

## MESSUNG IN EINER PHOTOVOLTAISCHEN UMGEBUNG MIT DEM PHOTOVOLTAIK-TESTER FTV500



Sonnenenergie kann für die Stromerzeugung genutzt werden. Die photovoltaische Solarenergie wandelt die Sonnenstrahlung in Elektrizität um, und zwar mit Hilfe von photovoltaischen Zellen, die in Paneelen integriert sind, die auf Gebäuden oder auf dem Boden angebracht werden können.

Das Prinzip besteht darin, dass einige Halbleitermaterialien, wie z. B. Silizium, die Eigenschaft haben, Strom zu erzeugen, wenn sie Sonnenlicht empfangen: Der photovoltaische Effekt ist geboren.

Nach der Installation einer Photovoltaikanlage sind Effizienz und Sicherheit mehr als wichtige Elemente. Aus diesem Grund ist es heute notwendig, vor, während und nach der Installation Verifizierungstests durchzuführen. Manchmal ist es schwierig, das Datenblatt eines Photovoltaikmoduls zu lesen, aber es ist wichtig, den Strom und die Leistung zu kennen, die zur Verfügung stehen werden, um das gesamte Projekt zu dimensionieren.

Aber es gibt einen Punkt, der lange nicht definiert wurde, nämlich dass es sich um eine elektrische Anlage handelt, die auch diesem Sicherheitsniveau entsprechen muss. So muss eine Photovoltaikanlage heute die Sicherheitskriterien einer jeden Anlage erfüllen:

- Vor dem Anschluss an das Stromnetz muss eine elektrische Sicherheitsprüfung durchgeführt werden.
- Beim Anschluss an das Stromnetz ist eine Überprüfung ihrer Leistungsfähigkeit vorzunehmen.
- Anschließend ist eine Inspektion und eine regelmäßige Prüfung der elektrischen Anlagen erforderlich, um festzustellen, ob diese (oder Teile davon) nicht beschädigt sind, was die Sicherheit des Benutzers gefährden könnte, und um zu prüfen, ob die Anlage den geltenden Normen entspricht.

Diese Prüfung umfasst auch eine Untersuchung des Einflusses einer etwaigen Änderung der Verwendung der Anlage im Vergleich zu der Anwendung, für die sie zuvor bestimmt war. Auch die Effizienz der Anlage muss überprüft werden, da die Stromerzeugung entsprechend den Normen des ursprünglichen Projekts gewährleistet sein muss.



# NORMEN

## EN62446

DIESE NORM RICHTET SICH AN PLANER UND INSTALLATEURE VON NETZGEKOPPELTEN PHOTOVOLTAIKANLAGEN, DIE SIE ALS VORLAGE FÜR DIE ERSTELLUNG EINER WIRKSAMEN DOKUMENTATION FÜR DEN KUNDEN VERWENDEN KÖNNEN. SIE BESCHREIBT DIE INBETRIEBNAHMEPRÜFUNGEN, DIE INSPEKTIONSKRITERIEN UND DIE DOKUMENTATION, DIE ERFORDERLICH SIND, UM DIE SICHERHEIT DER ANLAGE UND DAS ORDNUNGSGEMÄSSE FUNKTIONIEREN DES SYSTEMS ZU ÜBERPRÜFEN. IN IHRER NEUESTEN FASSUNG LEGT SIE AUCH DIE INFORMATIONEN UND UNTERLAGEN FEST, DIE EINEM KUNDEN NACH DER INSTALLATION EINER NETZGEKOPPELTEN PHOTOVOLTAIKANLAGE AUSZUHÄNDIGEN SIND.

## EN61010

DIESE NORM LEGT DIE ALLGEMEINEN SICHERHEITANFORDERUNGEN FÜR ELEKTRISCHE GERÄTE FEST, DIE FÜR DEN GEWERBLICHEN, INDUSTRIELLEN (PROZESS-) UND SCHULISCHEN GEBRAUCH ALLER AM MESSPROZESS BETEILIGTEN GERÄTE BESTIMMT SIND. DIESE NORM WURDE ERSTELLT, UM DIE ALLGEMEINEN SICHERHEITSTANDARDS FÜR MESSGERÄTE FESTZULEGEN.

