PVCHECKs-ONE

Bedienungsanleitung

© Copyright HT ITALIA 2026

Ausführung DE 1.00 - 03/02/2026

INHALT

1. SICHERHEITSVORKEHRUNGEN UND -VERFAHREN 3
1.1. Vorbereitende Instruktionen 3
1.2. Während des Gebrauchs 4
1.3. Nach dem Gebrauch 4
1.4. Definition der Messkategorie (Überspannungskategorie) 4
2. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG 5
2.1. Einführung 5
2.2. MessInstrument-Eigenschaften 5
3. VORBEREITUNG ZUM GEBRAUCH 6
3.1. Vorbereitende Prüfung 6
3.2. Versorgung des MessInstruments 6
3.3. Lagerung 6
4. NOMENKLATUR 7
4.1. Beschreibung des Instruments 7
4.2. Bedientastenbeschreibung 8
4.3. Begrüßungsbildschirm 8
5. HAUPTMENÜ 9
5.1. SET – Instrumenteeinstellungen 9
5.1.1. Sprache 9
5.1.2. Datum/Uhrzeit 10
5.1.3. Allgemein Einstellung 10
5.1.4. Einstrahlung & Temperatur 10
5.1.5. Info 11
5.1.6. Anwender 11
6. ANWEISUNGEN ZUM GEBRAUCH 12
6.1. DMM – Funktion Multimeter 12
6.2. UREM – Fernstation 13
6.3. RPE – Durchgangsmessung an PV Modulen/Strings/Feldern 16
6.3.1. Kalibration der Messleitungen 16
6.3.2. Durchgangstest in Standard (STD) Modus 18
6.3.3. Durchgangstest in Timer (TMR) Modus 20
6.3.4. Anomalien 22
6.4. MΩ – Isolationswiderstands an PV-Modulen, Strings, Feldern 23
6.4.1. Isolationsmessung – Betriebsmodus DUAL 24
6.4.2. Isolationsmessung – Betriebsmodus TMR 25
6.4.3. Anomalien 28
6.5. GFL – Lokalisation eines Isolationsfehlers im String 30
6.6. OPT – Isolationsmessung mit Leistungsoptimierern 34
6.6.1. Isolationsmessung mit Optimierern mit RSD-Funktion 35
6.6.2. Isolationsmessung mit Optimierern ohne RSD-Funktion 37
6.6.3. Anomalien 39
6.7. DB – Moduldatenbank 41
6.7.1. Definition eines neuen PV-Moduls 41
6.7.2. Datenbank-Kenndatenänderung eines PV-Moduls 43
6.7.3. Datenbank-Kenndaten Löschung eines PV-Moduls 43
6.8. IVCK - Messungen an PV Modulen und Strings 44
6.8.1. Allgemeines 44
6.8.2. IVCK-Test ohne Fernstation und ohne Bestrahlungsstärkemessung 46
6.8.3. IVCK-Test ohne Fernstation und Bestrahlungsstärkemessung im Direktmodus 50
6.8.4. IVCK-Test mit Fernstation im direkten Zusammenhang 54
6.8.5. IVCK-Test mit Fernstation bei synchroner Aufzeichnung 59
6.8.6. IVCK-Test mit der Start&Speicher-Funktion 65
6.8.7. Messwerteerklärung 68
6.8.8. Anomalien 71
6.9. Liste der Fehlermeldungen auf dem display 74
7. ABSPEICHERUNG DER ERGEBNISSE 75
7.1. Speicherung von Messwerten 75

7.2. Aufruf und Löschung von gespeicherten Daten 76
8. VERBINDUNG DES INSTRUMENTS MIT DEM PC 78
9. WARTUNG UND PFLEGE 79
9.1. Allgemeine Informationen 79
9.2. BatteriewEchsel 79
9.3. Reinigung des Instruments 79
9.4. Lebensende 79
10. TECHNISCHE DATEN 80
10.1. Technische Eigenschaften 80
10.2. Allgemeine Eigenschaften 82
10.3. Klimabedingungen für den Gebrauch 83
10.4. Zubehör 83
11. ANHANG – THEORETISCHE INFORMATIONEN 84
11.1. Messung des Polarisationsindex (PI) 84
11.2. Dielektrisches Absorptionsverhältnis (DAR) 84
11.3. GFL-Funktion – Theoretische aspekte und regulatorische 85
11.4. DUAL/TMR funktionen – Technische hintergrundinformationen 87
11.4.1. Normative und theoretische Aspekte der Isolationsmessung 87
11.5. Allgemeine merkmale von MLPE (Optimierer und RSD- Geräte) 90
11.5.1. Merkmale von RSD-Geräten 90
11.5.2. Allgemeine Merkmale von Leistungsoptimierern 90
11.5.3. IVCK-Test oder I-V-Kurven an MLPE-Geräten 91
11.5.4. Isolationsmessung an MLPE-Geräten (OPT-Funktion) 91
11.5.5. Arten von Isolierungsmaßnahmen mit Leistungsoptimierern 92
12. SERVICE 93
12.1. Garantiebedingungen 93
12.2. Service 93

1. SICHERHEITSVORKEHRUNGEN UND -VERFAHREN

Dieses Instrument entspricht der Sicherheitsnorm IEC/EN61010-1 für elektronische MessInstrumente. Achten Sie bei Messungen auf folgende Anweisungen und lesen Sie mit äußerster Sorgfalt alle Notizen, denen folgendes Symbol ⚠ vorangestellt ist.

- Messen Sie keine Spannungen oder Ströme in feuchter oder nasser Umgebung.
- Benutzen Sie das MessInstrument nicht in Umgebungen mit explosivem oder brennbarem Gas oder Material, Dampf oder Staub.
- Berühren Sie den zu messender Stromkreis nicht, wenn Sie keine Messung durchführen.
- Berühren Sie keine offen liegenden leitfähigen Metallteile wie ungenutzte Messleitungen, usw.
- Benutzen Sie das MessInstrument nicht, wenn es sich in einem schlechten Zustand befindet, z.B. wenn Sie eine Deformierung, Bruch, keine Anzeige, usw. feststellen.
- Seien Sie vorsichtig bei Messungen von Spannung über 25V in ordentlichen Umgebungen und 50V in außerordentlichen Umgebungen, da ein Risiko eines elektrischen Schocks besteht.

Die folgenden Symbole werden in dieser Bedienungsanleitung und auf dem Instrument benutzt:

Achtung: Beziehen Sie sich auf die Bedienungsanleitung. Falscher Gebrauch kann zur Beschädigung des MessInstruments oder seiner Bestandteile führen.

Gefahr Hochspannung: Risiko eines elektrischen Schlages.

Doppelte Isolation

Gleichspannung oder -strom (DC)

AC-Spannung

Erdung

1.1. VORBEREITENDE INSTRUKTIONEN

- **Das Instrument wurde für den Einsatz <u>unter den in § 10.3 angegebenen Umgebungsbedingungen entwickelt</u>. Das Vorhandensein erheblich unterschiedlicher Umgebungsbedingungen kann die Sicherheit des Instruments und des Bedieners gefährden. Warten Sie auf jeden Fall vor der Verwendung, bis die Bedingungen im Inneren des Instruments mit den Bedingungen der Umgebung, in der es betrieben wird, vergleichbar sind**
- Das Instrument kann zur Messung von **SPANNUNG** und **STROM** in CAT III 1000V mit maximaler Spannung 1000VDC und 1000VAC zwischen den Eingängen benutzt werden. Messen Sie keine Stromkreise, die die in den § 0 spezifizierten Grenzen überschreiten.
- Halten Sie die üblichen Sicherheitsbestimmungen ein, die zum Schutz des Bedieners vor gefährlichen Strömen und des Instruments vor einer falschen Bedienung vorgesehen sind.
- Nur das mitgelieferte Zubehör garantiert Übereinstimmung mit dem Sicherheitsstandard. Sie müssen in einem guten Zustand sein und, falls nötig, durch dasselbe Modell ersetzt werden.
- Stellen Sie sicher, dass die Batterien richtig eingelegt sind.
- Bevor Sie die Messleitungen mit dem zu messenden Stromkreis verbinden, sollten Sie überprüfen, ob die gewünschte Funktion ausgewählt worden ist.

1.2. WÄHREND DES GEBRAUCHS

Wir empfehlen Ihnen, die folgenden Empfehlungen und Anweisungen sorgfältig durchzulesen:

WARNUNG

- Das Nichtbefolgen der Warnungen und/oder der Gebrauchsanweisungen kann das MessInstrument und/oder seine Bestandteile beschädigen und eine Gefahr für den Anwender darstellen.
- Das Symbol "■" zeigt den vollen Batterieladezustand der internen Batterien an. Wenn der Batterieladezustand aufs Minimum sinkt, erscheint das Symbol "□„ auf dem Display. In diesem Fall unterbrechen Sie die Prüfungen und ersetzen Sie die Batterien, wie im § 9.2 beschrieben
- **Das Instrument ist in der Lage, die gespeicherten Daten auch ohne Batterien zu halten.**

1.3. NACH DEM GEBRAUCH

Nach Abschluss der Messungen bitte das MessInstrument ausschalten, indem Sie die Taste **ON/OFF** einige Sekunden lang gedrückt halten. Wenn das Instrument für eine lange Zeit nicht benutzt wird, entfernen Sie die Batterie und befolgen Sie die Anweisungen im § 3.3.

1.4. DEFINITION DER MESSKATEGORIE (ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE)

Die Norm "IEC/EN61010-1: Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und LaborInstrumente, Teil 1: Allgemeine Erfordernisse", definiert die Bedeutung der Messkategorie, gewöhnlich auch Überspannungskategorie genannt. Unter § 6.7.4: Zu messende Stromkreise, steht:

Schaltkreise sind in die folgenden Messkategorien verteilt:

- **Messkategorie IV** steht für Messungen, die an der Einspeisung einer Niederspannungsinstallation vorgenommen werden.
  Beispiele hierfür sind elektrische MessInstrumente und Messungen an primären Schutzeinrichtungen gegen Überstrom.
- **Messkategorie III** steht für Messungen, die an Gebäudeinstallationen durchgeführt werden.
  Beispiele sind Messungen an Verteilern, Unterbrecherschaltern, Verkabelungen einschließlich Leitungen, Stromschienen, Anschlusskästen, Schaltern, Steckdosen in festen Installationen und Instrumente für den industriellen Einsatz sowie einige andere Instrumente wie z.B. stationäre Motoren mit permanentem Anschluss an feste Installationen.
- **Messkategorie II** steht für Messungen an Stromkreisen, die direkt an Niederspannungsinstallationen angeschlossen sind.
  Beispiele sind Messungen an HaushaltsInstrumenten, tragbaren Werkzeugen und ähnlichen Instrumenten.
- **Messkategorie I** steht für Messungen, die an Stromkreisen durchgeführt werden, die nicht direkt an das HAUPTNETZ angeschlossen sind.
  Beispiele hierfür sind Messungen an Stromkreisen, die nicht vom HAUPTNETZ abzweigen bzw. speziell (intern) abgesicherte, vom HAUPTNETZ abzweigende Stromkreise. Im zweiten Fall sind die Transienten-Belastungen variabel; aus diesem Grund erfordert die Norm, dass die Transientenfestigkeit des Instruments dem Benutzer bekannt sein muss.

2. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

2.1. EINFÜHRUNG

Das MessInstrument ist dazu vorgesehen, die Leerlaufspannung Uo bis 1000V DC und den Kurzschlussstrom Isc an PV-Modulen und PV-Strings durchzuführen, gemäß Standard IEC/EN62446-1.

2.2. MESSINSTRUMENT-EIGENSCHAFTEN

Das MessInstrument eignet sich für:

-Durchgangstest der Schutzleiter (LOWΩ)

- Test mit einem Pürfstrom > 200mA gemäß den Richtlinien IEC/EN62446-1, IEC/EN61557-4
- Manuelle Kalibration der Messleitungen

-Messung des Isolationswiderstands an PV-Modulen/Strings (MΩ)

- Prüfspannungen 250V, 500V, 1000VDC gemäß den Richtlinien IEC/EN62446-1, IEC/EN61557-2
- 2 Messarten stehen zur Verfügung:
  - DUAL → Messung der Isolation zwischen dem Pluspol vom String (+) und Erdung (PE) und zwischen dem Minuspol vom String und der Erdung (PE).
  - TMR → Einzelne zeitgesteuerte Messung zwischen dem Minuspol vom String und der Erdung.

GFL-Funktion (Ground Fault Locator) zur Lokalisierung des Isolationsfehlers eines PV-Strings (**siehe § 6.5)**

OPT (Optimizer) Messung des Isolationswiderstands an Strings und PV-Modulen die mit einem Optimier versehen sind (siehe § 6.6)

Messung von Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom an mono- oder bifazialen PV Modulen/Strings gemäß Richtlinie IEC/EN62446-1 und IEC/EN60891 (IVCK)

- Messung der Leerlaufspannung Voc an mono- und bifazialen PV-Modulen/Strings bis **1000VDC** mit oder ohne Bestrahlung
- Messung des Kurzschlussstroms Isc an mono- und bifazialen PV-Modulen/Strings bis **30ADC** mit oder ohne Bestrahlung
- Monofazialen Modulen → Messung der vorderen Einstrahlungsstärke durch direkten Anschluss der HT305 Referenzzelle
- Bifazialen Modulen → Messung der vorderen und hinteren Einstrahlungsstärke über Verbindung mit der SOLAR03 Remote-Einheit und HT305-Referenzzellen
- Messung der Modultemperatur gemäß der IEC/EN60904-5-Richtlinie (AUTO-Modus) oder über den Fühler PT305 (angeschlossen an den **TEMP**-Eingang des Instruments oder an die SOLAR03 Remote-Einheit).
- Datenansicht unter Betriebs- (OPC) und Standardbedingungen (STC).
- Sofortige Bewertung (OK/NEIN) der Messergebnisse
- Ausführen von IVCK-Tests in Sequenz mit dem Start&Speicher-Funktion

Dieses Modell verfügt über eine interne Datenbank, in der bis zu 64 PV-Module gespeichert werden können (**der Benutzer muss die Daten eingeben**), hat ein hintergrund-beleuchtetes Display, interne Kontrasteinstellung und eine **HELP**-Taste, um dem Anwender eine schnelle und einfache Hilfe während des Einsatzes des MessInstruments mit den Anlagen zu geben. Eine Funktion zur automatischen Ausschaltung, die eventuell deaktiviert werden kann, schaltet das Instrument nach ungefähr 5 Minuten Nichtgebrauch aus.

3. VORBEREITUNG ZUM GEBRAUCH

3.1. VORBEREITENDE PRÜFUNG

Vor dem Versand wurden Elektronik und Mechanik des MessInstruments sorgfältig überprüft. Zur Auslieferung des Instruments in optimalem Zustand wurden die bestmöglichen Vorkehrungen getroffen. Dennoch empfehlen wir, kurz zu prüfen, ob das MessInstrument auf dem Transport beschädigt wurde. Sollten Sie Anomalien feststellen, wenden Sie sich bitte sofort an Ihren Händler. Überprüfen Sie den Inhalt der Verpackung, der in § 10.4 aufgeführt wird. Bei Diskrepanzen verständigen Sie den Händler. Sollte es notwendig werden, das Instrument zurückzuschicken, bitte folgen Sie den Anweisungen in § 12

3.2. VERSORGUNG DES MESSINSTRUMENTS

Das MessInstrument wird mittels 6x1.5V AA LR06 alkalischer Batterien, alternativ mittels 6x1.2V AA NiMH wiederaufladbarer Batterien versorgt. Das Symbol "▮" zeigt den Batterieladezustand an. Um die Batterien zu wechseln, siehe § 9.2.

Die gespeicherten Daten bleiben auch ohne Batterien im Instrument erhalten.

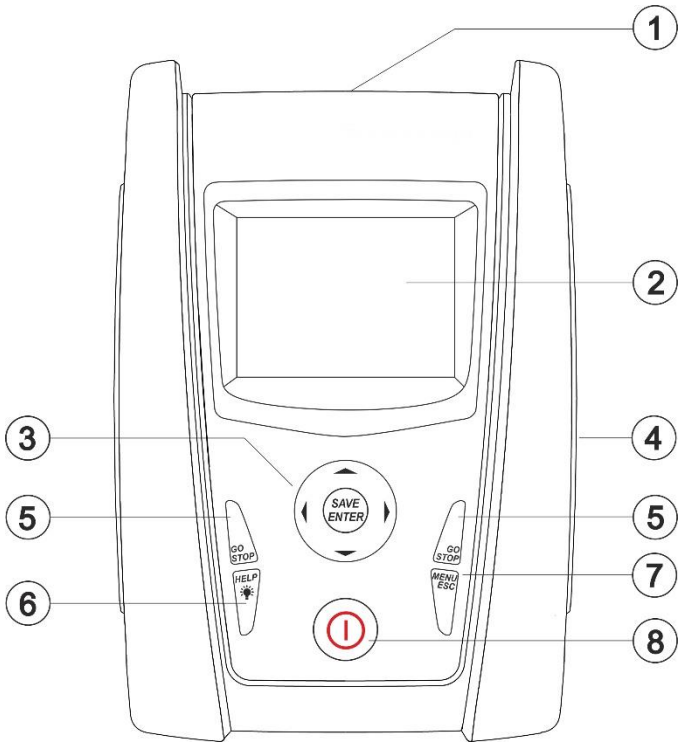
Das Instrument verfügt über hoch entwickelten Algorithmen, um die Batterielebensdauer zu maximieren. Durch kurzes Drücken der Taste schalten Sie die Hintergrundbeleuchtung des Displays ein. Häufige Nutzung der Displaybeleuchtung verkürzt die Batterielebensdauer.

3.3. LAGERUNG

Das Instrument wurde für den Einsatz unter den in § 10.3 angegebenen Umgebungsbedingungen entwickelt. Das Vorhandensein erheblich unterschiedlicher Umgebungsbedingungen kann die Sicherheit des Instruments und des Bedieners gefährden und/oder keine präzisen Messungen gewährleisten.
Warten Sie nach längerer Lagerung und/oder unter extremen Umgebungsbedingungen vor der Verwendung, bis die Bedingungen im Inneren des Instruments mit den Bedingungen der Umgebung, in der es betrieben wird, vergleichbar sind.

4. NOMENKLATUR

4.1. BESCHREIBUNG DES INSTRUMENTS



LEGENDE:

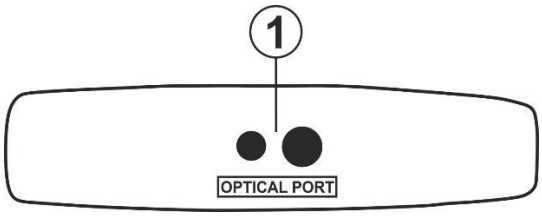
1. Eingänge
2. LCD-Display
3. Tasten ▲,▶,◀,▼, **SAVE/ENTER**
4. Anschluss für optisches/USB Kabel
5. Taste **GO/STOP**
6. Taste **HELP/**
7. Taste **ESC/MENU**
8. Taste **ON/OFF**

Abb. 1: Vorderseite des MessInstruments

LEGENDE:

1. **P, N** Eingänge für die Messung der Gleichspannung DC (IVCK) / Isolation (MΩ)
2. **E, C** Eingänge für Durchgangstests (RPE)
3. **TEMP**-Eingang zur Messung der Modultemperatur mit PT305-Fühler
4. **IRR**-Eingang zur Bestrahlungsstärkemessung mit HT305- Referenzzelle

Abb. 2: Oberansicht



LEGENDE:

1. Anschluss für die Verbindung eines optisch isolierten USB-Daten-Verbindungsgrabens

Abb. 3: Seitenansicht

4.2. BEDIENTASTENBESCHREIBUNG

Auf der Tastatur befinden sich die folgenden Tasten:

ON/OFF Taste zum Ein-/Ausschalten des Instruments

ESC Taste zum Abbruch des ausgewählten Menüpunktes ohne Bestätigung
MENU Taste, um jederzeit zum Hauptmenü des Instruments zurückzukehren

Tasten ◀ ▲ ▶ ▼ zum Bewegen des Cursors innerhalb der verschiedenen Bildschirmmenüs zum Auswählen der gewünschten Programmparametern
Taste **SAVE/ENTER** zum Speichern der internen Parameter und der Messergebnisse (SAVE) und zur Auswahl der gewünschten Funktionen vom Menü (ENTER)

GO-Taste zum Starten einer Messung
STOP-Taste zum Beenden einer Messung

HELP-Taste, um auf die Online-Hilfe zuzugreifen, indem Sie für jede ausgewählte Funktion die möglichen Verbindungen zwischen dem Instrument und dem System anzeigen. Taste (**kontinuierliches Drücken**), um die Hintergrundbeleuchtung einzustellen

4.3. BEGRÜßUNGSBILDSCHIRM

Nach Einschalten des MessInstruments wird für einige Sekunden ein Startbildschirm angezeigt. Die Bildschirmseite enthält folgende Informationen:

- Das Instrumentemodell (PVCHECKs-ONE)
- Herstellerlogo
- Seriennummer (SN:) des MessInstruments
- Die Hardware (HW) und Firmware (FW) Version im Instrumentespeicher
- Letztes Kalibrationsdatum (Calibration date:)

PVCHECKs-ONE

HT ITALIA

SN: 26060002

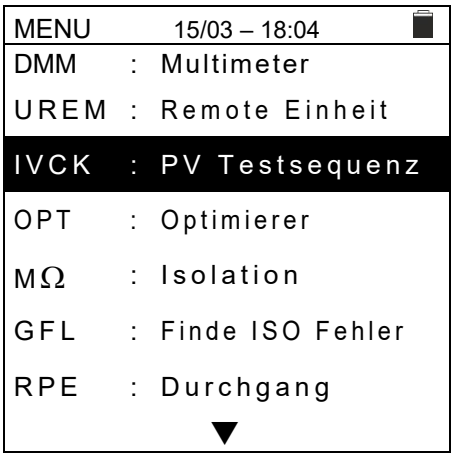
FWCPU: 1.00 FWMIS: 1.00
HWCPU: 00 HWMIS: 00

Kalibrierdatum:
14/03/2026

Anschließend erscheint die zuletzt benutzte Messfunktion.

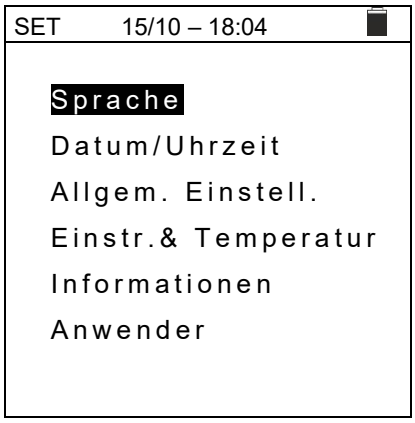
5. HAUPTMENÜ

Das Drücken der **ESC**-Taste in irgendeinem zulässigen Zustand des Instruments führt zur Anzeige des Hauptmenüs, mit dessen Hilfe interne Parameter eingestellt und die gewünschte Messfunktion aktiviert werden können. Mit dem Cursor wählen Sie die gewünschte Funktion und bestätigen dann mit **ENTER**.



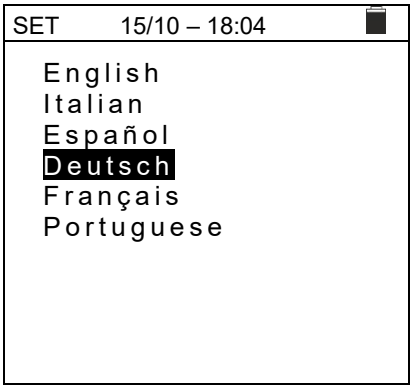
5.1. SET – INSTRUMENTEEINSTELLUNGEN

Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **SET** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt den Bildschirm an, der den Zugriff auf die internen Einstellungen ermöglicht. Die vorgenommenen Einstellungen bleiben auch nach Ausschalten des Instruments erhalten.



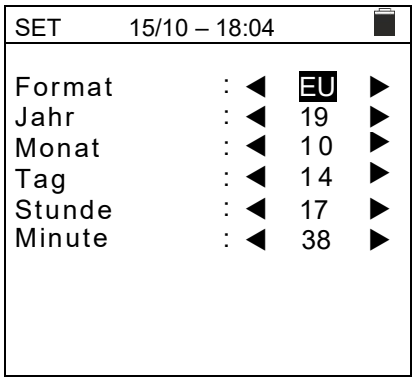
5.1.1. Sprache

Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **Sprache** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt den Bildschirm an, auf dem Sie die Systemsprache einstellen können. Wählen Sie die gewünschte Option mit den Pfeiltasten (▲,▼). Drücken Sie **ENTER** zur Bestätigung oder **ESC**, um zur vorigen Bildschirmseite zurückzukehren.



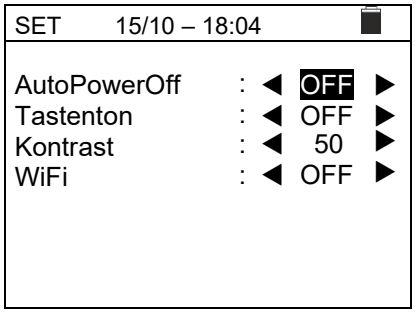
5.1.2. Datum/Uhrzeit

Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **Datum/Uhrzeit** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Anschließend erscheint die nebenstehende Bildschirmseite auf dem Display, um das Datum/die Uhrzeit des Systems einzustellen. Wählen Sie "Format" zur Einstellung des europäischen (Format "TT/MM/HH, hh:mm" **EU**) oder amerikanischen (Format "MM/TT/JJ hh:mm" **USA**) Systems. Wählen Sie die gewünschte Option mit den Pfeiltasten (▲,▼) und (◀, ▶). Drücken Sie **ENTER** zur Bestätigung oder **ESC**, um zur vorigen Bildschirmseite zurückzukehren.



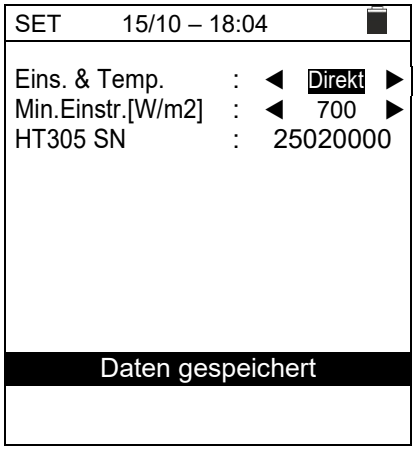
5.1.3. Allgemein Einstellung

Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **Allgem. Einstell.** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die Bildschirmseite an, wo Sie die automatische Ausschaltung, den Tastenton, den Displaykontrast und die WiFi Verbindung (siehe § 8). Wählen Sie die gewünschte Option mit den Pfeiltasten (▲,▼). Drücken Sie **ENTER** zur Bestätigung oder **ESC**, um zur vorigen Bildschirmseite zurückzukehren.



5.1.4. Einstrahlung & Temperatur

In diesem Abschnitt können Sie die Art der Einstrahlungsstärkemessung und den Grenzwert für die Mindest-Einstrahlungsstärke für die IVCK-Messung einstellen (siehe § 6.8)



1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼), stellen Sie den Cursor auf "**Einstr. &Temperatur**" und bestätigen Sie mit **ENTER**
2. Der Punkt „**Eins.&Temp.**" ermöglicht die Auswahl folgender Optionen:
   - **OFF** → Der IVCK-Test wird **<u>ohne Berücksichtigung eines Einstrahlungswertes</u>** durchgeführt, weder bei direktem Anschluss an die HT305 Referenzzelle noch bei Anschluss der HT305 an die SOLAR03
   - **Direkt** → Der IVCK-Test wird mit einer Einstrahlungsstärkemessung durchgeführt, indem die HT305-Zelle **<u>direkt an den Eingang "IRR"</u>** (siehe Abb. 2 – Teil 4) des Instruments angeschlossen wird. In diesem Fall wird die Seriennummer der angeschlossenen und erkannten HT305-Zelle angezeigt. Wenn die HT-305 nicht angeschlossen oder erkannt wird, wird das Symbol "- - -" auf dem Display angezeigt. Der **TEMP**-Eingang ist auch für die Messung der Modultemperatur freigegeben (auch in den anderen vorgesehenen Modi einstellbar: AUTO, MAN)

WARNUNG
Die "Direkt" Messung ist **<u>NUR für monofaziale Module möglich</u>**

   - **R.Ein.** → Der IVCK-Test wird mit Einstrahlungsmessung und mit HT305-Zelle(n) durchgeführt, **<u>die an die SOLAR-03-Remote Unit angeschlossen sind</u>**

3. Das Display zeigt die Bildschirmseite mit “**Min.Einstr. [W/m2]**”, die die Einstellung des Mindestgrenzwerts in W/m^2 ermöglicht, der als Bezugswert bei der IVCK-Messung benutzt wird. Zur Einstellung des Mindestgrenzwerts der Einstrahlung benutzen Sie die Pfeiltasten (◀ , ▶). Der Wert kann im Bereich **100 ÷ 1000 W/m^2** in Schritten von **10 W/m^2** eingestellt werden

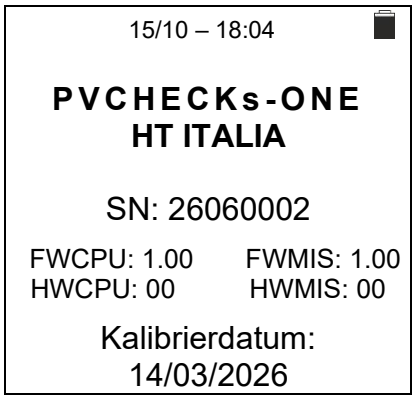
WARNUNG

Der Punkt "**Remote Unit**" im allgemeinen Menü ist **nur** vorhanden, wenn die Option "**R.Ein.**" ausgewählt ist

4. Drücken Sie **SAVE**, um die Einstellungen abzuspeichern. Die Meldung “Daten gespeichert” wird kurz angezeigt. Drücken Sie **ESC/MENU**, um die geänderten Einstellungen nicht zu speichern und ins vorige Menü zurückzukehren.

5.1.5. Info

Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **Info** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die Begrüßungsbildschirmseite, wie nebenstehend angezeigt. Drücken Sie **ESC**, um zum Hauptmenü zurückzukehren.



5.1.6. Anwender

Diese Option ermöglicht, dass der Name des Benutzers, der die Messungen mit dem Instrument durchführt, angegeben wird (**max 12 Zeichen**). Der Name wird in den Reports eingeschlossen, die mit der mitgelieferten Software erstellt werden.

1. Mit den Pfeiltasten ◀ oder ▶, bewegen Sie den Cursor aufs zu wählende Zeichen und drücken Sie **SAVE/ENTER** zur Eingabe.
2. Bewegen Sie den Cursor auf Stellung “CANC” und drücken Sie **SAVE/ENTER**, um das gewählte Zeichen zu löschen.
3. Bewegen Sie den Cursor auf Stellung “OK” und drücken Sie **SAVE/ENTER**, um den geschriebenen Namen zu bestätigen und zur vorigen Bildschirmseite zurückzukehren.

6. ANWEISUNGEN ZUM GEBRAUCH

6.1. DMM – FUNKTION MULTIMETER

In dieser Funktion zeigt das Instrument die Werte der AC RMS (root mean square value) und DC-Spannungen zwischen dem Pluspol (+) und dem Minuspol (-), zwischen dem Pluspol (+) und der Erdung (PE) und zwischen dem Minuspol (-) und der Erdung (PE) an, um das mögliche Vorhandensein von Wechselstromkomponenten an den Eingangsspannungen zu anzuzeigen.

1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **DMM** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite:

DMM	15/10 – 18:04	
VPNrms	0	V
VPErms	0	V
VNErms	0	V
VPNdc	0	V
VPEdc	0	V
VNEdc	0	V

2. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu prüfenden PV-String, wie in der Abb. 4 gezeigt.

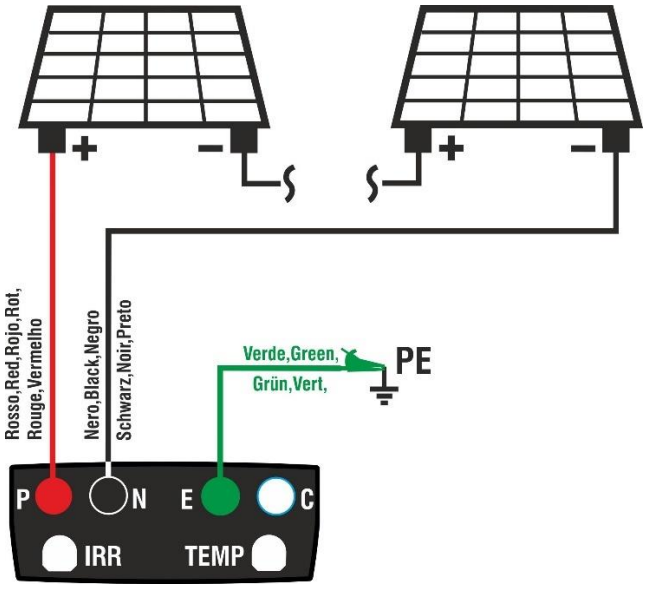


Abb. 4: Verbindung des Instruments in der Funktion DMM

3. Die Werte der Spannungen werden im Display wie im Bildschirm an der Seite gezeigt.

DMM	15/10 – 18:04	
VPNrms	980	V
VPErms	490	V
VNErms	748	V
VPNdc	980	V
VPEdc	490	V
VNEdc	-490	V

WARNUNG

Die Ergebnisse der DMM-Funktion können nicht im Speicher des Instruments gespeichert werden.

6.2. UREM – FERNSTATION

Die Fernstation SOLAR03 ermöglicht die Messung der Einstrahlungs- und Temperaturwerte des Moduls, Größen, die für die Auswertung der I-U-Kurve und der IVCK-Messungen mit Werten, die sich auf @STC beziehen, unerlässlich sind. Im Allgemeinen können Instrument und SOLAR03 in **direkter Verbindung** oder **synchroner Aufzeichnung** arbeiten).

WARNUNG

- Die maximale direkte Verbindungsdistanz zwischen SOLAR03 und Instrument kann variieren, je nachdem, welche Hindernisse sich zwischen den beiden Instrumenten befinden und ob die Entfernung zwischen SOLAR03 und Instrument **>100m in freier Luft** beträgt
- Die maximale Entfernung für die direkte Verbindung **ist ein Richtwert**, da sie stark von vielen unkontrollierbaren externen Variablen beeinflusst wird. **Der empfohlene Messmodus ist immer die „synchrone Aufzeichnung“** (siehe § 6.8.5), die während der Messung keine aktive Bluetooth-Verbindung erfordert und unabhängig von vorhandenen Hindernissen und der Ausdehnung des zu messenden Feldes **eine zuverlässige Messung gewährleistet in jeder Situation**

In diesem Abschnitt werden alle Vorgänge verwaltet, die mit der Fernstation SOLAR03 in Verbindung mit dem Instrument durchgeführt werden können. Insbesondere ist Folgendes möglich:

- Suchen Sie **über eine Bluetooth-Verbindung** nach einer **SOLAR03**-Fernstation, die vom Instrument verwaltet werden kann, indem Sie sie in die interne Liste eintragen

WARNUNG

Die indikative maximale Kommunikationsentfernung über Bluetooth (bis zu 100 m) bezieht sich auf ein offenes Feld, eine trockene Umgebung, 1 m über dem Boden, ohne Hindernisse und mögliche elektromagnetische Störungen durch andere Quellen in der Nähe der Instrumente

- Auswahl/Löschen des SOLAR03 unter denen, die in der Liste eingetragen sind.
- Koppeln/Entkoppeln vom SOLAR03, damit, bei jeder Verbindung, das Instrument diese automatisch erkennt.
- Anzeigen der Informationen des ausgewählten externen Datenloggers
- Aktivierung/Deaktivierung Sie die **synchrone Aufzeichnung** von Umgebungsparametern (Einstrahlung/Temperatur) auf einer aktiven und angeschlossenen Fernstation (siehe § 6.8.5)

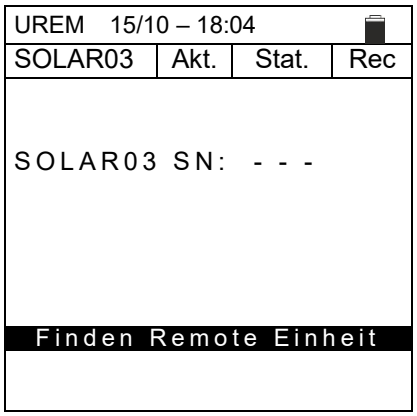
Insbesondere, für jedes SOLAR03, liefert das Instrument:

- Seriennummer
- “Akt.” → aktiver (Symbol “√”) oder nicht aktiver Datenlogger (kein Symbol).
- “Stat.” → aktiv verbundener (Symbol “1”) oder nicht aktiv verbundener (Symbol “ 1 ”) Datenlogger.
- “Rec” → aktiv und nicht aktiv verbundener Datenlogger, Aufzeichnung laufend (Symbol “”).

Um einen SOLAR03 mit dem Instrument zu koppeln, gehen sie wie folgt vor:

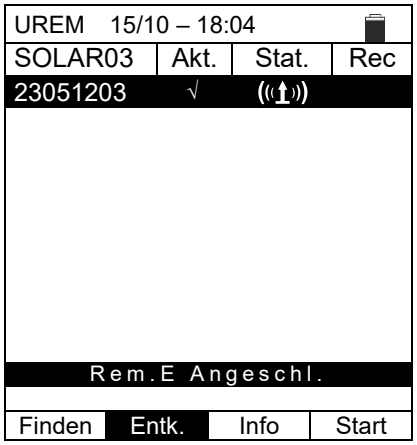
1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **UREM** und bestätigen Sie mit **ENTER**.
2. Mit den Pfeiltasten ◀ oder ▶, wählen Sie "**Finden**", um die Suche nach SOLAR03 zu starten. Die Meldung "**Bitte warten…**" wird im Display angezeigt.

