

Schlussbericht PV P+D, DIS 100477 / 150580, August 2005

P+D Projekt

23.5 kWp PV Anlage Zollhof Kreuzlingen

ausgearbeitet durch:
Thomas Böhni, Golo Stadelmann
Böhni Energie & Umwelt GmbH - www.euu.ch
Industriestrasse 23, 8500 Frauenfeld



ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Solarstromanlage Zollhof sollte eine Anlage entstehen, welche mit „Solarzellen zum Anfassen“ der Bevölkerung diese erneuerbare Energietechnik näher bringt. Die Wahl von regional produzierten Solarkomponenten erhöht die Identifikation mit der Anlage, welche als die grösste Solarstromanlage im Kanton Thurgau ohnehin schon auf Interesse stösst. Dass die Bevölkerung an erneuerbaren Energien interessiert ist zeigte sich am offiziellen Presseanlass vom 9. Juli 2004, der rege besucht wurde.

Dank guter Zusammenarbeit mit allen Beteiligten konnte die Anlage in einer kurzen Bauzeit erstellt werden.

Der eingebaute Wechselrichter (Innovationspreis des Symposiums in Staffelstein, 2003) der Firma Sunways hat einen bisher unerreichten Wirkungsgrad. Mit diesem Vorteil erreicht die ganze Anlage eine konstant hohe Produktion an Solarstrom, welcher durch die Technischen Betriebe Kreuzlingen an die Einwohner vermarktet wird, wobei allfällige Gewinne für den Bau weiterer Photovoltaikanlagen bestimmt ist.

Nachdem die Anlage planmässig in Betrieb genommen werden konnte, war die Produktion während den ersten Monaten sehr gut. Aufgrund eines technischen Problems fielen jedoch im Oktober drei der sechs Wechselrichter aus, was zu einer Produktionseinbusse kam. Dennoch lag die Jahresproduktion bei 944 kWh/kWp und damit auch über den vorangegangenen Berechnungen. Ein Vergleich mit einer Referenzanlage zeigt, dass die Produktion bei störungsfreiem Betrieb deutlich höher liegt.

ABSTRACT

The objective of the “Zollhof” photovoltaic solar power plant is to give the population a “hands-on solar cell experience”, leading to better understanding of renewable power technology.

To assist the population in identifying themselves with this photovoltaic solar power plant, only regional produced solar components were used. Since it is the largest plant of its kind in the Thurgau canton as well, even greater awareness has been given to this photovoltaic solar power installation. Residents showed further interest by their overwhelming presence on the official opening day, July 9, 2004.

The plant was constructed in a relatively short time period, due to the effective cooperation of all parties involved.

The installed “Sunways” inverter (winner of the Staffelstein Innovation Prize in 2003) supplies a currently unmatched efficiency factor. From this vantage point, the photovoltaic solar power plant continuously maintains high solar power production. The Technischen Betriebe Kreuzlingen commercializes the produced renewable power to the inhabitants. If profits are generated in the future, they will be invested in further PV plants.

After a start-up according to plan, production was quite good during the first months. However, due to a technical error, three of the six inverters failed, which caused a production loss. Nevertheless, an annual production of 944 kWh/kWp was achieved, which means an even higher annual production than was previously calculated. When compared to a nearby reference plant, an obviously higher production rate can be reached under normal operating conditions.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung / Ziele des Projekts	4
Projektbeschreibung	4
Durchgeführte Arbeiten	5
Hauptergebnisse	5
Erfahrungen mit den Wechselrichtern	6
Schlussfolgerungen/Perspektiven	7
Referenzen/Publicationen	8
Anhang	9
A1 Sunways Solar Inverter NT 6000 im Vergleich zum Marktdurchschnitt; Grafik	9
A2 Wirkungsgradverläufe NT 6000 bei unterschiedlichen Generatorspannungen	10
A3 Verbesserung der Netzspannung	10
A4 Schnelles Abschalten bei Netzausfall	11
A5 Datenblatt Sunways NT Serie	12

Einleitung / Projektziele

Mit der PV- Anlage Zollhof Kreuzlingen / Konstanz wurde das Ziel verfolgt eine Photovoltaikanlage als Demonstrations- Projekt zu realisieren. Die Anlage sollte an einem markanten Standort entstehen und mit einer Grossanzeige über ihre Produktion die Bevölkerung informieren und für die Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere die Solarenergie, motivieren. Mit Solarmodulen, gleichsam zum Anfassen, sollte ein grenzüberschreitendes, öffentlichkeitswirksames Projekt mit Solarkomponenten aus dem Bodenseeraum entstehen.

