



Scatec Solar  
Improving our future™

## Qualitätsprüfung von PV-Modulen

Der folgende Text beschreibt die standardmäßige, interne Qualitätsprüfung, die die K&S Solarsysteme GmbH während und nach der Bauphase bei den von ihr gebauten Solarparks vornimmt.

### 1. Detektion und Ersetzen der „Hot-Spot“ Module

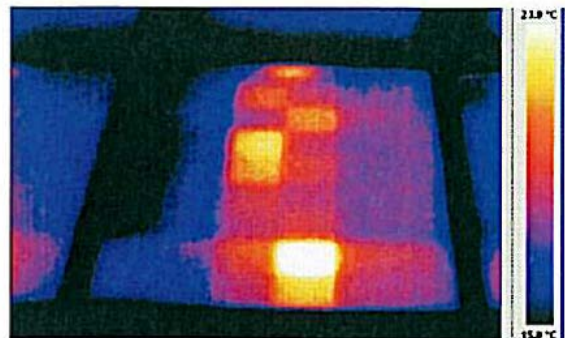
Bei tausenden von verbauten Modulen (1 MWp = ca. 5.000 Si-Module à 200 Watt nominaler Nennleistung) gibt es eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass ein geringer Anteil an Modulen mit sogenannten „Hotspot-Zellen“ verbaut wurde.

Nach unseren Erfahrungen liegt hierbei die Prävalenz bei circa 0,14%. Das bedeutet: von 1MWp (5.000 Module) sind rund 10 Module betroffen. Enthält ein Modul Hot-Spot-Zellen, wird die Leistung des gesamten Moduls gemindert, da eine (oder mehrere Zellen) einen Widerstand darstellen.

Der **Hot-Spot**-Effekt (etwa Heißer-Fleck-Effekt) bezeichnet den Bereich eines Moduls, der sich durch den Strom der restlichen Solarzellen umpolt und nun wie ein Widerstand Strom in Wärme umsetzt.

Diese abfallende Wärme stellt gleichzeitig ein ausgezeichnetes Diagnostikum dar, um betroffene Module aufzufinden.

Mit einer Wärmebildkamera werden kurz nach Inbetriebnahme sämtliche PV-Module eines Solarparks überprüft. Weist ein Modul eine oder mehrere Hot-Spot Zellen auf, erscheinen diese auf dem erzeugten Bild in gelber, oranger oder roter Farbe. Ursächlich hierfür ist die abgestrahlte Wärme.



Hot-Spot: Gelbe und rötliche Zellen strahlen Wärme ab (Bild aufgenommen mit Wärmebildkamera)

Diese Module werden vom Solarwart der K&S Solarsysteme identifiziert, die Seriennummern werden festgestellt, die Position in den Tischreihen und Strings wird festgehalten und dokumentiert.

Im anschließenden Reklamationsverfahren werden die schadhafte Module dem Hersteller gemeldet und der Austausch veranlasst. Bei den 2007 erstellten Parks mit Solarfun Modulen ergab sich nach Überprüfung die Quote von 0,14%. Von insgesamt rund 40.000 Modulen waren 55 Stück schadhafte. Nach Reklamation wurden die Module zügig ausgetauscht (Ersatzlieferung durch Solarfun).





Scatec Solar  
Improving our future™

## 2. Leistungsbeurteilung der Module im Vorfeld

### 2.1 Beurteilung der Modulperformance durch Testung von Modulstichproben

Im Zuge der Lieferantenauswahl wird die Qualität der PV-Module überprüft. Maßgeblich hierbei ist die Testung durch externe, renommierte Prüf-Institute.

Hierbei wird eine Zufallsstichprobe gezogen und an das Institut (z.B. TÜV-Rheinland oder ISE-Fraunhofer) geschickt.

Im Labor werden die Module der Stichprobe unter Standard-Test-Conditions (STC) einem sogenannten Flashertest unterzogen.



