

MESSUNG AN PHOTOVOLTAIKANLAGEN MIT DEM FTV500



Sonnenenergie kann zur Stromerzeugung genutzt werden: Die photovoltaische Solarenergie wandelt Sonnenstrahlen mithilfe von in Solarmodulen eingebauten Solarzellen in elektrische Energie um. Diese Solarmodule werden beispielsweise an Gebäuden angebracht oder auf dem Boden verlegt.

Die Photovoltaik basiert auf der Fähigkeit bestimmter Halbleitermaterialien wie Silizium das Sonnenlicht direkt in Strom umzuwandeln: dieses Prinzip nennt man den photoelektrischen Effekt. Dieser Effekt wird in den Solarzellen technisch angewendet.

Nach der Installation einer Photovoltaikanlage sind Effizienz und Sicherheit von größter Bedeutung. Darum ist es heute notwendig, Anlagenprüfungen durchzuführen.

Manchmal ist es schwierig, Datenblätter von Solarmodulen richtig zu lesen.

Dabei ist es wichtig zu wissen, wieviel Strom und Leistung letztlich zur Verfügung stehen werden.

Lange Zeit hatte man allerdings nicht weiter definiert, dass es sich bei Solarmodulen um elektrische Anlagen handelt, die dementsprechende Sicherheitskriterien zu erfüllen haben.

Heutzutage jedoch muss eine Photovoltaikanlage die Sicherheitskriterien jeder elektrischen Anlage erfüllen.

Vor dem Netzanschluss ist eine Überprüfung der elektrischen Sicherheiten durchzuführen.

Beim Netzanschluss wird dann eine Überprüfung der Effizienz durchgeführt. Danach sind eine Erstprüfung sowie wiederkehrende Prüfungen elektrischer Anlagen vorzunehmen, um sicherzustellen, dass keine Schäden an der Anlage vorliegen, um Gefährdungen für den Nutzer auszuschließen, und um zu überprüfen, ob die Anlage normgerecht ist.

Eine solche Prüfung umfasst außerdem einen Abgleich zwischen etwaigen Änderungen in der Anlagenutzung verglichen zur ursprünglichen Bestimmung. Eine Ertragskontrolle der Anlage ist ebenfalls erforderlich, schließlich ist Stromerzeugung der Hauptzweck der Anlage.





NORMEN

- **IEC 62446** - Diese Norm dient Systementwicklern und -installateuren von netzgekoppelten PV-Solarsystemen als Vorlage, um einem Kunden eine effektive Dokumentation bereitzustellen. Durch die Beschreibung des erwarteten Umfangs der Inbetriebnahmeprüfungen, Prüfkriterien und Dokumentation dient sie dazu, die Sicherheit der Anlage und den ordnungsgemäßen Betrieb des Systems zu überprüfen. In der neuesten Version ist außerdem vorgeschrieben, welche Informationen und Unterlagen den Kunden nach der Installation von netzgekoppelten PV-Solarsystemen auszuhändigen sind.

- **IEC 61010** - Die Norm legt die allgemeinen Sicherheitsanforderungen für elektrische Geräte fest, die für den professionellen, industriellen (Prozess-) und Laborgebrauch bestimmt sind, und zwar für alle Geräte, die am Messvorgang beteiligt sind. Ziel dieser Norm ist es, allgemeine Sicherheitsstandards für Messgeräte festzulegen.

- **IEC 61557** - Diese Norm behandelt die elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis 1 000 V AC und 1 500 V DC. Sie bezieht sich auf Prüf-, Mess- und Überwachungsgeräte zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen in elektrischen Geräten.

- **IEC 61557 - Teil 2 - Isolationswiderstand** - Dieser Teil der Norm legt spezielle Anforderungen für Messgeräte zum Messen des Isolationswiderstandes von Geräten und Anlagen im spannungsfreien Zustand fest.

- **IEC 61557 - Teil 4 - Widerstand (Durchgängigkeit) von Erdungs- und Potentialausgleichsleitern** - Dieses Kapitel der Norm legt die Anforderungen für Widerstandsmessgeräte mit Messwert- oder Grenzwertanzeige zum Messen des Widerstandes von Erdungsleitern, Schutzleitern und Potentialausgleichsleitern einschließlich ihrer Verbindungen und Anschlüsse fest.

