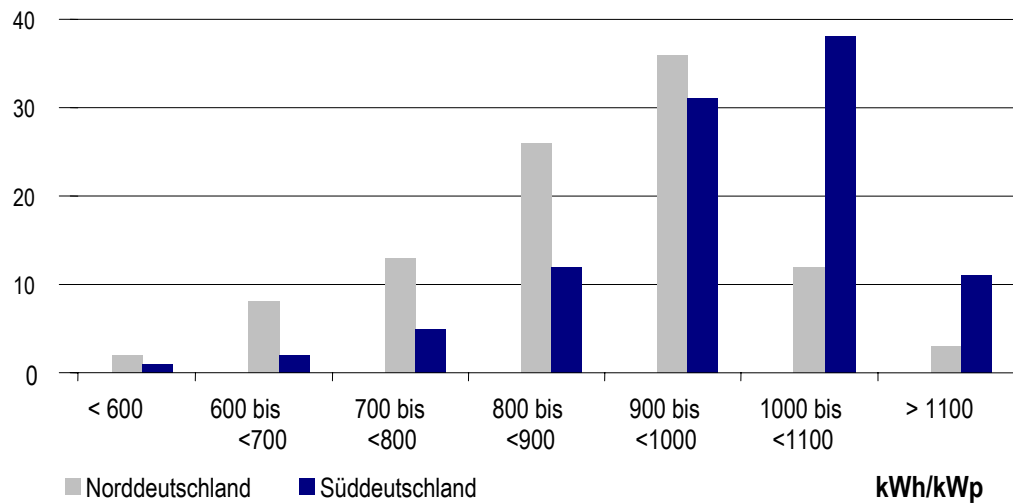


Bild 8 Prozentuale Verteilung des Jahresertrages 2003 bezogen auf 305 Anlagen

### Performance Ratio

Mit Hilfe der Einstrahlungsdaten aus den METEO-SAT-Satellitenbildern wurden die Werte der Performance Ratio für etwa 300 Standorte für das Jahr 2003 ermittelt. Die Performance Ratio (PR) erlaubt eine vom Standort, von der Ausrichtung und dem Neigungswinkel des Solargenerators unabhängige Bewertung der Anlagen.

In Bild 9 ist die Verteilung der Jahreswerte der Performance Ratio im Jahr 2003 für die untersuchten Anlagen aufgetragen. Wie bei den Erträgen, wurden die Anlagen auch wieder aufgeteilt in Nord- und Süddeutschland. Bei den süddeutschen Anlagen beträgt der Mittelwert der Performance Ratio 71 %, bei den norddeutschen Anlagen beträgt dieser 70 %.

Die meisten Anlagen befinden sich im Bereich von 70 bis 80 % und liegen somit im zu erwartenden Bereich für kleine Dachanlagen in städtischer Bebauung. Die besten Anlagen erreichen Werte deutlich über 80 %. Bei den Anlagen, die eine Performance Ratio unter 70 % erreichen, werden die Ursachen noch genauer erforscht. Die Ergebnisse werden dann in einer gesonderten Veröffentlichung den Kirchengemeinden zur Verfügung gestellt.