3. Das Instrument **aktiviert die Bluetooth Verbindung** und zeigt die nebenstehende Bildschirmseite einige Sekunden lang, während es nach dem SOLAR03 sucht.

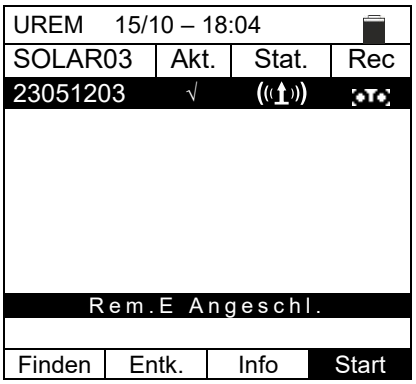


4. Aktivieren Sie "**Kopplung...**" am SOLAR03 (siehe Bedienungsanleitung des SOLAR03), damit sie vom Instrument erkannt werden kann. Nach dieser Arbeit erscheinen im Display die Seriennummer und die Meldung "**Ferneinheit erkannt assoziieren? (ENTER/ESC)**", wie in der nebenstehenden Bildschirmseite angezeigt.

5. **<u>Am Instrument und an der Fernstation SOLAR03 mit ENTER zur Kopplung bestätigen</u>**. Jetzt sind die Instrumente gekoppelt und es ist nicht mehr notwendig, diese Arbeiten zu wiederholen. Zur Kopplung des Instruments mit dem SOLAR03 ist es ausreichend, es einzuschalten, nah aneinander zu bringen und die Erkennung abzuwarten.



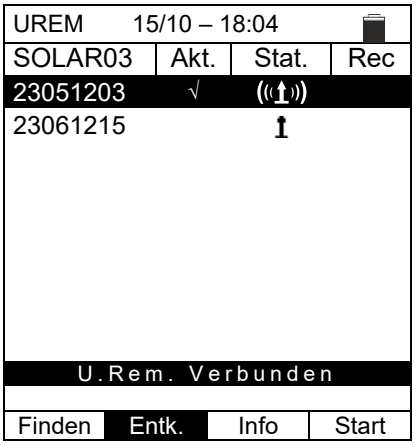
6. Um eine Aufzeichnung an der aktiven und verbundenen Fernstation zu starten, benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie “**Start**”. Das Symbol “ ” wird angezeigt.



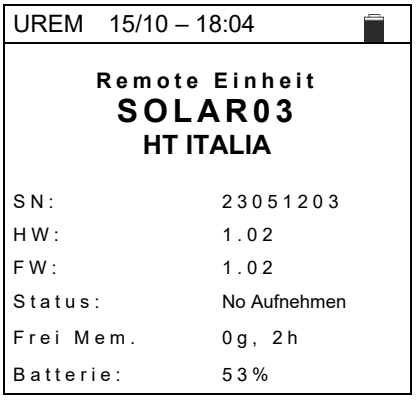
Falls das Instrument vorher mit zwei oder mehreren Fernstationen gekoppelt wurde, und nun von einer Station zur anderen zu schalten gehen Sie wie folgt vor:

7. Wählen Sie mit den Pfeiltasten ◀ oder ▶ “**Entk.**” und bestätigen Sie mit **ENTER**, um die aktuelle Fernstation zu entkoppeln. Dafür ist es nicht notwendig, dass die aktuell gekoppelte Fernstation mit dem Instrument auch verbunden ist.

8. Wählen sie mit den Pfeiltasten (▲,▼) die neue Fernstation aus. Die neue Fernstation muss eingeschaltet und im Verbindungsbereich des Instruments gebracht werden.
9. Wählen Sie mit den Pfeiltasten ◀ oder ▶ “**Paar**” und bestätigen Sie mit **ENTER**, um die Fernstation zu koppeln.
10. Die vorher entkoppelte Fernstation kann auch mit “**Canc**” von der Liste definitiv gelöscht werden.



11. Mit den Pfeiltasten ◀ oder ▶, wählen Sie “**Info**”, um die folgenden Informationen über die ausgewählte Fernstation SOLAR03 anzuzeigen:
    - Modell
    - Seriennummer
    - Interne FW und HW-Version
    - Mögliche laufende Aufzeichnung
    - Restlicher verfügbarer Speicherraum für Aufzeichnungen
    - Zustand der internen Batterie



6.3. RPE – DURCHGANGSMESSUNG AN PV MODULEN/STRINGS/FELDERN

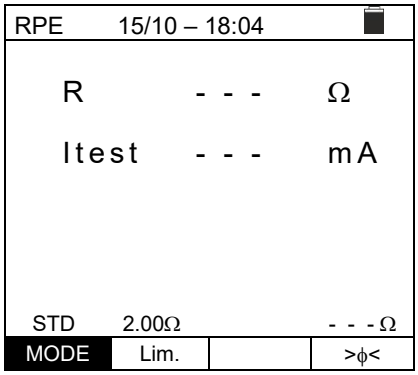
Zweck dieser Messung ist der Nachweis der Niederohmigkeit an den Schutz- und Potentialausgleichsleitern (z.B. vom Erder bis zu den verbundenen Massen und Fremdmassen) von PV-Installationen. Der Test muss mit einem Prüfstrom > 200mA gemäß den Vorschriften der Richtlinie IEC/EN62446-1 und IEC/EN61557-4 durchgeführt werden.

WARNUNG

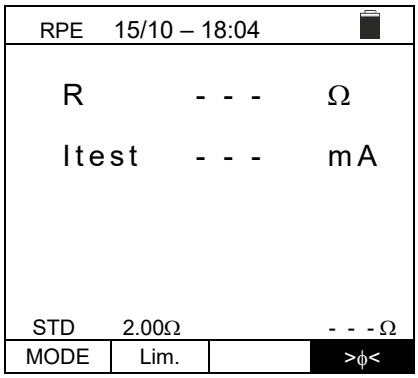
Wir empfehlen eine vorläufige Überprüfung der korrekten Funktion des Instruments vor der Durchführung einer Messung, indem die Eingangsklemmen **E** und **C** kurzgeschlossen werden und bei geöffneten Klemmen **E** und **C** ein Kontinuitätswert von nahezu Null und ein Wert außerhalb des Skalenbereichs überprüft werden

6.3.1. Kalibration der Messleitungen

1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **RPE** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt den folgenden Bildschirm:



2. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position "**>ϕ<**" aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.



3. Verbinden Sie die Messkabel, wie in der Abb. 5 gezeigt.

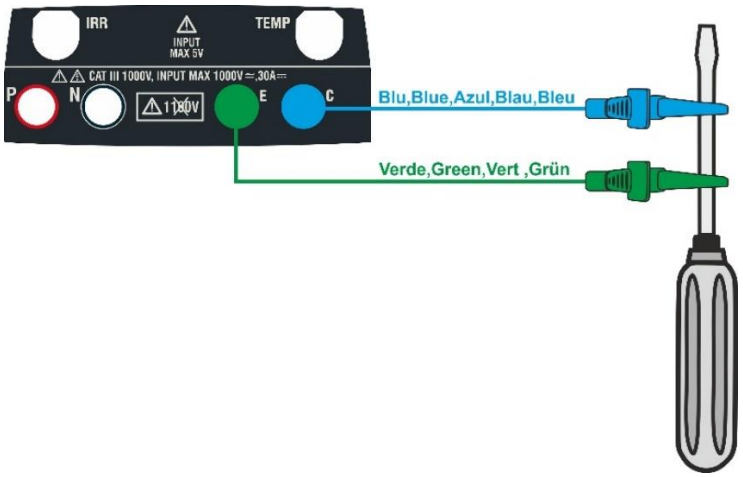
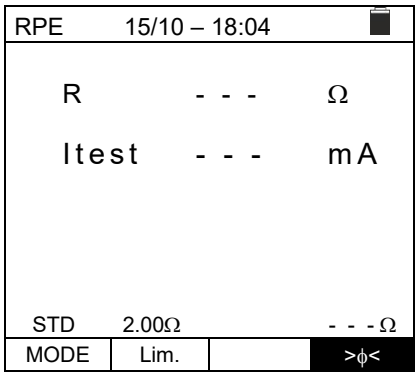
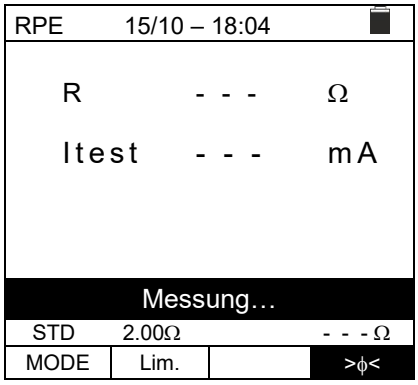


Abb. 5: Kompensation des Widerstands der Messkabel

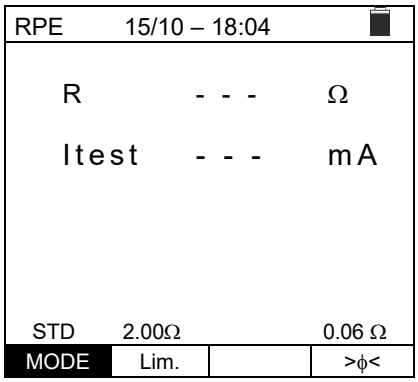
4. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position “**>ϕ<**” aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.



5. Drücken Sie **GO/STOP** zum Starten der Kalibrierung. Die Meldungen “**Messung…**” gefolgt von “**Prüfung**” und “**Nullstellung**” werden nacheinander im Display angezeigt.

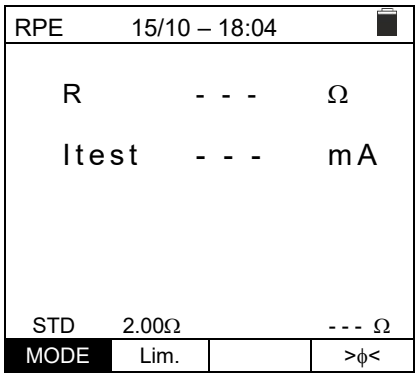


6. Wenn der gemessene Widerstandswert am Ende des Kompensationsvorgangs **≤5**Ω ist, gibt das Instrument einen doppelten Ton aus, um das positive Testergebnis zu melden, und zeigt im unteren rechten Teil des Displays den Wert des kompensierten Widerstands der Kabel an, der von allen nachfolgenden Durchgangsmessungen abgezogen wird.

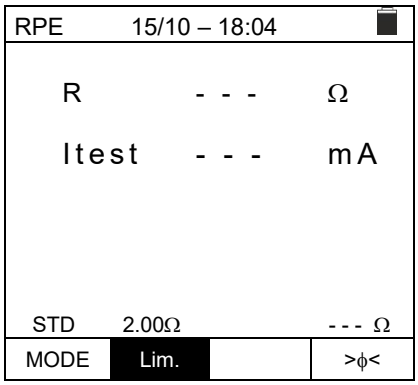


6.3.2. Durchgangstest in Standard (STD) Modus

1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **RPE** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die folgende Bildschirmseite. Das Symbol “STD” erscheint auf dem Display.



2. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position “**Lim.**” aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.
3. Benutzen Sie die Pfeiltasten (▲,▼) und stellen Sie die Schwellenwerte für den Durchgangstest ein, die im Bereich **0.01Ω ÷ 9.99Ω** in Schritten von 0.01Ω ausgewählt werden können (bitte beachten Sie, dass die Normen IEC/EN62446-1 keinen Grenzwert für den Widerstand festlegt, typische Werte sind ca. 1Ω oder 2Ω)



4. Führen Sie die Anfangskalibration der Messkabel durch (§ 6.3.1).
5. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu messenden PV Modul/String und mit dem Haupt-Erdungsknoten des Systems, wie in der Abb. 6

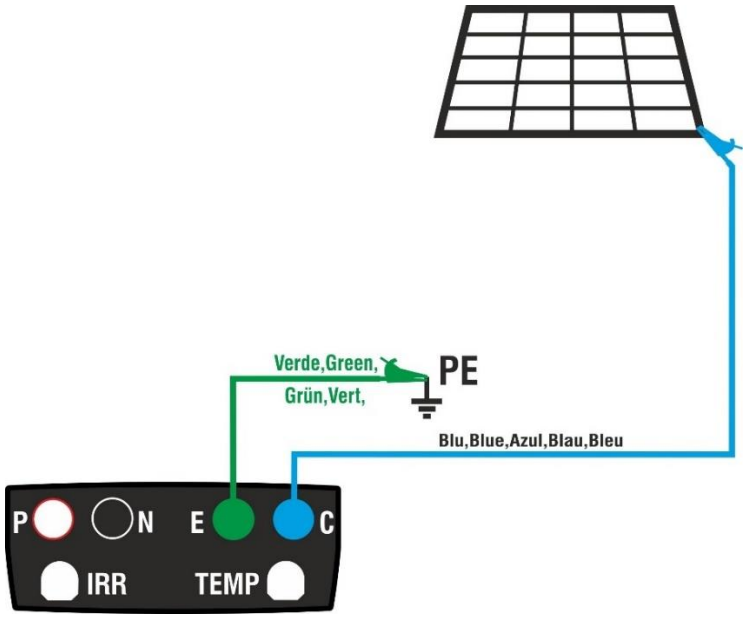
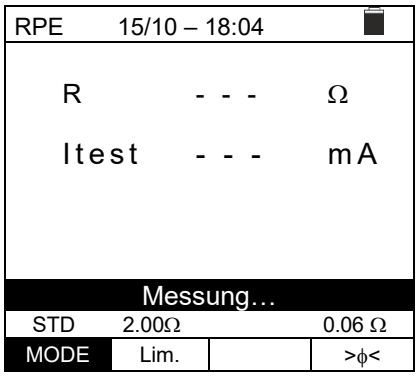


Abb. 6: Verbindung des Instruments für den Durchgangstest an Strukturen der PV-Anlage

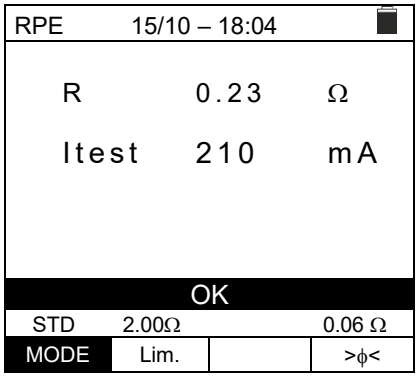
WARNUNG

Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.3.4), ohne dass das MessInstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen.

6. Drücken Sie **GO/STOP** zum Starten des Tests. Wenn keine Fehlermeldungen auftreten, zeigt das Instrument die Meldung "**Messung…**", wie in der nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite gezeigt.



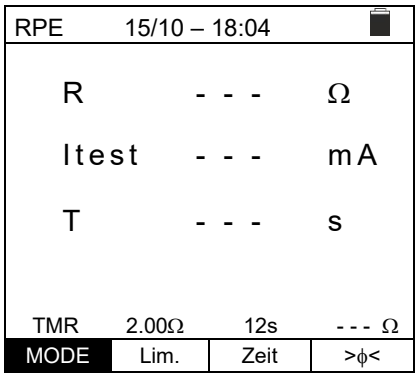
7. m Ende der Messung liefert das Instrument den Widerstandswert des gemessenen Gegenstandes. Wenn das Ergebnis niedriger als der eingestellte maximale Grenzwert ist, zeigt das Instrument die Meldung "**OK**" an (Wert kleiner oder gleich dem eingestellten Grenzwert), andernfalls wird die Meldung "**NO OK**" (Wert größer als der eingestellte Grenzwert) angezeigt, wie in der nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite gezeigt.



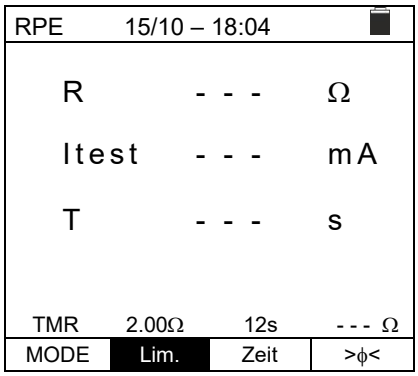
8. Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (§ 7.1) oder **ESC/MENU**, um ohne Messergebnisspeicherung zum Hauptbildschirm der Messung zurückzugelangen.

6.3.3. Durchgangstest in Timer (TMR) Modus

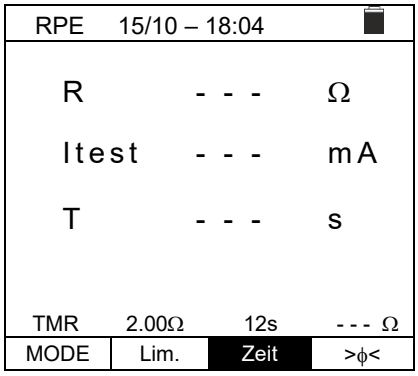
1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **RPE** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die folgende Bildschirmseite.
2. Benutzen Sie die Pfeiltasten (▲,▼), um den Timer Modus auszuwählen. Das Symbol “TMR” erscheint im Display.



3. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position “**Lim.**” aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.
4. Benutzen Sie die Pfeiltasten (▲,▼) und stellen Sie die Schwellenwerte für den Durchgangstest ein, die im Bereich **0.01Ω ÷ 9.99Ω** in Schritten von 0.01Ω ausgewählt werden können (bitte beachten Sie, dass die Normen IEC/EN62446-1 keinen Grenzwert für den Widerstand festlegen und typische Werte ca. 1Ω oder 2Ω sind



5. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position “**Zeit**” aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.
6. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie **die Dauer der Messung (Timer)** für den Durchgangstest im Bereich **3s÷99s in Schritten von 3s** ein.



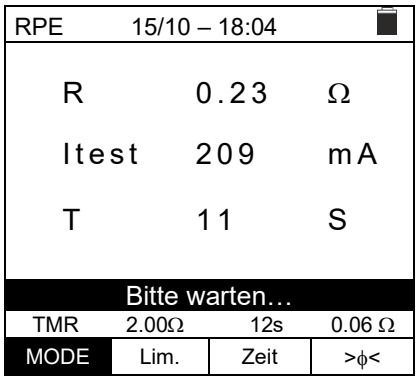
7. Führen Sie die Anfangskalibration der Messkabel durch (§ 6.3.1).

8. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu messenden PV Modul/String und mit dem Haupt-Erdungsknoten des Systems, wie in der Abb. 6

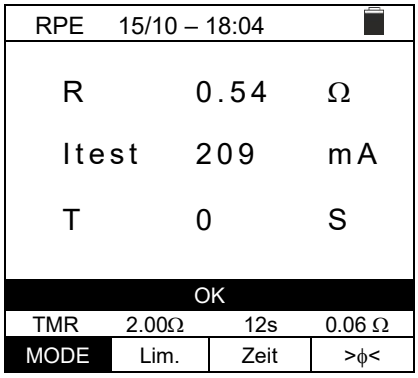
WARNUNG

Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.3.4), ohne dass das MessInstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen.

9. Drücken Sie **GO/STOP** zum Starten des Tests. Wenn keine Fehlermeldungen auftreten, startet das Instrument eine Reihe kontinuierlicher Messungen für die gesamte Dauer des eingestellten Timers. **Alle 3 Sekunden ertönt ein kurzer Ton**, und die Meldungen "**Messung…**" und "**Bitte warten…**" werden abwechselnd angezeigt, wie in der nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite gezeigt. Auf diese Weise kann sich der Bediener an dem Ort, an dem die Messung durchgeführt wird, von einem Punkt zum anderen bewegen.



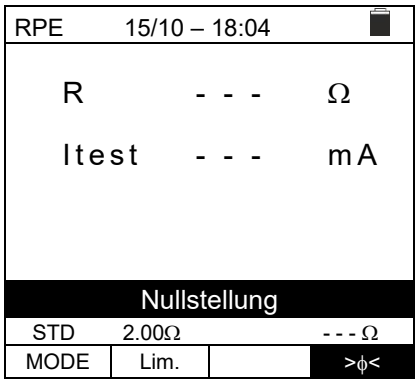
10. Am Ende der Messung liefert das Instrument den Maximalwert unter allen durchgeführten Teilmessungen. Wenn das Ergebnis niedriger als der eingestellte maximale Grenzwert ist, zeigt das Instrument die Meldung "**OK**" an (Wert kleiner oder gleich dem eingestellten Grenzwert), andernfalls wird die Meldung "**NICHT OK**" (Wert größer als der eingestellte Grenzwert) angezeigt, wie in der nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite gezeigt.



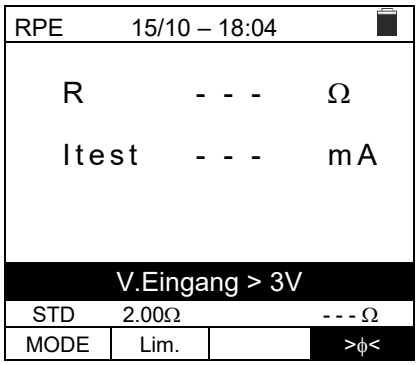
11. Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (§ 7.1) oder **ESC/MENU**, um ohne Messergebnisspeicherung zum Hauptbildschirm der Messung zurückzugelangen.

6.3.4. Anomalien

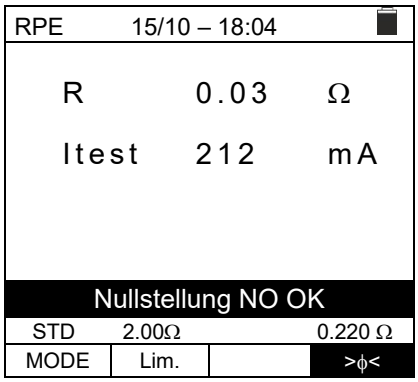
1. Um den kompensierten Widerstandswert auf Null zu stellen, führen Sie ein neues Kompensationsverfahren durch, mit einem Widerstand höher als 5Ω wie z.B. mit offenen Leitungen. Die Meldung "**Nullstellung**" erscheint auf dem Display.



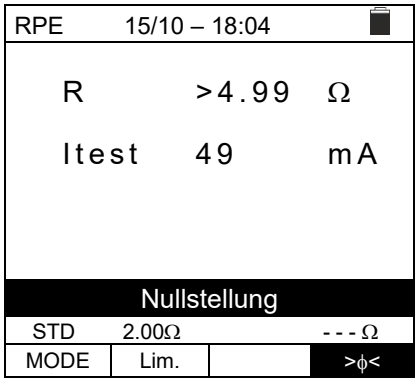
2. Wenn das Instrument an seinen Anschlüssen E und C eine Spannung **höher als 3V** ermittelt, führt es keine Messung durch, gibt einen langen Signalton ab und zeigt die Meldung "V.Eingang > 3V" an.



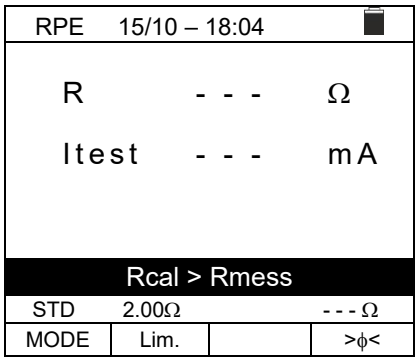
3. Wenn das Instrument feststellt, dass der kalibrierte Widerstand höher als der vom Instrument gemessenen Widerstand ist, gibt es einen langen Signalton ab und zeigt die Meldung: "Nullstellung NO OK"



4. Wenn das Instrument an seinen Leitungen einen Widerstand höher als 5Ω, gibt es einen langen Signalton ab, stellt den kompensierten Wert auf Null und zeigt die Meldung "**Nullstellung**" an.



5. Wird erkannt, dass der kalibrierte Widerstand höher ist als der gemessene Widerstand (z.B. Bei Verwendung von nicht mitgelieferten Kabeln), erzeugt das Instrument ein langes Tonsignal und zeigt einen Bildschirm ähnlich dem hier nebenstehenden an. Ein Reset und eine neue Kompensation der Kabel durchführen.



6.4. MΩ – ISOLATIONSWIDERSTANDS AN PV-MODULEN, STRINGS, FELDERN

Zweck dieser Messung ist die Isolationswiderstandsmessung der aktiven Leiter von PV Modulen, Strings und Feldern gemäß den Vorschriften der Richtlinien VDE0126-23 IEC/EN62446-1 und IEC/EN61557-2, **ohne dass es notwendig ist, einen externen Kurzschlussstromschalter zu benutzen, um die positiven und negativen Stringanschlüsse kurzzuschließen** (siehe § 11.4)

WARNUNG

- **Verwenden Sie diese Funktion nicht an PV-Strings und PV-Modulen die MLPE Geräte einsetzen.** (Microinverter, Leistungsoptimierer, oder rapid shutdown devices – RSD). Die Durchführung von Isolationsmessungen an solchen Konfigurationen kann Schaden am Messgerät als auch an den MLPE Geräten verursachen. Beziehen Sie sich auf den **"OPT" Modus (see § 6.6) um solche Situationen zu managen**
- Berühren Sie die Massen der Module während der Messung nicht, da diese aufgrund der vom Instrument erzeugten Spannung auch bei ausgeschaltetem System unter gefährlichem Potenzial stehen können
- Die Messung könnte falsche Ergebnisse liefern, wenn die Erdreferenz nicht korrekt an Eingang **E** angeschlossen ist
- Wir empfehlen eine vorläufige Überprüfung der korrekten Funktion des Instruments, bevor eine Messung durchgeführt wird, durch Einstellen der **TMR**-Funktion, indem die Anschlüsse **N** und **E** kurzgeschlossen werden und bei geöffneten Anschlüssen **N** und **E** ein Isolationswert von nahezu Null und ein außerhalb des Skalenbereichs liegender Wert überprüft wird

WARNUNG

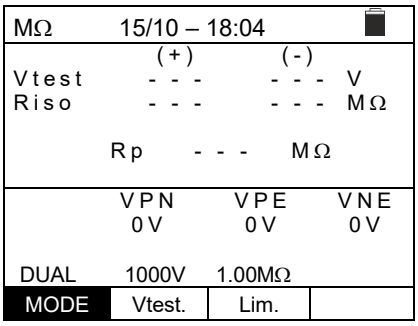
- Die Isolationsmessung kann an einem einzelnen Modul, einem String oder Anlage, bestehend aus mehreren parallel-geschalteten Strings, durchgeführt werden.
- Trennen Sie den String/die Anlage vom Inverter und von eventuellen Überspannungsableitern ab.
- Wenn das Modul/String/Anlage einen geerdeten Pol hat: die Erdung muss vorläufig abgetrennt werden.
- Die relevante Norm IEC/EN62446-1 stellt 1MΩ als Mindestwert für den Isolationswiderstand für Anlagen mit Nennspannung höher als 120V fest.
- Es ist empfohlen, die Isolationsmessung direkt am Modul/String/Feld vor eventuellen Blockdioden durchzuführen.

Das Instrument ermittelt den Isolationswiderstand wie folgt:

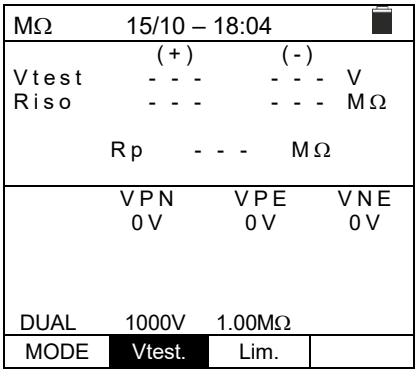
- Betriebsmodus **DUAL** → Das Instrument misst die Isolation in einer Reihenfolge zwischen dem Pluspol (+) und der Erdung PE und zwischen dem Minuspol (-) und der Erdung PE von PV-Modulen, Strings oder Feldern und kalkuliert den Gesamtwiderstand Rp.
- Betriebsmodus **TMR** → Das Instrument führt die Messung ununterbrochen durch (mit einer maximalen Dauer von 999s), zwischen dem Anschluss "N und der Erdung PE Anzeige des erhaltenen Mindestwerts des **Parallelwiderstands zwischen den (+) und (-) Polen** von Strings/Modulen oder eines allgemeinen Isolationswiderstands von nicht stromführenden Kabeln am Ende der ausgewählten Dauerzeit angezeigt. Auf diese Weise kalkuliert das Instrument auch die Parameter DAR (Dielektrisches Absorptionsverhältnis) und PI (Polarisationsindex), wenn die Testdauer zur Kalkulierung von diesen Parametern geeignet ist.

6.4.1. Isolationsmessung – Betriebsmodus DUAL

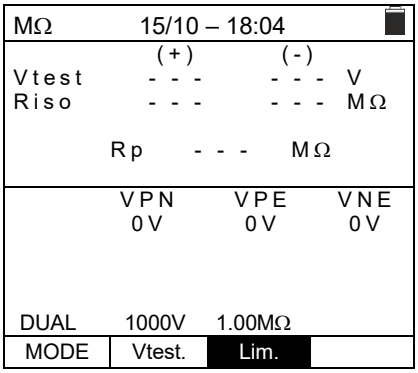
1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **MΩ** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) wählen Sie den Messmodus "**DUAL**" in der Position "MODE".



2. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position "**Vtest**" aus, um die Testspannung einzustellen.
3. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) wählen Sie eine der folgenden Testspannungen (Vnom): **250, 500, 1000VDC**. Bitte beachten Sie, dass gemäß Richtlinie IEC/EN62446- 1, die Testspannung Vtest ≥ Nennspannung der Anlage sein muss.



4. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position "**Lim.**" aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.
5. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie die **Mindestschwelle** für die Isolationswiderstand unter den Werten **0.05, 0.10, 0.23, 0.25, 0.50, 1.00, 50MΩ**. Bitte beachten Sie, dass die Richtlinie IEC/EN62446-1, 1MΩ als Mindestwert für den Isolationswiderstand für Anlagen mit Nennspannung höher als 120V feststellt.



6. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu prüfenden PV-String, wie in der Abb. 7 gezeigt. **Der Test kann auch an mehreren parallel geschalteten Strings durchgeführt werden. Bitte beachten Sie, dass eventuelle, mit den Kabeln des/der Strings verbundenen Überspannungsableiter abgetrennt werden müssen, und dass es empfohlen ist, die Messung vor eventuellen Blockdioden durchzuführen.**

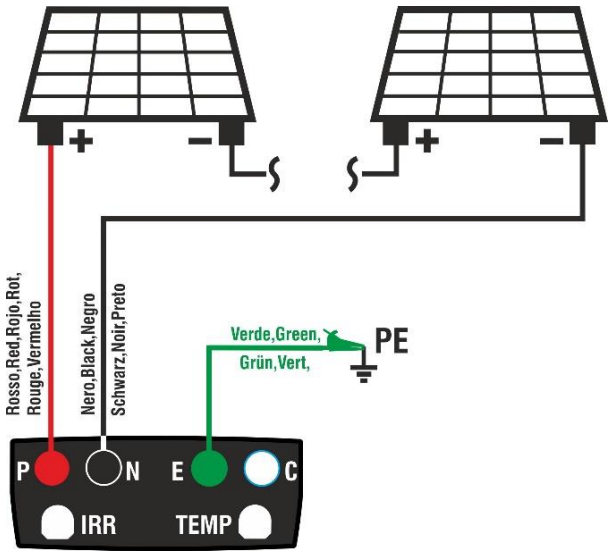
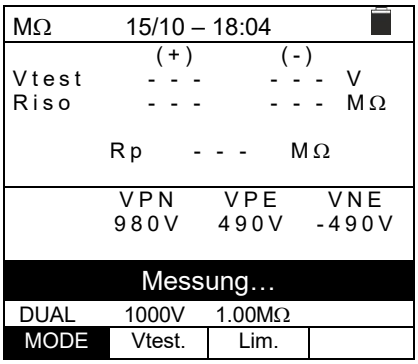


Abb. 7: Verbindung des Instruments für Isolationsmessung in Betriebsmodus DUAL

WARNUNG

Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.4.3), ohne dass das MessInstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen

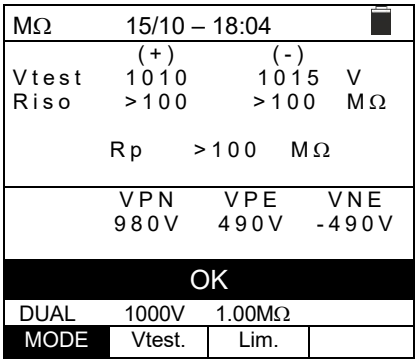
7. **Drücken und halten Sie die GO/STOP Taste 3 Sekunden lang**, um den Test zu starten. Wenn keine Fehlermeldungen auftreten, zeigt das Instrument die Meldung "**Messung…**", wie in der nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite gezeigt. Im Feld "Vtest" wird die vom Instrument generierte tatsächliche Testspannung angezeigt. **Die Dauer des Tests kann je nach der Anwesenheit von Streukapazitäten ändern**



8. Das Instrument führt die folgenden Messungen nacheinander durch:
   - Isolation zwischen Pluspol (+) des Strings und Erdung
   - Isolation zwischen Minuspol (-) des Strings und Erdung
   - Kalkulierung des Widerstandswerts **Rp** gegeben von der Parallele der Messungen (+) und (-)

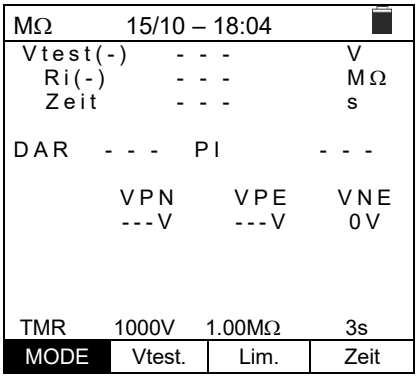
   Wenn "**Rp≥Lim**" zeigt das Instrument die Meldung"**OK**", um das **positive** Ergebnis der Messung zu melden.

   Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (§ 7.1) oder **ESC/MENU**, um ohne Messergebnisspeicherung zum Hauptbildschirm der Messung zurückzugelangen.

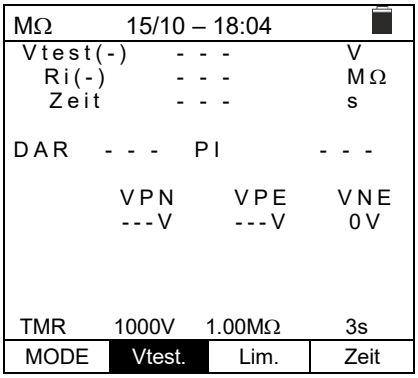


6.4.2. Isolationsmessung – Betriebsmodus TMR

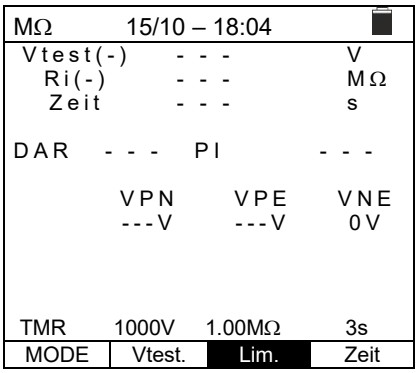
1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **MΩ** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) wählen Sie den Messmodus "**TMR**" in der Position "MODE".



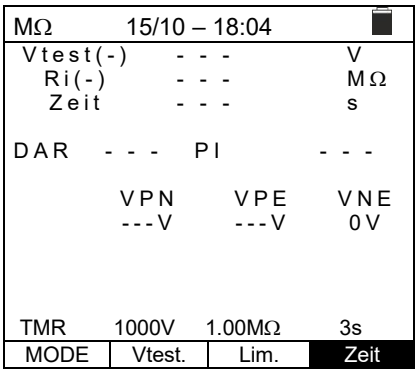
2. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position "**Vtest**" aus, um die Testspannung einzustellen.
3. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) wählen Sie eine der folgenden Testspannungen (Vnom): **250, 500, 1000VDC**. Bitte beachten Sie, dass gemäß Richtlinie IEC/EN62446-1, die Testspannung Vtest ≥ Nennspannung der Anlage sein muss.



4. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position "**Lim.**" aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.
5. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie die **Mindestschwelle** für die Isolationswiderstand unter den Werten **0.05, 0.10, 0.23, 0.25, 0.50, 1.00, 50MΩ**. Bitte beachten Sie, dass die Richtlinie IEC/EN62446-1 1MΩ als Mindestwert für den Isolationswiderstand für Anlagen mit Nennspannung höher als 120V feststellt.



6. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position "**Zeit**" aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.
7. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie die Messzeit im folgenden Bereich ein: **3s ÷ 999s**



8. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu prüfenden PV-String, wie in der Abb. 8 gezeigt. **Der Test kann auch an mehreren parallel geschalteten Strings durchgeführt werden. Bitte beachten Sie, dass eventuelle, mit den Kabeln des/der Strings verbundene Überspannungsableiter abgetrennt werden müssen und dass es empfohlen ist, die Messung vor eventuellen Blockdioden durchzuführen.**

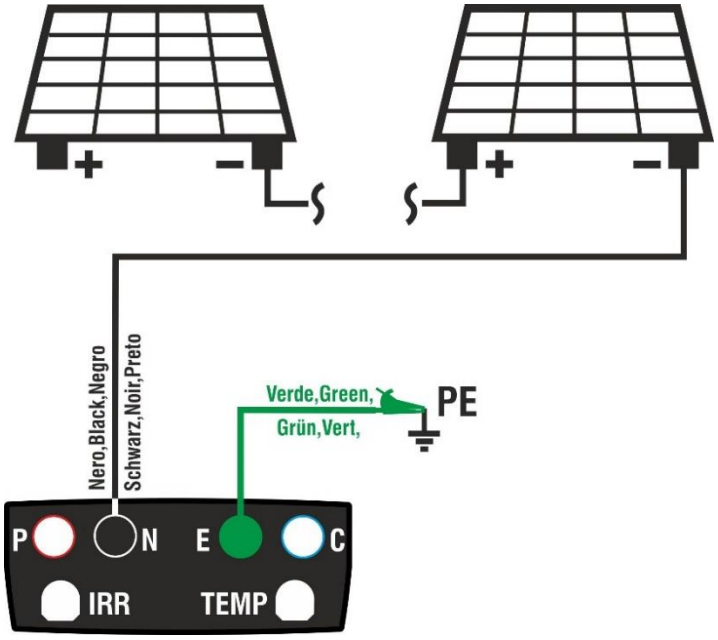
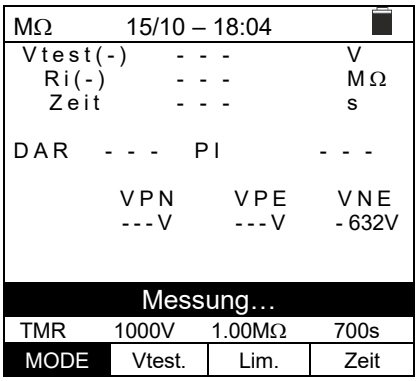


Abb. 8: Verbindung des Instruments für Isolationsmessung in Betriebsmodus TMR

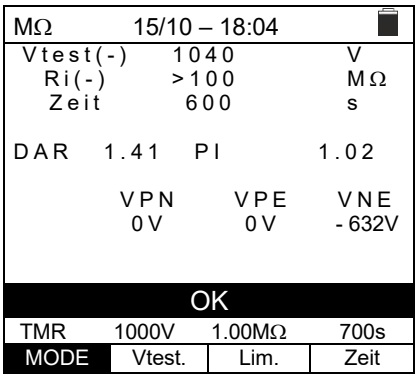
WARNUNG

⚠ Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 0), ohne dass das MessInstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen.

