

# Photovoltaik-Energiestatistik 1996 : Energiestatistik und Erfolgskontrolle von Photovoltaik-Netzverbundanlagen

Autor(en): **Schaffner, Christian / Meier, Christian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des  
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de  
l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des  
Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **88 (1997)**

Heft 10

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-902196>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

1996 wurden in der Schweiz rund 80 neue Photovoltaik-Netzverbundanlagen mit rund 810 kW<sub>p</sub> Leistung an das Elektrizitätsnetz angeschlossen. Somit speisen per Ende 1996 etwa 820 Photovoltaikanlagen mit 6,2 MW<sub>p</sub> Gesamtleistung umweltfreundlichen Strom in das öffentliche Stromnetz ein. Erstmals seit dem Spitzenjahr 1992 wurde 1996 wieder mehr Leistung installiert als im Vorjahr. Somit wurde der negative Trend der vergangenen drei Jahre erstmals wieder positiv. Wie in den Vorjahren blieb die Qualität der Anlagen in bezug auf Ausfälle von Wechselrichtern sowie Energieertrag auf einem hohem Niveau. Der mittlere Ertrag pro installiertes Kilowatt Spitzenleistung betrug 825 kWh/kW<sub>p</sub>, die Wechselrichterfügbarkeit lag bei etwa 98%.

# Photovoltaik-Energiestatistik 1996

## Energiestatistik und Erfolgskontrolle von Photovoltaik-Netzverbundanlagen

■ Christian Schaffner  
und Christian Meier

### Anlageerhebung und Energieerträge

Die Photovoltaik (PV) ist, speziell auch im Netzverbund, nach wie vor eine relativ junge Technologie. Es ist daher wichtig, dass jedes Jahr neue Anlagen mit unterschiedlichen Ausführungen,

Standorten und Nennleistungen installiert werden. Nur so kann diese zukunftsorientierte Energieerzeugung neue Erfahrungen sammeln und sich weiter entwickeln. Zur Erhebung des Bestandes der Netzverbundanlagen wie auch zur Bestimmung der Erträge hat das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) zusammen mit dem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) seit 1992 das Projekt «Energiestatistik und Qualitätssicherung von Photovoltaikanlagen in der Schweiz» durchgeführt. Dieses Projekt

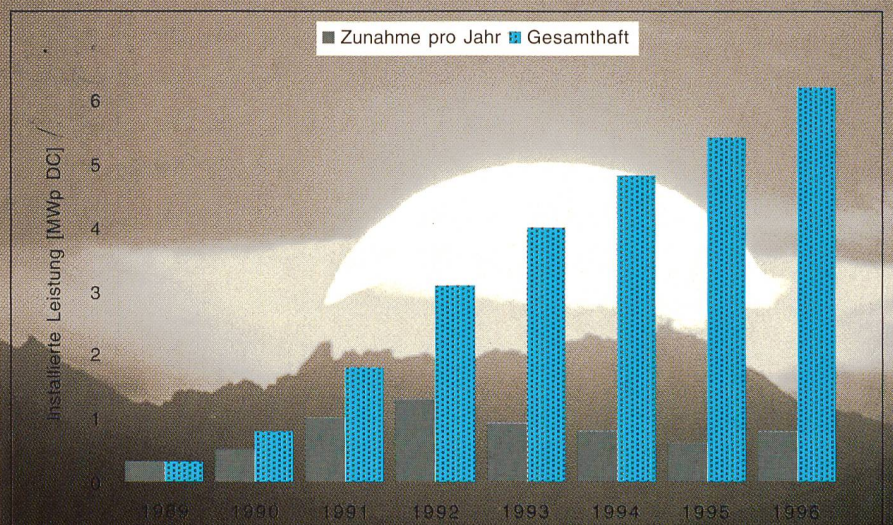


Bild 1 Jährlicher Zuwachs sowie kumulierte Leistung bei PV-Anlagen im Netzverbund. Ende 1996 waren rund 6,2 MW<sub>p</sub> (= 6200 kW<sub>p</sub>) installierte Leistung am Netz. War das Wachstum pro Jahr seit 1993 negativ, wurde 1996 erstmals wieder mehr Leistung installiert als im Vorjahr.