Fraunhofer Institut  
Solare Energiesysteme

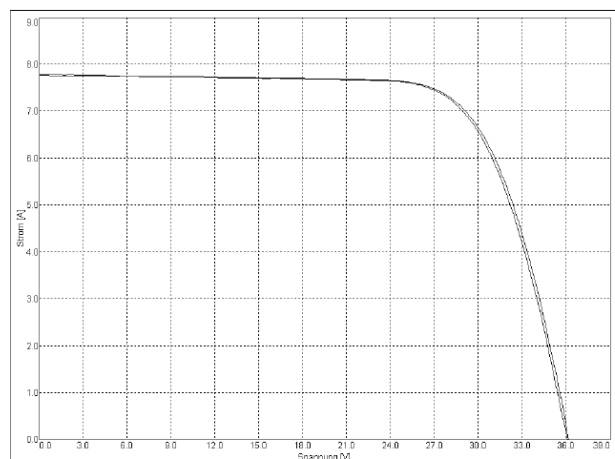
Beispiel ISE-Fraunhofer:  
Der Jahresbericht 2006 des ISE-Fraunhofer weist aus, dass bei einer Reihemessung von Modulen 100 unterschiedlicher Hersteller die durchschnittliche Abweichung -3,4% betrug. Die Messungenauigkeit des Verfahrens wird in den von K&S veranlassten Tests mit +/-5% angegeben. Eine Abweichung von bis zu 5% liegt somit im Bereich der Meßungenauigkeit.  
(Quelle: Jahresbericht ISE Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, S. 104)

Im Vorfeld des Baus der PV-Anlage Pfeffenhausen wurden zwei Module des Herstellers MoserBaer getestet. Ergebnis: Durchschnittliche Abweichung betrug -0,8%.

	Modul label	Test results	Difference	Unit
Open-circuit voltage	36,39	36,1	-0,29	V
Short-circuit current	7,7	7,77	0,07	A
Maximum output voltage	18,60	28,4	9,8	V
Maximum output current		7,19		A
Maximum output power	204,84	204,2	-0,64	W
Module efficiency	12,3	12,3	0,0	%
Fill Factor	73,1	72,7	-0,4	%

Measurement uncertainty for the power value: +/-5.0%

#### I-V Record





**Scatec Solar**  
Improving our future™

## 2.1. Beurteilung der Modulperformance durch empirische Evaluation

Bezüglich Solarfun-Modulen (PV-Anlage Koppenzell) liegen uns mittlerweile empirische Daten vor. 2007 wurden typgleiche Solarfun-PV-Module u.a. bei der PV-Anlage P Pfenninghof (1,7 MWp) verbaut (100% Solarfun).

Dieser Solarpark ist in der Technischen Betriebsführung bei der K&S-Gesellschaft Solarcompetence GmbH, weshalb ein lückenloser Überblick über die produzierten Erträge nachgewiesen kann.

Um die Ertragssituation zu beurteilen, wurde im Rahmen der Technischen Betriebsführung folgendes Evaluierungsverfahren etabliert:

- Es werden Prognosewerte aus dem vorliegenden Ertragsgutachten bezüglich der erwarteten Jahreserträge herangezogen (gemittelte Jahresertragswerte der verschiedenen Ertragsgutachten; Quelle ist der Due Diligence Bericht der Lahmeyer International GmbH).
- Um monatliche Ertragssollwerte zu bestimmen, wurde von der meteocontrol GmbH eine prozentuale Monatsverteilung der satandortbezogenen Jahreseinstrahlwerte angefordert. Basis dieser Ermittlung ist eine langjährige Datenreihe von lokalen Einstrahlungsmessungen.