## EN61557

DIESE NORM BEHANDELT DIE ELEKTRISCHE SICHERHEIT IN NIEDERSPANNUNGSNETZEN VON 1000 V WECHSELSTROM UND 1500 V WECHSELSTROM FÜR STEUER-, MESS- ODER ÜBERWACHUNGSGERÄTE FÜR SCHUTZMASSNAHMEN.

### EN61557 TEIL 2 ISOLATIONSWIDERSTAND

DIESES KAPITEL DER NORM LEGT DIE ANFORDERUNGEN AN GERÄTE ZUR MESSUNG DES ISOLATIONSWIDERSTANDES VON GERÄTEN UND ANLAGEN FEST, DIE NICHT UNTER STROM STEHEN.

### EN 61557 TEIL 4 WIDERSTAND VON ERDUNGSLEITERN, SCHUTZLEITERN UND POTENTIALAUSGLEICHSLEITERN

DIESES KAPITEL DER NORM LEGT DIE ANFORDERUNGEN AN WIDERSTANDSMESSGERÄTE MIT MESSWERT- ODER GRENZWERTANZEIGE ZUM MESSEN DES WIDERSTANDES VON ERDUNGSLEITERN, SCHUTZLEITERN UND POTENTIALAUSGLEICHSLEITERN, EINSCHLIESSLICH IHRER ANSCHLÜSSE UND VERBINDUNGEN FEST.

## EN 60891

LEGT DIE VERFAHREN FÜR TEMPERATUR- UND STRAHLUNGSBEDINGTE KORREKTUREN FEST, DIE AUF DIE GEMESSENEN I-V-KENNLINIEN (STROM-SPANNUNGS-KENNLINIEN) VON PHOTOVOLTAISCHEN EINRICHTUNGEN ANZUWENDEN SIND. SIE LEGT AUCH VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER FÜR SOLCHE KORREKTUREN ERFORDERLICHEN FAKTOREN FEST.

## EN 60904

SIE BESCHREIBT DIE VERFAHREN ZUR MESSUNG DER STROMSPANNUNGS-KENNLINIEN VON PHOTOVOLTAISCHEN EINRICHTUNGEN UNTER NATÜRLICHER ODER SIMULIRTER SONNENEINSTRALUNG. DIESE VERFAHREN GELTEN FÜR EINZELNE SOLARZELLEN, BAUGRUPPEN AUS SOLCHEN SOLARZELLEN ODER VOLLSTÄNDIGE PV-MODULE.



## Messungen

Wie jeder Teil eines elektrischen Systems müssen auch Photovoltaikmodule grundlegende Sicherheitsstandards erfüllen.

## Durchgangsprüfung

Die Durchgängigkeit ist gut, wenn der Widerstand der Anlage weniger als  $2\Omega$  beträgt.

Alle Schutzleiter der Anlage müssen mit dem Erdungsanschluss verbunden sein, damit der Fehlerschutz funktioniert.

Die Durchgangskontrolle muss unter Spannung und mit einem bestimmten Messstrom (4/24 V mit 200 mA) durchgeführt werden.

## Isolation

Die regelmäßige Prüfung des Isolationswiderstands wird sowohl für elektrische Materialien als auch für Anlagen empfohlen.

In diesem Zusammenhang wird der Isolationswiderstand zwischen jedem aktiven Leiter und der Erde (im ausgeschalteten Zustand) gemessen.

Die Prüfungen werden mit einer Prüfspannung von mehreren hundert Volt kontinuierlich durchgeführt.