#### Adresse der Autoren

Christian Schaffner, El.-Ing. ETH  
Christian Meier, Dipl.-El.-Ing. HTL  
Energie-Büro, Räfelstrasse 29, 8045 Zürich

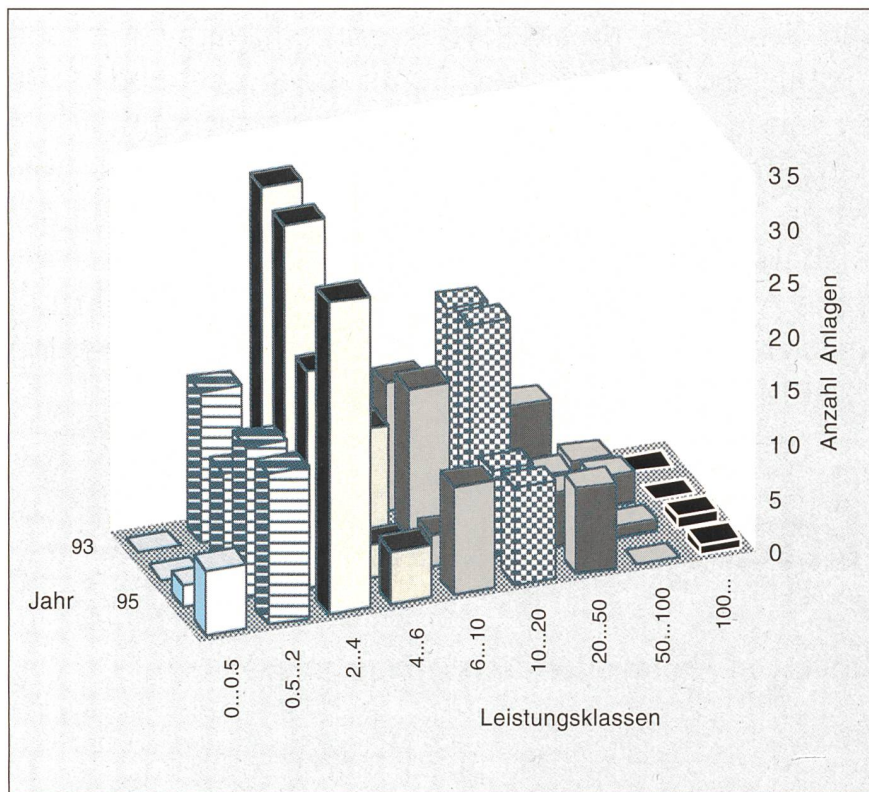


Bild 2 Die Anzahl der 1993 bis 1996 neu erstellten Anlagen nach Leistungsklassen geordnet. Links im Bild die kleinen, rechts die grossen Anlagen. In der Kategorie der 2- bis 4-kW<sub>p</sub>-Anlagen wurden durchwegs die meisten Anlagen installiert. In den letzten zwei Jahren kamen neu auch Kleinstanlagen unter 500 W<sub>p</sub> (= 0,5 kW<sub>p</sub>) dazu. Um die Anschaulichkeit zu erhöhen, wurden nur die Jahre 1993 bis 1996 berücksichtigt.

