

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 83 (1992)

**Heft:** 10

**Artikel:** Wirkungsgradverbesserungen bei Photovoltaikanlagen mit Netzeinspeisung

**Autor:** Holinger, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902829>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Wirkungsgradverbesserungen bei Photovoltaikanlagen mit Netzeinspeisung

H. Holinger

**Wahl von Zellen mit hohem Umsetzungswirkungsgrad, Dimensionierung von Zellenleistung und Wechselrichter im Hinblick auf durchschnittliche und nicht auf maximale Leistung sowie Parallelschaltung mehrerer Wechselrichter, um jeweils im optimalen Leistungsbereich arbeiten zu können – dies sind verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung des Gesamtwirkungsgrades einer Photovoltaikanlage im Netzverbund, die in diesem Beitrag näher vorgestellt werden.**

**Un choix de cellules ayant un degré de conversion élevé, un dimensionnement de la puissance cellulaire et de l'onduleur en fonction de la puissance moyenne et non pas maximale, ainsi qu'un couplage en parallèle de plusieurs onduleurs afin de pouvoir travailler dans le domaine de puissance optimal – telles sont diverses possibilités permettant d'optimiser le rendement global d'une installation photovoltaïque raccordée au réseau, possibilités présentées en détail dans cet article.**

Adresse des Autors  
Heini Holinger, Holinger Solar AG,  
Rheinstrasse 17, 4410 Liestal.

## Hochleistungs-Solarzellen

Bei herkömmlichen Silizium-Solarzellen sind zur Kontaktierung auf der Vorderseite Metallbänder aus Zinn aufgebracht, die meist im Siebdruck aufgetragen werden. Obwohl diese Bänder schmal und dünn sind, decken sie wertvolle Silizium-Flächen ab und werfen einen Schatten. Zudem können sie nicht beliebig nahe zueinander gerückt werden. Mit diesen Mängeln behaftet, vermögen herkömmliche Siliziumzellen nur gerade 10–13% des Sonnenlichts in Elektrizität umzuwandeln.

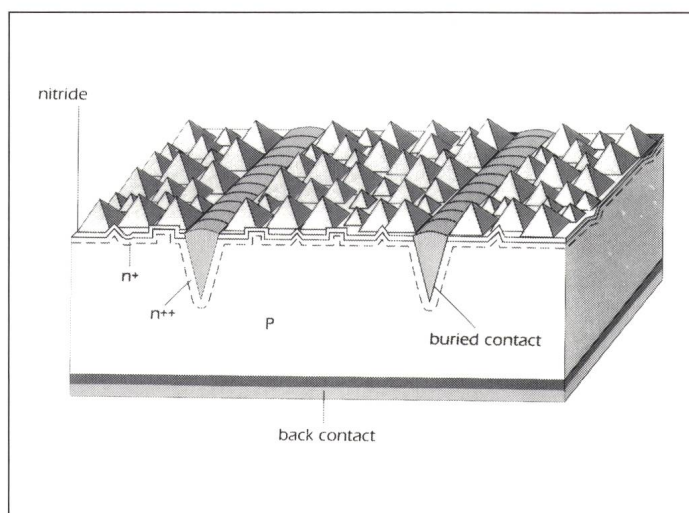
Mit dem Einsatz eines Lasers kann eine dreidimensionale Kontaktierung erreicht werden (Bild 1), die weniger Oberfläche beansprucht. Zudem können die Leiter näher zueinander gerückt werden. Mit der damit höheren Anzahl wird mehr Strom gewonnen. Die chemische Behandlung der mit einem Hochgeschwindigkeits-Split-Beam-Laser gezogenen Gräben erlauben zudem die Vergrößerung der stromerzeugenden Grenzschicht zwischen Vorder- und Rückseite.