Projektbeschreibung

Die Solarstromanlage Zollhof besteht aus 2 Photovoltaikanlagen, die auf dem Flachdach des Gebäudes montiert wurden. Die Montage mit Kunststoffwannen bietet den Vorteil einer einfachen und schnellen Montage. Die Neigung der Module ist fix, die Kunststoffwannen können leicht justiert werden.

Die gesamte Anlage weist eine Solarfläche von 184 m² (132 polykristalline Solarmodule) auf, welche in zwei Flachdachanlagen mit je drei Anlageneinheiten aufgeteilt ist. Die Gesamtleistung der Anlage beträgt 23.1 kWp.

Die 6 eingesetzten Wechselrichter stellen eine Innovation dar, die in ihrem Umwandlungswirkungsgrad zurzeit nicht übertroffen wird (Innovationspreis des Symposiums in Staffelstein, 2003).



Die Verwendung von Kunststoffwannen hat eine einfache, schnelle Montage möglich gemacht.



Blick auf die fertige erstellte Anlage.



Direkt am Rastplatz Tägermoos/WC-Anlage konnte die informative Anzeigetafel installiert werden. Reisenden wird somit die Solartechnik auf anschauliche Weise näher gebracht.



Im Technikraum der Zollanlage konnten sämtliche Wechselrichter installiert werden.

Durchgeführte Arbeiten

Nach Absprache mit allen Beteiligten (Oberzolldirektion, Auftraggeber, Elektrizitätswerk Kreuzlingen) konnte die Anlage auf dem Dach des Zollhofs installiert werden. Dank der guten Zusammenarbeit aller Beteiligten konnte die Anlage rasch und ohne Zwischenfälle montiert werden. Einzig der Einspeisepunkt musste während der Bauphase aus dem Zollgebäude in ein nahe gelegenes Gebäude (120 Meter) verlegt werden. Ein bestehendes Leerrohr vereinfachte dies erheblich.

Nach Fertigstellung der Anlage wurden die Produktionsdaten seit dem 1.6.2004 erfasst. Der eingesetzte Wechselrichter NT 4000 der Firma Sunways ist mit einem integrierten Datenlogger ausgestattet, der die Erfassung der Produktionsdaten erleichtert. An einem der 6 Wechselrichter (WR), nämlich dem WR1 wurde ein Kabel angeschlossen, welches den Datentransfer auf ein Notebook ermöglicht. Die Daten am WR1 sollten den anderen Wechselrichtern entsprechen, da es sich um identische Anlagenteile handelt. Als Stichprobe über die Gesamtproduktion dient der Netzseitig montierte Stromzähler des Elektrizitätswerks.

Obwohl die Produktionsdaten seit dem 1.6.2004 erfasst wurden, konnten die Daten nicht vollständig ausgewertet werden, da es zeitweilig Probleme bei den Wechselrichtern gab (siehe Erfahrungen mit dem neuen Wechselrichter). Während dem betroffenen Zeitraum wurde zur Auswertung der Gesamtproduktion die Werte zweier intakter Wechselrichter hochgerechnet und zudem mit einer identischen Anlage in Frauenfeld verglichen.

Hauptergebnisse

Die PV- Anlage Zollhof besteht aus sechs identischen Teilen, welche jeweils mit einem Wechselrichter (WR) des Typs NT 4000 von Sunways eine Einheit bilden.

Die Daten des WR1 können mittels eines Kabels auf ein Notebook übertragen werden. Der Datenlogger des Wechselrichters liefert 15-Minuten-Mittelwerte eines Tages, sowie kumulierte Tages- und Monatswerte und gibt im Fehlerfall die Art des Fehlers an.

Die Produktion der ganzen Solarstromanlage wird von einem durch das Elektrizitätswerk montierten Stromzählers erfasst.

Die Messperiode dauerte vom 1.06.2004 bis zum 31.05.2005 und betrug somit exakt ein Jahr. Der Jahresertrag lag trotz einiger anfänglicher Ausfälle an drei Wechselrichtern bei 944 kWh/kWp. Dies lässt die Aussage zu, dass die Anlage im Normalbetrieb sehr gute Erträge liefert und somit die Erwartungen und vorgängige Berechnung übertrifft (im Vorfeld ermittelter Ertrag: 930 kWh/kWp).

