

# **Modulare Systemtechnik für die Netzeinspeisung mit Photovoltaikanlagen**

Dipl.-Ing. Günther Cramer

SMA Regelsysteme GmbH, Hannoversche Str. 1 - 5, 34266 Niestetal

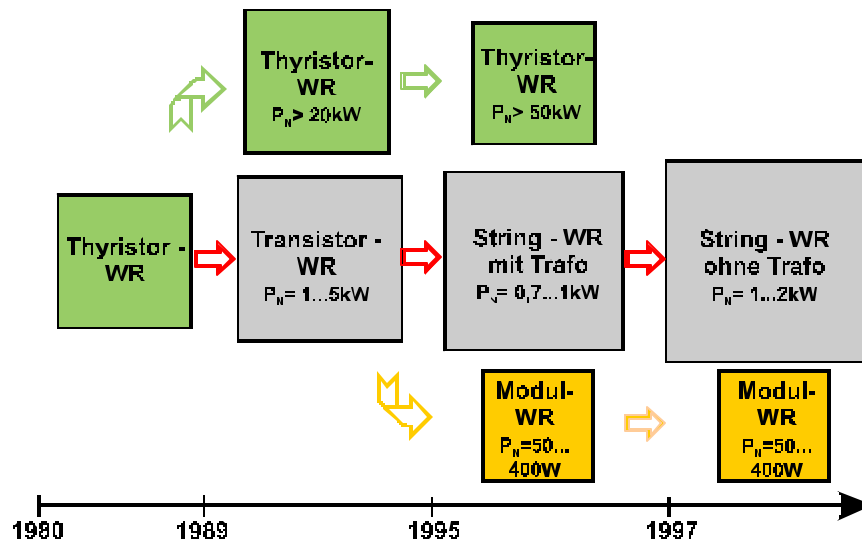
Tel. 0561/9522-0, Fax 0561/9522-100

## **1. Einleitung**

Noch bis vor ca. 2 Jahren wurden in netzgekoppelten Photovoltaik-Anlagen die Wechselrichter in Abhängigkeit der installierten Leistung des Solargenerators ausgewählt. Es wurden also für kleine Anlagen kleine Wechselrichter eingesetzt, für mittlere Anlagen Einzelwechselrichter oder manchmal Wechselrichter in Master/Slave-Konfiguration für die entsprechende Leistung, und bei Großanlagen kamen in der Regel Thyristor-Wechselrichter bis in den 500 kW Bereich zum Einsatz. In den letzten Jahren aber hat die neue, stark vereinfachte, modulare Systemtechnik für die Netzkopplung von Photovoltaik-Anlagen enorme Fortschritte gemacht und sich im Bereich kleiner und mittlerer Anlagen europaweit durchsetzen können. Im Sommer 1995 begann mit der Einführung der String-Wechselrichter-Familie Sunny Boy im Leistungsbereich von 700 bzw. 850 W (d.h. Wechselrichtern, an denen jeweils nur noch ein String angeschlossen wird) die überaus erfolgreiche Verbreitung der String-Technologie.

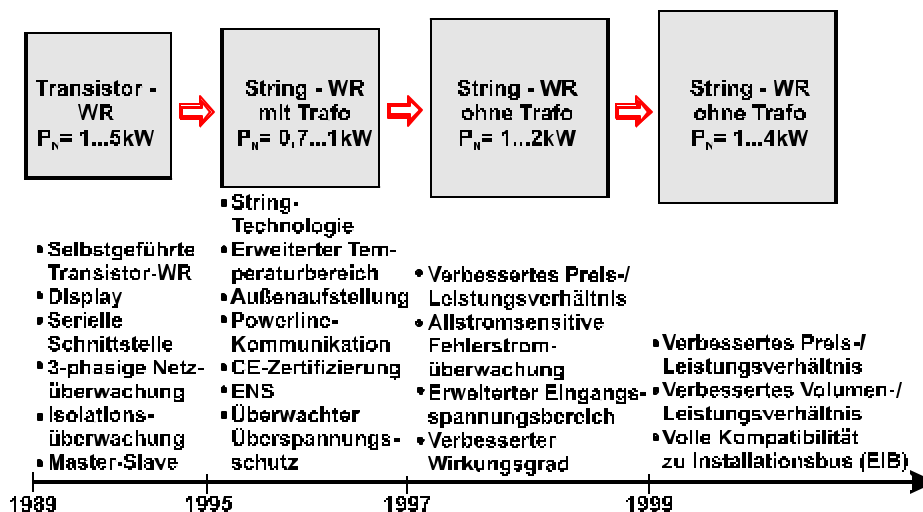
Die Entwicklung wurde von der SMA Regelsysteme GmbH gemeinsam mit dem Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) durchgeführt, vom BMBF gefördert und zwischenzeitlich auch mit einem Innovationspreis ausgezeichnet.

