



SUNNY BOY 3.0-6.0 / SUNNY BOY SMART ENERGY / SUNNY TRIPower 3.0-6.0 / SUNNY TRIPower 8.0-10.0 / SUNNY TRIPower X / SUNNY TRIPower CORE1 / SUNNY TRIPower 125

I-V und P-V-Diagnosefunktion: Ermittlung der Generatorkennlinie durch den Wechselrichter zur Fehlererkennung bei PV-Modulen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Grundlagen	3
3	Wechselrichter mit Diagnosefunktion	7
4	Hinweise zur Messung	8
5	Kennlinien erzeugen.....	9
5.1	Wechselrichter ohne Benutzeroberfläche powered by ennexOS.....	9
5.2	Wechselrichter mit Benutzeroberfläche powered by ennexOS	10
6	Interpretation von Abweichungen der Kennlinien.....	11
7	Ereignismeldungen	11
8	Häufig gestellte Fragen	12
8.1	Kann durch die Messung die Qualität der Installation nachgewiesen werden?.....	12
8.2	Kann die Messung mit dem Datamanager oder dem Sunny Portal aktiviert werden?	12
8.3	Welche Auswirkungen hat eine Messung auf die Einspeisung?	12
8.4	Was passiert bei einer zu niedriger Leistung während der Messung?	12

1 Einleitung

Die in diesem Dokument behandelten Wechselrichter verfügen über eine Diagnosefunktion zur Messung der Strom-/Spannungskennlinie (I-V-Kennlinien) der angeschlossenen Strings. (siehe Kapitel 3, Seite 7).

Die Messergebnisse können dabei sowohl als I-V-Kennlinie als auch als Leistungs-/Spannungskennlinie (P-V-Kennlinie) visualisiert werden. Treten hierbei Veränderungen oder Abweichungen zum idealen Kurvenverlauf auf, können Fehler in den PV-Modulen frühzeitig erkannt und dokumentiert werden.

Durch die Nutzung dieser Funktion kann im Rahmen einer Anlagenwartung oder Fehlerdiagnose, das Leistungsportfolio des Installateurs mit einfachen Mitteln erweitert werden.

Diese Technische Information beschreibt für Installateure, Anlagenplaner und interessierte Benutzer neben den Grundlagen alle notwendigen Schritte und Voraussetzungen zur Nutzung der neuen Diagnosefunktion.

2 Grundlagen

Jedes PV-Modul und jeder Modul-String besitzt eine typische Strom- und Spannungscharakteristik, die im Idealfall folgendem grafischen Verlauf entspricht:

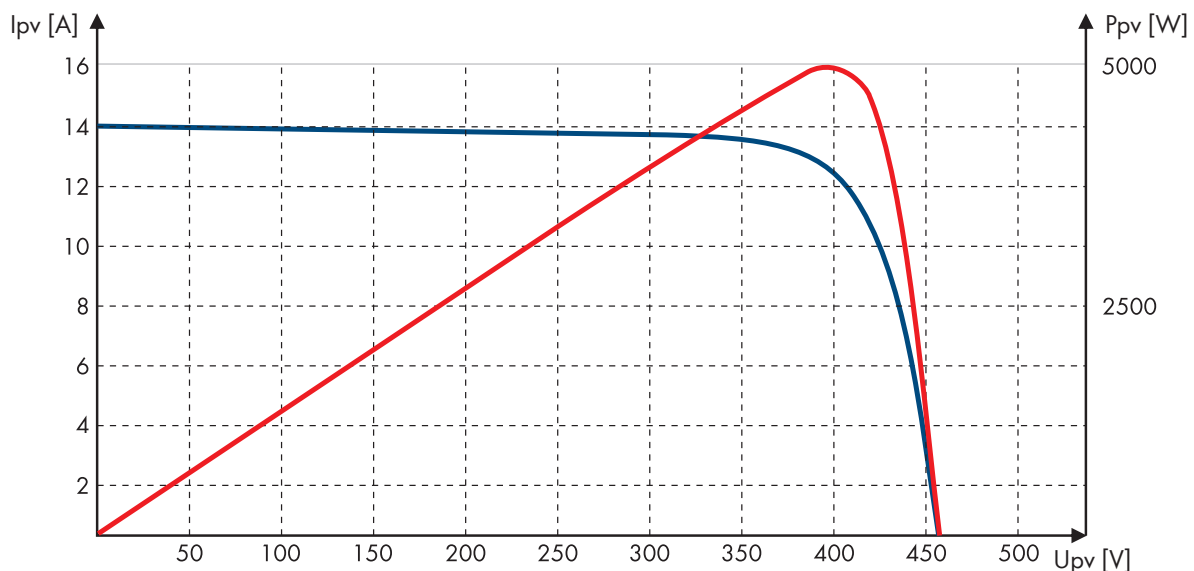


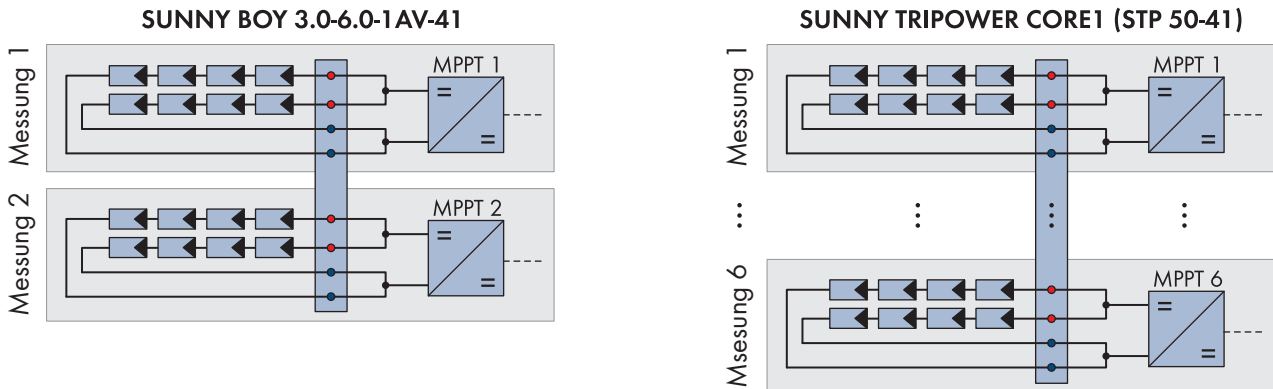
Abbildung 1: I-V-Kennlinie (blau) und P-V-Kennlinie (rot)

Zur Analyse wird der String in unterschiedlichen Arbeitspunkten betrieben und der jeweils resultierende Strom bei unterschiedlichen Spannungen ermittelt.

Die Kennlinie wird durch die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom des PV-Strings begrenzt. Zur Bestimmung der Kennlinie wird der jeweilige MPP-Tracker (Maximum Power Point) des Wechselrichters genutzt. Der MPP-Tracker besitzt bereits die Voraussetzungen, um alle notwendigen Daten zu berechnen.

Ein Unterschied zum MPP-Betrieb bei Einspeisung, ist eine spezielle Messbetriebsart, in der die I-V-Kennlinie pro MPP-Tracker abgefahren wird. Diese Messung kann über die lokale Benutzeroberfläche des Wechselrichters durchgeführt werden. Hierbei wird dann pro MPP-Tracker die I-V-Kurve der angeschlossenen PV-Module aufgenommen und das Ergebnis in grafischer und tabellarischer Form in der Benutzeroberfläche des Wechselrichters angezeigt. Die Ergebnisse können auch heruntergeladen und als CSV- oder PDF-Datei gespeichert werden.

Hinweis: Die I-V-Messungen erfolgen sequentiell mit jeweils einem MPP-Tracker. Alle anderen MPP-Tracker werden normal weiter betrieben. Sind mehrere Strings an einem MPP-Tracker angeschlossen, wird die Kennlinie der Parallelschaltung ermittelt.



Aufgrund von Abweichungen der gemessenen I-V-Kurvenform zu einer idealen Strom- und Spannungskennlinie oder der Beobachtung von Abweichungen der I-V-Kurven zu vorherigen Messungen, die bei ähnlichen Umgebungsbedingungen durchgeführt wurden, können Probleme schnell und einfach erkannt und genauer untersucht werden. Diese Methode eignet sich hervorragend zur präventiven Kontrolle im Rahmen von Wartungsgängen oder Fehlerdiagnosen.

Neben der grafischen Darstellung der Messergebnisse wird auch eine Tabelle angezeigt, die die wichtigsten Kenndaten der Messung enthält.

Wert	Beschreibung
V_{mpp}	Spannung bei maximaler Leistung
I_{mpp}	Strom bei max. Leistung
P_{mpp}	maximale Leistung
V_{oc}	Leerlaufspannung
I_{sc}	Kurzschlussstrom
Füllfaktor	Kennwert für die Kurvenform


Der Füllfaktor gibt eine Information über die Form der I-V-Kennlinie. Je höher der Füllfaktor, desto mehr nähert sich die Form der Kennlinie einem Rechteck an. Bei kristallinen PV-Modulen werden Werte zwischen 0,75 und 0,82 erreicht. Ein Füllfaktor, der bei Nennbedingungen deutlich unter diesem Wert liegt, weist auf mögliche Fehler hin, die zu Ertragsverlust führen können.