9. **<u>Drücken und halten Sie die GO/STOP Taste 3 Sekunden lang</u>**, um den Test zu starten. Wenn keine Fehlermeldungen auftreten, zeigt das Instrument die Meldung "**Messung…**", wie in der nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite gezeigt. Im Feld "Vtest (-)" wird die vom Instrument generierte tatsächliche Testspannung angezeigt.

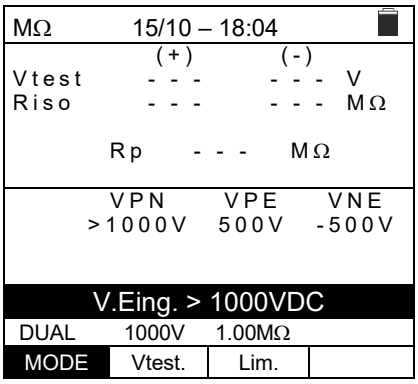


10. Wenn "**Ri(-)≥Lim**" zeigt das Instrument die Meldung"**OK**", um das **positive** Ergebnis der Messung zu melden
<u>Wenn die Messzeit ≥60s ist</u>, zeigt das Instrument den Wert des Parameters **DAR** (dielektrisches Absorptionsverhältnis) (siehe § 11.2).
<u>Wenn die Messzeit ≥600s ist</u>, zeigt das Instrument sowohl den Wert des Parameters **DAR** (dielektrisches Absorptionsverhältnis) als auch den Wert des Parameters **PI** (Polarisationsindex) (§ 11.1).
Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (§ 7.1) oder **ESC/MENU**, um ohne Messergebnisspeicherung zum Hauptbildschirm der Messung zurückzugelangen.

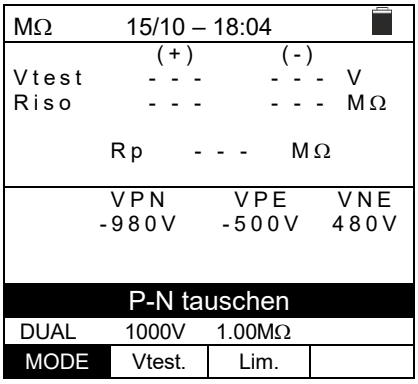


6.4.3. Anomalien

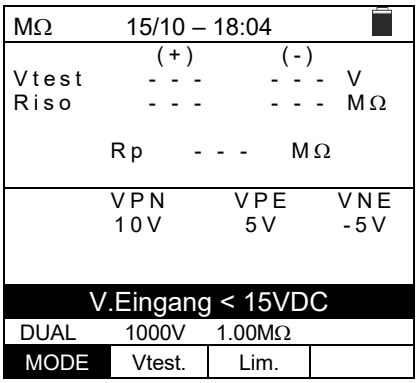
1. Sollte das Instrument eine der folgenden Bedingungen erkennen: “|VPN| > 1000V”, “|VPE| > 1000V” oder “|VNE| > 1000V”, wird die Messung unterbrochen, ein langer Ton ertönt und die Meldung “**V.Eing. > 1000VDC**” erscheint im Display. Prüfen Sie die Ausgangsspannung vom PV-String.



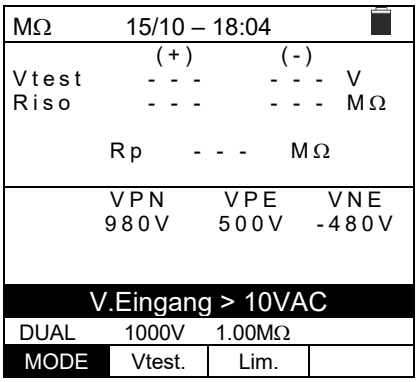
2. <u>Im Betriebsmodus DUAL</u>, falls das Instrument beim Drücken der **GO/STOP** Taste eine Spannung **VPN<0V** ermittelt, wird die Messung unterbrochen, ein langer Ton ertönt und die Meldung “**P-N tauschen**” erscheint im Display. Prüfen Sie die Polarität und die Verbindungen des Instruments mit dem PV-String.



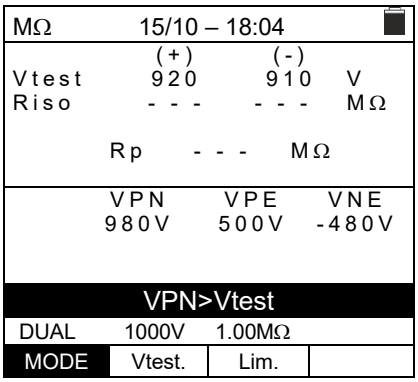
3. <u>Im Betriebsmodus DUAL</u>, falls das Instrument beim Drücken der **GO/STOP** Taste eine Spannung **VPN<15V** ermittelt, wird die Messung unterbrochen, ein langer Ton ertönt und die Meldung “**V.Eingang <15VDC**” erscheint im Display. Prüfen Sie die Ausgangsspannung des PV-Strings, die ≥15V sein muss.



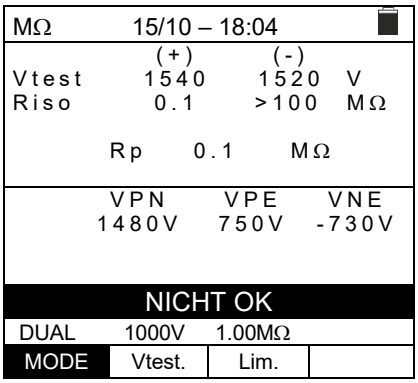
4. <u>Im Betriebsmodus DUAL</u>, falls das Instrument beim Drücken der **GO/STOP** Taste ermittelt, dass eine der folgenden Bedingungen bei den gemessenen Spannungen:
   RMS(VPN) - |(VPN) DC| <10
   RMS(VPE) - |(VPE) DC| <10
   RMS(VNE) - |(VNE) DC| <10
   nicht erfüllt ist (**Anwesenheit von Wechselstromkomponenten bei den Eingangsspannungen**), wird die Messung unterbrochen, ein langer Ton ertönt und die Meldung “**V.Eingang > 10VAC**” erscheint im Display. Überprüfen Sie, ob der String vom Wechselrichter getrennt ist und ob die entsprechenden Kabel von allen anderen AC-Hilfsspannungsquellen getrennt sind



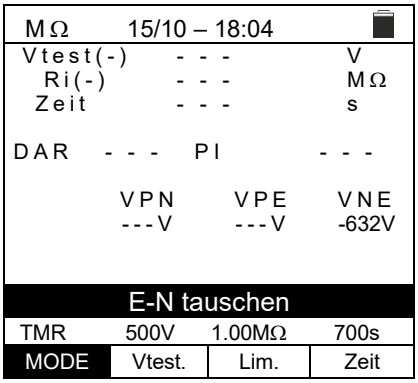
5. Falls das Instrument ermittelt, dass die Spannung zwischen dem Pluspol und dem Minuspol höher ist, als die eingestellte Testspannung, erscheint die Meldung "**VPN>Vtest**" im Display und das Instrument unterbricht den Test, weil er der Richtlinie IEC/EN62446-1 nicht mehr entspricht. Prüfen Sie die Nennspannung der Anlage, ändern sie eventuell den Parameter und Vtest und wiederholen Sie den Test.



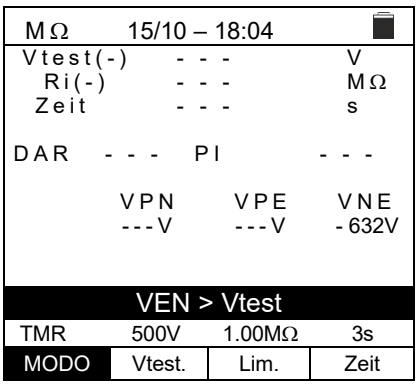
6. Falls das Instrument ermittelt, dass **Rp<Lim** ist, erscheint die Meldung "**NICHT OK**" im Display.



7. <u>Im Betriebsmodus TMR</u> Wenn das Instrument eine **positive** Spannung zwischen den Anschlüssen **N** und **E** erkennt, wird die Meldung „**E-N tauchen**" auf dem Display angezeigt und der Test wird nicht durchgeführt. Vertauschen Sie die Anschlüsse an den Instrumenteneingängen und beachten Sie, dass an der **N-Klemme immer ein negatives Potenzial** vorhanden sein muss



8. <u>Im Betriebsmodus TMR</u> Wenn die gemessene VNE-Spannung größer als die Testspannung ist, zeigt das Instrument die Meldung „**VEN > Vtest**" an, wenn der Test aktiviert wird. Wählen Sie eine Prüfspannung, die größer als die gemessene Spannung ist, um den Test korrekt durchzuführen



6.5. GFL – LOKALISATION EINES ISOLATIONSFEHLERS IM STRING

In der GFL (Ground Fault Locator) Funktion kann das Instrument die Position einer eventuellen einzelnen Störung (niedrige Isolation) in einem String der Anlage ermitteln, die z.B. durch das Eindringen von Wasser oder Feuchtigkeit verursacht wird. Das Instrument misst die Eingangsspannungen und identifiziert, anhand der Verschiebung zwischen V (+) und V (-) in Bezug auf die Erdung, die vermutete Position der Störung in dem String. Weitere Einzelheiten siehe § 11.3

WARNUNG

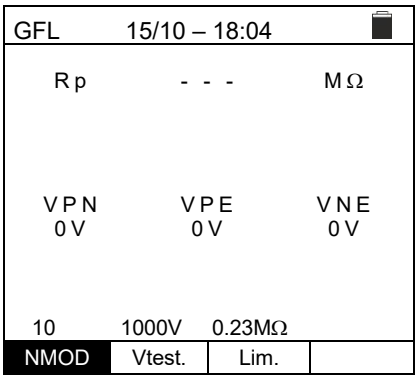
- **Verwenden Sie diese Funktion nicht an PV-Strings und PV-Modulen die MLPE Geräte einsetzen.** (Microinverter, Leistungsoptimierer, oder rapid shutdown devices – RSD). Die Durchführung der GFL-Messung an solchen Konfigurationen **kann Schaden am Instrument als auch an den MLPE-Geräten verursachen (siehe § 11.5**)
- Berühren Sie die Massen der Module während der Messung nicht, da diese aufgrund der vom Instrument erzeugten Spannung auch bei ausgeschaltetem System unter gefährlichem Potenzial stehen können
- Die Messung könnte falsche Ergebnisse liefern, wenn die Erdreferenz nicht korrekt an Eingang **E** angeschlossen ist
- Wir empfehlen eine vorläufige Überprüfung der korrekten Funktion des Instruments, bevor eine Messung durchgeführt wird, durch Einstellen der **TMR**-Funktion, indem die Anschlüsse **N** und **E** kurzgeschlossen werden und bei geöffneten Anschlüssen **N** und **E** ein Isolationswert von nahezu Null und ein außerhalb des Skalenbereichs liegender Wert überprüft wird

WARNUNG

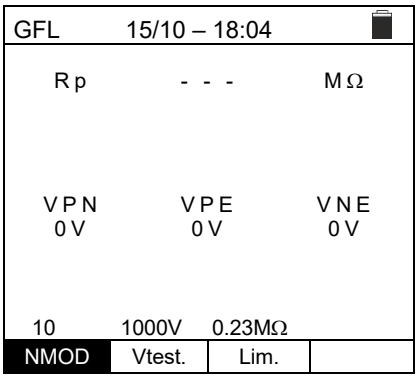
Die GFL-Funktion liefert korrekte Ergebnisse **NUR** bei den folgenden Bedingungen:

- Test durchgeführt **vor eventuellen Blockdioden** an einem **einzelnen String**, der vom Inverter, eventuellen Überspannungsableitern und Erdungen abgetrennt ist.
- **Nur ein Isolationsfehler** an einer beliebigen Position in dem String
- Isolationswiderstand der einzelnen Störung **<1.00MΩ**
- Aufgrund der zufälligen Natur dieser Störungen, **wird es empfohlen**, die Messungen unter Umgebungsbedingungen ähnlich denen, bei denen die Störung aufgertreten ist, durchzuführen.

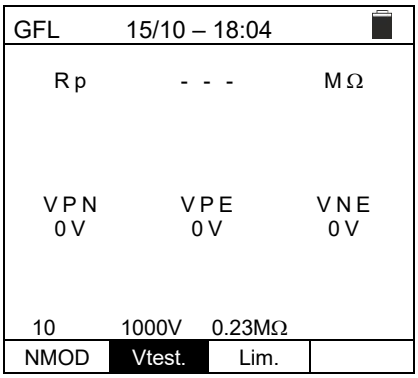
1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **GFL** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite. Die Angabe “Rp” gibt die Parallelschaltung des Isolationswiderstands vom Pluspol (+) und Minuspol (-) des zu testenden Strings an.



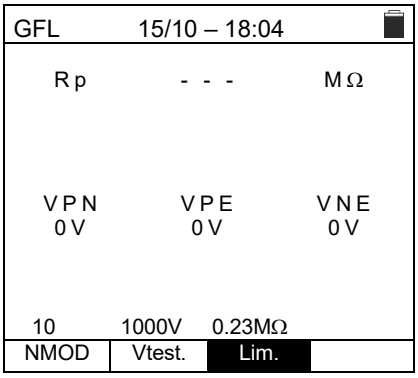
2. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position “**NMOD**” aus, um die Anzahl an Modulen des zu testenden Strings einzustellen.
3. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) wählen Sie eine Anzahl an Modulen zwischen: **4 ÷ 60**



4. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position “**Vtest**” aus, um die Testspannung einzustellen.
5. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) wählen Sie eine der folgenden Testspannungen (Vnom): **250, 500, 1000VDC**. **Gemäß In Richtlinie IEC/EN62446-1 wird es empfohlen, die Testspannung Vtest ≥ Vnom der Anlage einzustellen.**



6. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie die Position “**Lim.**” aus. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite.
7. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie die **Mindestschwelle** für die Messung des Isolationswiderstands unter den Werten **0.05MΩ, 0.1MΩ, 0.23MΩ**, **0.25MΩ, 0.50MΩ, 1.00MΩ**



8. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu prüfenden PV-String, wie in der Abb. 9 gezeigt. **Bitte beachten Sie, dass eventuelle, mit den Kabeln des Strings verbundenen Überspannungsableiter abgetrennt werden müssen, und dass es empfohlen ist, die Messung vor eventuellen Blockdioden durchzuführen.**

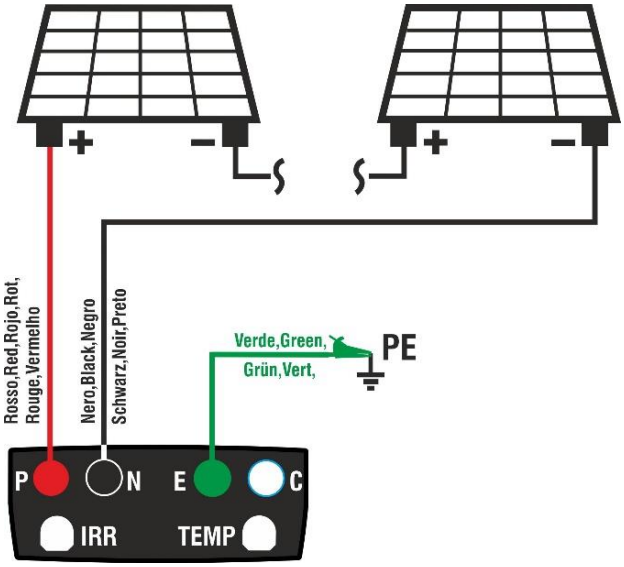
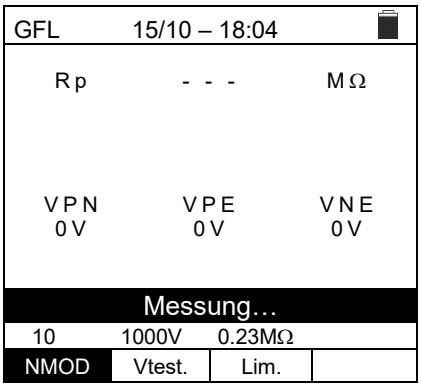


Abb. 9: Verbindung des Instruments für Isolationsmessung in Betriebsmodus GF

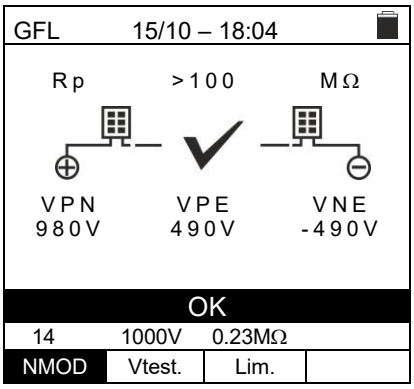
WARNUNG

- Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.4.3), ohne dass das MessInstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen
- Die GFL-Funktion **darf nur verwendet werden, nachdem die Hauptisolationsmessung (DUAL-Test)** an Modulen und/oder Strings mit negativem Ergebnis durchgeführt wurde

9. **Drücken und halten Sie die GO/STOP Taste 3 Sekunden lang**, um den Test zu starten. Wenn keine Fehlermeldungen auftreten, zeigt das Instrument die Meldung "**Messung…**", wie in der nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite gezeigt.



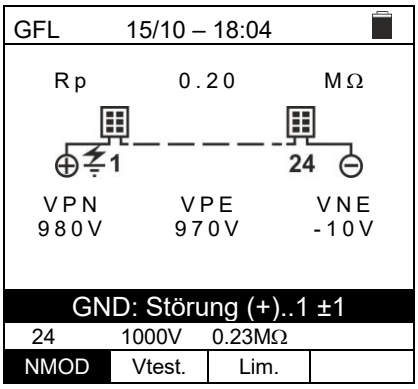
10. **Wenn keine Störungen vorhanden sind (Rp≥Lim)** zeigt das Instrument den Bildschirm an der Seite und die Meldung " **OK**" erscheint im Display.
Der „**OK**"-Zustand kann auch dann auftreten, **wenn mehr als ein Fehler** im Strang vorliegt (erkennbar an einem fehlgeschlagenen Test, der zuvor mit der DUAL-Funktion durchgeführt wurde), ein Zustand, der die GFL-Funktion **unwirksam macht**



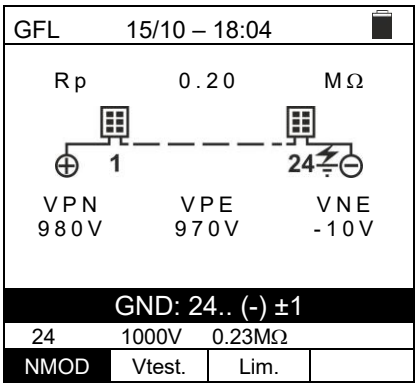
WARNUNG

Bei Vorliegen einer verifizierten Fehlerbedingung wird die GFL-Funktion angezeigt:
- Die Position des fehlerhaften Moduls mit Toleranz **±1 Modul** für **NMOD ≤ 35**
- Die Position des fehlerhaften Moduls mit Toleranz **±3 Modul** für **NMOD > 35**
- Um bessere Testergebnisse zu erzielen, empfiehlt es sich, den String in Teilstrings **mit einer geringeren Modulzahl aufzuteilen**

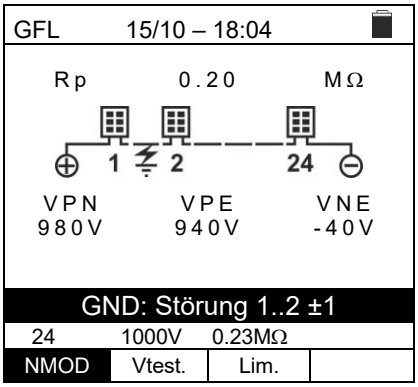
11. **Bei einer Störung (Rp<Lim) in der Position 0 (vor dem ersten Modul)**, zeigt das Instrument den Bildschirm an der Seite und die Meldung "**GND: Störung (+)..1 ±N**" im Display. Prüfen Sie den Zustand der Isolation des Leiters (+), der vom String kommt. Im Fall der Abbildung mit NMOD=24 → Toleranz = ±1 kann der Fehler vor oder nach dem ersten Modul gefunden werden



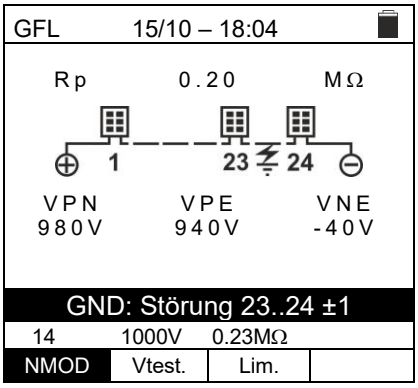
12. **<u>Bei einer Störung (Rp<Lim) in der Position NMOD+1 ±N (nach dem letzten Modul)</u>**, zeigt das Instrument den Bildschirm an der Seite und die Meldung "**GND: Störung NMOD..(-)**" im Display. Prüfen Sie den Zustand der Isolation des Leiters (-), der vom String kommt. Im Fall der Abbildung mit NMOD=24 →Toleranz = ±1 kann der Fehler vor oder nach dem letzten Modul gefunden werden



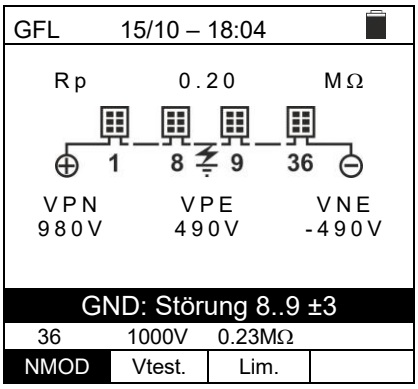
13. **<u>Bei einer Störung (Rp<Lim) in der Position 1 (zwischen dem 1. und dem 2. Modul)</u>**, zeigt das Instrument den Bildschirm an der Seite und die Meldung "**GND: Störung 1..2 ±N**" im Display. Prüfen Sie den Zustand der Isolation der Anschlusskästen der angegebenen PV-Module (1 und 2 im Beispiel) und die relativen Verbindungskabel. Im Fall der Abbildung mit NMOD=24 → Toleranz = ±1 kann der Fehler vor dem 1. Modul oder zwischen dem ersten und dritten Modul gefunden werden



14. **<u>Bei einer Störung (Rp<Lim) in der Position NMOD (zwischen dem vorletzten und dem letzten Modul)</u>**, zeigt das Instrument den Bildschirm an der Seite und die Meldung "**GND: Störung NMOD-1..NMOD ±N**" im Display. Prüfen Sie den Zustand der Isolation der Anschlusskästen der angegebenen PV-Module und die relativen Verbindungskabel. Im Fall der Abbildung mit NMOD=24 → Toleranz = ±1 liegt der Fehler zwischen dem 23 Modul und nach dem letzten Modul



15. **<u>Bei einer Störung (Rp<Lim) im String</u>**, zeigt das Instrument den Bildschirm an der Seite und die Meldung (bezüglich auf dem Beispiel mit NMOD = 36) "**GND: Störung 8..9 ±N**" im Display. Prüfen Sie den Zustand der Isolation der Anschlusskästen der angegebenen PV-Module und die relativen Verbindungskabel. Im Fall der Abbildung mit NMOD=36 → Toleranz = ±3 liegt der Fehler zwischen dem 5. Modul und dem 12. Modul



WARNUNG

Die Ergebnisse der GFL-Funktion können nicht im Speicher des Instruments gespeichert werden.

6.6. OPT – ISOLATIONSMESSUNG MIT LEISTUNGSOPTIMIERERN

Zweck dieser Messung ist es, Isolationswiderstandsmessungen aktiver Leiter an PV-Strings gemäß den Anforderungen der IEC/EN62446-1- und IEC/EN61557-2-Richtlinien **in Anwesenheit von MLPE (Power Optimizers, Rapid Shutdown Devices RSD) durchzuführen, ohne dass diese von den PV-Modulen getrennt werden müssen** (siehe § 11.5)

WARNUNG

- Berühren Sie während der Messung nicht die Massen der Module, da sie trotz der vom Gerät erzeugten Spannung auch ohne Systemabschaltung gefährliches Potential haben könnten
- Die Messung könnte falsche Ergebnisse liefern, wenn die Erdungsreferenz nicht korrekt mit dem Eingang E verbunden ist.
- Wir empfehlen eine vorläufige Überprüfung der korrekten Funktion des Instruments vor der Messung, indem die in der **TMR-Funktion** durch Kurzschluss der **N-** und E-Anschlüsse, ein Isolationswert von nahezu 0 und ein ausserhalb der Messbereiches liegender Wert bei offenen **N-** und **E-Anschlüssen angezeigt wird**

WARNUNG

- **Die Isolationsmessung kann an einem einzelnen Modul, einem String oder an einer Installation durchgeführt werden, die aus mehreren parallel geschalteten Strings** besteht.
- Trenne die Leitung/Installation vom Wechselrichter und von möglichen Überspannungsschutzmaßnahmen.
- Hat das Modul/den String einen Pol, der mit der Erde verbunden ist, muss diese Verbindung vorübergehend unterbrochen werden.
- Die Norm IEC/EN62446-1 legt 1MΩ als Mindestwert für den Isolations-widerstand für Installationen mit einer Nennspannung von über 120V fest
- Wir empfehlen, die Isolierung direkt am Modul/String/Feld zu messen, das sich stromaufwärts von möglichen Blockdioden befindet

Das Instrument führt Isolationsmessungen mit Anwesenheit von Optimierern auf folgende Weise durch:

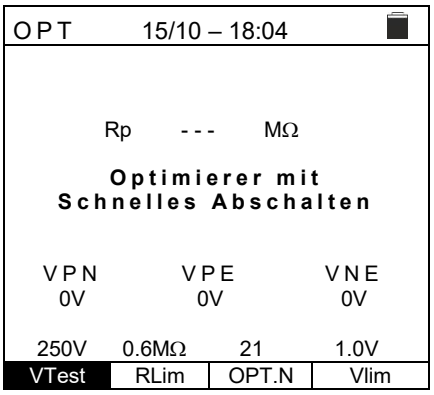
- **Messungen mit Optimierern ausgestattet mit einem Schnellabschaltung-schalter (RSD – Rapid-Shutdown-Device)** → das Instrument führt den Test gemäß dem US-amerikanischen **NEC 690.12-Standard** durch, der die Anforderungen für diesen Bauteiltyp regelt (siehe § 11.5.1)
- **Messungen mit Optimierern NICHT mit einem Rapid Shutdown Device (RSD) ausgestattet** → Das Instrument führt den Test ähnlich dem Riso DUAL-Test durch (siehe § 6.4.1)

In beiden Moden ist das Ergebnis immer der Parameter **Rp = Parallelwiderstand der Isolationswiderstände zwischen den positiven und negativen Polen** des getesteten + String Optimierer. Dieser Wert wird dann mit dem auf dem Instrument gesetzten Mindestgrenzwert verglichen und dann entsprechend bewertet, ob der Test bestanden oder nicht bestanden wurde.

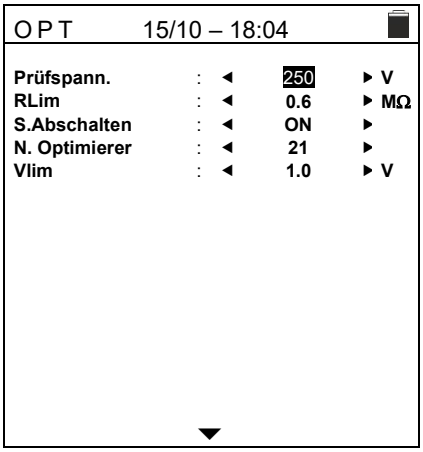
WARNUNG

Beachten Sie stets vorab das technische Datenblatt des Herstellers zum Testmodus und zu etwaigen Einschränkungen des zu prüfenden MLPE-Geräts

6.6.1. Isolationsmessung mit Optimierern mit RSD-Funktion



1. Bewegen Sie den Cursor auf dem **OPT-Element** mit den Pfeiltasten (▲,▼) und bestätigen Sie mit **ENTER.** Der daneben gezeigte Bildschirm erscheint auf dem Display. Die Meldung "**Optimizer with Rapid Shutdown**" zeigt an, dass die Messung an Optimierern durchgeführt wird, die mit **Schnellabschalter (RSD = Rapid ShutDown)-Funktion ausgestattet sind**. Die folgenden Parameter sind dargestellt:
   - **VTest** → Prüfspannung zur Isolationsmessung
   - **RLim** → Mindestgrenze für die Isolationsmessung
   - **OPT.N** → Anzahl von Optimierern im String vorhanden
   - **Vlim** → Ausgangsspannungsgrenzwert von jedem Optimierer
   - Werte der Spannungen VPN, VPE und VNE



2. **Verwenden Sie die Pfeiltaste, ▼** um auf die Einstellung der Messparameter zuzugreifen. Der Bildschirm an der Seite erscheint auf dem Display. Verwenden Sie die Pfeiltasten (◀, ▶), um die Werte einzustellen. Folgende Optionen stehen zur Verfügung:
   - **Prüfspannung** → Stellen Sie die Messspannung für die Isolationsmessung ausfolgenden Optionen ein: **100V, 250V, 500V, 1000VDC. Wenn der MLPE-Hersteller (Optimierer) keine Prüfspannung angibt, wird empfohlen, 100V einzustellen**
   - **RLim** → legt den minimalen Grenzwert für die Isolationsmessung zwischen den Werten fest: **0,25, 0,50, 0,60, 1,00, 50, 100, 200MΩ**
   - **R.Shutdown** → legt die Art der zu berücksichtigende Optimierer mit der Option ein: **ON (inklusive RSD-Funktion)**
   - **N. Optimierer** → set the number of optimizers present on the string being tested in the range: **1 ÷ 60**
   - **Vlim** → legt den Ausgangsspannungswert jedes Optimierers im Bereich fest: **0,1V ÷ 2,0V-Schritte** von **0,1V**
3. Drücke die **SAVE,** um die Einstellungen zu speichern
4. Trennen Sie die zu testender String vom Kombinator-Box/Wechselrichter und warten **Sie mindestens 30 Sekunden** (die Maximalzeit, die vom US-NEC **690.12-Standard** festgelegt wird, damit alle Optimierer effektiv im RSD-aktivierten Zustand sind)
5. Verbinden Sie das Instrument mit dem Ausgang der Reihe von Optimierern, die mit dem zu testenden String verbunden sind, wie in Abb. 10. Genauer gesagt, verbinden Sie den positiven Polausgang von dem **ersten Optimierer** mit dem Anschluss P sowie den negativen Pol vom letzten **Optimierer** den Anschluss N und Anschluss E an die Haupt-Massereferenz des Systems

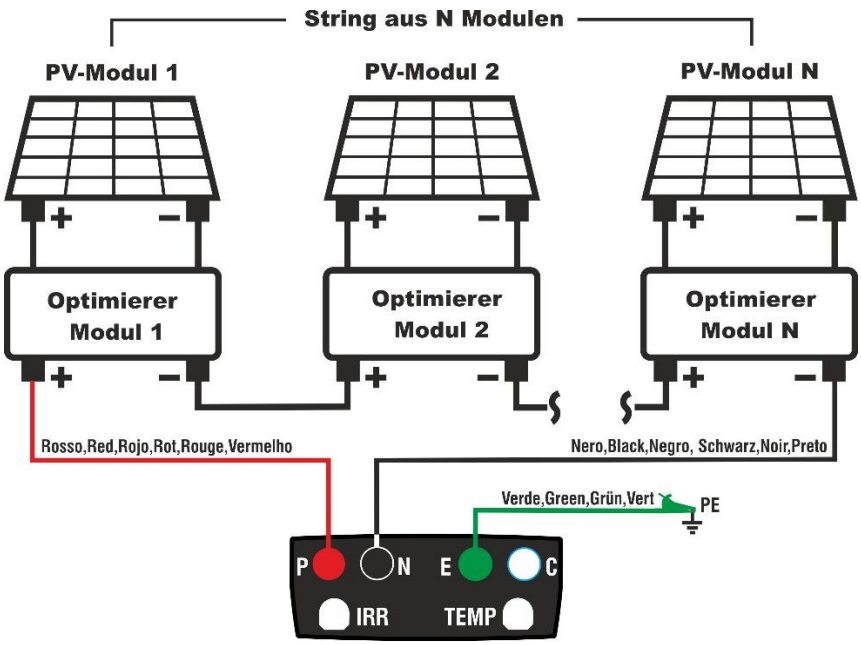
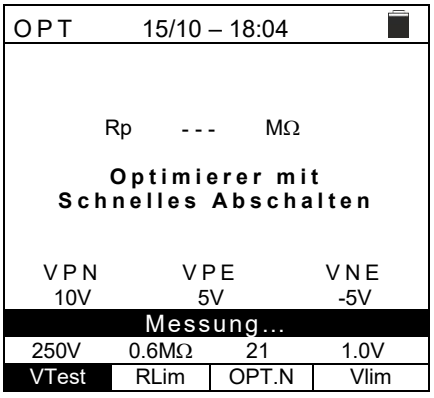


Abb. 10: Anschluss für Isolationsmessung mit Optimierern

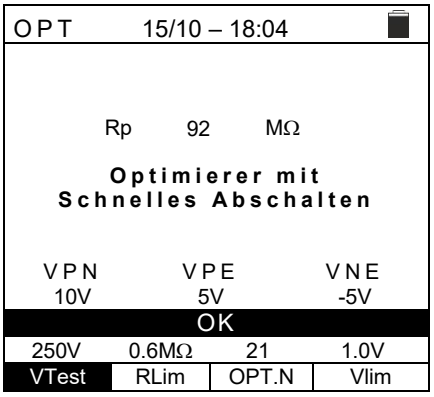
WARNUNG

Beim Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen vom Instrument angezeigt werden (siehe § 6.6.3) und daher kann der Test nicht gestartet werden. Überprüfen und beseitigen Sie möglichst das Problem, das die Fehlermeldung verursacht, bevor Sie mit dem Test fortfahren

6. Drücke **die GO/STOP-Taste** , um den Test zu aktivieren. Wenn keine Fehlerbedingungen vorliegen, misst das Instrument die Spannung zwischen den P- und N-Anschlüssen zwischen dem ersten und letzten Optimierer und überprüft, ob **VPN kleiner als 30V ist** (**gemäß dem NEC 690.12-Standard**) und, falls ja, erscheint die Nachricht "**Messung...**" wie auf dem Bildschirm nebenan angezeigt.



