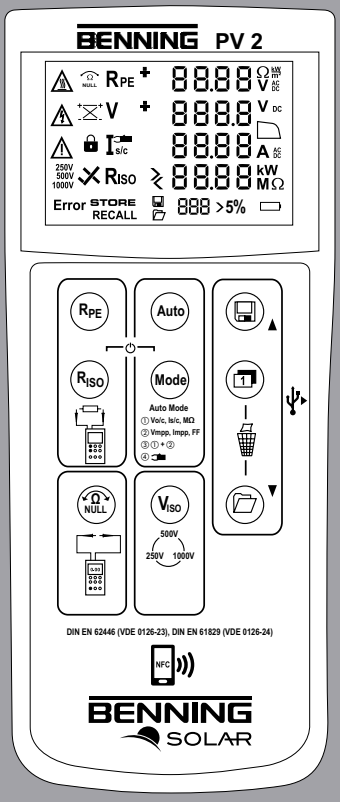
BENNING

(D) **Bedienungsanleitung**

(GB) **Operating manual**



BENNING PV 2

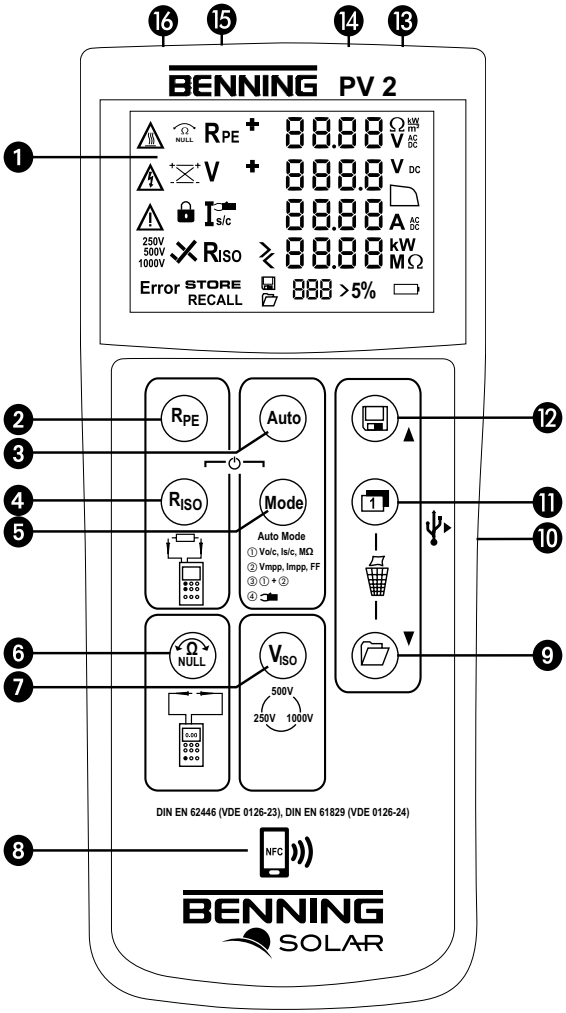


Bild 1: Gerätefrontseite
Fig. 1: Appliance front face

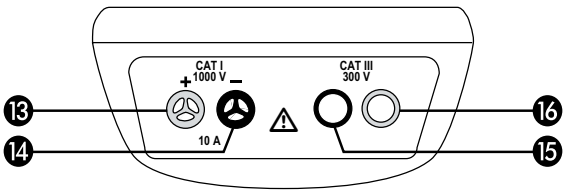


Bild 2: Geräteoberseite
Fig. 2: Top side of the device

Bild 3: Digitalanzeige
Fig. 3: Digital display

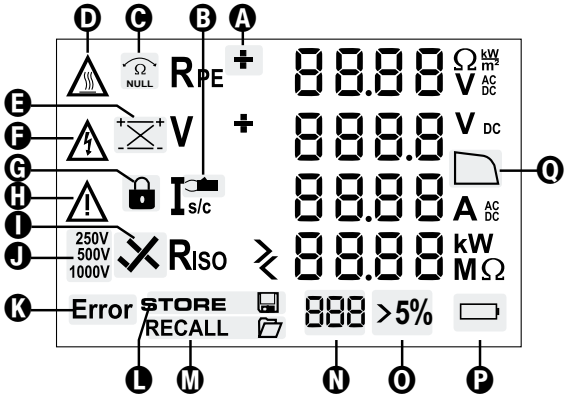
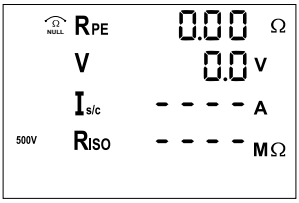


Bild 4: Nullabgleich der Sicherheitsmessleitung für R_{PE}-Messung
Fig. 4: Null balance of the measuring lead for R_{PE} measurement



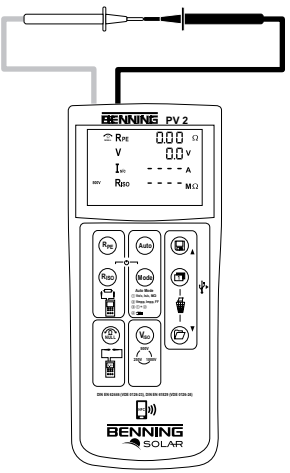
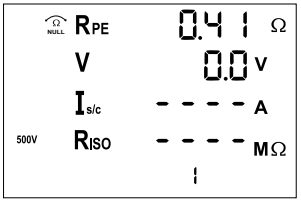


Bild 5: Prüfung des Schutzleiterwiderstandes R_{PE}
Fig. 5: Testing the protective conductor resistance (R_{PE})



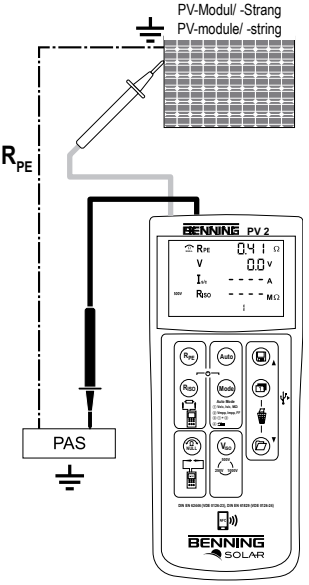
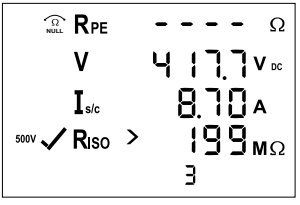
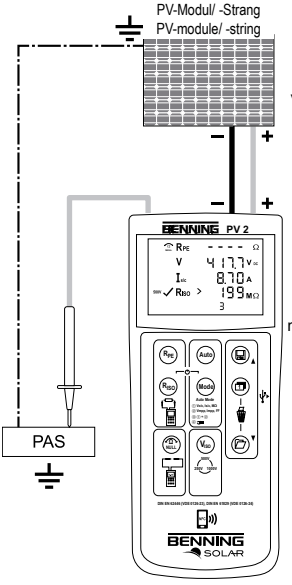


Bild 6: Automatische Solarmodul-Messung, ISO-Messung über Erdleiter
Fig. 6: Automatic solar panel measurement, ISO measurement via earthing conductor



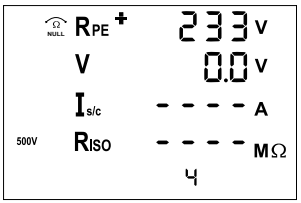


Max.
P ≤ 10 kW
Vo/c ≤ 1000 V
Is/c ≤ 15 A

Nicht an parallel geschalteten PV-Strängen messen!

Do not make measurements at PV strings which are connected in parallel!

Bild 7: Spannungsmessung über 4 mm Prüfbuchsen
Fig. 7: Voltage measurement via 4 mm test sockets



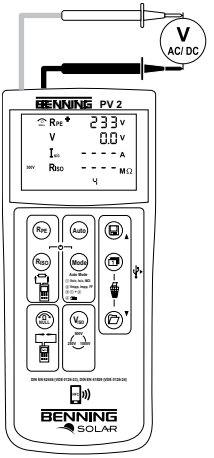
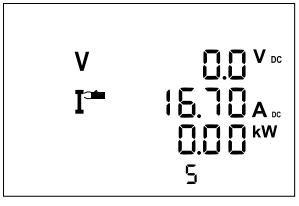


Bild 8: AC/ DC-Strommessung mit optionalem Stromzangenadapter BENNING CC 3
Fig. 8: AC/ DC current measurement by means of optional current clamp adapter BENNING CC 3



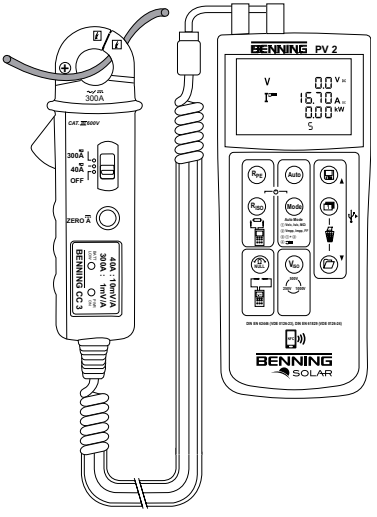


Bild 9: Isolationswiderstandsmessung R_{ISO} (2-polig)
Fig. 9: Insulating resistance measurement R_{ISO} (2-pin)



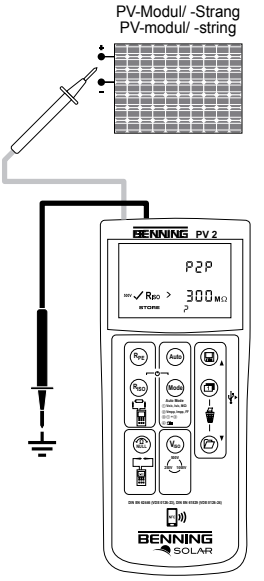


Bild 10: Anzeige der I-U Kennlinie über Android-Gerät
Fig. 10: Displaying the I-V characteristic via an Android device

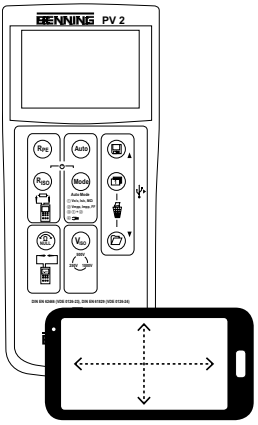


Bild 11: Funkverbindung zum optionalen Einstrahlungs- und Temperaturmessgerät BENNING SUN 2
Fig. 11: Radio connection to the optional insolation and temperature measuring instrument BENNING SUN 2

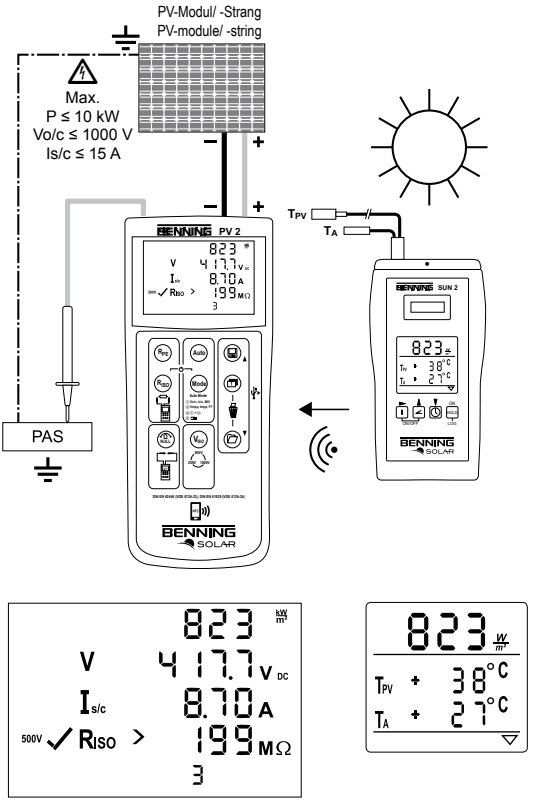
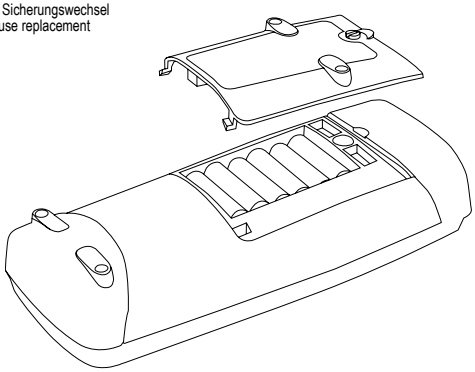


Bild 12: Batterie-/ Sicherungswechsel
Fig. 12: Battery/ fuse replacement



Bedienungsanleitung
BENNING PV 2

Batteriebetriebener Photovoltaiktester für die Inbetriebnahme- und Wiederholungsprüfung von netzgekoppelten Photovoltaik-Systemen gemäß VDE 0126-23 (DIN EN 62446) und zur Messung der Strom-Spannungs-Kennlinie gemäß VDE 0126-24 (DIN EN 61829).
Prüf- und Messfunktionen:

- Schutzleiterwiderstandsmessung mit 200 mA DC Prüfstrom
- Automatische Anzeige der Spannungspolarität mit akustischer/ visueller Warnung bei Falschpolung
- Leerlaufspannungsmessung am PV-Modul/ PV-Strang bis 1000 V DC
- Kurzschlussstrommessung am PV-Modul/ PV-Strang bis 15 A DC
- Isolationswiderstandsmessung mit Prüfspannung 250 V, 500 V, 1000 V DC
- Messung der Strom-Spannungs-Kennlinie und Leistungskennlinie
- Funktionstest durch Strommessung mittels optionalem Stromzangenadapter BENNING CC 3 bis 40 A AC/DC.
- Messung der solaren Einstrahlung, PV-Modul- und Umgebungstemperatur mittels optionalem Einstrahlungs- und Temperaturmessgerät BENNING SUN 2.

Inhaltsverzeichnis

1. Benutzerhinweise
2. Sicherheitshinweise
3. Lieferumfang
4. Gerätebeschreibung
5. Allgemeine Angaben
6. Umgebungsbedingungen
7. Elektrische Angaben
8. Prüfen mit dem BENNING PV 2
8.1 Vorbereiten der Prüfung
8.1.1 Ein-, Ausschalten des BENNING PV 2
8.1.2 Einstellen der automatischen Abschaltzeit (APO, Auto-Power Off)
8.1.3 Einstellen von Datum und Uhrzeit
8.1.4 Prüfung des Batteriezustandes
8.1.5 Kompensation der Sicherheitsmessleitungen (Nullabgleich)
8.2 Prüfung des Schutzleiterwiderstandes, RPE
8.3 Automatische Messungen am PV-Generator
8.4 Gleich- und Wechselspannungsmessung
8.5 Strommessung mit optionalem AC/ DC-Stromzangenadapter BENNING CC 3
8.6 Isolationswiderstandsmessung (RISO, 2-polig)
8.7 Messwertspeicher
8.7.1 Messwerte speichern
8.7.2 Messwerte aufrufen
8.7.3 Messwertspeicher löschen
8.7.4 Messwertspeicher über USB-Schnittstelle auslesen
8.7.5 Darstellung der I-U Kennlinie über Android-Gerät
8.8 Funkverbindung zu Einstrahlungs- und Temperaturmessgerät BENNING SUN 2
8.8.1 Koppeln mit BENNING SUN 2
8.8.2 Entkoppeln vom BENNING SUN 2
8.8.3 Aktivieren/ Deaktivieren der Funkübertragung des BENNING SUN 2
9. Instandhaltung
9.1 Fehlercodes
9.2 Sicherstellen des Gerätes
9.3 Reinigung
9.4 Batteriewechsel
9.5 Sicherungswechsel
9.6 Kalibrierung
9.7 Ersatzteile
10. Umweltschutz

1. Benutzerhinweise

⚠ **Diese Bedienungsanleitung ist für ausgebildetes Fachpersonal geschrieben! Qualifiziertes Personal ist befähigt Risiken zu erkennen und mögliche Gefährdungen zu vermeiden. Es besteht Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung!**

⚠ **Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung!**
Beachten Sie unbedingt alle Sicherheitshinweise!