Neben der Darstellung der Ergebnisse auf der Benutzeroberfläche des Wechselrichters kann zudem auch ein PDF-Export oder CSV-Export zur Protokollierung der Messung erzeugt werden. Dabei kann ausgewählt werden, ob die I-V Kennlinie oder die P-V Kennlinie dokumentiert wird.

Diagnose Report für Wechselrichter ohne Benutzeroberfläche powered by ennexOS

I-V GENERATOR DIAGNOSE REPORT

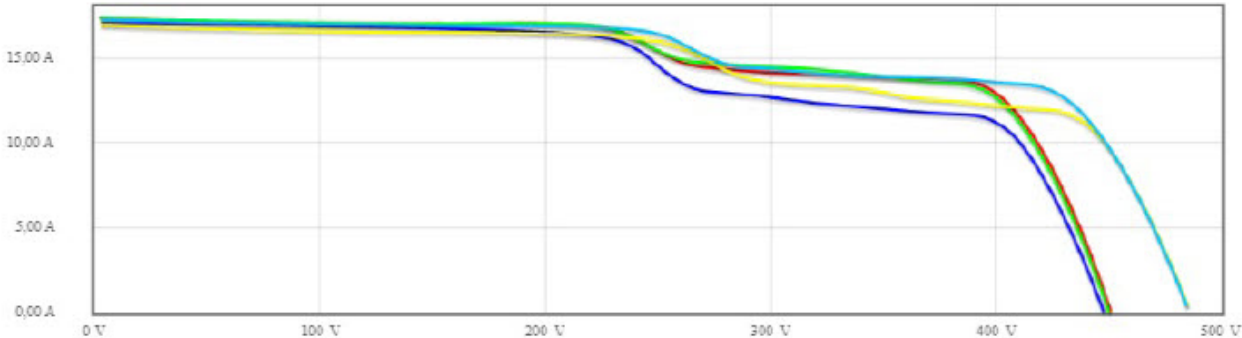
STP50-41
Seriennummer xxxxx



Information Wechselrichter

Gerätetyp	STP50-41
Gerätename	STP50-41
Seriennummer	xxxxxx
Umgebungstemperatur	----
Einstrahlung	----
Datum	xx.xx.2023
Uhrzeit	14:59:20

Übersicht



MPPT-A MPPT-B MPPT-C MPPT-D MPPT-E

MPPT	V _{mpp} [V]	I _{mpp} [A]	P _{mpp} [W]	V _{oc} [V]	I _{sc} [A]	FF
MPPT-A	389	13.58	5284	451	17.30	0.68
MPPT-B	389	13.35	5194	450	17.32	0.67
MPPT-C	393	11.55	4539	448	17.01	0.60
MPPT-D	426	11.89	5071	485	16.94	0.62
MPPT-E	418	13.32	5574	484	17.27	0.67

Messung durchgeführt

Firma _____

Datum: _____ Name _____

Disclaimer

Die Ergebnisse der I-V-Diagnosefunktion hängen von den Umgebungsbedingungen des PV-Generators (z. B. Temperatur, Verschattung, Sonneneinstrahlung) sowie von den Einstellungen und dem Betriebszustand aller Systemkomponenten ab. Die Ergebnisse sollten nur von Fachkräften und unter Beachtung dieser Informationen verwendet werden, um die Qualität und die Gesamtleistung der PV-Anlage zu bewerten.