Heute werden von nahezu allen Wechselrichter-Herstellern ebenfalls String-Wechselrichter angeboten, so daß konventionelle, zentrale Wechselrichter mehr und mehr vom Markt verdrängt werden. Konnte man mit den String-Wechselrichtern vom

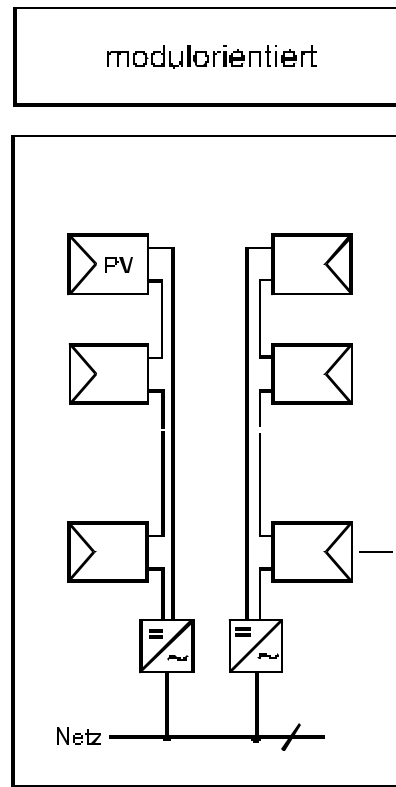
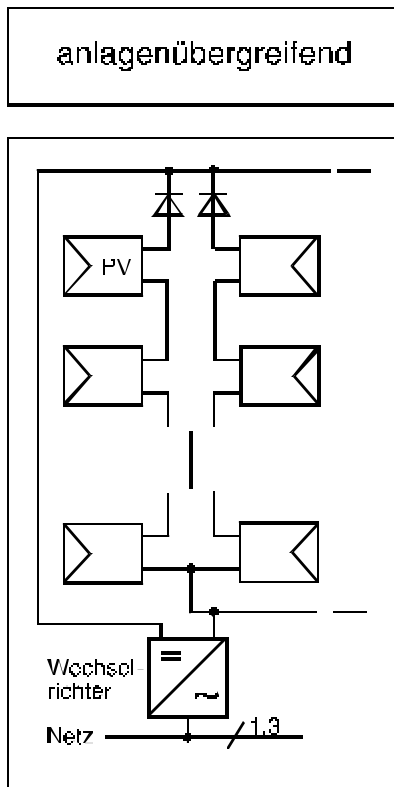


**Abbildung 1:** Entwicklung der Wechselrichter-Technologien für Netzkopplung

Typ Sunny Boy SWR 850 noch sinnvoll Anlagen bis hin zu 100 kW aufbauen, so ermöglicht jetzt die Entwicklung eines transformatorlosen String-Wechselrichters mit einer Leistung von 1,5 kW erstmals auch den Einsatz der modularen Systemtechnik bis hin zu Großanlagen im Megawatt-Bereich. Hierzu war eine Reihe neuer Entwicklungen im Bereich des Personenschutzes sowie der Anlagenüberwachung und Kommunikation über die Netzleitung mit einem intelligenten Powerline-Modem vom Typ Sunny Boy Control erforderlich.



**Abbildung 2:** Innovationen und Trends bei Wechselrichtern (WR) zur Netzkopplung



- Bisherige Technik
- DC-seitige Reihen- und Parallelschaltung
- Ein Wechselrichter für die gesamte Leistung

- String-Wechselrichter
- DC-Reihenschaltung mehrerer Module
- Wechselrichterleistung 200 W - 700 W
- AC-Parallelschaltung

**Abbildung 3:** Energieaufbereitung für PV-Anlagen

## 2. Vorteile der Stringtechnik

Durch die vor ca. vier Jahren von SMA entwickelte Stringtechnologie wurde die PV-Systemtechnik revolutioniert und drastisch vereinfacht. Der Wechselrichter ist in der Energieaufbereitungskette dicht an die PV-Module gerückt, und es lassen sich entscheidende Vorteile gegenüber einem zentralen Konzept nachweisen. Die Stringtechnik und die Sunny Boys 700 bzw. 850 konnten sich somit zum Marktführer in Europa entwickeln.