Internationale, nationale und gegebenenfalls regionale Vorschriften der Elektrotechnik sind in jedem Fall einzuhalten. Einschlägige Kenntnisse der Elektrotechnik werden vorausgesetzt.
Das BENNING PV 2 ist zur Messung in trockener Umgebung vorgesehen (näheres hierzu im Abschnitt 6: Umgebungsbedingungen).

In der Bedienungsanleitung und auf dem BENNING PV 2 werden folgende Symbole verwendet:

Warnung vor elektrischer Gefahr!
Steht vor Hinweisen, die beachtet werden müssen, um Gefahren für Menschen zu vermeiden.

Achtung Dokumentation beachten!
Das Symbol gibt an, dass die Hinweise in der Bedienungsanleitung zu beachten sind, um Gefahren zu vermeiden.

Dieses Symbol auf dem BENNING PV 2 bedeutet, dass das BENNING PV 2 konform zu den EU-Richtlinien ist.

Dieses Symbol erscheint in der Anzeige für entladene Batterien. Sobald das Batteriesymbol blinkt, tauschen Sie umgehend die Batterien gegen neue Batterien aus.

(AC) Wechsel-Spannung oder -Strom.

(DC) Gleich-Spannung oder -Strom.

Erde (Spannung gegen Erde).

Schutzklasse II

2. Sicherheitshinweise

Das Gerät ist gemäß
DIN VDE 0411 Teil 1/ DIN EN 61010 Teil 1
DIN VDE 0413 Teil 1/ DIN EN 61557 Teil 1, 2, 4 und 10
gebaut und geprüft und hat das Werk in einem sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Anleitung enthalten sind. Fehlverhalten und Nichtbeachtung der Warnungen kann zu schwerwiegenden **Verletzungen** oder zum **Tode** führen.

Der Anschluss an den PV-Generator ist ausschließlich gemäß den Anschlussbildern der Bedienungsanleitung vorzunehmen.
Nicht benötigte Sicherheitsmessleitungen sind von dem BENNING PV 2 zu trennen.

Der PV-Generator darf die maximale Leerlaufspannung von 1000 V, den maximalen Kurzschlussstrom von 15 A und die maximale DC-Leistung (P = U x I) von 10 kW nicht überschreiten.
Gemäß DIN EN 62446 sind die Messungen pro PV-Strang durchzuführen!
Eine Messung an parallel geschalteten PV-Strängen oder eine Kontaktierung am PV-Wechselrichter kann zur Beschädigung des BENNING PV 2 führen!

Die PV-Prüfbuchsen ⓭ und ⓮ sind ausschließlich für die Kontaktierung mit PV-Generatoren (PV-Modul, PV-Strang) vorgesehen.

Das Prüfgerät BENNING PV 2 direkt nach beendeter Prüfung vom PV-Generator trennen.

Messspitzen nicht berühren!
Bei Isolationswiderstandsmessungen können hohe elektrische Spannungen an den Messspitzen anliegen.

Während der Messung keine Metallteile des Prüfobjektes berühren.

Der PV-Generator muss von der elektrischen Hauptversorgung isoliert sein!
Weder Plus- noch Minuspol des PV-Generators darf geerdet sein!

Über die 4 mm Sicherheitsmessleitungen sind Spannungsmessungen an Steckdosenstromkreise möglich. Das BENNING PV 2 darf über die 4 mm Prüfbuchsen ⓯ und ⓰ nur in Stromkreisen der Überspannungskategorie III mit max. 300 V AC/DC Leiter gegen Erde benutzt werden. Bei Spannungsmessungen über die 4 mm Prüfbuchsen ⓯ und ⓰ sind vorher die PV-Sicherheitsmessleitungen von den PV-Prüfbuchsen ⓲ und ⓮ zu trennen.

Extreme Vorsicht bei Arbeiten um blanke Leiter oder Hauptleitungsträger. Ein Kontakt mit Leitern kann einen Elektroschock verursachen.
Beachten Sie, dass Arbeiten an spannungsführenden Teilen und Anlagen grundsätzlich gefährlich sind. Bereits Spannungen ab 30 V AC und 60 V DC können für den Menschen lebensgefährlich sein.

Vor jeder Inbetriebnahme überprüfen Sie das Gerät und die Leitungen auf Beschädigungen. Ein beschädigtes BENNING PV 2 nicht verwenden! Beschädigte Sicherheitsmessleitungen ersetzen!

Verwenden Sie ausschließlich, die im Lieferumfang des BENNING PV 2 enthaltenen Sicherheitsmessleitungen.

Das Prüfgerät BENNING PV 2 ausschließlich gemäß der in dieser Dokumentation angegebenen, bestimmungsgemäßen Verwendung einsetzen. Bei Nichtbeachtung kann die Schutzfunktion des BENNING PV 2 beeinträchtigt werden.

Sollte das BENNING PV 2 verwendet werden um das Vorhandensein einer gefährlichen Spannung nachzuweisen, prüfen Sie das BENNING PV 2 immer vor und nach der Messung an einer bekannten Spannungsquelle oder Prüfeinrichtung.

Das BENNING PV 2 nur in trockener Umgebung verwenden.

Ist anzunehmen, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb zu sichern.
Es ist anzunehmen, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist,
- wenn das Gerät oder die Sicherheitsmessleitungen sichtbare Beschädigungen aufweisen,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen,
- nach schweren Transportbeanspruchungen,
- wenn das Gerät oder die Sicherheitsmessleitungen feucht sind.

Um eine Gefährdung auszuschließen
- **berühren Sie die Leitungen nicht an den blanken Messspitzen,**
- **stecken Sie die Leitungen in die entsprechend gekennzeichneten Buchsen am Messinstrument**

Wartung:
Das Gerät nicht öffnen, es enthält keine durch den Benutzer wartbaren Komponenten. Reparatur und Service kann nur durch qualifiziertes Personal erfolgen.

Reinigung:
Das Gehäuse regelmäßig mit einem Tuch und Reinigungsmittel trocken abwischen. Kein Poliermittel oder Lösungsmittel verwenden.

3. Lieferumfang

Zum Lieferumfang des BENNING PV 2 gehören:
- 3.1 ein Stück BENNING PV 2
- 3.2 ein Stück Transport-/ Aufbewahrungstasche (T.Nr. 10056269)
- 3.3 zwei Stück Sicherheitsmessleitungen mit Prüfspitze (L = 1,2 m) (rot/ schwarz) (T.Nr. 10056274)
- 3.4 zwei Stück Sicherheitskrokodilklemmen (rot/ schwarz) (siehe T.Nr. 10056274)
- 3.5 zwei Stück PV-Sicherheitsmessleitungen für MC4-Steckverbinder (rot/ schwarz) (T.Nr. 10056271)
- 3.6 zwei Stück PV-Sicherheitsmessleitungen für „Sunclix"-Steckverbinder (rot/ schwarz) (T.Nr. 10056275)
- 3.7 ein Stück USB-Verbindungskabel (A-Stecker auf Micro-B-Stecker) (T.Nr. 10056276)
- 3.8 sechs Stück 1,5 V Mignon-Batterien/ Typ AA, IEC LR6

3.9 ein Stück Kurzanleitung
3.10 ein Stück CD-ROM mit PC-Software BENNING SOLAR Datalogger, eine Demoversion der PC-Software BENNING SOLAR Manager, Hardwaretreiber, ausführlicher mehrsprachiger Bedienungsanleitung und Informationsmaterial

Hinweis auf Verschleißteile:
- Das BENNING PV 2 enthält eine Sicherung zum Überlastschutz:
  Ein Stück Sicherung Nennstrom 500 mA, F, 1000 V, Trennvermögen ≥ 1000 A, D = 6,3 mm, L = 32 mm (T.Nr. 749771)
- Das BENNING PV 2 benötigt sechs 1,5 V Mignon-Batterien/ Typ AA, IEC LR6

Hinweis auf optionales Zubehör:
- PC-Software BENNING SOLAR Manager zur Prüfberichtserstellung und Dokumentation gemäß VDE 0126-23 (DIN EN 62446) und VDE 0126-24 (DIN EN 61829) (T.Nr. 050423).
- Einstrahlungs- und Temperaturmessgerät BENNING SUN 2 zur Messung der solaren Einstrahlung (W/m²), der PV-Modul- und Umgebungstemperatur (T.Nr. 050420).
- Saugnapf-Temperaturfühler für BENNING SUN 2 zur Befestigung an der PV-Modulrückseite (T.Nr. 050424).
- PV-Modulhalterung für BENNING SUN 2 zur sicheren Befestigung am PV-Modul (T.Nr. 050425).
- AC/ DC-Stromzangenadapter BENNING CC 3 zum Anschluss an das BENNING PV 2. Die gemessenen AC/ DC-Stromwerte können in dem Speicher des BENNING PV 2 abgelegt und wieder aufgerufen werden (T.Nr. 044038).
- 40 m Messleitung BENNING TA 5 mit praktischem Aufwickler und Handschlaufe. Anschluss: 4 mm Sicherheitsprüfbuchse/ -stecker (T.Nr. 044039).
- Prüfplaketten „Nächster Prüftermin“, 300 Stück (T.Nr. 756212).
- Prüfprotokoll-Formulare “Prüfung von PV-Anlagen” können Sie kostenlos downloaden unter www.benning.de

4. Gerätebeschreibung

siehe Bild 1: Gerätefrontseite
siehe Bild 2: Geräteoberseite
siehe Bild 3: Digitalanzeige

Die in Bild 1, 2 und 3 angegebenen Anzeige- und Bedienelemente werden wie folgt bezeichnet:

❶ **Digitalanzeige**, zeigt den Prüffortschritt und einzelne Messergebnisse,
❷ **R_{PE}-Taste**, Prüfung des Schutzleiterwiderstandes
❸ **Auto-Taste**, startet den automatischen PV-Prüfablauf
❹ **R_{ISO}-Taste**, Prüfung des Isolationswiderstandes (2-polig)
❺ **Mode-Taste**, Auswahl des Prüfablaufs
❻ **NULL-Taste**, zum Nullabgleich des Messleitungswiderstandes
❼ **V_{ISO}-Taste**, Auswahl der Prüfspannung für die Isolationswiderstandsmessung
❽ **NFC-Sensor**, zur Datenübertragung an Android-Gerät
❾ **-Taste**, zum Aufrufen gespeicherter Messwerte (Displaywerte)
❿ **USB-Schnittstelle** (Micro-B-Buchse), zum Anschluss des USB-Verbindungskabels
⓫ **-Taste**, Umschaltung des LCD-Displays
⓬ **-Taste**, zur Speicherung der angezeigten Messwerte (Displaywerte)
⓭ **+ PV-Prüfbuchse (rot)**, zum Anschluss der roten Sicherheitsmessleitung mit PV-Steckverbinder
⓮ **– PV-Prüfbuchse (schwarz)**, zum Anschluss der schwarzen Sicherheitsmessleitung mit PV-Steckverbinder
⓯ **– 4 mm Prüfbuchse (schwarz)**, zum Anschluss der Sicherheitsmessleitung mit Prüfspitze/ Krokodilklemme
⓰ **+ 4 mm Prüfbuchse (rot)**, zum Anschluss der Sicherheitsmessleitung mit Prüfspitze/ Krokodilklemme

Displayanzeige:

Ⓐ **R_{PE} Spannungs-Polaritätsanzeige**, zeigt die Polarität der DC-Spannung an den 4 mm Prüfbuchsen ⓯ und ⓰ an. Bei Wechselspannung wird abwechselnd "+" und "–" angezeigt.
Ⓑ **Stromzangen-Messung** aktiv.
Ⓒ **R_{PE} (Null-Offset),** erscheint bei Kompensation (Nullabgleich) des Messleitungswiderstandes.
Ⓓ **(Achtung, heiße Oberfläche)**, bei aktiviertem Symbol, das BENNING PV 2 sofort von dem PV-Generator trennen. Erst nach Erlöschen des Symbols das BENNING PV 2 anschließen.
Ⓔ **(Polaritätsanzeige)**, zeigt die Polarität der DC-Spannung an den PV-Prüfbuchsen ⓭ und ⓮ an.
Ⓕ **(Achtung, gefährliche Spannung)** festgestellt.
Ⓖ **(R_{PE} LOCK)** (Feststellung), aktiv, wenn eine kontinuierliche R_{PE} oder R_{ISO} Messung akti-

viert wurde.

- Ⓗ **(Achtung)**, bei aktiviertem Symbol Anweisungen in der Bedienungsanleitung beachten, um Gefahren zu vermeiden.
- Ⓘ R_{ISO} ✓ (gut)/ ✗(schlecht), zeigt an, ob der gemessene Isolationswiderstand innerhalb der voreingestellten Grenzwerte liegt.
- Ⓙ **Auswahl der Isolationsprüfspannung,** zeigt die Prüfspannung der Isolationswiderstandsmessung an.
- Ⓚ **Error (Fehler),** siehe spezifische Fehlercodes, (näheres hierzu im Abschnitt 9.1 Fehlercodes) für weitere Details.
- Ⓛ **STORE,** LCD-Daten werden im internen Speicher gespeichert.
- Ⓜ **RECALL,** gespeicherte LCD-Daten wurden aus dem internen Speicher geladen.
- Ⓝ **Speicherplatzanzeige,** „**Clr**"- bzw. „**NFC**"-Einblendung, zeigt den aktuellen Speicherplatz (1…999) an, Einblendung „Clr" und Countdown (5 bis 0) beim Löschen des Messwertspeichers bzw. Einblendung „NFC" bei Übertragung der I-U-Kennlinie zu einem Android-Gerät.
- Ⓞ **Einstrahlungsänderung,** blinkt wenn während der I-U Kennlinienmessung eine Änderung der Einstrahlung > 5 % festgestellt wurde.
- Ⓟ **Batteriesymbol,** erscheint bei entladenen Batterien
- Ⓠ **Kennliniensymbol**, Status der Messung und des Füllfaktors

5. Allgemeine Angaben

Das BENNING PV 2 führt elektrische Sicherheitsüberprüfungen nach VDE 0126-23 (DIN EN 62446) und die Messungen der Strom-Spannungs-Kennlinie nach VDE 0126-24 (DIN EN 61829) aus.