Zu Beginn der Messperiode lief die Anlage optimal und lieferte hohe Erträge, bis im Oktober ein technisches Problem an dreien der sechs Wechselrichter erkannt wurde. Die exakte Ausfalldauer der jeweiligen Wechselrichter, lässt sich nicht feststellen, jedoch wurde der Ausfall mindestens beim WR1 innerhalb einer kurzen Zeit festgestellt. Nachdem in Folge der Ausfälle sämtliche Wechselrichter ausgetauscht worden sind, sind seit dem 21. Oktober 2004 erhobene Daten zuverlässig und lückenlos. Der netzseitig montierte Stromzähler erlaubte uns, trotz der Probleme bei den Wechselrichtern die Jahresproduktion der 23.1 kWp- Anlage festzustellen:

Zählerstand per 31.05.2005:	24700 kWh	
Zählerstand per 1.06.2004:	2898 kWh	
Jahresproduktion 2004:	21802 kWh	944 kWh/kWp
Referenzanlage:		998 kWh/kWp

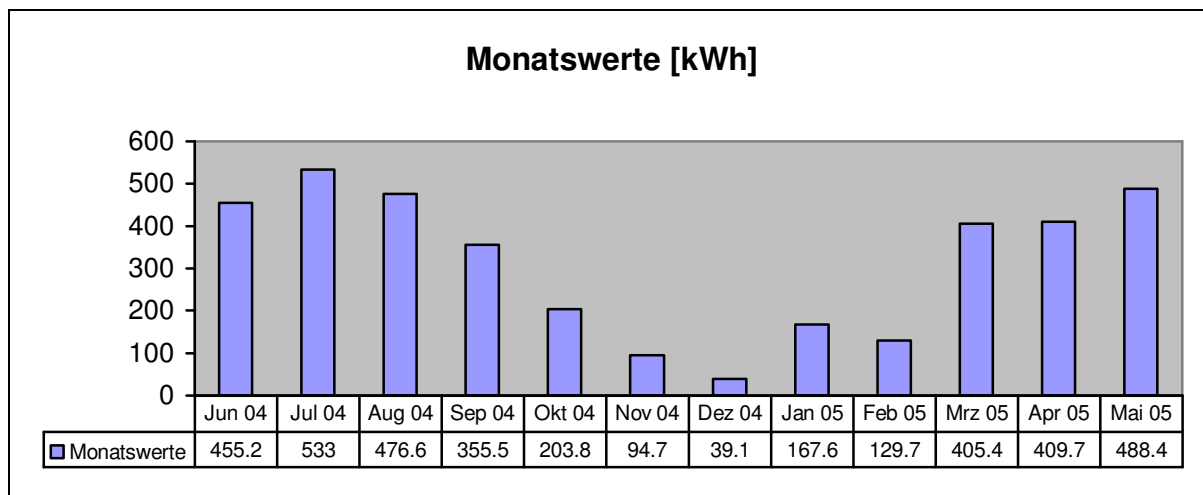
Bemerkung: Trotz der kurzzeitigen Ausfälle bei den WR konnte die im Voraus berechnete Stromproduktion von 21'500 kWh übertroffen werden.

In obiger Tabelle wird eine Referenzanlage erwähnt. Diese ist vom Aufbau her identisch und mit demselben Typ Wechselrichter und Modulen ausgestattet. Die Produktion der beiden Anlagen sollte sich also ziemlich entsprechen, weshalb

angenommen werden darf, dass die Anlage Zollhof im Allgemeinen sehr gut läuft. Gestützt wird diese Annahme zusätzlich auf die Auswertung der Daten zwischen dem 1.06.2004 bis 21.10.2004. Während dieser Zeit liefert der Anlagenteil um WR1 eine Produktion von 518 kWh/kWp gegenüber von 523 kWh/kWp bei der Referenzanlage. Damit liefern die beiden Anlagen ähnliche Daten.

Da die beiden Anlagen im Allgemeinen praktisch identische Daten liefern, kann angenommen werden, dass ohne den Ausfall der Wechselrichter bei der PV- Anlage Zollhof der Ertrag zwischen 980 - 1000 kWh/kWp liegen müsste. Somit würde die Produktion etwa 6% über dem vorgängig errechneten Durchschnittswert liegen.

Während der gesamten Messperiode wurde eine Messreihe erstellt, welche die Monatswerte des WR1 wiedergibt:



* Der Oktoberwert setzt sich zusammen aus den Werten vor und nach dem Ausfall des WR1.

Die Produktion am WR1 beträgt 976 kWh/kWp. Aufgerechnet auf die gesamte Anlage, müsste die Jahresproduktion bei ungefähr 22'500 kWh und somit deutlich über dem gemessenen Wert liegen. Dies ist ein weiteres Indiz dafür, dass die Anlage eine sehr gute Produktionsleistung hat.