Die entscheidenden Vorteile der Stringtechnik sind:

- vereinfachter Entwurf und Installation sowie die daraus resultierende Kostenreduzierung
- drastische Reduzierung der Gleichstromverkabelung

- einfache nachträgliche Erweiterbarkeit
- lokales MPP (Maximum-Power-Point) Tracking und damit Verbesserung des Systemwirkungsgrades
- meßtechnische Erfassung jedes Strings ohne zusätzlichen Aufwand für die Betriebsüberwachung



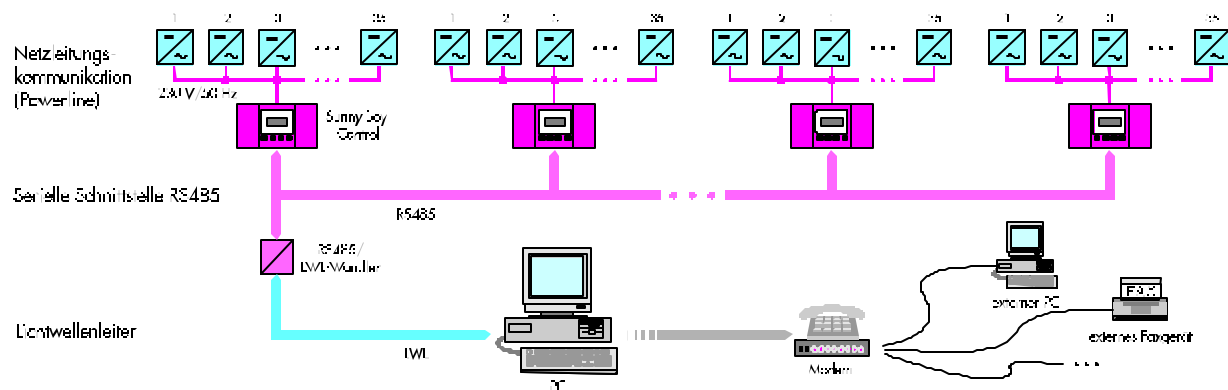
**Abbildung 4:** Der transformatorlose Sunny Boy 1500, Leistungsplatine, Regelungs- und Betriebsführungsplatine, Powerline-Modem und Fehlerstromsensor

Nach der überaus erfolgreichen Einführung des Sunny Boy 700 wurde mit dem Sunny Boy 850 den Entwicklungen der PV-Modulhersteller Rechnung getragen, die begonnen hatten, PV-Module mit sehr unterschiedlichen Strömen anzubieten. Mit beiden String-Wechselrichtern, Sunny Boy 700 und 850, ist jede Anlagenkonfiguration möglich. Die Stringtechnik hat sich mittlerweile europaweit bis in den 100 kWp-Bereich durchgesetzt.

### **3. Stringtechnik für PV-Anlagen im MW-Bereich**

Für PV-Anlagen mit mehreren 100 kWp bis in den MWp-Bereich hinein waren zentrale Wechselrichter immer noch spezifisch günstiger. Durch den neu entwickelten Sunny Boy 1500, der sich besonders für PV-Großanlagen eignet, setzt sich nun jedoch die Stringtechnik auch bis in den MWp-Bereich durch.

Daß der Sunny Boy 1500 für ein Großprojekt die technisch sinnvollere und wirtschaftlichere Systemlösung darstellt, haben z.B. in dem 1 MWp-Projekt Herne des Landes Nordrhein-Westfalen drei unabhängige Studien bewiesen.



**Abbildung 5:** Beispiel der Meßdatenübertragungsstruktur für große PV-Anlagen und weite Entfernung zu dem Auswerte-PC. Zur galvanischen Trennung (Blitzschutz) wird hier ein Lichtwellenleiter eingesetzt.

Alle Studien kamen zu dem eindeutigen Ergebnis, daß die Stringtechnologie mit kostengünstigen und hocheffizienten transformatorlosen String-Wechselrichtern die ideale Systemlösung darstellt, so daß in diesem Projekt ca. 600 Sunny Boy 1500 die Netzeinspeisung der Solarenergie übernehmen und das mit bestem Wirkungsgrad und einem bis auf wenige PV-Module auflösenden Meßdatenerfassungs- und Diagnosesystem.