### Anteil in Prozent

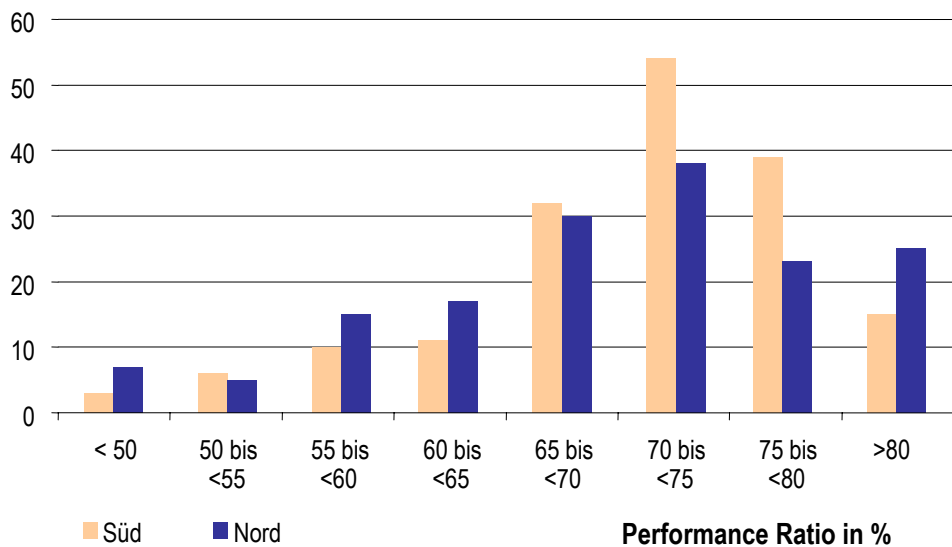


Bild 9 Prozentuale Verteilung der Performance Ratio von 331 Anlagen für das Jahr 2003

Bei den neueren Anlagen ist eine deutliche Steigerung der Anlagenqualität erkennbar. Anlagen mit Baujahr 2001 und später haben eine um 5 % höhere Performance Ratio, als die in den Jahren 1999 und 2000 gebauten Anlagen (Bild 10)

### Anteil in Prozent

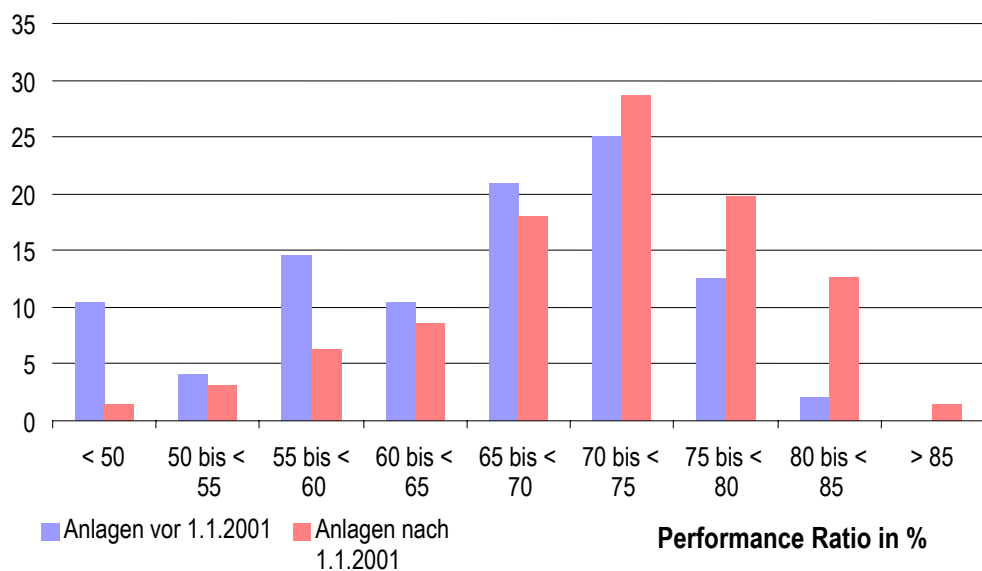


Bild 10: Prozentuale Verteilung der Performance Ratio. Im Vergleich vor und nach dem 1.1.2001 errichtete Anlagen. Vor dem 1.1.2001 wurden insgesamt 48 Anlagen, danach 283 Anlagen errichtet.

In der nachfolgenden Tabelle sind von den 20 Anlagen mit der besten Performance Ratio im Jahre 2003 die Standorte und die Jahreserträge aufgeführt.

Bei all diesen Anlagen konnten wir anhand der uns vorliegenden Fotos sehen, dass die Solargeneratoren nahezu verschattungsfrei montiert sind. Anhand der Postleitzahlen sieht man, dass diese sehr guten Anlagen sich nicht auf bestimmte Gebiete konzentrieren, sondern verteilt liegen (siehe Bild 11).