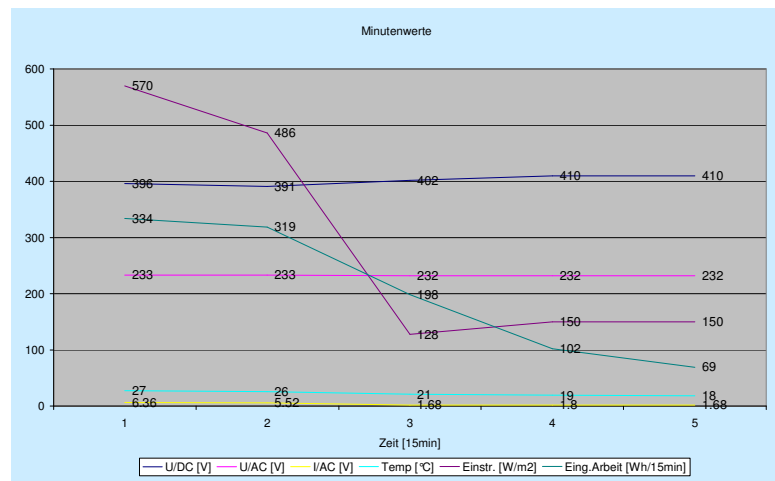
Erfahrungen mit dem neuen Wechselrichter

Der eingesetzte Wechselrichter NT 4000 stammt aus einer neuen Serie der Firma Sunways aus Deutschland. Mit einem europäischen Jahreswirkungsgrad von 96.4% setzt diese Serie neue Massstäbe in der Effizienz von Wechselrichtern, weshalb diese Serie in Staffelstein 2003 mit dem Innovationspreis ausgezeichnet wurde. Besondere Vorteile ergeben sich auch daraus, dass der neue Wechselrichter praktisch geräuschlos arbeitet, keinen Trafo benötigt, einen integrierten Allstrom- FI aufweist.

Nachdem zu Beginn der Messperiode keine Störungen auftraten, sind im Oktober drei der sechs WR aufgrund eines technischen Problems ausgefallen. Diese Ausfälle fanden laut Herstellerfirma nur bei dieser einen Serie statt; der Fehler konnte inzwischen behoben werden. Sämtliche WR wurden sofort und kostenlos ersetzt. Seither wurden keine Mängel mehr festgestellt, sodass die Anlage nun optimal arbeitet.

Dank einem integrierten Datenlogger ist es möglich verschiedenen Messungen automatisch ausführen zu lassen.

Rechts: Beispiel einer Mess-Serie der Minutenwerte vom 29.10.2004 um 16¹⁵h bis 17¹⁵h. Bei den Minutenwerten wird der Durchschnitt über 15 Messungen gespeichert. Anhand solcher Messreihen kann bei allfälligen Störungen die zugrunde liegende Ursache rasch erkannt werden.



Schlussfolgerungen / Perspektiven

In der Vorbereitungs- und Planungsphase wurde das Ziel gesteckt, dass die PV-Anlage Zollhof öffentliche Wirksamkeit erlange. In diesem Zusammenhang erweist sich der Standort am Zollhof als ideal. Besonders die Reisenden Richtung Deutschland haben freie Sicht auf die Anlage, wenn sie auf das Zollgelände zufahren. Die Möglichkeit zur genaueren Information erhalten all jene Reisenden, welche auf dem Rastplatz eine kurze Pause machen. Eine automatische Anzeigetafel an der Aussenwand der WC- Anlage informiert über die derzeitige Stromproduktion, sowie allgemein über den Bau der Solarstromanlage. Mit dieser Anzeigetafel wird den Reisenden die Solarstromtechnik auf anschauliche Weise näher gebracht. Zudem sind direkt neben der Anzeigetafel ein Solarzellen zum „Anfassen“ installiert.

Besonders während der offiziellen Einweihungsfeier und dem damit verbundenen Presseanlass am 9.Juli 2004 zeigte sich ein reges Interesse der Bevölkerung an dieser Anlage.

Mit dem Bau der grössten Solarstromanlage am schweizerischen Bodenseeufer konnte das öffentliche Interesse geweckt werden. Die Technischen Betriebe der Stadt Kreuzlingen haben sich dazu entschlossen ein Solarstromangebot zu lancieren, bei dem, gemäss Angaben der Technischen Betriebe, versucht wird, die Produktion der Anlage Zollhof als Solarstrom an Haushaltungen der Stadt zu vermarkten. Wenn es gelingen sollte aus diesem Angebote Gewinn zu erzielen, wird er vollumfänglich in den Bau weiterer Photovoltaikanlagen rückinvestiert. Ebenfalls wird der Bau weiterer Anlagen, durch gezielte Förderung auch von Privaten Solarstromanlagen auf dem Gebiet der Stadt Kreuzlingen oder durch eigene Beteiligung an solchen Anlagen, unterstützt.