Das BENNING PV 2 ist nicht für den Dauerbetrieb ausgelegt. Die Gerätenutzung wird per Software und über eine Temperaturüberwachung begrenzt. Sobald die interne Betriebstemperatur den Maximalwert erreicht hat, wird die Funktion des Gerätes eingeschränkt um das Gerät abkühlen zu lassen. Trennen Sie das BENNING PV 2 direkt nach der Messung und auch während der Abkühlphase vom Prüfobjekt.

Eigenständig überprüft das BENNING PV 2 angeschlossene PV-Module oder PV-Stränge. Alle Messergebnisse werden auf das große LCD-Display ausgegeben.

- Geräteabmessungen:
  (L x B x H) = 270 x 115 x 55 mm
- Gerätegewicht: 2600 g

6. Umgebungsbedingungen

- Das BENNING PV 2 ist für Messungen in trockener Umgebung vorgesehen.
- Barometrische Höhe bei Messungen: 0 m bis maximal 2000 m
- Überspannungskategorie/ Aufstellungskategorie: DIN EN 61010-1 → 1000 V Kategorie I (gilt nur für die rote ⓭ und schwarze ⓮ PV-Prüfbuchse),
- Überspannungskategorie/ Aufstellungskategorie: DIN EN 61010-1 → 300 V Kategorie III (gilt nur für die rote ⓯ und schwarze ⓰ 4 mm Prüfbuchse),
- Verschmutzungsgrad: 2
- Schutzart: IP 40 (DIN VDE 0470-1, DIN EN 60529)
  4 - erste Kennziffer: Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser ab 1,0 mm
  0 - zweite Kennziffer: Kein Schutz gegen Wasser
- EMC: DIN EN 61326,
- Arbeitstemperatur und relative Luftfeuchte:
  Bei Arbeitstemperatur von 0 °C bis 30 °C: relative Luftfeuchte kleiner 80 %,
  Bei Arbeitstemperatur von 31 °C bis 40 °C: relative Luftfeuchte kleiner 75 %,
- Lagerungstemperatur: Das BENNING PV 2 kann bei Temperaturen von - 25 °C bis + 65 °C (Luftfeuchte 0 bis 90 %) gelagert werden. Dabei sind die Batterien aus dem Gerät herauszunehmen.

7. Elektrische Angaben

Bemerkung: Die Messgenauigkeit wird angegeben als Summe aus
- einem relativen Anteil des Messwertes und
- einer Anzahl von Digit (d.h. Zahlenschritte der letzten Stelle).

Diese Messgenauigkeit gilt bei Temperaturen von 18 °C bis 30 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit kleiner 80 %.

7.1 Schutzleiterwiderstand R_{PE}

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0,05 Ω - 199 Ω	0,01 Ω Maximum	± (2 % + 5 Digit)
Prüfstrom:	> 200 mA (2 Ω)	
Leerlaufspannung:	> 4 V	
Anzahl der Wiederholungsprüfungen (DIN EN 61557-2)	ca. 4000	

7.2 PV-Modul/ PV-Strang, Leerlaufspannung, Vo/c

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
5,0 V - 1000 V	0,1 V	± (0,5 % + 2 Digit)

7.3 PV-Modul/ PV-Strang, Kurzschlussstrom, Is/c

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0,50 A - 15,00 A	0,01 A	± (1 % + 2 Digit)

7.4 Isolationswiderstand, R_{ISO} (AUTO-Messung des PV-Generators)

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0,05 MΩ - 100 MΩ	max. 0,01 MΩ	± (5 % + 5 Digit)
101 MΩ - 199 MΩ	1 MΩ	± (10 % + 5 Digit)
Prüfspannung:	250 V_{DC}/ 500 V_{DC}/ 1000 V_{DC}, + 20 %, - 0 %	
Prüfstrom:	> 1 mA, < 2 mA bei Kurzschluss	
Anzahl der Wiederholungsprüfungen (DIN EN 61557-2)	ca. 4000	

7.5 Isolationswiderstand, R_{ISO} (2-polig)

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0,05 MΩ - 300 MΩ	max. 0,01 MΩ	± (5 % + 5 Digit)
Prüfspannung:	250 V_{DC}/ 500 V_{DC}/ 1000 V_{DC}, + 20 %, - 0 %	
Prüfstrom:	> 1 mA, < 2 mA bei Kurzschluss	
Anzahl der Wiederholungsprüfungen (DIN EN 61557-2)	ca. 4000	

7.6 Spannung über 4 mm Prüfbuchsen

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
30 V - 440 V AC/ DC	1 V	± (5 % + 2 Digit)

7.7 Strom mit AC/ DC Stromzangenadapter BENNING CC 3 (T.Nr. 044038)

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
0,1 A - 40,0 A AC/ DC	0,1 A	± (5 % + 2 Digit)

8. Prüfen mit dem BENNING PV 2

8.1 Vorbereiten der Prüfung

Benutzen und lagern Sie das BENNING PV 2 nur bei den angegebenen Lager- und Arbeitstemperaturbedingungen, vermeiden Sie dauernde Sonneneinstrahlung.

- Angaben von Nennspannung und Nennstrom auf den Sicherheitsmessleitungen überprüfen.
- Starke Störquellen in der Nähe des BENNING PV 2 können zu instabiler Anzeige und zu Messfehlern führen.

⚠ **Vor jeder Inbetriebnahme überprüfen Sie das Gerät, die Leitungen und das Prüfobjekt auf Beschädigungen.**

8.1.1 Ein-, Ausschalten des BENNING PV 2

- Durch gleichzeitiges Betätigen der (Esc)-Taste ❹ und (Mode)-Taste ❺ für ca. 2 Sekunden wird das BENNING PV 2 eingeschaltet, Signaltöne bestätigen dies. Erneutes Drücken der Tasten für > 2 Sekunden schaltet das Gerät aus.
- Das BENNING PV 2 schaltet sich nach ca. 1 Minute selbstständig ab. (**APO**, **A**uto-**P**ower-**O**ff). Es schaltet sich wieder ein, wenn die (Esc)-Taste ❹ und (Mode)-Taste ❺ betätigt werden.

Ein Signalton signalisiert die Abschaltung des Gerätes.

8.1.2 Einstellen der automatischen Abschaltzeit (**APO**, **A**uto-**P**ower **O**ff)

- Schalten Sie das BENNING PV 2 durch gleichzeitiges Betätigen der (Rso)-Taste ❹ und (Mode)-Taste ❺ aus.
- Drücken und halten Sie die (NULL)-Taste ❻ und betätigen Sie gleichzeitig die (Rso)-Taste ❹ und (Mode)-Taste ❺ . Halten Sie die (NULL)-Taste ❻ weiter gedrückt.
- Das LCD-Display ❶ zeigt in der ersten Zeile „OFF“ und in der zweiten Zeile die Abschaltzeit in Minuten an.
- Jede Betätigung der (Vac)-Taste ❼ erhöht die Abschaltzeit um eine Minute bis maximal 10 Minuten.
- Lassen Sie die (NULL)-Taste ❻ los um die Einstellung zu speichern.

8.1.3 Einstellen von Datum und Uhrzeit

Das BENNING PV 2 verfügt über eine integrierte Echtzeituhr um jedem Speichervorgang bzw. Speicherplatz automatisch einen Datum-/Zeitstempel hinzuzufügen (siehe Abschnitt 8.7 Messwertspeicher).

Für die Einstellung von Datum und Uhrzeit führen Sie folgende Schritte aus:

- Schalten Sie das BENNING PV 2 durch gleichzeitiges Betätigen der (Rso)-Taste ❹ und (Mode)-Taste ❺ aus.
- Drücken und halten Sie die (▱)-Taste ❾ und betätigen Sie gleichzeitig die (Rso)-Taste ❹ und (Mode)-Taste ❺ .
- Das Datum-/Uhrzeitformat wird wie folgt angezeigt:
  MM.DD = Monat (1-12).Tag (1-31)
  YYYY = Jahr
  HH.mm = Stunden (0-23).Minuten (0-59)
  SS = Sekunden (0-59)
- Drücken Sie die (RPE)-Taste ❷ um ein Datum/ Uhrzeitfeld anzuwählen.
- Ein blinkendes Feld verdeutlicht, dass dieses Feld eingestellt werden kann.
- Über die (▦)-Taste ⓬ und die (▱)-Taste ❾ wird der Wert erhöht bzw. verringert. Mit jeder Änderung wird das Sekundenfeld auf Null gesetzt.
- Schalten Sie das Gerät durch gleichzeitiges Betätigen der (Rso)-Taste ❹ und (Mode)-Taste ❺ aus, um die Einstellung zu speichern.

Hinweis:

Befindet sich das BENNING PV 2 in Funkverbindung mit dem BENNING SUN 2, synchronisiert sich das Datum/ die Uhrzeit des BENNING PV 2 automatisch nach ca. 10 s auf das Datum/ die Uhrzeit des BENNING SUN 2, wenn eine Abweichung > 1 Min. festgestellt wird. BENNING SUN 2 (Master) → BENNING PV 2 (Slave).

8.1.4 Prüfung des Batteriezustandes

Das BENNING PV 2 führt während des Einschaltens und im laufenden Betrieb einen automatischen Batterietest durch. Entladene Batterien werden durch ein Batteriesymbol ⓟ im LCD-Display ❶ dargestellt. Sobald das Batteriesymbol blinkt sind die Batterien umgehend zu ersetzen (siehe Abschnitt 9.4, „Batteriewechsel“).

8.1.5 Kompensation der Sicherheitsmessleitungen (Nullabgleich)

Um eine Kompensation (Nullabgleich) des Messleitungswiderstandes durchzuführen, kontaktieren Sie die Sicherheitsmessleitungen über die Sicherheitskrokodilklemmen miteinander und drücken die (NULL)-Taste ❻ bis das Symbol Ω NULL ⓒ im LCD-Display ❶ erscheint.

⚠ **Messleitungswiderstände können bis 10 Ohm kompensiert werden.**

siehe Bild 4: Nullabgleich der Sicherheitsmessleitung für R_{PE}-Messung

8.2 Prüfung des Schutzleiterwiderstandes, R_{PE}

⚠ **Der PV-Generator muss von der elektrischen Hauptversorgung isoliert sein! Weder Plus- noch Minuspol des PV-Generators darf geerdet sein!**

⚠ **Bei Anliegen einer Spannung von > 30 V am Prüfobjekt wird die ermittelte Spannung angezeigt. Steigt die Messspannung an den Prüfspitzen über 30 V wird die R_{PE}-Messung blockiert! Wird die R_{PE}-Messung unterhalb von 30 V gestartet, kann eine niederohmige Spannungsquelle die eingebaute Sicherung im BENNING PV 2 auslösen!**

Zur Einzelmessung:

- Schalten Sie den Schaltkreis bzw. das Prüfobjekt spannungsfrei.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ⓰ und ⓯ an und kontaktieren Sie das Prüfobjekt.
- Drücken Sie die (RPE)-Taste ❷.
- Drücken Sie die (▦)-Taste ⓬, um den Messwert auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

siehe Bild 5: Prüfung des Schutzleiterwiderstandes R_{PE}

Zur fortlaufenden Messung:
- Schalten Sie den Schaltkreis bzw. das Prüfobjekt spannungsfrei.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ⓰ und ⓯ an und kontaktieren Sie das Prüfobjekt.
- Drücken und halten Sie die (RPE)-Taste ❷ gedrückt bis das Symbol 🔒 Ⓖ erscheint.
- Der gemessene Schutzleiterwiderstand R_{PE} wird fortlaufend im Display ❶ angezeigt.
- Zum Beenden der fortlaufenden Messung drücken Sie die (RPE)-Taste ❷.
- Drücken Sie die (M)-Taste ⓬, um den Messwert auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

siehe Bild 5: Prüfung des Schutzleiterwiderstandes R_{PE}

8.3 Automatische Messungen am PV-Generators

⚠ **Der PV-Generator darf die maximale Leerlaufspannung von 1000 V, den maximalen Kurzschlussstrom von 15 A und die maximale DC-Leistung (P = U x I) von 10 kW nicht überschreiten.**
Gemäß DIN EN 62446 sind die Messungen pro PV-Strang durchzuführen!
Eine Messung an parallel geschalteten PV-Strängen oder eine Kontaktierung am PV-Wechselrichter kann zur Überlastung des BENNING PV 2 führen!

⚠ **Der PV-Generator muss von der elektrischen Hauptversorgung isoliert sein!**
Weder Plus- noch Minuspol des PV-Generators darf geerdet sein!

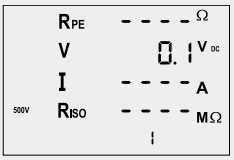
⚠ **Alle Messleitungen sind sicher mit dem PV-Generator zu kontaktieren. Verwenden Sie hierzu die beiliegenden Sicherheitsmessleitungen mit PV-Stecker sowie die Sicherheitsmessleitungen mit Prüfspitze und Krokodilklemme!**

⚠ **Trennen Sie die kontaktierten PV-Sicherheitsmessleitungen während einer Messung niemals von dem PV-Generator. Eine Trennung kann einen elektrischen Lichtbogen und zur Überlastung des BENNING PV 2 führen.**

⚠ **Während der Isolationswiderstandsmessung wird der PV-Generator kurzgeschlossen. Die Messung erfolgt zwischen der roten 4 mm Prüfbuchse und den kurzgeschlossenen PV-Prüfbuchsen.**

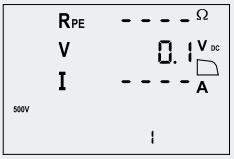
⚠ **Falls die DC-Polarität fehlerhaft ist oder die DC-Spannung im Bereich von < 5 V bzw. > 1000 V liegt, ist keine automatische PV-Messung möglich.**

- Zur Messung einer I-U Kennlinie (Prüfablauf/ Mode ② + ③) müssen Sie zuerst das BENNING PV 2 mit dem Einstrahlungs- und Temperaturmessgerät BENNING SUN 2 koppeln (siehe Abschnitt 8.8 Funkverbindung zu BENNING SUN 2).
- Verbinden Sie das BENNING PV 2 über die mitgelieferten PV-Sicherheitsmessleitungen mit dem PV-Modul bzw. dem PV-Strang.
- Für die Isolationswiderstandsmessung verbinden Sie die rote Sicherheitsmessleitung der 4 mm Prüfbuchse ⓰ mit einem Metallteil (Rahmen oder Montagesystem) des PV-Generators.
- Ist der PV-Generator ordnungsgemäß über einen Erdungsleiter geerdet, kann alternativ die rote Sicherheitsmessleitung der 4 mm Prüfbuchse ⓰ mit einer sicheren Erdverbindung (Potentialausgleichsschiene) kontaktiert werden.
- Ist der PV-Generator nicht geerdet, sollte der Isolationswiderstand gegen ein Metallteil (Rahmen oder Montagesystem) des PV-Generators und anschließend gegen eine sichere Erdverbindung (Potentialausgleichsschiene) gemessen werden.
- Die Messung der PV-Leerlaufspannung erfolgt automatisch bei anliegender DC-Spannung an den PV-Sicherheitsmessleitungen (Prüfbuchsen ⓭ und ⓮).
- Bei Verpolung der DC-Spannung blinkt die Polaritätsanzeige Ⓐ und das Symbol ⁘ Ⓔ wird eingeblendet. Die automatische Messung bleibt solange gesperrt bis die Polarität der DC-Spannung korrekt ist.
- Sobald eine Spannung von > 30 V an den PV-Sicherheitsmessleitungen anliegt, blinkt das Warnsymbol ⚠ Ⓕ (Achtung, gefährliche Spannung).
- Zur Einstellung der Prüfspannung für die Isolationswiderstandsmessung drücken Sie die (VISO)-Taste ❼ und wählen die gewünschte Prüfspannung aus (250 V, 500 V oder 1000 V DC).
- Wählen Sie über die (Mode)-Taste ❺ den gewünschten Prüfablauf (Mode ① bis ④) aus:



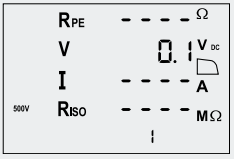
Mode ①: „RISO - - - - MΩ“ im LCD-Dispay

Messung von …
- Vo/c Leerlaufspannung
- Is/c Kurzschlussstrom
- R_{ISO} Isolationswiderstand



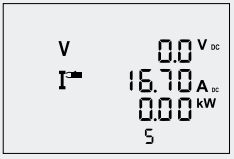
Mode ②: „ Kennliniensymbol“ im LCD-Display

Messung von …
- Vo/c Leerlaufspannung
- Is/c Kurzschlussstrom
- I-U Kennlinie (Vmpp, Impp, FF)



Mode ③: „RISO - - - - MΩ“ und „ Kennliniensymbol“ im LCD-Display

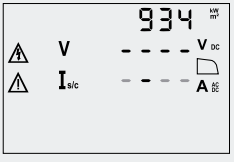
Messung von …
- Vo/c Leerlaufspannung
- Is/c Kurzschlussstrom
- I-U Kennlinie (Vmpp, Impp, FF)
- R_{ISO} Isolationswiderstand



Mode ④ : „Stromzangensymbol“ im LCD-Display

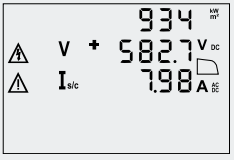
Messung von …
- AC/ DC Betriebsstrom über BENNING CC 3

- Drücken Sie die (Auto)-Taste ❸ um den ausgewählten Prüfablauf (Mode) zu starten.
- Falls eine I-U Kennlinienmessung (Mode ② + ③) ausgewählt wurde, erscheint während der Messung ein laufender Balken und ein blinkendes Kennliniensymbol ❾ im LCD-Display. Wird während der Messung eine Änderung der Einstrahlung um mehr als 5 % festgestellt, blinkt das Symbol >5% im LCD-Display.
- Sobald die Messung beendet ist, wird das Kennliniensymbol dauerhaft eingeblendet und die Leerlaufspannung Vo/c sowie der Kurzschlussstrom Is/c im LCD-Display angezeigt.



I-U Kennlinienmessung wird durchgeführt.

Kennliniensymbol eingeblendet, laufender Balken in Bewegung



I-U Kennlinienmessung ist beendet.

Kennliniensymbol, Leerlaufspannung Vo/c und Kurzschlussstrom Is/c wird eingeblendet

- Die Form des eingeblendeten Kennliniensymbols informiert über die Größe des gemessenen Füllfaktors und weist somit auf ein mögliches Problem des PV-Generators hin.
  Füllfaktor (FF) = (Umpp x Impp) / (Uo/c x Is/c)
  Kennliniensymbol : Füllfaktor > 60 (> 0,60)
  Kennliniensymbol : Füllfaktor < 60 (< 0,60)
- Über die (F1)-Taste ⓫ kann die Spannung (V = Umpp) und der Strom (I = Impp) am Maximum Power Point (MPP) sowie der Füllfaktor (FF) eingeblendet werden.
- Die Messwerte werden für ca. 20 Sekunden oder bis zu einem Tastendruck im Display ❶

dargestellt.
- Liegt der gemessene Isolationswiderstand oberhalb der voreingestellten Grenzwerte, erscheint neben dem Isolationswiderstandswert das Symbol ✓. Liegt der Isolationswiderstandswert unterhalb der Grenzwerte erscheint das Symbol ✗.
- Drücken Sie die (MEM)-Taste ⓬, um die Messwerte auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

siehe Bild 6: Automatische Solarmodul-Messung, ISO-Messung über Erdleiter

Voreingestellte Grenzwerte:

V_{ISO}	Grenzwert Isolationswiderstand
250 V	0,5 MΩ
500 V	1,0 MΩ
1000 V	1,0 MΩ

8.4 Gleich- und Wechselspannungsmessung
- Entfernen Sie die PV-Sicherheitsmessleitungen von den PV-Prüfbuchsen ⓭ und ⓮.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ⓰ und ⓯ an.
- Verbinden Sie die Messspitzen mit der zu messenden Spannungsquelle.
- Das BENNING PV 2 misst automatisch die Spannung an den Messspitzen.
- Die Polarität der Gleichspannung (DC) wird mit "**+/–**" Ⓐ gekennzeichnet. Bei Wechselspannung (AC) wird "**+/–**" Ⓐ im Wechsel angezeigt.
- Drücken Sie die (MEM)-Taste ⓬, um die Messwerte auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

siehe Bild 7: Spannungsmessung über 4 mm Prüfbuchsen

8.5 Strommessung mit optionalem AC/ DC-Stromzangenadapter BENNING CC 3 (T.Nr. 044038)
Das BENNING PV 2 kann mit dem optionalen AC/ DC-Stromzangenadapter BENNING CC 3 den Betriebsstrom einer PV-Anlage messen. Die ermittelten Stromwerte können in dem internen Speicher des BENNING PV 2 abgelegt und wieder aufgerufen werden.
- Entfernen Sie alle Sicherheitsmessleitungen vom BENNING PV 2.
- Schließen Sie den Stromzangenadapter BENNING CC 3 an die 4 mm Prüfbuchsen ⓰ und ⓯ des BENNING PV 2 an
- Schalten Sie den Stromzangenadapter BENNING CC 3 ein und wählen Sie den 40 A-Bereich.
- Schalten Sie das BENNING PV 2 ein und wählen Sie über die (Mode)-Taste ❺ den Mode 4 aus. Im LCD-Display erscheint das Symbol ⊐ Ⓑ für die Stromzangenmessung.
- Für Gleichstrommessungen (DC) drücken Sie die Nullabgleichstaste (ZERO) am BENNING CC 3 bis ein Stromwert von ca. 0 A angezeigt wird.
- Legen Sie den Stromzangenadapter um den einadrigen, stromdurchflossenen Leiter.
- Der gemessene Strom wird im Display ❶ angezeigt.
- Drücken Sie die (MEM)-Taste ⓬, um die Messwerte auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

siehe Bild 8: AC/ DC-Strommessung mit optionalem Stromzangenadapter BENNING CC 3

8.6 Isolationswiderstandsmessung R_{ISO} (2-polig)
Das BENNING PV 2 kann eine Isolationswiderstandsmessung zwischen zwei Messpunkten durchführen. Nutzen Sie hierzu die beiliegenden Sicherheitsmessleitungen und 4 mm Krokodilklemmen.

⚠ **Der PV-Generator muss von der elektrischen Hauptversorgung isoliert sein! Weder Plus- noch Minuspol des PV-Generators darf geerdet sein!**

⚠ **Bei Anliegen einer Spannung von > 30 V am Prüfobjekt wird die ermittelte Spannung angezeigt und die R_{ISO}-Messung wird blockiert! Kontaktieren Sie die Messspitzen während der R_{ISO}-Messung nicht an eine Spannungsquelle, die eingebaute Sicherung im BENNING PV 2 könnte auslösen!**

Zur Einzelmessung:
- Schalten Sie den Schaltkreis bzw. das Prüfobjekt spannungsfrei.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ⓰ und ⓯ an und kontaktieren Sie das Prüfobjekt.
- Drücken Sie die (V_{ISO})-Taste ❼, um die gewünschte Prüfspannung (250 V, 500 V oder 1000 V DC) auszuwählen.
- Drücken Sie die (R_{ISO})-Taste ❹.
- Der gemessene Isolationswiderstand R_{ISO} wird im LCD-Display ❶ angezeigt.
- Drücken Sie die (MEM)-Taste ⓬, um den Messwert auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

siehe Bild 9: Isolationswiderstandsmessung R_{ISO} (2-polig)

Zur fortlaufenden Messung:
- Schalten Sie den Schaltkreis bzw. das Prüfobjekt spannungsfrei.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ⓰ und ⓯ an und kontaktieren Sie das Prüfobjekt.
- Drücken Sie die (Viso)-Taste ❼, um die gewünschte Prüfspannung (250 V, 500 V oder 1000 V DC) auszuwählen.
- Drücken und halten Sie die (Riso)-Taste ❹ gedrückt bis das Symbol 🔒 Ⓖ erscheint.
- Der gemessene Isolationswiderstand R_{ISO} wird fortlaufend im LCD-Display ❶ angezeigt.
- Zum Beenden der fortlaufenden Messung drücken Sie die (Riso)-Taste ❹
- Drücken Sie die (MEM)-Taste ⓬, um den Messwert auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

siehe Bild 9: Isolationswiderstandsmessung R_{ISO} (2-polig)

8.7 Messwertspeicher

8.7.1 Messwerte speichern

Das BENNING PV 2 kann bis zu 999 Displayanzeigen oder I-U Kennlinien speichern. Abhängig der durchgeführten Messungen werden pro Speicherplatz der Schutzleiterwiderstand, die Leerlaufspannung, der Kurzschlussstrom, der Isolationswiderstand mit Prüfspannung, die I-U Kennlinie (Umpp, Impp, FF) oder auch der gemessene AC/ DC-Strom (BENNING CC 3) mit einem Datum-/ Zeitstempel gespeichert.

STORE ? Nachdem die Messung beendet ist, fragt das BENNING PV 2, ob die Messwerte gespeichert werden sollen.

- Drücken Sie die (MEM)-Taste ⓬, um den Messwert auf den nächsten freien Speicherplatz zu speichern.

STORE 💾 10 Der Speicherplatz unter dem die Messwerte gespeichert werden, wird im LCD-Display eingeblendet.

- Ein voller Messwertspeicher wird akustisch über einen Signalton angezeigt.

8.7.2 Messwerte aufrufen
- Drücken Sie die (📂)-Taste ❾, um die gespeicherten Messwerte mit der zugehörigen Speicherplatznummer Ⓝ aufzurufen. Das Symbol "RECALL" Ⓜ erscheint im Display ❶. Die Speicherplatznummer Ⓝ wird im Display ❶ dargestellt.
- Durch erneutes Drücken der (📂)-Taste ❾ wird zum vorherigen Speicherplatz gewechselt.
- Durch Drücken der (MEM)-Taste ⓬ kann zum nächsten Speicherplatz gewechselt werden.
- Sollte unter einer Speicherplatznummer eine I-U Kennlinie gespeichert sein, wird im LCD Display ❶ das Kennliniensymbol Ⓞ eingeblendet. Durch Drücken der (📲)-Taste ⓫ können weitere Messwerte (V = Umpp, I = Impp, FF = Füllfaktor) aufgerufen werden. Mit der Einblendung des Symbols „**NFC**“ Ⓝ im LCD-Display ❶ wird die I-U Kennlinie aus dem Speicher in den NFC-Chip des BENNING PV 2 geschrieben. Die Kennlinie kann mit einem NFC-fähigen Android-Gerät und der APP „BENNING PV Link“ betrachtet werden (siehe Abschnitt 8.7.5 Darstellung der I-U Kennlinie über Android-Gerät).

8.7.3 Messwertspeicher löschen
- Drücken Sie die (📂)-Taste ❾. Das Symbol "RECALL" Ⓜ erscheint im LCD-Display ❶.
- Zum Löschen des kompletten Messwertspeichers halten Sie die (📲)-Taste ⓫ und (📂)-Taste ❾ gedrückt.
- Im LCD-Display ❶ wird das Symbol „Clr“ Ⓝ eingeblendet und ein Countdown (5 bis 0) wird gestartet. Sobald der Zähler den Wert 0 erreicht, wird der komplette Messwertspeicher gelöscht. Sollten die Tasten vorher losgelassen werden, wird das Löschen des Messwertspeichers abgebrochen.

8.7.4 Messwertspeicher über USB-Schnittstelle auslesen

Um die Messwerte über die USB-Schnittstelle ⓾ auszulesen, müssen Sie einmalig von der beiliegenden CD-ROM den Hardwaretreiber aus dem Verzeichnis „Treiber-driver“ und anschließend das Programm „BENNING SOLAR Datalogger“ aus dem Verzeichnis „Programm-program“ auf Ihrem PC installieren.

Für den Datendownload führen Sie folgende Schritte aus:
- Entfernen Sie alle Sicherheitsmessleitungen vom BENNING PV 2.
- Verbinden Sie das BENNING PV 2 über das USB-Verbindungskabel mit dem PC.
- Der Hardwaretreiber installiert sich auf einem freien COM-Port und bestätigt sobald die neue Hardware benutzt werden kann.
- Der verwendete COM-Port ist über den Geräte-Manager Ihres Systems ersichtlich.
- Starten Sie das Programm „BENNING SOLAR Datalogger“, klicken Sie unter Optionen auf „COM-Ports aktualisieren" und wählen den entsprechenden COM-Port aus. Klicken Sie anschließend auf „Download“.
- Drücken Sie die (📂)-Taste ❾. Das Symbol "RECALL" Ⓜ erscheint im LCD-Display ❶.
- Drücken Sie am BENNING PV 2 erneut die (📂)-Taste ❾ für ca. 2 Sek. bis der Download erfolgt und der komplette Messwertspeicher ausgelesen wird.
- Die Messwerte können als (*.csv) oder (*.txt)-Datei gespeichert werden.
- Durch Klicken auf „Öffnen“ kann die Messreihe z. B. über ein Tabellenkalkulationsprogramm geöffnet werden.

Hinweis:
Die optionale PC-Software „BENNNING SOLAR Manager“ (T.Nr. 050423) ermöglicht die Prüfberichtserstellung und Dokumentation gemäß VDE 0126-23 (DIN EN 62446) und VDE 0126-24 (DIN EN 61829). Die gemessenen I-U Kennlinien und Leistungskennlinien können auf STC-Bedingung umgerechnet und über eine PV-Moduldatenbank mit den Herstellerangaben verglichen werden.