Abbildung 2: Beispiel I-V-Diagnosefunktion STP 50-41, leichte Verschattung

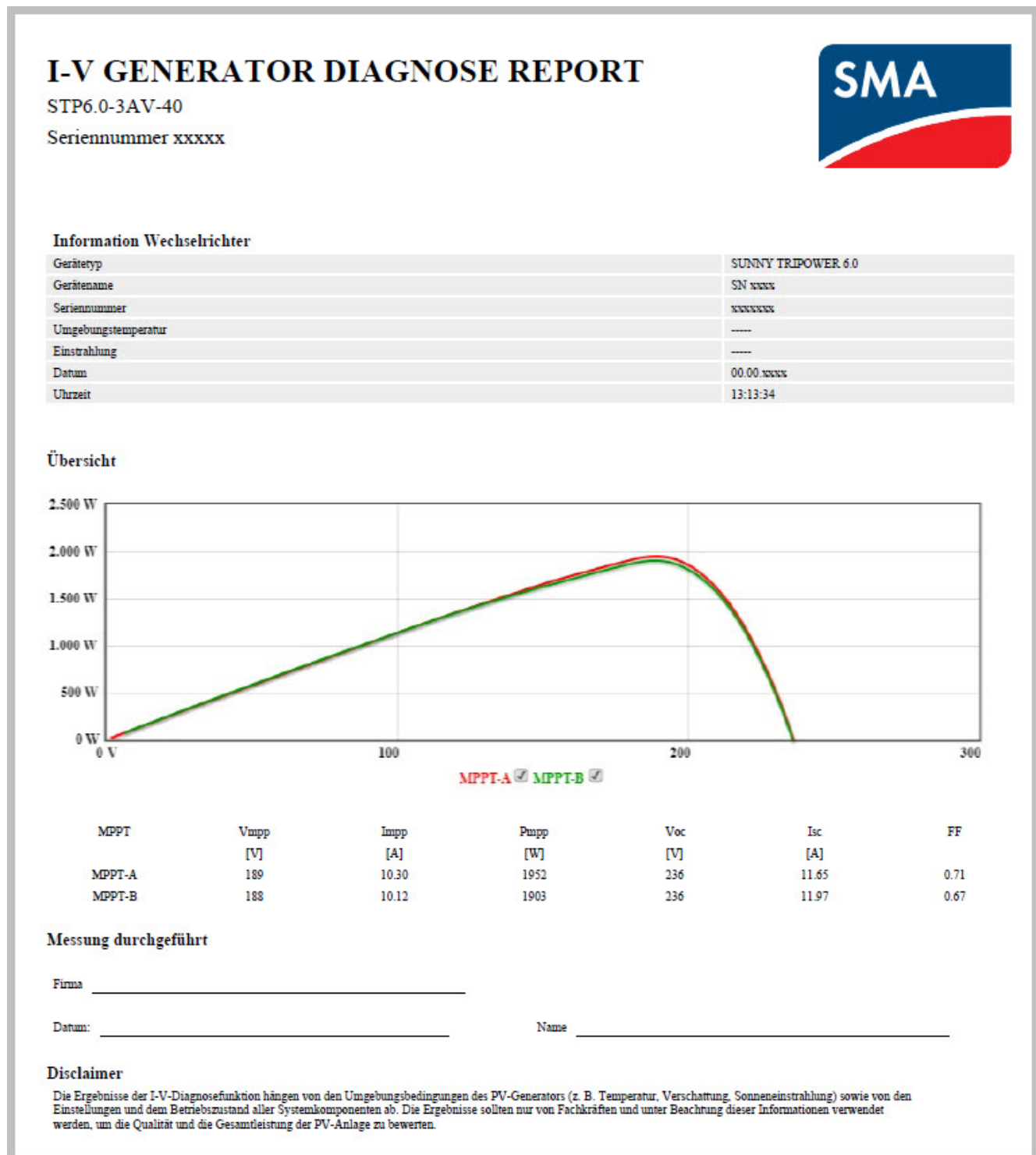


Abbildung 3: Beispiel P-V-Diagnosefunktion STP6.0-3AV-40

Diagnose Report für Wechselrichter mit Benutzeroberfläche powered by ennexOS

I/V Generator Diagnose Report



Informationen zur Messung

Gerätename SBSE5.0-50
 Gerätetyp Sunny Boy Smart Energy 5.0
 Seriennummer 3021334947
 Zeitpunkt der Messung 17.7.2024, 09:49

Messung durchgeführt

Firma _____

Datum _____ Name _____

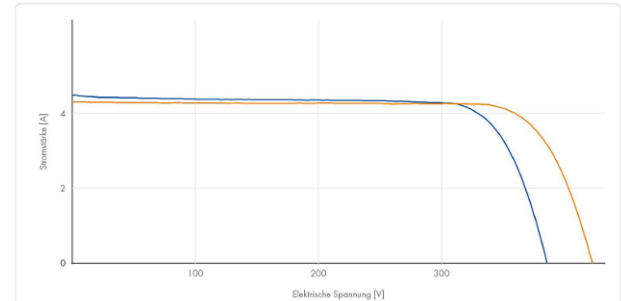
Disclaimer

Die Ergebnisse der I/V-Diagnosefunktion hängen von den Umgebungsbedingungen des PV-Generators (z. B. Temperatur, Verschattung, Sonneneinstrahlung) sowie von den Einstellungen und dem Betriebszustand aller Systemkomponenten ab. Die Ergebnisse sollten nur von Fachkräften und unter Beachtung dieser Informationen verwendet werden, um die Qualität und die Gesamtleistung der PV-Anlage zu bewerten.

I/V Generator Diagnose Report



Gerätename SBSE5.0-50
 Gerätetyp Sunny Boy Smart Energy 5.0
 Seriennummer 3021334947
 Zeitpunkt der Messung 17.7.2024, 09:49



Anzeige DC-Eingänge 2 / 2

● DC-Eingang A ● DC-Eingang B

Tracker	V _{mpp} in V	I _{mpp} in A	P _{mpp} in W	V _{oc} in V	I _{sc} in A	Fill Factor
● DC-Eingang A	320	4.18	1337	386	4.49	0.77
● DC-Eingang B	352	4.13	1451	423	4.31	0.8

3 Wechselrichter mit Diagnosefunktion

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht der Wechselrichter mit den Diagnosefunktionen. SMA Solar Technology AG wird Sie über die Umsetzung in weiteren Geräten rechtzeitig informieren.