Das Interesse der Bevölkerung an PV- Anlagen kann als relativ hoch eingestuft werden. Einzig die hohen Anlagenkosten verhindern, dass regional mehr Solarstromanlagen gebaut werden.

Referenzen / Publikationen

- [1] Internetseite des Solarkomponenten-Herstellers www.sunways.de
- [2] **Thurgauer Zeitung**, Grossauflage vom 12.05.2004 "Solarstrom aus dem Tägermoos"
- [3] Zwischenbericht und Schlussbericht (BFE) wird durch die Firma Böhni Energie und Umwelt GmbH als Infoschrift an potentielle Kunden abgegeben. Zwischenbericht und Bericht zum Presseanlass wurden ca. 150- 200mal versandt oder an Anlässen verteilt.

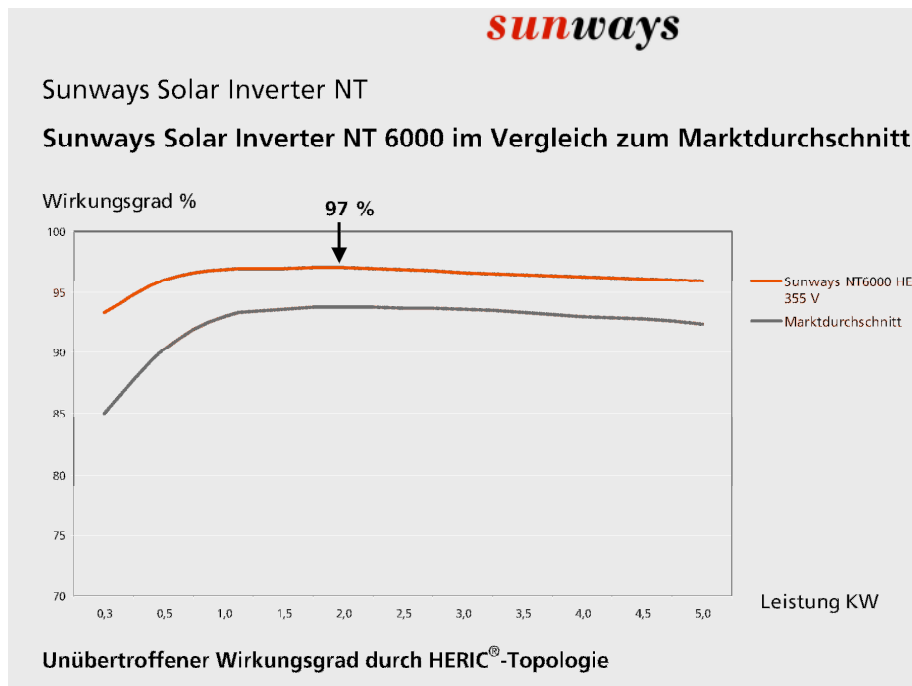
Anhang

Bemerkung zu den Anhängen A1 bis A4:

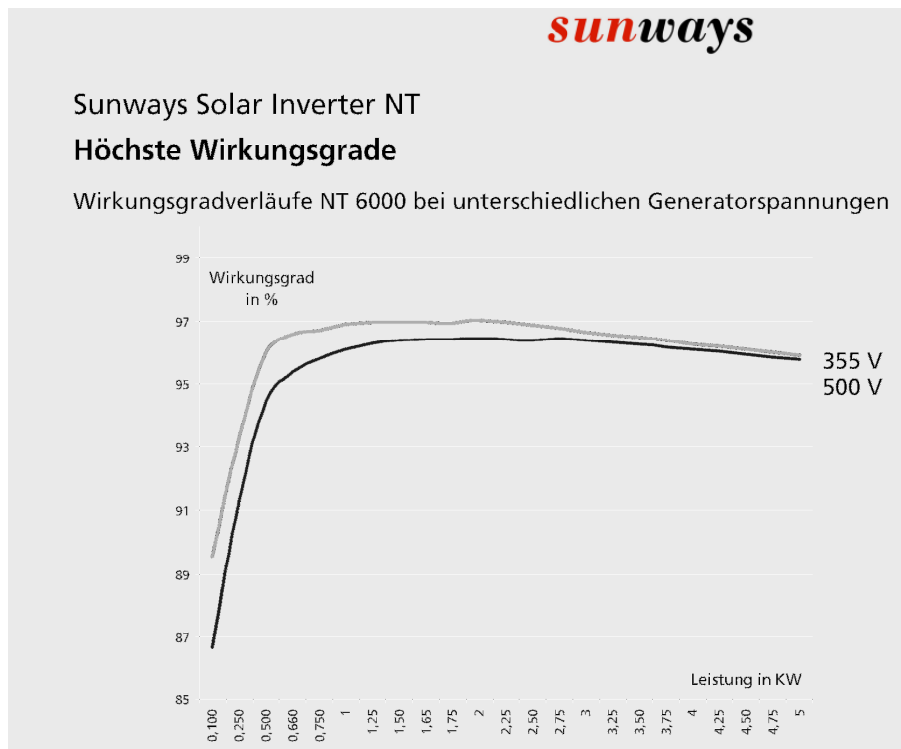
Die Messdaten des NT 6000 entsprechen denjenigen des NT4000.