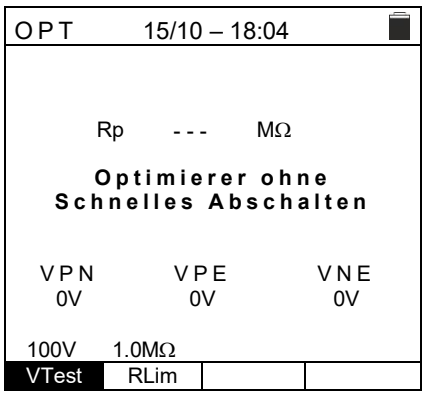
7. Am Ende der Messung wird der Wert des Isolationswiderstands **Rp**, der aus den **parallelen Widerständen der String/Optimizer-Reihe ermittelt wird,** auf dem Display angezeigt. Ist dieser Wert **≥ RLim**, wird bei positivem Testergebnis die Meldung "**OK**" angezeigt. Wenn dieser Wert **< RLim ist**, ist der Test fehlgeschlagen und die Meldung "**NICHT OK**" wird auf dem Display angezeigt



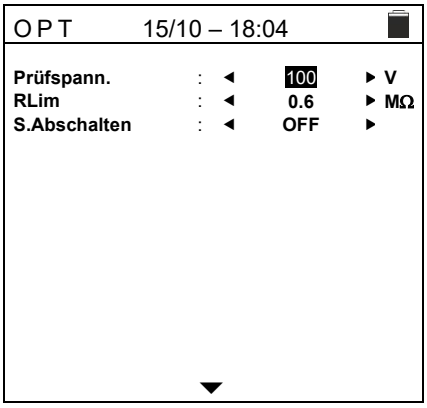
WARNUNG

Die Ergebnisse der Funktion OPT können nicht im Speicher des Instruments gespeichert werden

6.6.2. Isolationsmessung mit Optimierern ohne RSD-Funktion



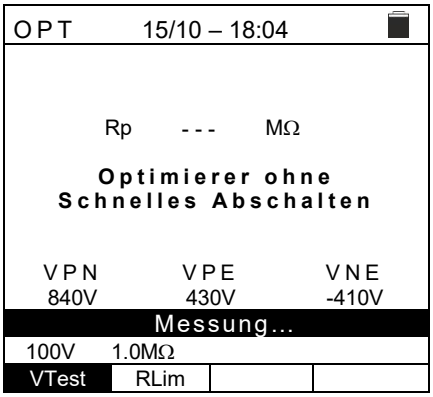
1. Bewegen Sie den Cursor auf dem **OPT-Element** mit den Pfeiltasten (▲,▼) und bestätigen Sie mit **ENTER.** Der daneben gezeigte Bildschirm erscheint auf dem Display. Die Meldung "**Optimizer without Rapid Shutdown**" zeigt an, dass die Messung an Optimierern durchgeführt wird, die **nicht mit** der **Rapid Shutdown (RSD = Rapid ShutDown)-Funktion ausgestattet sind**. Die folgenden Parameter sind dargestellt:
   - **VTest** → Prüfspannung zur Isolationsmessung
   - **RLim** → Mindestgrenze für die Isolationsmessung
   - Werte der Spannungen VPN, VPE und VNE



2. **Verwenden Sie die Pfeiltaste, ▼** um auf die Einstellung der Messparameter zuzugreifen. Der Bildschirm an der Seite erscheint auf dem Display. Verwenden Sie die Pfeiltasten (◀, ▶), um die Werte einzustellen. Folgende Optionen stehen zur Verfügung:
   - **Prüfspannung** → Aus Sicherheitsgründen ist die Prüfspannung auf 100VDC **eingestellt**
   - **RLim** → legt den minimalen Grenzwert für die Isolationsmessung zwischen den Werten fest: **0,25, 0,50, 0,60, 1,00, 50MΩ**
   - **R.Shutdown** → Auswahl ob ein Optimierer berücksichtigt werden soll oder nicht: Option: **OFF (RSD-Funktion nicht enthalten)**
3. Drücke die **SAVE,** um die Einstellungen zu speichern
4. Verbinden Sie das Instrument mit dem Ausgang der Reihe von Optimierern, die mit dem zu testenden String verbunden sind, wie in Abb. 10. Genauer gesagt, verbinden Sie den positiven Polausgang von dem **Erster Optimierer** mit den Eingang P, den negativen Pol vom **letzten Optimierer mit dem Eingang** N und Eingang E an die Haupt-Massereferenz des Systems

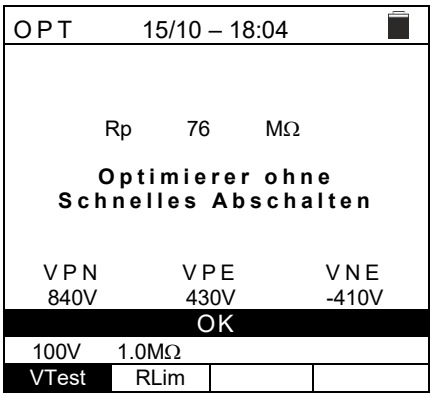
WARNUNG

Beim Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen vom Instrument angezeigt werden (siehe § 6.6.3) und daher kann der Test nicht gestartet werden. Überprüfen und beseitigen Sie möglichst das Problem, das die Fehlermeldung verursacht, bevor Sie mit dem Test fortfahren,



5. Drücke **die GO/STOP-Taste**, um den Test zu aktivieren. In Abwesenheit von Fehlerbedingungen und mit **einer VPN-Spannung ≥ 15 V zwischen den P- und N-Terminals** erscheint die Meldung "**Messung...**" wird wie auf dem Bildschirm an der Seite angezeigt.

6. Am Ende der Messung wird der Wert des Isolationswiderstands **Rp**, der aus den **parallelen Widerständen der String/Optimizer-Reihe ermittelt wird,** auf dem Display angezeigt. Ist dieser Wert **≥ RLim**, wird bei positivem Testergebnis die Meldung "**OK"** angezeigt. Wenn dieser Wert **< RLim ist**, ist der Test fehlgeschlagen und die Meldung "**NICHT OK"** wird auf dem Display angezeigt

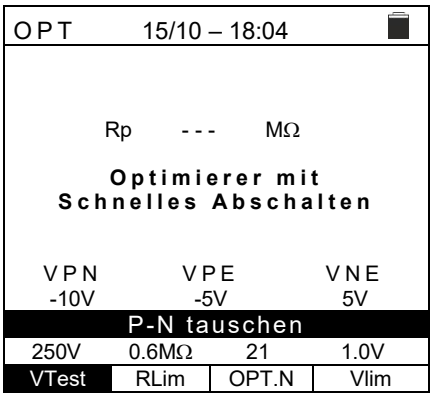


WARNUNG

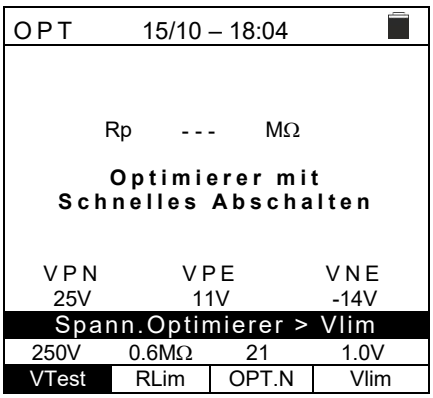
Die Ergebnisse der Funktion OPT können nicht im Speicher des Instruments gespeichert werden

6.6.3. Anomalien

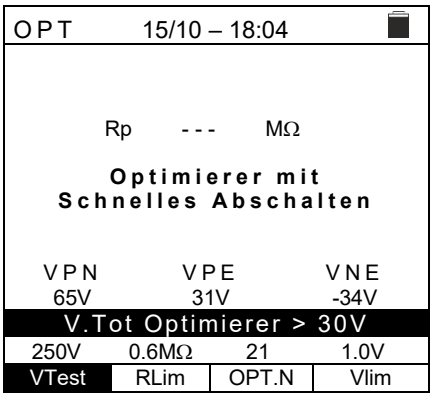
1. **Im Rapid Shutdown-Modus ON :** wenn das Gerät beim **Drücken der** GO/STOP-Taste eine **VPN-Spannung <0V** erkennt , stoppt es die Messung, sendet einen langen Ton und die Meldung "**P-N tauschen**" wird auf dem Display angezeigt. Überprüfen Sie die Polarität und Verbindungen des Instruments zum String + Optimierer



2. **Im Rapid Shutdown-Modus ON :** wenn das Gerät erkennt, dass das Verhältnis **VPN/N.Opt. >Vlim** beim Drücken der **GO/STOP-Taste** ist, stoppt es die Messung, sendet einen langen Ton und die Meldung "**Spann.Optimierer > Vlim**" wird auf dem Display angezeigt. Überprüfen Sie die Einstellungen und Eigenschaften der von jedem Optimierer vorhandenen Ausgangsspannung



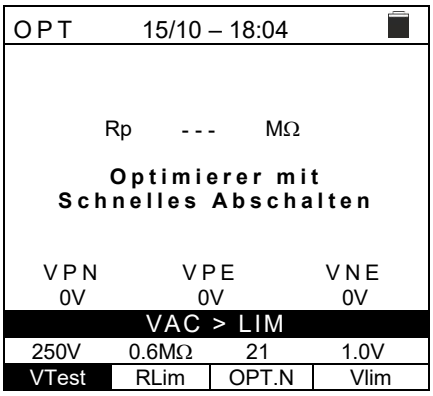
3. **Im Rapid Shutdown-Modus ON:** wenn das Gerät beim **Drücken der GO/STOP**-Taste eine **VPN-Spannung >30V** erkennt, stoppt es die Messung, sendet einen langen Ton und die Nachricht "**VTot. Optimierer > 30V**" wird auf dem Display angezeigt. Überprüfen Sie die Einstellungen und Eigenschaften der von jedem Optimierer gelieferten Ausgangsspannung



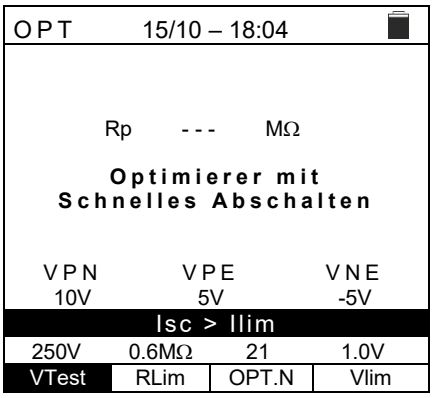
4. Wenn das Instrument beim Drücken der **GO/STOP**-Taste eine der folgenden Konditionen für die gemessenen Spannungen erkennt:

   $||(AVG(VPN)| – RMS(VPN))/|AVG(VPN)|| < 0.05$
   $||(AVG(VPE)| – RMS(VPE))/|AVG(VPE)|| < 0.05$
   $||(AVG(VNE)| – RMS(VNE))/|AVG(VNE)|| < 0.05$

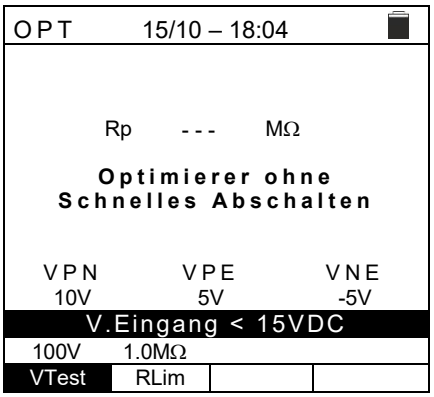
   nicht erfüllt (**Vorhandensein von Wechselspannnung (AC) auf den Eingangsspannungen**), stoppt es die Messung, sendet einen langen Ton und die Meldung "**VAC > LIM"** wird angezeigt. Überprüfen Sie, ob die Leitung vom Wechselrichter getrennt ist und dass die jeweiligen Kabel von allen Hilfs-Wechselspannungsquellen getrennt sind



5. **<u>Im Rapid Shutdown-Modus ON:</u>**, wenn das Instrument beim **Drücken der GO/STOP**-Taste einen Kurzschlussstrom **von mehr als 1A** erkennt, stoppt es die Messung, sendet einen langen Ton und die Meldung "**Isc > Ilim**" wird im Display angezeigt. Überprüfen Sie die Instrumentenverbindungen zu dem String+-Optimierern



6. **<u>Ilm Rapid Shutdown-Modus AUS,</u>** wenn das Gerät beim Drücken der **GO/STOP**-Taste eine Spannungs-VPN-Spannung **<15V** erkennt, stoppt es die Messung, sendet einen langen Ton und die Meldung "**V. Eingang < 15VDC**" wird auf dem Display angezeigt. Überprüfen Sie die Ausgangsspannung des Strings + Optimierer, die ≥15V betragen muss



6.7. DB – MODULDATENBANK

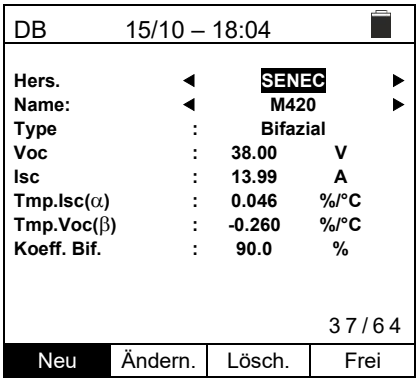
Das MessInstrument erlaubt, die Kenndaten von bis zu **64 verschiedenen PV-Modulen Monofazial oder Bifazial** plus einem (weder veränderbaren noch löschbaren) DEFAULT-Modul zu definieren und in der internen Datenbank des MessInstrumentes zu hinterlegen. Der DEFAULT-Modul kann als Bezugsmodul verwendet werden, wenn keine Informationen über den Modultyp zur Verfügung stehen.
Die Parameter, **bezüglich 1 Modul**, deren Definition eingestellt werden kann, sind in der Tabelle 1 unten aufgeführt, zusammen mit den Messbereichen, Auflösung und Gültigkeitsbedingungen.

Position	Beschreibung	Bereich	Auflösung	Anmerkung
Hers.	Name Modulhersteller	Max 15 Zeichen		Nur GROßBUCHSTABEN
Name	Modulname	Max 15 Zeichen		Nur GROßBUCHSTABEN
Type	Modultyp	Monofazial Bifazial		
Voc	Leerlaufspannung	15.00 ÷ 199.99V	0.01V	Voc ≥ Vmpp
Isc	Kurzschlussstrom	0.50 ÷ 40.00A	0.01A	Isc ≥ Impp
Vmpp	Spannung im Punkt der maximalen Leistung	15.00 ÷ 199.99V	0.01V	Voc ≥ Vmpp
Impp	Strom im Punkt der maximalen Leistung	0.50 ÷ 40.00A	0.01A	Isc ≥ Impp
Tmp.Isc (α)	Temperaturkoeffizient des Kurzschlussstroms Isc	-0.100÷0.100 %/°C	0.001%/°C	100*α/ Isc ≤ 0.1
Tmp.Isc (β)	Temperaturkoeffizient der Leerlaufspannung Voc	-0.999÷-0.001%/°C	0.001%/°C	100*β/Voc ≤ 0.999
Koeff. Bif.	Koeffizient der Bifazialität (Nur bifaziale Module)	0.0 ÷ 100.0%	0,1%	

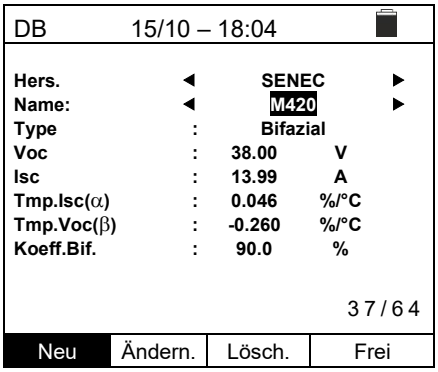
Tabelle 1: Parameter von einem PV Modul

6.7.1. Definition eines neuen PV-Moduls

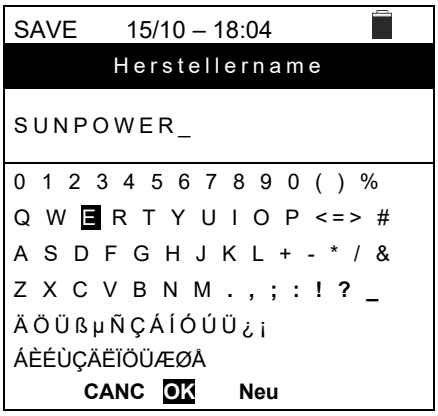
1. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **DB** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die Bildschirmseite, die den Typ vom ausgewählten Modul und die Werte der Parameter des Moduls (siehe Tabelle 1) angibt.



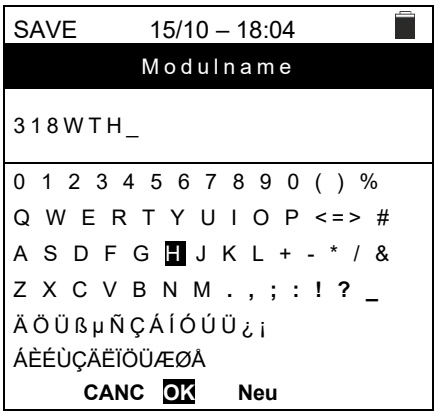
2. Mit den Pfeiltasten (◄ , ►) wählen Sie den Hersteller des Moduls (Feld "**Hers.**) und den Namen des Moduls (Feld "**Name**", die Listen der vorher definierten und abgespeicherten Modulen scrollen).



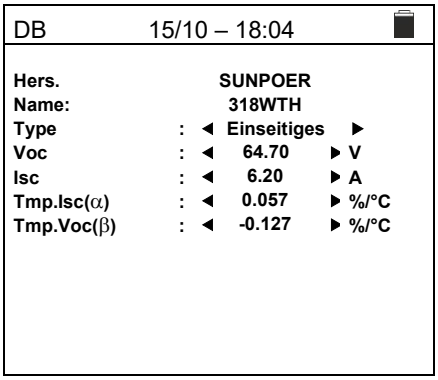
4. Wählen Sie “**Neu**” (das die Definition eines neuen Moduls ermöglicht) und bestätigen Sie mit **ENTER**. Mit den Pfeiltasten der virtuellen Tastatur, definieren Sie den Namen des Modulherstellers. Bestätigen Sie mit “**OK**”.



5. Mit den Pfeiltasten der virtuellen Tastatur, definieren Sie den Namen des Modulherstellers. Bestätigen Sie mit “**OK**””.



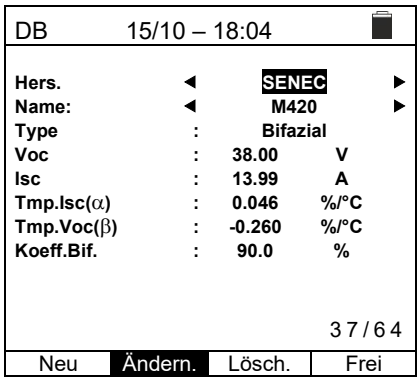
3. Geben sie den Wert jedes Parameters (siehe Tabelle 1) gemäß dem eventuellen Herstellerdatenblatt ein. Mit den Pfeiltasten (▲,▼), stellen Sie den Cursor auf den zu definierenden Parameter und geben Sie den entsprechenden Wert ein mit den Pfeiltasten (◀ , ▶). Zur Schnelleinstellung der Werte halten Sie die Tasten (◀ , ▶) gedrückt.
4. Drücken Sie **SAVE**, um die Einstellungen abzuspeichern. Mit **ESC/MENU** gelangen Sie ohne Abspeicherung ins vorhergehende Menü.



WARNUNG

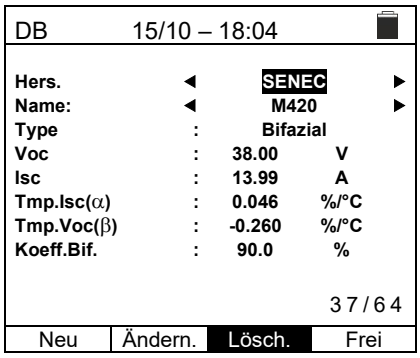
Nach Drücken der **SAVE**-Taste überprüft das MessInstrument die in der Tabelle 1 angeführten Werte. Falls dabei Widersprüche gefunden werden, erscheinen eine oder mehrere Fehlermeldungen im Display, wie im § 6.9 aufgelistet. Diese Fehler müssen korrigiert werden, damit die Einstellungen abgespeichert werden können.

6.7.2. Datenbank-Kenndatenänderung eines PV-Moduls



1. Wählen Sie das PV-Modul, dessen Daten in der Datenbank geändert werden sollen, mit den Pfeiltasten (◀ , ▶).
2. Wählen Sie "**Ändern**." mit der Pfeiltaste (▼) und bestätigen Sie mit **ENTER**
3. Mit der virtuellen Tastatur am Display kann mit den Pfeiltasten (▲,▼,◀,▶) den Modulnamen eventuell geändert werden. Bestätigen Sie mit "**OK"** am unteren Bildschirmrand, um auf die Auswahl der zu ändernden Parameter zuzugreifen. Drücken Sie **ENTER**, um das jeweilige Zeichen einzutippen.
4. Wenn Sie den geänderten Modulnamen fertig gestellt haben, drücken Sie **SAVE**

6.7.3. Datenbank-Kenndaten Löschung eines PV-Moduls



1. Wählen Sie das PV-Modul in der Datenbank mit den Pfeiltasten (◀ , ▶).
2. Drücken Sie **ENTER** und wählen Sie "**Lösch..**" mit der Pfeiltaste (▼), um das ausgewählte Modul zu löschen.
3. Bestätigen Sie mit **ENTER** und dann **ESC/MENU** zum Verlassen dieses Menüpunkts.
4. Die Stellung "**Frei**" gibt die Anzahl an Modulen, die noch in die Datenbank eingegeben werden können im Verhältnis zur Maximalanzahl (**64 Module**)

WARNUNG

Die Änderung oder Löschung des vorgegebenen DEFAULT Moduls ist nicht möglich.

6.8. IVCK - MESSUNGEN AN PV MODULEN UND STRINGS

6.8.1. Allgemeines

Diese Funktion führt eine Reihenfolge von Tests an einem PV-Modul/String durch, und misst dabei:

- **Leerlaufspannung Voc** des zu prüfenden PV-Strings/Moduls, gemessen unter **OPC** Bedingungen (**OP**erative **C**ondition), d.h. unter den tatsächlichen Bedingungen der Installation, mit oder ohne Messung der Einstrahlung und Temperatur.
- **Kurzschlussstrom Isc** gemäß Richtlinie IEC/EN62446-1 des zu prüfenden PV-Strings/Moduls, gemessen unter **OPC**-Bedingungen (**OP**erative **C**ondition), d.h. unter den tatsächlichen Bedingungen der Installation, mit oder ohne Messung der Einstrahlung und Temperatur.
- **Isolationswiderstand in DUAL**-Modus, mit Messung von den Werten R(+), R(-) und Rp (Parallelwiderstand)
- **Durchgangsprüfung der Schutzleiter mit 200mA**

WARNUNG

Verwenden Sie diese IVCK Funktion nicht an PV-Strings und PV-Modulen die MLPE Geräte einsetzen. (Microinverter, Leistungsoptimierer, oder rapid shutdown devices – RSD). Die Durchführung von gen an solchen Konfigurationen **kann Schaden am Messgerät als auch an den MLPE-Geräten verursachen (siehe § 11.5.3)**

WARNUNG

- Die Messmöglichkeiten "Isolationswiderstand" und "Durchgang von Schutzleitern" **kann deaktiviert werden** im IVCK-Test (siehe § 6.8.2)
- Wenn die Einstrahlungsstärkemessung auf **"OFF"-Modus** (siehe § 5.1.4) steht, erfolgt die Messungen von Voc und Isc **OHNE Messung von Einstrahlungsstärke und Temperatur**. In diesem Fall gibt das Gerät nur OPC-Werte an, vergleicht diese mit dem **Durchschnittswert** (gleitender Durchschnitt der letzten 10 Messungen) und zeigt das Ergebnis für einen Vergleich mit Durchschnittswerten an
- Wenn die Einstrahlungsmessung auf **"Direkt"-Modus** (siehe § 5.1.4) steht, kann **NUR im Monofaziale Module** gemessen werden
- Wenn die Einstrahlungsstärkemessung auf **"R. Ein."-Modus** (siehe § 5.1.4) steht, kann die Messung mit einer oder auch mehreren HT305 Referenzzellen durchgeführt werden (z. B. **bei Bifazialen Modulen**) und mit einem Temperaturfühler **PT305**, die mit der **SOLAR03** Remote Einheit verbunden sind, welcher die Daten in Echtzeit **über eine Bluetooth-Verbindung** an das Messgerät übermittelt
- Bei den Messungen von Voc und Isc **MIT Messung von Einstrahlung und Temperatur**, werden die OPC-Daten vom Instrument automatisch zu den **STC**-Bedingungen (**S**tandard **T**est **C**ondition – Einstrahlung = 1000W/m^2, Modultemperatur = 25°C, Spektralverteilung AM=1.5) hochgerechnet, damit sie zu den vom Modulhersteller erklärten Eigenschaften verglichen werden können
- Einstrahlungs- und Temperaturmessungen werden empfohlen, wenn instabile Einstrahlungsbedingungen vorliegen oder wenn ein Vergleich mit den vom Hersteller angegebenen Nennwerten des Moduls erforderlich ist. In diesem Fall liefert das Gerät direkt die @ STC Messergebnisse

WARNUNG

- Bei Strahlungsmessungen, die mit der/den Referenzzelle(n) **HT305** durchgeführt werden, **ist es nicht erforderlich**, die relative Empfindlichkeit und die Alpha-Werte einzustellen, die **automatisch** vom **SOLAR03** verwaltet werden, nachdem dieses Zubehör an die Ferneinheit angeschlossen wurde
- Wenn die Bluetooth-Verbindung zwischen dem Instrument und der Fernstation kritisch ist (große Distanz oder Übertragung durch Wände/Hindernisse), **wird empfohlen**, die Messungen auf STC-Bedingungen umzuwandeln, indem die **synchrone Aufzeichnung** der gelesenen Einstrahlungs-/Temperaturwerte aktiviert wird durch die SOLAR03-Einheit (siehe § 6.8.7)

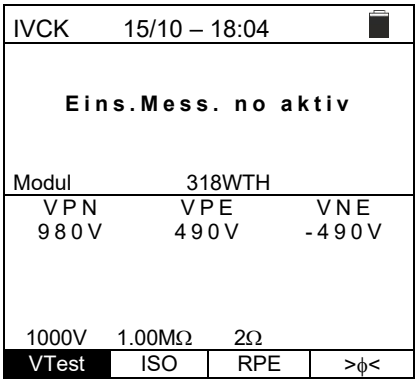
WARNUNG

- Der **empfohlene Mindestgrenzwert der Einstrahlung ist 700W/m²** → Das Instrument führt alle für den I-V Test vorgesehenen Prüfungen durch, verwaltet alle Bedingungen und die Fehlermeldungen des I-V Tests vor (falsche Mod.num., Temp. außer Bereich, Vorhandensein der Zelle, Mind. Einstr., usw.) und berechnet die Werte von Voc und Isc zu STC. Dieser Modus eignet sich, wenn Sie tiefergehende Prüfungen an den Modulen/Strings durchführen möchten
- Die Ergebnis-Seite beinhaltet:
  - Beschreibung der Module
  - Einstrahlungs- und Temperaturwerte (sofern verfügbar)
  - Mittelwerte von Voc und Isc, ermittelt aus dem Mittelwert der 10 letzten OPC-Messwerten der abgespeicherten Messungen. Sofern die Anzahl der abgespeicherten Messungen < 10 ist, werden nur die verfügbaren Messungen herangezogen. Die erste Messung wird noch im Feld “Mittelwerte” (“Average values”) keine Werte anzeigen, da keine vorherigen Messungen vorliegen, aus denen ein Mittelwert berechnet werden könnte.Die Werte von Voc und Isc gemessen unter OPC (OPerating Conditions) sowie jegliche Teilergebnisse (sofern STC-Werte nicht vorliegen), die durch Vergleich mit den Mittelwerten ermittelt wurden.
  - Die Werte von Voc und Isc gemessen unter STC (sofern verfügbar) sowie jegliche Teilergebnisse, die durch Vergleich mit den berechneten STC-Werten und den Nennwerten (hinterlegt in der DB-Moduldatenbank) ermittelt wurden.
  - **Das Gesamtergebnis (OK(NO). Das Gesamtergebnis wird auf der Grundlage der Teilergebnisse berechnet, die auf der Grundlage der STC-Teilergebnisse (falls diese verfügbar sind) oder auf der Grundlage der OPC-Teilergebnisse (falls die STC-Werte nicht verfügbar sind) erhalten wurden**
  - **Das Instrument wird kein Gesamtergebnis anzeigen, sofern keine Teilergebnisse verfügbar sind**

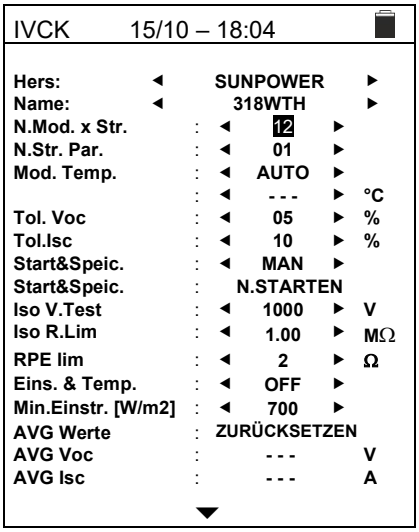
6.8.2. IVCK-Test ohne Fernstation und ohne Bestrahlungsstärkemessung

WARNUNG

- Die höchste zulässige Spannung zwischen den Eingängen P, N E und C ist 1000VDC. Versuchen Sie nicht, Spannungen zu messen, die die Grenzwerte, die in diesem Handbuch angegebenen werden, überschreiten.
- Messen Sie keine PV-Module oder Strings, die am DC/AC Leitungsschalter angeschlossen sind
- **Der größte, mit dem MessInstrument messbare Strom ist 30A-DC**
- Die Richtlinie IEC/EN62446-1 erfordert die Durchführung von Messungen String nach String. Auch wenn das Instrument höhere Ströme an parallel geschalteten Strings bewältigen kann, wird **empfohlen**, **jeweils nur einen einzelnen String** gemäß den Vorschriften der Norm zu testen.



1. Wählen Sie den Modus „**OFF**“ im Abschnitt „**Eins.&Temp.**“ (siehe § 5.1.4)
2. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **IVCK** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite. Die Meldung “**Eins. Mess no aktiv**” zeigt an, dass keine Einstrahlungsmessung erwartet wird. Es werden die folgenden Parameter angezeigt:
   - **VTest** → Testspannung bei der Isolationsmessung
   - **ISO** → Mindestgrenzwert bei der Isolationsmessung
   - **RPE** → Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung
   - **>ϕ<** → Kalibrationswiderstand der Kabel in RPE
   - Spannungswerte VPN, VPE und VNE



3. **<u>Mit den Pfeiltasten (▼)</u>** gelangen Sie zur Einstellung der Messparameter. Die nebenstehende Bildschirmseite erscheint im Display. Mit den Pfeiltasten (◀, ▶) stellen Sie die Werte ein. Es stehen folgende Optionen zur Verfügung:
   - **Hers.** → Stellen sie den Namen des Herstellers (max 50 Zeichen) ein, der in der internen DB
   - **Namen** → Stellen Sie den Namen des Moduls (max 50) ein, der in der internen DB
   - **N. Mod x Str.** → Stellen Sie die Anzahl an Modulen des Strings im Bereich ein: **1 ÷ 60**
   - **N. Str Par.** → Stellen Sie die Anzahl an parallel geschalteten Strings im Bereich ein: **1 ÷ 10**
   - **Mod. Temp** → Stellen Sie den Messmodus der Temperatur der Module unter den Optionen ein:
     - **AUTO** → Temperatur berechnet vom Instrument auf Grundlage der Messung von Voc (keine Probe verbunden) – **empfohlene Option**
     - **MESS.** → Temperatur gemessen durch mit Fernstation verbundener Probe PT305
     - **MAN** → Manuelle Einstellung der Modultemperatur, wenn bekannt, im folgenden Bereich
   - **Tol. Voc** → Stellen Sie die prozentuale Toleranz bei Voc Messung im Bereich ein: **1% ÷ 15% (typisch 5%)**
   - **Tol. Isc** → Stellen Sie die prozentuale Toleranz bei Isc Messung im Bereich ein: **1% ÷ 15% (typisch 10%)**

- **Start&Speic.** → Stellen Sie den Autostart-Funktionsmodus zwischen den Optionen ein: **AUTO (Funktion aktiv) oder MAN (Funktion nicht aktiv)**
- **Start&Speic. → NEU STARTEN** → Drücken Sie die **SAVE**-Taste und bestätigen Sie den Neustart des Tests nur, wenn bereits eine AutoSave-Sequenz ausgeführt wird und Sie die Marker ändern möchten, mit denen die nachfolgenden Messungen verknüpft werden und die gespeichert werden sollen
- **Iso V. Test** → Stellen Sie die Testspannung bei der Isolationsmessung, unter den Optionen ein: **OFF (keine Messung), 250V, 500V, 1000VDC**
- **Iso R.Lim** → Stellen Sie den Mindestgrenzwert für die Isolationsmessung unter den Werten ein: **0.05,0.10,0.23,0.25,0.50,1.00,50MΩ**
- **RPE Lim** → Stellen sie den Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung unter den Werten ein: **OFF (keine Messung), 1,2,3,4,5Ω**
- **Eins. & Temp.** → Einstellen der Bestrahlungsstärkemessung für die IVCK-Messung mit der Option „**OFF**“ (siehe § 5.1.4)
- **Min. Einstr. [W/m2]** → Einstellen der Mindestbestrahlungsschwelle (für die Modus „Direkt“ und „R. Ein.“) (siehe § 5.1.4)
- **AVG-Werte** → Die Funktion “**ZURÜCKSETZEN**” ermöglicht die Nullstellung der Durchschnittswerte der Parameter Voc und Isc, bevor eine neue Messung gestartet wird
- **AVG Voc, AVG Isc** → Durchschnittswerte von Voc und Isc bei den 10 vorab abgespeicherten Messwerten.

4. Drücken Sie die Taste **SAVE** zur Bestätigung der Einstellungen
5. Wenn nötig, wählen sie die Option “**>ϕ<**” und bestätigen Sie mit **ENTER**. Führen Sie eventuell die Operation durch, wie im § 6.3.1 beschrieben.
6. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu messenden PV-Modul/String und eventuell mit dem Haupt-Erdungsknoten des Systems und mit geerdeten Metall-Massen, wie in der
7. Abb. 11 gezeigt. Beachten Sie, dass der Minuspol am Ausgang des PV-Moduls/Strings an den Anschluss N und der Pluspol am Ausgang des PV-Moduls/Strings an den Anschluss P angeschlossen werden muss.

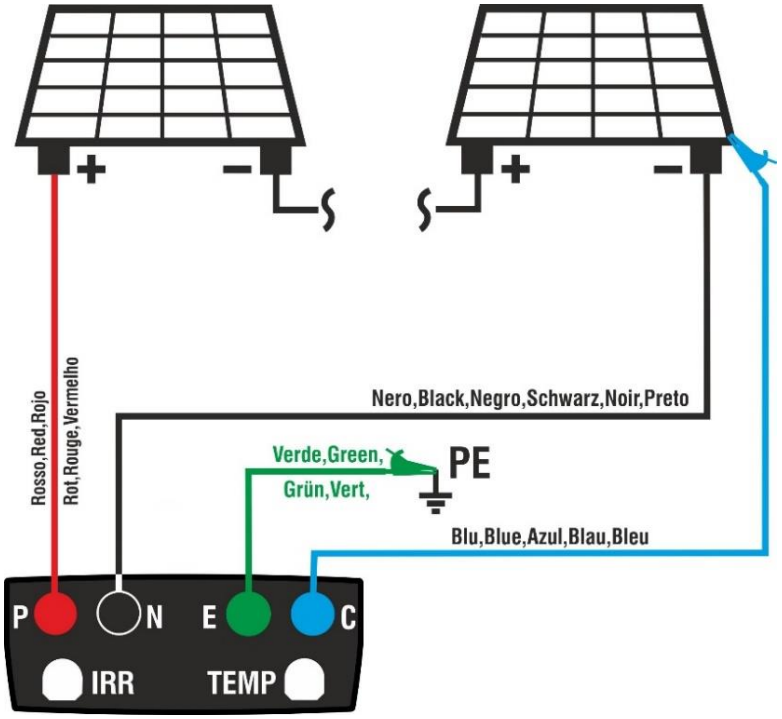


Abb. 11: Verbindung für IVCK-Tests ohne Fernstation und ohne Bestrahlungsstärkemessung

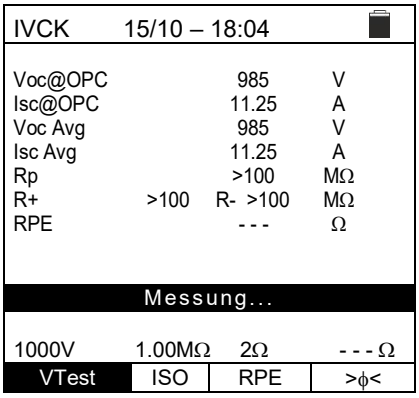
WARNUNG

Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.9), ohne dass das Messinstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen.

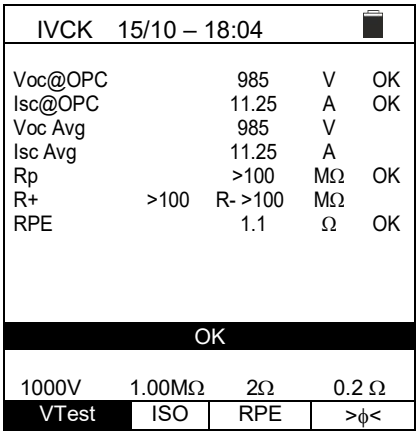
WARNUNG

Bei Tests mit einer **Anzahl N>1 parallel geschalteter Strings,** Der **maximaler Strom messbare vom Instrument beträgt 30A/N**

8. Drücken Sie **GO/STOP** zum Starten des Tests. Wenn keine Fehlermeldungen erscheinen, zeigt das Instrument die Meldung "**Messung…**" und die Messung der Leerlaufspannung zwischen den Anschlüssen P und N und des Kurzschlussstroms (für Isc Werte ≤30A) beginnt.



9. Am Ende der Messung von Voc@OPC und Isc@OPC wird die Meldung "OK" gezeigt, wenn das Ergebnis des Tests positiv ist (**gemessene Werte innerhalb der am Instrument eingestellten Toleranzbereiche**).
10. Mit ausgewählter Isolationsmessung setzt das Instrument den Test fort. Dabei hält das Instrument die Anschlüsse P und N in Kurzschluss und misst zwischen diesem Punkt und dem Anschluss E für die notwendige Zeit, um ein stabiles Ergebnis zu erhalten. Der Wert des Isolationswiderstands wird im Feld "Rp" angezeigt (Widerstand der Parallelschaltung zwischen den Werten R+ und R-) und die Meldung "OK" erscheint, wenn das Ergebnis des Tests positiv ist (**gemessener Wert höher als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**).
11. Mit ausgewählter Durchgangsprüfung setzt das Instrument den Test fort. Dabei öffnet das Instrument den Kurzschluss und misst zwischen dem Anschluss **E** und **C**. Der Widerstandswert bei der Durchgangsmessung wird im Feld "RPE" gezeigt, zusammen mit der Meldung "OK" bei positivem Testergebnis (**gemessener Wert niedriger als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**).
12. Die Meldung "**OK**" wird dann vom Instrument angezeigt, wenn das Ergebnis aller durchgeführten Tests positiv ist. Zur Interpretation der Ergebnisse siehe § 6.7.5



13. Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (§ 7.1) oder **ESC/MENU**, um ohne Messergebnisspeicherung zum Hauptbildschirm der Messung zurückzugelangen.