Wechselrichter	Gerätetyp	Firmware-Version mit I-V-Diagnosefunktion	Firmware-Version mit P-V-Diagnosefunktion	Benutzeroberfläche powered by ennexOS
SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0	SB3.0-1AV-41	Ab 4.00.55.R	Ab 4.01.15.R	-
	SB3.6-1AV-41			
	SB4.0-1AV-41			
	SB5.0-1AV-41			
	SB6.0-1AV-41			
Sunny Boy Smart Energy 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0	SBSE3.6-50	Ab 3.8.12.R	-	✓
	SBSE4.0-50			
	SBSE5.0-50			
	SBSE6.0-50			
Sunny Boy Smart Energy 8.0 / 9.9	SBSE8.0-50	Ab Serienstart	-	✓
	SBSE9.9-50			

Wechselrichter	Gerätetyp	Firmware-Version mit I-V-Diagnosefunktion	Firmware-Version mit P-V-Diagnosefunktion	Benutzeroberfläche powered by ennexOS
Sunny Boy Smart Energy -US 3.8 / 4.8 / 5.8 / 7.7	SBSE3.8-US-50	Ab 3.8.12.R	-	✓
	SBSE4.8-US-50			
	SBSE5.8-US-50			
	SBSE7.7-US-50			
Sunny Boy Smart Energy -US 9.6 / 11.5	SBSE9.6-US-50	Ab Serienstart	-	✓
	SBSE11.5-US-50			
Sunny Tripower 3.0 / 4.0 / 5.0 / 6.0	STP3.0-3AV-40	Ab 4.00.06.R	Ab 4.00.54.R	-
	STP4.0-3AV-40			
	STP5.0-3AV-40			
	STP6.0-3AV-40			
Sunny Tripower 8.0 / 10.0	STP8.0-3AV-40	Ab 4.00.06.R	Ab 4.00.54.R	-
	STP10.0-3AV-40			
Sunny Tripower X	STP 12-50	Ab 3.06.15.R	-	✓
	STP 15-50			
	STP 20-50			
	STP 25-50			
Sunny Tripower CO-RE1	STP 50-41	Ab 3.12.21.R	> 4.06.08.R	-
Sunny Tripower CO-RE1-US	STP 33 / 50 / 62-US-41	Ab 3.12.21.R	> 4.06.08.R	-
Sunny Tripower 125	STP 125-70	Ab 4.00.48.R	Ab 4.00.48.R	-

Während der Messung kann der Wechselrichter die Einspeisung kurzzeitig unterbrechen oder mit verminderter Leistung einspeisen. Die Dauer einer Messung beträgt ca. 20 Sekunden pro MPP-Tracker. Um eine Fehlfunktion und damit Ertragsverlust zu vermeiden, kann die Messung maximal 10-mal pro Tag durchgeführt werden. Sollen über 10 Messungen pro Tag durchgeführt werden, ist ein Neustart des Wechselrichters erforderlich.

Eine Messkurve besteht aus über 200 Messpunkten. Die Darstellung erfolgt von 0 V bis zur maximalen MPP-Spannung des Wechselrichters. Der Strom wird durch den maximal nutzbaren Eingangsstrom des Wechselrichters begrenzt.

Die Daten werden auf der Benutzeroberfläche angezeigt und bleiben dort bis zur nächsten Messung sichtbar. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Daten als PDF Report und im CSV-Format zu exportieren.

4 Hinweise zur Messung

Voraussetzungen:

- Im Falle von Vergleichsmessungen (z. B. in jährlichen Abständen) sollten ähnliche Umgebungsbedingungen (Einstrahlung, Verschattung, Temperatur) vorherrschen.

CORE1:

Sollte der Sunny Tripower CORE1 mit dem Sensormodul (Optionales Zubehör MD.SEN-40) und dem Anschluss entsprechender Sensorik ausgerüstet sein, werden zusätzlich die aktuelle Temperatur und Einstrahlung auf der Benutzeroberfläche und dem Report angezeigt.

Betrieb mit Modulelektronik (MLPE: Module Level Power Electronics):

Die Messung ist auch für den Betrieb mit sogenannten SunSpec-kompatiblen Modulabschaltern (z. B. JMS-F) geeignet. Diese Systeme sind aber nur mit speziellen Wechselrichtern realisierbar, die derzeit ausschließlich für den US-Markt entwickelt wurden. Beispielsweise der STP 33/50/62-US-41. In diesem Anwendungsfall befinden sich die Wechselrichter in einer speziellen Betriebsart: **SunSpec Rapid Shutdown**

In dieser Betriebsart wird die I-V-Kurve nicht ab 0 V angezeigt, sondern erst ab einer gerätetypischen Grenzspannung. Beim CORE1 beträgt diese z. B. 230 V. Bei kleineren Spannungen erfolgt keine Messung beziehungsweise Anzeige der I-V-Kurve.