8.7.5 Darstellung der I-U Kennlinie über Android-Gerät
Das BENNING PV 2 verfügt über eine drahtlose NFC-Schnittstelle (Near Field Communication), um eine I-U Kennlinie zu einem NFC-fähigen Android-Gerät (Smartphone, Tablet) zu übertragen. Der hierzu nötige NFC-Chip befindet sich unter dem NFC-Logo ❽ auf der Gehäuseoberseite des BENNING PV 2. Die Position der NFC-Antenne Ihres Android-Gerätes entnehmen Sie bitte der zugehörigen Anleitung. Zur Anzeige der I-U Kennlinie starten Sie bitte die APP „BENNING PV Link“, die Sie kostenlos über den Google Play Store beziehen können.
- Um sich mit der APP „BENNING PV Link“ vertraut zu machen, lesen Sie bitte zuerst die in der APP integrierte Bedienungsanleitung, die Sie unter den Einstellungen/Hilfe finden.
- Am Ende einer I-U Kennlinienmessung wird die I-U Kennlinie automatisch in den NFC-Chip geschrieben. In dem LCD-Display ❶ wird kurzzeitig das Symbol „NFC“ Ⓝ eingeblendet.
- Nach dem Aufrufen (RECALL) eines Speicherplatzes aus dem Messwertspeicher des BENNING PV 2, drücken Sie bitte zuerst die (M)-Taste ⓫, um das LCD-Display ❶ umzuschalten und die Kennliniendaten in den NFC-Chip zu schreiben. In dem LCD-Display wird kurzzeitig das Symbol „NFC“ Ⓝ eingeblendet.
- Sobald das Symbol „NFC“ Ⓝ ausgeblendet wird, halten Sie die NFC-Antenne Ihres Android-Gerätes ruhig über das NFC-Logo ❽ auf der Gehäuseoberseite des BENNING PV 2.
- Die I-U Kennlinie wird auf das Android-Gerät übertragen und angezeigt.

Hinweise zum Datentransfer:
- Schutztaschen oder Hüllen an Ihrem Android-Gerät können die Datenübertragung negativ beeinflussen. Entfernen Sie diese, wenn erforderlich, vor der Datenübertragung.
- Schalten Sie unter den Einstellungen Ihres Android-Gerätes den Android Beam, Samsung Beam oder andere Beams aus. Die Einstellung kann die NFC-Übertragung negativ beeinflussen.
- Halten Sie das Android-Gerät nicht über das NFC-Logo ❽ solange das Symbol „**NFC**“ Ⓝ noch im LCD-Display ❶ eingeblendet wird. Die Übertragung könnte gestört werden.
- Sollten Sie die Position der NFC-Antenne Ihres Android-Gerätes nicht aus der Anleitung bestimmen können, bewegen Sie das Android-Gerät langsam über die Oberfläche des BENNING PV 2, um eine Verbindung aufzubauen. Einige Android-Geräte verwenden das NFC-Logo zur Bestimmung der NFC-Antenne auf der Gehäuseoberfläche, bei einigen anderen befindet sich die NFC-Antenne im Bereich der Batterie.

siehe Bild 10: Anzeige der I-U Kennlinie über Android-Gerät

8.8 Funkverbindung zu Einstrahlungs- und Temperaturmessgerät BENNING SUN 2 - Wireless SUN link

Das BENNING PV 2 kann die Messwerte (Solare Einstrahlung, PV-Modul-/ Umgebungstemperatur und Datum-/ Zeitstempel) des Einstrahlungs- und Temperaturmessgerätes BENNING SUN 2 (Option) per Funk empfangen. Die Messwerte sind für die Messung einer I-U Kennlinie erforderlich.
Hierzu muss einmalig das BENNING PV 2 mit dem BENNING SUN 2 gekoppelt werden.

Typische Funkreichweite des BENNING SUN 2 im Freigelände: ca. 30 m
Gebäude-/Metallkonstruktionen oder Störsignale können die Funkreichweite verringern.

8.8.1 Koppeln mit Einstrahlungs-/ Temperaturmessgerät BENNING SUN 2
- Entfernen Sie alle elektronischen Geräte in unmittelbarer Umgebung.
- Schalten Sie das BENNING PV 2 und das BENNING SUN 2 aus.
- Drücken und halten Sie die beiden Tasten-ON/OFF am BENNING SUN 2.
- Drücken und halten Sie gleichzeitig die (Rec)-Taste ❹ und die (Mode)-Taste ❺ am BENNING PV 2.
- Das BENNING PV 2 signalisiert die erfolgreiche Kopplung über ein Signalton und der Einblendung der Serien-Nr. des BENNING SUN 2.
- Im LCD-Display ❶ des BENNING PV 2 wird das Symbol W/m² eingeblendet.

8.8.2 Entkoppeln vom Einstrahlungs-/ Temperaturmessgerät BENNING SUN 2
- Entfernen Sie alle elektronischen Geräte in unmittelbarer Umgebung.
- Schalten Sie das BENNING PV 2 aus.
- Drücken und halten Sie die die (Rec)-Taste ❹ und die (Mode)-Taste ❺ am BENNING PV 2 für ca. 10 Sekunden gedrückt.
- Das BENNING PV 2 signalisiert die Entkopplung vom BENNING SUN 2 über ein Signalton und der Löschung des LCD-Display.
- Im LCD-Display ❶ des BENNING PV 2 wird das Symbol "R_{PE}/Ω" eingeblendet.

8.8.3 Aktivieren/ Deaktivieren der Funkübertragung des BENNING SUN 2
- Koppeln Sie das BENNING PV 2 mit dem BENNING SUN 2.
- Zum Aktivieren/ Deaktivieren der Funkübertragung drücken und halten Sie am

BENNING SUN 2 die [T]-Taste und drücken Sie gleichzeitig die [HOLD]-Taste. Die aktivierte Funkübertragung wird über ein blinkendes Dreieck ▽ oberhalb der [T]-Taste angezeigt.
- Befindet sich das BENNING PV 2 in Funkreichweite des BENNING SUN 2, wird der Messwert der solaren Einstrahlung (W/m²) im LCD-Display ❶ des BENNING PV 2 angezeigt.
- Eine AUTO-Messung (Mode 1, 2 und 3) des BENNING PV 2 erfasst zusätzlich die solare Einstrahlung, die Modul- und Umgebungstemperatur und den Datum-/ Zeitstempel des BENNING SUN 2.
- Sollte sich das BENNING PV 2 außerhalb der Funkreichweite des BENNING SUN 2 befinden, blinkt das Symbol „W/m²“ auf dem LCD-Display ❶. Ebenso erscheint „_ _ _ _“ auf dem LCD-Display ❶, wenn der Messwert der solaren Einstrahlung außerhalb des Messbereiches liegt.

siehe Bild 11: Funkverbindung zum optionalen Einstrahlungs- und Temperaturmessgerät BENNING SUN 2

Hinweis:
Sollte das BENNING PV 2 kein Funksignal vom BENNING SUN 2 empfangen, werden die Displayanzeigen mit dem Datum-/Zeitstempel des BENNING PV 2 gespeichert.

9. Instandhaltung

⚠ **Vor dem Öffnen das BENNING PV 2 unbedingt spannungsfrei machen! Elektrische Gefahr!**

Die Arbeit am geöffneten BENNING PV 2 unter Spannung ist **ausschließlich Elektrofachkräften vorbehalten, die dabei besondere Maßnahmen zur Unfallverhütung treffen müssen**.
So machen Sie das BENNING PV 2 spannungsfrei, bevor Sie das Gerät öffnen:
- Schalten Sie das Prüfgerät aus.
- Trennen Sie alle Anschlussleitungen vom Gerät.

9.1 Fehlercodes

Fehlercode	Abhilfe
FUSE	Interne Sicherung defekt, vgl. Kapitel 9.5, „Sicherungswechsel“
HOt	Die Elektronik des BENNING PV 2 hat die maximal zulässige Temperatur erreicht. Das BENNING PV 2 vom Messobjekt trennen und abkühlen lassen.
H .SC	Der DC-Kurzschlussstrom hat den Maximalwert von 15 A überschritten. Die Messung wurde abgebrochen.
H .OC	Die DC-Leerlaufspannung hat den Maximalwert von 1000 V überschritten. Die Messung wurde abgebrochen.
> 10.00 kW	Die DC-Leistung hat den Maximalwert von 10 kW überschritten. Die Messung wurde abgebrochen.
d IS- CONN ECt	Trennen Sie das BENNING PV 2 umgehend von dem PV-Generator
do NOt USE Er 12	Das BENNING PV 2 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“
HOtF	Das BENNING PV 2 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.

FEt	Das BENNING PV 2 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
rL 1,2,3 oder 4	Das BENNING PV 2 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
Er 1,2 etc.	Das BENNING PV 2 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
CAL	Das BENNING PV 2 ist nicht korrekt kalibriert, vgl. Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
FAIL STORE	Die Speicherung ist fehlgeschlagen. Bitte speichern Sie die Messwerte erneut auf den nächst freien Speicherplatz.
NFC FAIL STORE	Die Speicherung im NFC-Chip ist fehlgeschlagen. Bitte entfernen Sie das NFC-fähige Gerät von dem BENNING PV 2.

Hinweis zu Fehlercode “HiSC”:
Sollte beim Start einer AUTO-Messung ein DC-Strom > 15 A festgestellt werden, wird der Fehlercode “HiSC” im LCD-Display ❶ eingeblendet. In diesem Fall stellen Sie sicher, dass der angeschlossene PV-Strang nicht in der Lage ist einen größeren DC-Strom als 15 A zu generieren. Falls Sie dies sicher bestätigen können, kann die AUTO-Messung über folgende Tastenkombination trotzdem gestartet werden:
- Drücken Sie die (Auto)-Taste ❸, um den ausgewählten Prüfablauf (Mode) zu starten. Im LCD-Display ❶ wird erneut der Fehlercode “HiSC” eingeblendet.
- Sobald der Fehlercode “HiSC” eingeblendet wird, drücken und halten Sie die (REL)-Taste ❻ und betätigen Sie gleichzeitig (Auto)-Taste ❸, um die Messung zu starten

9.2 Sicherstellen des Gerätes
Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Sicherheit im Umgang mit dem BENNING PV 2 nicht mehr gewährleistet sein; zum Beispiel bei:
- Sichtbaren Schäden am Gehäuse,
- Fehlern bei Messungen,
- Erkennbaren Folgen von längerer Lagerung unter unzulässigen Bedingungen und
- Erkennbaren Folgen von außerordentlicher Transportbeanspruchung.

In diesen Fällen ist das BENNING PV 2 sofort abzuschalten, von den Prüfstellen zu entfernen und gegen erneute Nutzung zu sichern.

9.3 Reinigung
Reinigen Sie das Gehäuse äußerlich mit einem sauberen und trockenen Tuch (Ausnahme spezielle Reinigungstücher). Verwenden Sie keine Lösungs- oder Scheuermittel, um das Gerät zu reinigen. Achten Sie unbedingt darauf, dass das Batteriefach und die Batteriekontakte nicht durch auslaufendes Batterie-Elektrolyt verunreinigt werden.
Falls Elektrolytverunreinigungen oder weiße Ablagerungen im Bereich der Batterie oder des Batteriegehäuses vorhanden sind, reinigen Sie auch diese mit einem trockenen Tuch.

9.4 Batteriewechsel

⚠ **Vor dem Öffnen des Gerätes sind alle Messleitungen zu entfernen! Elektrische Gefahr!**

Das BENNING PV 2 wird durch sechs 1,5 V-Mignon-Batterien/Typ AA (IEC LR6) gespeist.
Ein Batteriewechsel ist erforderlich, wenn im LCD-Display ❶ das Batteriesymbol ❾ erscheint.
So wechseln Sie die Batterien (siehe Bild 12):
- Schalten Sie das BENNING PV 2 aus.
- Legen Sie das BENNING PV 2 auf die Frontseite und lösen Sie die Schraube vom Batteriedeckel.
- Heben Sie den Batteriedeckel (im Bereich der Gehäusevertiefungen) vom Unterteil ab.
- Heben Sie die entladenen Batterien aus dem Batteriefach.
- Legen Sie dann die Batterien in die dafür vorgesehenen Stellen im Batteriefach (achten Sie bitte unbedingt auf die korrekte Polung der Batterien).
- Rasten Sie den Batteriedeckel an das Unterteil und ziehen Sie die Schraube an.

siehe Bild 12: Batterie-/ Sicherungswechsel

Leisten Sie Ihren Beitrag zum Umweltschutz! Batterien dürfen nicht in den Hausmüll. Sie können bei einer Sammelstelle für Altbatterien bzw. Sondermüll abgegeben werden. Informieren Sie sich bitte bei ihrer Kommune.

9.5 Sicherungswechsel

Vor dem Öffnen des Gerätes sind alle Messleitungen zu entfernen! Elektrische Gefahr!

Die 4 mm Buchsen ⑯ und ⑮ des BENNING PV 2 sind durch eine eingebaute Sicherung (500 mA, 1000 V, F, D = 6,3 mm, L = 32 mm), (T.Nr. 749771) vor Überlastung geschützt.
So wechseln Sie die Sicherung (siehe Bild 12):
- Schalten Sie das BENNING PV 2 aus.
- Legen Sie das BENNING PV 2 auf die Frontseite und lösen Sie die Schraube vom Batteriedeckel.
- Heben Sie den Batteriedeckel (im Bereich der Gehäusevertiefungen) vom Unterteil ab.
- Heben Sie ein Ende der defekten Sicherung seitlich mit einem Schlitzschraubendreher aus dem Sicherungshalter.
- Entnehmen Sie die defekte Sicherung vollständig aus dem Sicherungshalter.
- Setzen Sie die neue Sicherung ein. Verwenden Sie nur Sicherungen mit gleichem Nennstrom, gleicher Nennspannung, gleichem Trennvermögen, gleicher Auslösecharakteristik und gleichen Abmessungen.
- Rasten Sie den Batteriedeckel an das Unterteil und ziehen Sie die Schraube an.

siehe Bild 12: Batterie-/ Sicherungswechsel

Hinweis:
Die PV-Prüfbuchsen ⑱ und ⑭ des BENNING PV 2 sind durch eine 15 A / 1000 V Solar-Sicherung geschützt. Diese Sicherung ist nicht durch den Anwender austauschbar. Wenn die Solar-Sicherung durch Überlastung zerstört wird, zeigt das BENNING PV 2 einen Fehlercode an. Das BENNING PV 2 ist dann an den BENNING-Service einzusenden.

9.6 Kalibrierung
BENNING garantiert die Einhaltung der in der Bedienungsanleitung aufgeführten technischen Spezifikationen und Genauigkeitsangaben für das erste Jahr nach dem Auslieferungsdatum. Um die angegebenen Genauigkeiten der Messergebnisse zu erhalten, muss das Gerät regelmäßig durch unseren Werksservice kalibriert werden. Wir empfehlen ein Kalibrierintervall von einem Jahr. Senden Sie hierzu das Gerät an folgende Adresse:

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Service Center
Robert-Bosch-Str. 20
D – 46397 Bocholt

9.7 Ersatzteile
Sicherung 500 mA, F, 1000 V, Trennvermögen ≥ 500 A, D = 6,3 mm, L = 32 mm, T.Nr. 749771

10. Umweltschutz

	Bitte führen Sie das Gerät am Ende seiner Lebensdauer den zur Verfügung stehenden Rückgabe- und Sammelsystemen zu.