Die besten Anlagen erreichen Werte größer als 80 %. Diese Maximalwerte sind jedoch nur zu erreichen, wenn folgende Gegebenheiten erfüllt sind:

- keine Verschattung des Solargenerators und gute Hinterlüftung der Module,
- die Leistung der eingesetzten Solarmodule liegt bei denen vom Hersteller angegebenen Nennwerten,
- hoher Wirkungsgrad, hohe Verfügbarkeit und gutes Regelverhalten der eingesetzten Wechselrichter,
- optimale Auslegung der Anlage

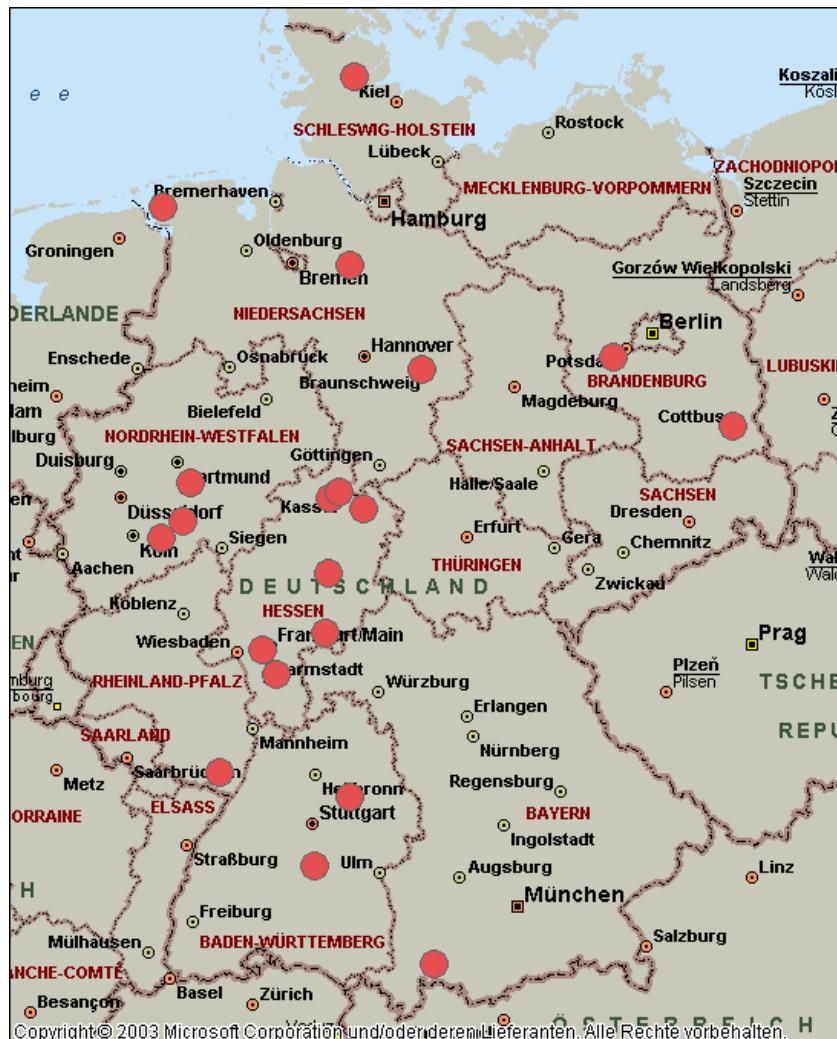


Bild 11: Standorte der 20 Anlagen mit der höchsten Performance Ratio

PLZ	Ort	Leistung kWp	Ertrag kWh/kWp	Performance %
51709	Marienheide	2,7	1107	88
27386	Brockel	3,0	1103	85
58642	Iserlohn	5,0	1083	85
03054	Cottbus	5,0	1101	84
65929	Frankfurt	5,0	1126	84
34130	Kassel	9,9	1064	84
87663	Lengenwang	6,0	1162	83
34270	Elgershausen	5,1	1048	83
36329	Romrod	2,5	1036	83
26736	Krummhörn-Eilsum	2,0	1076	83
63607	Wächtersbach	2,6	1118	83
51491	Overath	5,0	1087	83
76831	Billigheim	5,4	1211	83
24837	Schleswig	4,0	976	83
37235	Hessisch Licht	5,1	1001	82
14542	Werder	5,5	1044	82
38116	Braunschweig	5,9	1011	82
71540	Murrhardt-Forens	3,2	1114	82
64289	Darmstadt	6,0	1143	82
72793	Pfullingen	5,1	1141	82