WARNUNG

- Die Mittelwerte von Voc und Isc werden auf der Ergebnis-Seite angezeigt. Diese Werte beinhalten die **Durchschnittswerte von Voc und Isc unter OPC-Bedingungen, berechnet als Mittelwert der 10 letzten abgespeicherten Messwerten.** Sofern der Benutzer weniger als 10 Messungen oder einen Reset der Durchschnittswerte durchgeführt hat, wird der angezeigte Mittelwert der Messung N+1 aus den N verfügbaren Werten ermittelt.
- In diesem Betriebsmodus sind die vorab berechneten Durchschnittswerte besonders wichtig. Im Falle einer neuen Serie von Messungen mit signifikanten Änderungen der Einstrahlung oder der Temperatur **ist es empfehlenswert**, die Bezugsdurchschnittswerte auf null zu stellen (**Befehl** "**ZURÜCKSETZEN**"), um eine Neuberechnung auf Grundlage der neuen Messungen zu erhalten. Die Durchschnittswerte werden sowieso auf Null gestellt, wenn der Benutzer die Anzahl an Modulen und/oder Strings ändert.

6.8.3. IVCK-Test ohne Fernstation und Bestrahlungsstärkemessung im Direktmodus

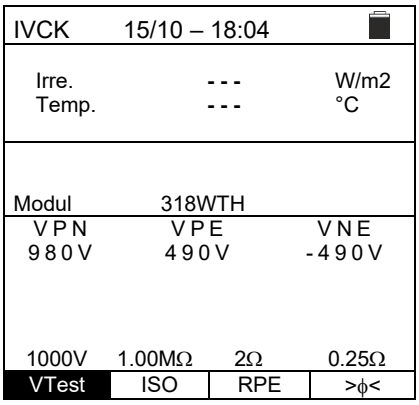
WARNUNG

- Die höchste zulässige Spannung zwischen den Eingängen P, N E und C ist 1000VDC. Versuchen Sie nicht, Spannungen zu messen, die die Grenzwerte, die in diesem Handbuch angegebenen werden, überschreiten.
- Messen Sie keine PV-Module oder Strings, die am DC/AC Leitungsschalter angeschlossen sind
- **Der größte, mit dem MessInstrument messbare Strom ist 30A-DC**
- Die Richtlinie IEC/EN62446-1 erfordert die Durchführung von Messungen String nach String. Auch wenn das Instrument höhere Ströme an parallel geschalteten Strings bewältigen kann, wird **empfohlen**, **jeweils nur einen einzelnen String** gemäß den Vorschriften der Norm zu testen.

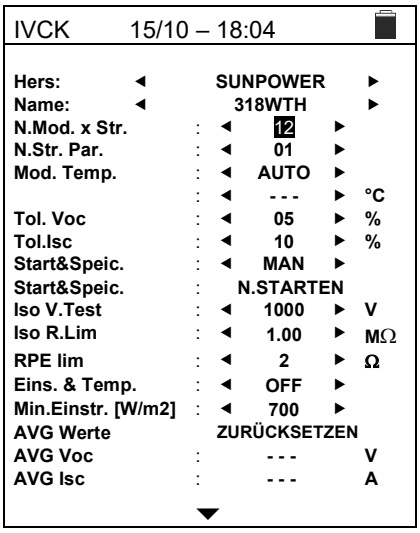
WARNUNG

Dieser Modus es ist gültig NUR für Monofazial Module

1. Wählen Sie den Modus „**Direkt**“ im Abschnitt „**Eins.&Temp.**“ (siehe § 5.1.4)
2. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **IVCK** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite:
   - **Irre.** → Bestrahlungswerte, gemessen von der HT305-Zelle, die an den „IRR“-Eingang angeschlossennts
   - **Temp.** → Temperaturwert des Moduls mit PT305-Sonde, die an den „**TEMP**“-Eingang angeschlossen des Instrument, oder mit Temperaturmessung im „Auto“-Modus ohne angeschlossene externe Sonde
   - **VTest** → Testspannung bei der Isolationsmessung
   - **ISO** → Mindestgrenzwert bei der Isolationsmessung
   - **RPE** → Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung
   - **>ϕ<** → Kalibrationswiderstand der Kabel in RPE
   - Spannungswerte VPN, VPE und VNE

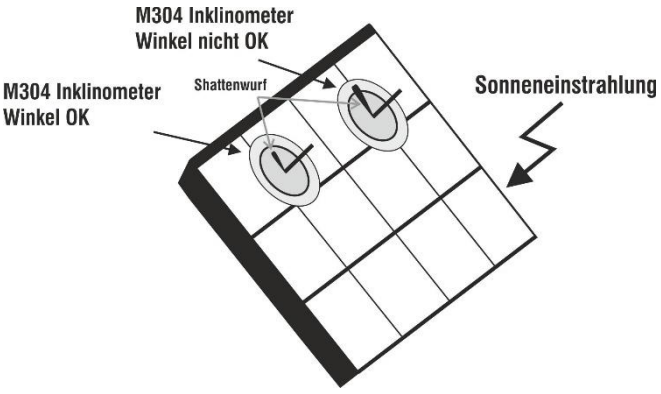


3. **<u>Mit den Pfeiltasten (▼)</u>** gelangen Sie zur Einstellung der Messparameter. Die nebenstehende Bildschirmseite erscheint im Display. Mit den Pfeiltasten (◀, ▶) stellen Sie die Werte ein. Es stehen folgende Optionen zur Verfügung:
   - **Hers.** → Stellen sie den Namen des Herstellers (max 50 Zeichen) ein, der in der internen DB
   - **Namen** → Stellen Sie den Namen des Moduls (max 50) ein, der in der internen DB
   - **N. Mod x Str.** → Stellen Sie die Anzahl an Modulen des Strings im Bereich ein: **1 ÷ 60**
   - **N. Str Par.** → Stellen Sie die Anzahl an parallel geschalteten Strings im Bereich ein: **1 ÷ 10**



- **Mod. Temp** → Stellen Sie den Messmodus der Temperatur der Module unter den Optionen ein:
  - **AUTO** → Temperatur berechnet vom Instrument auf Grundlage der Messung von Voc (keine Probe verbunden) – **empfohlene Option**
  - **MESS.** → Temperatur gemessen durch mit Fernstation verbundener Probe PT305
  - **MAN** → Manuelle Einstellung der Modultemperatur, wenn bekannt, im folgenden Bereich
- **Tol. Voc** → Stellen Sie die Toleranz bei Voc Messung im: **1% ÷ 15% (typisch 5%)**
- **Tol. Isc** → Stellen Sie die Toleranz bei Isc Messung im: **1% ÷ 15% (typisch 10%)**
- **Start&Speic.** → Stellen Sie den Autostart-Funktionsmodus zwischen den Optionen ein: **AUTO (Funktion aktiv) oder MAN (Funktion nicht aktiv)**
- **Start&Speic. → NEU STARTEN** → Drücken Sie die **SAVE**-Taste und bestätigen Sie den Neustart des Tests nur, wenn bereits eine AutoSave-Sequenz ausgeführt wird und Sie die Marker ändern möchten, mit denen die nachfolgenden Messungen verknüpft werden und die gespeichert werden sollen
- **Iso V. Test** → Stellen Sie die Testspannung bei der Isolationsmessung, unter den Optionen ein: **OFF (keine Messung), 250V, 500V, 1000VDC**
- **Iso R.Lim** → Stellen Sie den Mindestgrenzwert für die Isolationsmessung unter den Werten ein: **0.05,0.10,0.23,0.25,0.50,1.00,50MΩ**
- **RPE Lim** → Stellen sie den Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung unter den Werten ein: **OFF (keine Messung), 1,2,3,4,5Ω**
- **Eins. & Temp.** → Einstellen der Bestrahlungsstärkemessung für die IVCK-Messung mit der Option „**Direkt**“ (siehe § 5.1.4)
- **Min. Einstr. [W/m2]** → Einstellen der Mindestbestrahlungsschwelle (für die Modus „Direkt“ und „R. Ein.“) (siehe § 5.1.4)
- **AVG-Werte** → Die Funktion “**ZURÜCKSETZEN**” ermöglicht die Nullstellung der Durchschnittswerte der Parameter Voc und Isc, bevor eine neue Messung gestartet wird
- **AVG Voc, AVG Isc** → Durchschnittswerte von Voc und Isc bei den 10 vorab abgespeicherten Messwerten.

4. Drücken Sie die Taste **SAVE** zur Bestätigung der Einstellungen
5. Wenn nötig, wählen sie die Option “**>ϕ<**” und bestätigen Sie mit **ENTER**. Führen Sie eventuell die Operation durch, wie im § 6.3.1 beschrieben
6. Setzen Sie den Ständer auf die Scheibe des optionalen Zubehörteils **M304** und legen Sie ihn auf die Oberfläche des Moduls. **Überprüfen Sie, dass der auf die Scheibe geworfene Schatten des Ständers innerhalb des “konzentrischen Grenzkreises” innerhalb der Scheibe selbst liegt (siehe nebenstehende Abbildung).** Andernfalls ist der Winkel zwischen den Sonnenstrahlen und der Oberfläche des Moduls zu groß und daher sind die vom Instrument durchgeführten Abmessungen NICHT als zuverlässig zu betrachten. Wiederholen Sie die Vorgänge zu anderen Tageszeiten.



7. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu messenden PV-Modul/String und eventuell mit dem Haupt-Erdungsknoten des Systems und mit geerdeten Metall-Massen, wie in der Abb. 12 gezeigt. Insbesondere schließen Sie den Minuspolausgang vom Modul/Strang an die N-Klemme an, den Pluspolausgang vom Modul/Strang an die P-Klemme, die HT305-Referenzzelle an **der Vorderseite des Moduls** und den PT305-Temperaturfühler (sofern vorhanden) an der Rückseite des Moduls...

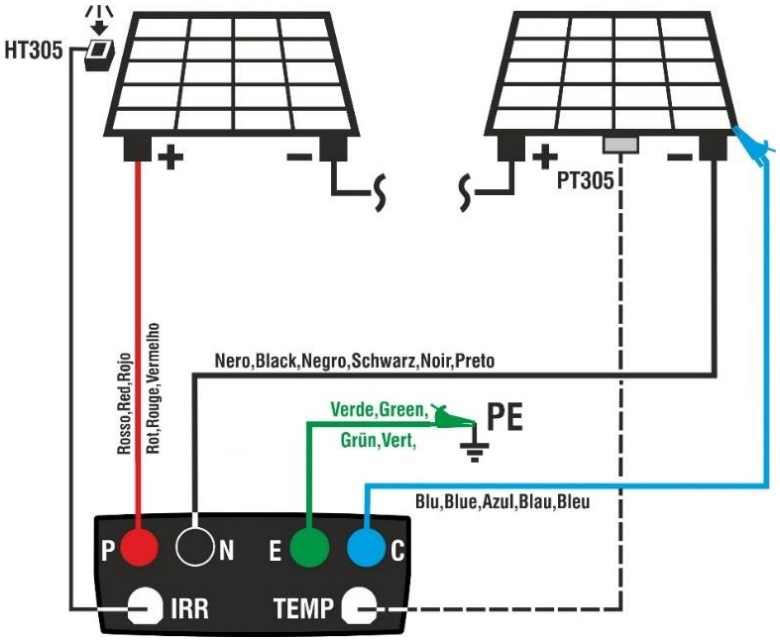


Abb. 12: Verbindung für IVCK-Tests ohne Fernstation und Bestrahlungsstärkemessung im Direktmodus

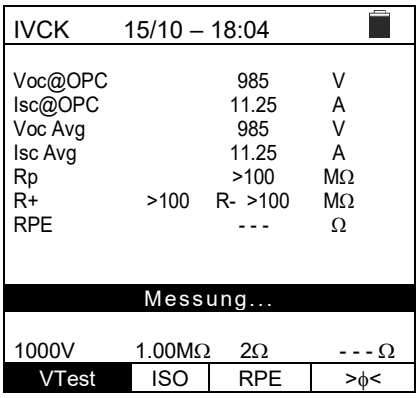
WARNUNG

Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.9), ohne dass das Messinstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen.

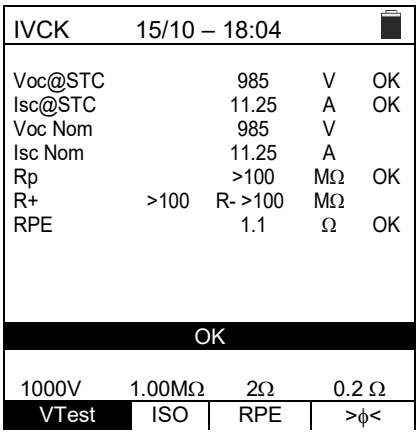
WARNUNG

Bei Tests mit einer **Anzahl N>1 parallel geschalteter Strings,** Der **maximaler Strom messbare vom Instrument beträgt 30A/N**

8. Drücken Sie **GO/STOP** zum Starten des Tests. Wenn keine Fehlermeldungen erscheinen, zeigt das Instrument die Meldung "**Messung…**" und die Messung der Leerlaufspannung zwischen den Anschlüssen P und N und des Kurzschlussstroms (für Isc Werte ≤30A) beginnt.



9. Am Ende der Messung von Voc und Isc wird die Meldung “OK” gezeigt, wenn das Ergebnis des Tests positiv ist (**gemessene Werte innerhalb der am Instrument eingestellten Toleranzbereiche**). Die folgenden Parameter werden angezeigt:
   - Voc Spannung unter STC-Bedingungen mit zugehörigem Ergebnis
   - Isc Strom unter STC-Bedingungen mit zugehörigem Ergebnis
   - Nennwert der Spannung Voc@STC
   - Nennwert des Stroms Isc@STC



10. Mit ausgewählter Isolationsmessung setzt das Instrument den Test fort. Dabei hält das Instrument die Anschlüsse P und N in Kurzschluss und misst zwischen diesem Punkt und dem Anschluss E für die notwendige Zeit, um ein stabiles Ergebnis zu erhalten. Der Wert des Isolationswiderstands wird im Feld “Rp” angezeigt (Widerstand der Parallelschaltung zwischen den Werten R+ und R-) und die Meldung “OK” erscheint, wenn das Ergebnis des Tests positiv ist (**gemessener Wert höher als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**)
11. Mit ausgewählter Durchgangsprüfung setzt das Instrument den Test fort. Dabei öffnet das Instrument den Kurzschluss und misst zwischen dem Anschluss **E** und **C**. Der Widerstandswert bei der Durchgangsmessung wird im Feld “RPE” gezeigt, zusammen mit der Meldung “OK” bei positivem Testergebnis (**gemessener Wert niedriger als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**).
12. Die Meldung “**OK**” wird dann vom Instrument angezeigt, wenn das Ergebnis aller durchgeführten Tests positiv ist. Zur Interpretation der Ergebnisse siehe § 6.7.5
13. Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (§ 7.1) oder **ESC/MENU**, um ohne Messergebnisspeicherung zum Hauptbildschirm der Messung zurückzugelangen
14. Zur Interpretation der Ergebnisse siehe § 6.8.7

6.8.4. IVCK-Test mit Fernstation im direkten Zusammenhang

WARNUNG

- Prüfen Sie, dass eine Fernstation aktuell aktiviert ist. Folgen Sie dem Verbindungsverfahren, die im § 6.2 beschrieben ist.
- Die höchste zulässige Spannung zwischen den Eingängen P, N E und C ist 1000 VDC. Versuchen Sie nicht, Spannungen zu messen, die die Grenzwerte, die in diesem Handbuch angegebenen werden, überschreiten.
- Messen Sie keine PV-Module oder Strings, die am DC/AC Leitungsschalter angeschlossen sind.
- **Der größte, mit dem Messinstrument messbare Strom ist 30A**
- Die Richtlinie IEC/EN62446-1 erfordert die Durchführung von Messungen **String nach String**. Auch wenn das Instrument höhere Ströme an parallel geschalteten Strings bewältigen kann, wird **empfohlen**, **jeweils nur einen einzelnen String** gemäß den Vorschriften der Norm zu testen.

1. Wählen Sie den Modus „**R. Ein.**“ im § „**Einstrahlung & Temperatur**“ (siehe § 5.1.4)
2. Schalten Sie das Instrument ein und wählen Sie im Hauptmenü die Option **UREM**, um die SOLAR03-Ferneinheit über Bluetooth zu koppeln und zu verbinden, wie in § 6.2 gezeigt
3. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu messenden PV-Modul/String und eventuell mit dem Haupt-Erdungsknoten des Systems und mit geerdeten Metall-Massen, wie in der Abb. 13 gezeigt. Insbesondere:

   - Verbinden Sie den Minuspol am Ausgang des PV-Moduls/Strings an den Anschluss **N** und den Pluspol am Ausgang des PV-Moduls/Strings an den Anschluss **P**.
   - **Bei monofazialen Modulen** → stellen Sie die Referenzzelle **HT305** auf die Frontfläche des Moduls **(F)** und am Eingang “**INP1**” und **eventuell** die Temperaturprobe **PT305** am Eingang “**INP4**” der Fernstation
   - **Bei bifazialen Modulen** → stellen Sie die **3 Bezugszellen HT305** auf die Frontfläche des Moduls **(F)**, auf die obere Rückseite (**BH**=**B**ack**H**igh) und auf die untere Rückseite (**BL**=**B**ack**L**ow) des Moduls. Verbinden sie die vordere Bezugszelle (F) am Eingang “**INP1**”, die Bezugszelle BH am Eingang “**INP2**”, die Bezugszelle BL am Eingang “**INP3**” und **eventuell** die Temperaturprobe **PT305** am Eingang “**INP4**” der Fernstation. Gemäß IEC/EN60904-1-2 berechnet das Instrument den Wert der äquivalenten frontalen Einstrahlungsstärke (**Irreq**), der der Einstrahlungsstärke nur auf der Frontseite entspricht, die die gleichen Auswirkungen hat wie die auf beiden Seiten gemessene Einstrahlungsstärke, wobei der **Bifazialitäts-Koeffizient** (φ) des Moduls gemäß der folgenden Beziehung berücksichtigt wird:

     $$Irr_{Eq} = Irr_F + \varphi \times Irr_R$$

     In welchem Irr_R = min (IrrBB, IrrBT)

4. Wenn nötig, wählen sie die Option “**>ϕ<**” und bestätigen Sie mit **ENTER**. Führen Sie eventuell die Kalibration der Kabel durch, wie im § 6.3.1 beschrieben.

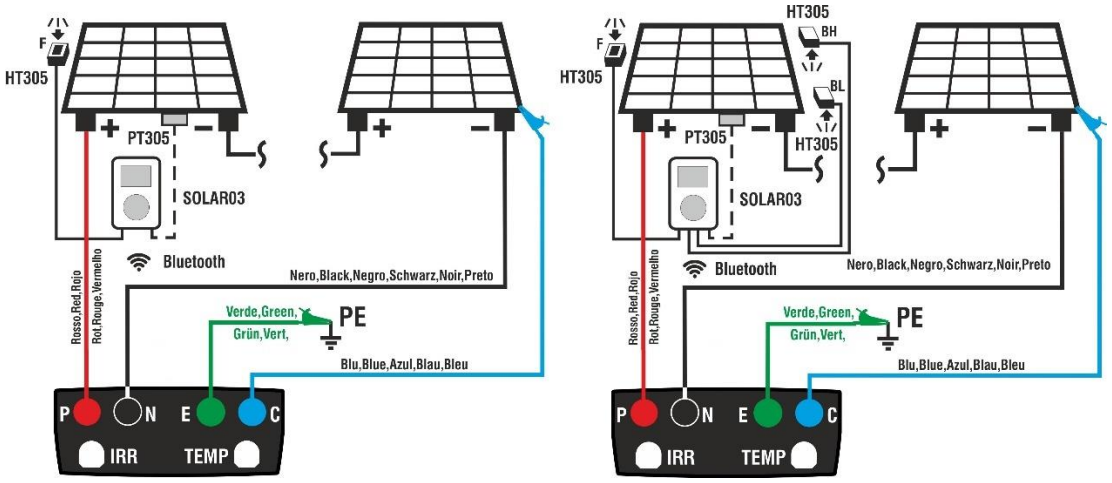


Abb. 13: Verbindung mit Fernstation im direkten an Monofazialen und Bifazialen Modulen

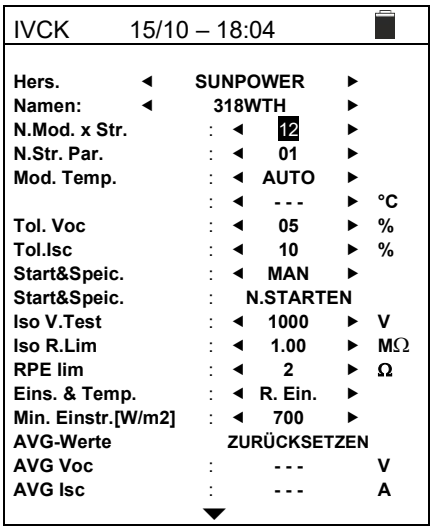
5. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **IVCK** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite: Es werden die folgenden Parameter angezeigt bei Monofazialen Modulen
   - **Irr.** → Einstrahlungswerte, die durch die mit der Fernstation verbundene Zelle HT305 gemessen wurden
   - **Temp.** → Temperaturwert des Moduls
   - **Fernstation** → Angaben über Seriennummer, Verbindungszustand "((1))"
   - **VTest** → Testspannung bei der Isolationsmessung
   - **ISO** → Mindestgrenzwert bei der Isolationsmessung
   - **RPE** → Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung
   - **>ϕ<** → Wert des Kalibrationswiderstands der Kabel bei Durchgangsprüfung
   - Spannungswerte VPN, VPE und VNE

IVCK	15/10 – 18:04		
Irre.	**920**		W/m2
Temp.	**54.7**		°C
SOLAR03	23051203	((1))	
Modul:	318WTH		
VPN	VPE	VNE	
980V	490V	-490V	
1000V	1.00MΩ	2Ω	0.25Ω
VTest	ISO	RPE	>ϕ<

6. Es werden die folgenden Parameter angezeigt bei Bifazialen Modulen
   - **Irr.** → Einstrahlungswerte die durch die mit der Fernstation verbundene Zelle HT305 gemessen wurden (**Front** = Vorderseite, **Btop** = hinterer oberer Teil, **Bbot** = hinterer unterer Teil)
   - **Temp.** → Temperaturwert des Moduls
   - **Fernstation** → Angaben über Seriennummer, Verbindungszustand "((1))"
   - **VTest** → Testspannung bei der Isolationsmessung
   - **ISO** → Mindestgrenzwert bei der Isolationsmessung
   - **RPE** → Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung
   - **>ϕ<** → Wert des Kalibrationswiderstands der Kabel bei Durchgangsprüfung
   - Spannungswerte VPN, VPE und VNE

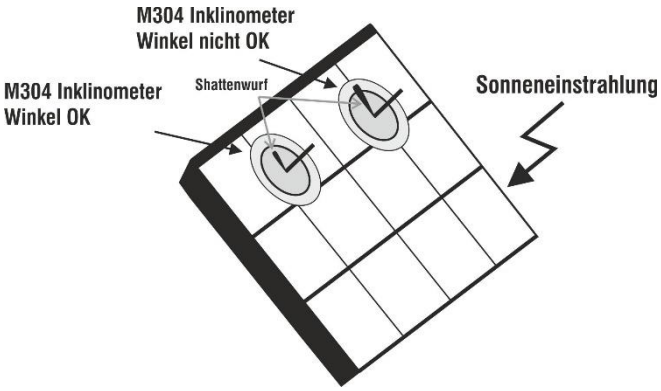
IVCK	15/10 – 18:04			
	Front	**Btop**	**Bbot.**	
Irr.	**920**	**125**	**95**	W/m2
Temp.	**54.7**			°C
SOLAR03	23051203	((1))		
Modul:	JKM575N-72HL4-BDV			
VPN	VPE	VNE		
980V	490V	-490V		
1000V	1.00MΩ	2Ω	0.25Ω	
VTest	ISO	RPE	>ϕ<	

7. **<u>Mit den Pfeiltasten (▼) gelangen</u>** Sie zur Einstellung der Messparameter. Die nebenstehende Bildschirmseite erscheint im Display. Mit den Pfeiltasten (◀, ▶) stellen Sie die Werte ein. Es stehen folgende Optionen zur Verfügung:



   - **Hers.** → Stellen sie den Namen des Herstellers (max 50 Zeichen) ein, der in der internen Datenbank vorhanden ist.
   - **Namen** → Stellen Sie den Namen des Moduls (max 50) ein, der in der internen Datenbank vorhanden ist. Wenn, bei Eingabe in die Datenbank, der Modul als "**Bifazial**" definiert wurde, werden das Instrument und die Fernstation automatisch 3 Einstrahlwerte ablesen.
   - **N. Mod x Str.** → Stellen Sie die Anzahl an Modulen des Strings ein: **1 ÷ 60**
   - **N. Str. Par.** → Stellen Sie die Anzahl an parallel geschalteten Strings ein: **1 ÷ 10**
   - **Mod. Temp** → Stellen Sie den Messmodus der Temperatur der Module unter den Optionen ein:
     - **AUTO** → Temperatur berechnet vom Instrument auf Grundlage der Messung von Voc (keine Probe verbunden) – **empfohlene Option**
     - **MESS** → Temperatur gemessen durch mit Fernstation verbundener Probe PT305
     - **MAN** → Manuelle Einstellung der Modultemperatur, wenn bekannt, im folgenden Bereich
   - **Tol. Voc** → Stellen Sie die prozentuale Toleranz bei Voc ein:**1%÷ 15% (typisch 5%)**
   - **Tol. Isc** → Stellen Sie die prozentuale Toleranz bei Isc Messung im Bereich ein: **1% ÷ 15% (typisch 10%)**
   - **Start&Speic.** → Stellen Sie den Autostart-Funktionsmodus zwischen den Optionen ein: **AUTO (Funktion aktiv) oder MAN (Funktion nicht aktiv)**
   - **Start&Speic. → NEU STARTEN** → Drücken Sie die **SAVE**-Taste und bestätigen Sie den Neustart des Tests nur, wenn bereits eine AutoSave-Sequenz ausgeführt wird und Sie die Marker ändern möchten, mit denen die nachfolgenden Messungen verknüpft werden und die gespeichert werden sollen
   - **Iso V. Test** → Stellen Sie die Testspannung bei der Isolationsmessung, unter den Optionen ein: **OFF (keine Messung), 250V, 500V, 1000VDC**
   - **Iso R.Lim** → Stellen Sie den Mindestgrenzwert für die Isolationsmessung unter den Werten ein: **0.05,0.10,0.23,0.25,0.50,1.00,50MΩ**
   - **RPE Lim** → Stielen sie den Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung unter den Werten ein: **OFF (keine Messung), 1,2,3,4,5Ω**
   - **Eins. & Temp.** → Einstellen der Bestrahlungsstärkemessung für die IVCK-Messung mit der Option „**R.Ein.**" (siehe § 5.1.4)
   - **Min. Einstr. [W/m2]** → Einstellen der Mindestbestrahlungsschwelle (für die Modus „Direkt" und „R. Ein.") (siehe § 5.1.4)
   - **AVG-Werte** → Die Funktion "**ZURÜCKSETZEN**" ermöglicht die Nullstellung der Durchschnittswerte der Parameter Voc und Isc, bevor eine neue Messung gestartet wird
   - **AVG Voc, AVG Isc** → Durchschnittswerte von Voc und Isc bei den 10 vorab abgespeicherten Messwerten
8. Drücken Sie die Taste **SAVE**, um die Einstellungen zu speichern und zur Hauptseite zurückzukehren.

9. Setzen Sie den Ständer auf die Scheibe des optionalen Zubehörteils **M304** und legen Sie ihn auf die Oberfläche des Moduls. **Überprüfen Sie, dass der auf die Scheibe geworfene Schatten des Ständers innerhalb des "konzentrischen Grenzkreises" innerhalb der Scheibe selbst liegt (siehe nebenstehende Abbildung).** Andernfalls ist der Winkel zwischen den Sonnenstrahlen und der Oberfläche des Moduls zu groß und daher sind die vom Instrument durchgeführten Abmessungen NICHT als zuverlässig zu betrachten. Wiederholen Sie die Vorgänge zu anderen Tageszeiten.



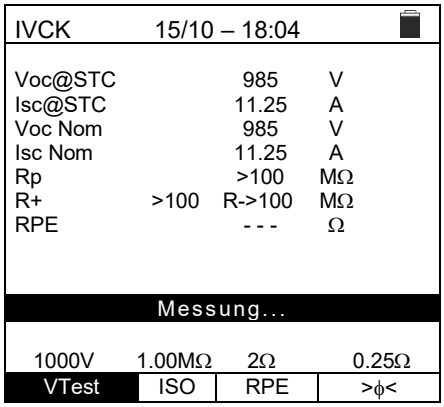
WARNUNG

Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.9), ohne dass das Messinstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen.

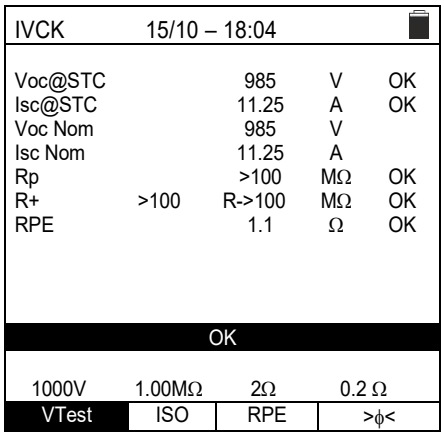
WARNUNG

Bei Tests mit einer **Anzahl N>1 parallel geschalteter Strings,** Der **maximaler Strom messbare vom Instrument beträgt 30A/N**

10. Drücken Sie **GO/STOP** zum Starten des Tests. Wenn keine Fehlermeldungen erscheinen, zeigt das Instrument die Meldung "**Messung…**" und die Messung der Leerlaufspannung zwischen den Anschlüssen P und N und des Kurzschlussstroms (für Isc Werte ≤30A) beginnt.



11. Bei direkter Verbindung zwischen Instrument und Fernstation wird am Ende der Messung von Voc und Isc die Meldung "OK" gezeigt, wenn das Ergebnis des Tests positiv ist (**gemessene Werte innerhalb der am Instrument eingestellten Toleranzbereiche**). Es werden die folgenden Parameter angezeigt:
   - Voc Spannung bei STC-Bedingungen, mit Ergebnis
   - Isc Strom bei STC-Bedingungen, mit ativem Ergebnis
   - Nennwert der Spannung Voc@STC
   - Nennwert des Stroms Isc@STC



12. Mit ausgewählter Isolationsmessung setzt das Instrument den Test fort. Dabei hält das Instrument die Anschlüsse P und N in Kurzschluss und misst zwischen diesem Punkt und dem Anschluss E für die notwendige Zeit, um ein stabiles Ergebnis zu erhalten. Der Wert des Isolationswiderstands wird im Feld “Rp” angezeigt (Widerstand der Parallelschaltung zwischen den Werten R+ und R-) und die Meldung “OK” erscheint, wenn das Ergebnis des Tests positiv ist (**gemessener Wert höher als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**).
13. Mit ausgewählter Durchgangsprüfung setzt das Instrument den Test fort. Dabei öffnet das Instrument den Kurzschluss und misst zwischen dem Anschluss E und C. Der Widerstandswert bei der Durchgangsmessung wird im Feld “RPE” gezeigt, zusammen mit der Meldung “OK” bei positivem Testergebnis (**gemessener Wert niedriger als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**).
14. Die Meldung “**OK**” wird dann vom Instrument angezeigt, wenn das Ergebnis aller durchgeführten Tests positiv ist.
15. Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (siehe § 7.1)
16. Zur Interpretation der Ergebnisse siehe § 6.8.7

6.8.5. IVCK-Test mit Fernstation bei synchroner Aufzeichnung

Auf diese Weise, muss die aktive SOLAR03-Fernstation nur zu BEGINN und am ENDE des Betriebs über Bluetooth verbunden werden und NICHT WÄHREND der eigentlichen Einstrahlungs- und Temperaturmessungen. Das Instrument liefert die Ergebnisse der @OPC-Messungen ohne Ergebnis und führt dann die automatische und gleichzeitige @STC-Übersetzung **erst nach der Datenübertragung von der Fernstation am Ende der Aufzeichnung und der anschließenden erneuten Verbindung durch**.

WARNUNG

- Prüfen Sie, dass eine Fernstation aktuell aktiviert ist. Folgen Sie dem Verbindungsverfahren, die im § 6.2 beschrieben ist.
- Die höchste zulässige Spannung zwischen den Eingängen P, N E und C ist 1000VDC. Versuchen Sie nicht, Spannungen zu messen, die die Grenzwerte, die in diesem Handbuch angegebenen werden, überschreiten.
- Messen Sie keine PV-Module oder Strings, die am DC/AC Leitungsschalter angeschlossen sind.
- **Der größte, mit dem Messinstrument messbare Strom ist 30A**
- Die Richtlinie IEC/EN62446-1 erfordert die Durchführung von Messungen String nach String. Auch wenn das Instrument höhere Ströme an parallel geschalteten Strings bewältigen kann, wird **empfohlen**, **jeweils nur einen einzelnen String** gemäß den Vorschriften der Norm zu testen.

1. Wählen Sie den Modus „**R. Ein.**“ im § „**Einstrahlung & Temperatur**“ (siehe § 5.1.4)
2. Verbinden Sie das Instrument mit dem zu messenden PV-Modul/String und eventuell mit dem Haupt-Erdungsknoten des Systems und mit geerdeten Metall-Massen, wie in der Abb. 14 (Monofazialen Modulen) oder Abb. 15 (Bifazialen Modulen) gezeigt. Insbesondere:
   - Verbinden Sie den Minuspol am Ausgang des PV-Moduls/Strings an den Anschluss **N** und den Pluspol am Ausgang des PV-Moduls/Strings an den Anschluss **P**.
   - **Bei Monofazialen Modulen** → stellen Sie die Referenzzelle **HT305** auf die Frontfläche des Moduls **(F)** und am Eingang “**INP1**” und **eventuell** die Temperaturprobe **PT305** am Eingang “**INP4**” der Fernstation
   - **Bei Bifazialen Modulen** → stellen Sie die **3 Bezugszellen HT305** auf die Frontfläche des Moduls **(F)**, auf die obere Rückseite (**BH**=**B**ack**H**igh) und auf die untere Rückseite (**BL**=**B**ack**L**ow) des Moduls. Verbinden sie die vordere Bezugszelle (F) am Eingang “**INP1**”, die Bezugszelle BH am Eingang “**INP2**”, die Bezugszelle BL am Eingang “**INP3**” und **eventuell** die Temperaturprobe **PT305** am Eingang “**INP4**” der Fernstation. Gemäß IEC/EN60904-1-2 berechnet das Instrument den Wert der äquivalenten frontalen Einstrahlungsstärke (**Irreq**), der der Einstrahlungsstärke nur auf der Frontseite entspricht, die die gleichen Auswirkungen hat wie die auf beiden Seiten gemessene Einstrahlungsstärke, wobei der **Bifazialitäts-Koeffizient** (φ) des Moduls gemäß der folgenden Beziehung berücksichtigt wird:
   -

$$Irr_{Eq} = Irr_F + \varphi \times Irr_R$$

   In welchem Irr_R = min (IrrBB, IrrBT)

3. Wenn nötig, wählen sie die Option “**>ϕ<**” und bestätigen Sie mit **ENTER**. Führen Sie eventuell die Kalibration der Kabel durch, wie im § 6.3.1 beschrieben

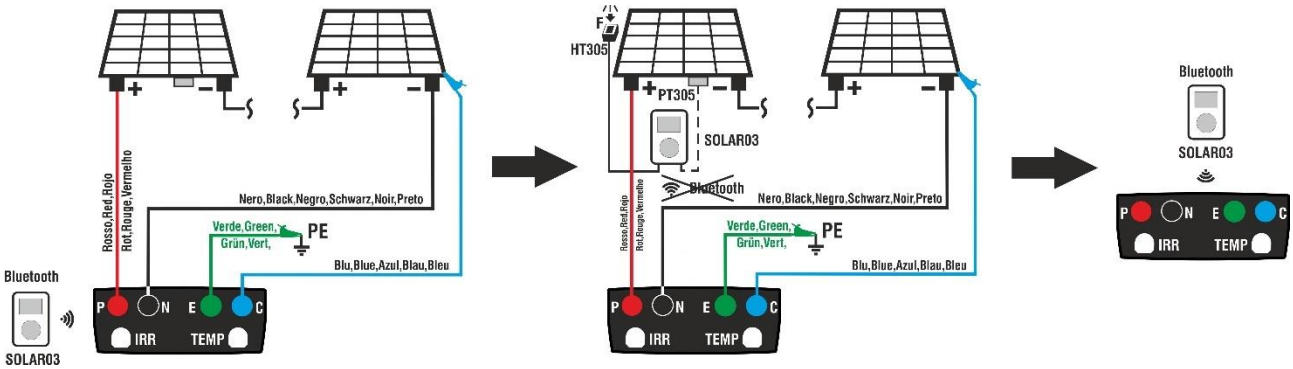


Abb. 14: Verbindung mit Fernstation in synchroner Aufzeichnung (Monofazialen Modulen)

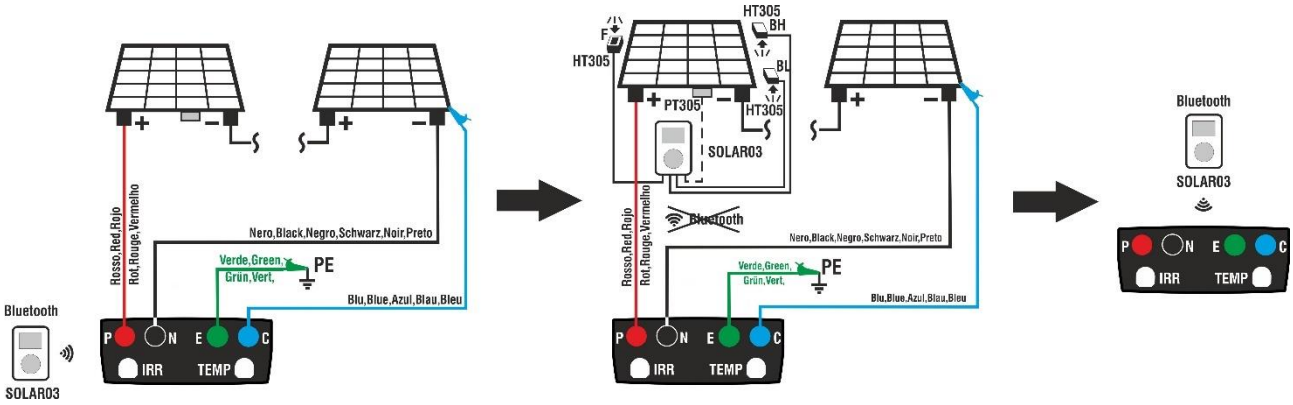
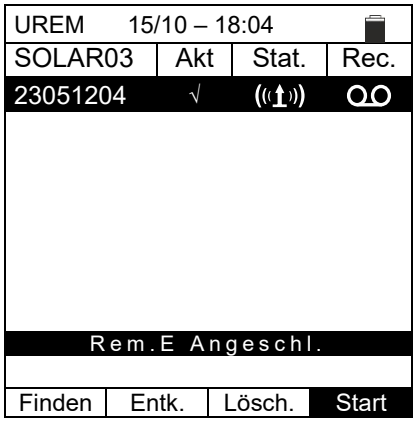


Abb. 15: Verbindung mit Fernstation in synchroner Aufzeichnung (Bifazialen Modulen)

Schritt 1

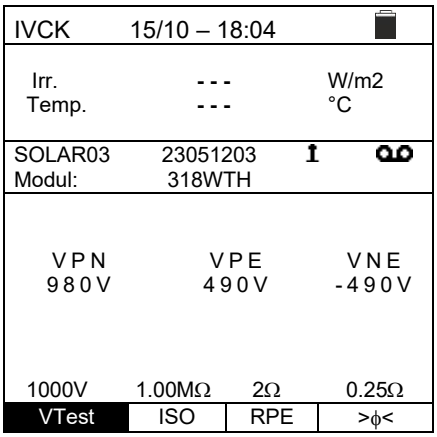
4. Bringen Sie die SOLAR03-Fernstation näher an das Instrument heran, wie in Abb. 14 oder Abb. 15 – linke Seite dargestellt
5. Wählen Sie im Hauptmenü die Option **UREM**, koppeln und verbinden Sie die Fernstation SOLAR03 mit dem Instrument, wie in Punkt 6 von § gezeigt. 6.2
6. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie "**Start**", um in der Fernstation die Aufzeichnung vom Instrument zu starten (**mit nicht veränderbarer Abtastung von 1s**). Die nebenstehende Bildschirmseite erscheint im Display. Unter diesen Bedingungen sendet das Instrument sein Systemdatum und -zeit zur Fernstation SOLAR03, die somit mit ihm **zeitlich synchronisiert** wird. Das Symbol "∞" erscheint im Display und die Meldung "**REC**" erscheint im Display der Fernstation, um anzugeben, dass eine Aufzeichnung gerade läuft.