- **IEC 60891** - Darin werden Verfahren festgelegt, die bei der Umrechnung von gemessenen I-U-Kennlinien (Strom-Spannungskennlinien) von photovoltaischen (PV-)Bauelementen auf andere Temperaturen und Bestrahlungsstärken einzuhalten sind. Ebenso werden die Verfahren festgelegt, die zur Bestimmung der Korrekturfaktoren anzuwenden sind.

- **IEC 60904** - Diese Norm beschreibt Verfahren zum Messen von Strom-Spannung-Kennlinien (I-U-Kennlinien) photovoltaischer (PV) Einrichtungen in natürlichem oder simuliertem Sonnenlicht. Er ist anwendbar für Einzelsolarzellen, Baugruppen aus solchen Zellen oder vollständige PV-Module.

MESSUNGEN

Wie jeder Teil einer elektrischen Anlage haben auch Solarmodule grundlegende Sicherheitsstandards zu erfüllen.



- **Durchgangsprüfung** - Die Durchgängigkeit der Schutzleiter, einschließlich der Schutzpotentialausgleichsleiter, und die Verbindung zu Körpern müssen durch eine Widerstandsmessung geprüft werden. Alle Massen einer Anlage, die mit einer gemeinsamen Schutzeinrichtung verbunden sind, sind miteinander und mit einem an die Erdungsanlage angeschlossenen Leiter verbunden. Die Durchgangsprüfung ist unter einer bestimmten Prüfspannung und einem bestimmten Prüfstrom (4/24V @ 200 mA) durchzuführen.

- **Isolationsprüfung (spannungslos/unter Spannung)** - Sowohl bei elektrischen Betriebsmitteln als auch bei Anlagen ist eine regelmäßige Überprüfung des Isolationswiderstands empfohlen. Dazu wird der Isolationswiderstand (im spannungslosen Zustand) zwischen den aktiven Leitern und der Erde gemessen. Die Überprüfung erfolgt unter einer DC-Prüfspannung von mehreren hundert Volt. Die Schwierigkeit bei einer Photovoltaikanlage besteht darin, dass sich die Stromerzeugung nicht abschalten lässt: solange das Modul Licht empfängt, produziert es Strom. Darum sollte für die Überprüfung von Solarmodulen Geräte verwendet werden, die eine Isolationsprüfung der Anlage unter Spannung durchführen können.

- **STC (nach engl. Standard Test Conditions)** - Die Standardtestbedingungen legen fest, wie die STC-Referenzwerte von Solarmodulen im Labor ermittelt werden. Dies sind genormte Bedingungen, um die Vergleichbarkeit verschiedener Module sicherzustellen.

Die STC-Bedingungen geben eine Reihe von Prüfbedingungen vor, darunter u. a.:

- **Bestrahlungsstärke des Moduls** und damit die Energiemenge, die auf das Solarmodul fällt, ist am höchsten, wenn die Sonne lotrecht zum Modul steht.

- **Solarzellentemperatur**: Inzwischen ist bekannt, dass die Temperatur einer Solarzelle die I-U-Kennlinie der Zelle beeinflusst. Nur ein kleiner Teil der Sonnenstrahlung wird in Strom umgewandelt, der Rest bleibt Wärme. Darum kann die Temperatur einer schlecht belüfteten Solarzelle sehr schnell ansteigen. Die Solarzellentemperatur hat einen erheblichen Einfluss auf die Spannung, für den Strom hingegen ist er vernachlässigbar. Es zeigt sich, dass mit steigender Zelltemperatur die Leerlaufspannung der Zelle sinkt.



- Luftmassenkoeffizient (AM „Air Mass“) beschreibt den Eintrittsweg der Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre in Bezug auf den lotrechten Eintrittsweg der Sonne im Zenit. Damit lässt sich die spektrale Zusammensetzung des Lichtes an einem bestimmten Ort quantifizieren, nachdem seine Strahlung die Atmosphäre durchdrungen hat.