### Es ergeben sich folgende Soll-Werte:

Monatliche Verteilung der Netzeinspeisung													
Durchschnittswerte bezogen auf das langjährige Mittel !													
	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	gesamt
<b>Pfenninghof</b>	4,01%	5,15%	8,16%	10,31%	12,62%	12,90%	12,59%	11,54%	9,56%	6,27%	3,98%	2,89%	100,00%
<b>Ertragswerte Lahmeyer Int.</b>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>Pfenninghof</b>	78.404	100.655	159.476	201.450	246.623	252.098	246.039	225.502	186.826	122.556	77.748	56.474	<b>1.953.850</b>

### Monats-Sollwerte 12 Monatsverteilung (grafisch):

Die PV-Anlage Pfenninghof (Solarfun) wird durch die **rot eingefärbten Säulen** repräsentiert.



**Scatec Solar**  
Improving our future™

## Ertrags-Ist-Werte

Herangezogen werden als Ist-Werte die vom Betreiber Bayernfonds Solar 1 zur Verfügung gestellten Abrechnungsdaten der E-ON Bayern AG. Dabei handelt es sich um vom EVU monatlich abgelesenen Zählerwerte, die der Vergütungsabrechnung zugrunde liegen (tatsächlich eingespeiste und vergütete Strommenge). Somit liegen 100% zutreffende Ist-Werte vor.

Bis zum Zeitpunkt der Berichterstellung liegen Abrechnungsdaten der EVUs bis einschließlich Oktober 2008 vor.

## Erzielte Erträge (Ist / Soll):



Maßgeblich für den Vergleich:

**Blaue Säulen: Soll-Werte in kWh**

**Grüne Säulen: vergütete kWh**

Anmerkung: **Rote Säulen** repräsentieren an den Wechselrichter ausgelesene Anlagenwerte, die manchmal geringfügig aufgrund von punktuellen Ausfällen in der Meßwertübermittlung abweichen können.

## Zusammenfassung

Prozentual betrachtet liegt das erzielte Ergebnis im Betrachtungszeitraum Mitte Januar (Beginn der Messungen) bis Oktober 2008 bei der mit Solarfun ausgestatteten PV-Anlage um

**3,87% über Soll**



Scatec Solar  
Improving our future™

### 3. Monitoring

Im Zuge der Anlagenüberwachung können Ertragswerte in Echtzeit bis auf Stringebene über Fernüberwachung ausgelesen werden.

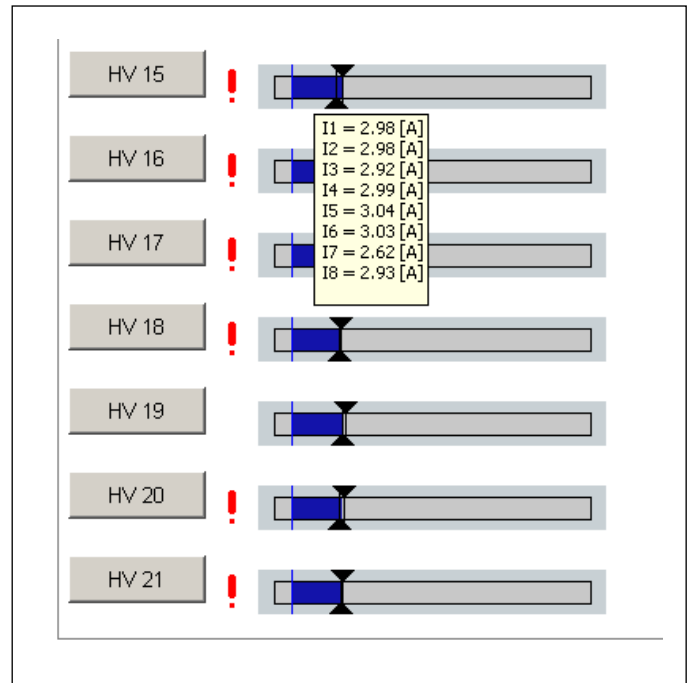
Bezüglich der Ertragsstabilität der überwachten Anlagen bringt dies eine Minimierung der Stillstandszeiten mit sich.