Betrieb mit Optimizern

Die I-V-Messung mit sogenannten Optimizern (z. B. Moduloptimierern) ist möglich, führt aber zu keinen sinnvollen Messergebnissen.

5 Kennlinien erzeugen

5.1 Wechselrichter ohne Benutzeroberfläche powered by ennexOS

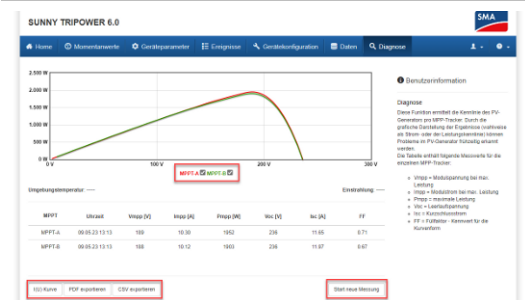
i Der Wechsel zwischen I-V und P-V-Darstellung, ist nicht bei allen Wechselrichtern verfügbar.

- Beachten Sie die Firmware-Version ihres Wechselrichters.

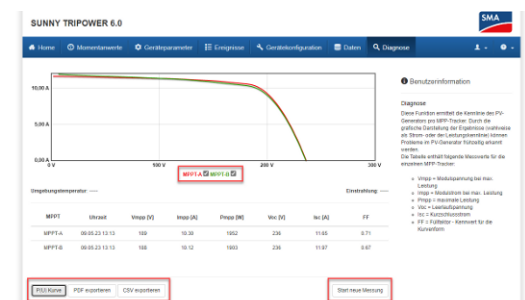
1. Auf der Benutzeroberfläche des Wechselrichters anmelden.
2. Im Menü **[Diagnose]** wählen.



3. Bei Bedarf gewünschte MPP-Tracker an- oder abwählen.

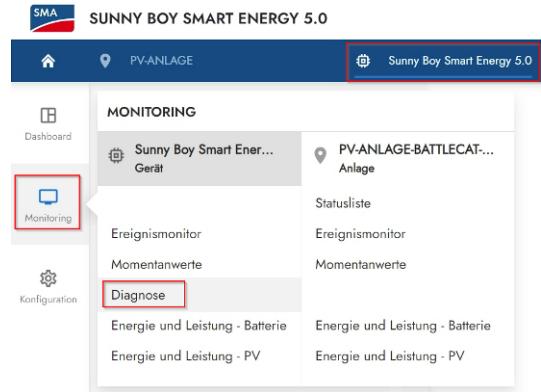


4. **[Start neue Messung]** wählen.
5. **[PDF exportieren]** oder **[CSV exportieren]** wählen, um die angezeigten Daten zu exportieren.
6. Alternativ den Vorgang für die P-V Kennlinie starten.