Operating instructions
BENNING PV 2

Battery-operated PV tester for commissioning tests and periodic inspection of grid-connected photovoltaic systems in compliance with VDE 0126-23 (DIN EN 62446) and for measuring the current-voltage characteristic in compliance with VDE 0126-24 (DIN EN 61829).
Test and measuring functions:

- protective conductor resistance measurement with a testing current of 200 mA DC
- automatic display of the voltage polarity with acoustic / visual warning in case of wrong polarity
- open-circuit voltage measurement at the PV module/ PV string with up to 1000 V DC
- short-circuit current measurement at the PV module/ PV string with up to 15 A DC
- insulating resistance measurement with a testing voltage of 250 V, 500 V, 1000 V DC
- measurement of the current-voltage characteristic and the power characteristic
- functional test by means of current measurement using an optional current clamp adapter with up to 40 A AC/ DC
- measurement of the insolation, PV module temperature and ambient temperature by means of the optional insolation and temperature measuring instrument BENNING SUN 2

Table of contents

1. User notes
2. Safety note
3. Scope of delivery
4. Unit description
5. General information
6. Environment conditions:
7. Electrical specifications
8. Making measurements with the BENNING PV 2
8.1 Preparations for making measurements
8.1.1 Switching the BENNING PV 2 ON/ OFF
8.1.2 Setting the automatic switch-off time (APO, Auto-Power Off)
8.1.3 Setting the date and the time
8.1.4 Testing the battery condition
8.1.5 Compensation of the measuring leads (null balance)
8.2 Testing the protective conductor resistance (RPE)
8.3 Automatic measurements on the PV generator
8.4 AC/ DC voltage measurement
8.5 Current measurement by means of optional AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3
8.6 Insulating resistance measurement RISO (2-pin)
8.7 Measured value memory
8.7.1 Storing measured values
8.7.2 Calling measured values
8.7.3 Deleting the measured value memory
8.7.4 Reading out the measured value memory via the USB interface
8.7.5 Representing the I-V characteristic via an Android device
8.8 Radio connection to insolation / temperature measuring instrument BENNING SUN 2
8.8.1 Coupling with BENNING SUN 2
8.8.2 Decoupling from the BENNING SUN 2
8.8.3 Activating / deactivating the radio transmission of the BENNING SUN 2
9. Maintenance
9.1 Error codes
9.2 Securing the instrument
9.3 Cleaning
9.4 Battery replacement
9.5 Fuse replacement
9.6 Calibration
9.7 Spare parts
10. Environmental notice

1. User notes

This operating manual is intended for qualified technical personnel! Qualified technical personnel is competent to identify risks and to prevent possible hazards. Improper handling involves the risk of injury!

Warning of dangerous electric voltage!
Absolutely observe all safety instructions!

Always observe international, national and - if applicable - regional regulations of electrical engineering. Relevant skills of electrical engineering are absolutely required.
The BENNING PV 2 is intended for making measurements in dry environment (More details in chapter 6. “Environmental conditions”).

The following symbols are used in these operating instructions and on the BENNING PV 2:

Warning of electrical danger!
Indicates instructions which must be followed to avoid danger to persons.

Important, comply with the documentation!
The symbol indicates that the information provided in the operating instructions must be complied with in order to avoid risks.

This symbol on the BENNING PV 2 means that the BENNING PV 2 complies with the EU directives.

This symbol appears on ethe display to indicate discharged batteries. As soon as the battery symbol flashes, immediatly replace the batteries by new ones.

(AC) Alternating voltage or current.

(DC) Direct voltage or current.

Ground (Voltage against ground).

Protection class II

2. Safety note
The instrument is built and tested in accordance with
DIN VDE 0411 part 1/ EN 61010 part 1
DIN VDE 0413 part 1/ EN 61557 part 1, 2, 4 and 10
and has left the factory in perfectly safe technical state.
To maintain this state and ensure safe operation of the appliance tester, the user must observe the notes and warnings given in these instructions at all times. Improper handling and non-observance of the warnings might involve severe **injuries** or **danger to life**.

The connection to the PV generator is made exclusively in accordance with the connection figure of the operating instructions.
Disconnect not required safety test leads from the BENNING PV 2.

The PV module/ PV string must not exceed the maximum opencircuit voltage of 1000 V DC, the maximum short-circuit current of 15 A and the maximum DC power (P = U x I) of 10 kW.
According to DIN EN 62446, the measurements have to be made for each PV string.
Measuring at PV strings connected in parallel or contacting at the PV inverter might involve damages of the BENNING PV 2!

The PV test sockets ⓭ and ⓮ are intended exclusively for the connection with PV generators (PV module, PV string).

Disconnect the BENNING PV 2 from the PV generator directly after the test.

Do not touch the measuring probes!
During insulating resistance measurements, high electric currents might be applied to the measuring probes.

Do not touch any metal parts of the test object during measurement.

The PV generator must be isolated from the electric power supply!
Neither the positive nor the negative pole of the PV generator must be earthed!

Via the 4 mm safety test leads, voltage measurements on mains supply circuits are possible. Via the 4 mm test sockets ⓯ and ⓰, the BENNING PV 2 must be used only in electric circuits of overvoltage category III with max. 300 V AC/ DC for phase-to-earth measurements. For voltage measurements via the 4 mm test sockets ⓯ and ⓰, please disconnect the PV measuring leads from the PV test sockets ⓲ and ⓮ before measuring.

WARNING! Be careful when working with bare conductors or main line carrier! Contact with live conductors will cause an electric shock!
Remember that work on electrical components of all kinds is dangerous. Even low voltages of 30 V AC and 60 V DC may be dangerous to human life.

Before starting the appliance tester up, always check it for signs of damage. Do not use a damaged BENNING PV 2! Damaged measuring leads must be replaced!

Only use safety measuring leads, which are supplied with the BENNING PV 2.

Use the BENNING PV 2 only in compliance with the intended use specified in this documentation. If the BENNING PV 2 is used in a manner not specified by this document then the protection provided by the equipment may be impaired.

If the BENNING PV 2 is being used to determine the presence or absence of hazardous voltages, always prove the operation of voltage measurement function before and after use by means of a known voltage source or proving unit.

Use the BENNING PV 2 under dry ambient conditions only.

Should it appear that safe operation of the appliance tester is no longer possible, it should be shut down immediately and secured to prevent it being switched on accidentally.
It may be assumed that safe operation is no longer possible:
- if the instrument show visible signs of damage
- if the appliance tester no longer functions
- after long periods of storage under unfavourable conditions
- after being subjected to rough transport
- the device is exposed to moisture.

In order to prevent danger
- **do not touch the bare measuring probe tips of the measuring leads,**
- **plug the leads into the correspondingly marked jacks at the measuring instrument**

Maintenance:
Do not open the tester, because it contains no components which can be repaired by the user. Repair and service must be carried out by qualified personnel only!

Cleaning:
Regularly wipe the housing by means of a dry cloth and cleaning agent. Do not use any polishing agents or solvents!

3. Scope of delivery
The scope of delivery for the BENNING PV 2 comprises:
3.1 One BENNING PV 2,
3.2 One transport/ storage case (P.no. 10056269)
3.3 Two safety measuring leads with probe tip (L = 1.2 m) (red/ black) (P.no. 10056274)
3.4 Two safety crocodile clips (red/ black) (P.no. 10056274)
3.5 Two safety PV measuring leads for MC4 connector (red/ black) (P.no. 10056271)
3.6 Two safety PV measuring leads for "Sunclix" connector (red/ black) (P.no. 10056275)
3.7 One USB connecting cable (A plug to Micro-B plug) (P.no. 10056276)
3.8 Six 1.5-V-batteries/ type AA (IEC LR6)
3.9 One short instructions
3.10 One CD-ROM with PC software BENNING SOLAR Datalogger, a demo version of the PC software BENNING SOLAR Manager, hardware drivers, detailed multilingual operating manual and information material

Parts subject to wear:
- The BENNING PV 2 is provided with two fuses for overload protection:
  One fuse with a nominal current of 500 mA, F, 1000 V, breaking capacity ≥ 1000 A, D = 6.3 mm, L = 32 mm (P.no. 749771)
- The BENNING PV 2 is supplied by six 1.5 V batteries/ type AA (IEC LR6).

Note on optional accessories:
- PC software BENNING SOLAR Manager for the creation of test reports and documentation in compliance with VDE 0126-23 (DIN EN 62446) and VDE 0126-24 (DIN EN 61829) (part no. 050423).
- Insolation and temperature measuring instrument BENNING SUN 2 for measuring the insolation (W/m²), the PV module temperature and the ambient temperature (P.no.: 050420).
- Temperature sensor with suction cup for BENNING SUN 2 for attachment to the rear of the PV module (part no. 050424).
- PV module holder for BENNING SUN 2 for safe attachment to the PV module (part no. 050425).
- AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3 for connection to the BENNING PV 2. The measured AC/ DC current values can be stored in the memory of the BENNING PV 2 and can be recalled (P.no. 044038).
- 40 m measuring leads BENNING TA 5 with practical rewinder and supporting loop. Connection: 4 mm safety test socket/ plug (P.no. 044039).
- Test badges "next test", 300 pieces (P.no. 756212)
- Test certificate forms for "Testing of PV systems" are available for download free of charge at www.benning.de

4. Unit description

See figure 1: Appliance front face
See figure 2: Top side of the device
See figure 3: Digital display

The display and operator control elements specified in Fig. 1, 2 and 3 are designated as follows:

❶ **Digital display**, indicates the test progress and individual measuring results,
❷ R_{PE}**-key**, for testing the protective conductor resistance
❸ Auto**-key**, for starting the automatic PV testing procedure
❹ R_{iso}**-key**, for testing the insulating resistance (2-pin)
❺ Mode**-key**, selecting the test procedures
❻ NULL**-key**, for carrying out a null balance of the measuring lead resistances
❼ V_{iso}**-key**, for selecting the testing voltage for insulating resistance measurement
❽ **NFC sensor**, for data transmission to an Android device
❾ **-key**, for calling stored measured values (display values)
❿ **USB interface** (Micro-B socket), for connection of the USB connecting cable
⓫ **-key**, switch-over of LC display
⓬ **-key**, for storing the displayed measured values (display values)
⓭ **+ PV test socket (red)**, for connecting the red safety measuring lead with PV connector
⓮ **- PV test socket (black)**, for connecting the black safety measuring lead with PV connector
⓯ **- 4 mm test socket (black)**, for connecting the safety measuring lead with probe tip/ alligator clip
⓰ **+ 4 mm test socket (red)**, for connecting the safety measuring lead with probe tip/ alligator clip

Digital display:

Ⓐ **RPE voltage polarity indication**, indicates the polarity of the DC voltage at the 4 mm test sockets ⓯ and ⓰. For AC voltage, "+" and "–" are displayed alternately.
Ⓑ **Current clamp measurement** enabled
Ⓒ NULL R_{PE} **null offset**, is displayed in case of a compensation (null balance) of the measuring lead resistance
Ⓓ **Attention, hot surface!** If the symbol is displayed, immediately disconnect the BENNING PV 2 from the PV generator. Connect the BENNING PV 2 only after the symbol has disappeared.
Ⓔ **Polarity indication**, indicates the polarity of the DC voltage at the PV test sockets ⓭ and ⓮
Ⓕ **Attention**, dangerous voltage has been detected
Ⓖ R_{PE} **LOCK**, enabled, if a continuous RPE measurement has been activated
Ⓗ **Attention**, if this symbol is activated, observe the instructions contained in the operating manual in order to avoid danger.
Ⓘ R_{ISO} ✓ (PASS)/ ✗ (fail), indicates whether the measured insulating resistance is within the preset limiting values
Ⓙ **Selection of the insulation test voltage**, displays the testing voltage of the insulating re-

sistance measurement
- **K** **Error**, see specific error codes for further details (More details in chapter 9.1. “Error codes”)
- **L** **STORE**, LCD data are stored in the internal memory
- **M** **RECALL**, stored LCD data are loaded from the internal memory
- **N** **Storage location indication**, display of “**Clr**” or “**NFC**”, indicates the current storage location (1…999), display of “Clr” and a countdown (5 to 0) when deleting the measured value memory or display of “NFC” when transmitting the I-V characteristic to an Android device.
- **O** **Change of insolation**, flashes when a change of the insolation > 5 % has been detected during measurement of the I-V characteristic.
- **P** **Battery symbol**, is displayed to indicate discharged batteries
- **Q** **Curve symbol**, status of measurement and filling factor

5. General information

The BENNING PV 2 is intended for electrical safety tests in compliance with VDE 0126-23 (DIN EN 62446) and for measuring the current-voltage characteristic in compliance with VDE 0126-24 (DIN EN 61829).
The BENNING PV 2 is not intended for continuous use. The BENNING PV 2 use is limited in use by delays in the firmware and also has temperature measuring circuits. If the internal temperature reaches the set limits then functionality will be reduced in order to allow the BENNING PV 2 to cool down.
Do not leave the BENNING PV 2 attached to a hazardous voltage for extended periods of time or while waiting for the BENNING PV 2 to cool down.
The BENNING PV 2 automatically tests connected PV modules or PV strings. All measuring results are displayed on the large LC display.
- Appliance dimensions:
  (L x W x H) = 270 x 115 x 55 mm
- Appliance weight: 2600 g

6. Environment conditions:

- The BENNING PV 2 is intended for making measurements in dry environment.
- Maximum barometric elevation for making measurements: 2000 m,
- Over voltage category/ Siting category: IEC/ EN 61010-1 → 1000 V category I (this apply to the red ⓭ and black ⓮ PV test socket),
- Over voltage category/ Siting category: IEC/ EN 61010-1 → 300 V category III (this apply to the red ⓯ and black ⓰ 4 mm test socket),
- Pollution Class 2,
- Protection Class: IP 40 (DIN VDE 0470-1 IEC/ EN 60529;
  IP 40 means: Protected against objects >1mm, (4 - first index).
  No protection against water, (0 - second index).
- EMC: IEC/ EN 61326,
- Operating temperature and relative humidity:
  For operating temperature from 0 °C to 30 °C: relative humidity less than 80 %
  For operating temperatures from 31 °C to 40 °C: relative humidity less than 75 %
- Storage temperature: The BENNING PV 2 can be stored at any temperature in the range from - 25 °C to + 65 °C (relative humidity from 0 to 90 %). The battery should be taken out of the instrument for storage.

7. Electrical specifications

Note: The measuring precision is specified as the sum of
- a relative fraction of the measured value and
- a number of digits (counting steps of the least significant digit).

This specified measuring precision is valid for temperatures in the range from 18 °C to 30 °C and relative humidity less than 80 %.