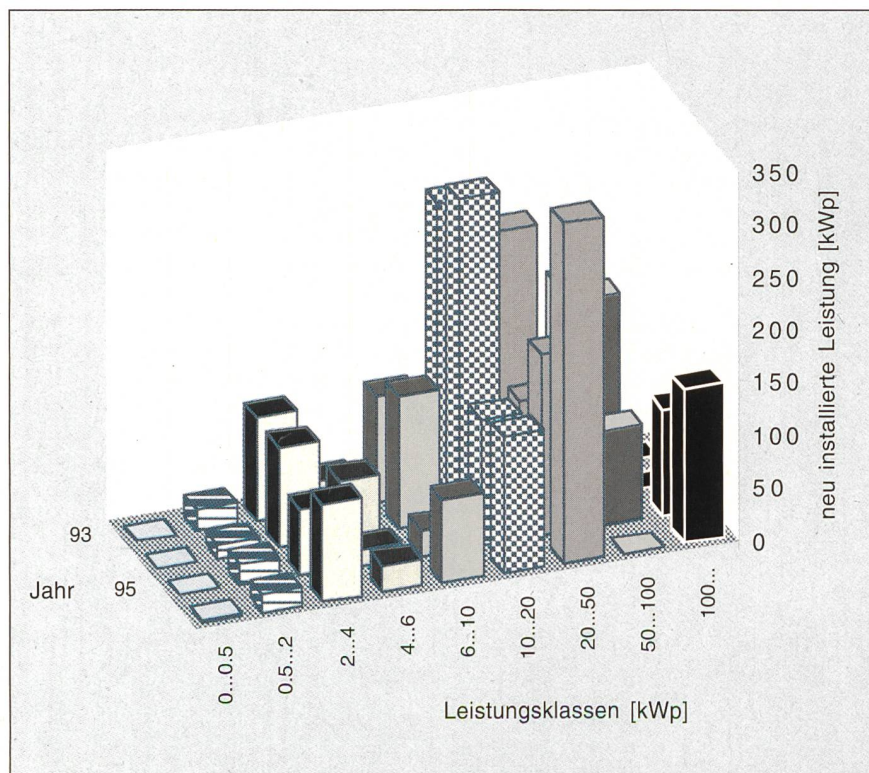


Bild 3 Die Leistungen (in kW<sub>p</sub>) der 1993 bis 1996 neu erstellten Anlagen nach Leistungsklassen geordnet. Links im Bild die kleinen, rechts die grossen Anlagen. Die meiste Leistung wurde über die Jahre in den Kategorien der 10- bis 50-kW<sub>p</sub>-Anlagen installiert. Um die Anschaulichkeit zu erhöhen, wurden nur die Jahre 1993 bis 1996 berücksichtigt.

erlaubte es, den Ertrag sowie die Qualität der Installation der Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) zu beurteilen und die Einhaltung gewisser Qualitätsstandards sicherzustellen. Dieser Artikel berichtet über die Resultate des letzten Jahres.

### Über 800 kWh/kW<sub>p</sub> Ertrag

Die detaillierte Auswertung der Anla-geerträge zeigte eine durchschnittliche Produktion von rund 825 kWh/kW<sub>p</sub>. Der Ausdruck kWh/kW<sub>p</sub> bedeutet dabei, dass pro installierte Leistung von einem Kilo-watt (Spitzenleistung kW<sub>p</sub>) ein Ertrag von 825 Kilowattstunden (kWh) erreicht wurde. Wird ein Vergleich angestellt zwischen den Strahlungsdaten der Schweiz in einem langjährigen Mittel und den aktuellen Daten aus dem Jahr 1996, ergibt sich ein witterungsberei-nigter Wert von rund 815 kWh/kW<sub>p</sub>. Dieser Wert liegt im Rahmen der in den letzten fünf Jahren eruierten Werte.

Um die Zahl der neu installierten PV-Anlagen und deren Nennleistung in der Schweiz abzuschätzen, wurde bei allen Anlageerstellern eine Umfrage durchge-führt. Aufgrund dieser Erhebungen kann der Bestand der PV-Anlagen folgender-massen angegeben werden: Per Ende 1996 waren in der Schweiz rund 820 PV-Anlagen mit einer Gesamtnennleistung von rund 6,2 MW<sub>p</sub> installiert. Sie produzierten 1996 rund 4,7 Mio. kWh Strom (Tabelle I).

### Erstmals seit vier Jahren wieder steigender PV-Markt

Im Rekordjahr 1992 hatte sich die ge-samte pro Jahr installierte Anlagenlei-stung gegenüber dem Vorjahr beinahe verdoppelt. Seither war der jährliche Zu-wachs aber stark rückläufig. Erfreuli-cherweise wurde dieser negative Trend im letzten Jahr aber durchbrochen. Es wurde erstmals wieder mehr Anlagelei-stung installiert als im Vorjahr. Die An-zahl der neu installierten Nennleistung im Jahre 1996 (etwa 810 kW<sub>p</sub>) war be-nahe so hoch wie 1993 (etwa 900 kW<sub>p</sub>; Bild 1 und Tabelle I).

Allerdings kann zu diesem Zeitpunkt keine Entwarnung gegeben werden, da vor allem grosse Anlagen je nach Datum der Inbetriebnahme das Resultat stark be-influssen können. Zudem ist das Ziel des Bundesprogramms «Energie 2000» nach wie vor in weiter Ferne. Es sieht bis ins Jahr 2000 eine installierte Leistung von 50 MW<sub>p</sub> vor. Wenn die Zuwachsrate in den nächsten Jahren so hoch wie 1996

(etwa 810 kW<sub>p</sub>) bleiben würde, wäre bis ins Jahr 2000 nur etwa ein Fünftel des Zieles von 50 MW<sub>p</sub> verwirklicht. Aufgrund der zahlreichen Faktoren, welche die Marktentwicklung der Photovoltaik beeinflussen, ist es nicht möglich, an dieser Stelle eine Trendvorhersage zu machen.