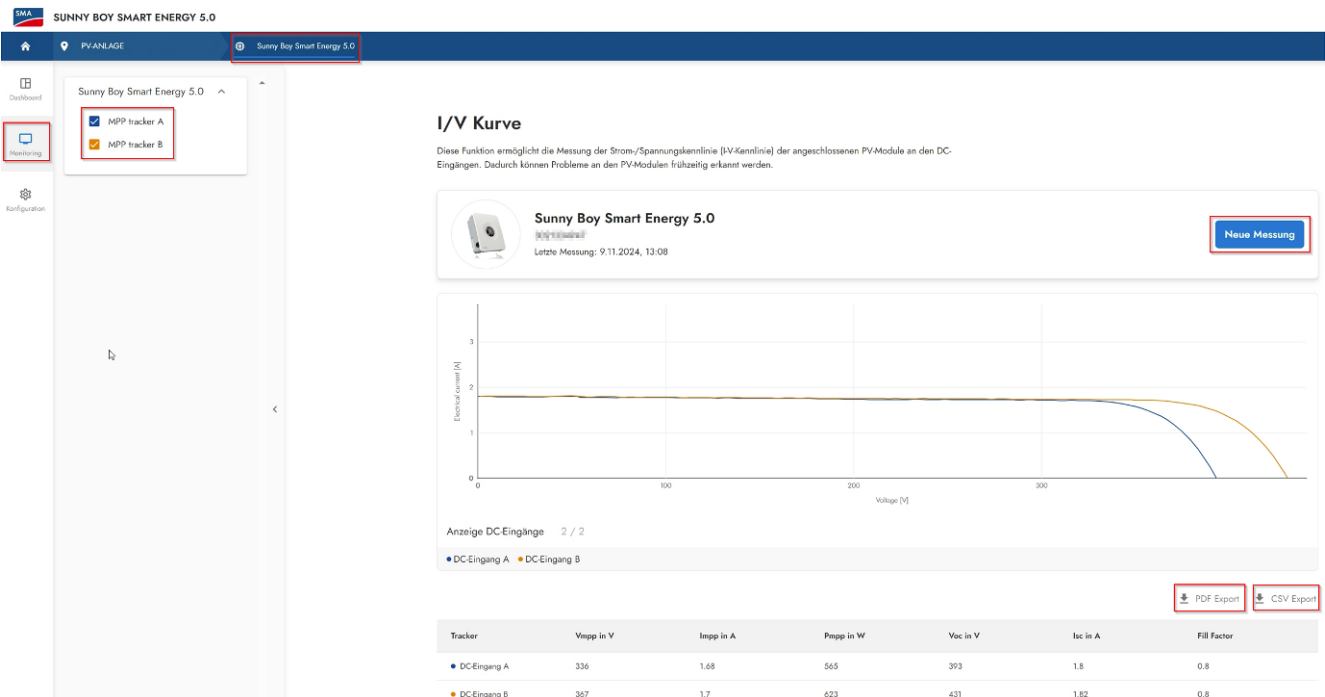
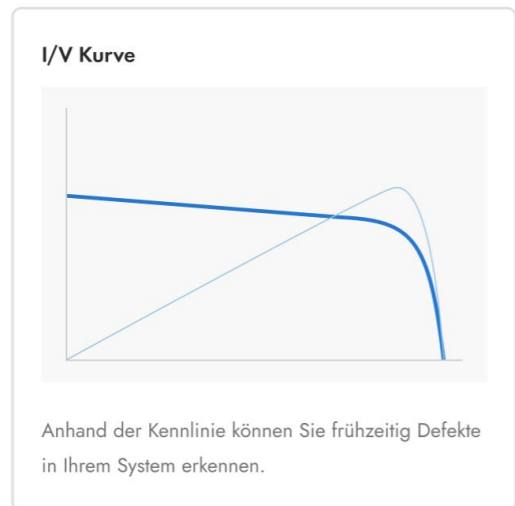


5.2 Wechselrichter mit Benutzeroberfläche powered by ennexOS

1. Auf der Benutzeroberfläche des Wechselrichters anmelden.
2. In der Fokusnavigation den Wechselrichter auswählen.



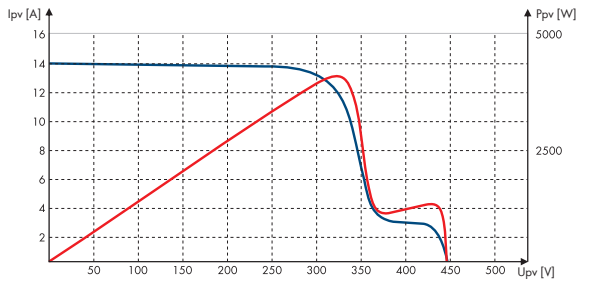
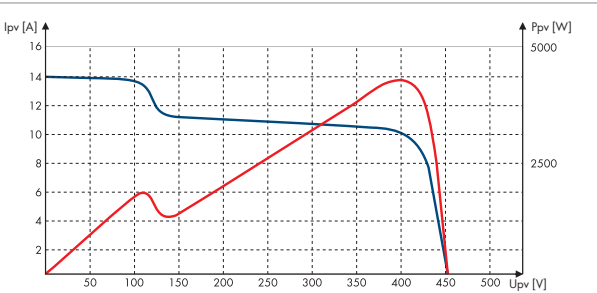
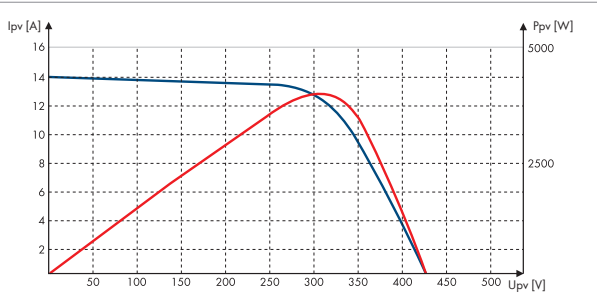
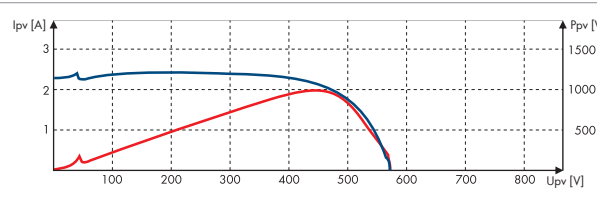
3. Das Menü **Monitoring** wählen.
4. Den Menüpunkt **Diagnose** wählen.
5. **I-V-Kurve** wählen.