7.1 Protective conductor resistance R_{PE}

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
0.05 Ω - 199 Ω	max. 0.01 Ω	± (2 % + 2 Digit)
Testing current:	> 200 mA (2 Ω)	
Open-circuit voltage:	> 4 V	
Number of repetitive tests (IEC 61557-2)	approx. 4000	

7.2 PV module/ PV string, open-circuit voltage, (Vo/c)

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
5.0 V - 1000 V	0.1 V	± (0.5 % + 2 Digit)

7.3 PV module/ PV string, short-circuit current, (Is/c)

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
0.50 A - 15.00 A	0.01 A	± (1 % + 2 Digit)

7.4 Insulation resistance R_{ISO} (AUTO measurement of the PV generator)

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0.05 MΩ - 100 MΩ	max. 0.01 MΩ	± (5 % + 5 Digit)
101 MΩ - 199 MΩ	1 MΩ	± (10 % + 5 Digit)
Testing voltage:	250 V_{DC}/ 500 V_{DC}/ 1000 V_{DC}, + 20 %, - 0 %	
Testing current:	> 1 mA, < 2 mA in case of a short-circuit	
Number of repetitive tests (IEC 61557-2)	approx. 4000	

7.5 Insulating resistance, R_{ISO} (2-pin)

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
0.05 MΩ - 300 MΩ	max. 0.01 MΩ	± (5 % + 5 Digit)
Testing voltage:	250 V_{DC}/ 500 V_{DC}/ 1000 V_{DC}, + 20 %, - 0 %	
Testing current:	> 1 mA, < 2 mA in case of a short-circuit	
Number of repetitive tests (IEC 61557-2)	approx. 4000	

7.6 Voltage via 4 mm test sockets

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
30 V - 440 V AC/ DC	1 V	± (5 % + 2 Digit)

7.7 Current by means of AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3 (part no. 044038)

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
0.1 A - 40.0 A AC/ DC	0.1 A	± (5 % + 2 Digit)

8. Measuring with the BENNING PV 2

8.1 Preparation for measuring

Operate and store the BENNING PV 2 only at the specified storage and operating temperatures conditions. Do not permanently expose the device to sunlight.

- Check rated voltage and rated current details specified on the safety measuring leads.
- Strong sources of interference in the vicinity of the BENNING PV 2 can lead to unstable readings and measuring errors.

⚠ **Before starting the BENNING PV 2, always check the device, the leads and the test object for damages.**

8.1.1 Switching the BENNING PV 2 ON/ OFF

- Press and hold the keys (Riso) ❹ and (Mode) ❺ for approx. 2 seconds to switch the BENNING PV 2 on. Acoustic signals confirm that the device is switched on. Press the keys again for approx. 2 seconds to switch the device off.
- After approx. 1 minute, the BENNING PV 2 switches off automatically (**APO**, **A**uto **P**ower-**O**ff). It switches on again when the keys (Riso) ❹ and (Mode) ❺ are pressed. An acoustic signal indicates that the device has switched off automatically.

8.1.2 Setting the automatic switch-off time (**APO**, **A**uto-**P**ower-**O**ff)

- Switch the BENNING PV 2 off by simultaneously pressing the keys (Riso) ❹ and (Mode) ❺.
- Press and hold the (SELECT) -key ❻ and simultaneously press the keys (Riso) ❹ and (Mode) ❺. Keep the (SELECT) -key ❻ pressed.
- The LC display ❶ shows "OFF" in the first line and the switch-off time (in minutes) in the second line.

- Each time pressing the V_{sec}-key ❼ increases the switch-off time by one minute up to a maximum time of 10 minutes.
- Release the NULL-key ❻ to store the setting.

8.1.3 Setting the date and the time

The BENNING PV 2 is equipped with an integrated real-time clock which automatically adds a date / time stamp to each storage process or storage location (see chapter 8.7 "Measured value memory").

To set the date and the time, carry out the following steps:

- Switch the BENNING PV 2 off by simultaneously pressing the keys R_{iso} ❹ and Mode ❺.
- Press and hold the ▱-key ❾ and simultaneously press the keys R_{iso} ❹ and Mode ❺.
- The date / time format is displayed as follows:
  MM.DD = month (1-12).day (1-31)
  YYYY = year
  HH.mm = hours (0-23).minutes (0-59)
  SS = seconds (0-59)
- Press the R_{PE}-key ❷ to select a date / time field.
- As soon as the field is flashing, the value for that field can be set.
- Press the MEM-key ⓬ or the ▱-key ❾ to increase or decrease the value.
  Every change resets the field for the seconds to zero.
- Switch the device off by simultaneously pressing the keys R_{iso} ❹ and Mode ❺ to store the setting.

Note:

If the BENNING PV 2 has established a radio connection to the BENNING SUN 2, the date/ time of the BENNING PV 2 will be synchronized automatically after 10 seconds to the date/ time of the BENNING SUN 2, if the device detects a deviation of more than 1 minute. BENNING SUN 2 (master) → BENNING PV 2 (slave).

8.1.4 Testing the battery condition

During switch-on and operation, the BENNING PV 2 carries out an automatic battery test. Discharged batteries are indicated by a battery symbol Ⓟ on the LC display ❶. As soon as the battery symbol is flashing, the batteries have to be replaced immediately (see chapter 9.4, "Battery replacement").

8.1.5 Compensation of the measuring leads (null balance)

In order to carry out a compensation (null balance) of the measuring lead resistance, connect the measuring leads with each other by means of the alligator clips and press the NULL-key ❻ until the NULL symbol Ⓒ is shown on the LC display ❶.

⚠ **Measuring lead resistances can be compensated by up to 10 Ohm.**

See figure 4: Null balance of the measuring lead for R_{PE} measurement

8.2 Testing the protective conductor resistance (R_{PE})

⚠ **The PV generator must be isolated from the electric power supply! Neither the positive nor the negative pole of the PV generator must be earthed!**

⚠ **If a voltage of > 30 V is applied to the test object, the determined voltage will be displayed. If the measuring voltage at the probe tips exceeds 30 V, the R_{PE} measurement will be blocked! If the R_{PE} measurement is started below 30 V, a low-impedance voltage source might trip the built-in fuse of the BENNING PV 2!**

For single measurement:

- Make sure that the switching circuit and/or the test object are free of voltage.
- Connect the red and black safety measuring leads to the corresponding 4 mm test sockets ⓰ and ⓯ and connect the test object.
- Press the R_{PE}-key ❷.
- Press the MEM-key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

See figure 5: Testing the protective conductor resistance (R_{PE})

For continuous measurement:

- Make sure that the switching circuit and/or the test object are free of voltage.
- Connect the red and black safety measuring leads to the corresponding 4 mm test sockets ⓰ and ⓯ and connect the test object.
- Press and hold the R_{PE}-key ❷ until the symbol 🔒 Ⓖ is displayed.
- The measured protective conductor resistance (R_{PE}) is displayed ❶ continuously.
- Press the R_{PE}-key ❷ to terminate the continuous measurement.
- Press the MEM-key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

See figure 5: Testing the protective conductor resistance (R_{PE})

8.3 Automatic measurements on the PV generator

The PV generator must not exceed the maximum opencircuit voltage of 1000 V DC, the maximum short-circuit current of 15 A and the maximum DC power (P = U x I) of 10 kW.
According to DIN EN 62446, the measurements have to be made for each PV string.
Measuring at PV strings connected in parallel or contacting at the PV inverter might involve damages of the BENNING PV 2!

The PV generator must be isolated from the electric power supply! Neither the positive nor the negative pole of the PV generator must be earthed!

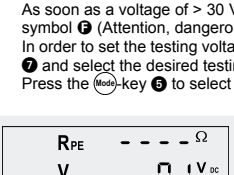
Make sure that all measuring lines are safely connected to the PV generator. For this, use the enclosed safety measuring lines with PV connector as well as the safety measuring lines with probe tip and alligator clip!

Never disconnect the connected PV safety measuring lines from the PV generator during measurement! Disconnection might involve an electric arc and overload of the BENNING PV 2.

During the insulating resistance measurement, the PV generator is shorted. Measurement is made between the red 4 mm test socket and the shorted PV test sockets.

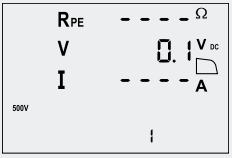
In case DC polarity is wrong or DC voltage is within the range of < 5 V or > 1000 V, it is not possible to make an automatic PV measurement.

- In order to measure an I-V characteristic (test procedure/modes ② + ③), you first have to couple the BENNING PV 2 with the insolation and temperature measuring instrument BENNING SUN 2 (see section 8.8 “Radio connection to the BENNING SUN 2).
- Connect the BENNING PV 2 to the PV module or the PV string by means of the enclosed PV safety measuring leads.
- For insulating resistance measurement, connect the red safety measuring lead of the 4 mm test socket ⓰ to a metal part (frame or mounting system) of the PV generator.
- If the PV generator is properly earthed by means of an earthing conductor, the red safety measuring lead of the 4 mm test socket ⓰ can be connected alternatively to a safe earth connection (equipotential busbar).
- If the PV generator is not earthed, the insulating resistance should be measured against a metal part (frame or mounting system) of the PV generator and then against a safe earth connection (equipotential busbar).
- Measurement of the PV open-circuit voltage is made automatically, if a DC voltage is applied to the PV safety measuring leads (test sockets ⓲ and ⓮).
- In case of reversed polarity of the DC voltage, the polarity indication Ⓐ is flashing and the symbol Ⓔ is displayed. Automatic measurement will be blocked until the polarity of the DC voltage is correct.
- As soon as a voltage of > 30 V is applied to the PV safety measuring leads, the ⚠ warning symbol Ⓕ (Attention, dangerous voltage) is flashing.
- In order to set the testing voltage for measuring the insulating resistance , press the (V_{isc})-key ❼ and select the desired testing voltage (250 V, 500 V or 1000 V DC).
- Press the (Mode)-key ❺ to select the desired test procedure (modes ① to ④):



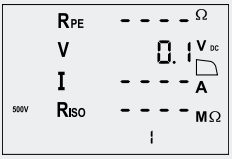
Mode ①: “RISO - - - - MΩ” on the LC display

Measurement of...
- Vo/c (open-circuit voltage)
- Is/c (short-circuit current)
- R_{ISO} (insulating resistance)



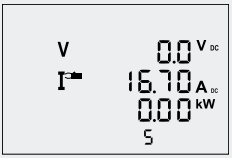
Mode ②: "curve symbol" on the LC display

Measurement of...
- Vo/c (open-circuit voltage)
- Is/c (short-circuit current)
- I-V characteristic (Vmpp, Impp, FF)



Mode ③: "RISO - - - - MΩ" and "curve symbol" on the LC display

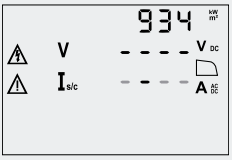
Measurement of...
- Vo/c (open-circuit voltage)
- Is/c (short-circuit current)
- I-V characteristic (Vmpp, Impp, FF)
- R_{ISO} (insulating resistance)



Mode ④ : "Current clamp symbol" on the LC display

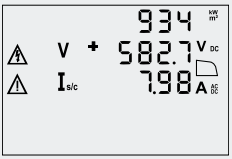
Measurement of...
- AC/DC operating current via BENNING CC 3

- Press the (Auto)-key ❸ to start the selected test procedure (mode).
- If an I-V curve measurement (modes ② + ③) has been selected, a progress bar and a flashing curve symbol ❶ are displayed on the LC display during measurement. If a change of the insolation of more than 5 % is detected during measurement, the >5% symbol is flashing on the LC display.
- As soon as the measurement is completed, the curve symbol is displayed permanently and the open-circuit voltage Vo/c as well as the short-circuit current Is/c are displayed on the LC display.



I-V curve measurement is running.

Curve symbol is displayed, progress bar is running



I-V curve measurement is completed.

Curve symbol, open-circuit voltage Vo/c and short-circuit current Is/c are displayed

- The shape of the displayed curve symbol gives information about the measured value of the filling factor and thus indicates a possible problem regarding the PV generator.
  Filling factor (FF) = (Umpp x Impp) / (Uo/c x Is/c)
  Curve symbol : Filling factor > 60 (> 0.60)
  Curve symbol : Filling factor < 60 (< 0.60)
- Press the key ⓫ to display the voltage (V = Umpp) and the current (I = Impp) at the maximum power point (MPP) as well as the filling factor (FF).
- The measured values will be shown on the display ❶ for approx. 20 seconds or until a key is pressed.
- If the measured insulating resistance is higher than the preset limiting values, the ✓ symbol will be displayed next to the insulating resistance value. If the insulating resistance value is lower than the limiting values, the ✗ symbol will be displayed.
- Press the (M)-key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

See figure 6: Automatic solar panel measurement, ISO measurement via earthing conductor

Preset limiting values:

V_{ISO}	Limiting value of insulating resistance
250 V	0.5 MΩ
500 V	1.0 MΩ
1000 V	1.0 MΩ

8.4 AC/ DC voltage measurement
- Disconnect the PV safety measuring leads from the PV test sockets ⓭ and ⓮.
- Connect the red and black safety measuring lead to the corresponding 4 mm test sockets ⓰ and ⓯.
- Connect the measuring probes to the voltage source to be measured.
- The BENNING PV 2 automatically measures the voltage at the measuring probes.
- The polarity of the DC voltage is displayed by "+ / –" Ⓐ. In case of AC voltage, "+ / –" Ⓐ will be displayed alternately.
- Press the (MEM) key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

See figure 7: Voltage measurement via 4 mm test sockets

8.5 Current measurement by means of optional AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3 (part no. 044038)

By means of the optional AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3, the BENNING PV 2 can be used to measure the operating current of a PV system. The determined current values can be stored in the internal memory of the BENNING PV 2 and can be recalled.
- Disconnect all measuring leads from the BENNING PV 2.
- Connect the BENNING CC 3 current clamp adapter to the 4 mm test sockets ⓰ and ⓯ of the BENNING PV 2.
- Switch on the BENNING CC 3 current clamp adapter and select the 40 A range.
- Switch on the BENNING PV 2 and press the (Mode)-key ❺ to select the Mode ④. The symbol ⊐▬ Ⓑ for current clamp measurement is displayed.
- For direct current (DC) measurements, press the null balance key (ZERO) of the BENNING CC 3 until a current value of approx. 0 A is displayed.
- Enclose the single-wire live conductor by means of the current clamp adapter.
- The measured current will be shown on the display ❶.
- Press the (MEM)-key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

See figure 8: AC/ DC current measurement by means of optional current clamp adapter BENNING CC 3

8.6 Insulating resistance measurement R_{ISO} (2-pin)

The BENNING PV 2 can be used for measuring the insulating resistance between two measuring points. To do this, use the enclosed safety measuring lines and 4 mm alligator clips.

⚠ **The PV generator must be isolated from the electric power supply! Neither the positive nor the negative pole of the PV generator must be earthed!**

⚠ **If a voltage of > 30 V is applied to the test object, the determined voltage will be displayed and the R_{ISO} measurement will be blocked! Do not connect the measuring probes to a voltage source during R_{ISO} measurement, as the built-in fuse of the BENNING PV 2 might trip!**

For single measurement:
- Make sure that the switching circuit and/or the test object are free of voltage.
- Connect the red and black safety measuring leads to the corresponding 4 mm test sockets ⓰ and ⓯ and connect the test object.
- Press the (V_{ISO})-key ❼ to select the desired testing voltage (250 V, 500 V or 1,000 V DC).
- Press the (R_{ISO})-key ❹.
- The measured insulating resistance R_{ISO} will be shown on the LC display ❶.
- Press the (MEM)-key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

see figure 9: Insulating resistance R_{ISO} (2-pin)

For continuous measurement:
- Make sure that the switching circuit and/or the test object are free of voltage.
- Connect the red and black safety measuring leads to the corresponding 4 mm test sockets ⓰ and ⓯ and connect the test object.
- Press the (V_{ISO})-key ❼ to select the desired testing voltage (250 V, 500 V or 1,000 V DC).
- Press and hold the (R_{ISO})-key ❹ until the symbol 🔒 Ⓖ is displayed.
- The measured insulating resistance R_{ISO} will be shown continuously on the LC display ❶.
- Press the (R_{ISO})-key ❹ to terminate the continuous measurement.
- Press the (MEM)-key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

see figure 9: Insulating resistance R_{ISO} (2-pin)

8.7 Measured value memory

8.7.1 Storing measured values

The BENNING PV 2 can store up to 999 display indications or I-V characteristics. Depending on the measurements carried out, the values for protective conductor resistance, open-circuit voltage, short-circuit current, insulating resistance with testing voltage, the I-V characteristics (Umpp, Impp, FF) and even the measured AC/DC current (BENNING CC 3) are stored with a date/ time stamp.