Die Grafiken wurden durch die Firma Sunways AG erstellt.

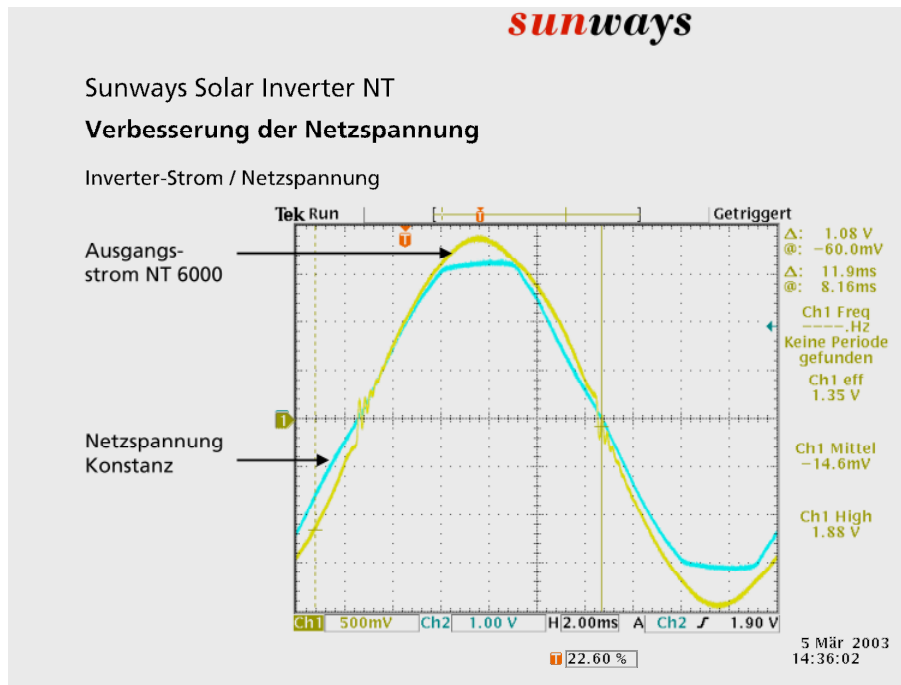
A1: Sunways Solar Inverter NT 6000 im Vergleich zum Marktdurchschnitt



A2: Wirkungsgradverläufe NT 6000 bei unterschiedlichen Generatorspannungen



A3: Verbesserung der Netzspannung



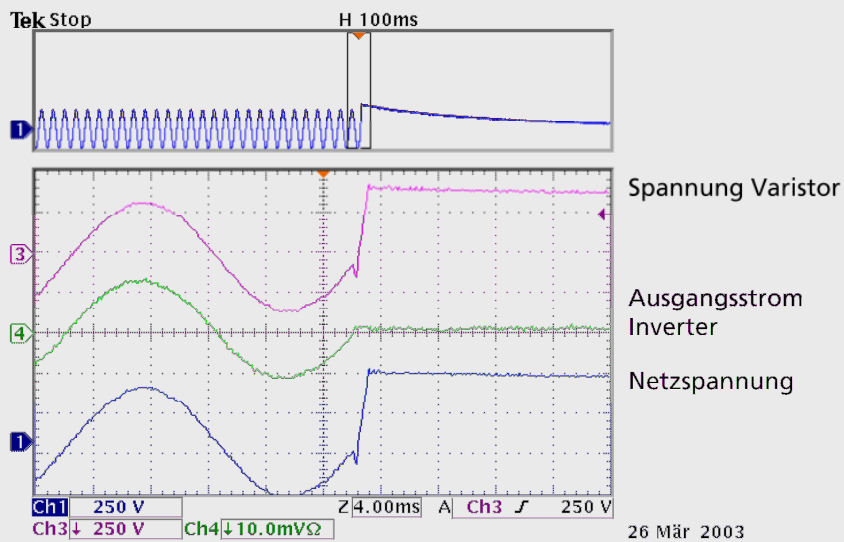
A4: Schnelles Abschalten bei Netzausfall