Dieses sog. «Laser buried Grid»-Verfahren wurde ursprünglich von Pro-

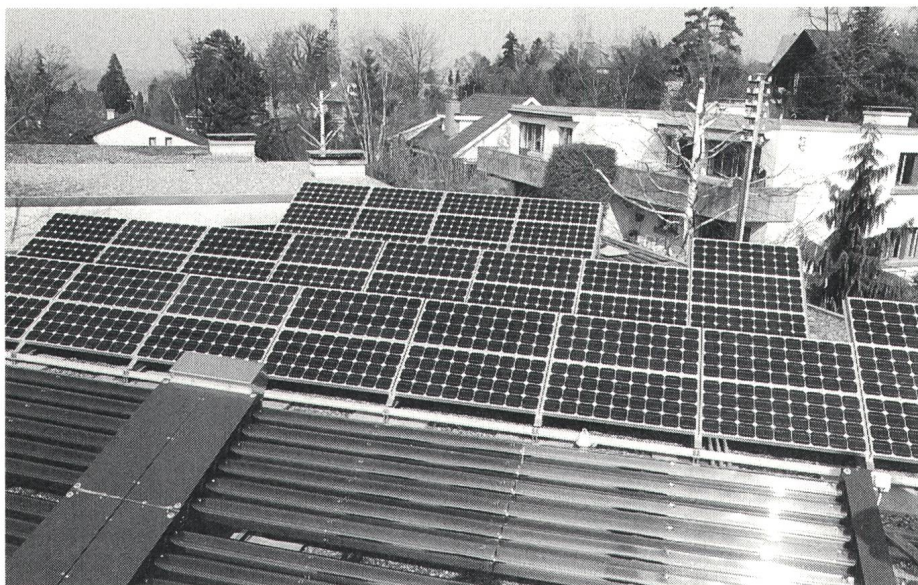
fessor Martin Green an der Universität von New South Wales (Australien) entwickelt. BP Solar ist eine der Lizenznehmerinnen für dieses Verfahren. Die so gefertigten, «Saturn» genannten Solarzellen, entsprechen dem gleichen Prinzip wie die Spezialanfertigungen, die 1990 dem «Spirit of Biel/Bienne II» den Strom für seine Siegesfahrt im World Solar Challenge quer durch Australien geliefert haben. BP Solar hat dieses Verfahren innerhalb von fünf Jahren zu einem kosteneffizienten Produktionsprozess weiterentwickelt, anfänglich im Labormassstab in Australien und später serienmässig in Madrid. Freiliegende monokristalline Zellen 100 x 100 mm weisen einen Wirkungsgrad von 17,5% auf. Die serienmässigen Module verfügen über 36 oder 60 Zellen und erreichen Wirkungsgrade zwischen 15 und 16%.

## Optimierung des Solarzellenfeldes im Hinblick auf den Wechselrichter

Bei der Nennleistung von Solarzellenanlagen handelt es sich immer um



**Bild 1**  
Laserkontaktierung  
Saturn



**Bild 2** Anlage Haller in Arlesheim

die Spitzenleistung bei Standard-Messbedingungen (1000 Watt Einstrahlung pro m<sup>2</sup> und Zelltemperatur von 25 °C), was in unseren Graden selten erreicht wird. In der Regel arbeitet also eine solche Anlage in der Schweiz mit höchstens 2/3 der Nennleistung, durchschnittlich aber nur etwa mit der Hälfte.

Für die ökonomische Anwendung der Solarmodule kann also die Nennleistung der Module gegenüber dem Wechselrichter um den Faktor 1,3 bis 1,6 überdimensioniert werden, abhängig von Standort, Ausrichtung und Anstellungswinkel. Dies natürlich nur unter der Voraussetzung, dass der Wechselrichter gegen Überleistung

geschützt ist, damit er auch beim ausnahmsweisen Erreichen der Nenn-Einstrahlung zuverlässig weiterarbeitet. Der Netzverbund-Wechselrichter PV-WR 1800 «Sun-King» verfügt beispielsweise über eine eingebaute Überlastregelung, die den Eingangstrom in diesem Falle zurückregelt, aber trotzdem mit Nenn-Dauerleistung weiterarbeitet. Dies im Unterschied zu Geräten der ersten Generation, die dann abschalten und zum Teil auch am nächsten Tag nur durch manuelle Betätigung wieder zum Arbeiten gebracht werden können. Entsprechend konzipierte Wechselrichter können diese Funktion über die eingebaute übliche MPP-Regelung betätigen.