Auf ihren Produktdatenblättern geben die Hersteller von Modulen allgemeine Daten wie die Modulabmessungen und das Gewicht an, vor allem aber die theoretischen elektrischen Daten. Dort wird auch der Wirkungsgrad (η) des Solarmoduls unter STC-Bedingungen (Standard Test Conditions) angegeben.

Electrical Rating at STC (1000 W/m², AM 1.5 spectrum, cell temperature 25°C)

Peak Power (P _{max})	90 W	Maximum Series Fuse	20 A
Production Tolerance of P _{max}	-5/+10%	Limiting reverse current (I _r)	5.58 A
Voltage @ P _{max} (V _{mpp})	17.9 V		
Current @ P _{max} (I _{mpp})	5.03 A		
Open Circuit Voltage (V _{oc})	22.2 V		
Short Circuit Current (I _{sc})	5.58 A		

Diagram showing a 2x4 grid of cells with (+) and (-) polarity markings.

WARNING ELECTRICAL HAZARD
This solar module produces DC electricity when exposed to light

- **ALWAYS** observe the recommended safety precautions and use the recommended personal protection equipment.
- **ALL** installation and maintenance operations must be carried out by qualified personnel in accordance with local regulations.
- **BEWARE** dangerous DC voltages and currents may exist when modules are installed.
- **DO NOT** damage or scratch the rear surface of the module.
- **DO NOT** handle or install modules when they are wet or if the backsheet is damaged.
- **WHEN** connecting this solar module to other equipment then refer to the equipment manufacturer's instructions.

Refer to the Instruction Sheet for more information.
Manufactured by Ameresco Solar in ISO9001 certified facility in China.

UL 1703, Class C, Fire Rating: CLASS C
Certified to UL CORD Std C1703-01
Maximum System Voltage: 600V
Field Wiring: 14-10 AWG / 2.5-6.0 mm²
Cables: stranded copper, rated at 90°C min.
Minimum Bypass Diode: 10A

Class I Group ABCD
Div 2 T3C Ta=60°
48 VDC Maximum
System Voltage

Intertek 4004740

Certified in accordance with IEC 61215 Edition II & IEC 61730
Protection Class: Class A Installations
Maximum System Voltage: 1000V

CE, DE

- **NOCT-Bedingungen** - NOCT ist die Abkürzung für die englische Bezeichnung Normal Operating Cell Temperature (nominale Zellbetriebstemperatur). Die verbindlichen STC-Bedingungen schreiben eine ideale Solar-Einstrahlung von 1.000 W / m² und eine Betriebstemperatur von 25°C vor. Nachdem diese Bedingungen im Betrieb nicht gegeben sind, hat der Berufsstand praxisnähere Bedingungen für Solarzellenprüfungen eingeführt.

Hierbei handelt es sich um die sogenannten NOCT-Bedingungen:

- Bestrahlungsstärke: 800 W / m²
- Außentemperatur: 20°C
- Windgeschwindigkeit: 1 m/s
- Luftmasse: AM = 1,5

Die Solarzellentemperatur ist keine Bedingung mehr, dafür aber die Umgebungstemperatur (20°C) und die Windgeschwindigkeit (1 m/s). Unter diesen NOCT-Bedingungen, die den tatsächlichen Betriebsbedingungen von Photovoltaikanlagen nahekommen, heizen die Solarzellen in den PV-Modulen auf und erreichen eine konstante Temperatur, die als Zellen-Nennbetriebstemperatur bezeichnet wird: engl. Normal Operating Cell Temperature, NOCT.

- **Wirkungsgrad einer Solarzelle** – Der Wirkungsgrad einer Solarzelle bzw. eines PV-Moduls ergibt sich aus dem Verhältnis von abgegebener elektrischer Energie zur einstrahlenden Lichtenergie. Der tatsächliche Wirkungsgrad schwankt also ständig, vor allem durch witterungsbedingte Verschattung (Wolkenschleier). Die kleinsten Bauelemente, die bei fertig installierten Anlagen heute kontrolliert werden, sind die aus mehreren Solarzellen bestehenden Solarmodule oder PV-Module.