**Die Schwierigkeit bei einer Photovoltaikanlage besteht darin, dass man die Stromerzeugung nicht stoppen kann. Solange das Panel Licht empfängt, produziert es Strom.**

**Für diesen Test ist es daher notwendig, Geräte zu verwenden, die Isolationsprüfungen unter Spannung durchführen können.**

## Die STC-Bedingungen (Standard Test Conditions)

Die Standardtestbedingungen legen fest, wie Photovoltaik-Module im Labor untersucht werden, um ihre elektrischen Eigenschaften zu bestimmen. Es handelt sich um Standardbedingungen, die es ermöglichen, Module miteinander zu vergleichen.

Die STC-Bedingungen umfassen eine Reihe von Prüfbedingungen, darunter insbesondere:

- Die Beleuchtungsstärke des Moduls und damit die Energiemenge, die auf eine Fläche eines Solarmoduls trifft, ist am größten, wenn die Strahlung senkrecht zu dieser Fläche steht.
- Die Temperatur der Zellen: Es ist heute bekannt, dass der Einfluss der Temperatur auf eine photovoltaische Zelle das Profil der Strom-Spannungs-Kennlinie dieser Zelle beeinflusst. Nur ein kleiner Teil der Sonnenstrahlung wird in Strom umgewandelt. Der Rest bleibt Wärme. Daher steigt die Temperatur einer schlecht belüfteten Photovoltaik Zelle sehr schnell an. Es ist zu beobachten, dass die Temperatur der Solarzelle einen spürbaren Einfluss auf die Zellspannung hat. Dagegen ist die Auswirkung der Temperatur auf den Strom der Solarzelle vernachlässigbar. Es scheint, dass die Leerspannung der Zelle umso niedriger ist, je höher die Temperatur der Zelle ist.
- Der Luftmassenkoeffizient, der dem optischen Weg der Sonnenstrahlung durch die Erdatmosphäre im Vergleich zu diesem Weg (wenn die Sonne im Zenit steht) entspricht. Er ermöglicht es, das Sonnenspektrum an einem bestimmten Ort zu quantifizieren, nachdem die Strahlung die Atmosphäre durchquert hat.

Die Modulhersteller geben in ihren Produktdatenblättern stets die allgemeinen Eigenschaften wie Modulgröße oder Gewicht, vor allem aber die theoretischen elektrischen Eigenschaften an. Dort finden Sie auch die Leistung ( $\eta$ ) des Moduls unter STC-Bedingungen (Standard Test Conditions).

## Die NOCT-Bedingungen (Normale Betriebstemperatur der Zelle)

NOCT ist die Abkürzung für Normal Operating Cell Temperature (Nenntemperatur der Zelle). Die STC-Bedingungen schreiben eine Beleuchtungsstärke von  $1000 \text{ W/m}^2$  und eine Zelltemperatur von  $25 \text{ °C}$  vor. Tatsächlich finden die Zellen der Module andere Bedingungen vor.

Daher haben die Hersteller Testbedingungen für Zellen eingeführt, die der Realität näherkommen.

Dies sind die NOCT-Bedingungen:

- Beleuchtungsstärke:  $800 \text{ W/m}^2$
- Außentemperatur:  $20 \text{ °C}$
- Windgeschwindigkeit:  $1 \text{ m/s}$
- Luftmasse:  $AM=1,5$

Es gibt keine weiteren Bedingungen für die Zelltemperatur, sondern für die Temperatur der Umgebungsluft ( $20 \text{ °C}$ ) und die Windgeschwindigkeit ( $1 \text{ m/s}$ ). Unter diesen NOCT-Bedingungen, die den Betriebsbedingungen von Photovoltaikanlagen nahekommen, müssen die Zellen, aus denen die Photovoltaikmodule bestehen, erwärmt werden und eine stationäre Temperatur erreichen, die als Nenntemperatur für die Nutzung der Zellen (Normal Operating Cell Temperature, NOCT) bezeichnet wird.