### Grosses Spektrum bei der installierten Leistung

Wird die Anzahl der jedes Jahr neu installierten Anlagen den verschiedenen kW<sub>p</sub>-Kategorien zugeordnet (Bilder 2 und 3), fällt vor allem eines auf: Die Anlagen decken das gesamte Spektrum von einigen hundert W<sub>p</sub> bis über 100 kW<sub>p</sub> ab. Dies zeigt deutlich, dass die photovoltaische Energieproduktion nicht durch eine Mindestanlagengrösse eingeschränkt ist, wie dies bei herkömmlichen Kraftwerkstypen der Fall ist.

Über die Jahre hinweg wurden die meisten Anlagen eindeutig in der Klasse von 2 bis 4 kW<sub>p</sub> installiert (Bild 2). Die höchste kumulierte Leistung kam in den Klassen 10 bis 20 und 20 bis 50 kW<sub>p</sub> hinzu (Bild 3). Die Statistik zeigt, dass nicht unbedingt die Grösstanlagen wesentlich zur Gesamtleistung beitragen, sondern vor allem auch die Mittel- bis Grossanlagen. Ausserdem ist zu bemerken, dass in den letzten beiden Jahren auch Kleinstanlagen unter 0,4 kW<sub>p</sub> (400 W<sub>p</sub>) installiert wurden.

### Unterschiedliche Erträge der Anlagen

Ende 1996 waren in der Schweiz rund 820 PV-Anlagen installiert. Von rund 180 Anlagen, die nach spezifischen Kriterien ausgewählt wurden, sind die genauen Werte der Jahreserträge 1996 sowie der Anzahl Wechselrichterausfalltage bekannt.

Der Mittelwert der Erträge lag mit 825 kWh/kW<sub>p</sub> leicht über den Vorjahresmitteln. In den Ertragsklassen oberhalb 800 kWh/kW<sub>p</sub> lagen deutlich mehr Anlagen als in den Vorjahren; in den Klassen unterhalb gab es entsprechend weniger

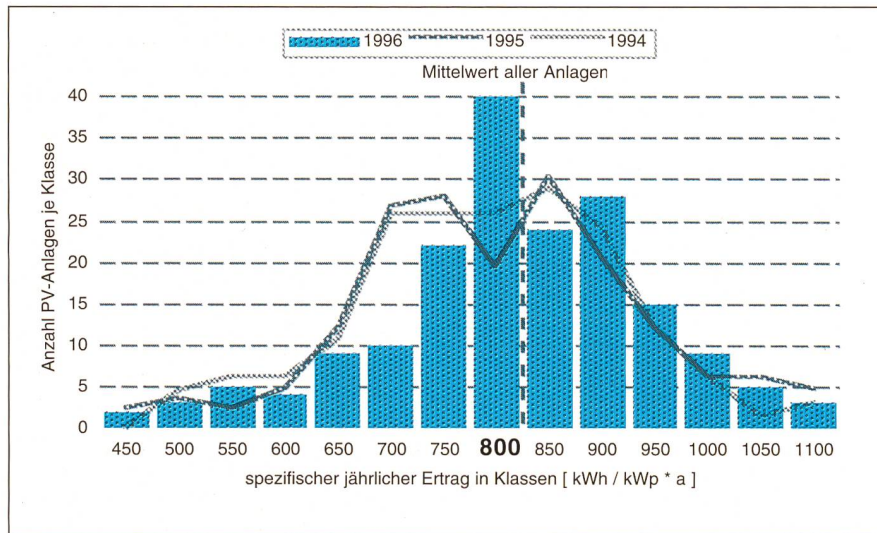


Bild 4 Die spezifischen Erträge der Photovoltaikanlagen 1996 in Kilowattstunden pro installiertes Kilowatt (kWh/kW<sub>p</sub>), aufgeteilt in 50-kWh/kW<sub>p</sub>-Klassen. Der Mittelwert der Anlagen liegt bei rund 825 kWh/kW<sub>p</sub>. Als Vergleich sind als dunkle bzw. schwarze Linien die Verteilungen von 1994 und 1995 aufgezeichnet.