- **Rif** - Dies ist die Schwankung des Zellenwiderstands in Abhängigkeit vom Kurzschlussstrom und der Leerlaufspannung.

- **Neigung** - Dabei handelt es sich um den Neigungswinkel zwischen dem Modul und der Waagrechten. In Europa orientiert man sich an theoretische Vorgaben, wonach der optimale Neigungswinkel Ihrer zukünftigen Solarmodule zwischen 30° und 35° zur Waagrechten liegen sollte (in Äquatornähe befindet sich der Zenit der Sonne lotrecht über unseren Köpfen, darum sollte ein Solarmodul dort optimalerweise flach liegen) Allerdings sollte man zum Zeitpunkt der Prüfungen unbedingt sicherstellen, dass die Sonne hoch genug über dem Horizont steht. Dazu wird ein Neigungsmesser benötigt. Auch der Azimut ist beim Aufstellen von Bedeutung.

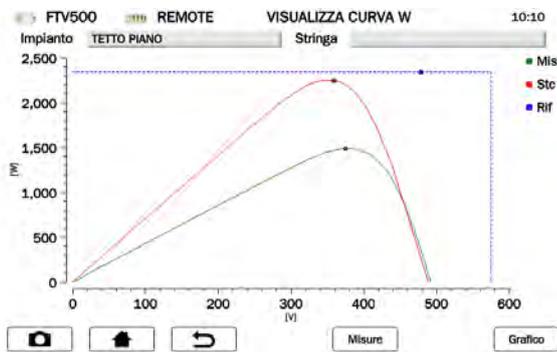
- **Leerlaufspannung Voc** - Dies ist die Spannung an den Klemmen der Zelle in einem offenen Stromkreis, d. h. wenn der Plus- und Minuspol von anderen Stromkreisen elektrisch isoliert sind (der Strom durch die Zelle ist dann Null).

- **Kurzschlussstrom I_{sc}** - Dies ist der Strom, der durch die kurzgeschlossene Solarzelle fließt, d. h. wenn der Plus- mit dem Minuspol verbunden ist (die Spannung an den Klemmen ist dann Null). Der Kurzschlussstrom (I_{sc}) steigt proportional mit der Beleuchtungsstärke, während sich die Leerlaufspannung (V_{oc}) nur wenig ändert.

- **Spitzenleistung (W_p)** - Die Spitzenleistung ist jene elektrische Leistung, die von einer Solarzelle (oder einem Solarmodul) unter STC-Bedingungen erzeugt wird. Dieser Wert wird als Referenzwert verwendet, um Solarmodule miteinander zu vergleichen. Die Spitzenleistung eines Moduls (Peak) ist also die maximale Leistung des Moduls unter STC-Bedingungen:

$$\text{Maximale Leistung (P}_{\text{mpp}}) = \text{Spannung bei P}_{\text{mpp}} (\text{U}_{\text{mpp}}) \times \text{Strom bei P}_{\text{mpp}} (\text{I}_{\text{mpp}})$$

Diese Spitzenleistung wird in Watt (W) angegeben, nachdem es sich jedoch um eine etwas ungewöhnliche Leistung handelt, wird sie in Watt-Peak (W_p) ausgedrückt.



- **I-U-Kennlinie** - Die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Solarzelle wird durch eine Reihe von Messungen der Spannungs- und Stromparametern an den Klemmen bestimmt. Anhand dieser Daten wird die I-U-Kennlinie gezeichnet und diese wird dann mit einer Kennlinie unter STC-Werten verglichen. Die von der Zelle gelieferte Leistung ist das Produkt aus Strom und Spannung. Die maximale Leistung (Maximal Power Point, MPP) ist definiert als das Produkt aus V_{mpp} (maximale Leistungsspannung) und I_{mpp} (maximaler Leistungsstrom). Die PV-Kennlinie (Leistung-Spannung) verläuft nicht durch diesen Punkt. Eine gute Messkurve besteht aus mehr als 200 Punkten, und je größer diese sind, desto höher sind die Auflösung und die Analysemöglichkeiten. Die Spannung schwankt zwischen 0 V und der maximalen Leistungsspannung (MPP), der Strom ist durch den maximalen Modulstrom begrenzt.