Solar Module	
Spec	10W
Serial NO.	
Date	
Irradiance And Cell Temperature	$1000\text{W/m}^2 \text{ AM}1.5 \text{ } 25^\circ$
Pmax	10 W
Vpm	17.9V
Ipm	0.56A
Voc	22.41V
Isc	0.61A
CE	

## Wirkungsgrad einer Zelle

Der Wirkungsgrad einer Zelle oder eines Photovoltaikmoduls ist das Verhältnis zwischen der von dieser Zelle oder diesem Modul erzeugten elektrischen Energie und der auf der entsprechenden Fläche empfangenen Lichtenergie. Die tatsächliche Leistung schwankt daher ständig, vor allem in Abhängigkeit vom Wetter (bewölkte Segel) und den Schatten, die auftreten können.

Heute ist die kleinste kontrollierte Einheit nach der Installation der Anlage das Solarmodul, das aus mehreren photovoltaischen Zellen besteht.



## Rif

Es handelt sich um die Veränderung des Widerstands der Zelle in Abhängigkeit vom Kurzschlussstrom und der Leerlaufspannung.

## Neigung

Die Neigung ist der Winkel, den das Modul mit einer horizontalen Fläche bildet. In Europa ist dies nur eine theoretische Größe, und die perfekte Neigung Ihrer zukünftigen Solarmodule muss zwischen 30 und 35 Grad im Vergleich zu einer horizontalen Linie liegen (in Äquatornähe steht die Sonne mittags über unseren Köpfen: das Ideal ist, dass das Modul flach liegt).

Es muss jedoch sichergestellt werden, dass die Sonne zum Zeitpunkt der Prüfung hoch genug über der Horizontlinie steht. Daher ist es notwendig, einen Neigungsmesser zu verwenden.



Auch der Azimut ist bei der Installation von Bedeutung.

## Leerlaufspannung Voc

Dies ist die Spannung an den Klemmen der Zelle, wenn sie sich im Leerlauf befindet, d. h. wenn der Pol + und der Pol - von jedem anderen Stromkreis elektrisch isoliert sind (der Strom, der durch sie fließt, ist also gleich Null).

## Kurzschlussstrom Isc

Dies ist der Strom, der durch die Photovoltaikzelle fließt, wenn sie kurzgeschlossen ist, d.h. wenn der Pluspol mit dem Minuspol verbunden ist (die Spannung an den Klemmen ist also gleich Null). Der Kurzschlussstrom ( $I_{cc}$ ) nimmt proportional zur Beleuchtungsstärke zu, während die Leerlaufspannung ( $V_{oc}$ ) nur sehr wenig schwankt.

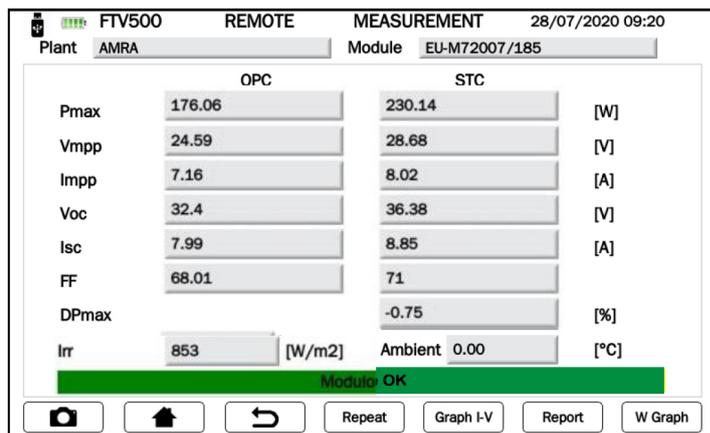
## Leistung [Wp]

Die Spitzenleistung ist definiert als die elektrische Leistung, die von der Zelle (oder dem Modul) unter STC-Bedingungen erzeugt wird. Dieser Wert wird als Referenzwert verwendet, um Photovoltaikmodule miteinander zu vergleichen.