sunways

Sunways Solar Inverter NT

Schnelles Abschalten bei Netzausfall

Spannungs-/Stromverläufe bei Netztrennung



A5: Datenblatt Sunways NT



Unerreichte Technik

Gemeinsam mit dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) entwickelte die Firma Sunways ein innovatives Technologiekonzept: die HERIC®-Topologie. Auf diesem ausgefeilten Konzept beruhen die neuen Sunways Wechselrichter NT 2600, NT 4000 und NT 6000. Sie sind eine Weiterentwicklung der bewährten X.02 Serie und setzen wie diese Maßstäbe in Technik und Ausstattung. Alle drei Geräte überzeugen mit dem unerreichten Wirkungsgrad von 97 Prozent und höheren Wirkungsgraden im unteren Teillastbereich. Die NT 1800, NT 2600, NT 4000 und NT 6000 arbeiten nicht nur sehr effektiv, sondern auch robust und leise. Die größeren Familienmitglieder sind trafolos, der »kleine Bruder« NT 1800 ist mit einem Trafo und einer integrierten ENS ausgestattet. Und mit dem komfortablen Display und dem integrierten Datenlogger haben Sie die Leistung Ihrer Anlage immer im Blick. Bei größeren Anlagen mit mehreren NT-Wechselrichtern lassen sich die Datenlogger aller NT-Geräte vernetzen und über eine einzige Datenleitung auslesen.

Display und Datenerfassung

Dank des integrierten Datenloggers und des komfortablen Displays können Sie die Erträge Ihrer Anlage direkt am Wechselrichter ablesen – ein zusätzliches Gerät zur Datenerfassung ist nicht mehr notwendig.

- Datenlogger intern mit Ringspeicher
- Displayanzeige 2 x 16 Zeichen, laufende Anzeige der aktuellen Leistung und weitere Anlagendaten
- Schnittstellen RS232 und RS485
- Visualisierungssoftware mit Grafikaufbereitung, Speicher- und Druckmöglichkeit
- Fernüberwachung einfach mittels Modem möglich
- Anschlussmöglichkeit eines Einstrahlungs- und Temperatursensors (Si-01TC-T)

Wechselrichter und Zubehör

Sunways NT

- Art.-Nr. 23050 Sunways NT 1800
- Art.-Nr. 23020 Sunways NT 2600
- Art.-Nr. 23021 Sunways NT 4000
- Art.-Nr. 23022 Sunways NT 6000



Ihre Vorteile

- Höchste Wirkungsgrade (NT 2600, NT 4000, NT 6000)
- Geräuschlos
- Trafolos (NT 2600, NT 4000, NT 6000)
- IP54
- AFI integriert (NT 2600, NT 4000, NT 6000)
- Kostengünstige Systemtechnik
- Präzise und schnelle MPP-Regelung
- Komfortables Display
- Integrierter Datenlogger
- RS232/RS485 integriert
- Fernüberwachung per Modem möglich
- Zuverlässig
- Fünf Jahre Herstellergarantie ab Werk

Sunways NT**Wechselrichtertyp****Elektrische Daten**

	NT 1800	NT 2600	NT 4000	NT 6000
Empf. Solargeneratorleistung (Wp)	960–1875	1000–2750	1500–4125	2300–6250
Nennausgangsleistung P_N (W _{AC})	1400	2200	3300	4600
Max. Ausgangsleistung P_{max} (W _{AC})	1500	2200	3300	5000
Einspeisung ab (W _{DC})	5	15	15	15
Nachtverbrauch (W)	<0,1	<0,005	<0,005	<0,005
Wirkungsgrad max. (%)	92,6	97,0	97,0	97,0
Europ. Jahreswirkungsgrad (%)	91,6	96,5	96,4	96,3