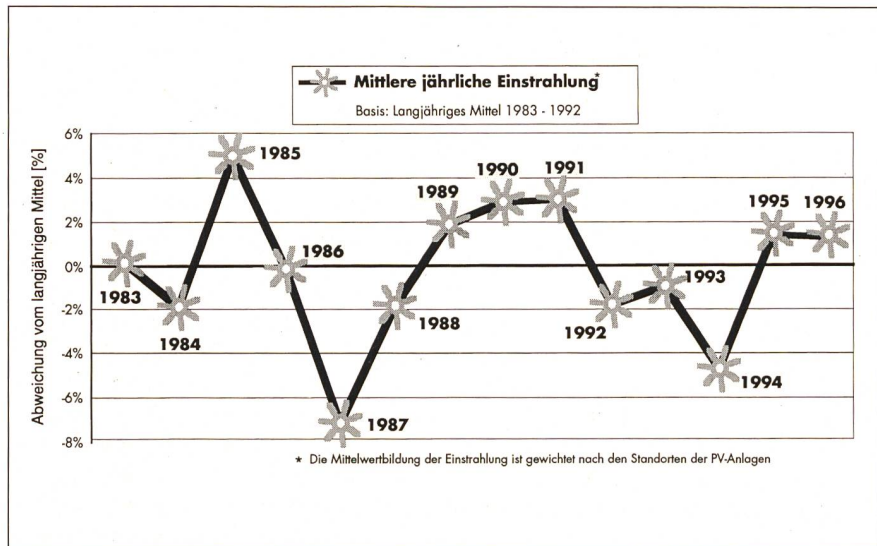


Bild 5 Die mittlere jährliche Einstrahlung auf die Schweiz 1983 bis 1996, gemessen an rund 50 über die Schweiz verteilten SMA-Stationen. Als Referenz (0%-Linie) dient das langjährige Mittel 1983-1992. Die dargestellten Werte sind nach den effektiven Standorten der Photovoltaikanlagen (v.a. Mittelland) gewichtet.

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft mit Unterstützung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

Jahr	Anzahl Anlagen per Ende Jahr kumuliert	Nennleistung	Stromproduktion	Effektiver mittlerer Ertrag	Mittl. Ertrag witterungs- bereinigt
		(MW <sub>p</sub> DC)	(MWh)	(kWh/kW <sub>p</sub> )	(kWh/kW <sub>p</sub> )
1989	60	0,3	–	–	–
1990	170	0,8	400	–	–
1991	380	1,8	1100	–	–
1992	490	3,1	1800	800	815
1993	600	4,0	3000	810	820
1994	680	4,8	3500	800	840
1995	740	5,4	4000	815	805
1996	820	6,2	4700	825	815

Tabelle I Der Beitrag der Photovoltaik zur Stromerzeugung in der Schweiz seit 1989. Auf Ende 1996 stieg die installierte Gesamtleistung auf 6,2 MW<sub>p</sub>. Bei der Berechnung der Stromproduktion 1996 ist der reduzierte Beitrag der erst im Verlauf des Jahres 1996 neu erstellten Anlagen berücksichtigt. In der Spalte ganz rechts ist der witterungsbereinigte Ertrag aufgeführt. Die Methode zur Witterungsbereinigung ist zurzeit noch in Erarbeitung.

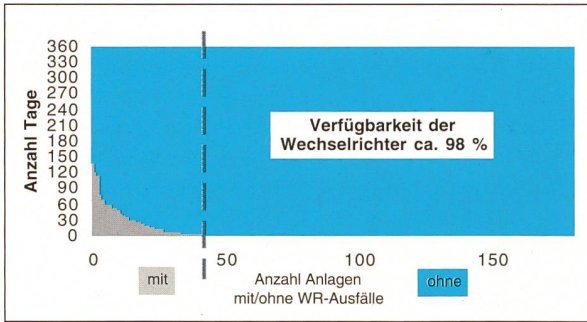


Bild 6 Verfügbarkeit der Wechselrichter. Die Wechselrichter liefen auch im 1996 gemäss den Erwartungen sehr gut. Durch Umfragen bei rund 180 Anlagebetreiberinnen und -betreibern wurde festgestellt, dass die Wechselrichter im Mittel eine sehr gute Verfügbarkeit von rund 98% aufwiesen.

Anlagen (Bild 4). Zudem gab es 1996 in der 800-kWh/kW<sub>p</sub>-Klasse auffallend viele Anlagen.