Die Spitzenleistung eines Moduls, bekannt als  $P_{max}$ , ist dann definiert als die maximale Modulleistung unter STC-Bedingungen.

$$P_{max} = P_{MPP(STC)} = U_{MPP(STC)} \times I_{MPP(STC)}$$

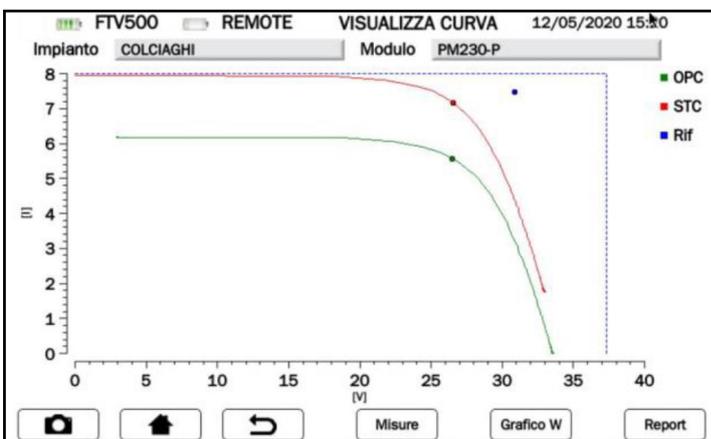
Die Spitzenleistung wird in Watt (W) angegeben. Da es sich jedoch um eine etwas spezielle Leistung handelt, wird sie in Watt-Peak (Wp) angegeben.



## I-V-Kurve

Die Strom-Spannungs-Kennlinie einer photovoltaischen Zelle wird durch eine Reihe von Messungen der Spannungs- und Stromparameter an ihren Anschlüssen bestimmt. Auf diese Weise lässt sich eine Spannungs-Strom-Kurve (I-V) erstellen. Diese wird dann mit einer auf der Grundlage der STC-Elemente berechneten Kurve verglichen.

Die von der Zelle gelieferte Leistung ist das Produkt aus Strom und Spannung. Der Punkt maximaler Leistung ist definiert durch das Produkt aus der Spannung  $V_{mpp}$  (maximale Leistungsspannung) und dem Strom  $I_{mpp}$  (maximaler Leistungsstrom). Es ist nicht derselbe Punkt, durch den die FV-Kurve (Leistungs-Spannungs-Kurve) verläuft.



## Der Wirkungsgrad des AC/DC-Wechselrichters

Funktionsweise einer Photovoltaikanlage: Um mehr Strom zu erzeugen, werden die Zellen zu einem Modul oder Panel zusammengefügt.

- Die Reihenschaltung mehrerer Zellen erhöht die Spannung bei gleichem Strom.
- Die Parallelschaltung der Zellen erhöht die Stromstärke bei gleichbleibender Spannung.

## Temperatur-Effekt

Eine Photovoltaikzelle wandelt Strahlungsenergie (Strahlung) mit einem je nach Technologie unterschiedlichen Wirkungsgrad in Strom um. Der Rest der nicht in Strom umgewandelten Strahlung wird größtenteils in Form von Wärme umgewandelt (der restliche Anteil, der reflektiert wird). Daher steigt die Temperatur einer schlecht belüfteten Solarzelle sehr schnell an. Die Temperatur der Fotovoltaik Zelle wirkt sich spürbar auf die Spannung aus. Dagegen ist die Auswirkung der Temperatur auf den Strom der Photovoltaikzelle vernachlässigbar. Je höher die Temperatur der Zelle ist, desto niedriger ist die Leerlaufspannung der Zelle und desto geringer ist gleichzeitig die Leistung der Zelle.