Datum	kWh	Master ein	aus	kWh	Slave ein	aus	total kWh
9.3.92	3,90	11.15	17.45	2,20	11.15	15.45	(Start) 6,10
10.3.92	5,50	7.30	17.30	1,80	11.15	15.00	7,30
11.3.92	6,60	7.30	17.45	4,00	10.15	15.45	10,60
12.3.92	2,60	8.15	15.45	0,00			
16.3.92	4,80	9.45	18.00	0,70	12.15	15.30	5,50
17.3.92	7,20	7.15	18.00	4,80	9.30	16.00	12,00
18.3.92	6,60	7.00	18.00	3,90	9.30	15.30	10,50
1.4.92	4,00	6.50	18.05	1,00	10.30	15.15	5,01
2.4.92	7,00	6.45	18.25	2,10	9.15	15.30	9,10
7.4.92	8,10	6.30	18.15	4,90	9.00	15.45	13,00
8.4.92	8,10	6.30	18.15	4,70	9.15	16.15	12,80
11.4.92	8,40	6.30	18.30	5,00	9.15	16.15	13,40

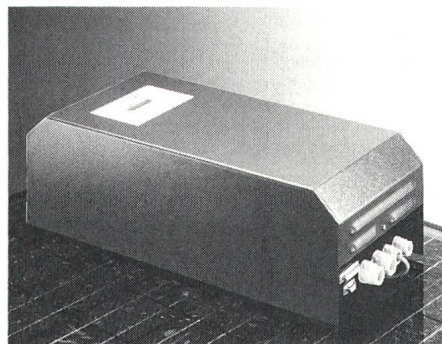
**Tabelle I** Betriebszeiten der beiden Wechselrichter

## Parallelschaltung mehrerer Wechselrichter

Der System-Wirkungsgrad einer Photovoltaik-Anlage kann im weiteren durch die eingangsseitige Parallelschaltung mehrerer Wechselrichter und gestufte Ein- und Abschaltung einzelner Geräte optimiert werden. Je nach aktuellem Leistungsangebot des Solarzellenfeldes sind dann nur so viele Geräte aktiv, wie für die Einspeisung ins Netz mit gutem Wirkungsgrad erforderlich ist. Damit wird zum Beispiel vermieden, dass bei Nebel mehrere Geräte mit einem Zehntel der Nennleistung und einem schlechteren Wirkungsgrad arbeiten. In diesem Falle speist ein Gerät alleine ins Netz und ermöglicht so einen besseren Systemwirkungsgrad.

## Ausgeführte Anlage

Eine nach diesen Überlegungen und mit entsprechender Technologie aus-



**Bild 3** Wechselrichter Sun-King

gerüstete Anlage wurde von Holinger Solar AG, Liestal, in Arlesheim erstellt. Sie verfügt über 48 Module BP 460 mit 61,5 W<sub>peak</sub> mit einer Fläche von je 0,4 m<sup>2</sup> sowie über zwei der bis zu vier Master-slave-schaltbaren Wechselrichter Sun-King. Die Anlage ist seit März 1992 in Betrieb. Der hohe Wirkungsgrad von 14% (bezogen auf die aktive Fläche) ist nicht zuletzt deshalb wichtig, weil das kleine Flachdach bereits eine ebenfalls hocheffiziente Sonnenkollektor-Anlage mit Vakuum-Röhren für Heizung und Warmwasser aufweist. Der Ertrag der Photovoltaikanlage wird exakt gemessen und mit der ebenfalls gemessenen Einstrahlung verglichen. Resultate werden später an dieser Stelle veröffentlicht.