Tabelle 1 Beispiele von Anlagen mit hoher Performance Ratio im Jahr 2003



Bild 12: Solargenerator der Anlage in Billigheim



Bild 13: Solargenerator auf dem Kirchendach in Elgershausen

## Jahreskurve der Anlagen

Bild 14 zeigt die mittleren Monatserträge für den norddeutschen und süddeutschen Bereich im Vergleich (Datenbasis 305 Anlagen – 148 Norddeutschland und 157 Süddeutschland).

Diese „Normkurve“ wird auch für die Einzelauswertungen an die Kirchengemeinden zu Grunde gelegt. Aus der Grafik wird der generell höhere Ertrag im Jahre 2003 sowohl in Süd- als auch in Norddeutschland deutlich.

### Mittlere Monatserträge in kWh/kWp

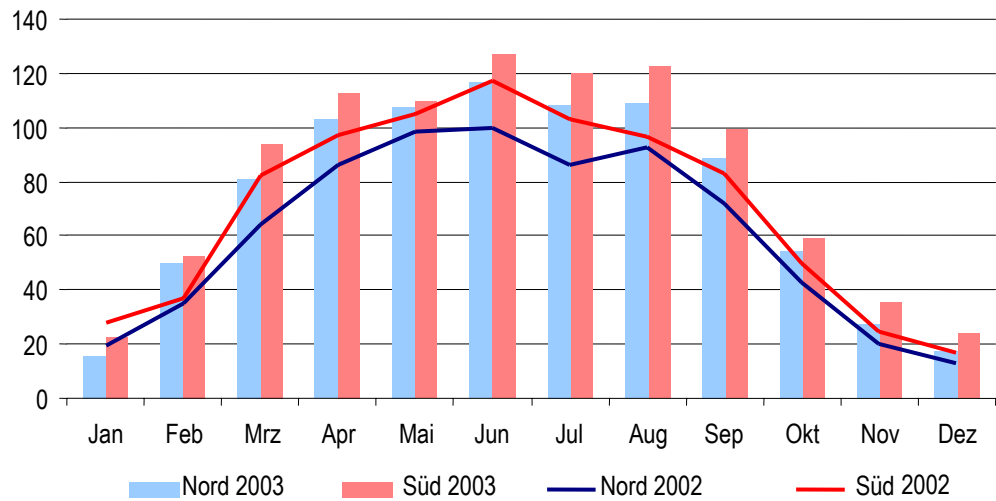


Bild 14: Mittlere monatliche Erträge 2002 und 2003 in Nord- und Süddeutschland, die Balken zeigen die Monatswerte in 2003, die Kurven die Werte in 2002

## 4 Fazit und Ausblick

Das Jahr 2003 war ein außergewöhnliches Jahr für die Solarenergie. Die solare Einstrahlung lag zwischen 15 und 20 % über dem langjährigen Mittel.

Der durchschnittliche Jahresertrag der Photovoltaik-Anlagen ist dadurch mit 930 kWh/kWp entsprechend hoch. Rund ein Drittel aller Anlagen erreichte Werte um die 1.000 kWh/kWp und darüber. Somit haben alle installierten Photovoltaik-Anlagen im Rahmen der Förderinitiative im Jahr 2003 etwa 2.300 MWh Strom erzeugt. Allein dadurch werden mehr als 1.150 Tonnen CO<sub>2</sub> Ausstoß vermieden. Rechnet man den mit den Projekten erzielten Verbreitungseffekt hinzu, so ist die Einsparung um ein vielfaches höher.