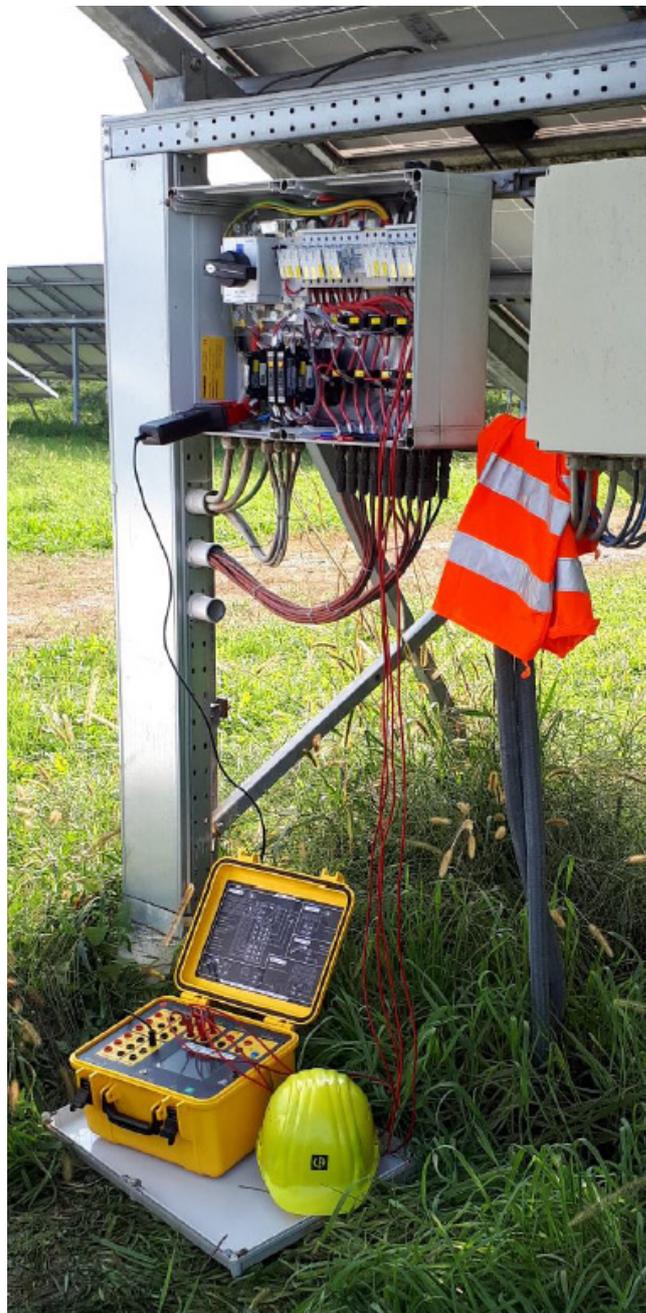
## Der Photovoltaik-Tester FTV500

### 5 Messungen in 1 Gerät

- I-U-Kennlinie (auch mit Schnelltest)
- Durchgangsprüfung und Widerstandsmessung
- Elektrische Isolation der Photovoltaik-Anlage im Freien und gemessen unter Spannung
- DC/AC-Wechselrichter-Wirkungsgrad
- Programmierbare Datenaufzeichnung

### Effizienz, Wartung und elektrische Sicherheit

- Multifunktionales Werkzeug zur Kontrolle der elektrischen Sicherheit und Leistung einer Photovoltaikanlage
- Blendfreier Bildschirm
- Automatische Testreihen:
  - Messung des Wirkungsgrads des DC/AC-Systems
  - Testkurve I-V
  - Isolationsmessung (unter Spannung)
  - Leerlaufspannung ( $V_{oc}$ ) und Kurzschlussstrom ( $I_{sc}$ )
  - Durchgängigkeit von Schutzleitern unter 200mA
- Verwaltung und Berichterstattung direkt vom Gerät aus
- Fernbedienungseinheit zur Messung von Temperatur und Sonneneinstrahlung mit WiFi-Übertragung (Einstrahlung/Temperatur)
- VNC für die Anzeige und Freigabe der Fernsteuerung
- Übereinstimmung mit internationalen Normen



**128**  
**Jahre**  
**INNOVATIVE**  
**MESSTECHNIK**



*Messen ist  
unsere Leidenschaft!*

**[www.chauvin-arnoux.at](http://www.chauvin-arnoux.at)**  
**[vie-office@chauvin-arnoux.at](mailto:vie-office@chauvin-arnoux.at)**

Chauvin Arnoux Ges.m.b.H., Gastgebgeasse 27, A-1230 Wien

Tel.: +43 (0)1 61 61 961-0, Fax: DW 61

Alle Preise verstehen sich exkl. MwSt. - Druckfehler und Irrtümer vorbehalten.