Die entscheidenden Vorteile des Sunny Boy 1500 und damit der Stringtechnik in Großanlagen sind:

- lokales Maximum Power Point (MPP) Tracking für wenige PV-Module
- zu erwartende Systemwirkungsgradverbesserung gegenüber einer zentralen Lösung von 3 – 5 %
- einfachster Aufbau eines Meßdatenerfassungs- und Diagnosesystems mit einer Auflösung bis auf jeden String-Wechselrichter sowie Powerline-Kommunikation
- kein zusätzlicher Raumbedarf mit Kühlluft für die zentralen Wechselrichter
- vereinfachte Installation

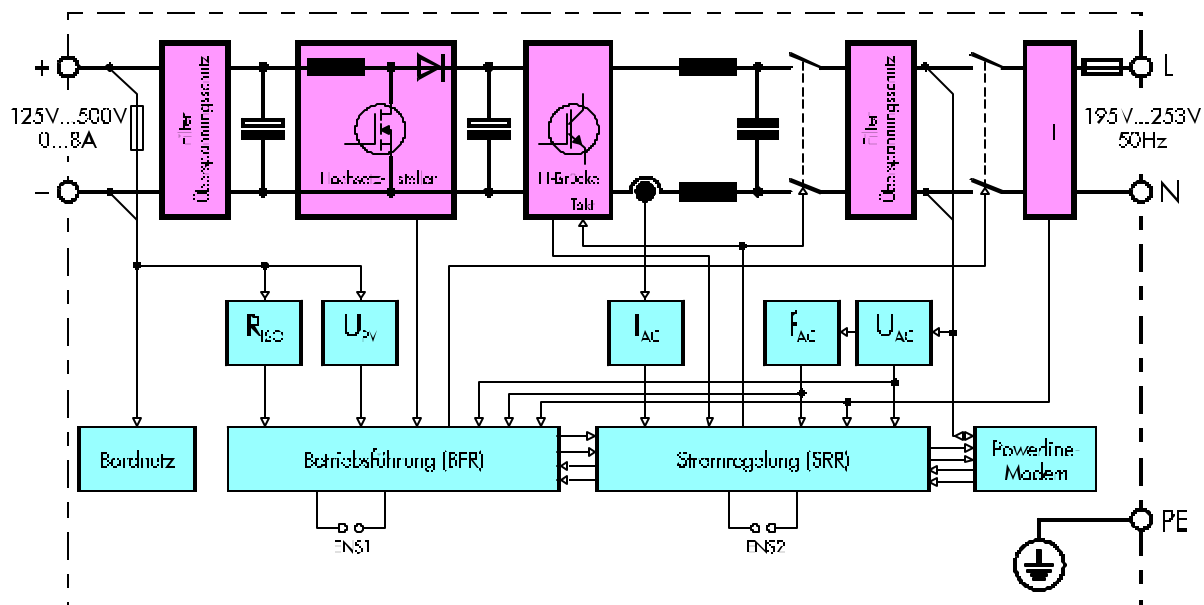
- geringe Systemkosten

#### 4. Der transformatorlose String-Wechselrichter

Das ganze Leistungsspektrum der herausragenden Eigenschaften der bereits etablierten Wechselrichter wurde in vollem Umfang übernommen. Diese sind u.a. der außerordentlich große Umgebungstemperaturbereich von  $-25\text{ °C}$  bis  $+60\text{ °C}$ , die hohe Schutzart IP65 sowie das Edelstahlgehäuse für Außenmontage, die integrierte ENS, die einen Netzanschluß entsprechend den VDEW-Richtlinien an quasi jeder Stelle des elektrischen Verbundnetzes zuläßt, sowie der integrierte Überspannungsschutz.

Aufgrund des Schaltungskonzeptes verfügt der Sunny Boy 1500 über einen extrem weiten PV-Eingangsspannungsbereich von  $125\text{ V}$  bis  $500\text{ V}$  und einen hervorragenden maximalen Wirkungsgrad von  $\geq 96\%$ . Zudem ist der Sunny Boy 1500 in der Lage, über einen langen Zeitraum mit mehr als  $10\%$ iger Überlast betrieben zu werden.

Doch das transformatorlose Konzept stellt auch neue Anforderungen an die Sicherheitstechnik hinsichtlich des notwendigen Personenschutzes.