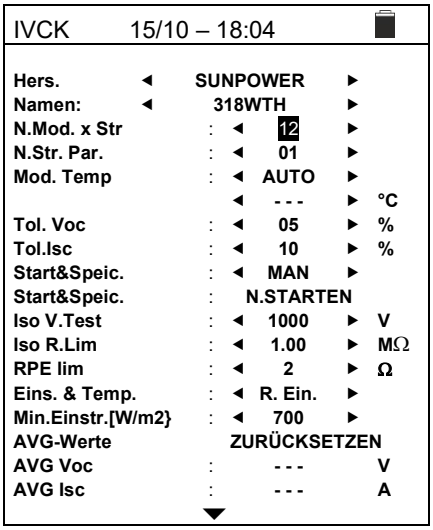
Schritt 2

7. Bringen Sie die Fernstation in der Nähe der Module und verbinden Sie die Einstrahlungs- und Temperaturproben, wie in der Abb. 14 oder Abb. 15 - Mittelteil gezeigt. Insbesondere **Da die Aufzeichnung auf der Fernstation SOLAR03 bereits gestartet wurde, ist es nicht mehr unbedingt erforderlich, die Bluetooth-Verbindung aufrecht zu erhalten.** Wenn Sie die Verbindung aufrechterhalten, können Sie nur das Testergebnis sofort erhalten, ohne aufs Ende der Messkampagne warten zu müssen

8. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **IVCK** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Das Instrument zeigt die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite: Es werden die folgenden Parameter bei Monofazialen Modulen
   - **Irr.** → Einstrahlungswert wird nicht angezeigt „- - -“, da die Fernstation nicht mit dem Instrument verbunden ist
   - **Temp.** → Temperaturwert des Moduls wird nicht mit „- - -“ angezeigt, da es sich um eine Fernstation handelt, die nicht mit dem Instrument verbunden ist
   - **Fernstation** → Angaben über Seriennummer, Verbindungszustand “ ” und laufende Aufzeichnung „“ der angeschlossenen und aktiven Fernstation
   - **VTest** → Testspannung bei der Isolationsmessung
   - **ISO** → Mindestgrenzwert bei der Isolationsmessung
   - **RPE** → Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung
   - **>ϕ<** → Wert des Kalibrationswiderstands der Kabel bei Durchgangsprüfung
   - Spannungswerte VPN, VPE und VNE

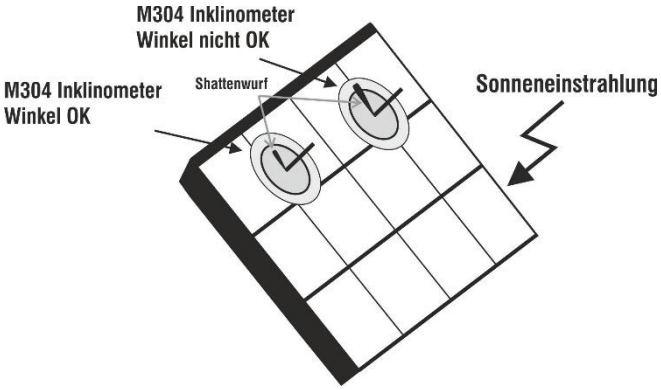


9. **<u>Mit den Pfeiltasten (▼) gelangen</u>** Sie zur Einstellung der Messparameter. Die nebenstehende Bildschirmseite erscheint im Display. Mit den Pfeiltasten (◀, ▶) stellen Sie die Werte ein. Es stehen folgende Optionen:
   - **Hers.** → Stellen sie den Namen des Herstellers (max 50 Zeichen) ein, der in der internen DB
   - **Namen** → Stellen Sie den Namen des Moduls (max 50) ein, der in der internen DB
   - **N. Mod x Str.** → Stellen Sie die Anzahl an Modulen des Strings ein: **1 ÷ 60**
   - **N. Str. Par.** → Stellen Sie die Anzahl an parallel geschalteten Strings ein: **1 ÷ 10**
   - **Mod. Temp** → Stellen Sie den Messmodus der Temperatur der Module:
     - **AUTO** → Temperatur berechnet vom Instrument auf Grundlage der Messung von Voc (keine Probe verbunden) – **empfohlene Option**
     - **MESS** → Temperatur gemessen durch Probe PT305 verbunden Fernstation
     - **MAN** → Manuelle Einstellung der Modultemperatur, wenn bekannt
   - **Tol. Voc** → Stellen Sie die prozentuale Toleranz bei Voc: **1% ÷ 15% (typisch 5%)**
   - **Tol. Isc** → Stellen Sie die prozentuale Toleranz bei Isc : **1% ÷ 15% (typisch 10%)**
   - **Start&Speic.** → Stellen Sie den Autostart-Funktionsmodus zwischen den Optionen ein: **AUTO (Funktion aktiv) oder MAN (Funktion nicht aktiv)**
   - **Start&Speic. → NEU STARTEN** → Drücken Sie die **SAVE**-Taste und bestätigen Sie den Neustart des Tests nur, wenn bereits eine AutoSave-Sequenz ausgeführt wird und Sie die Marker ändern möchten, mit denen die nachfolgenden Messungen verknüpft werden und die gespeichert werden sollen
   - **Iso V. Test** → Stellen Sie die Testspannung bei der Isolationsmessung, unter den Optionen ein: **OFF (keine Messung), 250V, 500V, 1000VDC**
   - **Iso R.Lim** → Stellen Sie den Mindestgrenzwert für die Isolationsmessung unter den Werten ein: **0.05,0.10,0.23,0.25,0.50,1.00,50MΩ**
   - **RPE Lim** → Stielen sie den Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung unter den Werten ein: **OFF (keine Messung), 1,2,3,4,5Ω**



- **Eins. & Temp.** → Einstellen der Bestrahlungsstärkemessung für die IVCK-Messung mit der Option „**R. Ein.**“ (siehe § 5.1.4)
- **Min. Einstr. [W/m2]** → Einstellen der Mindestbestrahlungsschwelle (für die Modus „Direkt“ und „R. Ein.“) (siehe § 5.1.4)
- **AVG-Werte** → Die Funktion “**ZURÜCKSETZEN**” ermöglicht die Nullstellung der Durchschnittswerte der Parameter Voc und Isc, bevor eine neue Messung gestartet wird
- **AVG Voc, AVG Isc** → Durchschnittswerte von Voc und Isc bei den 10 vorab abgespeicherten Messwerten

10. Drücken Sie die Taste **SAVE**, um die Einstellungen zu speichern und zur Hauptseite zurückzukehren
11. Setzen Sie den Ständer auf die Scheibe des optionalen Zubehörteils **M304** und legen Sie ihn auf die Oberfläche des Moduls. **Überprüfen Sie, dass der auf die Scheibe geworfene Schatten des Ständers innerhalb des “konzentrischen Grenzkreises” innerhalb der Scheibe selbst liegt (siehe nebenstehende Abbildung).** Andernfalls ist der Winkel zwischen den Sonnenstrahlen und der Oberfläche des Moduls zu groß und daher sind die vom Instrument durchgeführten Abmessungen NICHT als zuverlässig zu betrachten. Wiederholen Sie die Vorgänge zu anderen Tageszeiten.



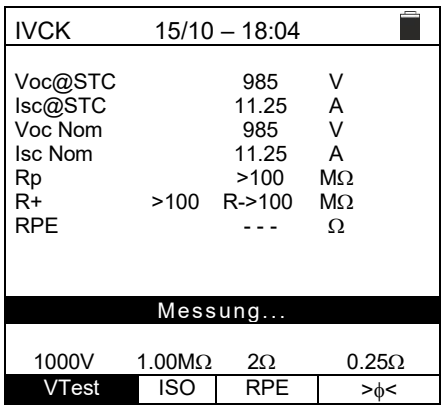
WARNUNG

- Nach Drücken der **GO/STOP** Taste können verschiedene Fehlermeldungen erscheinen (§ 6.9), ohne dass das Messinstrument die Prüfung beginnt. Suchen und eliminieren Sie möglichst die Fehlermeldung, bevor Sie die Prüfarbeiten fortsetzen
- Die vorgenommenen Einstellungen an den Steuerungsparametern des Instruments können jederzeit auch während der Aufnahme geändert werden

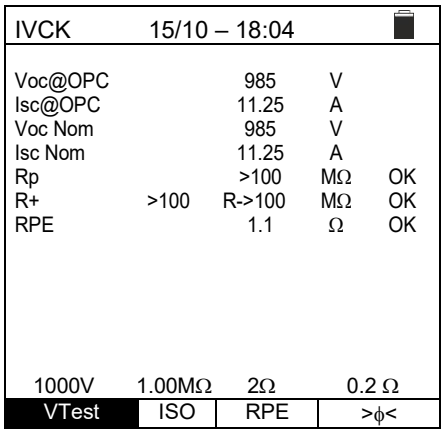
WARNUNG

Bei Tests mit einer **Anzahl N>1 parallel geschalteter Strings,** Der **maximaler Strom messbare vom Instrument beträgt 30A/N**

12. Drücken Sie **GO/STOP** zum Starten des Tests. Wenn keine Fehlermeldungen erscheinen, zeigt das Instrument die Meldung “**Messung…**” und die Messung der Leerlaufspannung zwischen den Anschlüssen P und N und des Kurzschlussstroms (für Isc Werte ≤30A) beginnt.



13. Am Ende der Voc- und Isc-Messungen zeigt das Instrument **nur die bei OPC gemessenen Werte** an und es ist notwendig, das Ende der Testsitzung und **die anschließende Synchronisierung mit der SOLAR03-Fernstation abzuwarten**, um das endgültige Ergebnis zu erhalten Tests durchgeführt. Die folgenden Parameter werden angezeigt:
   - Voc Spannung bei OPC
   - Isc Strom bei OPC
   - Nennwert der Spannung Voc@STC
   - Nennwert des Stroms Isc@STC

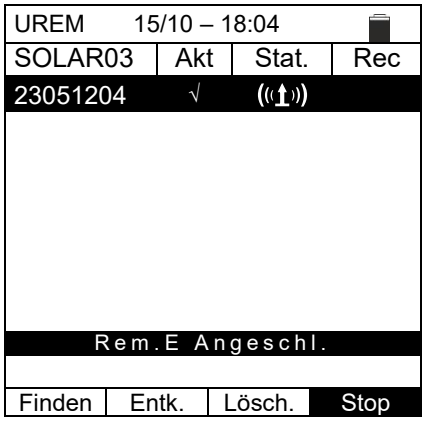


14. Mit ausgewählter Isolationsmessung setzt das Instrument den Test fort. Dabei hält das Instrument die Anschlüsse P und N in Kurzschluss und misst zwischen diesem Punkt und dem Anschluss E für die notwendige Zeit, um ein stabiles Ergebnis zu erhalten. Der Wert des Isolationswiderstands wird im Feld "Rp" angezeigt (Widerstand der Parallelschaltung zwischen den Werten R+ und R-) und die Meldung "OK" erscheint, wenn das Ergebnis des Tests positiv ist (**gemessener Wert höher als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**).
15. Mit ausgewählter Durchgangsprüfung setzt das Instrument den Test fort. Dabei öffnet das Instrument den Kurzschluss und misst zwischen dem Anschluss E und C. Der Widerstandswert bei der Durchgangsmessung wird im Feld "RPE" gezeigt, zusammen mit der Meldung "OK" bei positivem Testergebnis (**gemessener Wert niedriger als der am Instrument eingestellte Mindestgrenzwert**).
16. Drücken Sie **SAVE** zum Abspeichern des Ergebnisses im Speicher des Instruments (§ 7.1) oder **ESC/MENU**, um ohne Messergebnisspeicherung zum Hauptbildschirm der Messung zurückzuerlangen

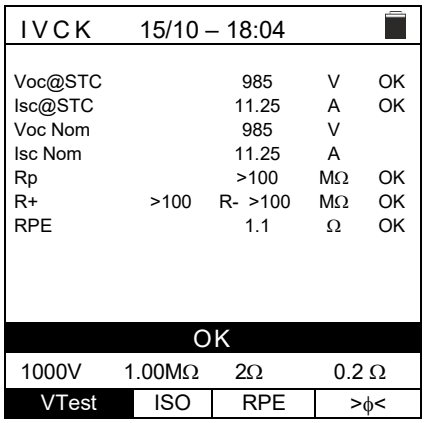
Schritt 3

17. **Bei laufender Aufzeichnung, am Ende der Reihenfolge von Tests,** trennen Sie die Fernstation SOLAR03, bringen Sie sie neben dem Instrument und prüfen Sie (siehe Abb. 14 oder Abb. 15 – rechte Seite dargestellt), dass die Verbindung mit dem Instrument wieder aktiv ist (Symbol "ᛒ" **ständig** eingeschaltet im Display der Fernstation)

18. Benutzen Sie die Pfeiltasten ◀ oder ▶ und wählen Sie "**Stop**", um in der Fernstation die Aufzeichnung vom Instrument anzuhalten. Die nebenstehende Bildschirmseite erscheint im Display. Das Symbol "ꝏ" verschwindet vom Display und die Meldung "**REC**" verschwindet vom Display der Fernstation.
    In dieser Phase lädt die Fernstation **die in der Messkampagne aufgezeichneten Strahlungs-/Temperaturwerte herunter, die vom Instrument für die automatische Umrechnung der Voc und Isc Werte zu STC-Bedingungen verwendet werden**.



19. Die in den zuvor im Speicher gespeicherten Messungen vorhandenen Daten werden mit den unter STC-Bedingungen berechneten Werten aktualisiert und die Meldung „**OK**“ steht folglich im Falle eines positiven Ergebnisses aller durchgeführten Tests (**innerhalb gemessener Werte) zur Verfügung den am Gerät eingestellten Toleranzen**)



20. Zur Interpretation der Ergebnisse siehe § 6.8.7

WARNUNG

Die @STC-Ergebnisse gelten als ermittelbar sofern gilt:

- Spannung **Voc** > **Voc minimale = 15V**
- Es wurde festgestellt, dass die **frontalen** Einstrahlungswerte (gilt auch für Bifazialen Module) **über** dem am Instrument eingestellten Mindestschwellenwert liegen (>100W/m^2) und **stabil** sind (Abweichung zwischen Beginn und Ende der Messkampagne **±20W/m^2**)
- Die gemessene Leerlaufspannung Voc **stimmt mit dem im Moduldatenblatt angegebenen** erwarteten Wert überein
- Modul-Temperaturwert im Bereich von **-40 °C bis 100 °C**
- Kurzschlussstromwert **Isc > Iscmin = 0,2A**

6.8.6. IVCK-Test mit der Start&Speicher-Funktion

WARNUNG

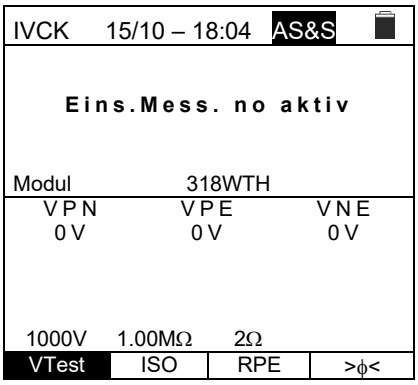
- Die höchste zulässige Spannung zwischen den Eingängen P, N E und C ist 1000VDC. Versuchen Sie nicht, Spannungen zu messen, die die Grenzwerte, die in diesem Handbuch angegebenen werden, überschreiten.
- Messen Sie keine PV-Module oder Strings, die am DC/AC Leitungsschalter angeschlossen sind
- **Der größte, mit dem MessInstrument messbare Strom ist 30A-DC**
- Die Richtlinie IEC/EN62446-1 erfordert die Durchführung von Messungen String nach String. Auch wenn das Instrument höhere Ströme an parallel geschalteten Strings bewältigen kann, wird **empfohlen**, **jeweils nur einen einzelnen String** gemäß den Vorschriften der Norm zu testen.

WARNUNG

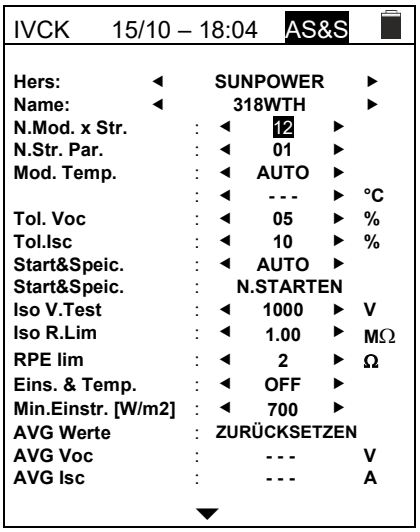
- Die Start&Speic.-Funktion kann in jeder Messkonfiguration für die Umgebungsparameter Einstrahlungsstärke und Temperatur verwendet werden.
- Die Start&Speic.-Funktion ist **NUR für IVCK-Tests** und **nicht für einzelne RPE-, MΩ- oder GFL-Tests verfügbar**
- Die Start&Speic.-Funktion wird **automatisch deaktiviert**, wenn die IVCK-Funktion beendet und/oder das Gerät ausgeschaltet wird
- Der Zweck der Start&Speic.-Funktion besteht darin, **die Ausführungszeiten von IVCK-Tests** in sich wiederholenden Situationen und bei eng beieinander liegenden Schaltkreisen, wie z. B. Sicherungselementen, zu minimieren.
- Von dieser Funktion wird **dringend abgeraten, wenn in den PV Feldernl und/oder PV-Anlage keine Strangabsicherungen vorhanden sind**

1. Der Einfachheit halber bezieht sich das folgende Verfahren auf den **IVCK-Test ohne Remote-Gerät und ohne Einstrahlungsstärkemessung**. Ähnliches gilt für alle anderen Modus

2. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) stellen Sie den Cursor auf **IVCK** und bestätigen Sie mit **ENTER**. Es werden die folgenden Parameter angezeigt:
   - **VTest** → Testspannung bei der Isolationsmessung
   - **ISO** → Mindestgrenzwert bei der Isolationsmessung
   - **RPE** → Höchstgrenzwert bei der Durchgangsprüfung
   - **>ϕ<** → Kalibrationswiderstand der Kabel in RPE
   - Spannungswerte VPN, VPE und VNE



3. **Mit den Pfeiltasten (▼)** gelangen Sie zur Einstellung der Messparameter. Die nebenstehende Bildschirmseite erscheint im Display. Mit den Pfeiltasten (◀, ▶) stellen Sie die Werte ein. Es stehen folgende Optionen:



   - **Hers.** → Stellen sie den Namen des Herstellers (max 50 Zeichen) ein, der in der internen DB
   - **Namen** → Stellen Sie den Namen des Moduls (max 50) ein, der in der internen DB
   - **N. Mod x Str.** → Stellen Sie die Anzahl an Modulen des Strings im Bereich ein: **1 ÷ 60**
   - **N. Str Par.** → Stellen Sie die Anzahl an parallel geschalteten Strings im Bereich ein: **1 ÷ 10**
   - **Mod. Temp** → Stellen Sie den Messmodus der Temperatur der Module unter den Optionen ein:
     - **AUTO** → Temperatur berechnet vom Instrument auf Grundlage der Messung von Voc (keine Probe verbunden) – **empfohlene Option**
     - **MESS.** → Temperatur gemessen durch mit Probe PT305
     - **MAN** → Manuelle Einstellung der Modultemperatur
   - **Tol. Voc** → Stellen Sie die Toleranz bei Voc ein: **1% ÷ 15% (typisch 5%)**
   - **Tol. Isc** → Stellen Sie die Toleranz bei Isc ein: **1% ÷ 15% (typisch 10%)**
   - **Start&Speic.** → Stellen Sie den Autostart-Funktionsmodus zwischen den Optionen **AUTO (Funktion aktiv).** Das „**AS&S**"-Symbol wird auf dem Display angezeigt
   - **Start&Speic. → NEU STARTEN** → Drücken Sie die **SAVE**-Taste und bestätigen Sie den Neustart des Tests nur, wenn bereits eine AutoSave-Sequenz ausgeführt wird und Sie die Marker ändern möchten, mit denen die nachfolgenden Messungen verknüpft werden und die gespeichert werden sollen
   - **Iso V. Test** → Stellen Sie die Testspannung bei der Isolationsmessung, unter den Optionen ein: **OFF (keine Messung), 250V, 500V, 1000VDC**
   - **Iso R.Lim** → Stellen Sie den Mindestgrenzwert für die Isolationsmessung unter den Werten ein: **0.05,0.10,0.23,0.25,0.50,1.00,50MΩ**
   - **RPE Lim** → Stellen sie den Höchstgrenzwert bei der RPE ein: **OFF,1,2,3,4,5Ω**
   - **Eins. & Temp.** → Einstellen der Bestrahlungsstärkemessung für die IVCK-Messung mit der Option „**OFF**" (siehe § 5.1.4)
   - **Min. Einstr. [W/m2]** → Einstellen der Mindestbestrahlungsschwelle (für die Modus „Direkt" und „R. Ein.") (siehe § 5.1.4)
   - **AVG-Werte** → Die Funktion "**ZURÜCKSETZEN**" ermöglicht die Nullstellung der Durchschnittswerte der Voc und Isc, bevor eine neue Messung gestartet wird
   - **AVG Voc, AVG Isc** → Durchschnittswerte von Voc und Isc bei den 10 vorab abgespeicherten Messwerten.
4. Drücken Sie die Taste **SAVE** zur Bestätigung der Einstellungen
5. Wenn nötig, wählen sie die Option "**>ϕ<**" und bestätigen Sie mit **ENTER** (siehe § 6.3.1)
6. Trennen Sie in einem **PV-Combiner-Panel alle Sicherungen**, die mit den **Pluspolen der Strings verbunden sind**. Es ist nicht notwendig, die Sicherungen zu trennen, die an den Minuspolen der Strings angeschlossen sind
7. Schließen Sie das Messinstrument wie in Abb. 16. An. Verbinden Sie insbesondere den Minuspol des Hauptstrings mit dem **N** Eingang über eine feste Verbindung mit einer Krokodilklemme, dem Pluspol der Hauptstrings zum **P** Eingang über eine feste Verbindung mit einer Krokodilklemme, dem Haupterdungsknoten des Systems (für MΩ und RPE-Tests) mit der **E** Eingangsbuchse und ggf. den Eingang **C** am Messgerät mit dem PV-Montagesystem (für RPE-Tests)

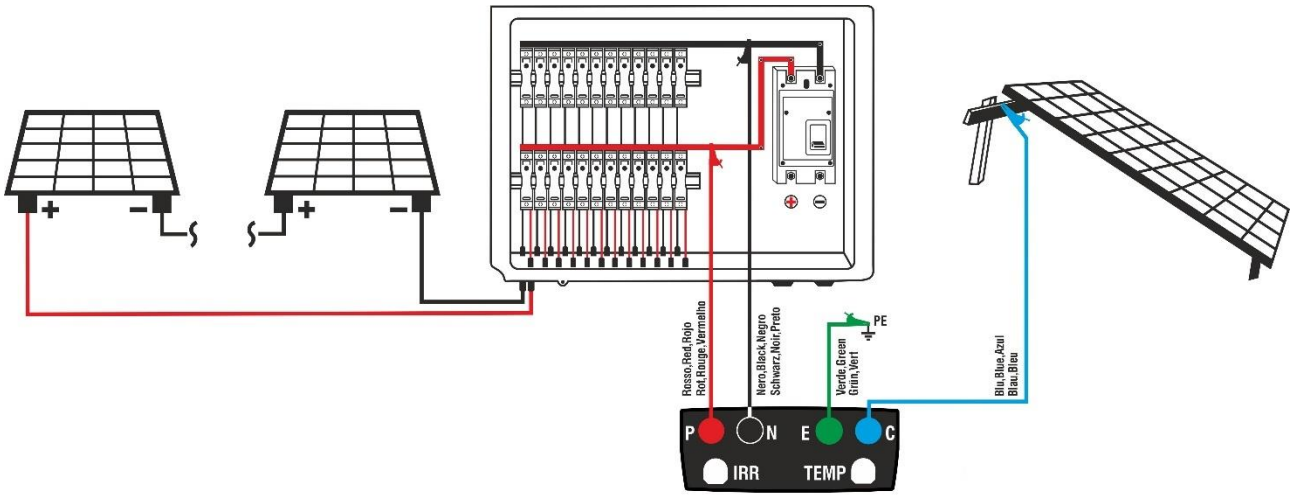
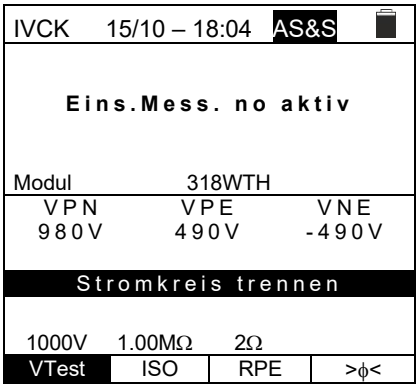
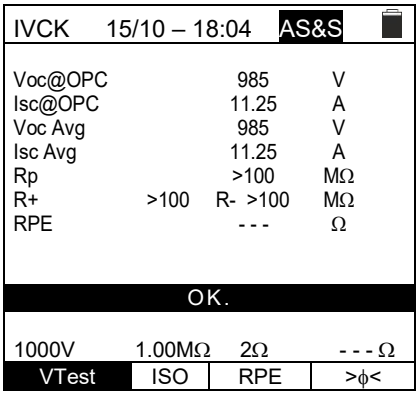


Abb. 16: Verbindung für IVCK-Tests mit dem Start&Speicher-Funktion

8. **Schalten Sie die Sicherung wieder ein, die der zu testenden ERSTEN Zeichenfolge zugeordnet ist**
9. **<u>Wenn das Gerät eine stabile VPN-Spannung >15 V erkennt</u>**, startet es automatisch die IVCK-Prüfsequenz (mit möglichem MΩ und RPE), **ohne die GO/STOP-Taste zu verwenden**
10. Wenn die Prüfsequenz korrekt abgeschlossen wurde, zeigt das Gerät folgendes an:
    - Die Ergebnisseite für einige Sekunden, wie im folgenden Bildschirm gezeigt
    - Die Speicherbereichsseite mit der Markierungsanzeige (siehe § 7.1). Ändern Sie die Markierungswerte und alle Kommentare in einer Weise, die mit der Position der soeben durchgeführten Messung übereinstimmt
    - Drücken Sie die **SAVE-**Taste, um die Testergebnisse zu speichern



11. Nach dem Speichern des Tests kehrt das Instrument zum Startbildschirm zurück und zeigt "**Stromkreis trennen**" an
12. Trennen Sie die Sicherung des gerade getesteten Strings
13. **Stellen Sie die Sicherung wieder her, die der nächsten zu testenden Zeichenfolge zugeordnet ist**
14. **<u>Wenn das Gerät wieder eine stabile VPN-Spannung >15 V erkennt</u>**, startet es automatisch die neue IVCK-Testsequenz, an deren Ende es die Ergebnisse **automatisch speichert**, indem es sie mit der vorherigen Markerkonfiguration verknüpft



15. Die Schritte von Punkt 12 bis Punkt 14 sind für alle zu prüfenden Strings zu wiederholen
16. Das Instrument beendet die Start&Save-Sequenz automatisch, wenn eine der folgenden Bedingungen eintritt:
    - Beenden der IVCK-Funktion
    - Ausschalten des Instruments
    - Deaktivieren der Start&Save-Funktion
    - Erreichen der maximalen Anzahl gespeicherter Tests für jeden Marker (max. 999)
    - Eventuelle Hardwarefehlerbedingungen während einer Messung

6.8.7. Messwerteerklärung

Generell wird das Ergebnis eines IVCK-Tests bei der Messung von Voc und Isc durch die folgenden Beziehungen bestimmt.

Messungen ohne Remote-Fernstation (keine Einstrahlung und Temperatur)

Mit den folgenden Parametern:

VocAvg → Durchschnittswert der Leerlaufspannung (letzten 10 Messungen)
IscAvg → Durchschnittswert des Kurzschlussstroms (letzten 10 Messungen)
Voc (Tol+) = **Tol%(+)Voc * VocAvg** → Positiver Toleranzwert bei Voc
Voc (Tol-) = **Tol%(-)Voc * VocAvg** → Negativer Toleranzwert bei Voc
Isc (Tol+) = **Tol%(+)Isc * IscAvg** → Positiver Toleranzwert bei Isc
Isc (Tol-) = **Tol%(-)Isc * IscAvg** → Negativer Toleranzwert bei Isc

$\varepsilon_{Instrum}$Voc → Maximaler erklärter instrumenteller Fehler bei Voc (siehe § 0)

$\varepsilon_{Instrum}$Isc → Maximaler erklärter instrumenteller Fehler bei Isc (siehe § 0)

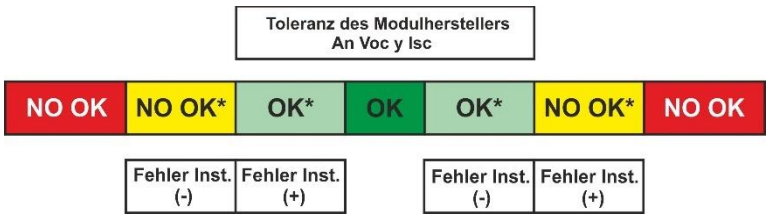
Die folgenden Kontrollparameter werden berechnet vom Instrument:

ε_{Mess}**Voc** = Voc (@OPC) – VocAvg → Fehler bei der Messung von Voc @ OPC

ε_{Mess}**Isc** = Isc (@OPC) – IscAvg → Fehler bei der Messung von Isc @ OPC

Die folgenden Parameterbedingungen für das Messergebnis werden vom Instrument verwaltet:

N	BEDINGUNG	ERGEBNIS
1	➢ - Voc (Tol-) + $\varepsilon_{Instrum}$Voc ≤ ε_{Mess}**Voc** ≤ Voc (Tol+) - $\varepsilon_{Instrum}$Voc ➢ - Isc (Tol-) + $\varepsilon_{Instrum}$Isc ≤ ε_{Mess}**Isc** ≤ Isc (Tol+) - $\varepsilon_{Instrum}$Isc ➢ **Rp ≥ Rp Lim** → Bei ausgewählter **ISO**-Messung ➢ **RPEmis ≤ RPELim** → Bei ausgewählter **RPE**-Messung	**OK**
2	➢ - Voc (Tol-) ≤ ε_{Mess}**Voc** ≤ Voc (Tol+) ➢ - Isc (Tol-) ≤ ε_{Mess}**Isc** ≤ Isc (Tol+) ➢ **Rp ≥ Rp Lim** → Bei ausgewählter **ISO**-Messung ➢ **RPEmis ≤ RPELim** → Bei ausgewählter **RPE**-Messung	**OK***
3	➢ - Voc (Tol-) - $\varepsilon_{Instrum}$Voc ≤ ε_{Mess}**Voc** ≤ Voc (Tol+) + $\varepsilon_{Instrum}$Voc ➢ - Isc (Tol-) - $\varepsilon_{Instrum}$Isc ≤ ε_{Mess}**Isc** ≤ Isc (Tol+) + $\varepsilon_{Instrum}$Isc ➢ **Rp ≥ Rp Lim** → Bei ausgewählter **ISO**-Messung ➢ **RPEmis ≤ RPELim** → Bei ausgewählter **RPE**-Messung	**NO OK***
4	Die vorherigen Bedingungen (1), (2) und (3) sind nicht erfüllt	**NO OK**



Messungen mit Remote-Fernstation (Einstrahlung und Temperatur)

Mit den folgenden Parametern:

VocNom → Nominell-wert Leerlaufspannung Voc (vom Hersteller angegeben)
IscNom → Nominell-wert Kurzschlussstroms Isc (vom Hersteller angegeben)
Voc (Tol+) = **Tol%(+)Voc * VocNom** → Positiver Toleranzwert bei Voc
Voc (Tol-) = **Tol%(-)Voc * VocNom** → Negativer Toleranzwert bei Voc
Isc (Tol+) = **Tol%(+)Isc * IscNom** → Positiver Toleranzwert bei Isc
Isc (Tol-) = **Tol%(-)Isc * IscNom** → Negativer Toleranzwert bei Isc

$\varepsilon_{Instrum}$Voc → Maximaler erklärter instrumenteller Fehler bei Voc @STC (siehe § 0)

$\varepsilon_{Instrum}$Isc → Maximaler erklärter instrumenteller Fehler bei Isc @STC (siehe § 0)

Die folgenden Kontrollparameter werden berechnet vom Instrument:

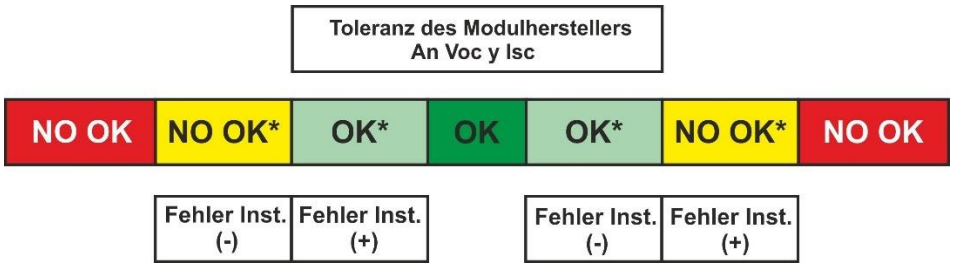
ε_{Mess}**Voc** = Voc (@STC) – VocNom → Fehler bei der Messung von Voc @ STC

ε_{Mess}**Isc** = Isc (@STC) – IscNom → Fehler bei der Messung von Isc @ STC

HINWEIS: Die Werte für Voc (@STC) und Isc (@STC) werden gemäß **IEC/EN60891**

Die folgenden Parameterbedingungen für das Messergebnis werden vom Instrument verwaltet:

N	BEDINGUNG	ERGEBNIS
1	➢ - Voc (Tol-) + $\varepsilon_{Instrum}$Voc ≤ ε_{Mess}**Voc** ≤ Voc (Tol+) - $\varepsilon_{Instrum}$Voc ➢ - Isc (Tol-) + $\varepsilon_{Instrum}$Isc ≤ ε_{Mess}**Isc** ≤ Isc (Tol+) - $\varepsilon_{Instrum}$Isc ➢ **Rp ≥ Rp Lim** → Bei ausgewählter **ISO**-Messung ➢ **RPEmis ≤ RPELim** → Bei ausgewählter **RPE**-Messung	**OK**
2	➢ - Voc (Tol-) ≤ ε_{Mess}**Voc** ≤ Voc (Tol+) ➢ - Isc (Tol-) ≤ ε_{Mess}**Isc** ≤ Isc (Tol+) ➢ **Rp ≥ Rp Lim** → Bei ausgewählter **ISO**-Messung ➢ **RPEmis ≤ RPELim** → Bei ausgewählter **RPE**-Messung	**OK***
3	➢ - Voc (Tol-) - $\varepsilon_{Instrum}$Voc ≤ ε_{Mess}**Voc** ≤ Voc (Tol+) + $\varepsilon_{Instrum}$Voc ➢ - Isc (Tol-) - $\varepsilon_{Instrum}$Isc ≤ ε_{Mess}**Isc** ≤ Isc (Tol+) + $\varepsilon_{Instrum}$Isc ➢ **Rp ≥ Rp Lim** → Bei ausgewählter **ISO**-Messung ➢ **RPEmis ≤ RPELim** → Bei ausgewählter **RPE**-Messung	**NO OK***
4	Die vorherigen Bedingungen (1), (2) und (3) sind nicht erfüllt	**NO OK**



Anwendungsbeispiel (Messung mit Fernstation)

- Modulname: **LR5-54HIH-410M (Hersteller LONGI)**
- Modultyp: Monofazial
- Nominell Leerlaufspannung (@STC): 37.3V
- Nominell Nennkurzschlussstrom (@STC): 13.88A
- Voc Toleranz: ±5%
- Isc Toleranz: ±10%
- Front Bestrahlungsstärke Messungen: 577 W/m^2
- Modultemperatur (@STC): 25°C
- Leerlaufspannung Voc berechnet von Instrument (@STC): 37.1V
- Nennkurzschlussstrom berechnet von Instrument (@STC): 10.53A

Voc (Tol+) = Tol%(+)Voc * VocNom = 0.05 * 37.3V = 1.9V
Voc (Tol-) = Tol%(-)Voc * VocNom = 0.05 * 37.3V = 1.9V
Isc (Tol+) = Tol%(+)Isc * IscNom → = 0.1 * 13.88 = 1.39A
Isc (Tol+) = Tol%(-)Isc * IscNom → = 0.1 * 13.88 = 1.39A

$\varepsilon_{Instrum}$Voc = ±(37.1 * 0.04 + 0.2) = ±1.7V

$\varepsilon_{Instrum}$Isc = ±(10.53 * 0.04 + 0.02) = ±0.44A

ε_{Mess}**Voc** = Voc (@STC) - VocNom = 37.1 - 37.3 = - 0.2V

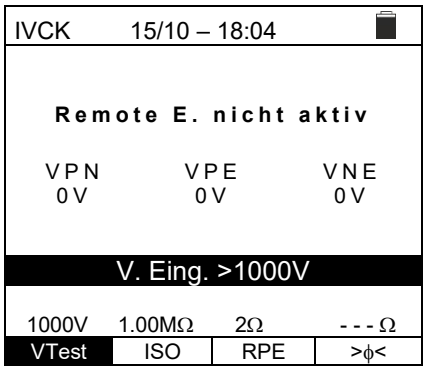
ε_{Mess}**Isc** = Isc (@STC) - IscNom = 10.53 - 13.88 = - 3.35A

Vergleichsbedingungen:

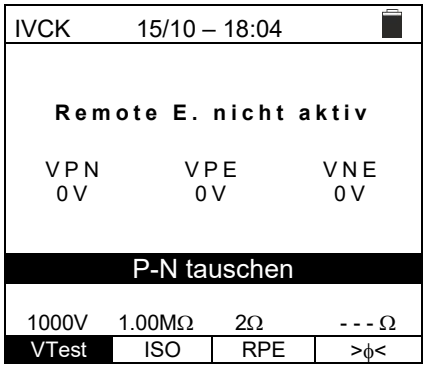
Voc Spannung → -1.9 + 1.7 ≤ - 0.2 ≤ 1.9 – 1.7 → Bedingung 1 überprüft → **Ergebnis OK**
Isc Strom → -1.39 + 0.44 ≤ -3.35 ≤ 1.39 – 0.44 → Bedingung 1 NICHT überprüft
Isc Strom → -1.39 ≤ -3.35 ≤ 1.39 → Bedingung 2 NICHT überprüft
Isc Strom →-1.39 - 0.44 ≤ -3.35 ≤ 1.39 + 0.44 → Bedingung 3 NICHT überprüft
Isc Strom → Bedingung 4 überprüft → **Ergebnis NO OK**

6.8.8. Anomalien

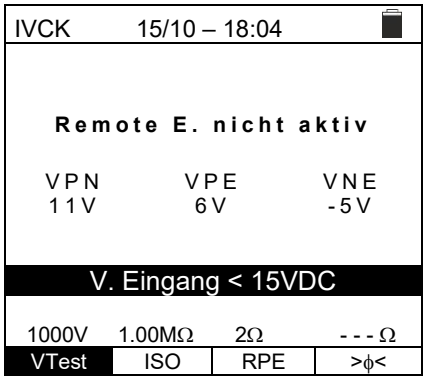
1. Wenn das Instrument an seinen Anschlüssen P-N, P-E und N-E eine Spannung **höher als 1000VDC** ermittelt, führt es keine Messung durch, gibt einen langen Signalton ab und zeigt die Meldung "**V. Eing. > 1000V**" an.