Minderleistungen können zügig erkannt, analysiert und entsprechend beseitigt werden.

Die Abbildung rechts zeigt das Interface des Betriebsführers.

Die Strangstromüberwachung zeigt die Strings, die den Wechselrichtern und Hauptverteilern zugeordnet sind.

Die Balken markieren die momentane Ertragssituation (Markierung des jeweils ertragsschwächsten und ertragssbesten Strings).

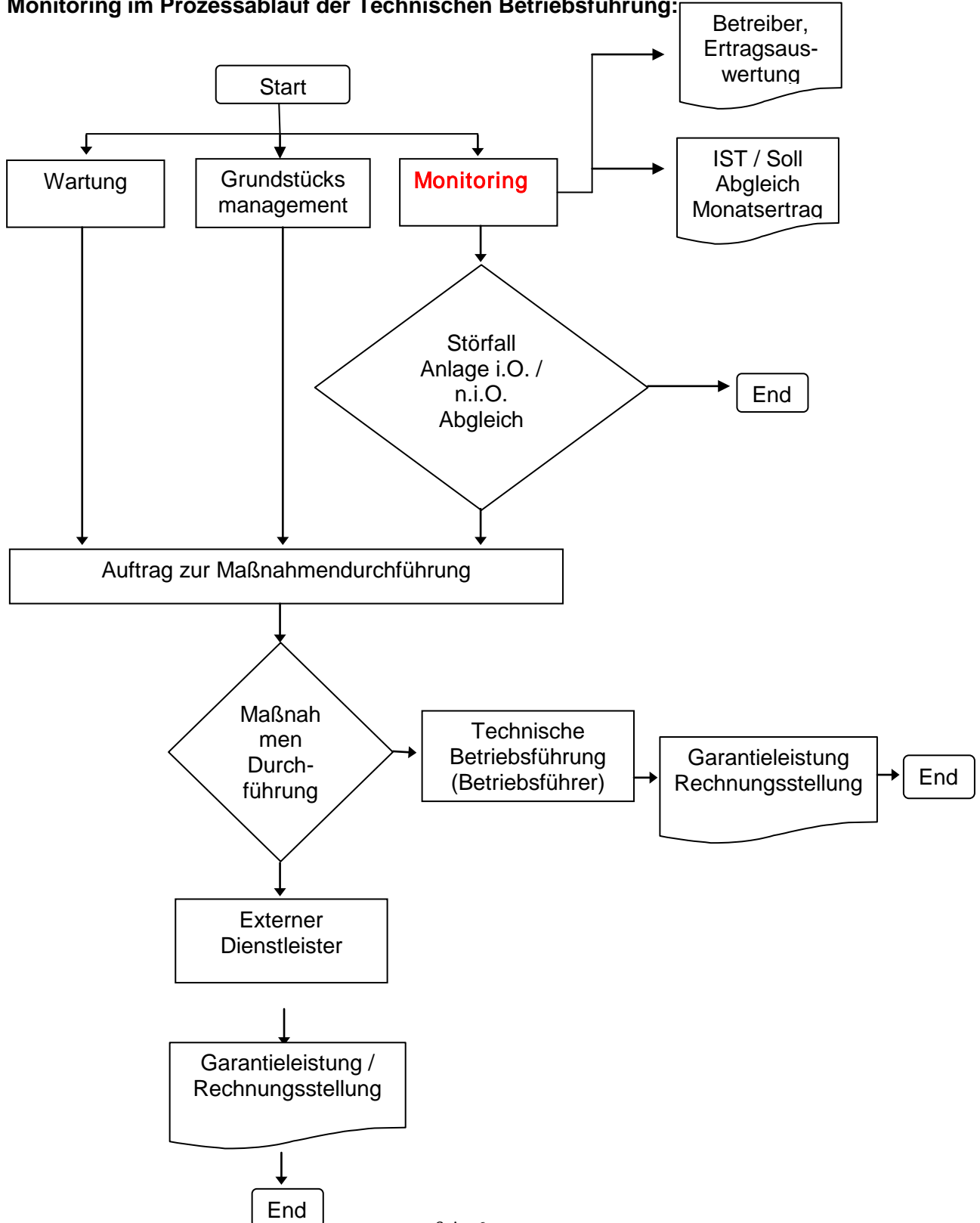


Strangstromüberwachung:

Jedem Hauptverteiler (HV) sind je 8 x 2 Strings zugeordnet. Eine Pfeilmarkierung zeigt den String mit dem minimalen Ertrag an, eine Pfeilmarkierung zeigt den String mit dem maximalen Ertrag an.



Monitoring im Prozessablauf der Technischen Betriebsführung:





**Scatec Solar**  
Improving our future™

## 4. Messung der Strings

Am Ende der Bauphase werden die Strings durch einen Elektriker (Fachbetrieb) durchgemessen.

Dabei wird geprüft:

1. Isolationswiderstand  
(= Kurzschlüsse entdecken)
2. Erdungswiderstand  
(= Blitzschutz)
3. Kurzschlussstrom  
(= Strings in Ordnung)
4. Leerlaufspannung  
(= Module o.k.)

WS *Werner Schmelmer* Dipl. Ing.  
Elektro – EDV – EIB – Blitzschutz – Sanitär – Heizung – Techn. Ing.-Büro

Prüfprotokoll elektrische Anlagen und Geräte			
Bez. der Anlage/Gerät:	Solarpark Polditz		
Grund der Überprüfung:	Abnahme	Datum:	02.2008
Prüfer 1: Desch	Prüfer 2: Schroll		
Netz: DC-Netz		Schutzmaßnahme:	EVU: Energie AG

Verteiler/Gerät					
Nr.	Bezeichnung/Ort	Stromart	Stromkreisanzahl	Zuleitung (mm²)	Mängel
	HV 1	DC	16	120	

Verteiler/ Gerätenummer	Stromkreisnummer	Stromart	IN Schutzorgan in A	R iso. Isolationswiderstand in M. Ohm	R a Durchgang PE in Ohm	Re, Rs Erdungswiderstand in Ohm $\frac{U_{L1} - U_{L2}}{I_{L1} - I_{L2}}$	R sch Schleifenwiderstand in Ohm	I k Kurzschlussstrom kA	Leerlaufspannung in Volt				
1		DC	20	∞		1,33		1,8	743				
2		DC	20	∞				2,1	747				
3		DC	20	∞				2,4	745				
4		DC	20	∞				2,8	747				
5		DC	20	∞				3,4	747				
6		DC	20	∞				3,2	747				
7		DC	20	∞				2,7	748				
8		DC	20	∞				2,3	748				
9		DC	20	∞				2,0	745				
10		DC	20	∞				1,8	743				
11		DC	20	∞				2,7	744				
12		DC	20	∞				3,2	747				
13		DC	20	∞				4,0	750				
14		DC	20	∞				5,5	751				
15		DC	20	∞				8,4	746				
16		DC	20	∞				7,4	747				
Blatt Nr.		Gesamt Blattzahl:											

Werner Schmelmer Elektro – EDV – EIBA - Blitzschutz - Sanitär – Heizung Bogener Straße 11 94379 St. Englmar  
Tel: (09965) 84 08 - 0 Fax: (09965) 84 08 - 20 Web: <http://www.w-schmelmer.de> E-Mail: [w.schmelmer@w-schmelmer.de](mailto:w.schmelmer@w-schmelmer.de)

## 5. Visuelle Kontrolle

Während der gesamten Bauphase werden die Module durch geschultes Fachpersonal in den PV-Anlagen verbaut.

Die hier erfolgte visuelle Prüfung stellt sicher, dass keine schadhafte Module, die vor oder während des Transports beschädigt wurden, verbaut werden.