Die Anlage auf dem Jungfrauoch erscheint in Bild 4 aus Gründen der Anschaulichkeit nicht. Sie gehört in die Klasse 1400 kWh/kW<sub>p</sub>.

### Variierende Sonneneinstrahlung

Als natürlicher Vorgang fluktuiert die jährlich eingestrahlte Sonnenenergie. Die Messungen bei rund 50 über die ganze Schweiz verteilten Stationen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) ergaben 1996 leicht überdurchschnittliche Werte (Bild 5).

Als Referenz dient dabei das Mittel der Jahre 1983–1992. Die Strahlungswerte wurden nach den in der PV-Statistik erfassten rund 180 Anlagestandorten und der Anlageleistung gewichtet. Eine erhebliche Zahl von Stationen (v.a. Gebirgsstationen, die rund die Hälfte des SMA-Stationennetzes ausmachen) wurden dabei nicht berücksichtigt, da keine Anlagen in ihrer Nähe installiert sind. Andere (z.B. SMA-Stationen Basel-Binningen und Bern-Liebefeld), mit sehr vielen PV-Anlagen in der Nähe, haben einen um so grösseren Einfluss auf den gemittelten Einstrahlungswert.

## Statistique de l'énergie solaire 1996

### Statistique de l'énergie et contrôle des performances d'installations photovoltaïques raccordées au réseau

Près de quatre-vingt nouvelles installations photovoltaïques d'une puissance totale de 810 kW<sub>p</sub> ont été raccordées au réseau en 1996. A la fin de 1996, quelque 820 installations photovoltaïques d'une puissance totale de 6,2 MW<sub>p</sub> alimentaient le réseau en électricité respectant l'environnement. On a observé une augmentation de la puissance installée en 1996, et ceci après qu'elle ait diminué continuellement depuis 1992, année de pointe. La tendance négative observée au cours des trois dernières années a donc connu un revirement. La qualité des installations relative aux pannes d'onduleurs ainsi qu'à la productibilité a, comme les années précédentes, atteint un niveau élevé. En 1996, le rendement moyen par kilowatt de puissance de pointe était de 825 kWh/kW<sub>p</sub> alors que la disponibilité des onduleurs dépassait les 98%.

### Anlagebetreiberinnen und -betreiber, bitte melden!

#### Haben Sie eine PV-Anlage? Wir möchten Sie kennenlernen!

Die Qualität unserer Arbeit hängt von den uns zur Verfügung stehenden Daten ab. Wir sind deshalb laufend auf der Suche nach Anlagebetreiberinnen und -betreibern, welche uns einmal jährlich die Produktionsdaten Ihrer Anlage bekanntgeben. Sie erhalten von uns zum Jahreswechsel eine Postkarte, auf welcher Sie ganz einfach den Wert der produzierten Kilowattstunden eintragen. Das ist alles. Sie helfen so mit, die Zuverlässigkeit der PV-Technologie voranzutreiben.

Bitte melden Sie sich bei:

VSE, Wilfried Blum, Postfach 6140, 8023 Zürich

### Gute Verfügbarkeit der Wechselrichter

Die Wechselrichter arbeiteten auch im 1996 wieder sehr gut. Aus Umfragen bei über 180 Anlagen wurde festgestellt, dass die Wechselrichter zum grössten Teil gute Verfügbarkeiten aufwiesen. Der Mittelwert lag bei rund 98%. Zwar gab es 1996 im Vergleich zum Vorjahr bei einzelnen Anlagen längere Ausfallzeiten, doch die Anzahl der Ausfälle ging insgesamt zurück (Bild 6).

Da diese Werte aus Befragungen und nicht aus Messungen stammen, muss davon ausgegangen werden, dass gewisse Ausfälle nicht festgestellt wurden.

### Schlussbemerkung

Das Projekt wird weitergeführt. Da bereits seit einigen Jahren eine signifikante Anzahl von Anlagen beobachtet wurden, sollen in Zukunft auch Aussagen über das technische Verhalten der Anlage über einen Zeitrahmen von Jahren oder gar Jahrzehnten möglich sein. Die zur Verarbeitung der Daten nötige Struktur wird zurzeit in einer weltweit wohl einzigartigen Datenbank erarbeitet. Falls Sie über PV-Anlageinformationen verfügen, so wenden Sie sich bitte an obenstehende Adresse.