**Abbildung 6:** Blockschaltbild des transformatorlosen String-Wechselrichters Sunny Boy 1500

Zur Sicherstellung eines umfassenden Personenschutzes werden in konventionellen

AC-Installationen in der Regel Fehlerstromschutzschalter verwendet, deren Einsatz nun in transformatorlosen PV-Systemen dringend zu empfehlen und nach der neuen DIN VDE 0126 sogar vorgeschrieben ist. Konventionelle Fehlerstromschutzschalter mit einer Auslösecharakteristik von  $IDN \geq 30 \text{ mA}$  können jedoch in PV-Applikationen nicht eingesetzt werden, da diese nur AC-sensitiv und nicht in der Lage sind, DC-bedingte Fehlerströme sowie die regulären, kapazitiven Ableitströme der PV-Module von echten Fehlerströmen zu unterscheiden.

Der Sunny Boy 1500 ist der einzige transformatorlose Wechselrichter mit einem bereits integrierten, elektronischen, allstromsensitiven Fehlerstromschutzschalter mit einer Auslösecharakteristik von  $IDN \geq 30 \text{ mA}$ , der einen vollständigen Personenschutz gewährleistet.

Nur die Stringtechnik verfügt über den Vorteil, daß mit der Überwachung der Einzelwechselrichter sofort auch eine hochauflösende Gesamtanlagenüberwachung gewährleistet ist, ohne daß zusätzliche Meßsensoren in die Strings installiert werden müssen.



**Abbildung 7:** Sunny Boy Control

Als besonderer Vorteil in bezug auf eine Kostenreduzierung in PV-Projekten kommt zum Tragen, daß die eingesetzten String-Wechselrichter Sunny Boy 1500 über die Möglich-

keit der Netzleitungskommunikation (Powerline) verfügen, d.h. ohne zusätzliche Datenleitung zwischen den Wechselrichtern und dem Datalogger (Sunny Boy Control) oder einem PC stehen die Einzeldaten der Wechselrichter über die Netzleitung zur Verfügung.

Bisher einmalig bei PV-Wechselrichtern verfügt der Sunny Boy 1500 über berührungssichere Steckkontakte für den Solargenerator. Das Hantieren mit abisolierten und bei Tageslicht unter Spannung stehenden Leitungsenden des Solargenerators entfällt und macht die Installation wesentlich einfacher und sicherer.

Mit dem transformatorlosen Sunny Boy 1500 hat SMA einen neuen Standard in der PV-Systemtechnik gesetzt und bereits jetzt eine neue Ära für PV-Großanlagen eingeleitet.

	Sunny Boy 700	Sunny Boy 850	Sunny Boy 1500
<b>Technische Daten</b>			
AC-Nennleistung	$P_{\text{NennAC}} = 700 \text{ W}$	$P_{\text{nennAC}} = 850 \text{ W}$	$P_{\text{NennAC}} = 1500 \text{ W}$
Überlastfähig		bis ca. 6 %	bis ca. 10 %
Wirkungsgrad	$\eta_{\text{max}} \geq 93 \%$	$\eta_{\text{max}} \geq 93 \%$	$\eta_{\text{max}} \geq 96 \%$
PV-Eingangsspannungsbereich	75 ... 150 V <sub>DC</sub> 100 ... 200 V <sub>DC</sub> 125 ... 250 V <sub>DC</sub>	125 ... 250 V <sub>DC</sub>	125 ... 500 V <sub>DC</sub>
Schutzart	IP65, Edelstahlgehäuse für Außenmontage		
Temperaturbereich	-25 °C ... +60 °C		
<b>Schutzmaßnahmen</b>			
Netzüberwachung	ENS nach VDEW und BG (Berufsgenossenschaft)		
Personenschutz	Trenntransformator und Isolationsüberwachung		Isolationsüberwachung vor der Netzaufschaltung, dann allstromsensitiver FI-Schutzschalter $I_{\Delta N} \geq 30 \text{ mA}$ , nach BG, VDEW sowie DIN VDE 0126
Überspannungsschutz	Thermisch überwachte Varistoren integriert, Ansprechen wird am Gerät und per Fernanzeige gemeldet		
<b>Anlagensvisualisierung und -überwachung</b>			
Kommunikation	über die Netzleitung (Powerline), daher keine zusätzliche Datenleitung notwendig, optional RS485. Auswertung über PC und Software <i>Sunny Data</i> oder mit intelligenter Überwachungseinheit		

	Sunny Boy Control. Möglichkeit der Fernüberwachung und automatischer Fehlerfaxsendung.
--	---

**Tabelle 1:** Die Wechselrichter der Sunny Boy Produktfamilie