Grenzwerte

MPP-Spannungsbereich (V _{DC})	$150 \leq U_{MPP} \leq 300$	$350 \leq U_{MPP} \leq 650$	$350 \leq U_{MPP} \leq 650$	$350 \leq U_{MPP} \leq 650$
Leerlaufspannung bei				
$T_{zelle} = -10^\circ\text{C}$, $E = 800\text{ W/m}^2$ (V _{DC})	$U_L \leq 390$	$U_L \leq 750$	$U_L \leq 750$	$U_L \leq 750$
DC-Einschaltspannung (V _{DC})	$U_{DC} \geq 195$	$U_{DC} \geq 410$	$U_{DC} \geq 410$	$U_{DC} \geq 410$
DC-Ausschaltspannung (V _{DC})	$U_{DC} \leq 140$	$U_{DC} \leq 340$	$U_{DC} \leq 340$	$U_{DC} \leq 340$
DC-Strom max. (A _{DC})	10	7	10	15
Netzstrom max. (A _{AC})	7,5	9,6	14,3	21,7
Klirrfaktor bei P_N (%)	<4	<3	<3	<3
Frequenz, nominal (Hz)	$50 \pm 0,2$	$50 \pm 0,2$	$50 \pm 0,2$	$50 \pm 0,2$
Netzspannung, nominal	230 V_{AC} , $180\% \times U_N \leq U_N \leq 115\% \times U_N$			
Blindleistungsfaktor $\cos \varphi$	≈ 1	≈ 1	≈ 1	≈ 1
Stromform	Sinusform	Sinusform	Sinusform	Sinusform
AC-Ausgangscharakteristik	Stromquelle	Stromquelle	Stromquelle	Stromquelle
Geräuschentwicklung geräuschlos	< 35 dB(A)	< 35 dB(A)	< 35 dB(A)	< 35 dB(A)
Umgebungstemperatur (°C)	–25 bis +40	–25 bis +40	–25 bis +40	–25 bis +40

Abmessungen und Gewichte

Abmessungen B/H/T (mm)	250/510/160	300/510/180	300/510/180	300/510/180
Gewicht (ca. kg)	30	26	26	26

Kenndaten

Netzanschluss	1-phasig	3-phasig	3-phasig	3-phasig
Netzeinspeisung	$230\text{ V}_{AC}/1\text{-phasig}$	$230\text{ V}_{AC}/1\text{-phasig}$	$230\text{ V}_{AC}/1\text{-phasig}$	$230\text{ V}_{AC}/1\text{-phasig}$
Anzahl DC-Eingänge	1	2	2	2
Netzüberwachung	ENS, intern	3-phasig, 2-polige Netztrennung	3-phasig, 2-polige Netztrennung	3-phasig, 2-polige Netztrennung
Erdschlussüberwachung	galvanisch isolierter Transformator	intern über AFI	intern über AFI	intern über AFI
Anzeige	LCD, 2 x 16 Zeichen	LCD, 2 x 16 Zeichen	LCD, 2 x 16 Zeichen	LCD, 2 x 16 Zeichen
Schnittstellen	RS232, RS485	RS232, RS485	RS232, RS485	RS232, RS485
Kühlung	freie Konvektion	freie Konvektion	freie Konvektion	freie Konvektion
Spannungsversorgung	Solargenerator	Solargenerator	Solargenerator	Solargenerator
Schutzart	IP54	IP54	IP54	IP54
DC-Anschluss	MC-Buchse ohne Zubehör	Tyco-Buchse mit beiliegendem Stecker	Tyco-Buchse mit beiliegendem Stecker	Tyco-Buchse mit beiliegendem Stecker
Herstellergarantie	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre

Qualifikationen und Zertifikate

Schutzart IP54, CE-Zeichen

Zubehör

MHH-Gleichstromhauptschalter 2.0, 3.0, 4.0 (für NT 2600, NT 4000, NT 6000)

Einstrahlungs- und Temperatursensor, Schnittstellenwandler für NT,

Modem für NT, MC-Adapterset (für NT 1800)

Schnittstellenkabel:

A für Verbindung von NT mit PC

B für Verbindung von NT mit Modem/NT

C für Verbindung von Schnittstellenwandler mit Modem/NT

D für Verbindung von Schnittstellenwandler mit PC

Sunways Großanzeige 1.2/2.2

Garantieverlängerung auf zehn Jahre

Sunways Anlagenüberwachung NT Link



Welzenwiler Straße 5
D-72074 Tübingen
Telefon +49 7071 98987-0
Telefax +49 7071 98987-10
info@mhh-solartechnik.de
www.mhh-solartechnik.de

Wagnerstraße 6
D-80802 München
Telefon +49 89 386670-0
Telefax +49 89 386670-10
mue@mhh-solartechnik.de