Die deutlich erkennbare Verbesserung der Qualität und Effizienz bei den neueren Anlagen im Vergleich zu den Installationen zu Beginn des Fördervorhabens, zeigt, wie wichtig die Erfassung der Daten, der Erfahrungsaustausch und die Kommunikation der Ergebnisse ist.

Bei den solarthermischen Anlagen ist die Datenbasis zu gering, um grundlegende Aussagen zu treffen. Die Mittelwerte der erzeugten Solarwärme liegen sowohl bei den Anlagen zur „reinen“ Trinkwassererwärmung als auch zur Heizungsunterstützung im zu erwartenden Bereich.

Die im Förderprogramm installierten thermischen Systeme haben etwa 50.000 Liter Heizöl eingespart und den Ausstoß von 160 Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden.

Erst durch die Einzelauswertung jeder Anlage konnten wir zu geringe Erträge erkennen und die Kirchengemeinden auf Schwachpunkte hinweisen. Die am Fördervorhaben beteiligten Kirchengemeinden haben mit der monatlichen Übermittlung der Zählerstände den Grundstein für die wissenschaftliche Auswertung gelegt. Im Jahr 2004 wollen wir gemeinsam mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt bei allen Anlagen mit zu geringen Erträgen die Ursachen erforschen und das Optimierungspotenzial aufzeigen und die betroffenen Kirchengemeinden bei der Umsetzung der möglichen Anlagenoptimierung unterstützen.



## 5 Glossar

### **Anlagenertrag:**

Der von einer netzgekoppelten Photovoltaik-Anlage erzeugte Solarstrom wird ins Stromnetz des jeweiligen Netzbetreibers eingespeist. Die von der Solarstromanlage produzierte Strommenge wird mit einem geeichten Energiezähler in kWh gemessen. Um Anlagen mit unterschiedlichen Leistungen vergleichen zu können, teilt man die absolute Energiemenge in kWh durch die Anlagengröße in kWp. So erhält man den spezifischen Energieertrag in kWh pro kWp. Der Anlagenertrag hängt im Wesentlichen von der solaren Einstrahlung am Standort der Anlage ab. Sehr gute Anlagen in Süddeutschland erreichen im langjährigen Mittel Erträge deutlich über 900 kWh/kWp, in Norddeutschland deutlich über 800 kWh/kWp.

### **Performance Ratio:**

(PR) = Energieertrag / (Jahreseinstrahlung auf unverschattete Modulfläche • Modulwirkungsgrad STC)

Die PR ist ein weitgehendes vom Standort unabhängiges Maß für die Anlagenqualität, allerdings haben die Modultemperatur und die Genauigkeit der Leistungsangaben STC ( $P_0$ ) einen deutlichen Einfluss auf den PR-Wert. PR ist eine reine Definitionsgröße.

### **CO<sub>2</sub>-Entlastung:**

Die Photovoltaik-Anlagen ersparen der Umwelt pro erzeugter kWh etwa 0,5 kg CO<sub>2</sub> im Vergleich zum derzeitigen Kraftwerkspark in Deutschland. Mit einer Leistung von einem kWp (etwa 8 m<sup>2</sup> Fläche) werden pro Jahr etwa 400 kg CO<sub>2</sub> Ausstoß vermieden. Eine thermische Anlage entlastet die Umwelt gegenüber einer konventionellen Ölheizung etwa um 0,3 kg CO<sub>2</sub> pro kWh. Eine Kollektoranlage mit 10 m<sup>2</sup> Kollektorfläche kommt jährlich auf eine CO<sub>2</sub> Einsparung von etwa 950 kg.

## 6 Ansprechpartner

Klaus Kiefer  
Fraunhofer ISE  
Heidenhofstraße 2  
79110 Freiburg  
Tel.+49 (0) 7 61 / 45 88 – 5218  
Fax:+49 (0) 7 61 / 45 88 – 9217  
E-Mail: [kiefer@ise.fhg.de](mailto:kiefer@ise.fhg.de)