STORE ?	After measurement is completed, the BENNING PV 2 asks whether the measured values shall be stored.

- Press the (M) key ⓬ to store the measured value to the next storage location available.

STORE 10	Der Speicherplatz unter dem die Messwerte gespeichert werden, wird im LCD-Display eingeblendet.

The LC display shows the storage location where the measured values will be stored.
- An acoustic signal indicates that the measured value memory is full.

8.7.2 Calling measured values
- Press the (▱)-key ❾ to recall the stored measured values with the corresponding storage location number Ⓝ. The symbol “RECALL” Ⓜ is displayed ❶. The storage location number Ⓝ is shown on the display ❶.
- Press the (▱)-key ❾ again to go to the previous storage location.
- Press the (M)-key ⓬ to go to the next storage location.
- If an I-V characteristic is stored at a storage location number, the curve symbol ⌓ Ⓞ is shown on the LC display ❶. Press the (▱)-key ⓫ to call further measured values (V = Umpp, I = Impp, FF = filling factor). When the “**NFC**” symbol Ⓟ is shown on the LC display ❶, the I-V characteristic is written from the memory to the NFC chip of the BENNING PV 2. The characteristic can be viewed with an NFC-enabled Android device using the “BENNING PV Link” app (see section 8.7.5 “Representing the I-V characteristic via an Android device”).

8.7.3 Deleting the measured value memory
- Press the (▱)-key ❾. The symbol “RECALL” Ⓜ is displayed ❶.
- To delete the entire measured value memory, press the (▱)-key ⓫ and the (▱)-key ❾.
- The LC display ❶ shows the “Clr” symbol Ⓝ and a countdown (5 to 0) is started. As soon as the counter reaches the value 0, the entire measured value memory will be deleted. If the keys are released before, the deletion of the measured value memory will be cancelled.

8.7.4 Reading out the measured value memory via the USB interface

To read out the measured values via the USB interface ❿, you have to install the hardware driver from the "Treiber-driver" directory on the enclosed CD-ROM and then the program “BENNING SOLAR Datalogger” from the CD-ROM's "Programm-program" directory on your PC once.
In order to download the data, please proceed as follows:
- Disconnect all safety measuring leads from the BENNING PV 2.
- Connect the BENNING PV 2 to your PC by means of the USB connecting cable.
- The hardware driver is installed automatically on a free COM port and confirms that the new hardware can be used.
- The COM port used can be viewed by means of the Device Manager of your system.
- Start the "BENNING SOLAR Datalogger“ program, in the “Tools” menu click “Refresh Ports” and select the corresponding COM port. Then, click “Download”.
- Press the (▱)-key ❾. The symbol “RECALL” Ⓜ is displayed ❶.
- Press the (▱)-key ❾ again at the BENNING PV 2 for approx. 2 seconds until the download is made and the complete measured value memory will be read out.
- The measured values can be stored as (*.csv) or (*.txt) file.
- Click “Open” to open the measured series e. g. via a spreadsheet.

Note:
The optional PC software “BENNING SOLAR Manager” (part no. 050423) allows the creation of test reports and documentation in compliance with VDE 0126-23 (DIN EN 62446) and VDE 0126-24 (DIN EN 61829). The measured I-V characteristics and power characteristics can be converted to standard test conditions (STC) and can be compared with the manufacturer’s specifications via a PV module database.

8.7.5 Representing the I-V characteristic via an Android device

The BENNING PV 2 is provided with a wireless NFC interface (Near Field Communication) to transfer an I-V characteristic to an NFC-enabled Android device (smartphone, tablet computer). The NFC chip required for this functionality is located under the NFC logo ❽ on the top of the BENNING PV 2 housing. For information on the position of the NFC antenna of your Android device, please refer to the corresponding manual. To view the I-V characteristic, start the “BENNING PV Link” app which is available free of charge via the Google Play Store.
- To familiarize with the “BENNING PV Link” app, first read the operating manual included in the app which can be found in the settings/help.
- At the end of an I-V curve measurement, the I-V characteristic is written to the NFC chip

automatically. The “NFC” icon N is briefly shown on the LC display ❶.
- After having called (RECALL) a storage location from the measured value memory of the BENNING PV 2, first press the (↕)-key ⓫ to switch over the LC display ❶ and write the curve data to the NFC chip. The “NFC” icon Ⓝ is briefly shown on the LC display.
- As soon as the “NFC” icon Ⓝ disappears, hold the NFC antenna of your Android device as close and still as possible over the NFC logo ❽ on the top of the BENNING PV 2 housing.
- The I-V characteristic will be transferred to the Android device and displayed.

Notes on data transfer:
- Protective pouches or covers of your Android device might affect data transfer. Remove them before transferring data, if necessary.
- In the settings of your Android device, disable Android Beam, Samsung Beam or other beams. The setting might affect NFC data transfer.
- Do not hold the Android device over the NFC logo ❽ as long as the “**NFC**” icon Ⓝ is shown on the LC display ❶. Transfer might be impaired.
- If you do not know from the respective manual where the NFC antenna of your Android device is located, slowly move the Android device over the surface of the BENNING PV 2 to establish a connection. Some Android device use the NFC logo on the housing surface to locate the NFC antenna, whereas in other devices, the NFC antenna is located within the battery area.

see figure 10: Representing the I-V characteristic via an Android device

8.8 Radio connection to insolation / temperature measuring instrument BENNING SUN 2 – wireless SUN link

The BENNING PV 2 is able to receive the measured values (insolation, PV module / ambient temperature and date / time stamp) of the insolation and temperature measuring instrument BENNING SUN 2 (optional) via radio connection.
For this purpose, the BENNING PV 2 has to be coupled with the BENNING SUN 2 once.

Typical radio range of the BENNING SUN 2 in open space: approx. 30 m
Buildings / metal structures or interfering signals can reduce the radio range.

8.8.1 Coupling with BENNING SUN 2
- Remove all electronic devices in direct vicinity.
- Switch the BENNING PV 2 and the BENNING SUN 2 off.
- Press and hold the two ON/OFF keys of the BENNING SUN 2.
- Press and hold simultaneously the (R_{ISO})-key ❹ and the (Mode)-key ❺ of the BENNING PV 2.
- The BENNING PV 2 indicates the successful coupling by means of an acoustic signal and by displaying the serial no. of the BENNING SUN 2.
- The "W/m²" symbol is shown on the LC display ❶ of the BENNING PV 2.

8.8.2 Decoupling from the BENNING SUN 2
- Remove all electronic devices in direct vicinity.
- Switch the BENNING PV 2 off.
- Press and hold the (R_{ISO})-key ❹ and the (Mode)-key ❺ of the BENNING PV 2 for approx. 10 seconds.
- The BENNING PV 2 indicates the decoupling from the BENNING SUN 2 by means of an acoustic signal and by clearing the LC display.
- The "R_{PE}/Ω" symbol is shown on the LC display ❶ of the BENNING PV 2.

8.8.3 Activating / deactivating the radio transmission of the BENNING SUN 2
- Couple the BENNING PV 2 with the BENNING SUN 2.
- To activate / deactivate the radio transmission, press and hold the [🌡]-key of the BENNING SUN 2 and simultaneously press the [HOLD]-key. A flashing triangle ▽ above the [🌡]-key shows that the radio transmission has been activated.
- If the BENNING PV 2 is within the radio range of the BENNING SUN 2, the measured insolation value (W/m²) is shown on the LC display ❶ of the BENNING PV 2.
- Besides the electric variables (Vo/c, Is/c, R_{ISO}), an AUTO measurement by means of the BENNING PV 2 additionally measures the insolation, the module and ambient temperature as well as the date / time stamp of the BENNING SUN 2.
- If the BENNING PV 2 is outside the radio range of the BENNING SUN 2, the "W/m²" symbol on the LC display ❶ starts flashing. Moreover, "_ _ _ _" is shown on the LC display ❶, if the measured insolation value is outside the measuring range.

See figure 11: Radio connection to the optional insolation and temperature measuring instrument BENNING SUN 2

Note:
If the BENNING PV 2 does not receive any radio signal from the BENNING SUN 2, the display indications are stored with the date / time stamp of the BENNING PV 2.

9. Maintenance

Before opening the BENNING PV 2, make quite sure that it is voltage free! Electrical danger!

Work on the opened BENNING PV 2 under voltage **may be carried out only by skilled electricians with special precautions for the prevention of accidents**.
Make the BENNING PV 2 voltage free as follows before opening the instrument:
- Switch the tester off.
- Remove all connecting cables from the object.

9.1 Error codes

Error codes	Remedy
FUSE	The internal fuse has blown, see chapter 9.5 "Fuse replacement"
HOt	The electronic components of the BENNING PV 2 have reached the maximum admissible temperature. Disconnect the BENNING PV 2 from the object to be measured and let it cool down.
H ,5C	The DC short-circuit current exceeds the maximum value of 15 A. Measurement has been stopped.
H ,0C	The DC open circuit voltage has exceeded the maximum value of 1000 V. The measurement has been stopped.
> 10.00 kW	The DC power has exceeded the maximum value of 10 kW. Measurement has been cancelled.
d IS- CONN ECt	Immediately disconnect the BENNING PV 2 from the PV generator!
do NOt USE Er 12	Please return the BENNING PV 2 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
HOtF	Please return the BENNING PV 2 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
FEt	Please return the BENNING PV 2 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
rL 1,2,3 oder 4	Please return the BENNING PV 2 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
Er 1,2 etc.	Please return the BENNING PV 2 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
CAL	The BENNING PV 2 is not correctly calibrated, see chapter 9.6 "Calibration".
FAIL STORE	Storage has failed. Please store the measured values again to the next storage location available.

NFC FAIL STORE	Storage to the NFC chip has failed. Please remove the NFC-enabled device from the BENNING PV 2.

Note on error code "HiSC":
If a DC current of > 15 A is detected when starting an AUTO measurement, the error code "HiSC" will be shown on the LC display ❶. In this case, make sure that the connected PV string is not able to generate a DC current of more than 15 A. If you can guarantee this categorically, you can start the AUTO measurement anyway using the following key combination:
- Press the (Auto)-key ❸ to start the selected test procedure (mode). The LC display ❶ shows the error code "HiSC" again.
- As soon as the error code "HiSC" is shown, press and hold the (F1 WELL)-key ❻ and simultaneously press the (Auto)-key ❸ to start the measurement.

9.2 Securing the instrument
Under certain circumstances safe operation of the BENNING PV 2 is no longer ensured, for example in the case of:
- Visible damage of the casing.
- Incorrect measurement results.
- Recognisable consequences of prolonged storage under improper conditions.
- Recognisable consequences of extraordinary transportation stress.

In such cases the BENNING PV 2 must be switched off immediately, disconnected from the measuring points and secured to prevent further utilisation.

9.3 Cleaning
Clean the casing externally with a clean dry cloth (exception: special cleaning wipers). Avoid using solvents and/ or scouring agents for cleaning the instrument. It is important to make sure that the battery compartment and battery contacts are not contaminated by leaking electrolyte.
If electrolyte contamination or white deposits are present in the region of the batteries or battery casing, clean them too with a dry cloth.

9.4 Battery replacement

⚠ **Before opening the BENNING PV 2 ensure that all the test leads have been disconnected from the BENNING PV 2. Danger of electric shock!**

The BENNING PV 2 is supplied by six 1.5 V batteries/ type AA (IEC LR6).
A battery change (see Figure 12) is required, if the battery symbol ❿ appears in the display unit ❶.
Proceed as follows to replace the batteries:
- Switch the BENNING PV 2 off.
- Put the BENNING PV 2 face down and unscrew the screw of the battery compartment cover.
- Lift off the battery compartment cover (in the area of the housing slots) from the bottom part of the battery compartment.
- Remove the discharged batteries from the battery compartment.
- Then, insert the batteries into the battery compartment at the provided places (please observe correct polarity of the batteries).
- Lock the battery compartment cover into place on the bottom part and tighten the screw.

See figure 12: Battery/ fuse replacement

⚠ **Make your contribution to environmental protection! Do not dispose of discharged batteries in the household garbage. Instead, take them to a collecting point for discharged batteries and special waste material. Please inform yourself in your community.**

9.5 Fuse replacement

⚠ **Before opening the BENNING PV 2 ensure that all the test leads have been disconnected from the BENNING PV 2. Danger of electric shock!**

The 4 mm test sockets ⓰ and ⓯ of BENNING PV 2 are protected against overload by means of one built-in fuse (500 mA, 1000 V, F, D = 6.3 mm, L = 32 mm) (P.no.749771).
Proceed as follows to replace the fuse (see Figure 10):
- Switch the BENNING PV 2 off.
- Put the BENNING PV 2 face down and unscrew the screw of the battery compartment cover.
- Lift off the battery compartment cover (in the area of the housing slots) from the bottom part of the battery compartment.
- Laterally lift one side of the defective fuse off the fuse holder by means of a slotted screwdriver.

- Completely remove the defective fuse from the fuse holder.
- Insert the new fuse. Only use fuses of the same nominal current, nominal voltage, nominal breaking capacity, tripping characteristic and dimensions.
- Lock the battery compartment cover into place on the bottom part and tighten the screw.

See figure 12: Battery/ fuse replacement

Note:

The PV test sockets ⓭ and ⓮ of BENNING PV 2 panel shorting circuitry are protected by a 15 A, 1000 V Solar fuse. This fuse is not operator replicable. If this fuse blows then the BENNING PV 2 will indicate an error before the panel is shorted, the BENNING PV 2 must be returned for service.

9.6 Calibration

Benning guarantees compliance with the technical and accuracy specifications stated in the operating manual for the first 12 months after the delivery date. To maintain the specified precision of the measurement results, the instrument must be recalibrated at regular intervals by our factory service. We recommend a recalibration interval of one year. Send the appliance to the following address:

BENNING Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Service Centre
Robert-Bosch-Str. 20
D - 46397 Bocholt

9.7 Spare parts

Fuse 500 mA, F, 1000 V, breaking capacity ≥ 500 A, D = 6.3 mm, L = 32 mm, P.no. 749771

10. Environmental notice

	At the end of the product's useful life, please dispose of it at appropriate collection points provided in your country.

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Münsterstraße 135 - 137
D - 46397 Bocholt
Phone: +49 (0) 2871 - 93 - 0 • Fax: +49 (0) 2871 - 93 - 429
www.benning.de • E-Mail: duspol@benning.de