- **Wirkungsgrad des AC/DC-Wechselrichters** - NOCT ist die Abkürzung für den englischen Begriff Normal Operating Cell Temperature (Zellbetriebstemperatur unter Normalbedingungen). Die verbindlichen STC-Bedingungen schreiben eine ideale Solar-Einstrahlung von 1.000 W / m^2 und eine Betriebstemperatur von 25° C vor. Nachdem diese Bedingungen im Betrieb nicht gegeben sind, hat der Berufsstand praxisnähere Bedingungen für Solarzellenprüfungen eingeführt.

Hierbei handelt es sich um die sogenannten NOCT-Bedingungen:

- Reihenschaltungen von mehreren Solarzellen erhöhen die Spannung bei gleichem Strom.
- Parallelschaltungen von Solarzellen erhöhen den Strom bei gleichbleibender Spannung.
- **Temperatureffekt** - Eine PV-Zelle wandelt Strahlungsenergie (Einstrahlung) in elektrische Energie um, wobei der Wirkungsgrad je nach Technologie unterschiedlich ist. Der nicht in Elektrizität umgewandelte Strahlungsrest wird zum größten Teil in Wärme umgewandelt, der restliche Anteil wird abgestrahlt. Darum kann die Temperatur einer schlecht belüfteten Solarzelle sehr schnell ansteigen. Die Solarzellentemperatur hat einen erheblichen Einfluss auf die Spannung, für den Strom hingegen ist er vernachlässigbar. Mit steigender Zelltemperatur sinkt die Leerlaufspannung der Zelle, und gleichzeitig sinkt die Leistung der Solarzelle.

FTV500

5 MESSUNGEN IN 1 GERÄT

- I-U-Kennlinie (mit Schnelltest)
- Durchgangsprüfung
- Isolationsprüfung der Anlage unter Spannung
- Wirkungsgrad des Wechselrichters
- Datenlogger

ELEKTRISCHE LEISTUNG, WARTUNG UND SICHERHEIT

- Multifunktionales Prüfgerät der elektrischen Sicherheit und Effizienz einer Photovoltaikanlage.
- Display mit Optical Bonding
- Automatische Prüfsequenzen:
 - Isolationsprüfung bis $1\,000 \text{ Vdc}$
 - Leerlaufspannung (V_{oc}) und Kurzschlussstrom (I_{sc})
 - Durchgängigkeit von Schutzleitern mit 200 mA
- Direkte Verwaltung und Erstellung von Prüfberichten über das Gerät (direkte Speicherung auf USB-Stick in Standardformaten (pdf, doc, html, usw.))
- Fernmesseinheit mit Wi-Fi-Übertragung (Einstrahlung / Temperatur)
- VNC für Fernüberwachung und -steuerung über WiFi-Schnittstelle
- Konformität mit internationalen Normen



DEUTSCHLAND
Chauvin Arnoux GmbH
 Ohmstraße 1
 77694 KEHL / RHEIN
 Tel.: +49 7851 99 26-0
 Fax: +49 7851 99 26-60
 info@chauvin-arnoux.de
 www.chauvin-arnoux.de

ÖSTERREICH
Chauvin Arnoux Ges.m.b.H
 Gastgasse 27
 1230 WIEN
 Tel.: +43 1 61 61 9 61
 Fax: +43 1 61 61 9 61-61
 vie-office@chauvin-arnoux.at
 www.chauvin-arnoux.at

SCHWEIZ
Chauvin Arnoux AG
 Moosacherstrasse 15
 8804 AU / ZH
 Tel.: +41 44 727 75 55
 Fax: +41 44 727 75 56
 info@chauvin-arnoux.ch
 www.chauvin-arnoux.ch

INTERNATIONAL
Chauvin Arnoux
 12-16 rue Sarah Bernhardt
 92600 Asnières-sur-Seine
 Tél : +33 1 44 85 44 38
 Fax : +33 1 46 27 95 59
 export@chauvin-arnoux.fr
 www.chauvin-arnoux.com