6. **[Neue Messung]** wählen.
7. **[PDF exportieren]** oder **[CSV exportieren]** wählen, um die angezeigten Daten zu exportieren.

6 Interpretation von Abweichungen der Kennlinien

Die folgenden Grafiken zeigen einen abweichenden Kurvenverlauf.

Kurvenform	Beschreibung
 <p>The graph shows current I_{pv} [A] on the left y-axis (0 to 16) and power P_{pv} [W] on the right y-axis (0 to 5000) against voltage U_{pv} [V] on the x-axis (0 to 500). A blue curve shows a sharp drop in current at approximately 350V, while a red curve shows a more gradual decline.</p>	<p>Hier kann die starke Verschattung eines kleinen Teils der PV-Module die Ursache sein. Der Strom sinkt sehr stark, der "Knick" liegt bei hoher Spannung.</p>
 <p>The graph shows current I_{pv} [A] on the left y-axis (0 to 16) and power P_{pv} [W] on the right y-axis (0 to 5000) against voltage U_{pv} [V] on the x-axis (0 to 500). A blue curve shows a sharp drop in current at approximately 100V, while a red curve shows a more gradual decline.</p>	<p>Hier kann die schwache Verschattung eines großen Teils der PV-Module die Ursache sein. Der Strom sinkt nur wenig, der "Knick" liegt bei tiefer Spannung. Diese Kennlinie kann auf Verschmutzung an der unteren Modulkante hinweisen.</p>
 <p>The graph shows current I_{pv} [A] on the left y-axis (0 to 16) and power P_{pv} [W] on the right y-axis (0 to 5000) against voltage U_{pv} [V] on the x-axis (0 to 500). The blue curve is significantly lower than the red curve, indicating a lower current across the entire voltage range.</p>	<p>Die flach abfallende Kennlinie (geringer Füllfaktor) kann auf ein Problem mit den PV-Modulen (z.B. PID) hinweisen. SMA Solar Technology AG empfiehlt einen Installateur zu kontaktieren, um eine genauere Analyse durchzuführen.</p>
 <p>The graph shows current I_{pv} [A] on the left y-axis (0 to 3) and power P_{pv} [W] on the right y-axis (0 to 1500) against voltage U_{pv} [V] on the x-axis (0 to 800). The blue curve shows some irregularities at the start and end of the measurement range.</p>	<p>Wenn die Messung bei einer Leistung < 50 % durchgeführt wird, kann es zu Ungenauigkeiten am Anfang oder am Ende der aufgenommenen I-V Kurve kommen. Um diese Ungenauigkeiten zu vermeiden, sollte eine Messung immer bei einer Leistung > 50 % durchgeführt werden.</p>

7 Ereignismeldungen

7.1 Ereignis 10102

Anzeigetext:

Parameter |In04| erfolgreich gesetzt

Beschreibung:

Diese Meldung wird am Anfang einer Messung ausgegeben.

7.2 Ereignis 10431

Ereignismeldung:

- I-V Kurvenmessung erfolgreich

Erläuterung:

Diese Meldung wird am Ende einer Messung ausgegeben.

8 Häufig gestellte Fragen

8.1 Kann durch die Messung die Qualität der Installation nachgewiesen werden?

Die Ergebnisse der Diagnosefunktionen hängen von den Umgebungsbedingungen der PV-Module (z. B. Temperatur, Verschattung, Sonneneinstrahlung) sowie von den Einstellungen und dem Betriebszustand aller Systemkomponenten ab. Die Ergebnisse sollten nur von Fachkräften und unter Beachtung dieser Informationen verwendet werden, um die Qualität und die Gesamtleistung der PV-Anlage zu bewerten. Die Ergebnisse liefern daher ausschließlich Indizien.

8.2 Kann die Messung mit dem Datamanager oder dem Sunny Portal aktiviert werden?

Derzeit wird das Verfahren nur auf der Benutzeroberfläche des Wechselrichters unterstützt. SMA Solar Technology AG arbeitet bereits an Lösungen zur Nutzung des Verfahrens für das Sunny Portal oder dem Datamanager.

8.3 Welche Auswirkungen hat eine Messung auf die Einspeisung?

Die Einspeisung wird zu Beginn der Kurvenmessungen pro MPP-Tracker kurzzeitig unterbrochen. Während des Messvorgangs wird die Einspeiseleistung etwas verringert.

8.4 Was passiert bei einer zu niedriger Leistung während der Messung?

Der relative Fehler kann in diesem Fall so groß werden, dass eine sinnvolle Interpretation nicht mehr möglich ist.