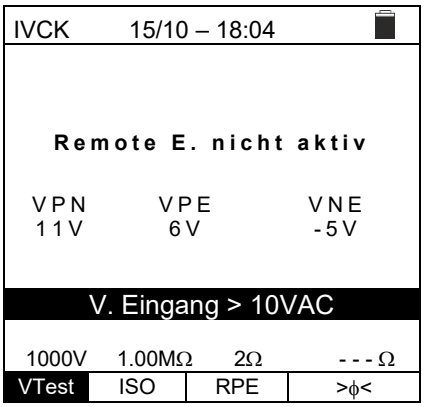
2. Wenn das Instrument an seinen Anschlüssen P-N eine Spannung **niedriger als -0.5VDC** ermittelt, führt es keine Messung durch, gibt einen langen Signalton ab und zeigt die Meldung "**P-N tauschen**" an.



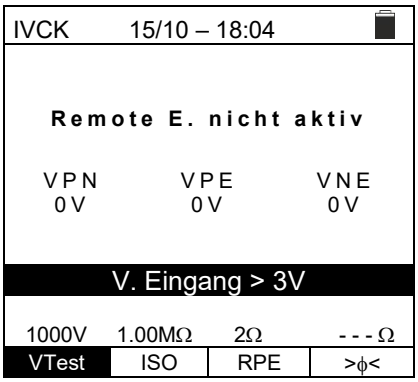
3. Wenn das Instrument an seinen Anschlüssen P-N eine Spannung **-0.5V≤VPN≤15VDC** ermittelt, führt es keine Messung durch, gibt einen langen Signalton ab und zeigt die Meldung "**V. Eingang < 15VDC**" an.



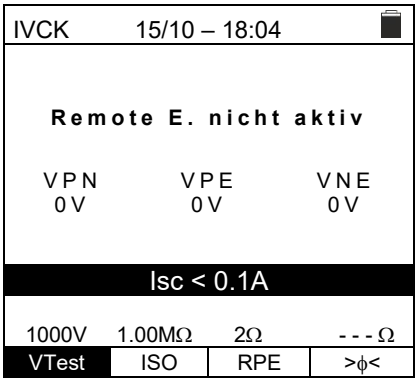
4. Wenn das Instrument an seinen Anschlüssen P-N, P-E und N-E eine Spannung **höher als 10V** ermittelt, führt es keine Messung durch, gibt einen langen Signalton ab und zeigt die Meldung "**V. Eingang > 10VAC**" an.



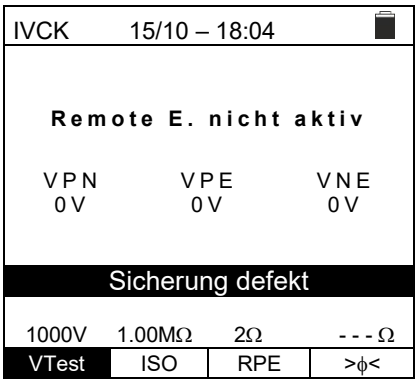
5. Wenn das Instrument an seinen Anschlüssen E und C eine Spannung **höher als 3V** ermittelt, führt es keine Messung durch, gibt einen langen Signalton ab und zeigt die Meldung "**V. Eingang > 3V**" an.



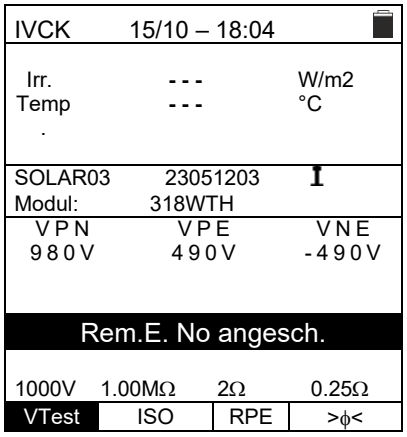
6. Wenn das Instrument, bei der Messung vom Isc Strom, einen **Strom <0.1A** ermittelt, erscheint die nebenstehende Meldung im Display. Überprüfen Sie die Verbindungen des Instruments mit dem zu messenden Kreis.



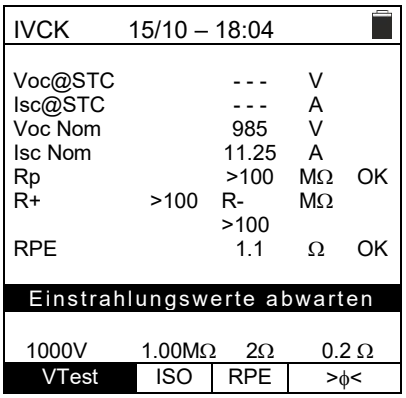
7. Wenn das Instrument, bei der Messung vom Isc Strom, eine defekte Schmelzsicherung ermittelt, erscheint die nebenstehende Meldung im Display. Wenden Sie sich an den HT Kundendienst



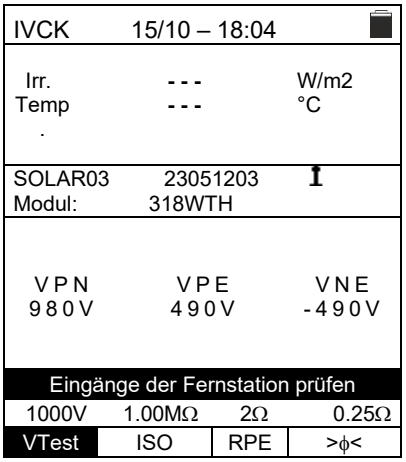
8. Falls keine Aufzeichnung auf der Fernstation SOLAR03 aktiviert wurde, erscheint die nebenstehende Meldung im Display. Prüfen Sie den Zustand der Fernstation SOLAR03.



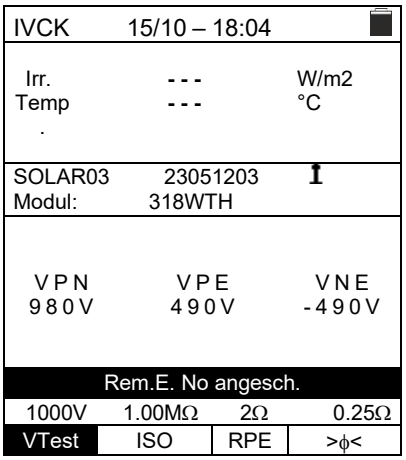
9. Am Ende der Messungen von Voc und Isc erscheint die Meldung "**Einstrahlungswerte abwarten**", falls eine Fernstation SOLAR03 **gerade aufzeichnet, aber mit dem Instrument nicht verbunden ist**. Abwarten Sie die Herunterladung der Daten von der Fernstation zur Anzeige der Messergebnisse @STC



10. Falls die Fernstation SOLAR03 aktiviert und verbunden wurde, aber der Einstrahlungswert nicht gültig ist, erscheint die nebenstehende Meldung im Display. Prüfen Sie den Zustand der Fernstation.



11. **<u>Falls Sie wünschen, Messungen ohne Fernstation durchzuführen</u>** (siehe § 6.8.2 und § 6.8.3), aber das Instrument vorher mit einer Fernstation gekoppelt wurde, erscheint die nebenstehende Meldung im Display. Treten Sie ins Einstellungsmenü der Fernstation (siehe § 6.2) und wählen Sie "**Entk.**", um die Fernstation zu entkoppeln.



6.9. LISTE DER FEHLERMELDUNGEN AUF DEM DISPLAY

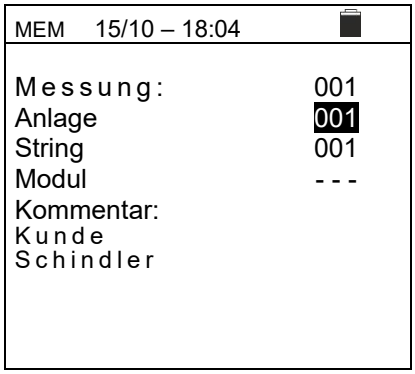
NUM.	MELDUNG	BESCHREIBUNG	AKTIONEN
1	Fehler EEPROM	Interner Fehler	Senden Sie das Instrument bei der Hilfestellung
2	Fehler ADP5587		
3	Fehler Sistem Init		
4	Vtest nicht korrekt	Widerstandslast in der Isolierung zu niedrig	Kontrolle Riso über dem eingestellten Grenzwert und möglicherweise niedriger Batteriestand
5	Schwache Batterie	Niedriger Batteriestand	Tauschen Sie die Batterien aus
6	P-N tauschen	P-N-Eingänge im IVCK-Test vertauscht	Überprüfen Sie die angegebenen Anschlüsse in der Bedienungsanleitung
7	Forced exit	Zwangsunterbrechung des Tests mit **STOP**-Taste	Wiederholen Sie den Test, ohne die Messung zu unterbrechen
8	V. Eing. > 1000VDC	Spannung zwischen P- und N-Eingängen zu hoch im IVCK-Test	Trennen Sie das Instrument vom Stromnetz und prüfen Sie die Spannung zwischen den P- und N-Polen des Strings
9	V.Eingang > 10VAC	AC-Spannung erkannt über die Grenzen hinaus zwischen den Eingängen P und N in IVCK-Tests	Überprüfen Sie, ob der String vom Wechselrichter getrennt ist. Prüfen Sie, ob die String-Anschlusskabel in der Nähe vorhandener stromführender Kabel liegen. Schalten Sie in diesem Fall diese Kabel und/oder Feldpanels spannungsfrei
10	V. Eingang < 15VDC	Mindestspannung für IVCK-Teststart zu niedrig	Überprüfen Sie, ob die zu testenden PV-Module vorhanden sind die angegebenen Mindestanforderungen erfüllen in der Bedienungsanleitung
11	V. Eingang > 3VDC	Spannungsüberschreitung erkannt zwischen den Eingängen der RPE-Funktion	Überprüfen Sie die Anschlüsse wie in der Bedienungsanleitung angegeben, überprüfen Sie die Spannung zwischen den Eingängen E und C und aktualisieren Sie die FW auf die neueste Version
12	Nullstellung NICHT OK	Das Instrument nicht führt die Kalibrierung durch der Spitzen bei der RPE-Messung	Überprüfen Sie den Durchgang der Kabel, stellen Sie sicher, dass sie regelmäßig kurzgeschlossen werden und dass es sich um Original-HT-Kabel handelt
13	Wiederholen	Unzuverlässige Messdaten	Wiederholen Sie die Messung unter Berücksichtigung der Bedienungsanleitung
14	Achtung Restpsg.	Spannung zwischen den Leitungen am Ende des ISO-Tests aufgrund hoher parasitärer Kapazitäten	Seien Sie beim Trennen der Messklemmen vorsichtig und befolgen Sie die Warnhinweise in der Bedienungsanleitung
15	Rcal > Rmess	Das Verfahren zum Zurücksetzen des Testkabelwiderstands im RPE-Betrieb ist fehlgeschlagen	Überprüfen Sie den Durchgang der Kabel, stellen Sie sicher, dass sie regelmäßig kurzgeschlossen werden und dass es sich um Original-HT-Kabel handelt
16	Flash Memory Fehler	Interner Fehler	Senden Sie das Instrument bei der Hilfestellung
17	HOT	Temperatur im Innenkreislauf zu hoch	Warten Sie, bis die Schaltkreise abgekühlt sind, bevor Sie neue Tests durchführen
18	Ibatt zu hoch	Interner Fehler	Senden Sie das Instrument bei der Hilfestellung
19	VPN > Vtest	String Spannung größer als die Prüfspannung im ISO-Test	Wählen Sie beim ISO-Test eine höhere Prüfspannung
20	Verkabelung überprüfen	Falsche Spannung an den P-N-E-Klemmen erkannt	Überprüfen Sie die in der Bedienungsanleitung angegebenen Anschlüsse
21	WiFi-Fehler	Das WLAN-Modul nicht reagiert auf Befehle	Schalten Sie das Instrument aus und wieder ein und versuchen Sie es erneut. Wenn der Fehler weiterhin besteht, senden Sie das Instrument bei der Hilfestellung
22	BT nicht funktionieren	Bluetooth-Modul nicht reagiert auf Befehle	
23	Verbindung unterbroch.		
24	IGBT defekt	Interner Fehler	Senden Sie das Instrument bei der Hilfestellung
25	Rem. E: schwache Bat.	Der Batteriestand des SOLAR03 ist niedrig	Ersetzen Sie SOLAR03-Batterien durch andere des gleichen Typs
26	Isc peak zu hoch	Spitzenstrom zu hoch aufgrund der hohen parasitären Kapazitäten	Führen Sie Tests am halbierten String oder Tests an einzelnen Modulen durch
27	Isc zu hoch	Isc Strom >30A	Überprüfen Sie die Instrumentenanschlüsse, trennen Sie alle parallel geschalteten Stränge und stellen Sie sicher, dass das Instrument nicht mit dem PV-Wechselrichter verbunden ist.
28	Isc peak zu lang	Spitzenstrom wird zu lange gehalten	
29	Überprüf. Rem.E. Eingän.	Die von SOLAR03 erhaltenen Werte sind unrealistisch	Überprüfen Sie die SOLAR03-Eingänge und die Position der Referenzzellen
30	Isc<0.1A	Gemessener Isc-Wert zu niedrig (<0,1A)	Überprüfen Sie die Anschlusskabel und Eigenschaften des betrachteten PV-Moduls
31	Einstrahlung < Lim.	Gemessene Einstrahlungswerte lieger unter dem eingestellten Grenzwert	Überprüfen Sie den eingestellten Grenzwert und die Position der Referenzzellen

7. ABSPEICHERUNG DER ERGEBNISSE

Das Instrument ermöglicht die Speicherung von max 999 Messergebnissen. Die gespeicherten Daten können jederzeit am Display dargestellt und gelöscht werden. Den gespeicherten Daten können eine Anlagennummer (**max 3 Stufen**), eine Stringnummer und eine PV-Modulnummer (**max 250 Zeichen**) zugeordnet werden.

7.1. SPEICHERUNG VON MESSWERTEN

1. Drücken Sie **SAVE** wenn ein Prüfergebnis im Display angezeigt wird. Die nebenstehend abgebildete Bildschirmseite wird angezeigt, die die folgenden Elemente enthält:
   - Die erste freie Speicherstelle (“Messung”)
   - Die Kennzeichnung der ersten Stufe (z.B.: Anlage). Jeder Kennzeichnung können verschiedene (5 voreingestellte und 5 personalisierte) Begriffe zugeordnet werden. Wählen sie die Kennzeichnung der gewünschten Stufe mit den Pfeiltasten (◀ , ▶) und drücken Sie **ENTER** zur Auswahl von einem der verfügbaren Etiketten.
   - Die Kennzeichnung der zweiten Stufe (z.B.: String). Jeder Kennzeichnung können verschiedene (5 voreingestellte und 5 personalisierte) Begriffe zugeordnet werden. Wählen sie die Kennzeichnung der gewünschten Stufe mit den Pfeiltasten ◀ , ▶.
   - Die Kennzeichnung der dritten Stufe (z.B.: Modul). Jeder Kennzeichnung können verschiedene (5 voreingestellte und 5 personalisierte) Begriffe zugeordnet werden. Wählen sie die Kennzeichnung der gewünschten Stufe mit den Pfeiltasten ◀ , ▶.
   - Feld “Kommentar”, wo der Bediener mit der virtuellen Tastatur eine Kurzbeschreibung (max 13 Zeichen) eingeben kann. Das eingegebene Kommentar wird in der darunter liegenden Zeile angezeigt



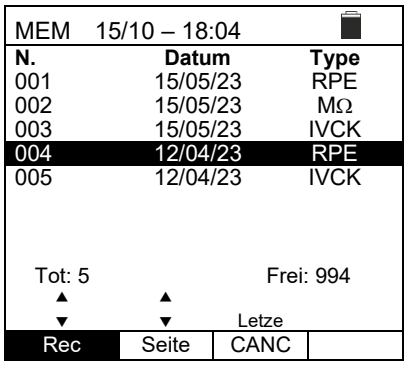
WARNUNG

- Die personalisierten Namen der Begriffe der Kennzeichnungen können mit der **TopView-Software** definiert und über eine PC-Verbindung aufs Instrument geladen werden (§ “Verbindung PC-Instrument → Definition der Kennzeichnungen”)
- Weiter als die 5 Default-Namen ist es möglich, bis zu 5 personalisierten Namen für jede Kennzeichnung hinzuzufügen.
- Die Namen der Default-Kennungen können nicht gelöscht werden. Die Löschung der personalisierten Namen kann nur **durch TopView Software** erfolgen.

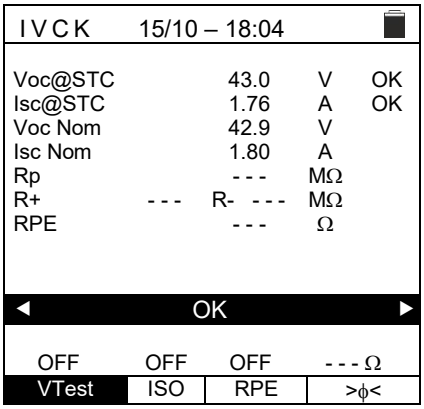
2. Drücken Sie **SAVE** erneut zum Abspeichern der Daten oder drücken Sie **ESC/MENU** um ohne Messwertabspeicherung ins Hauptmenü zurück zu gelangen.

7.2. AUFRUF UND LÖSCHUNG VON GESPEICHERTEN DATEN

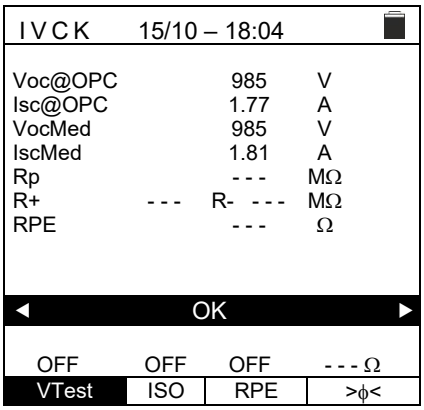
1. Mit **ESC/MENU** gehen Sie ins Hauptmenü, wählen Sie dort "**MEM**" und bestätigen Sie mit **ENTER**, um in den Datenspeicher zu gelangen. Die nebenstehend abgebildeten Bildschirmseite erscheint im Display des Instruments und enthält die Liste der gespeicherten Messungen.
2. Mit den Pfeiltasten ▲,▼ wählen Sie die gespeicherte Messung, die Sie aufrufen möchten, und mit den Pfeiltasten ◀ , ▶ wählen Sie "**Rec**". Bestätigen Sie mit **ENTER**. Die folgende Bildschirmseite erscheint im Display:



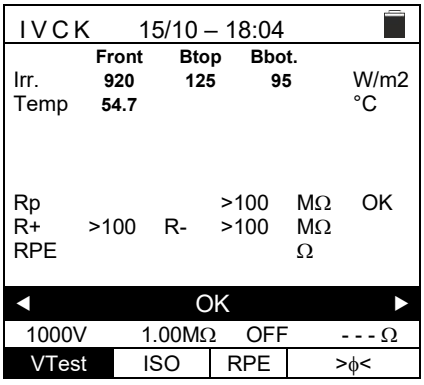
3. Für den **IVCK**-Test sind die Werte der folgenden Parameter vorhanden:
   - Voc @STC-Spannungswert mit relativem Ergebnis
   - Isc @STC-Stromwert mit relativem Ergebnis
   - Nennwert von Voc
   - Nennwert von Isc
   - Rp-Wert mit relativem Ergebnis (falls Test ausgewählt), ansonsten Anzeige „- - -", wenn Test nicht ausgewählt (OFF)
   - R+- und R--Werte mit zugehörigen Ergebnissen (falls Test ausgewählt), andernfalls Anzeige „- - -", wenn Test nicht ausgewählt ist (OFF)
   - RPE-Wert mit relativem Ergebnis (falls Test ausgewählt), andernfalls Anzeige „- - -", wenn Test nicht ausgewählt ist (OFF)



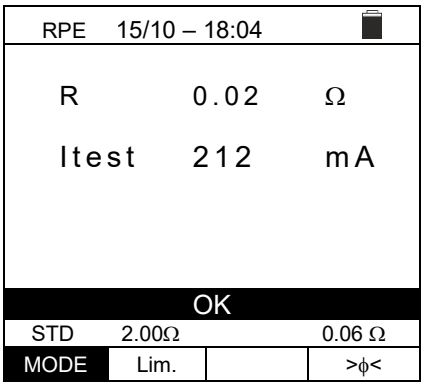
4. **<u>Verwenden Sie die Pfeiltasten ◀ , ▶</u>** um **@OPC-Werte** auszuwählen. Auf dem Display wird der nebenstehende Bildschirm angezeigt



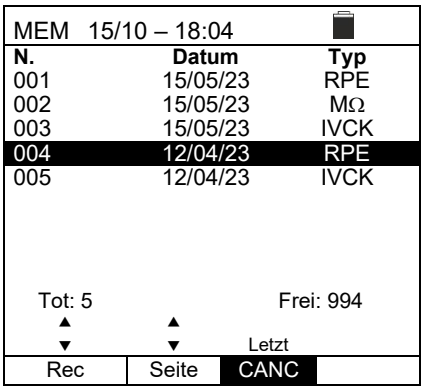
5. **<u>Verwenden Sie die Pfeiltasten ◀ , ▶</u>** zur Auswahl der Werte der **Bestrahlungs**- und **Temperaturmodule**. Auf dem Display wird der nebenstehende Bildschirm angezeigt
6. **<u>Verwenden Sie die Pfeiltasten ▲,▼</u>** können Sie in der Liste der gespeicherten Messungen schnell zur nächsten oder vorherigen Messung wechseln



7. Für den **RPE**-Test sind die Werte der folgenden Parameter vorhanden:
   - Eingestellter Grenzwert für den Durchgangstest
   - Wert des Kalibrationswiderstands der Testleitungen
   - Der Widerstandswert des zu messenden Gegenstands
   - Der tatsächliche Wert des verwendeten Teststroms
   - Messergebnis



8. Mit den Pfeiltasten ▲,▼ wählen Sie die gespeicherte Messung, die sie löschen möchten, und mit den Pfeiltasten ◀ , ▶ wählen Sie "**CANC**". Bestätigen Sie mit **ENTER**. Die folgende Bildschirmseite erscheint im Display:



9. Drücken Sie die Taste **ENTER** zur Bestätigung und die Taste **ESC** um ohne Bestätigung ins Hauptmenü zurückzuerlangen. **Das Instrument löscht immer die letzte abgespeicherte Messung**

8. VERBINDUNG DES INSTRUMENTS MIT DEM PC

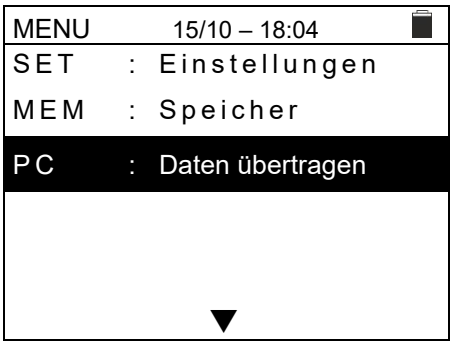
Die Verbindung zwischen PC und Instrument wird durch die serielle optisch isolierte Schnittstelle (siehe Abb. 3) und das optische/USB C2006 Schnittstellenkabel oder durch WiFi Verbindung hergestellt. Wählen Sie den Verbindungstyp mit der Software **TopView** Kostenloser Download von der HT-Website über den Link: **https://www.ht-instruments.com/en/product-download/**

WARNUNG

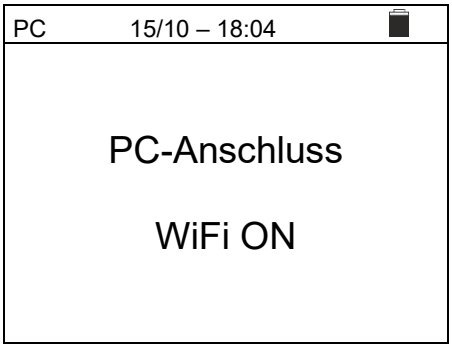
- Bevor die Datenübertragung zum PC durch das optische/USB Kabel stattfinden kann, muss am PC die Software installiert werden.
- Außerdem müssen am PC die zu benutzende USB-Schnittstelle und die richtige Baudrate (Datenübertragungsgeschwindigkeit) mit 57600 Bits/s eingestellt werden. Um diese Parameter einzustellen, starten Sie die mitgelieferte Software. Einzelheiten hierzu erfahren Sie in der Online-Hilfe dieser Software.
- Die zu benutzende Schnittstelle darf nicht schon durch anderes Zubehör oder Anwendungen, wie beispielsweise Maus oder Modem belegt sein. Schließen Sie alle laufenden Prozesse im Windows Task-Manager.
- Optische Schnittstellen emittieren Infrarot LED Strahlen. Blicken Sie nicht in den IR-Strahl. Nach IEC/EN60825-1 gelten für diese Strahlen die Klasse 1M LED-Sicherheitsvorschriften.

Zur Übertragung der gespeicherten Messdaten auf einen PC, gehen Sie wie folgt vor:

1. Schalten Sie das Instrument mit der **ON/OFF** Taste ein.
2. Schließen Sie den PC über das mitgelieferte optische/USB Kabel **C2006** an.
3. Drücken Sie **ESC/MENU**, um ins Hauptmenü zu gelangen.
4. Mit den Pfeiltasten (▲,▼) wählen Sie "**PC**" für die Datenübertragung aus, und bestätigen Sie mit **SAVE/ENTER**.



5. **<u>Wenn die WiFi Verbindung benutzt werden muss</u>**, aktivieren Sie das interne Modul (siehe § 5.1.3). In diesem Fall erscheint die folgende Anzeige:



6. Verwenden Sie die Kontrollen der Software zur Aktivierung der Datenübertragung (Einzelheiten hierzu erfahren Sie in der Online-Hilfe dieser Software).

9. WARTUNG UND PFLEGE

9.1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Das Instrument, das Sie gekauft haben, ist ein Präzisionsinstrument. Überschreiten Sie niemals die technischen Grenzwerte in dieser Bedienungsanleitung bei der Messung oder bei der Lagerung, um mögliche Beschädigungen oder Gefahren zu vermeiden. Verwenden Sie dieses MessInstrument nicht unter ungünstigen Bedingungen wie hoher Temperatur oder Feuchtigkeit. Setzen Sie es nicht direktem Sonnenlicht aus. Schalten Sie immer das Instrument nach Gebrauch wieder aus. Falls das Instrument für eine längere Zeit nicht benutzt werden wird, entfernen Sie die Batterien, um Flüssigkeitslecks zu vermeiden, die die inneren Schaltkreise des Instruments beschädigen könnten.

9.2. BATTERIWEWECHSEL

Die Instrumentebatterien müssen gegen frische Batterien ausgetauscht werden, sobald das Symbol “” auf dem Display erscheint, oder wenn während einer Messung “Batterie leer” angezeigt wird.

WARNUNG

Nur Fachleute oder ausgebildete Techniker sollten diese Arbeit durchführen. Entfernen Sie alle Kabel aus den Eingangs-Anschlüssen, bevor Sie diese Tätigkeit durchführen.

1. Drücken und halten Sie die **ON/OFF** Taste, um das Instrument auszuschalten.
2. Ziehen Sie die Anschlusskabel aus den Eingangsbuchsen.
3. Entfernen Sie die Batteriefachabdeckung mit Hilfe von einem Schraubendreher.
4. Entnehmen Sie alle Batterien aus dem Batteriefach, ersetzen Sie sie sämtlich durch frische Batterien gleicher Größe (siehe § 0) und beachten Sie die richtige Polarität.
5. Setzen Sie den Batteriefachdeckel wieder auf und befestigen Sie ihn mit der beiseitegelegten Schraube.
6. Entsorgen Sie die gebrauchten Batterien umweltgerecht. Verwenden Sie dabei die geeigneten Behälter zur Entsorgung.

9.3. REINIGUNG DES INSTRUMENTS

Zum Reinigen des Instruments kann ein weiches trockenes Tuch verwendet werden. Benutzen Sie keine feuchten Tücher, Lösungsmittel oder Wasser, usw.

9.4. LEBENSENDE

WARNUNG: Das Symbol auf dem Instrument zeigt, dass das Instrument und seine Zubehörteile und die internen Batterien getrennt gesammelt und korrekt entsorgt werden müssen.

10. TECHNISCHE DATEN

10.1. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN

Genauigkeit ist angegeben als ±[%Ablesung+(Ziffer*Auflösung)] bei 23°C±5°C, <80%RH

ELEKTRISCHE SICHERHEIT

DMM – DC-Spannung

Bereich [V]	Auflösung [V]	Genauigkeit
3 ÷ 1000	1	±(1.0%Abl. + 2Ziff.)

DMM – AC TRMS Spannung

Bereich [V]	Auflösung [V]	Genauigkeit
3 ÷ 1000	1	±(1.0%Abl. + 3Ziff.)

Frequenzbereich: 42.5Hz ÷ 69Hz ; Spannung auf Null gestellt für gemessenen Wert <3V

MΩ - Isolationswiderstand R(+), R(-), Rp – Betriebsmodus DUAL

Testspannung [V]	Bereich [MΩ]	Auflösung [MΩ]	Genauigkeit (*)
250, 500, 1000	0.1 ÷ 0.99	0.01	±(5.0%Abl. + 5Ziff.)
	1.0 ÷ 19.9	0.1	
	20 ÷ 100	1	

(*) Erklärte Genauigkeit für VPN≥240V, RStörung≥10Ω;. Genauigkeit von Rp und R(+) nicht erklärt wenn R(+)≥0.2MΩ und R(-) <0.2MΩ→, Genauigkeit von Rp und R(-) nicht erklärt wenn R(+) < 0.2MΩ und R(-) ≥ 0.2MΩ

Leerlaufspannung <1.25 x Nenn-Testspannung
Kurzschlussstrom <15mA (Spitze) für jede Testspannung
Nennmessstrom >1mA su R = 1kΩ x Vnom (mit VPN, VPE, VNE= 0)
Verwaltete Kapazität pro Pol: 2μF

Isolationswiderstand (MΩ) – Betriebsmodus TMR

Testspannung [V]	Bereich [MΩ]	Auflösung [MΩ]	Genauigkeit
250, 500, 1000	0.01 ÷ 9.99	0.01	±(5.0%Abl. + 5Ziff.)
	10.0 ÷ 99.9	0.1	

Leerlaufspannung <1.25 x Nenn-Testspannung
Kurzschlussstrom <15mA (Spitze) für jede Testspannung
Nennmessstrom >1mA bei R = 1kΩ x Vnom (mit VPN, VPE, VNE= 0)
Einstellbarer Timer: 3s ÷ 999s

Durchgang der Schutzleiter (RPE)

Bereich [Ω]	Auflösung [Ω]	Genauigkeit
0.00 ÷ 9.99	0.01	±(2.0%Abl. + 2Ziff.)
10.0 ÷ 99.9	0.1	
100 ÷ 1999	1	

Teststrom: >200mA DC bis 5Ω (Kabel eingeschlossen), Auflösung 1mA, Genauigkeit ±(5.0%Ablesung + 5Zeichen)
Leerlaufspannung $4 < V_0 < 10V$

GFL– Ground Fault Locator

Testspannung [V]	Bereich [MΩ]	Auflösung [MΩ]	Genauigkeit Rp(*)	Genauigkeit Position
250,500,1000	0.1 ÷ 0.99	0.01	±(5.0%Abl. + 5Ziff.)	±1 Modul (NMOD≤35) ±3 Modul (NMOD>35)
	1.0 ÷ 19.9	0.1		
	20 ÷ 100	1		

(*) Erklärte Genauigkeit für VPN≥240V, RStörung≥10Ω;. Genauigkeit von Rp und R(+) nicht erklärt wenn R(+)≥0.2MΩ und R(-) <0.2MΩ→, Genauigkeit von Rp und R(-) nicht erklärt wenn R(+) < 0.2MΩ und R(-) ≥ 0.2MΩ

Leerlaufspannung <1.25 x Nenntestspannung
Kurzschlussstrom <15mA (Spitze) für jede Testspannung
Nennmessstrom >1mA bei R = 1kΩ x Vnom (mit VPN, VPE, VNE= 0)
Verwaltete Kapazität pro Pol: 2μF
Einstellbarer Messgrenzwert: 0.05MΩ, 0.1MΩ, 0.23MΩ, 0.25MΩ, 0.50MΩ, 1.00MΩ
Anzahl an einstellbaren Modulen: 4 ÷ 60
Die GFL Funktion liefert korrekte Ergebnisse bei den folgenden Bedingungen:

- Test durchgeführt mit Vtest ≥ Vnom an einem **einzelnen String**, vom Inverter, eventuellen Überspannungsableitern und Erdungen abgetrennt.
- Test durchgeführt vor eventuellen Blockdioden
- **Einzelne Störung** von niedriger Isolation an einer beliebigen Position in dem String
- Isolationswiderstand der einzelnen Störung: <**1.00MΩ**
- Umgebungsbedingungen ähnlich denen, bei denen die Störung gemeldet wurde

OPT – Isolationsmessung mit Optimierern

Testspannung DC [V]	Bereich [MΩ]	Auflösung [MΩ]	Genauigkeit Rp(*)
100, 250,500,1000 (MLPE mit RSD)	0.1 ÷ 0.99	0.01	±(5.0%Abl. + 10Ziff.)
	1.0 ÷ 19.9	0.1	
	20 ÷ 250	1	
100 (MLPE ohne RSD)	0.1 ÷ 0.99	0.01	
	1.0 ÷ 19.9	0.1	
	20 ÷ 100	1	

(*) Erklärte Genauigkeit für VPN≥240V, RStörung≥10Ω;. Genauigkeit von Rp und R(+) nicht erklärt wenn R(+)≥0.2MΩ und R(-) <0.2MΩ→, Genauigkeit von Rp und R(-) nicht erklärt wenn R(+) < 0.2MΩ und R(-) ≥ 0.2MΩ.

Leerlaufspannung	<1.25 x Nenntestspannung
Kurzschlussstrom	<15mA (Spitze) für jede Testspannung
Nennmessstrom	>1mA bei R = 1kΩ x Vnom (mit VPN, VPE, VNE= 0)
Verwaltete Kapazität pro Pol:	2µF
Einstellbare Grenzwerte:	0.10MΩ, 0.25MΩ, 0.60MΩ, 1.00MΩ, 100MΩ, 200MΩ (MLPE mit RSD) 0.10MΩ, 0.25MΩ, 0.60MΩ, 1.00MΩ, 50MΩ (MLPE ohne RSD)
Anzahl der Optimierer:	1 ÷ 60
Max Strom im RSD Modus:	1A

FUNKTION IVCK

Die Genauigkeit ist angegeben als ±[%Ablesung+(Ziffern*Auflösung)] bei 23°C±5°C, <80%RH

DC-Spannung unter OPC-Bedingungen

Bereich [V]	Auflösung [V]	Genauigkeit
3.0 ÷ 1000.0	0.1	±(1.0%Abl. + 2Ziff.)

Minimale VPN Spannung zum Starten des Tests:15V

DC-Strom unter OPC-Bedingungen

Bereich [A]	Auflösung [A]	Genauigkeit
0.10 ÷ 30.00	0.01	±(1.0%Abl. + 2Ziff.)

DC-Spannung unter STC-Bedingungen

Bereich [V]	Auflösung [V]	Genauigkeit
3.0 ÷ 1000.0	0.1	±(4.0%Abl. + 2Ziff.)

DC-Strom unter STC-Bedingungen

Bereich [A]	Auflösung [A]	Genauigkeit
0.10 ÷ 30.00	0.01	±(4.0%Abl. + 2Ziff.)

Einstrahlung mit Anschluss der HT305 Referenzzelle

Spannungsbereich [mV]	Auflösung [mV]	Genauigkeit (*)
0.00 ÷ 99.99	0.01	±(1.0%Abl. + 0.02mV)

Messbereich [W/m²]	Auflösung [W/m²]	Genauigkeit (*)
0 ÷ 1400	1	±(1.0%Abl. + 1Ziff.)

(*) Genauigkeit des Messgerätes ohne Referenzzelle cell

Modultemperatur mit Anschluss des Fühlers PT305

Widerstandsbereich [Ω]	Auflösung [Ω]	Genauigkeit (*)
846 ÷ 1385	0.385	±(1.0%Abl. + 3.85Ω)

Messbereich [°C]	Auflösung [°C]	Genauigkeit (*)
-40.0 ÷ 99.9	0.1	±(1.0%Abl + 1°C)

(*) Genauigkeit des Messgerätes ohne Temperaturfühler

10.2. ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN

Bezugsnormen

Sicherheit des Instruments:	IEC/EN61010-1, IEC/EN61010-2-030 IEC/EN61010-2-033, IEC/EN61010-2-034
EMC:	IEC/EN61326-1, IEC/EN61326-2-2
Sicherheitsstandard Messzubehör:	IEC/EN61010-031
Messungen:	IEC/EN62446,IEC/EN60891,IEC/EN60904-1-5 (IVCK) IEC/EN61557-1 IEC/EN61557-2 (MΩ) IEC/EN61557-4 (RPE)
EMV-Nutzungsumgebung:	tragbar, Klasse A, Gruppe 1
Isolation:	Doppelte Isolation
Verschmutzungsgrad:	2
Messkategorie:	CAT III 1000V zur Erde Max 1000VAC, 1000VDC zwischen den Eingängen

Radio

Einhaltung von RED-Richtlinien:	ETSI EN300328, ETSI EN301489-1, ETSI EN301489-17

Display, Speicher und PC-Schnittstelle

Displays:	LCD, 240x240pxl, mit Hintergrundbeleuchtung
Speicherbare Daten:	max 999, 3 Markierungsebenen
Interne Datenbank:	max 64 speicherbare Module
PC-Schnittstelle:	optisch/USB und WiFi
Schnittstelle mit SOLAR03:	Bluetooth Verbindung (bis zu 100m im freien Raum)

Stromversorgung

Batterietyp:	6x1.5V alkalisch Typ AA LR06 oder 6x1.2V Akku, NiMH Batterien Typ AA LR06
Niedrigen Batterieladezustand:	Symbol “▯” im Display
Batterieautonomie (@Temp = 20°C):	RPE: >500 Tests (RPE ≥ 0.1Ω) GFL, MΩ: >500 Tests (Riso≥1kΩxVTest) IVCK: >500 Tests (no SOLAR03)
Auto Power OFF:	Nach 5 Minuten Nichtgebrauch

Mechanische Eigenschaften

Abmessungen (L x B x H)	235 x 165 x 75mm
Gewicht (inklusive Batterie):	1,2kg
Mechanischer Schutz:	IP40

10.3. KLIMABEDINGUNGEN FÜR DEN GEBRAUCH

Bezugstemperatur:	23°C ± 5°C
Betriebstemperatur:	-10°C ÷ 50°C
Zulässige relative Luftfeuchtigkeit:	<80%RH (ohne Kondenswasser)
Lagerungstemperatur:	-10°C ÷ 60°C
Lager-Luftfeuchtigkeit:	<80%RH (ohne Kondenswasser)
Maximale Betriebshöhe:	2000m

Dieses Instrument entspricht den Vorgaben der Europäischen Richtlinie für NiederspannungsInstrumente 2014/35/EU (LVD), Richtlinie 2014/30/EU (EMC) und der Richtlinie RED 2014/53/EU
Dieses Produkt ist konform im Sinne der Europäischen Richtlinie 2011/65/EU (RoHS) und der Europäischen Richtlinie 2012/19/EU (WEEE)

10.4. ZUBEHÖR

Siehe die beiliegende Liste der Zubehörteile.

WARNUNG

Nur das mitgelieferte Zubehör garantiert Übereinstimmung mit dem Sicherheitsstandard. Sie müssen in einem guten Zustand sein und, falls nötig, durch dasselbe Modell ersetzt werden.

11. ANHANG – THEORETISCHE INFORMATIONEN

11.1. MESSUNG DES POLARISATIONSINDEX (PI)

Der Zweck von diesem Diagnosetest ist die Bewertung des Einflusses von den Effekten der Polarisation. Bei der Verwendung einer hohen Spannung auf einer Isolation, richten sich die elektrischen Dipole in der Isolation in derselben Richtung des verwendeten elektrischen Felds aus. Dieses Phänomen heißt Polarisation. Durch die polarisierten Moleküle wird ein Polarisationsstrom (Absorptionsstrom) erzeugt, der den Gesamtwert des Isolationswiderstands vermindert.
Der Parameter **PI** ist das Verhältnis zwischen dem Wert vom Isolationswiderstand gemessen nach 1 Minute und nach 10 Minuten. Die Testspannung wird für die ganze Dauer des Tests behalten und am Ende liefert das Instrument den Wert vom Verhältnis:

$$PI = \frac{R\ (10\,min)}{R\ (1\,min)}$$

Einige Bezugswerte:

PI Wert	Zustand der Isolation
<1.0	Nicht akzeptabel
von 1.0 bis 2.0	Gefährlich
von 2.0 bis 4.0	Gut
>4.0	Ausgezeichnet

11.2. DIELEKTRISCHES ABSORPTIONSVERHÄLTNIS (DAR)

Der Parameter **DAR** ist das Verhältnis zwischen dem Wert vom Isolationswiderstand gemessen nach 30sec und nach 1 Minute. Die Testspannung wird für die ganze Dauer des Tests behalten und am Ende liefert das Instrument den Wert vom Verhältnis:

$$DAR = \frac{R\ (1\,min)}{R\ (30s)}$$

Einige Bezugswerte:

DAR Wert	Zustand der Isolation
< 1.0	Nicht akzeptabel
von 1.0 bis 1.25	Gefährlich
von 1.25 bis 1.6	Gut
> 1.6	Ausgezeichnet

11.3. GFL-FUNKTION – THEORETISCHE ASPEKTE UND REGULATORISCHE

Die vom Instrument an einem String aus PV-Modulen (siehe § 6.5) ausgeführte GFL-Funktion ist in der Lage:

- Das Vorhandensein eines **einzelnen Isolationsfehlers** an dem vom Wechselrichter, von anderen Strings, von eventuellen Ableitern und von funktionalen Erdungsanschlüssen getrennten String zu erkennen
- Die Position dieses **einzelnen Isolationsfehlers** innerhalb des Strings zu identifizieren, bei dem ein **Mindestgrenzwert** für die Isolationswiderstandskontrolle aus den folgenden Optionen eingestellt wird: **0.05MΩ, 0.1MΩ, 0.23MΩ, 0.25MΩ**, **0.50MΩ** o **1.00MΩ**

Im Bereich der Isolationsmessung besteht ein „Widerspruch“ zwischen den Vorschriften für die Prüfung von Photovoltaikanlagen (IEC/EN62446-1) und den Produktvorschriften, nach denen PV-Module hergestellt werden (IEC 61646 und IEC 61215), die die folgenden Prüfgrenzwerte festlegen:

- IEC/EN62446-1 → Mindestisolationsgrenze = **1MΩ**
- IEC 61646/IEC61215 → Mindestisolation eines einzelnen Moduls von **40MΩ/m²**, also für ein typisches Modul von ca. 2 m² → eine Mindestisolation von ca. **20MΩ**. Daher ist ein einzelnes PV-Modul mit einer Isolierung gegenüber Erde von **20MΩ** als ein Modul zu betrachten, das den Typprüfungen entspricht, d. h. „nicht defekt” ist

Um die Situation vor Ort zu veranschaulichen, wird auf das Beispiel in Abb. 17 verwiesen. Betrachten wir einen String aus **31 PV-Modulen** mit einer Isolierung gegen Erde von jeweils 20MΩ. Die „Gesamtisolierung” der String ergibt sich somit aus der Parallelschaltung der 31 Widerstände, d. h. 20MΩ/31 = **0.64MΩ**

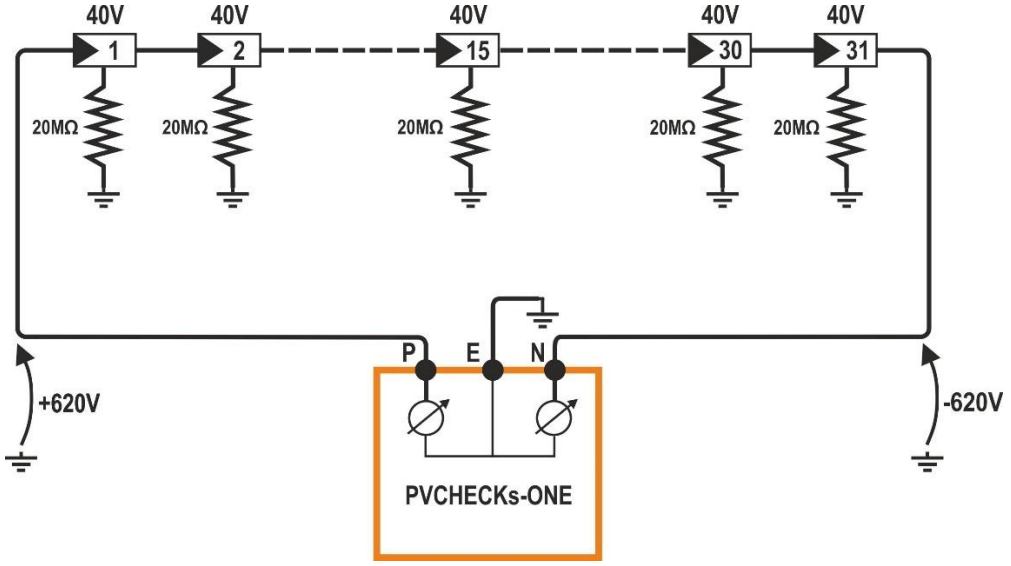


Abb. 17: Beispiel für die Verwendung der GFL-Funktion

Dieser vom PVCHECKs-ONE-Gerät gemessene Isolationswert wäre gemäß den Produktnormen für PV-Module akzeptabel, steht jedoch im Widerspruch zur Prüfnorm IEC/EN62446-1, die eine Mindestisolation von **1MΩ** vorschreibt.

Diese „Diskrepanz” zwischen den Normen ist den Wechselrichterherstellern bekannt, die daher (in der Regel) den zulässigen Mindestwert für die Isolierung einstellbar machen und etwa 100kΩ = 0,1MΩ als Wert empfehlen, unter dem der Wechselrichter blockiert (dieser Wert hängt vom Hersteller ab, beispielsweise „empfiehlt” SMA 200kΩ)

Wenn man sich für einen Mindestgrenzwert von 1MΩ entscheiden würde, **würde dies die Lokalisierung des Fehlers erschweren**

Da oben in Abb. 17, dargestellten Beispiel keines der PV-Module tatsächlich defekt ist, sind die Potentiale des positiven und negativen Pols im Verhältnis zur Erde im Wesentlichen symmetrisch (+620 V und -620 V) , sodass das Gerät fälschlicherweise ein Modul mit einem Isolationswiderstand von 0.64MΩ, als „defekt" erkennen würde, dessen Position wie folgt berechnet wird (**gemäß den Vorschriften der IEC/EN62446-1**)

Fehlerposition = VT / Vmod

Wobei:

VT = **Mindestwert zwischen VPE und VEN**
Vmod = Spannung eines einzelnen Moduls

Daher: Pos. Fehler = 620 / 40 = **15,5 (in der Nähe des 15. Moduls des Strings)**

Das oben genannte Modul ist in Wirklichkeit hypothetisch überhaupt nicht defekt und würde, wenn es einzeln getestet würde, wie alle anderen Module eine Isolierung gegen Erde von 20MΩ aufweisen

In diesem Fall kann beispielsweise durch Festlegen eines Mindestwertes für den Isolationswiderstandswert von 230kΩ = 0.23MΩ, dies als ein angemessener **Wert angesehen werden, der die Annahme eines tatsächlichen EINZELNEN Erdungsisolationsfehlers zulässt** (was die Haupthypothese ist, auf der das in der Norm IEC/EN62446 angegebene Verfahren basiert, dem die GFL-Funktion des PVCHECKs-ONE-Geräts entspricht)

11.4. DUAL/TMR FUNKTIONEN – TECHNISCHE HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Die Funktionen DUAL und TMR sind die beiden Modi, mit denen das Instrument PVCHECKs-ONE Isolationsmessungen an PV-Anlagen durchführt. Insbesondere:

- **Der DUAL-Modus** → ermöglicht die Durchführung von Isolationsmessungen an einzelnen Modulen, einzelnen Strings, parallelen Strings und ganzen PV-Feldern, indem an deren Polen (+) und (-) gemessen wird, **ohne dass diese kurzgeschlossen werden müssen**. Diese Funktion garantiert eine drastische Verkürzung der Prüfzeiten, Flexibilität und eine sofortige Rückmeldung über den Isolationszustand beider Polaritäten. Allerdings muss hier **immer eine Spannung zwischen dem positiven und dem negativen Pol von VPN > 15 VDC** vorliegen, um den Test durchführen zu können. Diese Funktion **kann NICHT verwendet werden, wenn MLPE-Geräte vorhanden sind** (es sei denn, diese werden zuvor getrennt). **Verwenden Sie in diesem Fall den Modus „OPT“ (siehe § 6.6)**
- **Der Modus TMR** → ermöglicht die Durchführung der „typischen” Isolationsmessung zwischen dem Pol (-) und/oder dem Pol (+) des Moduls/Strings/PV-Feldes gegenüber Erde, die Prüfung der Isolation von Verbindungskabeln, Teilen des Wechselrichters und die elektrische Sicherheit im Allgemeinen gemäß IEC/EN62446-1 **kontinuierlich zu prüfen, indem ein Mess-Timer im Bereich von 3 s bis 999 s** ohne **die im DUAL-Modus erforderliche Spannung zwischen den Polen eingestellt wird.**→ Bei dieser Methode muss zwingend mehr als eine Messung an den Strings durchgeführt werden

11.4.1. Normative und theoretische Aspekte der Isolationsmessung

Die Norm IEC/EN62446-1 schreibt vor, dass die Isolationsmessung der mit einer PV-Anlage verbundenen Stromkreise (einzelne Module, Strings, PV-Felder, Anschlüsse usw.) **unter Berücksichtigung des Mindestwiderstandswerts** mit einer der folgenden Methoden durchgeführt werden muss:

1. Messung des Isolationswiderstands gegen Erde des positiven und negativen Pols von Modulen/Strings/PV-Feldern (**Methode, die im TMR-Modus und genauer im DUAL-Modus von PVCHECKs-ONE, PVCHECKs-PRO und PV-ISOTEST verwendet wird**)
2. Messung des Isolationswiderstands gegen Erde des positiven und negativen Pols, die zuvor miteinander kurzgeschlossen wurden (**Methode, die vom Modell PVCHECKs verwendet wird**)

Methode 1

Auch wenn PV-Anlagen im Wesentlichen als **IT-Systeme** konzipiert sind (also ohne physisch realisiertes Erdungssystem), treten zwischen den Polen (+) / Erde und (-) / Erde immer zufällige Störspannungen aufgrund von „parasitären” Parametern (typischerweise ohmsch-kapazitive Effekte) auf, die im folgenden Prinzipschaltbild als **Vop** und **Von** bezeichnet werden (siehe Abb. 18 - linke Seite)

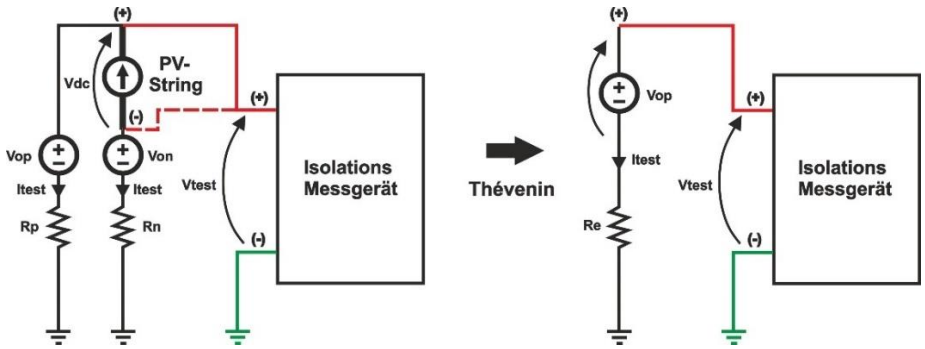


Abb. 18: Schema und Ersatzschaltung von Methode 1

Wobei:

- Vtest = Prüfspannung des Isolationsmessgeräts
- Itest = Prüfstrom, der aufgrund der angelegten Prüfspannung abgegeben wird
- Vdc = Stringspannung
- Rp = Isolationswiderstand des pos. Pols (+) gegenüber Erde
- Rn = Isolationswiderstand des neg. Pols (-) gegenüber Erde
- Vop = zufällige „parasitäre" Spannung des Pols (+) gegenüber Erde
- Von = zufällige „parasitäre" Spannung des Pols (-) gegenüber Erde

Die Störspannungen Vop und Von hängen von verschiedenen Faktoren ab, darunter fallen die Stringspannung, die Umgebungsbedingungen und das Messgeräts selbst, diese Faktoren können die Isolationsmessung erheblich beeinflussen.

Unter Anwendung der Vereinfachungsregel nach Thévenin kann auf den Ersatzschaltkreis Bezug genommen werden (siehe Abb. 18: Schema und Ersatzschaltung von Methode 1 - rechte Seite), der sich beispielsweise auf den (+)-Pol des Strings bezieht:

Wobei:

Re = Rp // Rn = $\frac{Rp * Rn}{Rp+Rn}$; Itest = $\frac{(Vtest-Vop)}{Re}$; Vop = Vdc $\frac{Rp}{Rp+Rn}$

Betrachten wir das folgende Beispiel:

- Vtest = 500VDC
- Rp = 10MΩ → Angenommene korrekte Isolierung (**>1MΩ**) am Pol (+)
- Rn = **0.1MΩ** → Angenommene fehlerhafte Isolierung (**<1MΩ**) am Pol (-)
- Vdc = 490VDC
- Vop ≅ 490V
- Re ≅ **0.1MΩ**
- Itest ≅ **100µA**

Das Isolationsmessgerät (TMR-Modus) misst Vtest und Itest und berechnet stattdessen den folgenden Isolationswiderstand:

$$Re_{EFF} = \frac{Vtest}{Itest} = \frac{500V}{100\mu A} = \mathbf{5M\Omega}$$

Aufgrund **des Vorhandenseins von Vop** liefert das Gerät trotz der geringen Isolation am Pol (-) einen **NICHT korrekten** Wert für eine gute Isolierung bei der am Pol (+) → **durchgeführten Messung. Die Messung mit Methode 1 kann daher von einem Fehler beeinflusst werden, der von der Höhe der Störspannungen abhängt**

Der DUAL-Modus fällt ebenfalls unter Methode 1, verwendet jedoch komplexere Berechnungsgleichungen (die nicht auf dem einfachen Ohmschen Gesetz basieren), die die Auswirkungen von Störspannungen berücksichtigen. Er ist von diesen **Fehlern NICHT betroffen** und liefert mit einer einzigen Messung stets die folgenden korrekten Informationen:

- Isolationswiderstand des Pols R (+) gegenüber Erde
- Isolationswiderstand des Pols R (-) gegenüber Erde
- Widerstand **Rp = R (+) // R (-)** der Parallelschaltung zwischen den Isolationswiderständen der beiden Pole, der als Referenzwert für den Vergleich mit dem Mindestgrenzwert (typischerweise **1MΩ**) verwendet wird

Methode 2

Bei dieser Methode (siehe Abb. 19: Schema und Ersatzschaltung von Methode 2) werden die beiden Pole (+) und (-) durch eine spezielle Sicherheitsvorrichtung kurzgeschlossen, um die Störspannung Vo auf **Null zu setzen** und anschließend eine „klassische" Isolationswiderstandsmessung zwischen dem gemeinsamen Punkt der kurzgeschlossenen Pole gegen Erde durchzuführen

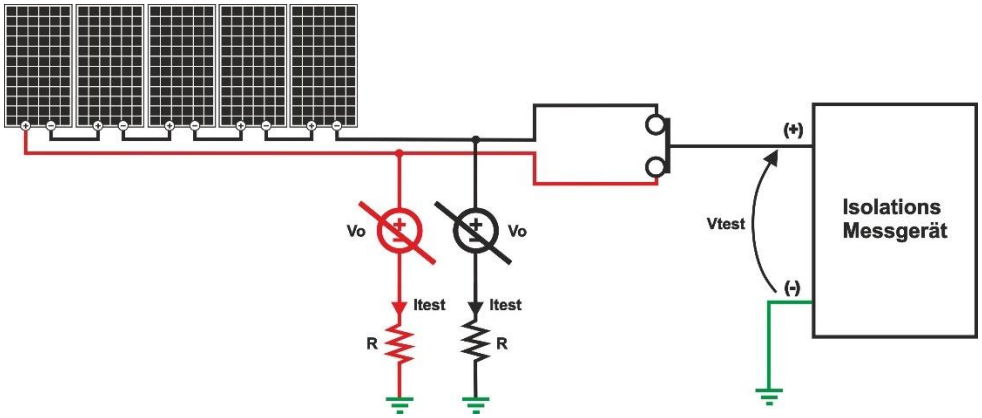


Abb. 19: Schema und Ersatzschaltung von Methode 2

Die Nachteile dieser Methode (die vom Modell PVCHECKs verwendet wird, das automatisch den internen Kurzschluss der Pole der String ausführt) sind folgende:

- Die Isolationswiderstände der beiden Pole sind parallel geschaltet. → Das Gerät führt immer nur die Messung dieses Rp durch und liefert nur dessen Wert, daher **ist es nicht möglich,** den Pol zu identifizieren, an dem ein Problem mit geringer Isolation vorliegt
- Es kann NUR jeweils ein String gleichzeitig getestet werden, um zu hohe Kurzschlussstromwerte zu vermeiden, die das Gerät beschädigen könnten (max. 15 A DC für das PVCHECKs)

11.5. ALLGEMEINE MERKMALE VON MLPE (OPTIMIERER UND RSD- GERÄTE)

Elektronische Leistungsgeräte (**MLPE**) wie z.B. Mikro-Wechselrichter oder DC-Optimierer und Schnellabschaltgeräte (RSD), wurden entwickelt, um sowohl den Energieertrag als auch die Sicherheit einzelner Photovoltaikmodule zu verbessern. Mikro-Wechselrichter und DC-Optimierer entkoppeln jedes Modul elektrisch vom String, ermöglichen einen völlig unabhängigen Betrieb und maximieren die Energieproduktion bei ungleichmäßiger Sonneneinstrahlung oder Fehlausrichtung. Diese Geräte ermöglichen außerdem eine detaillierte Überwachung auf Modulebene

11.5.1. Merkmale von RSD-Geräten

Die Schnellabschaltvorrichtungen **RSD = Rapid ShutDown** sind in erster Linie Sicherheitskomponenten. Sie schalten die Leiter des Moduls im Notfall ab, um die Anforderungen der Brandschutz- und Schnellabschaltsysteme zu erfüllen und so den Einsatzkräften (z. B. der Feuerwehr) im Gefahrenfall wirksame Unterstützung zu bieten. Obwohl sie als Trennschalter auf Modulebene fungieren, bieten sie keine Funktionen zur Leistungsoptimierung oder Überwachung.

11.5.2. Allgemeine Merkmale von Leistungsoptimierern

Im Photovoltaikbereich besteht der Hauptzweck von Leistungsoptimierern darin, die Energieproduktion jedes einzelnen Moduls unabhängig von den anderen zu maximieren und die Auswirkungen von Verschattung, Fehlanpassung und Alterung zu mildern. Dies führt zu einer Gesamtsteigerung des Energieertrags des Systems, einer größeren Flexibilität bei der Installation und einer Verbesserung der Systemverwaltung und -sicherheit. Jeder Optimierer ist mit einem einzelnen Modul (oder einer kleinen Gruppe von Modulen) verbunden und verwaltet seine Leistung autonom. Ohne Optimierer begrenzt ein Modul, das verschattet ist oder eine geringere Leistung aufweist, den Strom des gesamten in Reihe geschalteten Strings. Mit Optimierern arbeitet jedes Modul weiterhin mit maximalem Potenzial, auch wenn andere Module Leistungsprobleme aufweisen.

Um dies zu veranschaulichen: Wenn man beispielsweise eine Reihe von PV-Modulen betrachtet und eines davon eine **unterdurchschnittliche Leistung**, erbringt, kommt es zu einer **Begrenzung des Stroms vom gesamten String**. In einer hydraulischen Analogie könnte das unterdurchschnittlich leistungsfähige Modul als Verengung eines Rohrs betrachtet werden, das den Durchfluss in der Leitung begrenzt. Wenn auf jedem PV-Modul und insbesondere auf dem defekten Modul auch Optimierer installiert sind, wird der Strom, der nicht durch das Modul mit geringerer Leistung fließen kann, **vom Optimierer umgeleitet**. Um beim hydraulischen Vergleich zu bleiben, ist es, als gäbe es ein zusätzliches Bypass-Rohr, in das der Durchfluss geleitet wird, der nicht durch die Verengung des Hauptrohrs fließen kann. Auf der Grundlage der vorstehenden Beschreibung kann ein String von PV-Modulen mit Optimierern elektrisch in der Verbindung wie in Abb. 20 dargestellt werden

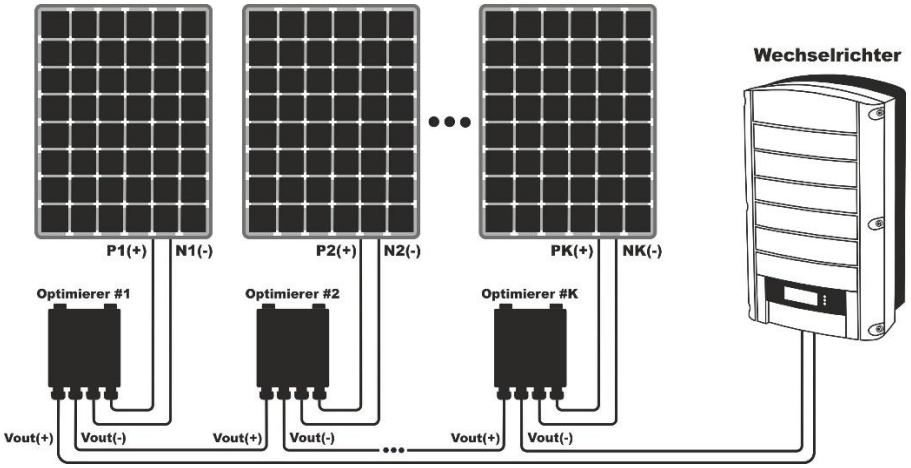


Abb. 20: Verbindung eines PV-Strings mit Leistungsoptimierern

11.5.3. IVCK-Test oder I-V-Kurven an MLPE-Geräten

Aufgrund der Funktionsweise von MLPE-Geräten ist die Durchführung von IVCK-Tests oder I-V-Kennlinien an Photovoltaik-Strings mit Mikro-Wechselrichtern oder DC-Optimierern nicht nur unnötig, **sondern auch technisch unangemessen**. Diese Systeme entkoppeln nämlich jedes Modul elektrisch vom String und verhindern so jede aussagekräftige Charakterisierung von I-V-Kennlinien oder Isc-Messungen auf Stringebene. **Die Durchführung dieser Tests kann zu einer Beschädigung sowohl der MLPE-Geräte als auch des Prüfgeräts führen**

11.5.4. Isolationsmessung an MLPE-Geräten (OPT-Funktion)

Bezugnehmend auf das Schema in Abb. 20, also wenn ein Wechselrichter, der an einen PV-String angeschlossen ist die aus einer Reihe von Optimierern besteht und **aufgrund einer geringen Isolation gegen Erde abschaltet,** können die möglichen Ursachen (abgesehen von Problemen mit dem Wechselrichter) folgende sein:

1. Ein oder mehrere PV-Module weisen einen Erdschluss auf
2. Ein oder mehrere Optimierer weisen einen Erdschluss auf

Da einer der beiden Pole des Optimierers „durchgängig" ist, kann sowohl eine niedrige Isolierung innerhalb des Optimierers als auch eine niedrige Isolierung im PV-Modul auftreten. **Um festzustellen, ob es an der geringen Isolierung im PV-Modul oder im Optimierer liegt, müssen diese natürlich getrennt und separat getestet werden**.

Im Allgemeinen kann daher bei einem Wechselrichter, der an eine Kombinationsschalttafel angeschlossen ist und bei einer der Strings (mit Optimierern) Probleme mit geringer Isolierung aufweist, eine **String-für-String**-Messung auf eine der folgenden zwei Arten durchgeführt werden:

- **Durch Kurzschließen der beiden Ausgangspole** der Optimatorreihe und Durchführen einer Isolationsmessung im TMR-Modus, zwischen dem Kurzschlusspunkt und der Erdungsreferenz **unter sicheren Bedingungen**.
- **OHNE Kurzschließen der beiden Ausgangspole** der Optimatorreihe und Durchführen einer Isolationsmessung zwischen den beiden Polen und der Erdungsreferenz.

Wenn der String mit der geringen Isolierung identifiziert wurde, kann die Suche nach dem/das Modul(en) + Optimierer(n) mit Verlust fortgesetzt werden, indem dieser in Unterteile unterteilt wird.

Da einer der beiden Pole des Optimierers elektrisch „durchgängig" ist, kann es sowohl zu einer geringen Isolierung innerhalb des Optimierers selbst als auch zu einer geringen Isolierung im zugehörigen Photovoltaikmodul kommen. Um festzustellen, ob der Isolationsfehler im Photovoltaikmodul oder im Optimierer liegt, **müssen diese daher getrennt und jede Komponente einzeln getestet werden**.

11.5.5. Arten von Isolierungsmaßnahmen mit Leistungsoptimierern

Die Isolierungsmaßnahme hängt im Wesentlichen von der Art des installierten Optimierers ab. Insbesondere lassen sich zwei Familien von Optimierern unterscheiden:

- Optimierer mit „**Schnellabschaltfunktion → RSD = Rapid ShutDown**"
- Optimierer **OHNE RSD-Funktion**

Leistungsoptimierer und „Rapid Shutdown" (Schnellabschaltung) sind zwei wesentliche Komponenten moderner Photovoltaikanlagen. Bei Geräten mit dieser Funktion wird **die Ausgangsspannung unter bestimmten Bedingungen, darunter die Trennung des Strings vom Wechselrichter, automatisch auf nahezu Null reduziert**. Diese Kombination verbessert die Sicherheit für Rettungskräfte (z. B. Feuerwehrleute) **im Notfall** und gewährleistet die Einhaltung der einschlägigen Vorschriften. Die wichtigsten Hersteller bieten Optimierer mit RSD-Funktion an, wobei einige Modelle mit oder ohne diese Funktion erhältlich sind oder diese nur über den entsprechenden Wechselrichter aktiviert werden kann.

Die RSD-Funktion wird durch die US-Norm **NEC 690.12** geregelt, die vorschreibt, dass die Gesamtspannung an den Enden des aus den Optimierern bestehenden Strings innerhalb von **30 Sekunden** nach verschiedenen Fehlerzuständen, einschließlich des Falls eines getrennten Strings, **unter 30 V** gehalten werden muss.

Bei Isolationsprüfungen ändert das Vorhandensein/Fehlen der RSD-Funktion die Art der durchführbaren Prüfung, da:

- **Bei Geräten mit RSD** → in diesem Fall die Ausgangsspannung praktisch null ist, sodass ein Kurzschluss zwischen den Ausgangspolen des Strings der Optimierer hergestellt werden kann
- **Bei Geräten ohne RSD** → entspricht die Ausgangsspannung am Optimiererstring im Wesentlichen der Gesamtspannung des PV-Modulstrings. → In diesem Fall **kann während der gesamten für die Durchführung der Isolationsmessung erforderlichen Zeit (ca. 10 Sekunden) kein Kurzschluss der Pole hergestellt werden**

12. SERVICE

12.1. GARANTIEBEDINGUNGEN

Für dieses Instrument gewähren wir Garantie auf Material- oder Produktionsfehler, entsprechend unseren allgemeinen Geschäftsbedingungen. Während der Garantiefrist behält sich der Hersteller das Recht vor, das Produkt wahlweise zu reparieren oder zu ersetzen. Falls Sie das Instrument aus irgendeinem Grund für Reparatur oder Austausch einschicken müssen, setzen Sie sich bitte zuerst mit dem lokalen Händler in Verbindung, bei dem Sie das Instrument gekauft haben. Transportkosten werden vom Kunden getragen. Vergessen Sie nicht, einen Bericht über die Gründe für das Einschicken beizulegen (erkannte Mängel). Verwenden Sie nur die Originalverpackung. Alle Schäden beim Versand, die auf Nichtverwendung der Originalverpackung zurückzuführen sind, hat auf jeden Fall der Kunde zu tragen. Der Hersteller übernimmt keine Haftung für Personen- oder Sachschäden.

Von der Garantie ausgenommen sind:

- Reparatur und/oder Ersatz von Zubehör und Batterie (nicht durch die Garantie gedeckt)
- Reparaturen, die aufgrund unsachgemäßer Verwendung oder durch unsachgemäße Kombination mit inkompatiblen Zubehörteilen oder Instrumenten erforderlich werden.
- Reparaturen, die aufgrund von Beschädigungen durch ungeeignete Transportverpackung erforderlich werden.
- Reparaturen, die aufgrund von vorhergegangenen Reparaturversuchen durch ungeschulte oder nicht autorisierte Personen erforderlich werden.
- Instrumente, die modifiziert wurden, ohne dass das ausdrückliche Einverständnis des Herstellers dafür vorlag.
- Gebrauch, der den Eigenschaften des Instruments und den Bedienungsanleitungen nicht entspricht.

Der Inhalt dieser Bedienungsanleitung darf ohne das Einverständnis des Herstellers in keiner Form reproduziert werden.

Unsere Produkte sind patentiert und unsere Warenzeichen eingetragen. Wir behalten uns das Recht vor, Spezifikationen und Preise aufgrund eventuell notwendiger technischer Verbesserungen oder Entwicklungen zu ändern.

12.2. SERVICE

Für den Fall, dass das Instrument nicht korrekt funktioniert, stellen Sie vor der Kontaktaufnahme mit Ihrem Händler sicher, dass die Batterien und die Kabel korrekt eingesetzt sind und funktionieren, und sie ersetzen, wenn nötig. Stellen Sie sicher, dass Ihre Betriebsabläufe der in dieser Betriebsanleitung beschriebenen Vorgehensweise entsprechen. Falls Sie das Instrument aus irgendeinem Grund für Reparatur oder Austausch einschicken müssen, setzen Sie sich bitte zuerst mit dem lokalen Händler in Verbindung, bei dem Sie das Instrument gekauft haben. Transportkosten werden vom Kunden getragen. Vergessen Sie nicht, einen Bericht über die Gründe für das Einschicken beizulegen (erkannte Mängel). Verwenden Sie nur die Originalverpackung. Alle Schäden beim Versand, die auf Nichtverwendung der Originalverpackung zurückzuführen sind, hat auf jeden Fall der Kunde zu tragen.

HT ITALIA SRL
Via della Boaria, 40
48018 – Faenza (RA) – Italy
T +39 0546 621002 | **F** +39 0546 621144
M ht@ht-instruments.com | **www.ht-instruments.it**

WHERE WE ARE

HT INSTRUMENTS SL
C/ Legalitat, 89
08024 Barcelona – Spain
T +34 934 081 777
M sat@htinstruments.es | **www.htinstruments.es**

HT INSTRUMENTS GmbH
Am Waldfriedhof 1b
D-41352 Korschenbroich – Germany
T +49 (0) 2161 564 581 | **F** +49 (0) 2161 564 583
M info@ht-instruments.de | **www.ht-instruments.de**